

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

На правах рукописи



ГАЛИМУЛИНА ФАРИДА ФИДАИЛОВНА

**МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
СУВЕРЕНИТЕТА**

Специальность – 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика  
(экономика промышленности)

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени  
доктора экономических наук

Научный консультант:  
д.э.н., д.т.н., профессор  
Шинкевич Алексей Иванович

Казань – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                                                                                  | 6   |
| 1 НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС УПРАВЛЕНИЯ<br>ПРОМЫШЛЕННЫМИ СИСТЕМАМИ .....                                                                                    | 22  |
| 1.1 Современная модель организации промышленных систем.....                                                                                                    | 22  |
| 1.2 Модели управления промышленными системами .....                                                                                                            | 35  |
| 1.3 Модели развития промышленных систем.....                                                                                                                   | 47  |
| 1.4 Инструменты управления промышленным предприятием в условиях становления<br>технологического суверенитета.....                                              | 58  |
| 1.5 Модель Национальной технологической инициативы .....                                                                                                       | 68  |
| 2 МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ<br>ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ<br>ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ..... | 78  |
| 2.1 Система факторов обеспечения эффективности .....                                                                                                           | 78  |
| 2.2 Наилучшие доступные технологии как основа модели импортозамещения.....                                                                                     | 98  |
| 2.3 Оценка эффективности когнитивного управления развитием промышленности ...                                                                                  | 102 |
| 2.4 НБИКС-технологии как инструмент управления эффективностью промышленных<br>систем .....                                                                     | 106 |
| 2.5 Модернизированная методология управления цепями поставок промышленной<br>продукции .....                                                                   | 118 |
| 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ<br>ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ<br>ПРЕОБРАЗОВАНИЙ .....                                             | 136 |
| 3.1 Диагностика добавленной стоимости, создаваемой на уровне макротехнологий...                                                                                | 136 |
| 3.2 Роль когнитивных технологий в обеспечении результата деятельности<br>промышленных систем .....                                                             | 150 |
| 3.3 Новые методики измерения эффективности промышленных систем .....                                                                                           | 166 |
| 3.4 Подход к эффективности с позиции импортозамещения.....                                                                                                     | 186 |
| 3.5 Подход к эффективности с позиции управления цепями поставок.....                                                                                           | 202 |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4 МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ .....           | 211 |
| 4.1 Инструментарий управления эффективными промышленными системами.....                                  | 211 |
| 4.2 Комплексный подход к оценке эффективности промышленных систем и ресурсного обеспечения .....         | 219 |
| 4.3 Организационная модель управления эффективностью промышленных систем ...                             | 229 |
| 4.4 Оптимизационная модель управления ресурсами промышленной микросистемы                                | 244 |
| 4.5 Цифровая трансформация управления промышленными системами на макро- и мезоуровнях.....               | 261 |
| 5 АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ В НОВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....          | 285 |
| 5.1 Апробация методики оценки эффективности функционирования технологической платформы .....             | 285 |
| 5.2 Апробация методики оценки эффективности на уровне химической и нефтехимической макротехнологии ..... | 289 |
| 5.3 Апробация методологии оценки эффективности промышленных систем .....                                 | 295 |
| 5.4 Апробация научного подхода на примере когнитивных технологий .....                                   | 305 |
| 5.5 Апробация методики оценки эффективности на уровне цепей поставок промышленной продукции.....         | 312 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                         | 321 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....                                                                                   | 326 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А.....                                                                                        | 376 |
| Объемы экспорта и импорта товаров РФ по товарным группам (по данным Федеральной таможенной службы).....  | 376 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....                                                                                       | 377 |
| Условные обозначения регионов мира (согласно OECD).....                                                  | 377 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В .....                                                                                       | 378 |
| Участие стран в глобальном производстве, % (построено по данным Всемирного банка) .....                  | 378 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....                                                                                       | 381 |

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Исходные данные для моделирования валовой добавленной стоимости в разрезе обрабатывающих промышленных систем (данные Росстата)..... | 381 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....                                                                                                                   | 382 |
| Факторы и интегральный индикатор устойчивого развития инновационных мезосистем (рассчитано по авторской методике) .....             | 382 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е .....                                                                                                                  | 384 |
| Исходные данные для комплексной оценки развития промышленной системы ...                                                            | 384 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....                                                                                                                   | 386 |
| Показатели эффективности обрабатывающих промышленных систем.....                                                                    | 386 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ И.....                                                                                                                   | 387 |
| Динамика экспорта и импорта товаров РФ по товарным группам (рассчитано по данным Федеральной таможенной службы).....                | 387 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ К.....                                                                                                                   | 390 |
| Исходные данные для оценки «зелёного» эффекта в обрабатывающей промышленности (согласно авторской методике).....                    | 390 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Л.....                                                                                                                   | 392 |
| Квартальные данные об эффективности промышленной системы ПАО «Нижнекамскнефтехим».....                                              | 392 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ М.....                                                                                                                   | 394 |
| Оценка прогностических моделей эффективности промышленной системы ПАО «Нижнекамскнефтехим».....                                     | 394 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Н.....                                                                                                                   | 396 |
| Экстраполяция трендов (обрабатывающие промышленные системы).....                                                                    | 396 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ П.....                                                                                                                   | 397 |
| Экстраполяция трендов (добывающие промышленные системы) .....                                                                       | 397 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Р .....                                                                                                                  | 398 |
| Уровень цифровизации мезопромышленных систем в 2021 г., % организаций.....                                                          | 398 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ С.....                                                                                                                   | 400 |
| Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.....                                                                                   | 400 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Т .....                                                                                                                  | 403 |



|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Документы, подтверждающие использование результатов диссертационного исследования..... | 403 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Современные тренды поступательного движения промышленных процессов и состояния промышленных систем характеризуются значительными новациями. На смену тренда на всеобщую глобализацию наступает время их локализации. Влияние таких факторов, как ужесточение санкций, перестройка глобальных цепей поставок, Индустрия 4.0, Индустрия 5.0, определяет необходимость выстраивания новой модели экономики, основа которой – технологический, кадровый и финансовый суверенитет. Ключевыми требованиями к такой модели становятся гибкость и адаптивность, импортонезависимость критически значимых промышленных секторов экономики, глубокая переработка природных ресурсов, масштабное внедрение искусственного интеллекта, прозрачность и надежность цепей поставок и т.д.

В настоящее время критически важно чётко и слаженно трансформировать промышленные системы в направлении принятых ранее стратегических инициатив. Элементы новой промышленной политики с акцентом на технологический суверенитет сегодня находят отражение в стратегических документах: Стратегии национальной безопасности Российской Федерации [9], Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года [10], Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года [16], Государственной программе Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» [15], Национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [13] и др. Минпромторг РФ предлагает рассматривать технологический суверенитет как комплекс мер, правительственную программу поддержки внутреннего потенциала страны (посредством вовлечения собственных ресурсов в производство промышленной продукции) в целях развития российской экономики.

Однако ситуацию усложняет обстоятельство неполной адекватности традиционных моделей развития промышленных систем, их модернизации, характерных для стабильных условий функционирования. Управляющие органы вынуждены

оперативно сконцентрировать усилия и ресурсы на решении задач первостепенной важности: перехода к отечественным разработкам и когнитивным технологиям, локализации производства комплектующих на территории страны и тем самым увеличения добавленной стоимости, а также сфокусированность на развитии научно-технического и интеллектуального потенциала. Однако существуют методологические пробелы в ранжировании таких усилий. При том, что для реализации намеченных целей в стране выделен дополнительный бюджет, призванный поддержать и стимулировать технологический, цифровой, инновационный прорывы, существенной проблемой в России по-прежнему остается разрыв между фундаментальной и прикладной наукой, как следствие, наличие нереализованного потенциала повышения эффективности промышленных систем; бюджетные и временные ограничения. Требуется структурированный по приоритетам и уровням управления организационно-экономический механизм, основанный на формализации потенциала развития и сбалансированной реализации стратегических инициатив.

При этом ключевой критерий определения приоритетов экономического развития – эффективность – требует существенной модернизации расчета, причем зачастую с пересмотром базы оценки соотносимых параметров, т.е. в новых условиях развития российской промышленности традиционная методика оценки эффективности промышленных систем (рентабельность, производительность труда, фондоотдача, индекс производства и др.) будет искажать ход стратегических инициатив, например, по причине неучтенной методически задачи обеспечения технологического суверенитета, длительное время игнорируемый корпоративным сектором России. Требуются новые научные результаты мониторинга уровня эффективности, методологически увязанные со стадиями становления технологического суверенитета на уровне локальных экономических систем. Такие инструменты, как сбалансированная система показателей, функционально-стоимостный анализ, производственные функции, добавленная стоимость, индекс производства и другие, важно дополнить учетом выбора часто альтернативных мероприятий и оценки их приоритетности для конкретной промышленной системы.

Изложенные положения свидетельствуют об актуальности темы и программы нашего исследования. Требуется системный механизм управления форсированной структурной трансформацией, который выполнит роль амортизатора, способного смягчить деструктивные внешние воздействия на национальную экономику и акселератора возможностей кардинального решения проблемы экономического развития. Ключевая роль в данном механизме отводится промышленному сектору экономики, перед которым открывается «окно возможностей» для усиления конкурентных преимуществ в глобальном масштабе и существенного повышения эффективности промышленных систем.

**Степень научной разработанности проблемы.** Настоящее исследование базируется на известных подходах к управлению различными аспектами развития промышленных систем. С позиции управления производственными системами научный интерес представляют труды таких ученых, как Г.Б. Бурдо, О.Е. Гудкова, А.Р. Ингеманссон, О.А. Кислицына, Т.В. Малышева, В.П. Мешалкин, Е.Р. Мошев, Д.И. Панюков, Т.М. Редькина, А.А. Рудычев, Н.А. Семенов, М.С. Старикова, М.В. Хайруллина и другие авторы. Особую нишу в научной литературе занимают исследования, посвященные проблематике эффективности промышленных систем, вклад в развитие которой внесли В.В. Авилова, О.В. Антипова, В.М. Баутин, К.Б. Герасимов, А.Е. Горохова, Ю.А. Дорошенко, А.Н. Дырдонова, Г.Б. Клейнер, Д.А. Корнилов, Ю.М. Максимов, И. Е. Мизиковский, С.Н. Митяков, Д.Е. Никаноров, О.Л. Перерва, Д.О. Скобелев, Т.Г. Строителява, Т.В. Терентьева, О.В. Трофимов, Е.Н. Чижова, А.Д. Шафронов, Е.Д. Щетинина, С.Н. Яшин и др.

Вопросам организации промышленных систем в условиях импортозамещения посвящены многочисленные труды ученых, среди которых Н.М. Абдикеев, Е.А. Бессонова, Е.В. Волкодавова, Л.А. Ельшин, Л.Г. Матвеева, А.Б. Мельников, Ю.И. Селиверстов, В.Ю. Чернова, В.У. Чиналиев и др.; специфику технологического суверенитета и локализации производства в своих исследованиях отразили О. Батура, Н. Билотта, С.В. Володенков, С. Глоberman, П. Грант, И.Д. Грачёв, В.Я. Кершенбаум, В.В. Клочков, И.Ф. Колонтаевская, Ю.Г. Лаврикова, И.И. Лившиц, В.В. Лучинин, Ф. Румате, В.К. Фальцман, А.А. Френкель, Я. Эдлер и др.;

вклад в развитие теоретических и методических аспектов управления когнитивными технологиями в промышленности внесли Н.В. Апатова, В.А. Дадалко, Е.В. Долгова, С.С. Кудрявцева, Н.И. Лаврикова, А.В. Олейник, Л.А. Третьякова, Р.А. Файзрахманов, Л.М. Червяков, А.И. Шинкевич, М.В. Шинкевич и другие ученые.

Вклад в развитие проблематики управления цепями поставок внесли Т.Е. Евтодиева, Ч. Каленоя, В.Б. Кондратьев, Н.В. Пахомова, А.А. Кизим, Б. Марчи, К.К. Рихтер и др. Смежным и не менее важным аспектом исследования промышленных систем является добавленная стоимость, диагностика и механизмы управления которой раскрыты в работах таких ученых, как С.Л. Брю, К.Р. Макконнелл, Д.А. Панков и др.

Вопреки обширному научно-методическому массиву исследований в области управления промышленными системами в условиях коренной трансформации экономики, к сожалению, отсутствует комплексный подход к управлению эффективностью промышленных систем в условиях импортозамещения, обеспечения технологического суверенитета, локализации производства и развития когнитивных технологий. На восполнение выявленных пробелов в теории и методологии управления эффективностью промышленных систем направлено настоящее исследование.

**Цель и задачи диссертационного исследования.** С учетом актуальных проблем российской экономики определена цель исследования, которая заключается в развитии теории и методологии оценки эффективности промышленных систем, способствующей решению задач обеспечения технологического суверенитета, реализации политики импортозамещения и развития когнитивных технологий.

Реализация обозначенной цели предусматривает определение ряда научных задач:

- 1) разработать концептуальные положения методологии управления развитием технологического суверенитета;

2) обосновать экономическую сущность эффективности промышленной системы в контексте кооперации и интеграции стейкхолдеров развития промышленности в целях выявления предпосылок формирования технологического суверенитета;

3) предложить авторскую систему показателей оценки эффективности промышленных объектов в разрезе этапов развития технологического суверенитета;

4) предложить модель повышения эффективности промышленных систем, базирующуюся на реализации современных подходов к диагностике функционирования и развития отраслей промышленности;

5) обосновать с позиции технологического суверенитета усовершенствованную концепцию управления цепями поставок промышленной продукции, подверженных деструктивным внешним воздействиям;

6) предложить авторскую методику определения потенциала инструментов Индустрии 4.0, адекватную технологическому суверенитету;

7) разработать многокритериальный контур управления ресурсами, технологиями, цепями поставок в условиях развития технологического суверенитета;

8) предложить методический комплекс диагностики эффективности импортозамещения в промышленности;

9) апробировать предложенные методологические положения в формате структурной модели управления развитием промышленных систем, адекватной условиям технологической трансформации.

**Объект исследования** – промышленные системы мезо- и микроуровня управления, в частности, рассмотренные в соответствии с ОКВЭД 2 и ТН ВЭД ЕАЭС и характеризующиеся спецификой ресурсного обеспечения.

**Предмет исследования** – организационно-экономические отношения, возникающие в процессе функционирования и развития промышленных систем в условиях становления технологического суверенитета, реализации политики импортозамещения.

**Научная новизна диссертационного исследования** состоит в выявлении отличительных элементов методологии оценки эффективности промышленных систем, адекватных принципам технологического суверенитета и позволяющих построить структурную модель развития промышленности, способствующую достижению новой модели российской экономики.

1. Сформулирован концептуальный каркас методологии оценки уровня развития технологического суверенитета, включающий уточнение и расширение дефиниции технологического суверенитета, *отличающийся* от известных подходов к глобальной конкурентоспособности цепей поставок и их эффективности, рассмотрением проблемы технологического суверенитета в виде включения факторов (инновации, локализация производства и цифровой суверенитет), развивающих теорию устойчивого развития промышленности, что в целом *позволяет* методологически обосновать ресурсы преодоления существующих барьеров промышленного развития Российской Федерации (п. 2.1 Паспорта специальностей ВАК РФ).

2. Разработан теоретико-методический подход к оценке эффективности промышленной системы, базирующийся на эффективности кооперации стейкхолдеров развития промышленности, *отличающийся* совершенствованием действующих методик мониторинга деятельности интегрированных промышленных систем путем включения механизма выявления латентных взаимозависимостей между разными видами экономической деятельности, *дополненный* разработкой ресурсной модели повышения эффективности промышленного развития и формулированием предпосылок формирования технологического суверенитета (п. 2.2 Паспорта специальностей ВАК РФ).

3. Обоснована система показателей оценки эффективности промышленных объектов для разных фаз становления технологического суверенитета, *отличающаяся* модификацией направлений достижения эффективности в рамках методологии Индекса промышленной конкурентоспособности, *позволяющая* оценить влияние мероприятий в области импортозамещения на показатели эффективности промышленных систем и направленная на повышение управляемости промышленных

систем в условиях сильной турбулентности глобальной экономики (п. 2.2 Паспорта специальностей ВАК РФ).

4. Разработана система инструментов повышения эффективности промышленных систем, отражающая вклад частных типов эффективности в структурные сдвиги в промышленности как индикаторы становления технологического суверенитета, *отличающаяся* от традиционной методики оценки эффективности макро- и мезопромышленных систем, учитывающей модули производительности, материало- и энергоэффективности, добавленной стоимости, добавлением модулей оценки процессов локализации и кооперации, что *позволяет* реализовать технологию больших данных для поиска продуктивных пропорций расходов на развитие промышленных систем разного уровня (п. 2.2 Паспорта специальностей ВАК РФ).

5. Предложена концепция операционного управления цепями поставок промышленной продукции, *отличающаяся* от существующих для этапов жизненного цикла моделей управления (управление цепями поставок, концепция интегрированной поддержки процессов жизненного цикла изделия и концепция добавленной стоимости) их синтезом и расширением метрического инструментария, необходимым для адаптации управления к условиям импортозамещения, *обеспечивающая* методологический фундамент для стратегирования развития промышленных систем (п. 2.2 Паспорта специальностей ВАК РФ).

6. Сформирован комплекс рекомендаций по применению инструментов Индустрии 4.0, адекватный современному состоянию промышленных мезосистем России, *отличающийся* учетом выявленных причинно-следственных связей выбора источников промышленных ресурсов, *позволяющий* идентифицировать текущие и перспективные резервы промышленного развития в условиях технологических ограничений, обеспечить гибкость управления компонентами модели, учесть отраслевую специфику ресурсопотребления; прогнозировать динамику вовлечения ресурсов для интенсификации цифровизации промышленных производств (п. 2.3 Паспорта специальностей ВАК РФ).



7. Разработаны контур и инструментарий управления промышленными проектами достижения технологического суверенитета, *отличающиеся* наличием авторского модуля многоуровневой и многокритериальной диагностики эффективности промышленных систем и ресурсного обеспечения их развития, *позволяющие* последовательно выявлять и устранять «узкие» места развития промышленности в России, оптимизировать управление ресурсами и в конечном итоге обеспечить повышение технологического суверенитета страны через сбалансированное регулирование, стимулирование и поддержку (п. 2.3 Паспорта специальностей ВАК РФ).

8. Разработана модель оценки эффективности проекта реализации технологического суверенитета на уровне управляемой промышленной системы, включающая ряд авторских элементов (формализация оценки суверенизации национальной экономики с акцентом на технологическую и цифровую независимость; методический комплекс); *отличительной особенностью* модели от традиционной системы оценки эффективности промышленной системы на микроуровне (рентабельность, производительность труда, фондоотдача и др.) является учет воздействия инструментов развития технологического суверенитета, обеспечивающих ускоренную адаптацию промышленных систем к новым условиям хозяйствования, и оптимизация ресурсных источников роста их эффективности (п. 2.3 Паспорта специальностей ВАК РФ).

9. Предложена структурная модель управления развитием промышленных систем на макроуровне, апробирующая положения авторской методологии оценки эффективности, *базирующаяся* на модернизации существующих организационных моделей промышленной политики в виде декомпозиции функций органов исполнительной власти в условиях технологической трансформации промышленности и реиндустриализации национальной экономики на основе авторской методологии, отражающий матричный подход и межведомственную кооперацию в разрезе перспективных инструментов управления ресурсной базой и повышения конкурентоспособности промышленных систем, *обеспечивающая* ускоренный переход к технoэкономике (п. 2.3 Паспорта специальностей ВАК РФ).

**Соответствие содержания диссертации заявленной специальности.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с паспортом научной специальности 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика, а именно: п. 2.1 Теоретико-методологические основы анализа проблем промышленного развития; п. 2.2. Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности; п. 2.3. Ресурсная база промышленного развития.

**Теоретическая значимость работы** обусловлена наличием новых разработанных научно-методологических положений, развивающих теории эффективности и организации промышленности в части понятийного аппарата, концептуальных положений и методологии, адаптированных к новым вызовам современности. Применение комплекса современных методов исследования способствовало формированию концептуального каркаса методологии управления развитием технологического суверенитета, включая такие модели, как: импликационная концептуальная модель технологического суверенитета, концептуальная модель феномена «технологический суверенитет», этапы становления технологического суверенитета, системы показателей оценки эффективности промышленных объектов для разных фаз становления технологического суверенитета, ресурсная модель повышения эффективности промышленного развития, система повышения эффективности промышленных систем на базе авторской методики оценки структурных сдвигов, концепция операционного управления цепями поставок промышленной продукции и др.

**Практическая значимость исследования** подтверждается тем, что разработаны новые универсальные модели управления ресурсами, технологиями, цепями поставок, позволяющие комбинировать инструменты развития промышленных систем разного уровня, обеспечивая рост производительности, объемов и качества выпускаемой отечественной продукции, снижение углеродоемкости производства, повышения валовой добавленной стоимости в результате локализации эффективных высокотехнологичных наукоемких производств в стране. В рамках исследова-

ния создана система практических рекомендаций по совершенствованию федеральных программ технологического развития России, основанная на принципе кооперации.

**Методология и методы исследования.** Теоретико-методологической основой диссертационного исследования послужили актуальные и фундаментальные труды ученых, посвященные вопросам оценки эффективности промышленных систем и цепей поставок промышленной продукции в условиях цифровизации, устойчивого развития, экономики инноваций, технологической революции. Применен комплекс методов исследования, в частности, метод формализации, анализа и синтеза, логико-информационное моделирование (моделирование процессов в нотации IDEF<sub>0</sub>, BPMN), экономико-математическое моделирование (корреляционно-регрессионный анализ, факторный анализ, кластерный анализ, деревья регрессии и классификации, нейронные сети, экстраполяция), прогнозирование.

**Информационная база исследования** представлена нормативно-правовыми актами, программами, стратегиями, Указами Президента РФ, Постановлениями Правительства РФ, регламентирующими развитие промышленности в России, данными, размещенными на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики, НИУ ВШЭ, Федеральной таможенной службы, Банка России, Организации экономического сотрудничества и развития, Всемирного банка, официальной отчетностью анализируемых промышленных предприятий, технологических платформ, информацией с официальных сайтов профильных министерств, а также научными публикациями по тематике исследования (диссертации и авторефераты диссертаций, монографии, научные статьи).

**Положения, выносимые на защиту:**

- 1) Концептуальный каркас методологии оценки уровня развития технологического суверенитета.
- 2) Теоретико-методический подход к оценке эффективности промышленной системы, базирующийся на эффективности кооперации.
- 3) Система показателей оценки эффективности промышленных объектов для разных фаз становления технологического суверенитета.

4) Система инструментов повышения эффективности промышленных систем, отражающая вклад частных типов эффективности в структурные сдвиги в промышленности.

5) Концепция операционного управления цепями поставок промышленной продукции, модернизированная на основе синтеза моделей управления цепями поставок, концепции интегрированной поддержки процессов жизненного цикла изделия и концепции добавленной стоимости.

6) Комплекс рекомендаций по применению инструментов Индустрии 4.0 на уровне промышленных мезосистем, в целях повышения эффективности использования промышленных ресурсов.

7) Контур и инструментарий управления промышленными проектами достижения технологического суверенитета, представленный формированием многоуровневой и многокритериальной системы оценки.

8) Модель оценки эффективности проекта реализации технологического суверенитета на уровне управляемой микропромышленной системы.

9) Структурная модель управления развитием промышленных систем на макроуровне.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность сформулированных выводов и предложенных рекомендаций обоснована тем, что разработанные научные положения базируются на анализе обширного массива научных трудов, построены на известных данных и фактах, размещенных в открытом доступе. Применение современных компьютерных методов сбора, обработки и анализа исходных данных обеспечило объективность выводов. Результаты диссертационного исследования положительно оценены на научных конференциях и использованы в практической деятельности.

Основные положения диссертации прошли апробацию на научно-практических международных и всероссийских конференциях, в том числе в городах Санкт-Петербург («Модернизация экономики и формирование технологических платформ (ИНПРОМ – 2011)», 2011), Саратов («Проблемы модернизации и посткризисное развитие современного общества (экономика, социология, философия,

право)», 2012), Казань («Модели инновационного развития текстильной и легкой промышленности на базе интеграции университетской науки и индустрии. Образование-наука-производство», 2016; «Тенденции развития логистики и управления цепями поставок в условиях цифровой экономики», 2021; «Актуальные тренды цифровой трансформации промышленных предприятий», 2022), Москва («Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018)», 2018), Орел (Развитие менеджмента: концепция “Industry 4.0”», 2019; «Комплексное развитие территориальных систем и повышение эффективности регионального управления в условиях цифровизации экономики», 2020), Курск («Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты», 2018; «Проблемы развития современного общества», 2019; Актуальные вопросы развития современного общества», 2020; «Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты», 2021; «Мировой опыт и экономика регионов России», 2021), Пенза (Теоретические и прикладные вопросы экономики, управления и образования, 2022).

Научные положения, сформулированные автором, заслужили поддержку в виде присуждения призового места в Конкурсе молодежных научных грантов и премий Республики Татарстан.

Результаты диссертационного исследования нашли отражение при выполнении НИР: «Разработка моделей управления ресурсосбережением на нефтехимическом предприятии» (2019 год); «Разработка моделей организации экологических производственных систем в нефтехимической промышленности» (2020 год); «Разработка стратегии развития организационных структур управления нефтехимических предприятий с использованием современных информационных систем» (2021 год); «Разработка алгоритма цифровизации управления цепями поставок нефтепродуктов на основе программного комплекса 1С» (2022 год); реализации исследований при поддержке грантов РФФИ «Конкурс проектов 2018 года фундаментальных научных исследований, выполняемых молодыми учеными (Мой первый грант)» (2019 год) (18-310-00213, Методология управления открытыми инновационными

сетями в условиях перехода к электронной экономике); гранта Президента РФ на поддержку ведущих научных школ РФ (2020–2021 годы) (НШ-2600.2020.6, Методология организации процессов ресурсосбережения в условиях цифровизации инновационных экономических систем); гранта Президента РФ на поддержку ведущих научных школ РФ (2022–2023 годы) (НШ-1886.2022.2, Разработка методологии управления мезоэкономикой замкнутого цикла на основе инструментов цифровизации); гранта РФ «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» (2022–2023 годы) (22-28-00581, Методология управления цепями поставок в условиях циркулярной экономики); гранта Правительства Республики Татарстан «Алгарыш» (2022 год); проекта «Лаборатория имитационного моделирования химико-технологических производств и логистических центров в формате модели экономики замкнутого цикла» в рамках реализации программы развития университета «Приоритет-2030», 2022–2023 годы; проекта «Лаборатория "Автоматизированная система управления предприятием"» в рамках Федеральной инновационной площадки «Масштабируемая модель цифрового химического предприятия», 2022–2023 годы; программы развития Передовой инженерной школы "ПРОМХИМТЕХ" (ПИШ «ПРОМХИМТЕХ»), с 2022 года.

Основные положения диссертационного исследования использованы при разработке учебных курсов: «Информационное и программное обеспечение автоматизированных систем управления логистическими процессами» в рамках гранта Потанина для преподавателей магистратуры (2021 год), программы повышения квалификации «Инновационные логистические технологии для повышения эффективности бизнес-процессов», модуль «Современные методы и модели логистики в управлении бизнес-процессами» (2021 год); программы повышения квалификации «Автоматизация промышленного предприятия на основе цифровых технологий», модуль «Цифровые двойники: переход к промышленному лидерству на глобальных рынках» (2022 год).

Результаты диссертационного исследования использованы в организационно-управленческой деятельности промышленных предприятий, Министерства

экономики Республики Татарстан, Ассоциации «Технологическая платформа «Текстильная и легкая промышленность», научной и образовательной деятельности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 84 работы общим объемом 63,22 печ. л. (личный вклад автора составил 45,32 печ. л.), из них: 28 статей в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России, 5 монографий, 9 свидетельств о регистрации электронных ресурсов и программ для ЭВМ.

**Структура, логика, содержание и объем диссертации.**

Диссертационное исследование включает введение, пять глав, заключение, список литературы (422 наименования), 16 приложений. Объем работы – 411 страниц.

Во **введении** представлены актуальность и ключевые характеристики исследования, отражающие теоретико-методологическую и информационную базу исследования, научную новизну, значимость для теории и практики, положения, выносимые на защиту, а также степень достоверности и апробацию результатов.

В **первой главе «Научно-методологический базис управления промышленными системами»** построен организационный контур производственного менеджмента современного промышленного предприятия, систематизированы и структурированы современные модели развития промышленных систем, предложен уникальный подход к пониманию технологического суверенитета, построена ресурсная (объектно-средовая) модель повышения эффективности промышленного развития.

Во **второй главе «Методология оценки эффективности функционирования промышленных систем в условиях обеспечения технологической независимости национальной экономики»** построена схема трансформации системы управления эффективностью промышленной системы, предложена и обоснована система показателей оценки эффективности промышленных систем на разных этапах становления технологического суверенитета. Предложены методический под-

ход к управлению когнитивными технологиями, система повышения эффективности промышленных систем на базе авторской методики оценки структурных сдвигов, обоснована классификация промышленных систем по критерию энтропии, предложена концепция операционного управления цепями поставок промышленной продукции. Сформирован концептуальный каркас методологии управления развитием технологического суверенитета.

В третьей главе **«Исследование эффективности функционирования промышленных систем в условиях глобальных преобразований»** выявлены закономерности изменения добавленной стоимости, создаваемой на уровне макроэкономической системы и макротехнологий, обоснован дифференцированный подход к идентификации типа модели добавленной стоимости в условиях сильной турбулентности (дискретная и непрерывная), предложена модель определения потенциала цифровизации нефтехимических промышленных систем, новые методики диагностики эффективности промышленных систем, учитывающие приоритетные направления развития, факторы импортозамещения, технологического суверенитета и гармонизации интересов общества.

В четвертой главе **«Моделирование ресурсного обеспечения технологического суверенитета промышленных систем»** систематизированы инструменты управления промышленной системой и цепями поставок, построена пирамида импортозамещения, синтезированная с современным инструментарием управления эффективностью промышленных систем, предложен инструментарий управления проектами технологического суверенитета. Сформированы организационная платформа повышения эффективности микропромышленных систем, схема процесса технологической суверенизации, структурная модель управления. Построены оптимизационные модель управления промышленными ресурсами и цифровизацией промышленных систем.

В пятой главе **«Апробация модели оценки эффективности промышленных систем в новых экономических условиях»** предложена авторская методика мониторинга деятельности российских технологических платформ, а также апро-



бированы авторские научные результаты на примере отраслей добывающей и обрабатывающей промышленности, инновационных промышленных мезосистем, когнитивных технологий и цепей поставок промышленной продукции.

В **заключении** сформулированы основные выводы и результаты исследования, изложены перспективы дальнейшего развития темы.

# 1 НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

## 1.1 Современная модель организации промышленных систем

В основе развития национальной экономики лежит деятельность хозяйствующих субъектов, подверженная перманентному влиянию внешних нерегулируемых предприятиями факторов. Новые условия функционирования, новые требования к качеству продукции и производства требуют новых подходов к организации промышленных систем. Способность оперативно реагировать на экзогенные возмущения определяет конкурентные позиции предприятий на внутреннем и глобальном рынках. А в условиях существенных тектонических перемен в мировой экономике приоритетной становится задача поиска эффективных моделей и инструментов промышленного развития, способных обеспечить технологический суверенитет страны.

Промышленные системы предлагается рассматривать как совокупность ограниченных определенной территорией и взаимосвязанных между собой элементов и процессов, объединенных товарно-сырьевыми, энергетическими, информационными, финансовыми и сервисными потоками, способствующих производству промышленной продукции и формированию ВВП (в частности, подсистему НИОКР, снабжения, производства, распределения, транспортную и складскую подсистемы и соответствующую инфраструктуру). Чертами современной конкурентной промышленной системы являются гибкость, кооперация, инновационность, оцифрованность, когнитивность, конвергентность, экологичность.

В основе диссертационного исследования лежит дифференцированный по уровням управления подход к анализу проблем промышленного развития, в связи с чем в работе выделяются:

- микропромышленные системы, представляющие собой производственную систему и образующие ее подсистемы на уровне хозяйствующего субъекта;

– мезопромышленные системы – это совокупность хозяйствующих субъектов, объединенных по отраслевому или географическому признаку.

На уровне макросистемы государством регулируются производственные отношения, формируемые на микро- и мезоуровнях управления.

Декомпозиция объектов управления лежит в основе нашего исследования научно-методологического базиса управления промышленными системами, представленная в виде последовательного алгоритма (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Схема концептуального исследования промышленных систем (составлено автором)

Развивая теоретический базис управления эффективностью промышленных систем, предлагается разграничить дефиниции «организация» (как процесс), «управление» и «развитие». Ёмким понятием является управление, под которым понимают непрерывный процесс, логически выстроенную совокупность функций по управлению хозяйствующим субъектом (цепь «планирование – организация – мотивация – координация – контроль»), ориентированную на реализацию корпоративной стратегии в рамках федеральных и региональных инициатив, в частности, на решение задач народного хозяйства, повышение конкурентоспособности, производительности, эффективности производственной системы. Организация как неотъемлемый элемент управления представляет собой взаимосвязанную совокупность скоординированных действий, подразумевающих распределение функциональных задач и ресурсов между участниками процесса, определение порядка и средств коммуникаций между ними. Управление и организация ориентированы на развитие, под которым понимают трансформацию состояния экономической системы, переход сложной системы в качественно новое состояние, отвечающее актуальным трендам, стандартам, потребностям.

Представленный понятийный аппарат позволяет дифференцировать научно-методологические положения в области формирования эффективно функционирующих промышленных систем.

Начиная с фундамента – организации производственных процессов, следует уточнить, что речь идет об объединении составляющих элементов, выполняющих разнородные функции, в единое целое с целью достижения синергетического эффекта в разрезе экономического, социального, экологического аспектов (опираясь на концепцию устойчивого развития).

В основе организации промышленных систем лежит понятие эффективности. Один из основоположников теории эффективности Г. Эмерсон утверждал, что эффективность достигается лишь в результате рациональной организации системы, в противном случае даже при наличии достаточного объема ресурсов невозможно обеспечить эффективное их использование [353]. Широко распространенной кате-

горией является «эффективность по Парето», заключающаяся в том, что невозможно улучшение одного показателя системы без ухудшения другого, а существуют такие комбинации на кривой множества состояний, которые отражают эффективное функционирование производственных систем [43]. Адаптация теории Парето к организации промышленных систем заключается в том, что каждая экономическая единица стремится улучшить своё положение и повысить конкурентное преимущество, при этом пострадает положение другой экономической единицы. Теория Х-эффективности Х. Лейбенштайна основана на положении о том, что экономический агент способен оптимизировать издержки и повысить производительность и объем выпуска посредством совершенствования системы управления, инноваций, мотивации [371]. В технической интерпретации эффективность изложена Б.С. Флейшманом, который, объединив теорию информации, теорию надежности и теорию игр, обосновал потенциальную эффективность как «вероятность достижения объектом своей цели» при ограниченных ресурсах (теория потенциальной эффективности) [280].

В контексте промышленных систем необходимо упомянуть о теории организации промышленности Д. Хэя и Д. Морриса [286] и Ж. Тироля [268]. Как утверждают Д. Хэй и Д. Моррис, данная теория, с одной стороны, базируется на теории фирмы (природе и поведении фирмы в рыночных условиях, ее влиянии на экономическое благосостояние), с другой стороны, учитывает специфику промышленных компаний, характеристиками которых выступают размер (объемы продаж, активов и число занятых), диверсифицированность производства (особенно актуальная сегодня для оборонно-промышленного комплекса), сложность организации управления потоками в разрезе функций (возрастает с размерами и степенью диверсифицированности производства), отдаление вопросов собственности от эффективного управления компанией с ростом ее размеров и усложнением организационной структуры [286]. Таким образом, теория организации промышленности сосредоточена вокруг микроэкономической системы, сложной, динамической, адаптивной, функционирующей в условиях неопределенности рынка.

Изучение обширной научной литературы позволило выявить низкую частоту применения категории «промышленная система» несмотря на то, что вопросы организации промышленных систем нашли отражение в работах многих отечественных и зарубежных ученых. Так А.Н. Рахмангуловым предложена модель промышленной транспортно-технологической системы, основанная на имитационном моделировании и комплексе оптимизационных решений, позволяющая моделировать поведение сложной системы на разных уровнях ее организации и идентифицировать рациональный механизм организации функционирования транспортно-технологической системы [243]. С.В. Мещеряков упоминает промышленные системы в контексте автоматизации производства, но ассоциирует их с производственными системами [192]. Н.И. Апарин рассматривает промышленные системы в рамках их институционального преобразования и производства продукции специального назначения, через призму ресурсного обеспечения, эффективности и стратегического развития [26]. В зарубежных исследованиях промышленные системы упоминаются чаще: как энергопотребляющая система циркуляции охлаждающей воды, нуждающаяся в оптимизации затрат ресурсов и энергии [422]; на региональном уровне, как двухступенчатая система, представляющая собой комплекс чистого производства и переработки отходов [412]; в рамках обнаружения кибератак в промышленных системах управления (в качестве информационной системы) [373] и т.д.

В то же время, представители научного сообщества опираются на понятие производственной системы, которая, на наш взгляд, является более узкой и ограничена микросистемой. Вместе с тем, следует подчеркнуть ее разностороннюю изученность. В числе современных докторских диссертационных исследований можно выделить работы, направленные на изучение производственных систем с позиции технических рисков (Д.И. Панюков) [224], цифровизации в машиностроении (А.Р. Ингеманссон) [131], через призму инновационной экономики (Т.М. Редькина) [245] и инновационной результативности промышленности (М.С. Старикова, А.А. Рудычев, А.М. Алахмад) [258], а также на примере оборонно-промышленного комплекса в условиях санкционного давления Запада (О.Е. Гудкова) [108] и др.

Среди публикаций следует выделить подходы Г.Б. Бурдо и Н.А. Семенова, которые под производственной системой понимают «конструкторские и технологические службы, производственные мощности, испытательные, научные, а также управляющие подразделения» [49, с. 134]; М.Б. Пушкаревой, в исследованиях которой акцентируется внимание на категориях «холархия» и «холон» (система, выступающая как самостоятельное целое и являющееся частью более крупной сложной системы) и интеллектуальных производственных системах [241]; М.В. Хайруллиной и О.А. Кислицыной, развивающих тематику кадрового обеспечения производственной системы компании [284] и т.д.

Таким образом, контент-анализ научной литературы, посвященной проблематике организации промышленных систем, позволяет резюмировать превалирование исследований в области организации производственной системы, ее моделирования и автоматизации, но слабую проработку и освещенность теоретических положений, отражающих сущность промышленных систем и принципы их организации, в связи с чем считаем необходимым восполнить выявленные пробелы в теории организации промышленности.

Трансформация модели промышленных систем сопровождается коренными изменениями в системе управления предприятием, компетенциями, инвестициями, информационной поддержки бизнес-процессов, автоматизации производства. Современные модели индустриальных систем основаны на разделении труда и кооперации вокруг жизненного цикла изделия [281], распределенной цепочке управления, формировании центров компетенций, унификации и стандартизации процессов [201]. Ключевыми трендами в организации промышленных систем сегодня являются циркулярные бизнес-модели, принципы устойчивого развития, бережливое производство и цифровизация процессов. Помимо пяти общеизвестных циркулярных бизнес-моделей (циркулярные поставки, восстановление ресурсов, продление срока службы продукции, совместное использование и «товар как услуга»), на практике доказали свою эффективность такие масштабные организационные модели, как замкнутые цепи поставок, промышленный симбиоз и «зеленая» промышленность.

В контексте современной концепции циркулярной экономики промышленные системы базируются на внедрении безотходных технологий, переходе от линейной модели экономики к замкнутой, регенерации ресурсов, оптимизации и гармонизации взаимодействия промышленной системы с экологической, модели промышленного симбиоза (каскадной модели управления отходами). Последняя предполагает последовательное использование разными хозяйствующими субъектами материального потока, который, будучи отходами для одного промышленного предприятия, является сырьем для другого. Такая модель реализована на практике рядом стран Европы, Америки, Азии и доказала свою эффективность в части бережного взаимодействия с экологической системой, оптимизации затрат на производство, формирования новых рынков [236].

Кроме того, предлагаем рассматривать промышленный симбиоз через призму концепции «жемчужного ожерелья», под которой сегодня понимают морскую геополитическую стратегию Китая, а также твердую последовательность производственных заказов. В первом случае, для закрепления своего влияния в Индийском океане Китай строит цепочку морских портов в прибрежных океанических странах: в Мьянме, Пакистане, Бангладеш и Шри-Ланке. Таким образом происходит формирование системы логистических и военно-стратегических пунктов под патронажем Китая. В контексте производства понятие «Жемчужное ожерелье» часто встречается в автомобильной индустрии. Управление производством по принципу жемчужной цепи представляет из себя концепцию последовательности заказов со строгим контролем, установленной до начала производства.

В нашем исследовании предлагается адаптировать строгую последовательность элементов «жемчужной цепи» к цепи предприятий, последовательно вовлекающих отходы предшествующих звеньев (предприятий, промышленных систем) в собственные производственные системы в качестве исходного сырья. Основопологающей моделью циркулярной экономики являются замкнутые цепи поставок, реализующие принцип сбора, восстановления и повторного использования отходов в производстве. Данная модель обеспечивает дополнительные преимущества для производителя в виде расширения спектра услуг, предоставляемых клиенту, и, тем



самым, повышение уровня клиентской лояльности: помимо послепродажного обслуживания по истечении срока службы продукта, предусматривается оказание услуг по организации возврата вышедшего из эксплуатации продукта. Таким образом, в конце жизненного цикла продукт снова «возвращается» в исходную цепь поставок, но переходит на новый цикл.

Перечислим основные эффекты, обеспечиваемые циркулярной экономикой в цепях поставок [225, 261]:

1) ресурсосбережение: на стадии снабжения обеспечивается в результате применения возобновляемых или перерабатываемых материалов; на стадии производства оптимальными являются реализация принципов бережливого производства, сокращение материалозатратности за счет оборотного использования ресурсов, биологического восстановления; на стадии распределения готовой продукции – возврат реализованного материального потока, перепродажа другому покупателю, техническое обслуживание и др.;

2) энергосбережение, достигаемое за счет использования возобновляемых источников энергии;

3) сокращение негативного воздействия на окружающую среду, «зеленые» цепи поставок;

4) социальный эффект, выраженный в дополнительных рабочих местах, обеспечении достойных условий труда.

Неотъемлемой моделью также является «зеленая» промышленность, под которой понимают формирование промышленной системы по принципам нейтрализации отрицательных экстерналий относительно экологической системы и человека. Качественная реализация данной концептуальной модели должна быть регламентирована соответствующим стандартом, отвечать положениям промышленной политики, а также принципам устойчивого развития и ESG.

Рассмотренные модели являются концепциями первого уровня, учитывают важность экологического фактора, соответствуют концепции устойчивого развития экономики и формализованы нами в виде элементов фундаментального экофактора (рисунок 1.2).

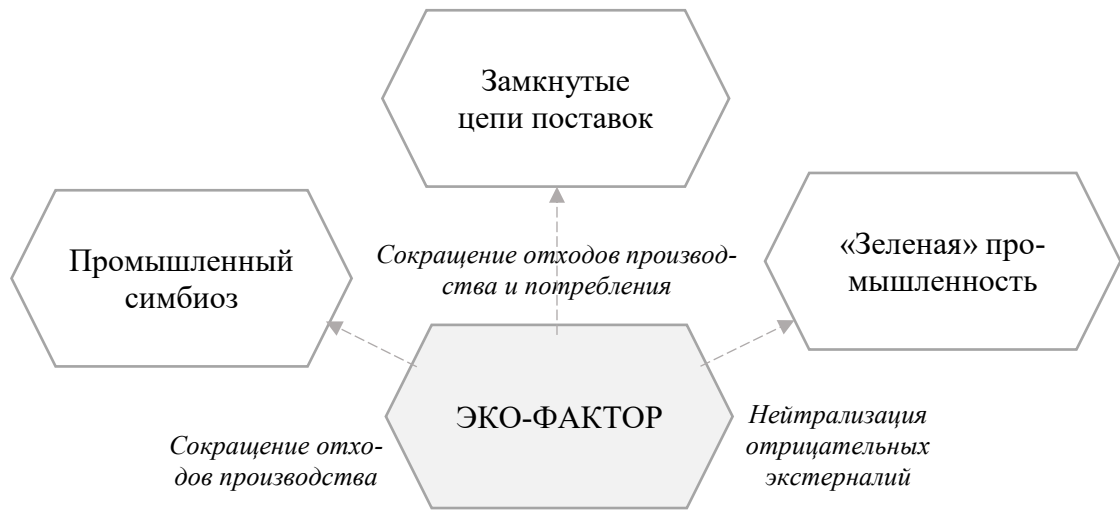


Рисунок 1.2 – Современные концепции организации промышленных систем в условиях экономики замкнутого цикла (систематизировано автором) [83]

Вопросы организации промышленных систем также охватывают построение эффективных организационных структур. Актуальной становится проектная организационная структура. Системный подход к решению экономических, технических, кадровых, материальных и других задач закрепил практику проектного управления на промышленных предприятиях, в частности, путем формирования отдельного структурного подразделения, ответственного за планирование, организацию, мониторинг проектной деятельности на предприятии (проектный офис, офис управления проектами, Project Management Office). Как следствие, очевидна необходимость интегрированного подхода к организации производственных систем, охватывающего процессы цифровизации, реализации циркулярной модели управления ресурсами и проектного управления как фундамента модернизации промышленного предприятия [79].

Принципы проектной организации промышленной системы (на микро-уровне) широко представлены в научной литературе, но недостаточно обширно в контексте цифровой экономики и экономики замкнутого цикла. Литературный обзор позволил выявить фрагментарный характер исследований на обозначенную тематику. В частности, преобладают труды с изучением проектной деятельности лишь в отношении одного из двух отмеченных аспектов: цифровизации [37, 161, 215, 265, 384] или экономики замкнутого [290, 186, 207]. Попытка интегрировать

вопросы цифровизации и проектного управления на фоне концепции устойчивого развития предпринята И.Н. Ивановым и др. [129]. Вместе с тем, в представленных работах затронуты лишь парные сопоставления трёх обозначенных аспектов, что определяет необходимость развития концептуальных основ проектной организации промышленных систем в целях повышения их эффективности и реализации проектов технологического суверенитета.

В рамках совершенствования организации промышленных систем предложена «тройная» модель (рисунок 1.3), которая основана на таких ключевых акторах, как:

- переход к модели замкнутого цикла (Circular model, «C»), регулируемый федеральным проектом «Экономика замкнутого цикла»;
- цифровизация производственных систем (Digital transformation, «D»), регламентируемая Государственной программой РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», в рамках которой обозначены ожидания доведения внутренних затрат на цифровизацию до 5,1% от создаваемой валовой добавленной стоимости в промышленности;
- внедрение проектных технологий управления производственными процессами как эффективного инструмента оптимизации ресурсного обеспечения (Project Managment, «P»).

Обозначенные блоки объединены единым контуром управления (представлен пунктирной линией). Так задача цифровизации, обозначенная на федеральном уровне, с одной стороны, стимулирует проектную деятельность, в частности, формирование проектных организационных структур на промышленных предприятиях (процесс DP), с другой стороны, прямо или косвенно связана с рационализацией ресурсобеспечения, автоматизацией процессов управления ресурсами, замыканием ресурсных циклов на проектной основе (процессы PDC<sub>i</sub>). Переход к устойчивому развитию и экономике замкнутого цикла детерминирует необходимость модернизации производственных систем, также путем проектной деятельности (процесс CP) и параллельного внедрения современных информационных техноло-

гий (процесс CD). В свою очередь, проектное управление – основополагающий инструмент оптимизации производства – процессного и технического преобразования.

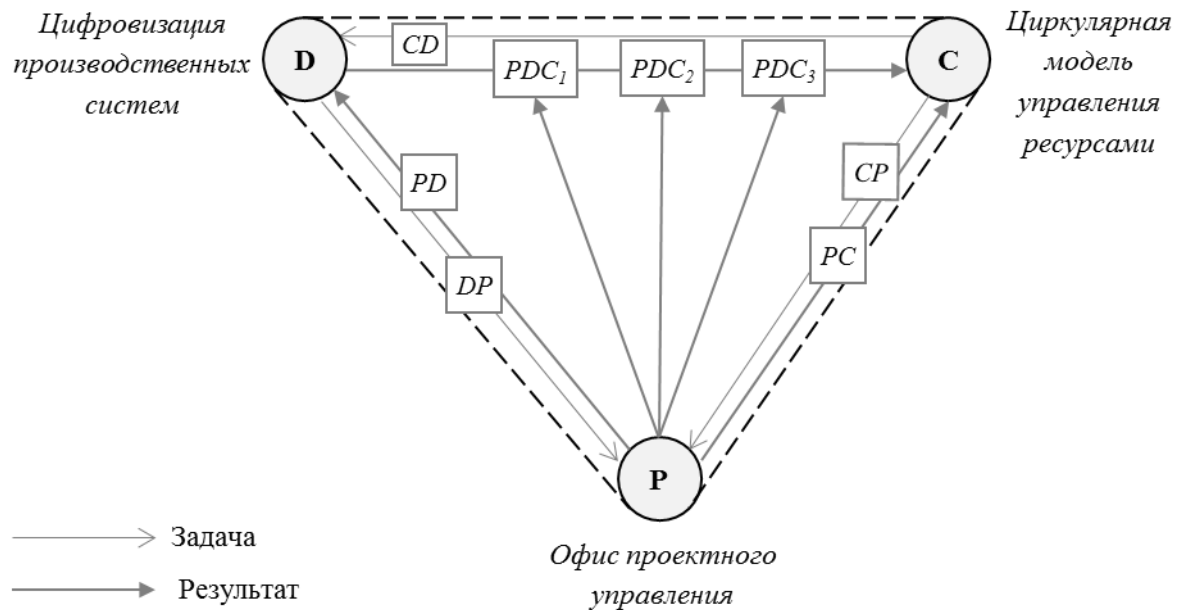
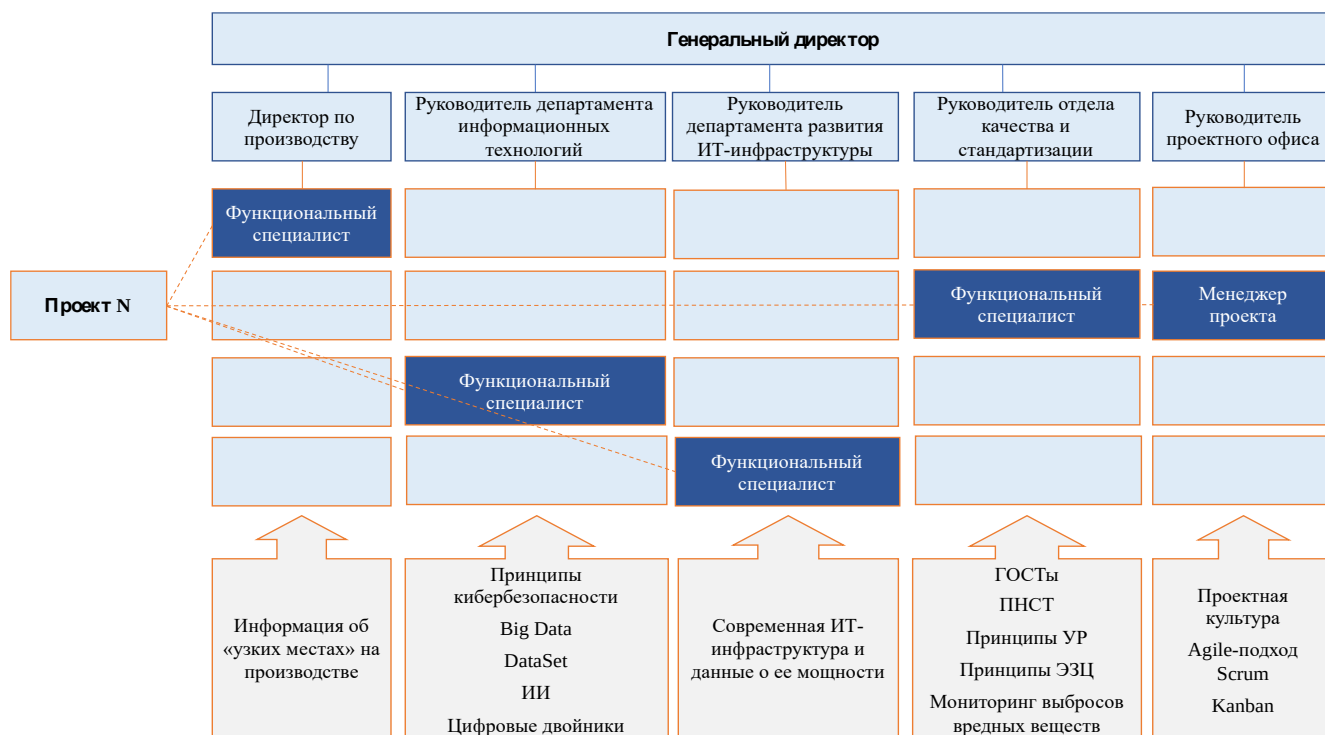


Рисунок 1.3 – Организационный контур управления промышленным предприятием (предложен автором) [79]

Парная взаимосвязанность трех элементов обусловлена логикой «постановка задачи – результат», что дифференцировано толщиной обозначенных стрелок на рисунке 1.3. В представленной модели учтены следующие процессы:

- постановка задачи цифровизации производства через техническое задание проекта (DP);
- реализованный проект по цифровизации производства (PD);
- постановка задачи перехода к замыканию ресурсного цикла через техническое задание проекта (CP);
- реализованный проект по внедрению циркулярной модели (PC);
- постановка задачи цифровизации производства в целях ресурсосбережения и реализации циркулярной модели управления ресурсами (CD);
- реализованный проект по внедрению циркулярной модели с применением цифровых технологий (PDC).

Сформулированные положения могут быть приняты во внимание при организации проектной деятельности. Непрерывная модернизация производства и реинжиниринг бизнес-процессов требуют формирования проектного офиса. Принимая во внимание все вышеперечисленные аспекты организации промышленных систем, предлагается организационная модель, учитывающая современные тенденции промышленного развития (рисунок 1.4).



Примечание: ИИ – искусственный интеллект; ИТ – информационные технологии; ПНСТ – предварительные национальные стандарты Российской Федерации; УР – устойчивое развитие; ЭЗЦ – экономика замкнутого цикла

Рисунок 1.4 – Современная модель организации промышленной системы на микроуровне (систематизировано и дополнено автором)

Методологическая база проектной организации представлена широким набором эффективных инструментов, способных обеспечить микроэкономической системе требуемую гибкость. В частности, речь идет об Agile-подходе, Scrum и Kanban. Данные инструменты, объединенные подходом Agile, отличаются организацией процесса управления проектом. В соответствии с руководством Scrum,

неотъемлемыми структурными элементами данной методики являются ценность, команда (разработчик продукта, владелец продукта и Scrum-мастер), спринты, артефакты (бэклог продукта, бэклог спринта, инкремент) [413]. Метод Kanban принципиально отличается от Scrum и в последнее время отделяется от концепции Agile в самостоятельное направление, обеспечивая гибкость компании в целом. Специфика Kanban-метода заключается в ориентации на организационные изменения в компании, а не на отдельный продукт; принятии управленческих решений руководителем; оптимизации процессов на основе аналитики статистических данных; ведении карточек, соответствующих задачам; возможности параллельного решения нескольких задач; отсутствии временных ограничений на решение задач. Agile демонстрирует эффективность ведения бизнеса как за рубежом, так и в России. В контексте перехода к устойчивому развитию данный подход особо актуален для экологических проектов [186].

Адаптируя инструменты, реализующие принципы Agile, к экологизации промышленных систем, выделим специфику каждого из них [94]:

- суть Scrum заключается в возможности реализации проекта экологизации за несколько спринтов, на выходе каждого из которых – доступная к применению часть продукта;
- Kanban позволяет реализовать задачи проекта по карточкам, информирующим о стадии выполнения задачи;
- в контексте Lean проект экологизации реализуется поэтапно в разрезе каждой части; этапы разных частей проекта реализуются параллельно.

Неотъемлемым является вклад фактора экологичности производства в создание новых конкурентоспособных продуктов. Кроме того, существует тесная зависимость уровня экспортного потенциала продукции и доли расходов на охрану окружающей среды в общих затратах производителей [351]. Особую роль в данном процессе играет проектная организация, которая позволяет агрегировать и реализовать инструменты и принципы модернизации с синергетическим эффектом. Соответственно, в условиях новой экономической парадигмы требуется адаптирован-

ная модель организации промышленных систем, основанная на таксономии подсистем, гармонизированных цепях поставок и когнитивном управлении эффективно-стью промышленных систем.

## 1.2 Модели управления промышленными системами

Управление промышленными системами – емкий процесс, охватывающий планирование, организацию, мотивацию, координацию, контроль. Как было отмечено ранее, промышленная система – это взаимосвязанная совокупность элементов, взаимодействующих с целью производства промышленной продукции, отвечающей стандартам качества и потребностям рынка. Функционирование промышленных систем неминуемо сопровождается возникновением положительных и отрицательных экстерналий. Данная закономерность детерминирует необходимость гибкого управления промышленными системами, обеспечиваемая альтернативными методами.

1. К инструментам гибкого управления промышленной системой относятся:
  - цифровые технологии;
  - автоматизация (автоматизированные системы управления предприятием, в частности, ERP);
  - подход Agile (Scrum, Kanban, Lean) к управлению проектами;
  - QRM (Quick Response Manufacturing, Быстро реагирующее производство), позволяющее оптимизировать время выполнения работ [410];
  - развитие кадрового обеспечения промышленного предприятия и др.

Среди перечисленного особый интерес для промышленной системы представляет стратегия QRM, предложенная Р. Сури (1998 г.). Принципиальное отличие данной стратегии заключается в комплексном подходе к сокращению затрат времени на выполнение заказа посредством управления внутренними и внешними процессами и расчету показателя критического пути производства. Преимущества стратегии QRM признаны отечественными учеными, внимание которых обращено

повышению эффективности производства: Д.А. Марковым представлен сравнительный анализ бережливого производства и QRM [188]; В.В. Ключков и В.А. Вдовенков пришли к выводу о повышении ожидаемой прибыли на 10-20% и сокращении длительности выполнения заказа до 30-50% в результате внедрения принципов QRM в авиационной промышленности [146]; С.В. Пономарева и А.А. Жигит рассматривают QRM и безотходное производство [233] и др. Вместе с тем, данная стратегия наиболее эффективна в тех промышленных системах, где преобладает позаказное производство широкого ассортимента продукции.

2. Следующим важным аспектом является выбор в пользу централизованного или децентрализованного управления. Каждая система характеризуется преимуществами и слабыми сторонами. Первая обеспечивает усиленный контроль, низкий коэффициент дублирования функций и, как следствие, экономию ресурсов. Принцип централизации также используется в построении архитектуры информационных систем с целью повышения информационной безопасности [101]. Децентрализованный подход обеспечивает большую степень самостоятельности, творчества, инициативы; необходим при проектных, дивизиональных организационных структурах.

Вместе с тем, более эффективной системой управления, компенсирующей недостатки двух альтернативных систем, видится дуальная, базирующаяся на комплементарности централизованного и децентрализованного управления. Объектами управления в первом случае являются структура, доходность, рентабельность, инвестиционные и продуктовые решения и т.д.; объектами управления во втором случае выступают отдельные сделки и соответствующие показатели их результативности [335]. Другие авторы используют термин «смешанная» модель управления, которая также имеет достоинства (гибкость, эффективное ресурсопотребление, единая процедура и документация и др.) и недостатки (отсутствие ясности при разделении процедур управления на централизованные и децентрализованные, риск дублирования работы персонала и др.) [197]. Сочетание двух форм управления раскрывается в работе [147].



3. Промышленная система имеет сложную иерархическую структуру, охватывающую логистическую подсистему, маркетинговую, финансовую, инновационную, инвестиционную и др., а также вовлечена в разного рода цепочки поставок промышленной продукции (внутренние и глобальные, регулярные и нерегулярные, отраслевые и межотраслевые и т.д.). В повышение эффективности цепей поставок вносят вклад технологические инновации [329], а гибкое управление потоками может существенно повысить общую эффективность функционирования предприятия [75].

Рассмотрим современные тенденции в управлении логистическими процессами промышленных систем. В классическом понимании функционирование логистических систем предполагает эффективное управление процессами и ресурсами с целью минимизации логистических затрат. В условиях перехода к устойчивому развитию особую актуальность обретает «зеленая логистика». Интерес представляет исследование специфики «зеленой логистики» в России и разных странах [86].

В контексте устойчивого развития промышленных систем важным аспектом управления является минимизация рисков, связанных с производственной деятельностью промышленных предприятий [332], функционированием транспортно-логистических систем, сопровождаемым высоким уровнем выбросов загрязняющих веществ в процессе грузоперевозок [216]. С точки зрения устойчивого развития управление цепями поставок ассоциируется с понятием «зеленой логистики», базирующейся на управлении материальными потоками с минимальным загрязнением окружающей среды. Таким образом, «зелёная логистика» охватывает такие процессы, как снабжение, производство, распределение, транспортировка, складирование, упаковка, утилизация, управление отходами [124, 141].

На мезо- и макроуровнях управления промышленностью речь идет о цепях поставок. В условиях перехода к экономике замкнутого цикла традиционное управление цепями поставок (направление материального потока от звеньев, добывающих сырье, до конечного потребителя) нельзя обособлять от реверсивной логистики (возвратные потоки) и замкнутых цепей поставок.

Необходимо подчеркнуть вполне закономерную зависимость: управление цепями поставок сводится к следующим типам экстерналий:

- 1) экологические: управление ими подразумевает совершенствование технологических и транспортных процессов с точки зрения защиты окружающей среды;
- 2) социальные: создание благоприятных условий труда, дополнительных рабочих мест вследствие развития промышленной инфраструктуры;
- 3) экономические: достижение наилучшего соотношения между затратами и результатами, обусловленное совершенствованием бизнес-процессов и операций и перераспределением сэкономленных ресурсов в пользу модернизации цепей, внедрение цифровых технологий и т.д. Дополнительным инструментом могут служить меры по реализации принципов циркулярной экономики: возобновления ресурсов (замена ограниченных ресурсов на возобновляемые), обработки вторсырья, восстановления ценности и др.

На рисунке 1.5 представлена схема движения тары (высококачественные паллеты) в рамках коллаборативного взаимодействия трёх крупных компаний. Компания СНЕР поставляет паллеты производственной компании Hencel, которая транспортирует произведенную продукцию на паллетах СНЕР в розничные сети. После отгрузки продукции паллеты возвращаются в сервисные центры поставщика тары для восстановления и далее вновь вводятся в оборот. Эффект замыкания тары в данной цепи поставок позволяет сократить выбросы вредных веществ на 56% и отходы на 77% [239].

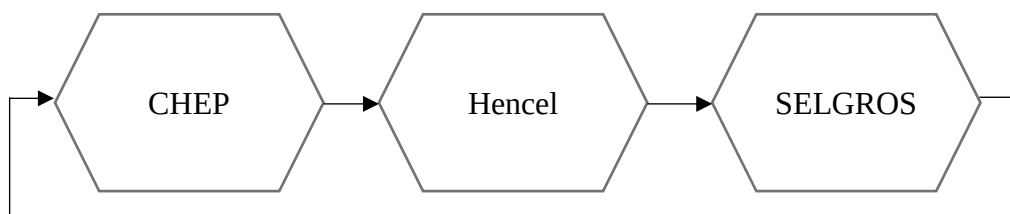


Рисунок 1.5 – Циркулирование тары в цепи поставок (составлено автором по данным [239])

В исследовании О.В. Мясниковой представлен комплекс моделей замкнутой цепи поставок, дифференцированных по типу товарной продукции – для товаров повседневного спроса (рисунок 1.6), сложных бытовых товаров и товаров индустрии моды [202].

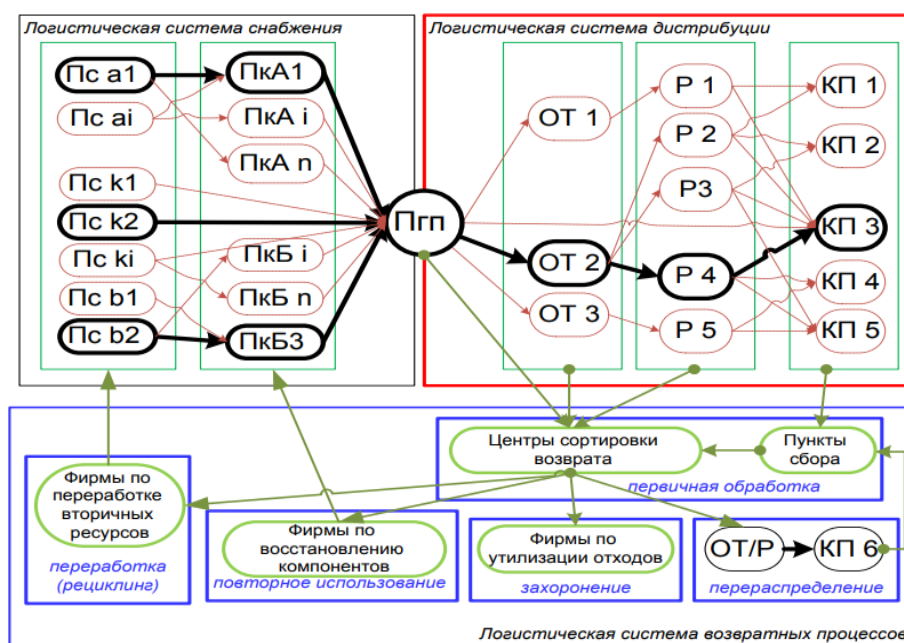


Рисунок 1.6 – Замыкание цепи поставок товаров повседневного спроса [202]

Схема цепи описывается следующей логикой: производители сырья (Пс), компонентов (Пк) и готовой продукции (Пгп) формируют потоки для дистрибутивной системы, в которой участвуют посредники оптовый (ОТ) и розничный (Р), и далее продукция доставляется конечному потребителю (КП). Красным цветом обозначены все потоки, входящие в распределительный канал, а жирным черным выделены потоки конкретной цепи поставок. Нижний блок представленной схемы, в частности, зелёные направления, объединяет звенья цепи возвратных потоков [202].

Вышесказанное определяет значимость категории «замкнутые цепи поставок», в совершенстве ориентированных на нулевые отходы [225]. Концептуально модель предполагает управление возвратными потоками, поступающими от клиентов, и восстановление добавленной стоимости за счет повторного использования

данных потоков [363]. Таким образом, ключевой стадией в замкнутых цепях поставок является восстановление как внутри той же цепочки, так и направление возвратного потока в смежные цепи (как внутри одной отрасли, так и межотраслевое повторное использование).

Интегрированный подход к учету интересов всех звеньев цепи поставок способен обеспечить наибольший положительный эффект и фундамент для реализации принципов циркулярной экономики. Кооперация поставщиков, производителей, потребителей нефтехимической продукции, а также посредников является залогом успешной реализации актуальных инструментов экономического развития – цифровых технологий, принципов устойчивого развития и экономики замкнутого цикла.

Несмотря на то, что производственный процесс – ключевое звено потребления энергии в промышленности, существенное значение также имеет энергоэффективность поставок, транспортировки продукции. Исследованию энергоэффективности цепей поставок также посвящен ряд научных трудов, в которых представлена система индикаторов для оценки энергоэффективности цепей поставок, предложенная Ч. Каленоя [367], методологический подход к управлению энергопотреблением в цепях поставок и системный взгляд на повышение энергоэффективности Б. Марчи [376] и др.

На наш взгляд, неразрывно с замкнутыми цепями поставок связана концепция эластичной логистики, базирующейся на гибком реагировании на дестабилизирующие факторы внешней и внутренней среды. Нами предлагается рассматривать организацию производства (адаптированного к цифровому формату) в комплексе с данной концепцией: каждый участник цепи поставок интегрируется с цифровой платформой, далее данные об участниках и процессах преобразуются в криптоданные, консолидируются на сервере баз данных и выгружаются в базу данных для оперативной аналитики, моделирования, планирования, проектирования цепи поставок в соответствии с принципами цифровой экономики и экономики замкнутого цикла (рисунок 1.7).

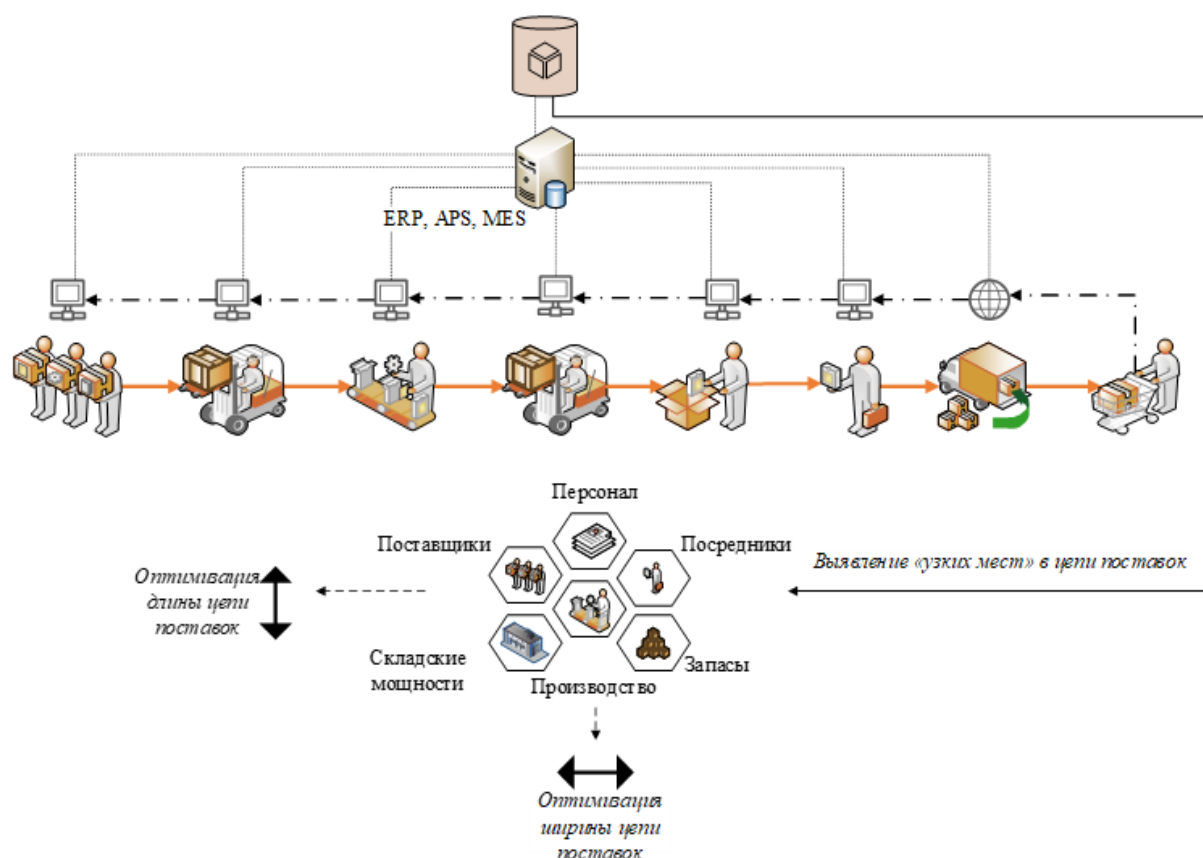


Рисунок 1.7 – Схема управления промышленной системой в соответствии с концепцией эластичной логистики [93]

Такие вычисления позволяют выявлять «узкие места» и снижать вероятность наступления рискованных событий (их абсолютное предотвращение практически не реализуемо [173]) в функционирующих цепочках поставок, регулировать их настройки в ответ на влияние дестабилизирующих факторов. Коррективам могут подвергаться состав и структура участников цепи поставок, производственная система и ее инфраструктура, логистические потоки и их направление и др. элементы системы. Вследствие вышесказанного существующая цепь поставок (модель «как есть») оптимизируется по параметрам длины, ширины, мощности в соответствии с текущими условиями внешней и внутренней среды.

В силу специфики добычи, переработки, транспортировки сырья и материалов особого внимания заслуживают цепи поставок нефтехимической продукции. На рисунке 1.8 отражена динамика объемов реализации нефтехимической продукции.

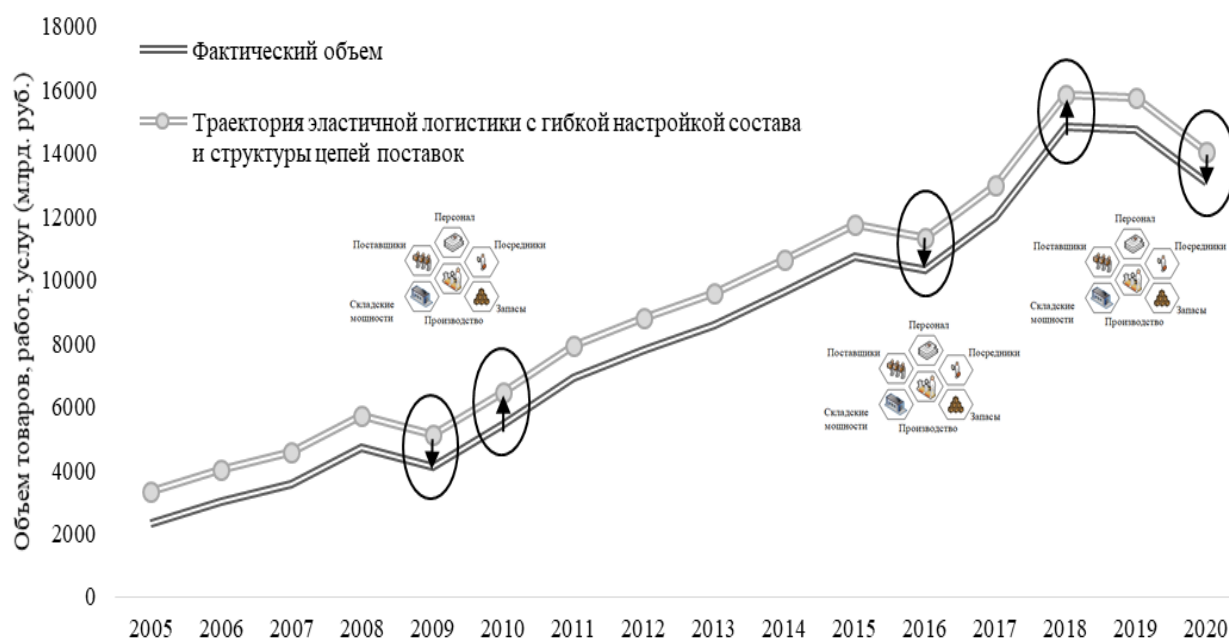


Рисунок 1.8 – Место эластичной логистики в управлении цепями поставок нефтехимической продукции [93]

Наиболее заметные колебания показателя, требующие гибких мер в управлении цепями поставок, в динамике зафиксированы в 2009, 2010, 2016, 2017–2018 и 2020 годах. Траектория эластичной логистики в наилучшем случае отражает аналогичную динамику с определенным уровнем запаса нефтехимической продукции в цепях и предполагает адаптацию логистической инфраструктуры (складских мощностей, структуры и состава поставщиков и посредников, производственных мощностей) к объему рыночного спроса [93].

Вышесказанное позволяет судить о сложной структуре механизма управления промышленной системой, который агрегирует разнородные управленческие подсистемы.

4. В условиях цифровизации задача эффективного управления комплексом бизнес-функций становится более доступной. Сегодня эксперты оперируют понятием экосистемы, под которой на фоне перехода к Индустрии 4.0 понимают не просто экономическую систему, а цифровую платформу (в нашем случае – корпоративную), объединяющую бизнес-функции и ИТ-решения в рамках промышленного предприятия. И чем шире промышленная система внедряет цифровые технологии

в своей экосистеме, тем она ближе к возможности увеличения добавленной стоимости выпускаемой продукции, тем выше ее конкурентоспособность и более перспективна траектория развития.

Проблематика автоматизации и цифровизации производственных систем нашла отражение в трудах В.П. Мешалкина и Е.Р. Мошева (на примере энергоэффективности нефтехимических производств) [378], В.А. Плотникова (с акцентом на логистических аспектах реализации промышленной продукции) [229], А.И. Шинкевича и др. [403], Л.М. Давиденко [113] и др. Из числа зарубежных исследователей цифровизации промышленных систем можно выделить труды С. Рэна и др. (изучают «устойчивое интеллектуальное производство») [388], Т. Пападополоса и др. [385], К. Ламба и др. [370], предметом исследования которых является интеграция больших данных и аналитики в управлении цепями поставок. В отмеченных работах авторами подчеркивается высокая результативность перехода промышленности к современным информационным технологиям, на основе чего справедливо отметить мультипликативный эффект совокупной цифровизации процессов, управление которыми носит системный и интегрированный характер.

Такое интегрированное управление предполагает подключение локальных операционных рабочих мест к серверу, консолидирующему данные для управления бизнес-функцией, каждая из которых, в свою очередь, передает данные на сервер для интеграции информации на более верхнем уровне иерархической структуры экосистемы промышленной системы. Таким образом, во-первых, реализуется централизованное управление промышленной системой; во-вторых, архитектура компьютерных сетей по принципу «клиент-сервер», которая является наиболее распространенной сегодня в силу относительно низких требований к производительности автоматизированных рабочих мест, структурирования данных в разрезе функций, процессов и операций и, как следствие, относительно высокой скорости обработки информации.

Блок-схема автоматизированного управления промышленной системой, ее подсистемами (блоками) и элементами опирается на принципы централизации управления, автоматизации и функционального подхода (рисунок 1.9).

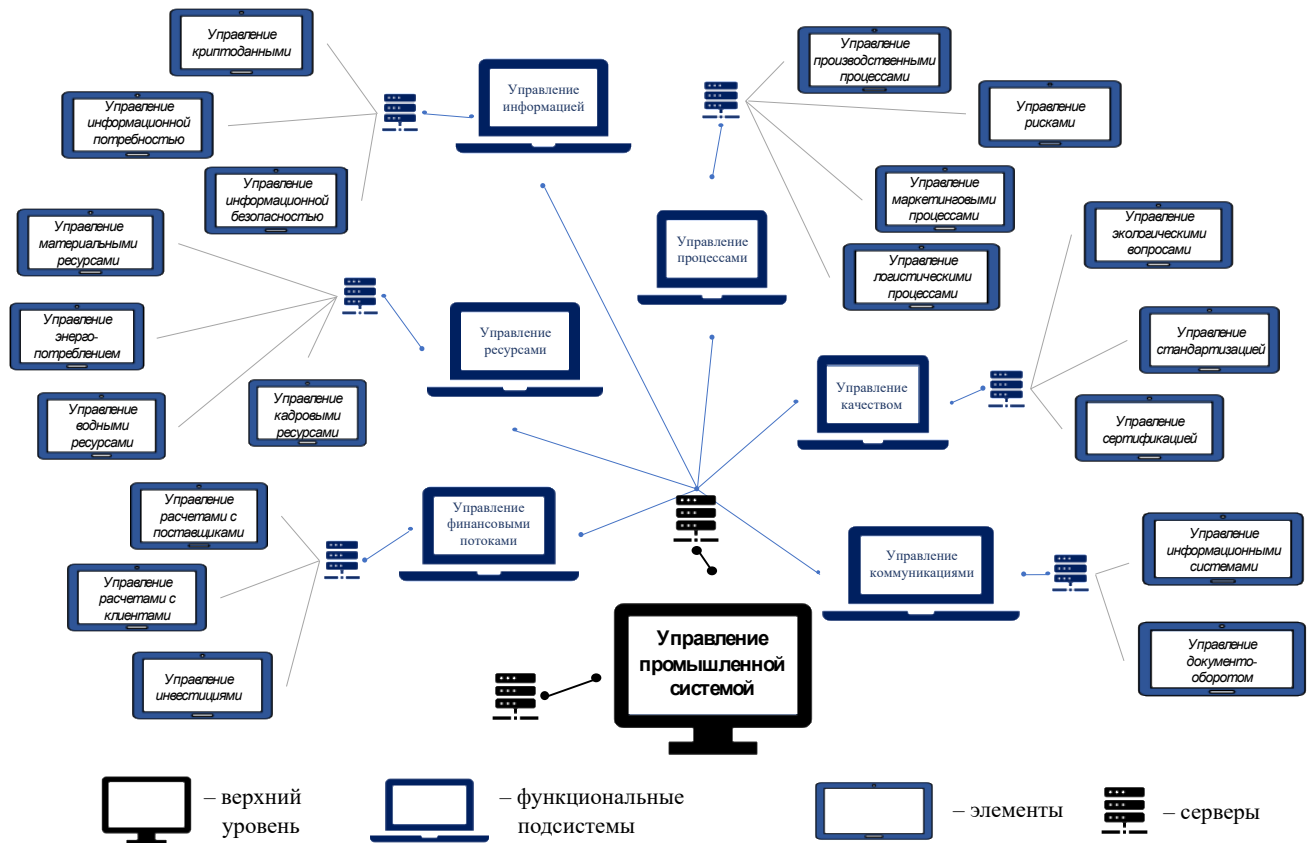


Рисунок 1.9 – Блок-схема автоматизированного управления промышленной системой (систематизировано автором)

Как видим, ключевой блок (верхний уровень иерархии управления данными) помимо основного имеет резервный сервер, дублирующий критические элементы основной системы управления во избежание потери важных коммерческих данных. Фрагментарная замена элементов такой системы (в частности, серверов) не позволит оптимизировать функционирование промышленных систем в долгосрочной перспективе. В связи с этим целесообразным является переход на российские или бесплатные аналоги: от широко используемых в промышленности серверов Dell Technologies и Hewlett Packard Enterprise к продуктам российской технологической компании Yadro (серверы VEGMAN R120 [222]).

На схеме представлено лишь три уровня системы управления. На четвертом уровне происходит разветвление элементов по автоматизированным рабочим местам и дальнейшая детализация в иерархии управления.



Совокупность процессов, объединяемых функцией управления, рассмотрена через призму централизации/децентрализации и автоматизации управления, в связи с чем представлена модель управления промышленной системой, основанная на принципе дуальности (рисунок 1.10). Помимо неотъемлемого сегодня инструментария автоматизации управления предприятием (ERP-системы), модель учитывает 2 направления потоков:

1) логическую последовательность процессов управления: от стадии планирования к стадии контроля; при этом центральным процессом является координация, направленная на устойчивое функционирование промышленной системы и кооперацию всех структурных подразделений с целью ее конкурентоспособного развития;

2) формирование системы мотивации, которая опирается на планы развития промышленной системы (стратегические, тактические, оперативные), учитывает специфику организации процессов, корректируется (при необходимости) в процессе координации и контроля.

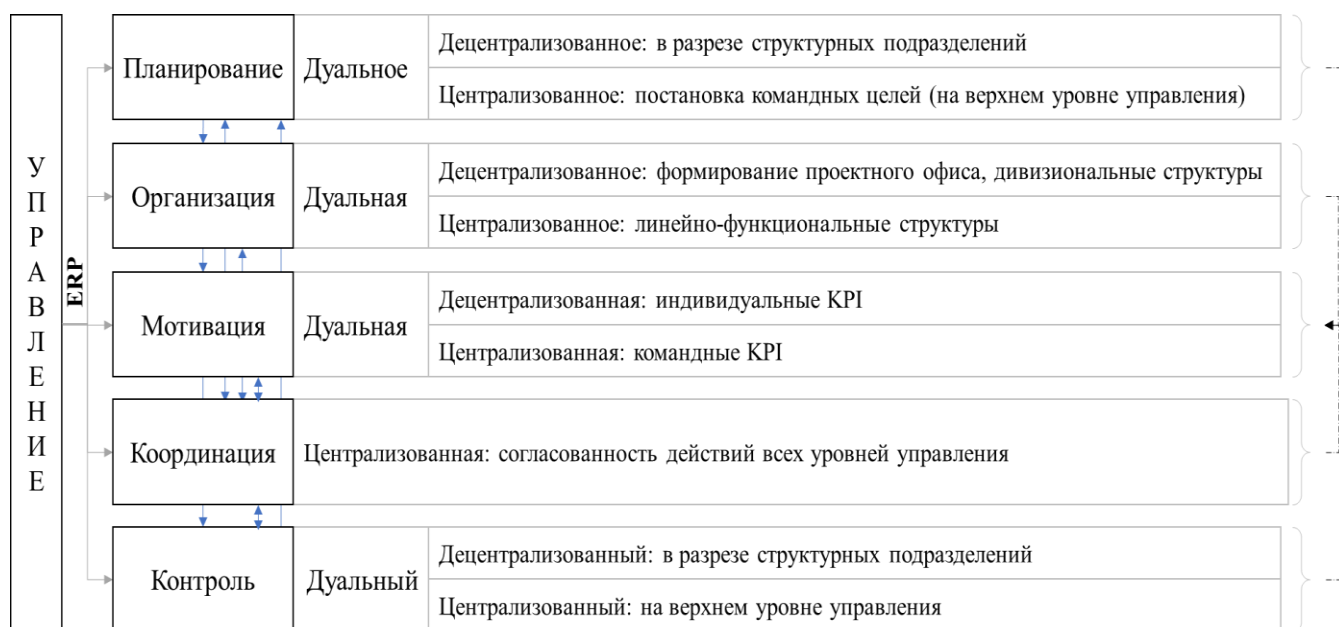


Рисунок 1.10 – Модель управления промышленной системой, основанная на принципе дуальности (составлена автором)

5. Поскольку каждая промышленная система требует оценки эффективности, то следующим важным аспектом управления является поиск качественных инструментов анализа, моделирования и прогнозирования. В качестве моделей целесообразно применение когнитивной, имитационной, нейросетевой модели.

Когнитивная модель позволяет учитывать количественные и качественные показатели деятельности промышленного предприятия и системно оценивать его деятельность; когнитивная карта как средство моделирования позволяет структурировать данные о факторах эффективности. Имитационные модели с позиции управления эффективностью промышленного предприятия позволяют воспроизводить исход события (результат исследовательской деятельности) на основе заданных начальных условий (например, использования конкретного объема ресурсов в течение определенного периода времени). Так, имитационное моделирование посредством изменения входных параметров может способствовать оптимизации ресурсопотребления, финансового обеспечения, имеющего важное значение в условиях капиталоемких НИОКР. Нейронные сети позволяют предсказывать поведение системы, управлять ею по результатам обучения, которое осуществляется посредством формирования исходного массива данных – входных переменных (предикторов) и выходных (показатели эффективности деятельности предприятия). Чем больше выборка наблюдений, тем выше качество обучения нейронной сети, которую можно применять в качестве прогнозирования и разработки альтернативных сценариев развития предприятия и изменения показателей эффективности функционирования.

Таким образом, функция управления поэтапно трансформируется под влиянием санкций, ограничительных мероприятий (в частности, по причине пандемии COVID-19), трендов автоматизации, цифровизации, появления новых концепций управления производственными системами, смещения акцента на творчество и инициативу в принятии управленческих решений. Низкоэффективными становятся частные модели управления, в связи с чем требуется системный, комплементарный и адаптивный подход к управлению современными промышленными системами.

### 1.3 Модели развития промышленных систем

В основе современных моделей развития лежат теоретические положения, сформулированы классиками экономической науки. Законы развития промышленности изложены в ряде теорий.

1) Концепция единого индустриального общества Р. Арона, согласно которой происходит объединение промышленно развитых стран, границы между блоками стран стираются, и существует лишь один мир – единое индустриальное общество, главным препятствием к формированию которого является различие культур [29]. Сходство между различными регионами ученые находил в факторах производственного роста – науке и технике [250]. На фоне растущей поляризации мира теория единого индустриального общества Р. Арона не подтверждается практикой.

2) Теория стадий экономического роста У. Ростоу – выделены этапы роста, характеризующиеся уровнем развития техники, отраслевой структурой хозяйства и др. Фокус внимания американского экономиста сосредоточен на третьей стадии роста – стадии взлета: быстрый рост достигается лишь в тех секторах, где применяются современные промышленные технологии, а само применение носит самодостаточный характер [392]. Вместе с тем ученым игнорируется вопрос источника передовых технологий и ресурсов.

3) Теория постиндустриального общества Д. Белла выносит на передний план знания и информационный ресурс для производства продукции, ключевой фактор развития промышленности – научные кадры [39]. В то же время, акцентируя внимание на знаниях и информатизации производства, ученым не принимается во внимание проблематика управления товарно-сырьевыми потоками.

4) Модель эндогенного экономического роста П. Ромера гласит, что основным фактор экономического роста – рост инвестиций в НИОКР и в человеческий капитал; устойчивый рост возможен в результате управления поведенческими факторами (эндогенными); технологические изменения являются инструментом рационального комбинирования ресурсов [390].

5) Интегрированная модель климата и экономики (DICE) У. Нордхауса связывает экономические и климатические показатели, экономический рост с промышленными выбросами углерода [382].

6) Концепция устойчивого развития – наиболее широкая теоретическая основа промышленного развития, направленная на решение проблем экономического, экологического и социального характера. Актуальными для России остаются планы обеспечения устойчивого развития в части сокращения выбросов парниковых газов в масштабах всей экономики.

Однако, несмотря на признание известными учеными-экономистами стратегической значимости технологических инноваций, следует констатировать игнорирование проблем, возникших в текущие годы, – источников ресурсов, безопасности национальной экономики, локализации производства и цифрового суверенитета. Требуется рассмотрение моделей, реализация которых способна обеспечить решение актуальных проблем в развитии промышленности.

К числу актуальных вопросов обеспечения развития отечественных промышленных систем, стоящих на повестке дня, относятся:

- модель цифровой экосистемы, «цифрового предприятия»;
- модель устойчивого развития, в частности, модель «зеленого» предприятия, циркулярная модель (модель экономики замкнутого цикла);
- инновационное (модель открытых и закрытых инноваций) и научно-технологическое развитие;
- модель импортозамещения;
- модель технологических «окон возможностей»;
- модели платформизации коммуникаций (технологические платформы, кластеры, консорциумы, Национальная технологическая инициатива и др.).

#### 1. Модель «цифрового предприятия».

Современные информационно-коммуникационные технологии позволяют выстраивать новый формат систем управления – «цифровое предприятие» – это платформенное решение, объединяющее создание цифровых двойников изделий, производственных участков, бизнес-процессов на основе агрегирования большого

массива данных и их аналитики с помощью специальных цифровых решений. Переход предприятия от классической к цифровой модели включает этапы:

- 1) начальный (цифровая лаборатория);
- 2) изучение (стратегия цифрового предприятия);
- 3) экспериментирование (пилотные проекты, прототипы);
- 4) формализация (масштабирование решений);
- 5) трансформация предприятия.

Однако помимо признанных предприятиями преимуществ, создание «цифрового предприятия» сопровождается сложностями: высокая стоимость, организационные риски вследствие низкой цифровой грамотности сотрудников, киберугрозы и др. Подобная трансформация промышленной системы носит проектный характер.

## 2. Модели устойчивого развития.

### а) Устойчивое развитие промышленных систем.

Современными трендами промышленного развития являются концепция устойчивого развития, ESG-инициатива, «зеленая» промышленность, углеродная нейтральность и др. Первая интегрирует такие направления, как повышение уровня жизни населения, развитие социальной инфраструктуры, ответственное потребление и производство, забота об окружающей среде, инновационное развитие и др. [230]. Концепция способствовала формированию субконцептуальных моделей развития промышленных систем, как то: модели «зеленого» предприятия, энергоресурсосберегающего развития, циркулярной экономики.

### б) Модель «зеленого» предприятия.

Предприятия, внедряющие передовые технологии и принципы низкоуглеродной экономики, экономики замкнутого цикла, устойчивого развития, относят к категории «зелёных». Формирование такой категории предприятий опирается на «зелёные» технологии – «любая технология, одновременно отвечающая на четыре вызова: экологический, экономический, технологический и сырьевой» [297, с. 182], «зелёное» развитие и «зелёный» прорыв [298, 299]. «Зелёный» рост предполагается

в рамках стимулирования экономического роста при бережном отношении к окружающей среде, бесперебойном ресурсобеспечении экосистемных услуг, определяющих уровень жизни населения [163].

Аналитическое исследование известных подходов позволяет резюмировать их ориентацию на макро- и мезоэкономические системы. В развитие накопленных знаний о «зеленой» тематике предлагается авторская концепция «зелёного» коридора, дополняющая имеющийся категориальный задел. Семантика «зелёного» коридора обширна и охватывает разные сферы деятельности:

- в области транспортировки (вызывные устройства для пешеходов);
- в таможенной сфере (упрощенный порядок таможенного контроля);
- в сфере культуры (продажа объектов культурного наследия на условиях их последующей реставрации) и т.д.

Проблематика обеспечения технологического суверенитета накладывает свои требования к качеству и безопасности промышленных систем, в связи с чем предлагается модифицированная концепция «зелёного» коридора – это комплексный подход к описанию текущего состояния промышленных систем, основанный на принципах «зелёной» экономики и экономики замкнутого цикла. В зависимости от стадии перехода и готовности к переходу предлагаем дифференцировать 3 состояния:

1) «зелёный» коридор – это состояние производственной системы, характеризующееся выполнением плановых показателей, достижением стратегических показателей, заложенных в федеральных отраслевых программах развития. Данное состояние характерно для предприятий, активно инвестирующих в модернизацию производственных процессов;

2) «желтый» коридор – переходное состояние, критический уровень, требующий повышенного внимания для осуществления «зелёного» перехода;

3) «красный» коридор – приоритетные для инвестирования и модернизации промышленные объекты.

Предлагаемый подход целесообразно применять в отношении крупных промышленных предприятий, функционирование которых связано с извлечением природных ресурсов и неизбежно ведет к негативному воздействию на окружающую среду.

Помимо «зеленых» производственных технологий, актуальность обретают экологически чистые IT-системы [418]. Такие технологии предполагают построение «зелёной» архитектуры предприятия, основанной на отказе от настольных компьютеров, экономии бумаги за счет двусторонней печати, что способствует повышению ресурсоэффективности и экономии затрат на электроэнергию.

Говоря об энергоэффективности, отметим, что в Федеральном законе «Об энергосбережении...» закреплено определение энергетической эффективности, под которой понимаются «характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов...» [12].

в) Циркулярная модель (модель экономики замкнутого цикла).

Как было отмечено ранее, переход к экономике замкнутого цикла как актуальный вектор развития промышленных систем затрагивает интересы всех участников экономической системы, ориентированных на достижение конкурентных преимуществ. Суть новой концепции сводится к замыканию оборотов ресурсов, переходу от линейной модели управления ресурсами к циклической, что, в свою очередь, требует реинжиниринга процессов, технической модернизации производственных систем. Подтверждением тому служит международный стандарт BS 8001:2017 «Основы для внедрения принципов экономики замкнутого цикла в организациях. Руководство», в котором инновации выделены как один из шести ключевых принципов циклической экономики [414]. Как следствие, неотъемлемым элементом перехода к экономике замкнутого цикла являются инновации и взаимодействие стейкхолдеров в рамках трехспиральных, четырехзвенных моделей развития национальной инновационной системы.

3. Инновационное (модели открытых и закрытых инноваций) и научно-техническое развитие.

Вопросы открытых и закрытых инноваций раскрыты в трудах отечественных и зарубежных ученых, внесших заметный вклад в развитие теории инноваций. Это такие ученые, как Г. Чесбро [293], Р.Э. Фияксель и В.В. Волошин [279], П.В. Корчагин [155], А.И. Шинкевич и С.С. Кудрявцева [331], Э.Ш. Шаймиевой [301], Е.В. Шкарупета и А.И. Казарцева [336], С.Н. Яшин и др. [343], Н.В. Барсегян [36] и другие исследователи. Под моделью открытых инноваций подразумевается знаниевый фактор развития, прозрачность информационной среды взаимодействия участников, взаимная финансовая поддержка.

Сущность модели закрытых инноваций, напротив, заключается в игнорировании экономической системой внешних данных, разработок, компетенций в рамках внутренней инновационной деятельности. Согласимся с позицией авторов, которые также признают преимущества закрытой модели, поскольку таким образом возможен выход на новые рынки (рынки «голубого океана»). Как следствие, имеет место смещение акцента от дихотомического подхода к управлению инновациями (открытых или закрытых инноваций) к гибриднему (комбинированному, смешанному) подходу, заключающемуся в защите части собственных разработок и открытом доступе к другой части технических решений [57, 103, 248]. Гибридная модель управления инновациями, с одной стороны, обеспечивает гибкость промышленной системы к дестабилизирующим внешним факторам, с другой стороны, защиту интеллектуальной собственности, продуцируемой внутри промышленной системы.

#### 4. Модель импортозамещения.

Политика импортозамещения в российской экономике стала одним из приоритетных направлений развития с 2014 года. Понятийный аппарат данной модели претерпевает изменения: от импортозамещения к импортонезависимости и технологическому суверенитету. Сегодня модель импортозамещения актуальна для большинства промышленных систем, в цепях поставок продукции которых присутствовали зарубежные звенья.

Данная модель в контексте развития промышленности нашла отражение в трудах Ю.И. Селиверстова и Е.Н. Чижовой, определяющих импортозамещение как возможность формирования существенного задела для экономического прорыва



[252], Е.А. Бессоновой как инструмент, обеспечивающий возможности повышения ресурсного потенциала, привлечения инвестиций [40, 237], В.У. Чиналиева, согласно взглядам которого успех политики импортозамещения определяется межотраслевыми кооперационными связями [296], А.С. Евтюхина, уделившего внимание институциональному сопровождению реализации модели импортозамещения в нефтяной промышленности [125], Е.В. Шефер, рассматривающей реализацию модели импортозамещения через призму экономической коллаборации [304], А.А. Ярлыченко, предложившей дифференцированные модели инновационного импортозамещения [340] и др.

Широкий перечень научных работ, посвященных тематике импортозамещения в промышленности, опубликован Е.В. Волкодавовой. Автор рассматривает механизм локализации производства как один из наиболее эффективных инструментов политики импортозамещения [58, 59]. Помимо преимуществ и существенных эффектов, обеспечиваемых локализацией производства, автор отмечает проблемы, актуальные для российской действительности: технологическая отсталость и «дорогие» кредиты. Инструментом развития локализации является специальный инвестиционный контракт (СПИК), также подробно исследуемый в трудах Е.В. Волкодавовой.

Особый интерес представляют исследования, опубликованные в новых условиях геополитической нестабильности. Так Л.А. Ельшин, М.Р. Гафаров и М.В. Савушкин предлагают различать два понятия – политика вынужденного импортозамещения и политика экспортоориентированного импортозамещения. Выбор в пользу той или иной модели должен быть обусловлен специализацией региона, его конкурентными преимуществами, промышленным профилем. Политика экспортоориентированного импортозамещения приемлема для тех секторов экономики, который отличаются высоким технологическим, человеческим, научно-исследовательским, логистическим потенциалом, высоким уровнем востребованности продукции на внутреннем и внешнем рынках [127].

В современных условиях неопределенности вопрос перехода к модели импортозамещения является наиболее острым, требует фокусировки компетенций на

отечественных разработках в разных отраслях промышленности: автомобильной, машиностроительной, радиоэлектронной, легкой и других отраслях [217].

#### 5. Модель технологических «окон возможностей».

Понятие «окна возможностей» было сформулировано К. Перез и Л. Соетэ и подразумевает технологическую парадигму, при которой «догоняющие» хозяйствующие субъекты имеют шансы посредством внедрения новых технологий и прорывных инноваций достигнуть уровня развитых участников рынка [386]. В российской науке изучению технологических окон возможностей также уделено внимание А.И. Шинкевича и И.А. Зарайченко, сосредоточивших внимание на ресурсосбережении, представляющем собой потенциальный инструмент прорыва [315], Н.Н. Сечко [253], Д. Норта [211], Л. Го и соавторов [364].

«Догоняющий» хозяйствующий субъект имеет больше шансов занять устойчивое положение в цепочке создания ценности промышленной продукции за счет низких транзакционных издержек в структуре затрат входа [326, с. 211], с другой стороны, «догоняющий» эффект обеспечивается за счет технологических инноваций, финансирование и внедрение которых сопровождается высокими транзакционными издержками. Реализация потенциала технологических окон возможностей «догоняющими» предприятиями в современных кризисных условиях возможна за счет оперативной мобилизации ресурсов на производстве востребованной рынком продукции, балансирования между инновационным развитием субъектов и уровнем транзакционных издержек, возникновение которых неизбежно в силу объективных рисков инновационного процесса, неопределенности внешней среды, постоянного колебания величины и структуры спроса на нефтехимическую продукцию.

#### 6. Модели платформизации коммуникаций.

Формирование кооперативных связей между наукой, образованием, промышленностью, государством, гражданским обществом – важный вопрос, решаемый национальной экономикой в целях преодоления отставания технологического развития России от развитых стран. Инструментами реализации синергетического взаимодействия являются инновационные кластеры, технологические платформы,

консорциумы, а также коммуникационная площадка «Национальная технологическая инициатива».

Исследованию инновационных кластеров и их роли в развитии экономики посвящены труды широкого круга ученых: И.М. Бортника [47], А.В. Бабкина [31], Н.С. Алексеевой [23], А.Н. Дырдоновой [121], П.А. Калинина [136], Ю.В. Вертаковой [54]. Особое внимание в научной литературе уделено методическому подходу к оценке эффективности инновационных кластеров. В частности, предложен методический подход к оценке эффективности кластеров на базе силы операционного рычага [120]; индекс эффективности от интеграции участников кластеров, интегральный организационно-экономический фактор, агрегирующий информационные, финансовые, производственные, инновационные, маркетинговые, интеграционные факторы [136].

Среди современных зарубежных ученых, уделяющих внимание исследованию инновационных кластеров, можно выделить таких ученых, как Б. Блазини, Р. Данг, Т. Миншалла и Л. Мортару [346]; С. Тамбоси, Г. Гомес, М. Амаль [411]; А. Истрем, Х. Аспенберг [420]; С. Мо, С. Хе и Л. Янг [379]; М.Д. Шакиб [397] и т. д. С позиции устойчивого развития региональных кластеров интерес представляют исследования в области поиска «зеленых» технологий по сокращению вредных выбросов [358], развития на основе возобновляемых источников энергии [365].

Сегодня российская экономика находится на этапе активного освоения такого инструмента, как научно-технологические консорциумы, базирующиеся на тесном взаимодействии научно-образовательных организаций и предприятий промышленности в рамках сквозной технологии [46, 55, 122, 289].

Термин «платформизация» получил более широкое распространение с появлением цифровых технологий, применяется в контексте цифровой трансформации предприятий [28]. С позиции сетевых взаимодействий данный термин применяется без уточнения дефиниции [300]. В связи с этим под платформизацией предложено понимать процесс объединения усилий (ресурсов, потенциала) и создания ценности заинтересованных в технологической модернизации представителей науки и

промышленности при поддержке государства. Технологические платформы, инновационные кластеры, консорциумы – форматы платформизации, результатом которой является повышение инновационной комплементарности экономических систем и технологический прорыв на основе открытой модели инноваций.

Каждый формат кооперации характеризуется специфическими особенностями. Анализ практических аспектов развития промышленности и научных исследований [55, 122, 165, 289] способствовал выявлению отличительных характеристик, на основе чего построена модель платформизации взаимодействий стейкхолдеров, учитывающая различные актуальные форматы кооперации науки и промышленности вдоль вектора технологической модернизации промышленности (рисунок 1.11).

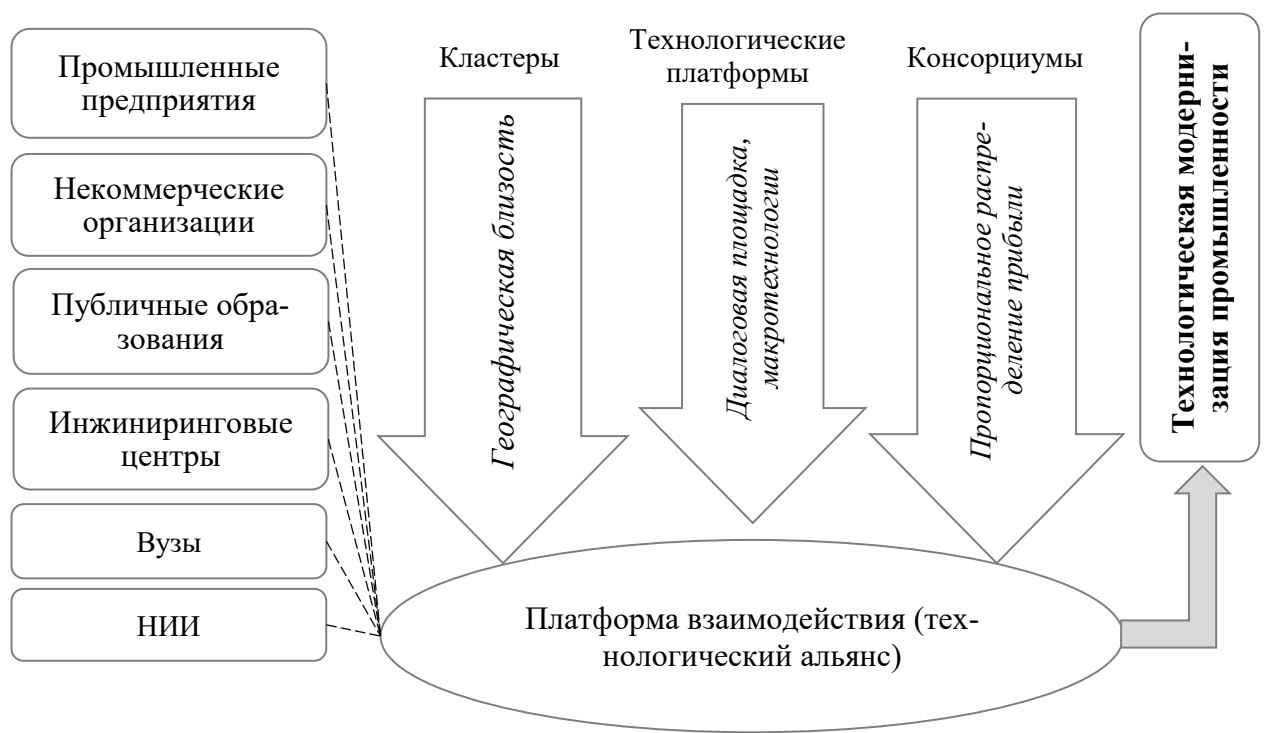


Рисунок 1.11 – Модель платформизации взаимодействий стейкхолдеров [315]

Специфика кластерного формата заключается в географической концентрации, емком отраслевом охвате, разнородном составе участников, охватывающем малые и средние предприятия и т.д. Технологические платформы отличаются равноправием участников (преимущественно крупных игроков), представляют собой

коммуникационную площадку. Отличие консорциумов состоит в пропорциональном распределении рисков и прибыли, что стимулирует игроков к кооперации и технологическому развитию.

Неотъемлемым элементом современных промышленных систем является информационная поддержка, в связи с чем особое место в данной модели отводится инфраструктурному инструментарию, в состав которого могут входить облачные технологии, Интернет вещей, аддитивное производство, «умные» производства и другие технологии. Необходимость учета комплекса требований (соблюдение принципов устойчивого развития, циркулярной экономики, сетевое взаимодействие хозяйствующих субъектов, цифровизации и др.) при реализации промышленной политики в современных условиях подчеркивается В.В. Авиловой [19].

Таким образом, развитие отечественных промышленных систем должно отвечать ряду принципов и концепций, декларируемых как на мировом, так и на национальном уровне. Совокупность моделей развития промышленных систем и их логическая связь систематизирована в виде схемы (рисунок 1.12).

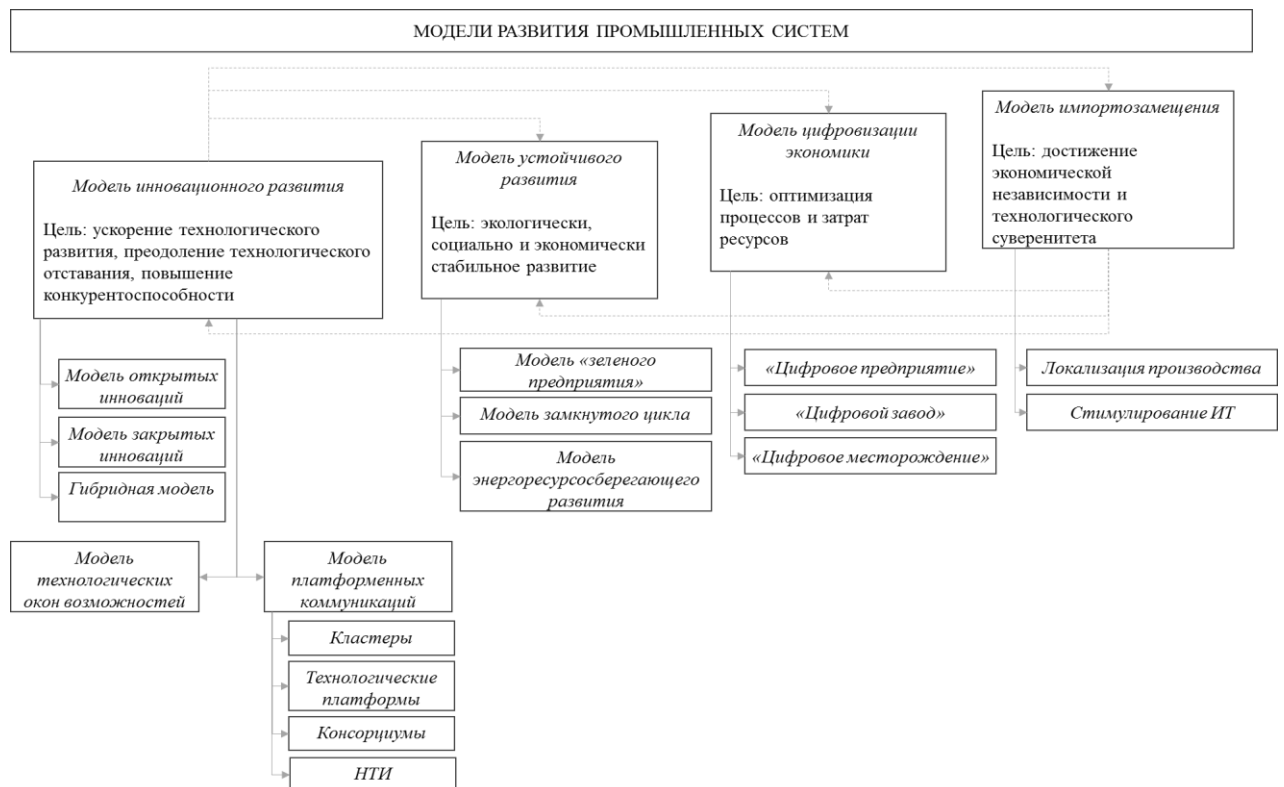


Рисунок 1.12 – Систематизация моделей развития промышленных систем в современных условиях хозяйствования (систематизировано автором)

Система моделей, ориентированных на сокращение технологического разрыва отечественной экономики от экономики развитых стран, учитывает ключевые тренды развития промышленных систем, а комбинирование моделей развития является залогом повышения конкурентоспособности.

Таким образом, к настоящему времени сформировался широкий модельный ряд, способные обеспечить промышленным системам разного уровня управления заметный эффект в использовании ресурсной базы промышленного развития и конкурентные преимущества на внутреннем и глобальном рынках. Однако несмотря на многообразие моделей, инновации по-прежнему остаются ключевым инструментом развития и повышения эффективности хозяйственной деятельности в рамках промышленных систем.

#### 1.4 Инструменты управления промышленным предприятием в условиях становления технологического суверенитета

Рассмотренные выше модели развития промышленных систем на разных уровнях управления располагают соответствующим инструментарием. При этом эффективность макропромышленных систем обусловлена стратегией пространственного развития и промышленной политикой государства; мезопромышленных систем – институциональной средой, инфраструктурой, наличием природных ресурсов; микропромышленных систем – рациональностью управленческих решений, нивелирующих риски неопределенности. Современные реалии сопровождаются высокими рисками, что вынуждает хозяйствующие субъекты модернизировать процессы и технологии с целью повышения гибкости и прибыльности деятельности.

На фоне глобальных преобразований особенно важной становится разработка такой стратегии развития промышленного предприятия, которая будет отвечать требованиям технологического суверенитета, импортонезависимости, локализации производств. Вопросы технологического суверенитета поднимаются на про-

тяжении последнего десятилетия, в том числе, в сочетании с политикой импортозамещения. На первый взгляд, оба понятия достаточно очевидны. Однако, как справедливо отмечают ученые на примере ИТ-сферы, технологический суверенитет – необходимое условие реализации политики импортозамещения, под которым понимается разработка и внедрение информационных технологий исключительно силами и ресурсами национальной экономики [206]. Технологический суверенитет находится в центре внимания ученых и практиков в России и за рубежом. В работе О.В. Андреевой технологический суверенитет неразрывно связан с финансовым суверенитетом страны, что способно обеспечить преодоление множественных барьеров в развитии России [24]. А. А. Френкель и другие авторы ассоциируют технологический суверенитет с альтернативой стагфляции, но отмечают наличие нерешенных проблем импортозамещения в России [283]. Согласимся с мнением В.В. Лучинина, которое заключается в позиционировании человеческого капитала как доминирующего элемента технологического суверенитета страны, способного генерировать прорывные технологии [177].

В контексте цифровой трансформации проблема обеспечения суверенитета стала наиболее острой. Актуальным становится термин «цифровой суверенитет», являющийся одним из факторов государственного суверенитета и новым вызовом для страны. Дефиниция феномена уточнена С.В. Володенковым и др. [60]. В качестве ингибиторов становления технологического суверенитета В.В. Лучинин выделяет низкую экономическую эффективность инвестиций в инновации, снижение качества компетенций, импорт информационных технологий и др. [177]. Е.А. Гущина и др. утверждают о несостоятельности поддержки глобального экономического сообщества и необходимости развития отечественных технических решений [112]. А.И. Химченко затронута тема цифрового и информационного суверенитета – относительно публичных отношений, индивида и цифрового продукта [285].

Исследование Н. Билотты сосредоточено на проблеме технологического суверенитета Европейского союза на фоне технологического отставания от США и Китая, единственно эффективным решением автор считает наращивание инвести-

ций в цифровые технологии [42]. Данное решение, безусловно, является универсальным и применимым к российской практике импортозамещения. Ф. Румате рассматривает понятия суверенитета данных, суверенитета киберпространства, технологического суверенитета, обозначая детерминированность последнего степенью инновационного и научного суверенитета [393].

В научной литературе также представлена методика оценки технологического суверенитета (Т-суверенитета), которая основана на учете экспорта как признака лидерства и импорта продукции как признака зависимости и апробирована В.К. Фальцманом на примере отраслей промышленности России [276].

В рамках семантического обзора исследуемой проблематики представлены подходы отечественных и зарубежных ученых к дефиниции «технологический суверенитет» (таблица 1.1). Все представленные определения направлены на описание состояния национальной экономической системы относительно других страновых экономик. Вместе с тем, обобщая результаты аналитического обзора, следует отметить относительно слабую представленность проблематики технологического суверенитета в научной литературе. На наш взгляд, в сложившихся условиях деструкции глобальных цепей поставок технологический суверенитет целесообразно рассматривать как импликацию трех составляющих – селективной модели инноваций, локализации производства и цифрового суверенитета.

1. Селективная модель инноваций. Классическое понимание модели ограничено микроэкономическими границами – предприятие осуществляет инновационную деятельность исключительно собственными силами, не обмениваясь с внешними участниками информацией. Наш подход предполагает мобилизацию инновационного потенциала страны во внутренней системе с целью достижения технологического превосходства в глобальной экономике за счет снижения зависимости от стран-конкурентов. В рамках модели предполагается, что все этапы инновационного процесса осуществляются внутри страны (в рамках национальной инновационной системы), таким образом возможно сохранить секретность новых разработок, первыми выйти на мировой рынок с новым продуктом, контролировать интел-



лектуальную собственность, что в итоге обеспечивает конкурентные преимущества промышленной системы страны. Кроме того, учитывается и тот факт, что зарубежный поставщик-производитель, будучи правообладателем объекта интеллектуальной собственности, также ограничит доступ к своим разработкам.

Таблица 1.1 – Семантический обзор подходов к категории «технологический суверенитет» (составлен автором)

| Авторы                                                            | Содержание категории                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Технологический суверенитет</i></b>                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Глоberman С. (1978)                                               | «способность развивать и контролировать технологические возможности для поддержки национального суверенитета» [360, с. 42]                                                                                                                                                                                        |
| Грант П. (1983)                                                   | «способность и свобода выбирать, генерировать или приобретать, а также применять, развивать и использовать в коммерческих целях технологии, необходимые для промышленных инноваций» [362, с. 239]                                                                                                                 |
| Неклюдов А.В., Лившиц И.И. (2016)                                 | «такое устойчивое и наблюдаемое состояние, когда реализация ИТ возможна исключительно на основе компонентов, производимых организациями в пределах юрисдикции России и имеющим на них исключительные права» [206, с. 44]                                                                                          |
| Фальцман В.К. (2018)                                              | «способность того или иного вида экономической деятельности обеспечить народное хозяйство своей продукцией надлежащего качества, пусть даже частично за счёт её импортных поставок, но при обязательном условии возмещения импортных затрат за счёт поступлений от реализации собственного экспорта» [276, с. 83] |
| Эдлер Я. и др. (2020)                                             | «способность государства или федерации государств разрабатывать технологии, которые они считают критически важными для своего благосостояния, конкурентоспособности и способности действовать или получать их из других экономических областей без односторонней структурной зависимости» [352, с. 2]             |
| Батура О. и др. (2021)                                            | «способность ... разрабатывать, предоставлять, защищать и сохранять критически важные технологии, необходимые для благосостояния ... граждан и процветания бизнеса, а также способность действовать и принимать независимые решения в условиях глобализации» [345, с. 3]                                          |
| Румате Ф. (2021)                                                  | «технологическая независимость во всех областях – политической, экономической и социальной» [393, с. 143]                                                                                                                                                                                                         |
| <b><i>Цифровой суверенитет</i></b>                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Володенков С.В., Воронов А.С., Леонтьева Л.С., Сухарева М. (2021) | «эмерджентное свойство государства как сложной системы, которое возникает в результате ... соединения цифровой технологической инфраструктуры государства с цифровыми компетенциями и навыками ... институтов и самих граждан» [60, п. 63]                                                                        |

2. Локализация производства. Предполагает размещение производства комплекующих на территории страны, выпускающей конечный продукт, преимуще-

ствами которого могут являться развитие рыночного потенциала, налоговые преференции на федеральном, региональном, муниципальном уровнях управления, доступ к государственным закупкам, государственная поддержка промышленности, цифровизация и доступ к упрощенной системе отчетности [269]. Несомненным преимуществом локализации производства является способствование социально-экономическому развитию страны, в частности, путем создания новых рабочих мест. Согласимся с учеными, которые рассматривают данную модель управления развитием промышленности как фактор экономического роста. Так В.А. Евстифеев определяет локализацию производства через призму рыночной стоимости предприятия, которая возрастает по мере вложений промышленного предприятия в инновации и последующего повышения качества производимой продукции [123]; В.Я. Кершенбаум утверждает, что успех локализации производства измеряется расширением рынка сбыта производимой таким образом продукции за пределами страны [140]; схожую идею транслируют В.В. Ключков и др., которые связывают эффективность локализации производства с конкурентоспособностью изделий на мировом рынке [145]; развитие экспорта как положительный эффект локализации производства раскрыто в исследовании Ю.Г. Лавриковой и др. [166] и является важной составляющей политики импортозамещения, по мнению И.Д. Грачёва и др. [106]. Импонирует идея С.Н. Котляровой и др., по мнению которых, локализация производства как модель развития способна сменить сырьевой характер национальной экономики и снизить нефтегазовую зависимость страны [156].

С точки зрения организации цепей поставок преимуществом для промышленного предприятия является оптимизация сроков поставок комплектующих (производство которых размещено на территории страны), нивелирование рисков, связанных с таможенными операциями, гибкое реагирование на колебания спроса за счет эффективной логистической инфраструктуры. Как следствие, на смену глобализации цепей поставок приходит новый тренд – локализации цепей поставок [45], препятствовать которому возможно путем расширения экспорта производимой резидентами продукции.

3. Стимулирование развития информационных технологий, что способствует укреплению цифрового суверенитета. Речь идет, прежде всего, о льготах, предоставляемых на временной основе ИТ-специалистам и компаниям. Такое решение призвано стимулировать резидентов и нерезидентов к разработкам, направленным в совокупности на повышение цифровой активности и укрепление информационной безопасности промышленных предприятий в стране. И.Ф. Колонтаевская связывает вопросы национальной безопасности и цифрового суверенитета, акцентируя внимание не столько на задаче импортозамещения, сколько на необходимости снижения информационных рисков страны [149]. Ученые (Э.В. Бардасова [35], С.В. Лукичёв [176], А.М. Полонский [232], П.Ю. Пушкин и др. [242], К.Г. Сычева [264] и другие) приходят к выводу о наличии потенциала развития отечественного программного обеспечения и в целом российского сегмента информационно-коммуникационных технологий.

К социально-экономическим преимуществам развития отечественного программного обеспечения относятся: невысокая стоимость, стимулирование к созданию новых рабочих мест в сфере информационных технологий, оперативная модификация функционала программных продуктов в зависимости от потребностей заказчиков [176]; к техническим – доступ к исходному коду программного обеспечения, и, как следствие, гарантии информационной безопасности [242].

Таким образом, предлагается дополнить экономический глоссарий авторской трактовкой технологического суверенитета и понимать под ним состояние научно-технической, геополитической и цифровой независимости национальной экономической системы, обусловленное реализацией принципов модели закрытых инноваций, локализацией производств и цифровым суверенитетом.

Развивая освещаемую тему, предлагается применять также понятие технологического иммунитета, формирование которого становится особенно важным в условиях санкционного давления и посягательств на суверенитет государства. Под технологическим иммунитетом предлагаем понимать способность национальной экономики поддерживать свою информационно-коммуникационную и технологическую независимость, безопасность и конкурентоспособность на мировом рынке,

а также противостоять импортозависимости. Из отмеченных выше положений следует ёмкий инструментарий управления промышленным предприятием в условиях укрепления технологического суверенитета (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Инструментальный комплекс управления промышленным предприятием в условиях укрепления технологического суверенитета (составлено автором по данным [169, 210, 269] и дополнено)

| Модель                       | Инструмент                              | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Селективная модель инноваций | Локализация НИОКР                       | Внутри промышленной системы: <ul style="list-style-type: none"> <li>– сосредоточены все этапы инновационного процесса;</li> <li>– создается значительная ценность;</li> <li>– возможен контроль над инновацией.</li> </ul>                                                                                |
|                              | Инвестиции                              | Привлечение крупных капиталовложений в НИОКР на основе соглашений с организациями-резидентами или нерезидентами из дружественных стран                                                                                                                                                                    |
|                              | Активная кадровая политика              | Необходимость удержания квалифицированных научно-исследовательских и инженерно-технических кадров на предприятии путем эффективной системы мотивации и льгот                                                                                                                                              |
| Локализация производств      | Специальные инвестиционные контракты    | Привлечение крупных инвестиций в новые промышленные проекты (производства, технологии, продукцию) на основе транзакции между государством и инвестором на особых условиях налогообложения (в России условиями СПИК 2.0 является инвестирование размером менее 50 млрд. руб. и более на срок до 15–20 лет) |
|                              | Региональный инвестиционный проект      | Развитие производств в отдельных регионах страны на особых условиях организации производств и налогообложения                                                                                                                                                                                             |
|                              | Индустриальный парк                     | Предоставляет необходимую инфраструктуру для размещения нового производства на особых условиях налогообложения, государственной поддержки и инвестирования                                                                                                                                                |
|                              | Промышленный кластер                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                              | Национальная технологическая инициатива | Определение ключевых технологий для развития отечественной промышленности, новых для страны рынков, институциональная поддержка, необходимая инфраструктура и др.                                                                                                                                         |
| Цифровой суверенитет         | Отечественные операционные системы      | Обеспечивают автономное функционирование отечественной экосистемы, снижают риск кибератак                                                                                                                                                                                                                 |
|                              | Льготы ИТ-компаниям                     | Удержание и стимулирование отечественных ИТ-компаний к цифровизации отечественной промышленности на условиях льготного налогообложения и кредитования, социального обеспечения, а также привлечение иностранных специалистов на условиях упрощенного трудоустройства и получения вида на жительство       |

Реализация модели закрытых инноваций становится вынужденной мерой в условиях ужесточения конкурентной технологической борьбы и охватывает применение таких инструментов, как локализация НИОКР, инвестирование, активная кадровая политика. Обозначенная выше стратегия локализации производств осуществляется посредством специальных инвестиционных контрактов (СПИК), региональных инвестиционных проектов (РИП), индустриальных парков, промышленных кластеров, вовлеченности в Национальную технологическую инициативу и др. Цифровой суверенитет обеспечивается, прежде всего, путем разработки и масштабирования отечественных операционных систем (ОС) и приложений, а также путем мотивации ИТ-специалистов внести вклад в развитие национальной экосистемы.

Представленный инструментальный комплекс является синтезом отечественных практик форсированного перехода к новой модели ведения бизнеса, вносит вклад в развитие экономической науки в части теории инноваций, теории фирмы, теории индустриальных систем и других теоретических подходов к описанию явлений, сопутствующих развитию промышленных предприятий; отличается включенными моделями, способными в совокупности обеспечить технологический прорыв в экономике страны.

На рисунке 1.13 представлен механизм трансформации национальной экономической системы, в рамках которого промышленная система является «центром притяжения» потоков (финансовых – в виде инвестиций и государственной поддержки; информационных – в виде отечественных программных продуктов или потребности локализации производств; материальных и кадровых – как внутри национальной экономики, так и со стороны дружественных экономических систем).

Рассмотренные нами в параграфе 1.3 теории развития промышленности (концепция единого индустриального общества Р. Арона, теория стадий экономического роста У. Ростоу, теория постиндустриального общества Д. Белла, модель эндогенного экономического роста П. Ромера, интегрированная модель климата и экономики У. Нордхауса, концепция устойчивого развития) позволили констатировать призна-

ние известными учеными-экономистами стратегической значимости технологических инноваций, но игнорирование проблем, возникших в текущие годы, — источников ресурсов, безопасности национальной экономики, локализации производства и цифрового суверенитета.

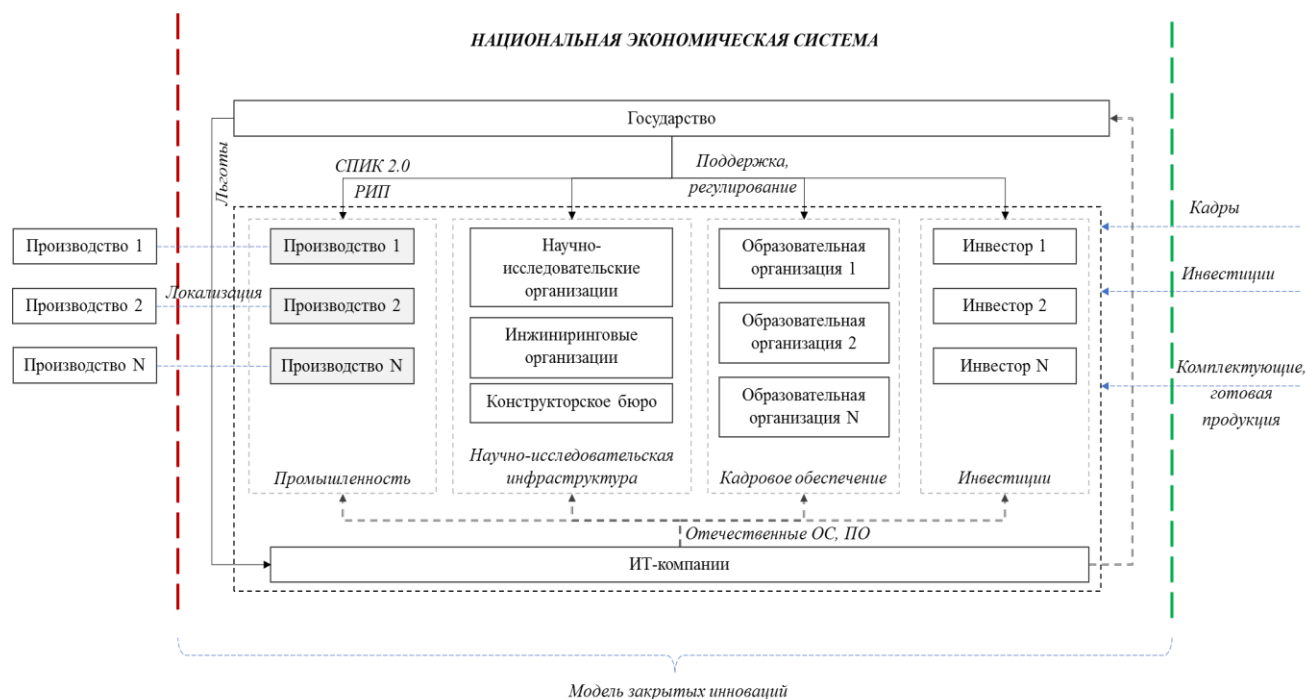


Рисунок 1.13 – Механизм управления промышленной системой в условиях укрепления технологического суверенитета (систематизировано автором)

В большей степени описанные проблемы возможно решить, опираясь на положения концепции устойчивого развития, в связи с чем предложено интегрировать предложенное нами сущностное рассмотрение проблем технологического суверенитета в теорию устойчивого развития, факторами которого являются экономический, экологический и социальный. Полагаем, что в условиях новой модели российской экономики данных элементов недостаточно по той причине, что они являются размытыми и не учитывают источники промышленных ресурсов. В условиях технологического суверенитета требуется переход к собственным источникам и учет дополнительных факторов.

В связи с этим сформулирована гипотеза о необходимости учета таких факторов устойчивости развития промышленности, как инновации, локализация производства и цифровой суверенитет. Проверка предположения требует исследования теоретико-методологических аспектов, а также диагностики и моделирования эффективности промышленных систем в контексте вводимых факторов устойчивости развития промышленности. Нулевая гипотеза подразумевает отсутствие влияния обозначенной триады драйверов развития на эффективность промышленности, альтернативная гипотеза заключается в обратном.

Как следствие, предложено рассматривать технологический суверенитет как импликацию селективной модели инноваций (дифференцированную для разных уровней управления и страны иностранных стейкхолдеров: на макроуровне – закрытые и открытые инновации в зависимости от страны-партнера, на микро- и мезоуровне – открытые инновации), локализации производства и цифрового суверенитета (рисунок 1.14).

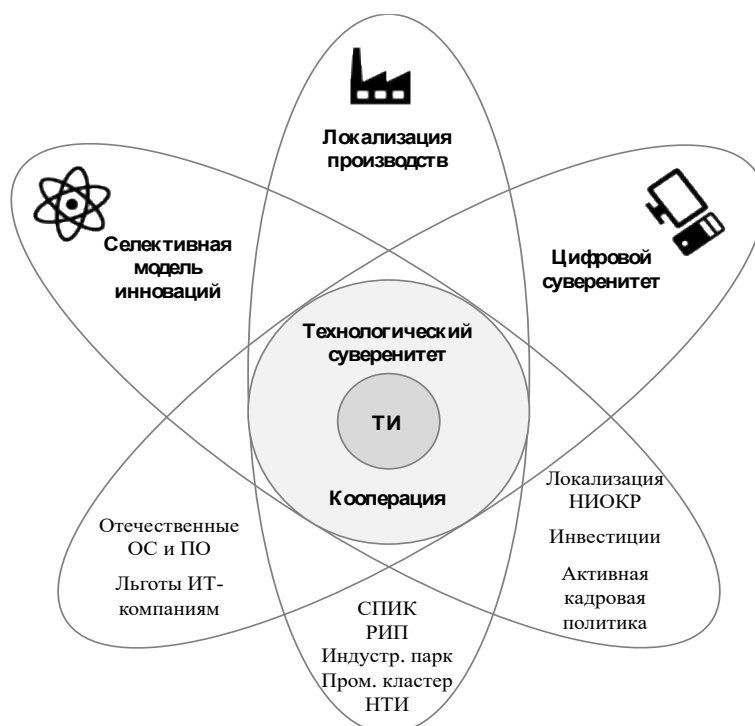


Рисунок 1.14 – Импликационная модель технологического суверенитета (предложена автором)

Сформулированное положение свидетельствует в пользу альтернативной гипотезы (о влиянии дополнительных факторов устойчивости развития промышленности

– инноваций, локализации производства и цифрового суверенитета – на эффективность промышленных систем) в части теоретико-методологической основы.

Таким образом, концептуальный комплекс «инновации – цифровизация – суверенитет» трансформируется в контексте управления промышленным предприятием: обусловленная форсированной реструктуризацией промышленности траектория развития национальной экономики смещается к экспортоориентированной модели производственных систем. В условиях структурной трансформации российской экономики результаты исследования могут быть полезны в части формирования стратегических направлений развития промышленности (на макро-, мезо- и микроуровнях управления), а также расширяют положения экономической науки в части понятийного аппарата.

### 1.5 Модель Национальной технологической инициативы

Технологическому развитию промышленных систем способствуют различные форматы взаимодействия стейкхолдеров, генерирующие инновационные конкурентоспособные решения. Дополнением форматного ряда стала Национальная технологическая инициатива (автономная некоммерческая организация «Платформа Национальной технологической инициативы», АНО «Платформа НТИ»), развиваемая в России с 2014 года с целью создания перспективных технологических рынков и отраслей. Коммуникационная площадка представляет собой ёмкую институциональную среду, обеспечивающую поддержку технологического развития России (рисунок 1.15). Функции координации и мониторинга взаимодействия Федеральных органов исполнительной власти, институтов развития и иных заинтересованных организаций в рамках реализации НТИ возложена на Межведомственную рабочую группу при Президиуме Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России.



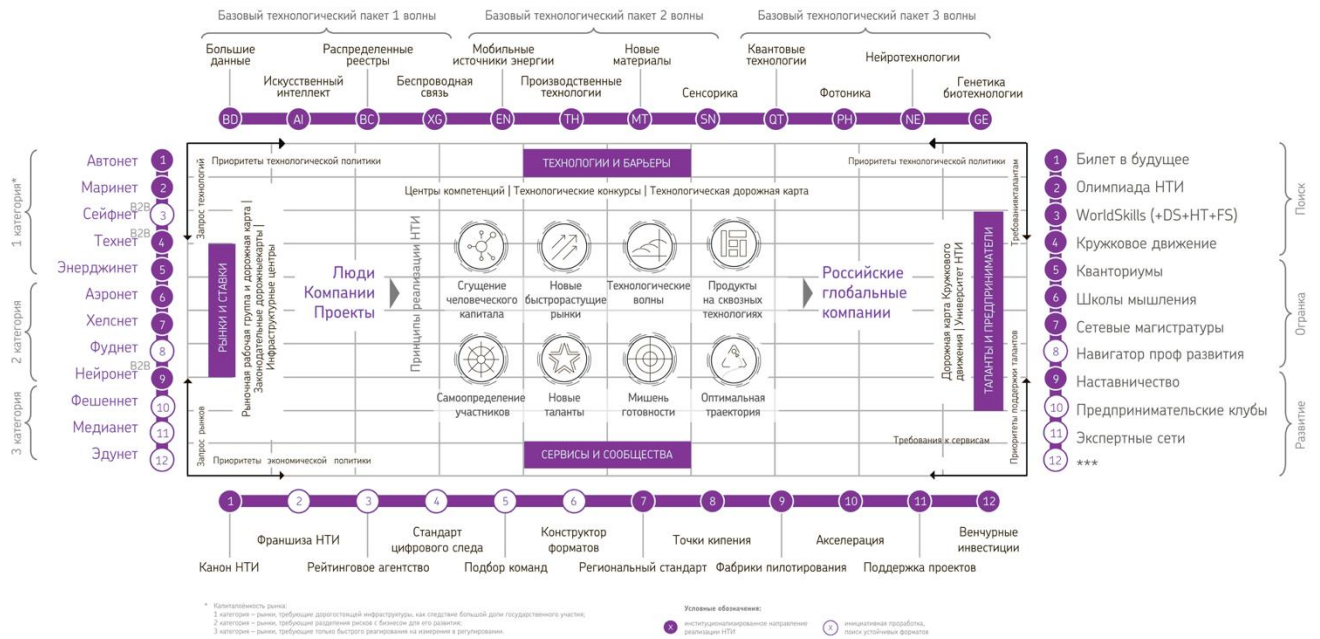


Рисунок 1.15 – Матрица Национальной технологической инициативы [204]

НТИ – это многогранная категория, рассматриваемая на федеральном уровне как организация и программа, нами дополнительно рассматривается как модель коммуникаций между институтами – государством, бизнесом, наукой, образованием (аналогичным примером служит модель «тройной спирали»), как платформа для формирования эффективного взаимодействия между проектными группами, проектным офисом и организаторами НТИ.

С исследовательской точки зрения научная литература в последние годы существенно дополняется работами, посвященными роли Национальной технологической инициативы в формировании конкурентоспособной промышленной системы. Так Исследованию концепции Национальной технологической инициативы как акселератора развития промышленности посвящены научные труды И.Р. Ляпиной и О.А. Строевой [178], О.М. Полномошновой [231], Н.М. Тюкавкина [274], А.И. Шинкевича [321, 322] и др. Отдельными аспектами исследования Национальной технологической инициативы являются инновационная и инвестиционная деятельность, в частности, О.Н. Киселева уделяет внимание вопросам инновационной и инвестиционной безопасности промышленных предприятий [143]; в диссер-

тационном исследовании В.Я. Муллиной предложена классификация промышленных производств в зависимости от эффективности инвестиций в инновации (выделено 5 типов рынков Национальной технологической инициативы) [200]. Барьерам и рискам, имеющим место при реализации проектов Национальной технологической инициативы, посвящены исследования С.М. Зубарева [128], Ю.В. Степаненко [259], А.А. Сотникова и М.В. Ивановой [257] и других ученых.

Последовательный процесс формирования Национальной технологической инициативы представлен в работе И.Р. Ляпиной и О.А. Строевой. Это процесс поэтапного объединения усилий участников национальной экономической системы, сопровождающийся возрастающей ролью промышленности: приоритетные национальные проекты, государственные корпорации, технологические платформы, Национальная технологическая инициатива. Ключевую роль авторы отводят образованию, которое в контексте реализации проектов Национальной технологической инициативы призвано обеспечить промышленность высококвалифицированными специалистами, обладающими кросспрофессиональными компетенциями [178].

Модель инновационного развития на базе сетевых связей в промышленности нашла отражение в исследовании Н.М. Тюкавкина [274]. Ученым в качестве точек технологического роста обозначены технологические возможности участников инновационной системы (рисунок 1.16).



Рисунок 1.16 – Система инновационного развития промышленности на базе Национальной технологической инициативы [274]

На основе обзора научных подходов к исследованию содержания и роли Национальной технологической инициативы в контексте управления развитием промышленных систем предлагается выделить ряд характеристик, присущих данной модели развития (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Специфика модели Национальной технологической инициативы в условиях становления технологического суверенитета (составлено автором)

| Характеристика           | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Эффективность            | Возможность реальных разработок для рынков НТИ, рациональные потоки компетенций и финансов, целевое расходование ресурсов, обеспечивающих реальные и практически значимые научно-технические результаты                                                                                                                                                                                                                                |
| Устойчивость             | Способность проектных групп сохранять возможность выполнения поставленных задач и достижения цели проекта при воздействии внешних «раздражителей»                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Адаптивность             | Способность приспосабливаться к новым мировым трендам, требованиям институциональной среды, рыночным условиям                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Проектный подход         | Формирование проектных групп из представителей разного профиля – научного, образовательного, предпринимательского, государственного                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Новые рынки              | В условиях политики импортозамещения открываются «окна возможностей», стимулирующие к разработке новых технологий, выходу на новые рынки                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Высокотехнологичность    | Новые технологии призваны обеспечить технологическое лидерство, которое достижимо в случае вывода на рынок высокотехнологичных продуктов и решений                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Цифровой климат          | Посредством управления большими данными, искусственного интеллекта, нейронных сетей, автоматизации и других современных цифровых решений создаются благоприятные условия для достижения синергии в развитии ключевых технологий в стране                                                                                                                                                                                               |
| Системное качество       | Высокотехнологичное оборудование и максимальная автоматизация процессов обеспечивают повышение безопасности промышленных систем                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Сетевые связи            | Национальная технологическая инициатива – это сеть, интегрирующая взаимодействие между участниками национальной инновационной системы (институты развития, технологические компании, университеты, научно-исследовательские организации, экспертное сообщество и др.), представляет собой кооперацию усилий образования, науки, бизнеса, государства и гражданского общества при сохранении экономической самостоятельности участников |
| Синергия                 | Только системный подход к управлению комплексными технологическими решениями способен обеспечить долгосрочное конкурентное преимущество на рынке                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Концентрация компетенций | НТИ базируется на талантливых кадрах, занятых научными исследованиями, инженерными работами, направленными на технологический прорыв                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Сквозные технологии      | Неотъемлемый элемент производства высокотехнологичной продукции, оказывающий значимое влияние на развитие рынков НТИ (Big Data, квантовые технологии, искусственный интеллект и др.), передовых производственных технологий (Advanced Manufacturing Technologies)                                                                                                                                                                      |

Продолжение таблицы 1.3

| Характеристика                             | Содержание                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дорожная карта                             | Планы мероприятий по кросс-отраслевым направлениям, документы стратегического планирования, закрепляющие цели и задачи, этапы и сроки, основные мероприятия, результаты, ресурсы, исполнителей |
| Удовлетворение базовых потребностей страны | Формирование собственных прорывных технологий, способных повысить суверенитет и безопасность национальной экономики                                                                            |

Учитывая концептуальные положения НТИ, коммуникационные платформы, развиваемые в России, а также систематизированные выше характеристики модели НТИ предложена ресурсная объектно-средовая модель промышленного развития, лежащая в основе укрепления технологического суверенитета страны (рисунок 1.17).

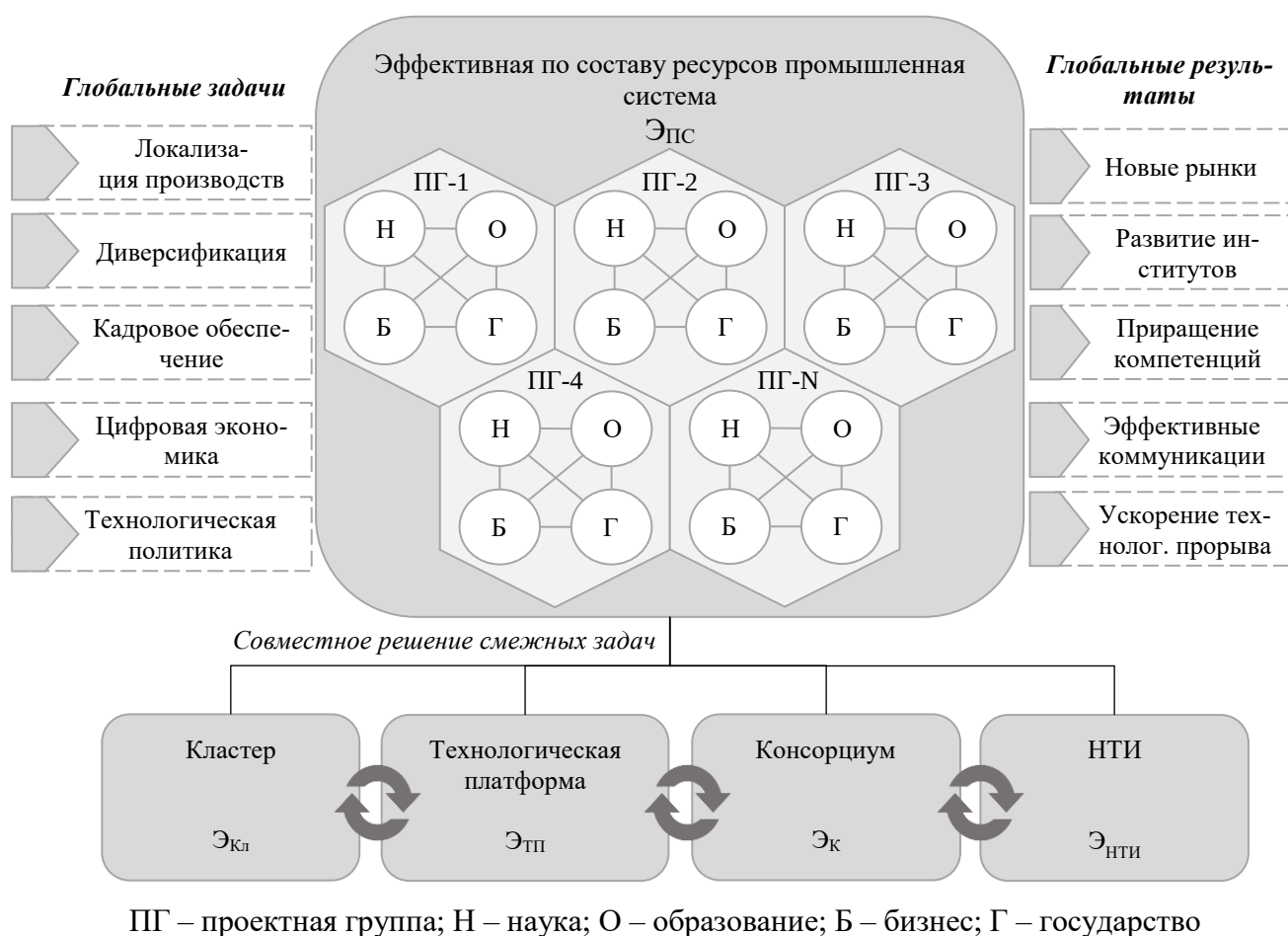


Рисунок 1.17 – Ресурсная (объектно-средовая) модель повышения эффективности промышленного развития (разработана автором)

Промышленная система рассматривается нами как механизм преобразования ресурсов (локальных, организационных, кадровых, цифровых, технологических), способствующих решению глобальных задач и достижению глобальных результатов, а также как совокупность проектных групп – разнородных промышленных систем, объединяющих представителей разного профиля (научного, образовательного, предпринимательского, государственного). Значимость кооперации между проектными группами обосновывается тем, что ресурсов отдельных промышленных систем в условиях обеспечения технологического суверенитета недостаточно. На этой основе предлагается ресурсная (объектно-средовая) модель промышленного развития, лежащая в основе укрепления технологического суверенитета страны, базирующаяся на промышленной кооперации и способная нивелировать проблемы недостатка ресурсов.

При этом эффективность промышленной системы ( $\mathcal{E}_{ПС}$ ) есть функция эффективностей различных форм сетевого взаимодействия:

$$\mathcal{E}_{ПС} = f(\mathcal{E}_{Кл}, \mathcal{E}_{ТП}, \mathcal{E}_К, \mathcal{E}_{НТИ}), \quad (1.1)$$

где  $\mathcal{E}_{Кл}$  – эффективность функционирования кластера;

$\mathcal{E}_{ТП}$  – эффективность функционирования технологической платформы;

$\mathcal{E}_К$  – эффективность функционирования консорциума;

$\mathcal{E}_{НТИ}$  – эффективность проектов НТИ.

Оценка эффективности сетевых структур может осуществляться по показателям доли инновационной продукции (на уровне мезо- или макроэкономической системы), разработанных передовых производственных технологий, числа выданных патентов и динамика роста, доли добавленной стоимости произведенной в рамках взаимодействия продукции, выработки, численности персонала (отражает занятость населения в регионе), размера инвестиций и т.д.

Глобальными результатами должны стать:

– приращение компетенций, направленных на обеспечение технологического трансфера, трансформацию научных результатов в реальные востребованные

промышленностью технологии;

- ускорение научно-технологического прорыва, способствующее качественному импортозамещению;
- создание институциональной среды и инфраструктуры для развития высокотехнологичных проектов;
- создание новой коммуникационной площадки, обеспечивающей условия для взаимодействия заинтересованных экспертов;
- выход на новые рынки, стратегия «голубого океана» (создание новой рыночной ниши на мировом уровне с минимальной конкуренцией).

При этом платформа НТИ не рассматривается как абсолютно новая и закрытая система. Она явилась результатом эволюционного развития моделей коммуникационных площадок, объединяющих организации, промышленные системы по разным принципам:

- промышленные кластеры объединяют специализированные организации и отраслевые предприятия по принципу территориальной близости;
- технологические платформы служат площадкой для коллаборации науки, бизнеса и государства вокруг макротехнологии;
- консорциумы как форма сетевого сотрудничества создаются для решения конкретной задачи, выполнения конкретного проекта путем заключения соглашения.

В контексте развития теоретических положений о промышленной системе как отдельного типа экономической системы предлагается расширить представления об объектной системе: если Г.Б. Клейнер (один из ведущих российских ученых в области стратегии развития предприятий, моделирования производственно-хозяйственных процессов микро- и мезоэкономического уровня) говорит об ограниченности объекта как системы в пространстве, то мы, наоборот, полагаем, что в современных условиях промышленная система не имеет границ (цифровые технологии нивелируют ограничение пространства), определяется территорией присоединяющихся к интегрированной структуре субъектов, а ее эффективность – это следствие эффективной научно-производственной кооперации, которая, в свою очередь, является фундаментом формирования технологического суверенитета.

Средовая система представлена совокупностью информационных технологий и нормативно-правового обеспечения промышленного развития и альтернативных моделей развития промышленных мезосистем.

Представленный подход к оценке эффективности взаимодействия стейкхолдеров промышленного развития способен индуцировать высокотехнологические проекты, востребованные, прежде всего, на внутреннем рынке, что отвечает задачам обеспечения технологического суверенитета страны. При этом предпосылками формирования технологического суверенитета являются: объединение альтернативных моделей развития промышленных мезосистем по решению смежных задач; смещение акцента в сторону выявления «гена НТИ» (танталов); необходимость переоценки приоритетности элементов добавленной стоимости для условия локализации производства – более ценным является элемент заработной платы (преимущественно за счет оплаты труда сотрудников, непосредственно участвующих в создании нового промышленного продукта) по сравнению с элементом прибыли (по данным Росстата по итогам 2021 года доля заработной платы и валовой прибыли соответственно составили: в сфере добычи полезных ископаемых – 12% и 87%, в сфере обрабатывающих производств – 30% и 69%).

Таким образом, функционирование НТИ обеспечит больший эффект в случае синхронизации с предшествующими формами сетевого взаимодействия – кластерами, технологическими платформами, консорциумами [164]. Комплексный подход на базе компетентностного взаимодополнения способен индуцировать высокотехнологические проекты, востребованные, прежде всего, на внутреннем рынке, что отвечает задачам обеспечения технологического суверенитета страны.

Выводы по главе 1.

В результате проведенного исследования получен ряд результатов.

1) Построен организационный контур управления промышленным предприятием, который охватывает ключевые тренды и инструменты организации промышленных систем – проектную деятельность, цифровизацию и циркулярную модель управления ресурсами, что развивает концептуальный подход к моделирова-

нию проектных организационных структур и, с учетом выделенных потоков, служит основой для уточнения внутренних нормативно-правовых актов предприятия, регламентирующих организационно-управленческие процессы.

2) Раскрыты аспекты управления промышленными системами: инструментальное обеспечение, централизация управления и иерархия управления. Принципы управления подчинены требованиям циклической экономики и замкнутых цепей поставок, зеленой экономики и зеленой логистики, устойчивого развития, автоматизации. Функция управления раскрыта как комплекс процессов через призму централизации; в разрезе процессов обоснована дуальность управления промышленной системой (централизации и децентрализации процессов).

3) Систематизированы и структурированы современные модели развития промышленных систем, способные сократить технологический разрыв между отечественной экономикой и экономиками развитых стран. Модели агрегированы по четырем блокам – модели инновационного развития, устойчивого развития, цифровизации экономики и импортозамещения.

4) Систематизирован механизм управления промышленной системой в условиях укрепления технологического суверенитета, где государство оказывает всестороннюю поддержку и стимулирование притока финансов, кадров, материального потока в национальную экономическую систему и передислокации производства комплектующих на территорию страны. Предложен уникальный подход к пониманию технологического суверенитета, отличающийся импликацией трех элементов – модели закрытых инноваций, локализации производства и цифрового суверенитета, что расширяет понятийный аппарат политики импортозамещения, отражает неотъемлемую корреляцию технологического суверенитета с важнейшими категориями современной экономики – инновациями и цифровизацией; авторский подход дополняется предложенной дефиницией феномена «технологический иммунитет», который предлагается понимать как способность национальной экономики поддерживать свою информационно-коммуникационную и технологическую



независимость, безопасность и конкурентоспособность на мировом рынке; концептуальная авторская формула состоит в толковании технологического суверенитета как состояния, а технологического иммунитета – как способности.

5) Построена ресурсная (объектно-средовая) модель повышения эффективности промышленного развития, базирующаяся на совместном решении смежных задач деятельности сетевых коммуникационных площадок (кластеров, технологических платформ, консорциумов), отвечающая приоритетным задачам трансформации национальной экономической системы в передовую технологическую державу и обеспечивающая достижение стратегически значимых результатов. Модель отличается расширением взглядов на развитие промышленности в российской экономике, позволяет системно подойти к изучению вопросов эффективности промышленных систем.

Опубликованные работы по главе 1: [74, 75, 76, 78, 315, 79, 81, 83, 86, 88, 92, 93, 94, 170, 173, 263, 309, 319, 324, 329, 375]

## 2 МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

### 2.1 Система факторов обеспечения эффективности

Одним из важнейших критериев модернизации и трансформации промышленных систем является эффективность – показатель того, насколько рационально используются ресурсы в цепях поставок промышленной продукции. Оценка рациональности использования ресурсов осложняется многозвенностью архитектуры современных промышленных систем, которые сегодня представляют собой сложную и ёмкую структуру, объединяющую множество элементов, взаимодействующих на основе прямых и обратных связей. Сложность системы определяет степень самоорганизации данной системы, и, соответственно, обуславливает эффективность ее функционирования.

Категории «эффективность» посвящен обширный ряд современных исследований в различных контекстах, развивающих концептуальные и методологические основы исследуемой проблематики. В условиях развития промышленных систем к числу таких работ относятся исследования эффективности операционной деятельности промышленного предприятия, развития мезосистемы (Ю.А. Дорошенко, И.О. Малахина) [117, 118], интегральной эффективности системы управления промышленным предприятием (Е.Н. Чинова) [294, 295], эффективных инновационных стратегий (О.В. Трофимов) [273], эффективности (технической, маркетинговой, экономической) инновационного процесса промышленного предприятия (А.Е. Горохова) [102], эффективности (материально-технической, рыночной, организационно-экономического уровня производства, научно-исследовательской активности, финансовой, эффективности инновационного потенциала) инновационной деятельности предприятия (С.Н. Яшин и Т.М. Крюкова) [342], эффективности социально-ориентированных инноваций (Ю.М. Максимов, С.Н. Митяков и др.) [183],

эффективности бизнес-процессов (Д.О. Горшков и Д.А. Корнилов) [104], эффективности бизнес-коммуникаций в разрезе таких составляющих, как экономическая, социальная, организационно-управленческая, психологическая, коммуникативная, информационная, технологическая (Е. Н. Бигачева) [41], эффективности информационных систем управления промышленным холдингом по критериям доступности, человекоемкости, времени выполнения бизнес-операций, времени доработки информационной системы, стоимости владения (С. С. Цветаев) [287], экологической эффективности промышленного предприятия (А. И. Агадуллина) [20] и т.д.

Особый вклад в развитие методологии эффективности внесен Г. Клейнером, который акцентирует внимание на необходимости исследования предприятия с позиции интегральной эффективности, объединяющей эффективности функционального, технологического, экономического и институционального характера [144].

Существенный вклад в развитие методологии оценки эффективности промышленных систем внесен Д. В. Терехиным, которым предложена емкая система критериев и показателей эффективности в разрезе промышленных систем разного уровня – промышленного комплекса региона и промышленных предприятий, а также инвестиционной деятельности в промышленном комплексе [267]. Автором структурированы критерии результативности (промышленный потенциал, прирост рыночной стоимости промышленного комплекса, стоимость бизнеса), региональной социально-экономической эффективности (отношение промышленного потенциала к инвестиционному капиталу), результативности и эффективности регионального управления (прирост промышленного потенциала) и др.

В исследовании Д. Е. Никанорова предложена система управления эффективностью инвестиционной деятельности, дополненная условиями управления (в разрезе блоков – целевого, ресурсного, управляющего и сопутствующего) и признаками управления (конечная цель, промежуточные цели, предприятие как целереализующий объект, методическая база и др.) (рисунок 2.1) [208]. Однако предложенный подход игнорирует положения устойчивого развития промышленных систем, концепции управления производственными системами и тенденции автоматизации процессов.

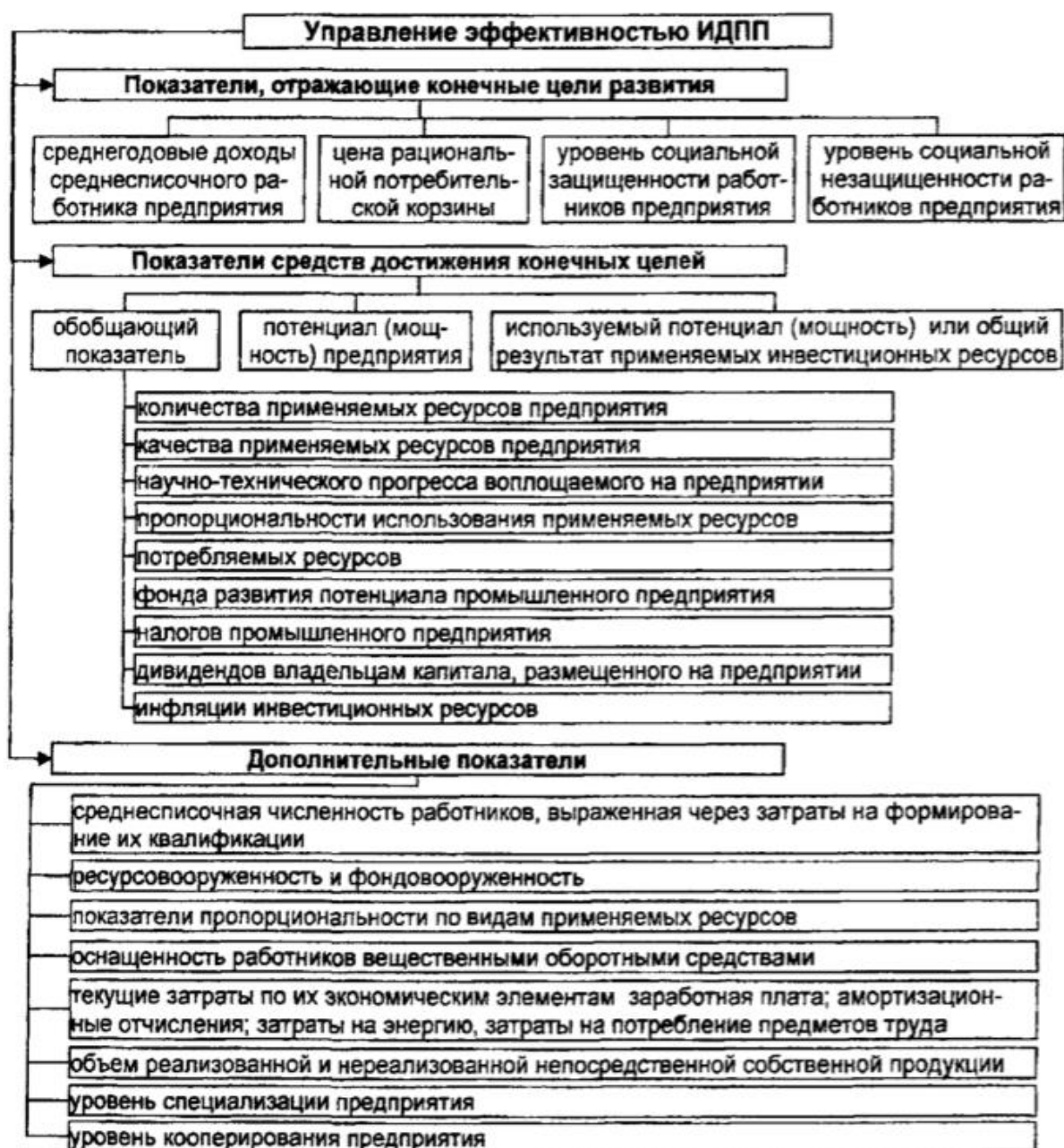


Рисунок 2.1 – Система управления эффективностью инвестиционной деятельности предприятия [208]

О.Л. Перерва, изучая экономическую эффективность инноваций, связывает ее с «эффектом положительного влияния новинки на развитие сопредельных объектов» [227, с. 9], раскрывает в терминах инвестиционной оценки проекта, в частности, путем дисконтированных оценок, а также срока и коэффициента окупаемости инвестиций, а также реализованы методы теории нечетких множеств для

оценки денежных потоков. Ограничение авторского подхода состоит в инвестиционной методике оценки эффективности модернизации промышленных систем, без учета специфичных факторов развития экономики.

Импонирует структурированный методологический подход к управлению эффективностью промышленных систем, который нашел отражение в диссертационном исследовании О.В. Антиповой [25]. Автором интегрированы актуальные концептуальные (устойчивое развитие, бережливое производство, институциональная теория и др.) и методические (сбалансированная система показателей, экономико-математическое моделирование и прогнозирование) положения (рисунок 2.2). Однако не учтена роль цифровизации и когнитивных технологий в управлении эффективностью современных промышленных систем, что, на наш взгляд, является неотъемлемым элементом развития современных предприятий.



Рисунок 2.2 – Структура методологии управления ресурсоэффективностью [25]

Суммируя вышесказанное, подчеркнем, что эффективность промышленной системы – это комплексная категория (соответствующая глобальному оптимуму),

объединяющая эффективность отдельных элементов (экономической, технологической, институциональной и др. – локальные оптимумы), требующий учета временных горизонтов диагностики, отражающий достижение желаемого результата. О необходимости учитывать временные горизонты отметил Г. Клейнер, поскольку, например, институциональная эффективность обусловлена завершением периода институциональных преобразований [144]. С учетом динамизма мировой экономики, желаемые результаты функционирования промышленных систем также корректируются. Универсальными принципами построения системы управления эффективностью являются ее системность, измеримость, компаративность, гибкость, когерентность.

1) Принцип системности заключается в необходимости учитывать эффективность всех подсистем промышленной системы;

2) принцип измеримости – в возможности количественно оценить эффективность общую и частную;

3) принцип компаративности – в возможности сравнивать эффективность в разрезе отдельных элементов или рядов динамики;

4) принцип гибкости – в способности системы управления эффективностью перестраиваться в соответствии с актуальными тенденциями развития промышленных систем;

5) принцип когерентности – в подчинении отдельных составляющих эффективности целям развития промышленной системы и необходимости скоординированного «ответа» на внешние дестабилизирующие факторы.

Из вышесказанного следует, что сложные системы подчинены множеству требований, ограничений, условий на макро-, мезо- и микроуровнях управления, которые отождествляются с факторами. Понятие «факторы» рассматриваются в экономике либо как движущая сила процесса, либо как факторы производства (земля, труд, капитал, предпринимательство) [158]. Поскольку промышленная система не ограничена лишь производственным процессом, предлагается придерживаться первого контекста, причинно-следственного.

Систематизация факторов эффективности нашла отражение в научных трудах А.Д. Шафронова, который выделяет 3 группы факторов роста эффективности – факторы предложения (земля, труд, основные и оборотные фонды, производственные технологии, территория и др.), факторы спроса и обмена (кооперация и интеграция, лизинг, платежеспособность населения и др.), факторы экономического взаимодействия с государством (нормативно-правовая база, внешнеэкономические отношения, научно-технический прогресс и др.) [302]. К.В. Смицких и Т.В. Терентьева последовательно классифицируют факторы эффективности на внешние и внутренние; последние, в свою очередь, на интенсивные и экстенсивные; в категории экстенсивных авторы различают количественные и временные факторы [256]. В научной статье Т.Г. Строительской выделяются внешние и внутренние факторы роста эффективности [262].

Широкий ряд исследований посвящен изучению частных факторов эффективности. Так К.Б. Герасимов и Е.С. Морозова исследуют инновационный потенциал как фактор эффективности высокотехнологичных предприятий (в разрезе видов инноваций) [98]. Роли интеграции в обеспечении эффективности промышленности посвящены работы В.М. Баутина и др. [38], Т.Н. Тополевой [270], А.В. Овсянниковой [214] и др.

Интересный подход предложен Г.П. Бутко, А.В. Мехренцевым, В.М. Шариповой, Н.В. Шариповой [50]. В контексте исследования промышленных кластеров авторы выделяют 2 параметра – области опережающей и отстающей эффективности, а также приходят к выводу о недостаточной локализации производств.

Анализ теоретико-методологических подходов к управлению эффективностью промышленных систем позволяет систематизировать и адаптировать комплекс факторов обеспечения эффективности к новым условиям хозяйствования.

По источнику возникновения целесообразно систематизировать факторы по двум группам – **внешние и внутренние**.

К ключевым внешним факторам обеспечения эффективности относятся:

- глобальный рынок;
- внутренний рынок;

- приоритетные направления промышленной политики;
  - государственная поддержка;
  - динамичные налоговая нагрузка, банковская и валютная политика;
  - инвестиционное развитие, инвестиционная привлекательность региона и отрасли;
  - взаимодействие с поставщиками: качество поставляемых сырья, материалов, комплектующих, услуг, что непосредственно сказывается на качестве производимой продукции и ее реализации; надежность поставщиков, определяющая соблюдение планов производства;
  - взаимодействие с клиентами: платежная дисциплина; эффективность коммуникаций (автоматизированные системы CRM, электронная почта и др.);
  - природные факторы – наличие природных ресурсов, климат;
  - социальная политика страны, региона, что проявляется в качестве подготовки квалифицированных кадров, регулирование занятости и уровня заработной платы, системы компенсационных выплат;
  - факторы внешней логистики: место в цепях поставок, интенсивность материального потока, взаимодействие со смежными звеньями, транспортная и складская инфраструктура, система распределения произведенной продукции;
  - риски внешней среды.
- Внутренними факторами эффективности являются:
- производственные мощности: состояние основных фондов (которые в промышленных системах России характеризуются высокой степенью износа, в отдельных случаях превышая 60% (добыча сырой нефти и природного газа, производство автотранспортных средств) [277]); наличие резервных производственных мощностей, позволяющих на фоне основного производства переходить к выпуску новых видов продукции;
  - ресурсопотребление (сырья, материалов, энергии, времени): потери или экономия (ресурсосбережение) критично сказываются на результатах деятельности промышленной системы;
  - кадровое обеспечение, а именно: непрерывное приращение компетенций



за счет повышения квалификации кадров, покрытие потребности промышленной системы в квалифицированных кадрах, обеспечение достойных условий труда, как следствие, снижение уровня текучести кадров (в 2022 году показатель составил: в добывающих производствах 25,2%, в обрабатывающих 20,5% [277]);

- IT-инфраструктура, автоматизированные системы управления, цифровые и когнитивные технологии, позволяющие оптимизировать время на обработку информации, выполнение процессов и операций, улучшают контроль качества процессов и продукции;

- внедрение наилучших доступных технологий, инноваций, собственная научно-технологическая и проектно-конструкторская инфраструктура;

- инвестиции, направленные на модернизацию основных фондов;

- транспарентность как информационная открытость, обеспечивающая принятие наиболее эффективных и объективных управленческих решений на основе цифровых и сквозных технологий управления данными [114];

- гибкость – опосредованный фактор эффективности, через гибкость обеспечивается адаптация к новым условиям внешней среды, к динамике рынка посредством новых технологий, компетенций, организационной структуры;

- производственные связи – взаимодействие предприятий в рамках сетевых объединений (кластеров, комплексов, технологических платформ и т.д.);

- система управления бизнес-процессами, грамотное распределение задач, автоматизация бизнес-процессов, как следствие, рациональное использование ресурсов, повышение производительности труда, повышение качества продукции, экономический эффект;

- система контроллинга, которая способна обеспечить процессы и структурные единицы промышленной системы релевантной информацией, своевременно выявлять и устранять «узкие» места;

- факторы внутренней логистики – устройство логистической системы, погрузочно-разгрузочная подсистема, складская и транспортная подсистемы, межфункциональная координация, взаимодействие с поставщиками и клиентами;

- риски внутренней среды др.

Коллектив ученых Д.П. Малышев, О.А. Бакуменко и В.В. Троян к производственным факторам относят интернационализацию производства, производительность труда, сетевые взаимодействия предприятий (в рамках кластеров, технологических платформ и т.д.) [184]. На наш взгляд, данный подход недостаточно корректен, в связи с чем предлагаем относить кооперацию предприятия с другими участниками экономической системы к институциональному фактору.

В зависимости от сферы влияния факторы обеспечения эффективности целесообразно систематизировать по следующим категориям:

- технологические факторы – технологическое развитие отрасли, инновационная активность, модель инноваций (открытая или закрытая), цифровые технологии, трансфер технологий, расходы на НИОКР и др.;
- экономические факторы – темп роста экономики, глобализация экономики, развитие предпринимательства, условия кредитования, финансовая устойчивость предприятия и др.;
- экологические факторы – рециклинг (использование вторичных ресурсов в производстве), экологическая безопасность производства и утилизации и др.;
- организационно-управленческие факторы – организационная структура управления, организационная культура, компетенции топ-менеджмента и т.д.;
- институциональные факторы – институциональная среда, активность промышленной системы в контексте интеграции и кооперации, включая такие сетевые формы взаимодействия, как кластеры, технологические платформы (вхождение вузов в их состав), консорциумы, государственно-частное партнерство и др.

Отдельного внимания заслуживает проблема устойчивого наличия институциональных ловушек. Институциональные ловушки (неэффективные институты) могут быть отнесены и к внешним, и к внутренним факторам. В первом случае речь идёт о новых федеральных инициативах и мероприятиях, которые не оказывают существенного позитивного влияния на промышленную систему в силу «провалов» государственной поддержки промышленности, неэффективной системе закупок, в частности, государственных (непрозрачность процедуры закупки, низкая

конкуренция, отсутствие тотального контроля государством над расходами), сложных бюрократических процедурах, уклонении от налогов, как следствие, возникают избыточные и неэффективные транзакционные издержки. В рамках инновационного процесса институциональные ловушки имеют место на каждом этапе: на этапах фундаментальных и прикладных исследований и проектирования такой ловушкой является распыление государственных средств (ловушка «наука-государство»); на этапе производства (внедрения НИОКР) – разрыв между бизнес-сообществом и наукой с одной стороны, и бизнес-сообществом и государством – с другой, что обусловлено невысокой активностью бизнеса в сфере инновационной деятельности (ловушка «бизнес-наука», ловушка «бизнес-государство»); на этапе потребления имеет место ловушка «бизнес-государство», когда льготы для организаций, занятых инновационной деятельностью (в том числе – цифровизацией и разработкой IT-решений), эффективны только для крупных и средних компаний [107, 175]. Вместе с тем на фоне реализуемой политики импортозамещения особая важность отводится гособоронзаказу, за невыполнение которого предусмотрено ужесточение наказания [3], что предполагает снижение вероятности возникновения институциональной ловушки. Во втором случае (внутренний характер) ярким примером могут служить факты коррупции, неэффективной системы закупок.

Система факторов обеспечения эффективности, адаптированная к современным глобальным вызовам, представлена на рисунке 2.3. Особое внимание уделено технологическому фактору как фактору первостепенной важности в условиях обеспечения технологического суверенитета.

На фоне острой потребности в структурной трансформации промышленности страны очевидна необходимость пересмотра всей системы управления эффективностью. Наш методологический подход основан на изменении алгоритма оценки эффективности и реформировании категориальной сущности эффективности. В период до структурной трансформации 2022 года преобладала «толкающая» система оценки:

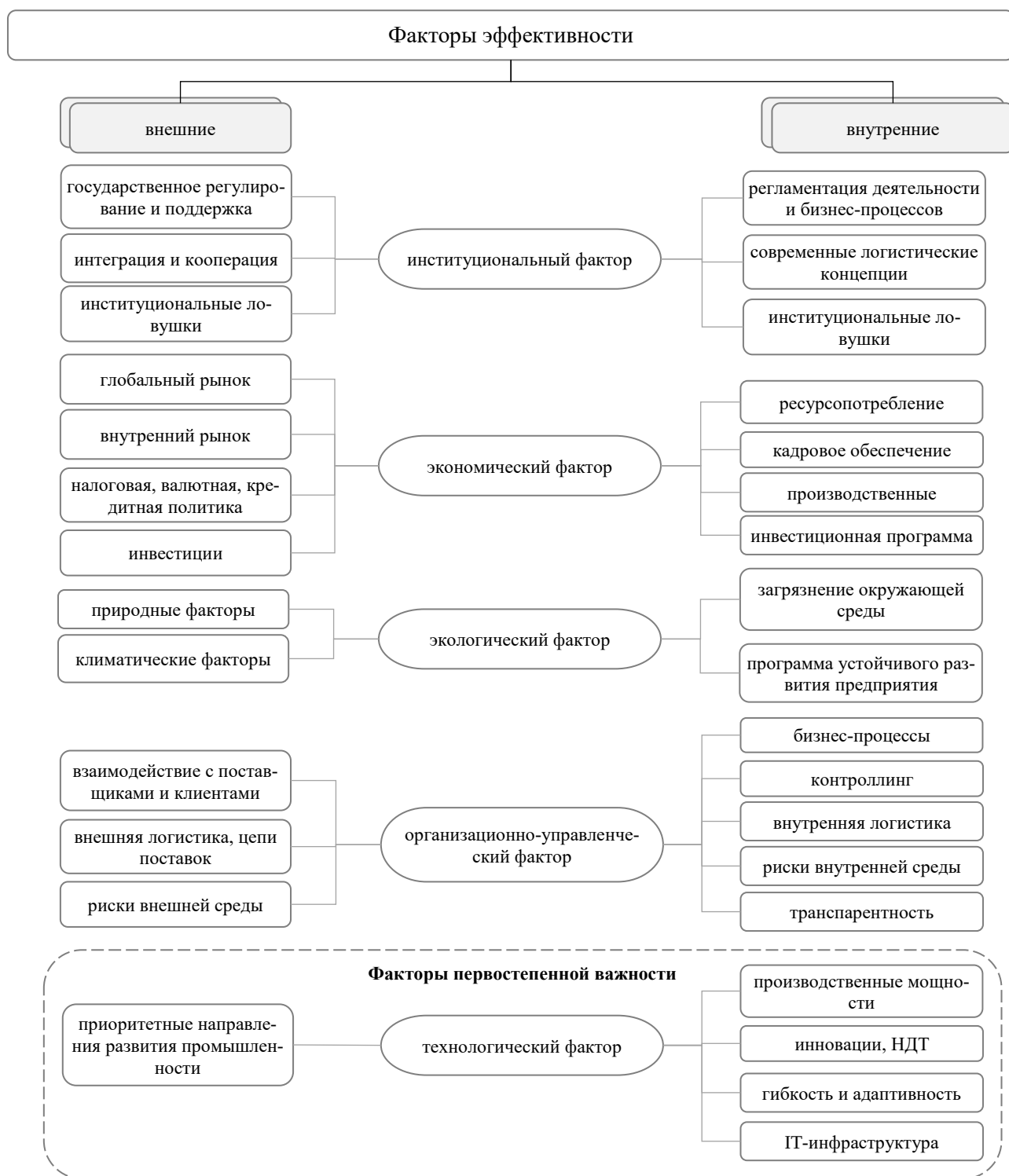


Рисунок 2.3 – Систематизация факторов обеспечения эффективности промышленной системы в условиях обеспечения технологического суверенитета (составлено автором)

1) предприятие формирует справочники и классификаторы (сырья, готовой продукции, бизнес-процессов, Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС) и др.);

2) с учётом справочников и нормативного регулирования (стандартов, Федерального закона от 29 июня 2015 года № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» и т.д.) разрабатываются регламенты процессов, определяющие последовательность выполнения работ и их исполнителей;

3) на основе национальных и отраслевых программ и стратегий развития, а также с учетом регламентов процессов формируются методические указания по оценке эффективности функционирования промышленного предприятия, его отдельных подсистем, эффективности труда работников и др. (система KPI);

4) разрабатываются нормативы эффективности промышленной системы – в целом, отдельных подсистем, использования активов, труда работников и т.д., а также осуществляется нормирование труда (Положение об оценке эффективности деятельности предприятия);

5) на основе требований заказчика (государства или иной организации) и ГОСТов и с учетом установленных на предприятии нормативов формируются технические условия на продукцию (Единая система конструкторской документации (ЕСКД));

6) оценка продукции по выполнению требований заказчика и ГОСТов (качества продукции, времени выполнения заказа, затраченным ресурсам, степени выполнения производственного задания, а также показатели эффективности промышленной системы в целом – показатели рентабельности, общая эффективность оборудования (ОЕЕ), производительность труда, энерго- и ресурсоэффективность и т.д.).

Таким образом, до периода глубокой структурной трансформации эффективность промышленной системы сводилась к выполнению плана производства и диагностике соотношения между достигнутым результатом и использованными ресурсами. Непосредственное участие в данном процессе принимает отдел технического контроля, топ-менеджмент предприятия.

В условиях обеспечения технологического суверенитета приоритет смещается в сторону показателей импортозамещения (рисунок 2.4).

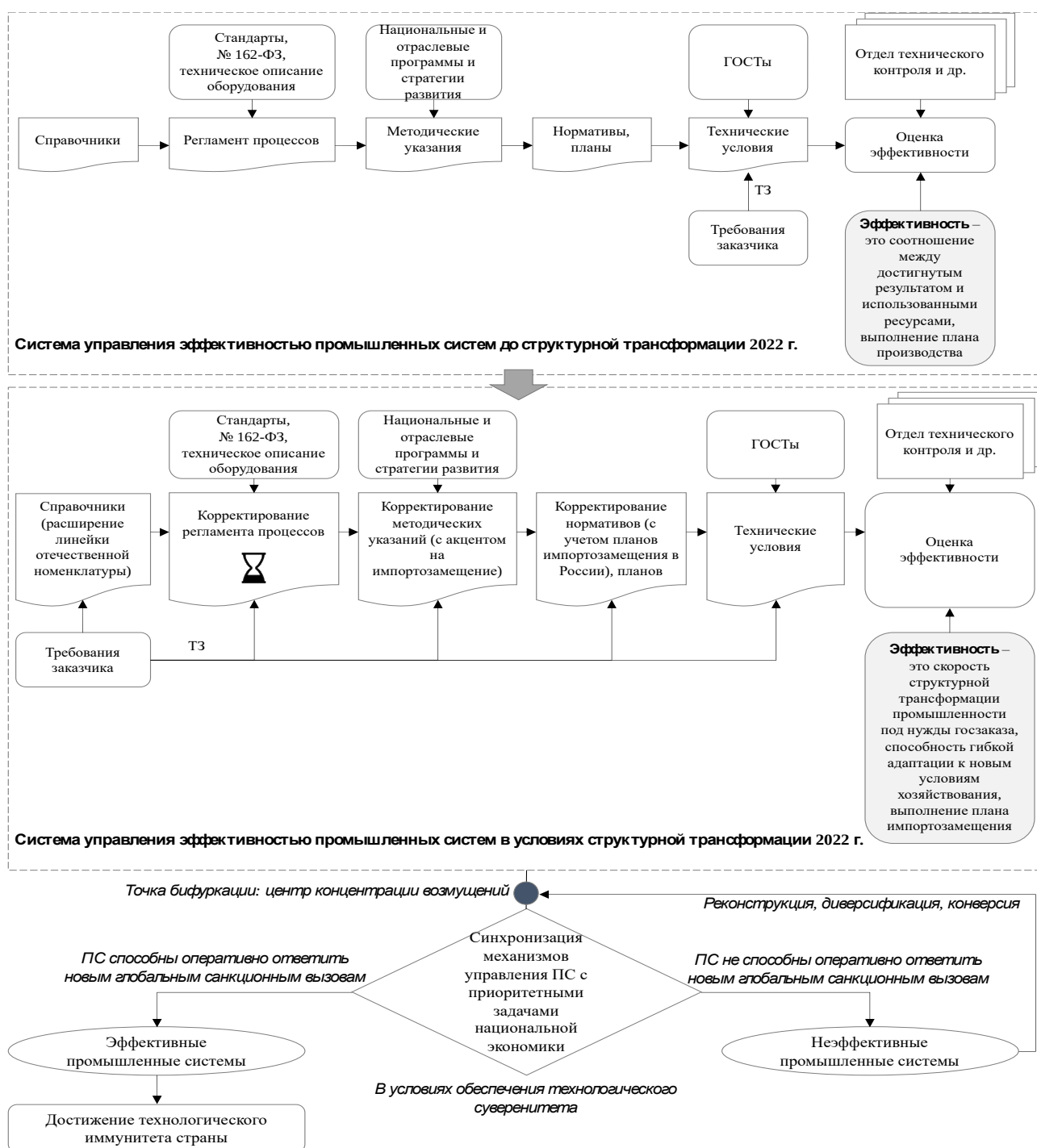


Рисунок 2.4 – Трансформация системы управления эффективностью промышленной системы в условиях обеспечения технологического суверенитета (составлено автором)

Изменения в системе управления эффективностью связаны, прежде всего, с переходом к тянущей системе и тем, что требования заказчика (в области гособоронзаказа, а также инициативы государства в области повышения импортонезави-

симости) выходят на первый план и задают тон всему организационному механизму. Справочники продукции целесообразно дополнить позициями отечественного производства; регламент процессов – скорректировать с учетом необходимости ускорения выполнения заказов, проектирования и изготовления изделий; методические указания пересмотреть и дополнить положениями, позволяющими оценить уровень импортозамещения, долю инновационной продукции в контексте замены импортных сырья, материалов, комплектующих и т.д.; нормативы и планы развития (планы производства, закупок, продаж, развития структурных подразделений и т.д.) – изменить с учетом приоритетов новой модели российской экономики. В результате в новых условиях хозяйствования трансформируется понимание эффективности, под которым теперь понимается, прежде всего, скорость структурной трансформации промышленности под нужды госзаказа, способность гибкой адаптации к новым условиям хозяйствования, в том числе выполнение отраслевого плана импортозамещения.

Новая система управления эффективностью позволяет по-новому категоризировать промышленные системы (ПС) на 2 типа: эффективные и неэффективные. Эффективные – это те промышленные системы, которые способны оперативно ответить новым глобальным санкционным вызовам, осуществить переход на отечественное сырье, материалы, запчасти, машины и оборудование, программное обеспечение и системы защиты; неэффективные – это промышленные системы, неспособные оперативно трансформировать производственную систему под траекторию обеспечения технологического суверенитета.

Иными словами, эффективность промышленной системы сегодня обусловлена доступностью отечественных технологий.

Таким образом, каждая промышленная система проходит точку бифуркации (критическое состояние, когда система вынуждена менять относительно устойчивый режим функционирования в результате разного рода воздействий), ассоциируемую с центром концентрации возмущений (санкционное давление Запада, нарушение и необходимость реструктуризации глобальных цепей поставок, существенные колебания курса валют). Переход промышленных систем на новый уровень

обеспечивает их идентификацию как эффективных, способных обеспечить достижение технологического суверенитета, в частности, при поддержке государства. Сохранение хаотического состояния определяет промышленную систему как неэффективную, нуждающуюся в существенной трансформации (путем реконструкции, модернизации, диверсификации, конверсии).

Обобщая смысловое содержание представленной схемы, резюмируем, что в условиях обеспечения технологического суверенитета эффективность промышленной системы детерминирована ее способностью синхронизировать механизмы управления с требованиями новой экономики государства, таким образом обеспечивая благоприятный выход из точки бифуркации.

Предложенная схема трансформации системы управления эффективностью промышленной системы в условиях обеспечения технологического суверенитета, основанная на организационном аспекте, отличается использованием модифицированной сущности эффективности при переходе к новой модели управления (которая базируется на требовании синхронизации внутренних процессов предприятия с условиями новой модели экономики), дифференциацией промышленных систем (эффективные и неэффективные) в зависимости от траектории развития из точки бифуркации как центра концентрации возмущений. Представленный подход позволяет повысить управляемость промышленных систем в условиях турбулентности глобальной экономики и направлен на трансформацию системы оценки эффективности деятельности предприятия.

В целях идентификации типа промышленной системы в условиях становления технологического суверенитета предложено использовать 3 методики. Эмпирической базой классификации промышленных систем (отраслевых) послужили данные, опубликованные в аналитической записке «Ограничения на импорт сдерживают экспорт: результаты опроса предприятий» (подготовлена Департаментом исследований и прогнозирования Банка России) [137]. Так в качестве основного показателя предлагается применить  $Z_i$  – доля респондентов, ответивших в пользу  $i$ -го мероприятия, %;  $i = 9$  – число оцениваемых позиций. Весовые коэффициенты определены по методу расстановки приоритетов, характерных для того или иного



этапа становления технологического суверенитета. Исходно имеем 9 мер, каждая весом 1 (суммарно 9 баллов). Далее все меры классифицированы по значимости (высокая значимость – базовый балл умножается на 2; средняя значимость – умножается на 1; низкая значимость – делится на 2). Кроме того, если мера способствует укреплению технологического суверенитета, то весовой коэффициент указывается в знаменателе; если мера сдерживает укрепление технологического суверенитета – в числителе (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Присвоение весовых коэффициентов методом расстановки приоритета (предложено автором)

| Мера по адаптации                                                           | Метод 1<br>(приоритет отдается<br>позициям, способствующим<br>поддержанию качества, цены и<br>технологичности продукции<br>независимо от страны-поставщика) | Метод 2<br>(акцент на качество, технологичность и<br>приоритетность отечественного<br>производителя) | Метод 3<br>(способность хозяйствующих<br>субъектов заменить импортируемые сырье,<br>материалы, машины, оборудование,<br>запчасти исключительно на отечественные<br>аналоги) |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                           | 2                                                                                                                                                           | 3                                                                                                    | 4                                                                                                                                                                           |
| Замена на аналогичную импортную продукцию из других стран (З <sub>1</sub> ) | 2 (+)                                                                                                                                                       | 0,5 (+)                                                                                              | 0,5 (–)                                                                                                                                                                     |
| Замена на менее технологичную продукцию из других стран (З <sub>2</sub> )   | 0,5 (–)                                                                                                                                                     | 0,5 (–)                                                                                              | 0,5 (–)                                                                                                                                                                     |
| Замена на менее качественную продукцию из других стран (З <sub>3</sub> )    | 0,5 (–)                                                                                                                                                     | 0,5 (–)                                                                                              | 0,5 (–)                                                                                                                                                                     |
| Замена на более дорогую продукцию из других стран (З <sub>4</sub> )         | 0,5 (–)                                                                                                                                                     | 0,5 (–)                                                                                              | 0,5 (–)                                                                                                                                                                     |
| Замена на аналогичную отечественную продукцию (З <sub>5</sub> )             | 2 (+)                                                                                                                                                       | 2 (+)                                                                                                | 2 (+)                                                                                                                                                                       |
| Замена на менее технологичную отечественную продукцию (З <sub>6</sub> )     | 0,5 (–)                                                                                                                                                     | 1 (–)                                                                                                | 1 (+)                                                                                                                                                                       |

Продолжение таблицы 2.1

| 1                                                                                     | 2       | 3     | 4     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|
| Замена на менее качественную отечественную продукцию (З <sub>7</sub> )                | 0,5 (–) | 1 (–) | 1 (+) |
| Замена на более дорогую отечественную продукцию (З <sub>8</sub> )                     | 0,5 (–) | 1 (+) | 1 (+) |
| Реализация собственных инвестиционных программ по замещению импорта (З <sub>9</sub> ) | 2 (+)   | 2 (+) | 2 (+) |
| Сумма                                                                                 | 9       | 9     | 9     |

*Примечание:* (+) – мера способствует укреплению технологического суверенитета;  
(–) – мера сдерживает укрепление технологического суверенитета

1) Метод 1. Оценка эффективности сдерживания цены и поддержания качества выпускаемой продукции вне зависимости от страны-поставщика сырья, материалов, машин, оборудования, запчастей ( $\mathcal{E}_{нач}$ ):

$$\begin{aligned}
 \mathcal{E}_{нач} &= \frac{\text{Индикатор поддержания цены, качества, технологичности}}{\text{Индикатор игнорирования цены, качества, технологичности}} = \\
 &= \frac{\sum_{i=1}^n (Z_1 \times w_1 + Z_5 \times w_5 + Z_9 \times w_9)}{\sum_{i=1}^n (Z_2 \times w_2 + Z_3 \times w_3 + Z_4 \times w_4 + Z_6 \times w_6 + Z_7 \times w_7 + Z_8 \times w_8)}, \quad (2.1)
 \end{aligned}$$

где  $Z_1$  – замена на аналогичную импортную продукцию из других стран;  $Z_2$  – замена на менее технологичную продукцию из других стран;  $Z_3$  – замена на менее качественную продукцию из других стран;  $Z_4$  – замена на более дорогую продукцию из других стран;  $Z_5$  – замена на аналогичную отечественную продукцию;  $Z_6$  – замена на менее технологичную отечественную продукцию;  $Z_7$  – замена на менее качественную отечественную продукцию;  $Z_8$  – замена на более дорогую отечественную продукцию;  $Z_9$  – реализация собственных инвестиционных программ по замещению импорта;  $w_i$  – весовые коэффициенты.

2) Оценка эффективности адаптации промышленных систем к ограничениям в условиях санкций ( $\mathcal{E}_{adapt}$ ): учитывается способность хозяйствующих субъектов переориентировать импортные потоки на зарубежные или отечественные аналоги:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{adapt} &= \frac{\text{Индикатор интенсивного развития}}{\text{Индикатор сдерживающего развития}} = \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n (Z_1 \times w_1 + Z_5 \times w_5 + Z_8 \times w_8 + Z_9 \times w_9)}{\sum_{i=1}^n (Z_2 \times w_2 + Z_3 \times w_3 + Z_4 \times w_4 + Z_6 \times w_6 + Z_7 \times w_7)}.\end{aligned}\quad (2.2)$$

3) Оценка эффективности локализации производства в разрезе промышленных систем в условиях санкций ( $\mathcal{E}_{локал}$ ), основанная на учете способности хозяйствующих субъектов заменить импортируемые сырье, материалы, машины, оборудование, запчасти исключительно на отечественные аналоги:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{локал} &= \frac{\text{Индикатор интенсивного развития}}{\text{Индикатор сдерживающего развития}} = \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n (Z_5 \times w_5 + Z_6 \times w_6 + Z_7 \times w_7 + Z_8 \times w_8 + Z_9 \times w_9)}{\sum_{i=1}^n (Z_1 \times w_1 + Z_2 \times w_2 + Z_3 \times w_3 + Z_4 \times w_4)}.\end{aligned}\quad (2.3)$$

Предлагается отождествлять предложенные показатели с этапами становления технологического суверенитета в российской промышленности (рисунок 2.5).

Аналитическое исследование материалов, опубликованных на официальном сайте Президента России [221], позволило сформулировать следующие выводы: до 2014 года о технологическом суверенитете упоминалось крайне редко и затрагивало оборонно-промышленный комплекс страны (например, на Совещании о формировании госзаказа на самолёты отечественного производства, 4 октября 2012 года); в период с 2014 года технологический суверенитет принимает кросс-отраслевой характер (упоминается на Совещании по вопросу импортозамещения, 28 июля 2014 года; на Заседании Совета по науке и образованию, 24 июня 2015 года;

Указ Президента Российской Федерации от 31.12.2015 г. № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» и т.д.); в 2022 году частота упоминания о технологическом суверенитете страны резко возросла.



Рисунок 2.5 – Стадии становления технологического суверенитета в России (предложено автором и отражено в [80])

В связи с вышесказанным предлагаем выделить следующие этапы становления технологического суверенитета в России:

- начальная стадия, характеризующаяся импортом готовых изделий;
- активная стадия – инициация государством программы импортозамещения, но пассивная модель поведения со стороны предприятий, предпочтение по-прежнему отдается импорту высокотехнологичных решений;
- реактивная стадия – реагирование на произошедшее, концентрация ресурсов на решении уже возникших проблем, принятие срочных мер по смягчению по-

следствий пакетов санкций, направленных на сдерживание технических возможностей и технологического развития российской промышленности.

Для разных стадий становления технологического суверенитета приоритетность мероприятий меняется, а именно [80]:

- на начальной стадии (до 2014 года) негативной практикой приняты замена на менее технологичную, менее качественную и более дорогую продукцию из других стран или отечественную; позитивной – замена на аналогичную импортную или отечественную продукцию, а также реализация собственных инвестиционных программ по замещению импорта;

- на активной стадии (2014–2021 годы) негативными мероприятиями приняты замена на менее технологичную, менее качественную и более дорогую продукцию из других стран, а также замена на менее технологичную и менее качественную отечественную продукцию; позитивной – замена на аналогичную импортную или отечественную продукцию, а также более дорогую, но все же отечественную продукцию;

- на реактивной стадии (2022–2030 годы) негативная практика – импорт аналогичной продукции (но не абсолютный отказ от импортируемой продукции, а ориентация на импортозамещение), позитивная практика – отечественная продукция.

Предложенный подход развивает методологию Индекса промышленной конкурентоспособности (CIP) Организации Объединенных Наций по промышленному развитию [219], элементами которого являются производственные и экспортные возможности, технологическое развитие и глобальное влияние. Отличие авторского подхода заключается в модификации направлений достижения эффективности.

Таким образом, эффективность промышленной системы обусловлена влиянием широкого спектра эндо- и экзогенных факторов, но на фоне амбициозных задач промышленной политики приоритетный характер носит технологический фактор и механизмы государственного регулирования развития промышленности.

## 2.2 Наилучшие доступные технологии как основа модели импортозамещения

Повысить эффективность функционирования промышленных систем в условиях обеспечения технологической независимости национальной экономики видится возможным также путем внедрения наилучших доступных технологий (НДТ), которые обусловлены современными технологическими решениями и отвечают целям устойчивого развития. Наилучшие доступные технологии опираются на принципы энергоресурсоэффективности, циркулярной экономики, «зеленой» экономики и т.д. [1]. На фоне решения задач импортозамещения и технологического перевооружения НДТ являются неотъемлемым фактором развития промышленности. Об этом свидетельствуют положения, закреплённые в Концепции технологического развития на период до 2030 года, обозначающие цель – доля продукции, произведенной на основе НДТ на промышленных объектах I категории, равная 100% [3].

Категориальный аппарат и сферы применения наилучших доступных технологий отражены в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» [11]. «Правила определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» [339] содержат положения, регламентирующие задачи участников процесса, алгоритм действий и др. Отраслевая и межотраслевая специфика перехода промышленных систем к НДТ закрепляется в информационно-аналитических справочниках, число которых сегодня выше 50 [134]. Данный документ фиксирует нормативы сбросов и выбросов, отвечающих критериям НДТ, мероприятия в области экологического менеджмента, эффективного ресурсопотребления (материалов, воды, энергии), обращения с отходами и т.д.

Наилучшие доступные технологии вызывают интерес у научного сообщества, о чем свидетельствует обширный массив исследовательских работ. Развитию методологии НДТ посвящено диссертационное исследование Д.О. Скобелева, в котором изложены положения, согласно которым энергоэффективность, ресурсная и

экологическая эффективность – ключевые критерии определения наилучшей доступной технологии [255]. Отдельное внимание энергоэффективности, обеспечиваемой наилучшими доступными технологиями, уделяется в работе Т.В. Гусевой и ее соавторов [111], экономической эффективности – в рукописи Е.В. Варфоломеева и др. [51]. Трансформация подхода к нормированию экологических параметров на примере нефтегазовой промышленности нашла отражение в исследовании Е.А. Мазловой и Н.В. Ереминой, которые отмечают переход к нормированию технологий на фоне внедрения НДТ [180]. Отдельную нишу занимают труды, посвященные исследованию нормативного и правового обеспечения внедрения НДТ [199, 249], способствованию развитию «зеленой» экономики [110, 130], государственной поддержке внедрения НДТ [135].

Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 г. о промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним) определяет порядок выдачи разрешений на функционирование установки в целях предотвращения загрязнения атмосферы. Основой такого разрешения являются наилучшие доступные технологии. Документ детализирует категориальный аппарат, определяя наилучшие технологии как «наиболее эффективные» с точки зрения защиты окружающей среды, доступные технологии – как «достаточно разработанные для внедрения» [349].

Системный подход к содержанию НДТ представлен на рисунке 2.6. Наилучшие доступные технологии – это инструмент, обеспечивающий экологический, экономический, социальный, репутационный и технологический эффекты. Первый заключается в сокращении вредных выбросов в атмосферу и гидросферу. Следующий немаловажный аспект – экономический. Целесообразность внедрения НДТ обусловлена потенциальной экономией ресурсов (материальных, энергетических, трудовых и др.), мерами государственного стимулирования, показателями экономической эффективности. Решение об эффективности проекта НДТ опирается на диагностику капитальных и эксплуатационных затрат, а также экономической выгоды в сопоставлении с альтернативным сценарием – «без НДТ» [51]. Социальный эффект состоит в развитии компетенций участников промышленной системы,

внедряющей НДТ, улучшении условий труда, развития рынка труда. Репутационный эффект обеспечивается за счет успешной экологической политики, реализуемой промышленной системой, и проявляется в привлекательности производимой продукции для потенциальных потребителей.

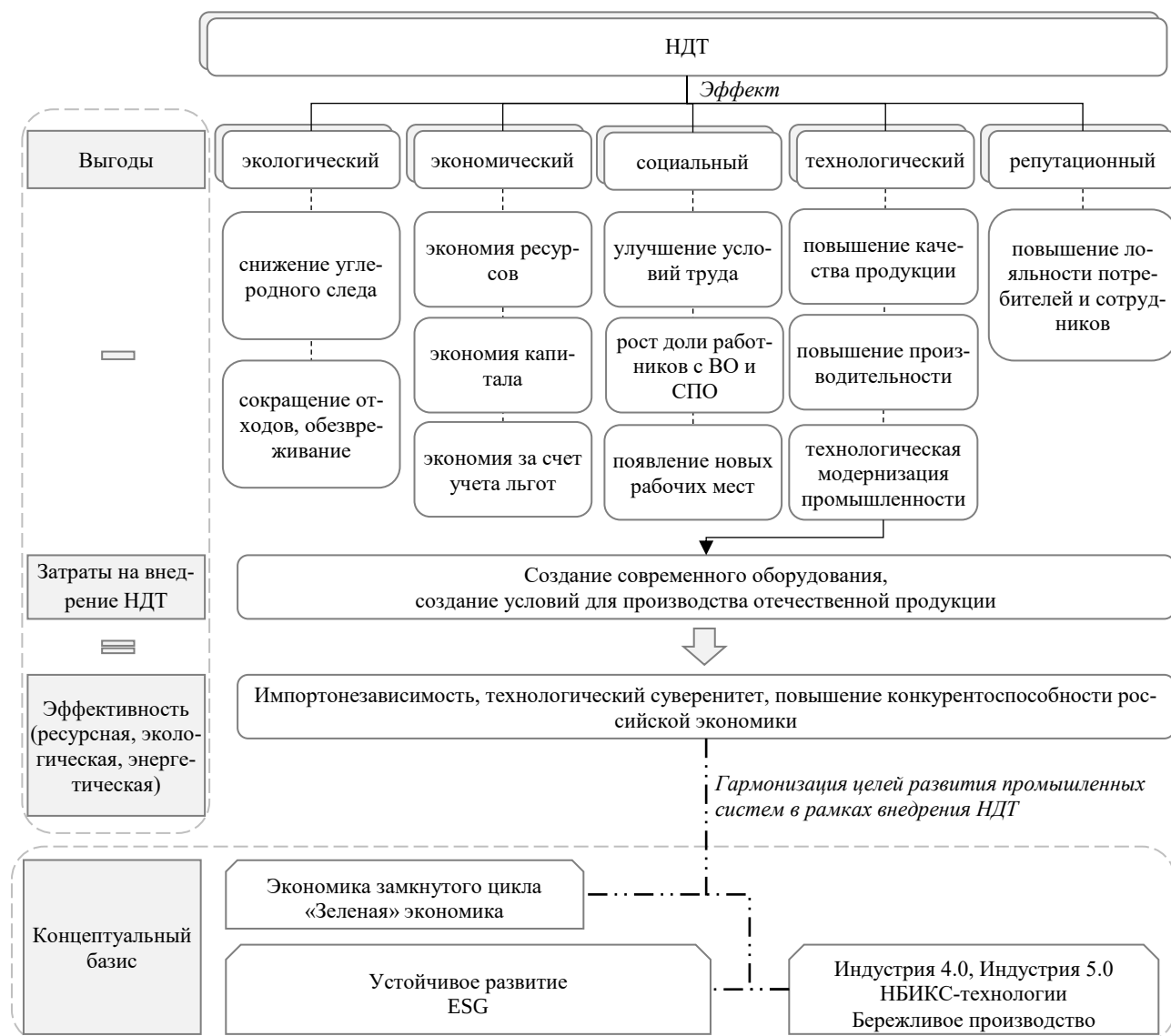


Рисунок 2.6 – Обусловленность технологического суверенитета наилучшими доступными технологиями (построено автором и отражено в [72])

Технологический эффект является приоритетным в контексте обеспечения технологического суверенитета. Роль наилучших доступных технологий сводится к следующему:

- техническая и технологическая модернизация производственной системы;



- обеспечение выпуска более качественной отечественной продукции;
- создание условий для производства инновационной продукции за счет современных разработок.

Таким образом возможно решение ряда стратегических задач промышленной политики: реализации политики импортозамещения за счет увеличения выпуска отечественной продукции; обеспечения технологического суверенитета посредством реализации полного жизненного цикла высокотехнологичной продукции; обеспечение устойчивой глобальной конкурентоспособности отечественных производств.

Дополнительно рассматривается математический подход к оценке эффективности внедрения НДТ. Совокупность эффектов представляет собой выгоды, измеряемые в стоимостном выражении: за счет вторичной переработки отходов, снижения углеродного налога и др.; повышения производительности как результат развития компетенций; роста продаж (вследствие привлечения новых клиентов и потребителей) и т.д. Инвестиции в основной капитал – затратная часть, окупаемость которой ожидается от перспективной выгоды. Результатом является повышение энергоресурсоэффективности.

Концептуальный фундамент НДТ образуют положения и принципы:

- экономики замкнутого цикла, «зеленой» экономики, «зеленого» предприятия: возобновление ресурсов, вторичная переработка отходов, снижение углеродного следа и др.;
- устойчивого сбалансированного развития промышленных систем, ESG-повестки;
- Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0, приоритизирующих не только цифровую трансформацию промышленных систем, но и роль человека в управлении машинами и компьютерами; НБИКС-технологий (междисциплинарности); бережливого производства и др.

Обобщая изложенные положения, отметим, что максимизация результатов внедрения НДТ (эффектов и эффективности, конкурентоспособности) в промыш-

ленные системы основана на гармонизации стратегических целей развития промышленных систем, задач промышленной политики и вектора развития национальной экономики. В условиях глобальных преобразований именно системный взгляд на методы, инструменты, технологии развития способен благоприятствовать преодолению технологической отсталости микропромышленных систем.

### 2.3 Оценка эффективности когнитивного управления развитием промышленности

Отличительной чертой современного общества является высокая скорость диффузии когнитивных технологий, искусственного интеллекта. Сферы их применения обширны: автоматизация производственных систем, оптимизация бизнес-процессов в промышленности и сфере услуг, роботизация в сельском хозяйстве, «умные» дома и т.д. Искусственный интеллект – один из основных инструментов управления данными, на который опирается Национальная программа «Цифровая Экономика Российской Федерации» [13].

Преимущества применения когнитивных технологий в организациях разного профиля сводятся к высокой скорости обработки информации с минимальными ошибками, снижению затрат и повышению эффективности реализации бизнес-процессов. Ключевым недостатком является капиталоемкость таких технологий, а также риски, связанные с работой алгоритма, лежащего в основе искусственного интеллекта. Как следствие, асимметричное освоение данной разработки в разных секторах экономики. Промышленные предприятия демонстрируют более богатую практику внедрения новых технологий, что обусловлено большим бюджетом и инвестициями сравнительно с организациями сферы услуг. В связи с этим возникает вопрос степени эффективности новых инструментов.

Как было отмечено ранее, в настоящее время одним из приоритетов социально-экономического развития в России является импортозамещение. Данная политика распространяется на все сферы деятельности, в частности, на цифровизацию промышленности. Как следствие, важным объектом мониторинга сегодня вы-

ступает активность перехода на отечественное программное обеспечение и соответствующие затраты. В оборот вошло понятие «цифровой суверенитет», являющееся одним из факторов государственного суверенитета и новым вызовом для страны. Определение данной категории представлено в исследовании С.В. Володенкова и др.: «под цифровым суверенитетом мы понимаем эмерджентное свойство государства как сложной системы, которое возникает в результате ... соединения цифровой технологической инфраструктуры государства с цифровыми компетенциями и навыками ... институтов и самих граждан» [60, п. 63].

Сегодня когнитивные технологии ассоциируются с процессами цифровизации и охватывают широкий спектр инструментов. Теория и практика управления промышленными системами через призму интеллектуальных систем нашла отражение в исследованиях Н.М. Абдикеева [18], Н.В. Апатовой [27], в научных трудах которых раскрывается понятие «когнитивная экономика»; Л.А. Третьяковой и Н.И. Лаврикова, освещающих роль когнитивных технологий в управлении инновациями [166]; Л.М. Червякова, А.В. Олейника, Н.А. Бычковой, где авторы выделяют 3 уровня интеллекта систем – автоматный (сингулярные решения), машинный (инферентные решения) и искусственный (когнитивные решения) [291]; М.М. Манукян, которая изучает потенциал и преимущества применения когнитивных технологий в нефтегазовом секторе экономики [187] и других ученых.

Отдельная ниша исследований – измерение эффективности применения когнитивных технологий в промышленности. Обширный массив научных трудов посвящен изучению искусственного интеллекта, его внедрению в промышленности. Однако оценке эффективности посвящено ограниченное число исследований. Измерять эффективность применения искусственного интеллекта предлагается разными методами: В.П. Невейкин предлагается опираться на инвестиционный анализ, а внедрение искусственного интеллекта расценивать как инвестиционный проект, характеризуемый истинной стоимостью [205]; Д.А. Байбаров также опирается на инвестиционную составляющую, но дополняет идею оценкой эффективности технологий искусственного интеллекта на основе методики потребительского ин-

декса, агрегированного на основе частных индексов (повышения производительности труда, сокращения затрат и др.) [32]; Е.В. Долгова и др. на примере многофункционального робототехнического комплекса предлагают применять показатель экономической эффективности, рассчитываемый как сумма оценок сокращения разного рода потерь (авторами выделено 3 типа потерь) [115]; С.К. Кочина и Е.Д. Щетинина предлагают методику эффективности управления предприятием с учетом тренда цифровизации, учитывая при расчетах вовлеченность персонала в процесс цифровизации, наличие корпоративной цифровой платформы и др. [157].

В контексте тематики исследования подчеркнем, что под управлением когнитивными технологиями предлагается понимать совокупность мероприятий по планированию, прогнозированию, организации, координации, контролю внедрения когнитивных технологий в промышленную систему для формирования конкурентных преимуществ и достижения стратегических целей деятельности промышленного предприятия; под эффективностью управления когнитивными технологиями – вклад данных инструментов в результаты деятельности организаций, а именно – в оборот, рентабельность, добавленную стоимость. Исходя из предложенного определения, предлагаем в качестве методического инструмента применять показатель корреляции. Например, уместной может быть оценка динамики тесноты связи между показателями оборота организаций (в разрезе ОКВЭД 2) и долей организаций, использовавших технологии искусственного интеллекта. В качестве графического метода может быть применена корреляционная плеяда или лепестковая диаграмма.

В рамках развития методического подхода к управлению когнитивными технологиями предлагается расчет показателя, основанного на классическом понимании эффективности и учитывающего активность промышленных предприятий в сфере освоения когнитивных технологий:

$$\mathcal{E}_{KT} = \frac{O_{оп}}{Z_{внутр} + Z_{внешн}} \times A_{KT}, \quad (2.4)$$

где  $\Xi_{\text{кт}}$  – эффективность управления когнитивными технологиями (созданием, распространением, использованием);

$O_{\text{оп}}$  – объем отгруженной продукции за отчетный период;

$Z_{\text{внутр}}, Z_{\text{внеш}}$  – внутренние и внешние затраты промышленных предприятий на управление цифровыми технологиями;

$A_{\text{кт}}$  – активность промышленных предприятий в области когнитивных технологий (доля отраслевых предприятий, практикующих внедрение когнитивных технологий).

Методологический аспект управления когнитивными технологиями охватывает изучение инструментария моделирования и прогнозирования. Ядром последнего выступают нейронные сети, которые работают подобно человеческому интеллекту, способны выявлять имплицитные закономерности и предсказывать поведение сложных систем, в частности, промышленных. В силу влияния множества внешних и внутренних факторов процессы, протекающие в промышленных системах, носят стохастический характер.

Применение нейронных сетей в современных промышленных системах прослеживается в разных областях деятельности и затрагивают поиск полезных ископаемых, решение логистических задач, предсказание параметров производственной системы и др. Обучение нейронных сетей осуществляется в рамках прогнозирования ВВП [374], региональных промышленных систем [416], выбросов в энергетической промышленности [421], технологических параметров в процессе экструзии термопластов в кабельной промышленности [344] и т.д.

В условиях реализации политики ресурсосбережения и энергосбережения особую значимость приобретает управление энергопотреблением, в связи с чем нейронные сетевые модели приобрели высокую популярность в контексте рационализации потребления энергоресурсов. В исследовании Ф. Лейте Коэльо да Силва и др. представлены результаты построения одномерной модели прогнозирования потребления электроэнергии и выявлено, что более качественный прогноз получен путем построения модели MLP [372]. Модели нейронных сетей для оптимизации использования энергоресурсов отражены в работах А.И. Шинкевича и др. [404],

Д. Рамоса и др. [387], С. Сиврам и др. [395]. Коллектив ученых в составе М. Дли, А. Пучков и Т. Какатунова предлагают модель прогнозирования состояния технологического процесса, построенную с использованием рекуррентных нейронных сетей [350].

Другие ученые утверждают о наличии более эффективных инструментов развития искусственного интеллекта, нежели нейронные сети. Так С.Н. Яшин и др. строят свое исследование на применении метаэвристических алгоритмов, возможности которых состоят в глобальной оптимизации функций разного уровня сложности. Среди реализованных авторами методов генетический алгоритм, имитационный отжиг, метод муравьиных колоний и др. Авторы демонстрируют, каким образом данный класс методов исследования позволяет создавать цифровые двойники межкластерного взаимодействия [341].

В качестве механизма интеграции когнитивных технологий возможно рассматривать аутсорсинг, который обеспечивает преимущества в части экономии времени на разработку собственных ИТ-решений, позволяет привлечь квалифицированных ИТ-специалистов, способных разрабатывать качественные и конкурентоспособные решения [313].

Таким образом, освоение цифровых технологий набирает обороты в промышленной практике и научно-исследовательской деятельности. Основная цель применения когнитивных технологий – это интеллектуальный анализ данных, автоматизация производственных процессов посредством развития робототехнических систем (сортировки, транспортировки, сборки, сварки, резки, покраски и др.).

#### 2.4 НБИКС-технологии как инструмент управления эффективностью промышленных систем

Современные промышленные системы функционируют в условиях непрерывного совершенствования, обусловленного технологическими сдвигами и научно-техническим прогрессом. Методологический контур управления промыш-

ленными системами регулярно расширяется: наряду с инновациями возросла стратегическая значимость цифровизации, когнитивных технологий, наилучших доступных технологий, CALS-технологий, а также НБИКС-технологий.

О НБИК-технологиях заговорили М. Роко и У. Бейнбридж в 2002 году на семинаре «Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information technology and Cognitive science». Это интегрированный подход к управлению развитием общества, объединяющий синергией взаимосвязанные и взаимодополняющие области: нано-био-инфо-когнитивные технологии [391]. В рамках того же семинара У.А. Уоллес интерпретировал конвергентную концепцию НБИК следующим образом: «Если ученые-когнитивисты могут думать об этом, то нано-люди могут это построить, био-люди могут это реализовать, а ИТ-специалисты могут это отслеживать и контролировать» [391, с. 13]. Генеральной целью НБИК-технологий является повышение производительности человека, оперирующего знаниями, умениями, навыками, техническими средствами и информационно-коммуникационными технологиями в решении сложных технических задач.

Как отмечают участники семинара, важно своевременно реализовать инновационный импульс, который способны обеспечить НБИК-технологии. В данном контексте отметим корреляцию между НБИК-технологиями и моделью «окон возможностей»: в обоих случаях подразумевается оперативная мобилизация ресурсов и компетенций для технологического прорыва, в котором остро нуждается современная российская экономика.

Более широкий термин предложен Дж. Шпорером, который дополнил четырехэлементную моделью социальной составляющей, в результате чего НБИК-технология была трансформирована до НБИКС-конвергенции – «нано-био-инфо-когно-социо [391, с. 101]. Последняя является более полной формулой технологического развития, учитывающей важность социальных коммуникаций, коллективного интеллекта, который сегодня лежит в основе моделей интеграции в промышленности (технологических платформ, кластеров и др.).

Примечательно, что на фоне высокой популярности когнитивных технологий, цифровизации, CALS-технологий конвергентная технология НБИКС – относительно реже упоминаемый феномен (оценено по количеству запросов в поисковой системе). Ряд исследований рассматривает НБИКС через призму философской науки: как инструмент улучшения человека, его взаимодействия со сложными техническими системами, его «программирования», (Е.Е. Букина [48], А.Г. Горбачева [100], С.Ю. Шевченко [303]), «мозго-машинной интеграции» [22] и др.

Значимый вклад в развитие методологии НБИКС внесли О.Е. Баксанский, П.В. Бондаренко, М.А. Гасанов, И.А. Елхина, С.Ю. Кашкин, М.А. Климович, Г.Е. Кричевский, М.В. Ковальчук, С.В. Лещев, О.С. Нарайкин, Е.А. Петрова, А.А. Трухляева, Е.А. Фокина, М. Чехлар, Е.Б. Яцишина и другие ученые.

В контексте научно-технологического развития национальной экономики НБИКС-технологии раскрыты в научной публикации М.В. Ковальчука, О.С. Нарайкина и Е.Б. Яцишиной, где авторы исследуют категорию «природоподобные технологии» как новый инструмент генерации энергии, повышения энергоэффективности и сокращения углеродного следа в промышленности, восстановления естественного оборота ресурсов, а НБИКС-технологии – междисциплинарный механизм развития науки и техники, способствующий генерации природоподобных технологий [148]. Кроме того, учеными представлена емкая концептуальная модель НБИКС-технологии, отражающая схему организации деятельности Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий и логично структурирующая 5 компонентов конвергентного подхода (рисунок 2.7). Логика научно-технологической цепочки, формируемой Центром, состоит в трансформации гибридных материалов под комплексным воздействием 5 типов технологий в биоробототехнические системы.

По мнению О.Е. Баксанского, конвергентные технологии имеют основополагающее значение для эффективного и безопасного функционирования промышленных систем посредством формирования высокоинтеллектуальных технических систем, научно-технической системы принципиально нового качества, гарантирующих повышение экономической конкурентоспособности [33, 34]. Связи НБИКС-



технологий с искусственным интеллектом и цифровизацией посвящены труды С.В. Лещева. Ученый отмечает, что конвергентные технологии являются фундаментом «нового «качества» интегрированных научно-технологических данных» [168, с. 108], а также позиционирует их в одном ряду с «делокализацией интеллекта» в умных системах [167]. Подход Г.Е. Кричевского раскрывается на примере текстильной макротехнологии и основан на взаимосвязи «зеленых» технологий и «зеленого» текстиля с НБИКС-технологиями, что в результате позволяет получить «умный» текстильный продукт [159].



Рисунок 2.7 – Организация деятельности Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий [148]

Концептуальный вклад в развитие методологии НБИК внесли И. Матюшенко и О. Азаренкова путем синтеза двух подходов – НБИК и Smart TEMP. На рисунке 2.8 представлена схема, в которой НБИК-технологии выступают ядром технологического развития, способного выступить катализатором развития промышленности. В сочетании с передовыми производственными технологиями Smart TEMP (интеллектуальные технологии, разумная окружающая среда, производство и интеллектуальный продукт), отвечающими принципам Индустрии 4.0, потенциал НБИК-технологий заключается в способности обеспечить существенную модерни-

зацию технологической инфраструктуры (путем когнитивных технологий, виртуальной реальности и т.д.), решение экологических проблем путем создания новой энергии и безотходных производств [377].

В диссертационном исследовании И.А. Елхиной НБИКС-технологии адаптированы к проблематике экономического развития, в рамках чего предложена система мониторинга структурных сдвигов на уровне мезосистем (показатели импульса и напряжения структурных сдвигов) с учетом развития конвергентных НБИКС-технологий [126]. Тематика структурных сдвигов также развивается Е.А. Петровой и ее соавторами. Путем вычисления коэффициентов структурных сдвигов К. Гатева ученые приходят к выводу о наличии временного лага между структурными изменениями в зарубежных странах и в России, и в то же время констатируют отсутствие адекватных инструментов оценки эффекта внедрения конвергентных технологий в промышленности [228].

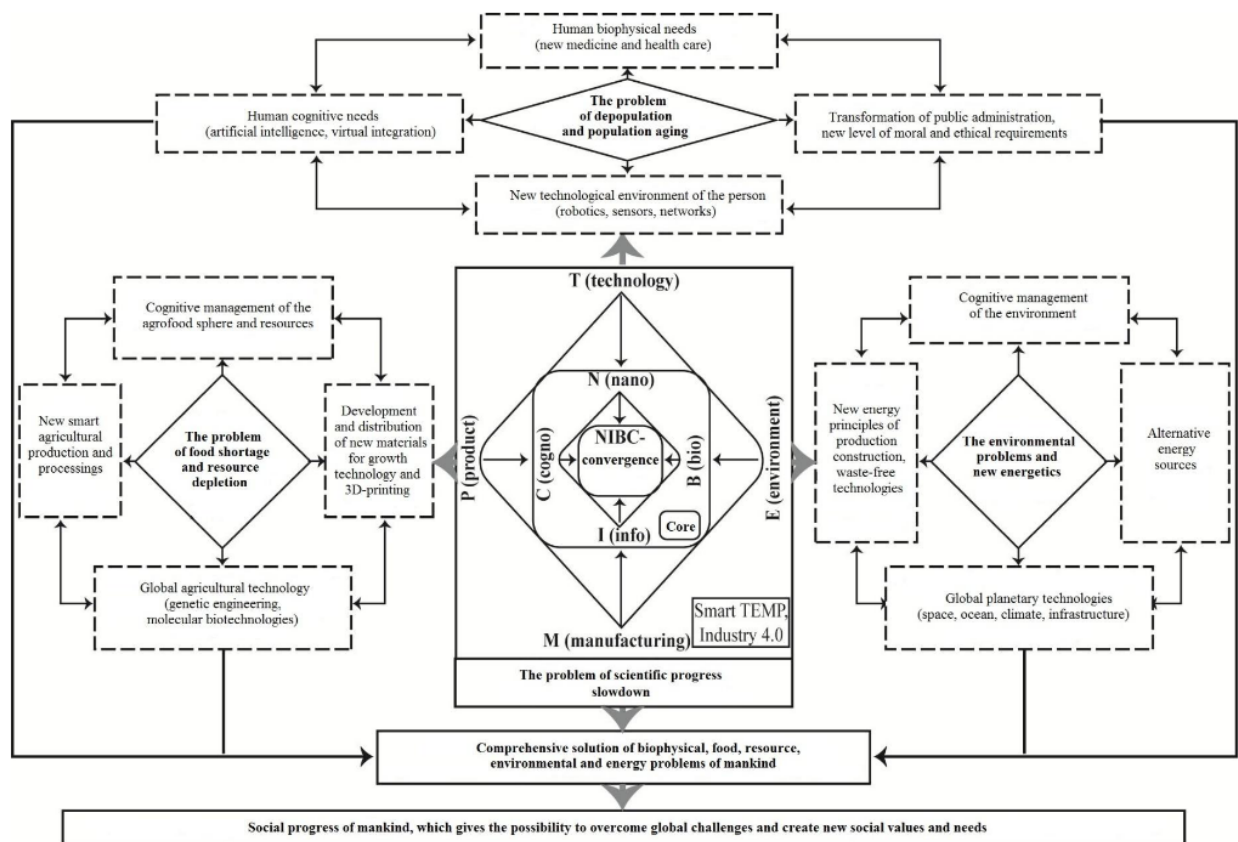


Рисунок 2.8 – Схема решения глобальных проблем путем синтеза НБИКС и Smart TEMP [377]

Методический базис управления конвергентными технологиями развивают Р.В. Морозов и И.С. Белясов, в исследовании которых предложена экспертная оценка потенциала предприятий легкой промышленности к внедрению конвергентных технологий, базирующаяся на реализации метода теории графов [198].

На интеграционном взаимодействии акторов акцентирует внимание С.Ю. Кашкин. Как справедливо отмечает автор, в условиях НБИКС формируется новый формат отношений между научным сообществом, технологической инфраструктурой и сферой образования. Специфика коммуникаций обусловлена такими условиями развития, как становление экономики знаний, система приращения компетенций в течение всей жизни, цифровизация общества и интеллектуализация промышленных систем, структурирование больших данных и т.д. [139]. Роль сетевых взаимодействий также подчеркивают и обосновывают М.А. Гасанов и М.А. Климович, по мнению которых интегрированное взаимодействие между участниками инновационной системы (модель «тройной спирали») способствует конвергенции технологий, развитию высокотехнологичных производств с высокой добавленной стоимостью [97].

В контексте настоящего исследования особую значимость представляет научный задел в области управления эффективностью промышленных систем. Выделим исследование, посвященное влиянию конвергентных технологий на повышение нефтедобычи посредством биотехнологий, нанотехнологий и информационных технологий (рисунок 2.9) [275].

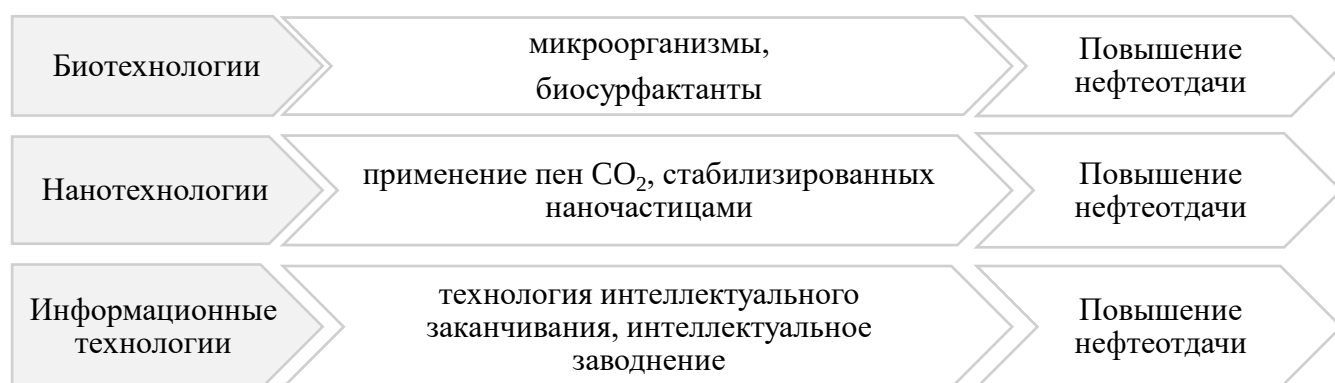


Рисунок 2.9 – Практика применения НБИК-технологии в нефтяной промышленности (построено по [275])

Поскольку одной из приоритетных целей передовых технологий является повышение эффективности посредством рационализации ресурсопотребления и достижения синергии (ресурсной, управленческой, операционной, инвестиционной, финансовой), то совокупный учет данных составляющих при конвергенции наилучших доступных технологий, НБИКС- и CALS технологий (ИПИ) позволит своевременно войти в «технологическое окно возможностей», тем самым на выходе осуществить технологический прорыв в промышленности страны, улучшить позиции в глобальных цепочках поставок промышленной продукции и способствовать укреплению технологического суверенитета (рисунок 2.10).

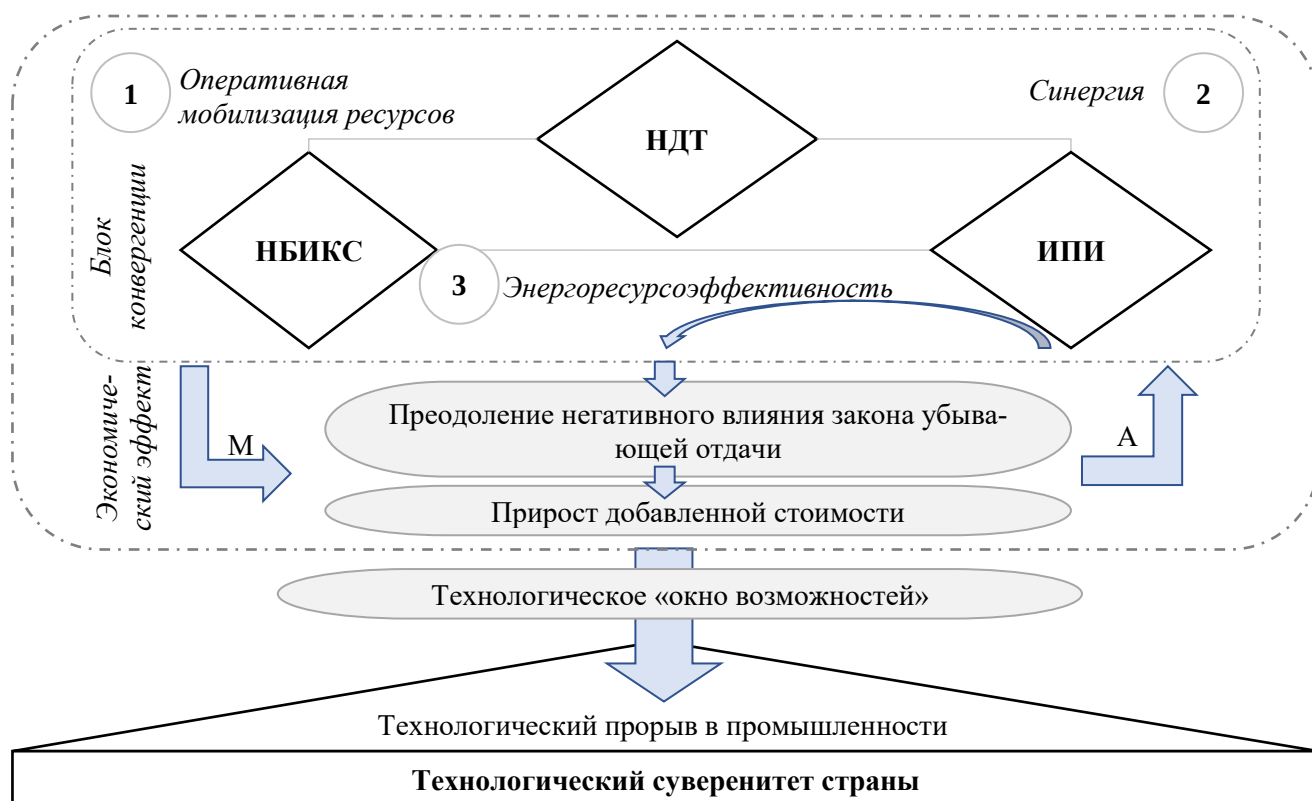


Рисунок 2.10 – Аккумуляция управленческих технологий управления эффективностью и конкурентоспособностью промышленных систем (построено автором)

Блок конвергенции строится на принципах взаимопроникновения технологий, усиления кооперации участников, что способствует диффузии импульса к технологической модернизации других промышленных систем. Экономический базис

заключается в сопутствующих инвестициях (в модернизацию основных фондов, ИТ-инфраструктуры промышленной системы, в патенты и др.), обеспечивающих в перспективе прирост прибыли и добавленной стоимости (имеет место эффект мультипликатора  $M$ ), которую далее целесообразно инвестировать в дальнейшую модернизацию (имеет место эффект акселератора  $A$ ). Такой качественный интенсивный путь (технологической модернизации) позволяет преодолеть закон убывающей отдачи факторов производства, предопределяемый ограниченностью ресурсов. Данный экономический закон заключается в том, что в условиях фиксированного объема факторов производства при достижении определенного уровня выпуска величина предельного дохода начинает снижаться с ростом объема переменных ресурсов. Научно-технический прогресс способствует очередному приросту добавленной стоимости. Аккумулирующим эффектом является качественный рост промышленных систем, синхронизированный с технологической динамикой.

Развивая освещенные выше положения, предлагается усовершенствованный подход к повышению эффективности промышленных систем (рисунок 2.11). Идея базируется на модели «тройной спирали», в рамках которой предполагается гармонизация интересов научного сообщества ( $H$ ), бизнеса в виде промышленных систем ( $B$ ) и государства ( $G$ ), регламентирующего правила взаимодействия акторов, направления развития, финансовую поддержку. Конвергентные технологии в рамках аббревиатуры НБИКС предполагают комплексный подход к использованию технологий. Рассматривая формат технологических платформ, функционирующих в России с 2011 года, подчеркнем, что интеграция будет осуществляться не только вокруг конкретной макротехнологии, а в том числе между разными технологическими платформами и другими сетевыми организациями. Примером может служить технологическая платформа «Интеллектуальная энергетическая система России», которая в рамках своей деятельности взаимодействует с Камским инновационным территориально-производственным кластером по вопросам применения инновационного оборудования [218].

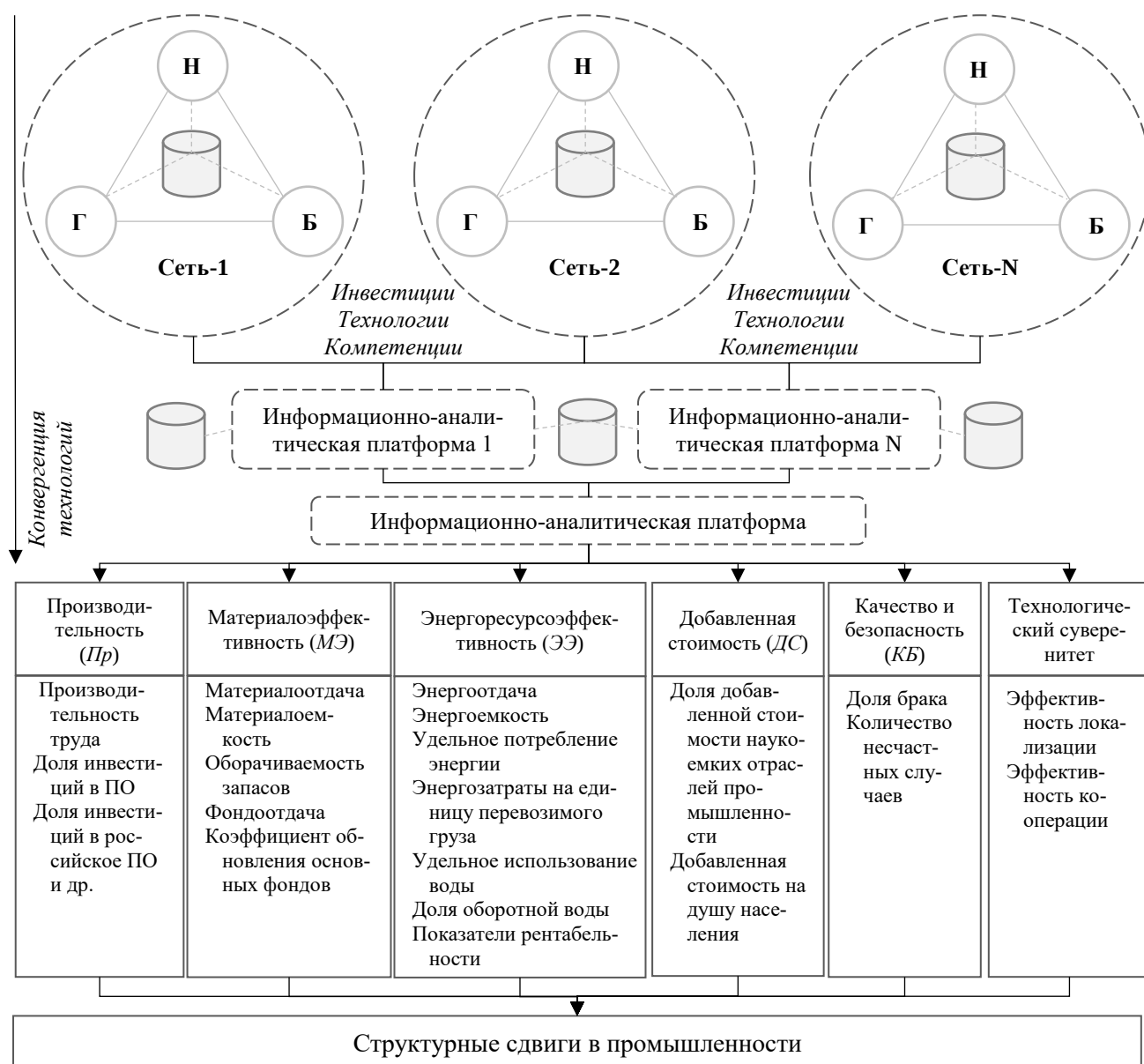


Рисунок 2.11 – Система повышения эффективности промышленных систем на базе авторской методики оценки структурных сдвигов (разработана автором)

В условиях развития когнитивных технологий целесообразно наличие базы данных – агрегатора релевантных данных для мониторинга, диагностики и прогнозирования деятельности, оценки эффективности кооперации. Наш подход предполагает формирование такой информационно-аналитической платформы в рамках каждой сети (например, российская разработка «Платформа Криста VI»), на всех уровнях кооперации (на базе Интранет-системы). При этом степень конвергенции усиливается «сверху вниз». В результате процесс конвергенции предлагается оце-

нивать по комплексу показателей в разрезе производительности, материалоэффективности, энергоресурсоэффективности, добавленной стоимости, качества продукции и безопасности промышленных систем.

В контексте становления технологического суверенитета в качестве результирующего показателя предложено рассматривать структурные сдвиги в промышленности. Предлагаются альтернативные методы оценки:

1) масса структурного сдвига чистого экспорта (в структуре использования произведенного ВВП):

$$M = d_{\text{эксп}}(1) - d_{\text{эксп}}(0), \quad (2.5)$$

где  $d_{(1)}$ ,  $d_{(0)}$  – доля экспорта в текущем и базисном периодах соответственно;

2) соотношение структурных сдвигов обрабатывающей и добывающей промышленности:

$$R = \frac{d_{\text{обр}}(1) - d_{\text{обр}}(0)}{d_{\text{доб}}(1) - d_{\text{доб}}(0)} \quad (2.6)$$

или

$$R = \frac{d_{\text{обр}}(1) / d_{\text{обр}}(0)}{d_{\text{доб}}(1) / d_{\text{доб}}(0)}, \quad (2.7)$$

где  $d_{\text{обр}}$ ,  $d_{\text{доб}}$  – доля валовой добавленной стоимости обрабатывающих производств и добывающей промышленности в структуре совокупной валовой добавленной стоимости.

Чем выше значение  $M$ , тем более значителен структурный сдвиг в контексте использования произведенного ВВП; чем выше  $R$ , тем существенней структурный сдвиг в обрабатывающих промышленных системах относительно сферы добычи

полезных ископаемых. В обоих случаях возможно оценить динамику развития собственных в России производств (позитивной практики локализации производства) и вклад промышленных систем в развитие технологического суверенитета.

Согласно предложенному подходу, оценка структурных сдвигов в промышленности целесообразно формализовать в виде функции (2.8):

$$M(R) = f(\text{Пр}, \text{МЭ}, \text{ЭЭ}, \text{ДС}, \text{КБ}, \text{Э}_{\text{локал}}). \quad (2.8)$$

Представленное решение носит комплексный характер, позволяет установить взаимосвязь между научно-производственной кооперацией, конвергенцией управленческих технологий и структурными сдвигами в промышленности, направлено на определение характера и степени влияния отдельных блоков эффективности промышленных систем на структурные изменения в национальной экономике, направлено на разработку мер по укреплению технологического суверенитета.

На основе диагностики корреляционных зависимостей выявлены следующие латентные связи:

а) в добывающих промышленных системах структурный сдвиг определяется преимущественно классическими категориями эффективности:

- рентабельностью произведенной продукции ( $r = 0,75$ );
- материалоотдачей ( $r = 0,75$ );
- производительностью труда ( $r = 0,58$ );
- фондоотдачей ( $r = 0,57$ );
- энергоотдачей ( $r = 0,56$ );

б) в обрабатывающих производствах структурный сдвиг обусловлен:

- цифровизацией ( $r = -0,63$ );
- локализацией производства ( $r = -0,52$ );
- кооперацией ( $r = 0,51$ );
- инновационной деятельностью ( $r = -0,53$ ).



Обобщая изученные подходы к пониманию НБИКС-технологий и их роли в развитии промышленных систем, систематизируем принципы развития и интеграции конвергентных технологий [97, 348]:

1) адекватность приоритетным направлениям развития национальной экономики в разрезе пространственного и отраслевого аспектов, с ориентацией на обеспечение национальной безопасности (экономической, экологической, энергетической, информационной) и укрепление технологического суверенитета;

2) частичная локализация производства наукоемкой продукции на территории страны, как следствие, увеличение ВДС и ВВП, а также повышение конкурентных преимуществ национальной экономики в разрезе макротехнологий;

3) сетевые формы взаимодействия участников процесса развития НБИКС-технологий (технологические платформы, инновационные и промышленные кластеры и др.) как коммуникационная площадка для конвергенции компетенций, передовых технологий, инвестиций;

4) гармонизация интересов участников процесса реализации НБИКС-технологий (университетов, НИИ, инжиниринговых центров, промышленных предприятий) на принципах прозрачности и открытости;

5) приоритизация направлений развития «критических» технологий;

6) кроссплатформенный характер инвестиций, возникающий в результате слияния технологических цепочек и соответствующих инвестиционных потоков;

7) системный подход к развитию взаимодействия сотрудников предприятий со сложными техническими системами;

8) адаптация институциональной среды и инструментов к стратегическим целям развития конвергентных технологий, стимулирование инновационной деятельности и кооперации промышленных систем с научной инфраструктурой;

9) оптимизация социально-экономической политики, отвечающей за регулирование рынка труда на фоне автоматизации, цифровизации производственных систем и сокращения рабочих мест;

10) ориентация на достижимую эффективность – в части материалопотребления, энергопотребления, эксплуатации основных фондов и оборотных активов, управления финансовыми потоками.

Предложенный интегрированный подход к развитию НБИКС-технологий позволяет учесть все стадии жизненного цикла наукоемкого изделия и информационную поддержку соответствующих процессов (в рамках CALS), воплощая автоматизированные системы управления и цифровые инструменты управления сложными техническими системами в виде максимизации продуктивных затрат. Чем более полно и сбалансированно реализуются технологии, тем выше совокупный синергетический эффект.

Кроме того, систематизированный выше комплекс показателей эффективности промышленной системы (рисунок 2.11) предложено использовать далее (в последующей главе настоящего исследования) в рамках доказательной базы альтернативной гипотезы о влиянии инноваций, локализации и цифрового суверенитета на технологический суверенитет национальной экономики и исследовать закономерности формирования главных компонент.

## 2.5 Модернизированная методология управления цепями поставок промышленной продукции

В условиях укрепления технологического суверенитета возрастает значимость трансформации модели управления не только промышленными системами, но и потоками промышленной продукции. На фоне существующих методологий управления бизнес-процессами и материальными потоками (SCOR, DCOR, CALS, VRM и др.) возникла объективная необходимость модернизации подходов к управлению цепями поставок. В основе организации промышленных систем и их взаимодействия лежит конвергенция категорий «цепи поставок» и «цепочки добавленной стоимости». Данные понятия различаются по целям управления и элементам:

- цепь поставок объединяет фокусную компанию, ее поставщиков (всех

уровней) и потребителей (всех уровней) вдоль направления движения материального потока, а в управленческом аспекте ориентирована на наиболее полное, своевременное, качественное удовлетворение потребностей конечного потребителя;

– цепочка добавленной стоимости представляет собой упорядоченную совокупность бизнес-процессов, обеспечивающих движение материального потока от поставщика исходного сырья до конечного потребителя и создающих ценность, увеличивающую добавленную стоимость.

О.А. Горянинская отмечает, что цепь поставок – элемент цепочки добавленной стоимости [105]; подход Н.С. Киреевой сводится к тому, что целью функционирования цепей поставок является добавление стоимости [142]; П.В. Трифонов утверждает, что обеспечить рост национальной экономики (включая увеличение добавленной стоимости) возможно путем интеграции в глобальные цепочки поставок [272]; И.В. Пустохина расширяет понятийный ряд, понимая под цепочкой создания стоимости «комбинацию цепи поставок и цепочки спроса», а под цепью спроса – участок цепи поставок, охватывающий стадии послепроизводственного характера (маркетинг, продажи, послепродажное обслуживание) [240, с. 8] и т.д. Таким образом, добавленная стоимость – неотъемлемый элемент методологии управления цепями поставок промышленной продукции.

Как и ряд других авторов [138, 154, 223], применяем показатель добавленной стоимости как показатель эффективности промышленной системы. Данный показатель сочетает в себе интересы всех участников промышленной системы. Кроме того, добавленная стоимость является одним из показателей оценки достижения Цели 9 «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям» в области устойчивого развития.

На глобальном уровне принято различать добавленную стоимость в разрезе простых и сложных цепочек добавленной стоимости. К простым относятся те цепочки, в рамках которых материальный поток пересекает национальные границы однократно, преобразуется и используется конечным потребителем страны-импортера сырья и комплектующих; сложными считаются цепочки, в которых добавлен-

ная стоимость формируется в рамках преобразования страной-импортером для собственного конечного потребления или экспорта в третьи страны (пересечение материальным потоком более 1 национальной границы). К сложным относятся глобальные цепи поставок. Выделяют также третий тип создания добавленной стоимости – традиционный, при котором поток товаров и услуг экспортируется для конечного потребления в другую страну, и четвертый тип – создание и потребление внутри национальной экономики (чистое внутреннее производство).

Согласно методологии, используемой Всемирным банком [415], Организацией экономического сотрудничества и развития [419], Университетом международного бизнеса и экономики [417], различают восходящие и нисходящие связи в глобальном производстве. Восходящие связи (*forward participation*, поставки сырья, материалов, комплектующих) описывают фокусную экономическую систему как продавца сырья и затем как покупателя готовой продукции с высокой добавленной стоимостью. При этом на национальную экономику приходится низкая доля добавленной стоимости, на страну, преобразующую сырье в готовую продукцию, – высокая доля добавленной стоимости. Для такой модели характерна низкая локализация производства (в России – добывающая промышленность). Нисходящие связи (*backward participation*, отгрузка готовой продукции) образуются в тех странах, где преобладает высокая локализация производства конечной продукции, инновационной. В странах, реализующих данную модель, значимую роль играют университеты, НИИ, инжиниринговые центры [44, 109, 209, 415].

Также ученые выделяют 2 типа глобальных цепочек создания стоимости, дифференцированных по роли в координации материального потока (акцент на нем обусловлен спецификой деятельности промышленных систем) [150]:

- глобальные цепочки создания стоимости, управляемые производителем (наукоемкие высокотехнологичные производства: автомобилестроение, авиастроение, тяжелое машиностроение);
- глобальные цепочки создания стоимости, управляемые покупателем (ключевую роль играют розничные сети – производство потребительской продукции).

Закономерности изменения добавленной стоимости в цепях поставок были выявлены С. Ши и представлены в виде «кривой улыбки» («улыбающейся кривой», U-образная кривая прибыльности) [369, 381]. Ее концепция базируется на том, что пиковая прибыльность приходится на наукоемкие и обслуживающие этапы цепей поставок, в то время как производство оценивается как менее прибыльная стадия. Кроме того, принимая во внимание значимость экологического фактора, следует отметить, что этап производства сопровождается наиболее высокой концентрацией негативного влияния на окружающую среду (рисунок 2.12).

Опираясь на положения представленной модели, следует подчеркнуть значимость НИОКР на ранних этапах цепочки поставок промышленной продукции и послепродажного обслуживания для российской экономики, которая столкнулась с необходимостью формирования новой модели развития промышленных систем. На последнем этапе цепочки поставок показательным является опыт реализации контракта жизненного цикла, под которым понимается «контракт на поставку товара или выполнение работы, а также последующее обслуживание, а при необходимости эксплуатация, ремонт и утилизация товара или созданного в результате работ объекта» (п. 8.2 ч. 1 ст. 3 Закона №44-ФЗ) [6].



Рисунок 2.12 – U-образная кривая добавленной стоимости (Smile Curve) [369, 381]

В связи с вышесказанным важной становится концепция управления добавленной стоимостью, создаваемой промышленными системами, в условиях сильной экономической турбулентности. Предложено консолидировать подходы:

– концепция добавленной стоимости, содержание которой сводится к максимизации разницы между величиной выручки от продажи промышленной продукции и стоимостью факторов производства, «рыночная стоимость продукции, произведённой фирмой, за вычетом стоимости потребленных сырья и материалов, приобретенных ею у поставщиков» (К.Р. Макконнелл и С. Л. Брю) [182, с. 135];

– концепция разделения труда (на международном уровне), подразумевающая выполнение разными странами конкретных процессов и операций по производству и распределению промышленной продукции (А. Смит, К.Р. Макконнелл и С.Л. Брю) [182];

– концепция управления цепями поставок – интегрированный подход к управлению глобальными материальными, нематериальными, информационными и финансовыми потоками посредством логистических и производственных процессов, ориентированный на оптимизацию издержек и наиболее полное удовлетворение потребностей конечного потребителя (К. Оливер, М. Вебер) [383];

– концепция жизненного цикла инноваций, согласно которой новый продукт проходит ряд стадий, объединенных инновационным процессом: стадия НИОКР (маркетинговые, фундаментальные и прикладные исследования, подготовка производства) и жизненный цикл продукта (внедрение, рост, зрелость, упадок) (Н.Д. Кондратьев, Й. Шумпетер) [152, 337];

– теории эффективности (Парето-эффективности, X-эффективности Х. Лейбенштейна, теория потенциальной эффективности Б.С. Флейшмана и др.) [43, 280, 353, 371];

– теория организации промышленности Д. Хэйя и Д. Морриса, Ж. Тироля [268, 286];

– концепция «Индустрия 4.0», обеспечивающая возможность сокращения непроизводительных затрат, транзакционных издержек;

– концепция устойчивого развития, «зеленые» цепи поставок, «зеленая» логистика.

В результате построена концептуальная модель трансформации промышленных систем, учитывающая изменение степени энтропии (мера беспорядка, хаоса) под влиянием экономических дестабилизирующих факторов (рисунок 2.13). Предложенный подход носит поликонцептуальный характер, охватывая институциональные, организационные, теоретико-методические, стратегические аспекты развития промышленных систем, отражает причинно-следственные связи между промышленными системами двух типов и позволяет идентифицировать их специфику в новых условиях хозяйствования. Отличие концептуальной модели от классических теоретических подходов состоит в учете трансформации промышленных систем и цепей поставок промышленной продукции, а также адаптации известных концептуальных положений к условиям новой модели экономики и включением в контур технологического суверенитета страны.

Отдельного внимания заслуживает отмеченная концепция «Индустрия 4.0». Автоматизированный обмен данными, автоматизация рабочих мест, стимулирование цифровой трансформации – задачи, решение которых регламентирует Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [13]. В Указе Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» обозначен акцент на достижении «цифровой зрелости» стратегически важных промышленных объектов [17]. Государственной программой Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» закреплены такие мероприятия, как разработка профессионального программного обеспечения для промышленных предприятий, цифровизация производств и др. [15].

*Сильная экономическая  
турбулентность*



Рисунок 2.13 – Интегрированная концепция управления эффективностью промышленных систем, адаптированная к российским условиям хозяйствования (составлено автором)



Как следствие, высокий интерес научного сообщества к вопросам цифровизации и автоматизации управления как внутренними процессами, так и цепями поставок в целом. Так Н.Ю. Псарева и М.В. Шинкевич справедливо отмечают необходимость сопряжения трансформации предприятия с уровнем его цифровой зрелости [238]. Т.В. Малышева и Г.А. Ганеева отметили наличие «дисбалансирующих элементов» в подсистеме распределения нефтехимической продукции [185, с. 433]. Вопросам цифровизации промышленных предприятий посвящены также работы А.И. Шинкевича и Н.В. Барсегян [318]; Р.К. Нургалиева и А.И. Шинкевича [212], М.Н. Лясковской и Э.В. Марковской [179], С.В. Пономаревой, Д.И. Серебрянского и Т.А. Мустафаева [234].

Несмотря на широкие возможности, обширную линейку цифровых технологий, представленных на современном рынке, достаточно сложно поддерживать гибкость производственных систем и бизнес-процессов в условиях нестабильности внешней и внутренней среды. В связи с этим проблема возникновения «узких» мест является неизбежной и порождает ограничения в ресурсном обеспечении всех протекающих на предприятии процессов. Данная проблематика раскрыта в рамках теории ограничений систем Э.М. Голдратта [361]. В соответствии с данной теорией целесообразно выявить «узкое» место, ослабить ограничения посредством концентрации ресурсов, что в результате позволит преодолеть возникшую проблему.

Касательно методических аспектов управления бизнес-процессами промышленных предприятий, интересным видится подход В.П. Мешалкина, М.Ю. Катерищук и Е.А. Василенко, идея которых основана на анализе затрат производственного предприятия в разрезе управления материальными ресурсами, себестоимостью товаров и услуг и издержек предприятия [191]. В исследовании ученых С.В. Дохоляна, Ш.К. Кутаева, Ю.Н. Сагидова представлена расширенная методика, охватывающая 3 блока индикаторов (достижение целей, формирование доходной части и затраты) в разрезе ключевых бизнес-процессов, но представляющая собой преимущественно систему контроллинга [119].

Изложенные выше положения в совокупности своей способны совершенствовать механизм управления цепями поставок промышленной продукции по разным направлениям модернизации. Современная SCOR-модель опирается на актуальные векторы развития, является действующим цифровым стандартом и представляет собой блочный подход к управлению цепями поставок, объединяя блоки «процессы», «метрики», «лучшие практики» и «люди». В контексте процессного аспекта существенным отличием SCOR-модели версии 14.0, 2022 года (от версии 12.0, 2017 год) является формат двойной бесконечности (баланс спроса (demand) и предложения (supply) – по горизонтали; синхронизация (synchronize) и регенерация (regenerate) – по вертикали) (рисунок 2.14).

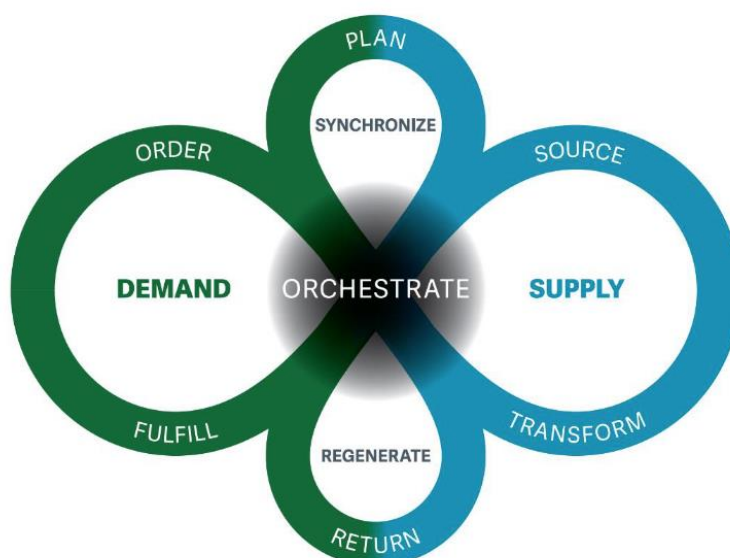


Рисунок 2.14 – Современная SCOR-модель (версия 14.0) [394]

В новом стандарте спектр процессов расширен путем включения следующих элементов [394]:

- организовать цепи поставок (orchestrate) – процесс нулевого уровня, отождествляемый со стратегией развития цепей поставок, охватывающий совокупность правил по управлению непрерывным совершенствованием, производительностью, данными, информацией, человеческими ресурсами, проектированию сетей и т.д.;
- заказывать (order) – это процесс управление заказами, основанный на обработке данных о клиентах и заказах, в частности, географические данные, способы

оплаты, стоимость заказа, мониторинг выполнения заказа и т.д.;

- преобразовать (transform), которое заменило формулировку процесса «делать» (make) и описывает операции по планированию и выпуску продукции, включая производство, сборку, ремонт и т.д.;

- выполнять (fulfill), модифицировано от процесса «доставлять» (deliver) и помимо доставки включает комплектацию заказа, упаковку, отгрузку и др.

Прежними остались процессы планирования (plan), снабжения (source) и организации возвратных потоков (return).

Также трансформация затронула блок метрик. В SCOR-модели версии 12.0 выделялось 5 атрибутов деятельности – надежность поставок, отклик цепей поставок, маневренность, затраты цепей поставок и управление активами в цепях поставок; версия 14.0 расширяет перечень атрибутов до 8, принимая во внимание положения концепции устойчивого развития, и включает прибыль, состояние окружающей среды (затраты материальных, водных, энергетических ресурсов), социальный аспект функционирования цепей поставок (оплата труда, обучение, социальная политика промышленной системы) [394].

Ёмким является блок «лучшие практики», к которым Ассоциация по управлению цепями поставок в контексте управления потоками промышленной продукции (обрабатывающей) сегодня относит быструю переналадку оборудования SMED (BP.003), 3D-печать и быстрое прототипирование (BP.120), Интернет вещей (BP.182), Дополненная реальность (BP.189), Автоматизация роботизированных процессов (BP.190), Искусственный интеллект (BP.191), Машинное обучение (BP.204), Интеллектуальная фабрика (BP.212), Экономика замкнутого цикла (BP.282), Оценка жизненного цикла (BP.288), Управление эффективностью материалов (BP.290), Управление энергоэффективностью (BP.291), Управление эффективностью использования водных ресурсов (BP.292) и др. Диагностика перечисленных практик нашла отражение в настоящем исследовании.

Для эффективной реализации перечисленных выше процессов и внедрения лучших практик предполагается высококвалифицированный персонал, обладающий должными навыками, опытом и способностью к обучению, что предусмотрено четвертым блоком «люди».

Очевидно, что действующая в России модель формирования добавленной стоимости (преимущественно за счет экспорта сырья и импорта готовых высокотехнологичных изделий) не соответствует основам формирования технологического суверенитета (технологической независимости страны). В целях переориентирования цепей поставок отечественной продукции на формирование добавленной стоимости внутри отечественной промышленности необходимо учитывать российскую специфику и развивать собственную практику управления и измерения эффективности цепей поставок. Такой подход должен фокусироваться на элементе заработной платы, коррелирующей со стимулированием экспоненциального роста технологической элиты.

В развитие методологии когнитивного управления эффективностью промышленных систем предложена модернизированная конвергентная концепция управления цепями поставок промышленной продукции, которая связывает U-образную модель добавленной стоимости с моделями цепей поставок в соответствии с этапами жизненного цикла продукции (рисунок 2.15).

В частном порядке интерпретированы объект управления (ОУ), предмет управления (ПУ), ключевые принципы управления каждой модели цепи поставок. Ключевым дополнением к SCOR-модель версии 14.0 является развитие инструментария диагностики цепей поставок. Обращаясь к методологии SCOR [394], отметим атрибуты и соответствующие им метрики:

- надежность поставок: совершенное выполнение заказа (RL.1.1), совершенное выполнение заказа поставщика (RL.1.2), совершенное выполнение заказа на возврат (RL.1.3);
- скорость отклика цепей поставок: время цикла выполнения заказа (RS.1.1);
- маневренность: гибкость цепочки поставок (AG.1.1);
- затраты цепей поставок: общие издержки на управление цепочкой поставок (CO.1.1), себестоимость реализованной продукции (CO.1.2);

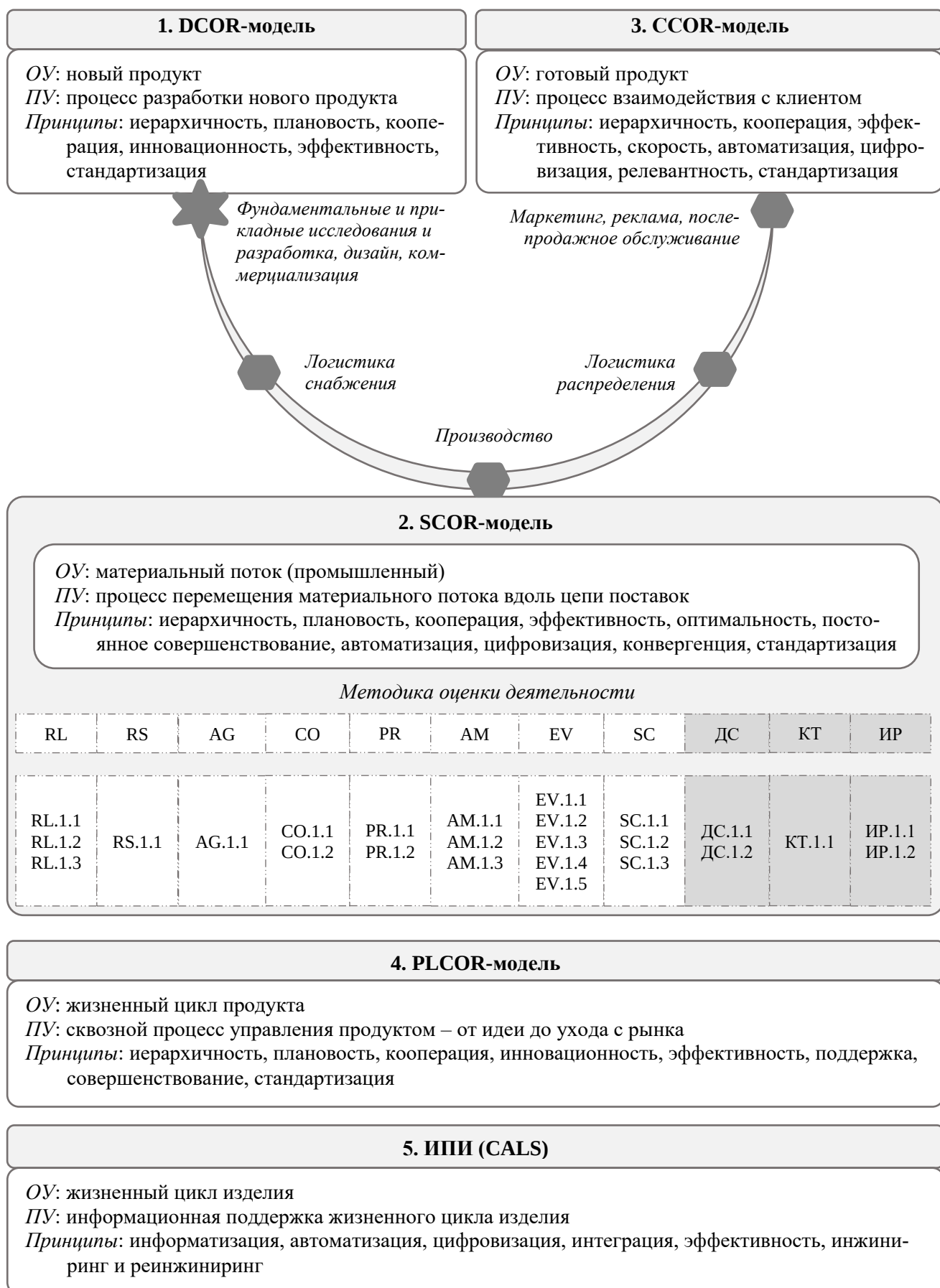


Рисунок 2.15 – Концепция операционного управления цепями поставок промышленной продукции (разработана автором)

- прибыль: прибыль до вычета процентов и налогов (EBIT) в процентах от выручки (PR.1.1), эффективная налоговая ставка (PR.1.2);
- управление активами в цепях поставок: оборачиваемость активов (AM.1.1), рентабельность внеоборотных активов (AM.1.2), рентабельность оборотных активов (AM.1.3);
- состояние окружающей среды: использование материалов (EV.1.1), потребляемая энергия (EV.1.2), потребляемые водные ресурсы (EV.1.3), выбросы парниковых газов (EV.1.4), образование отходов (EV.1.5);
- социальный аспект: социокультурное многообразие и равные возможности (SC.1.1), уровень заработной платы (SC.1.2), обучение (SC.1.3).

Однако, на наш взгляд, обширный перечень перечисленных атрибутов нуждается в учете структурной трансформации промышленных систем и цепей поставок. В связи с этим предлагается дополнить перечень метрик следующими:

- добавленная стоимость: восходящее участие (ДС.1.1) и нисходящее участие (ДС.1.2) в глобальных цепях поставок;
- когнитивные технологии: эффективность управления когнитивными технологиями (КТ.1.1);
- инновационное развитие: затраты на технологические инновации (ИР.1.1), затраты на экологические инновации (ИР.1.2).

Кроме того, фактор инновационности по-прежнему играет существенную роль в развитии экономики, в связи с чем войти в открытое «окно возможностей», усилить конкурентные преимущества и укрепить технологический суверенитет возможно за счет активизации деятельности промышленных предприятий и их сетевых структур на стадии НИОКР (на рисунке 2.15 обозначено «звездочкой»).

Регулирование реализации предложенной концепции предложено возложить на Минпромторг России и учитывать в федеральных промышленных инициативах как одну из интегрированных траекторий развития технологического суверенитета в стране.

Предложенная упорядоченная концептуальная модель:

- отличается ориентацией на создание конкурентных преимуществ национальных промышленных систем в глобальных цепях поставок и глобальных цепочках создания стоимости в условиях укрепления технологического суверенитета страны и дополнением существующих восьми групп показателей функционирования цепей поставок тремя новыми группами – добавленной стоимостью, когнитивным управлением и инновационным развитием;

- отражает необходимость реализации системного подхода к управлению потоком промышленной продукции, в частности, проектированием инновационной продукции, продуктивным взаимодействием с поставщиками и клиентами, выведением ее на рынок, а также информационной поддержкой процессов жизненного цикла изделий;

- адаптирована к условиям цифровизации промышленных систем и развития когнитивных технологий, инновационного развития и импортозамещения;

- позволяет на основе модульной проекции (под модулями понимается 5 выделенных сфер управления потоками промышленной продукции) структурировать стратегию развития промышленных систем с целью реализации открывающихся возможностей в условиях перепроектирования цепей поставок.

Таким образом, существующие подходы к повышению эффективности цепей поставок являются ёмкими, но вместе с тем выявлены методические области, обладающие потенциалом развития. Концептуальный каркас методологии управления развитием технологического суверенитета представлен на рисунке 2.16 и представляет собой категориальную систему (остов), структуру организации оценки, направленную на обеспечение технологического прорыва в экономике страны. Сформулированные положения методологии взаимосвязаны выделенными структурными элементами, отвечают задачам современной промышленной политики государства, включают авторские дефиниции, методики и модели оценки эффективности промышленных систем, направлены на формирование эффективной промышленности в стране.

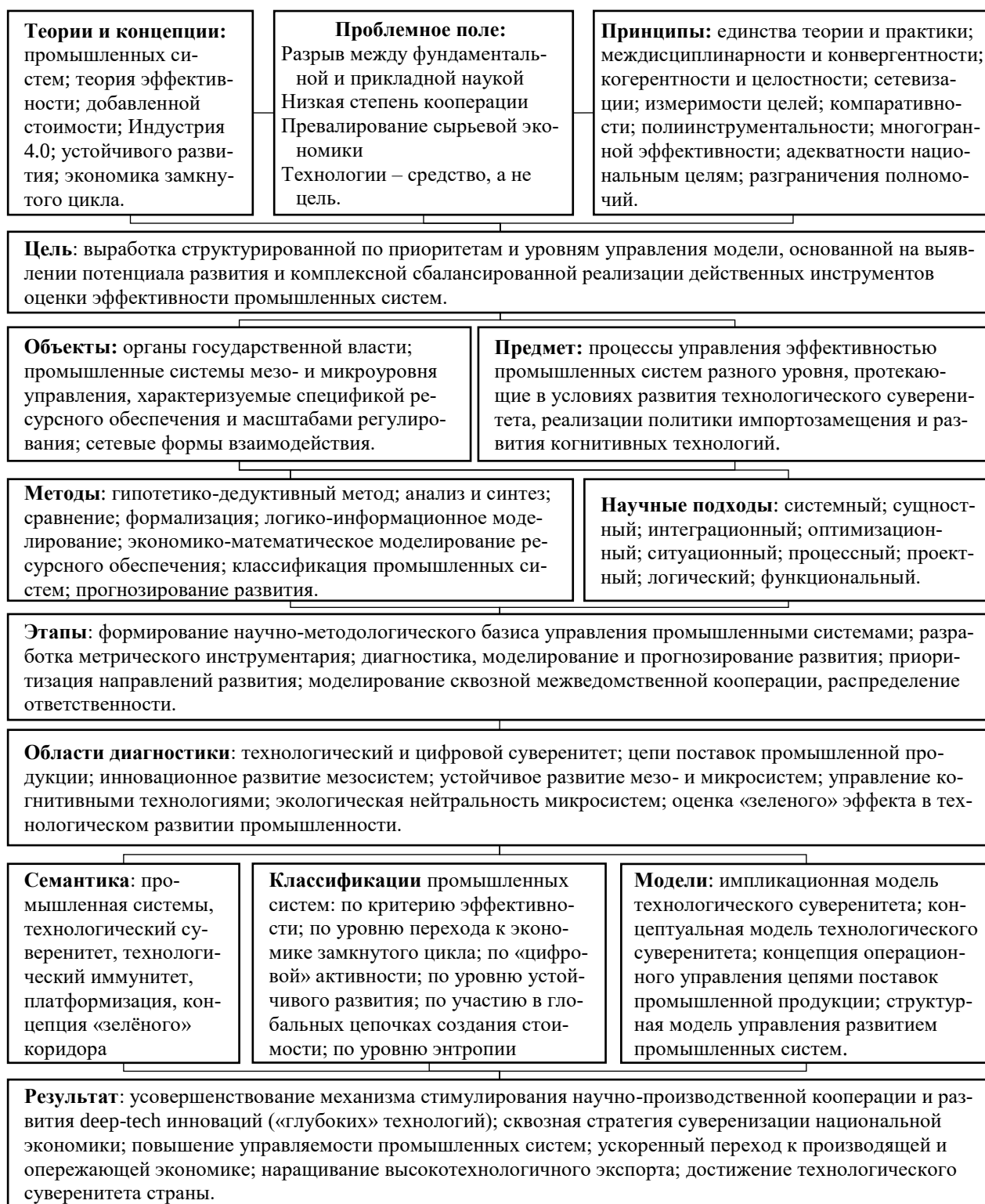


Рисунок 2.16 – Концептуальный каркас методологии оценки уровня развития технологического суверенитета (построен автором)

Особое внимание уделяется принципам:

– единства теории и практики: идеи, концепции, модели подтверждаются эмпирическим путем, что обуславливает их практическую значимость;



- междисциплинарности и конвергентности: оценка эффективности промышленных систем базируется на сочетании элементов таких научных дисциплин, как математика и экономика;
- когерентности и целостности: методология базируется на дифференцированном подходе к оценке эффективности промышленных систем в зависимости от уровня управления;
- сетевизации, которая лежит в основе кооперации и формирования интегрированных промышленных структур, способствующих повышению эффективности объектов исследования и развитию технологического суверенитета;
- измеримости целей: неотъемлемый принцип количественной диагностики промышленных систем;
- компаративности: возможность проводить сравнительный анализ эффективности в разрезе отдельных субъектов управления, рядов динамики, стадий становления технологического суверенитета;
- полиинструментальности: реализация обширного перечня инструментов повышения эффективности промышленных систем и обеспечения технологического суверенитета (инвестиции, специальные инвестиционные контракты, индустриальные парки, промышленные и инновационные кластеры, технологические платформы, Национальная технологическая инициатива, государственная поддержка IT-сектора и др.);
- многогранной эффективности: эффективность рассматривается не только в контексте результативности и достижения целей, но и как признак устойчивости развития промышленных систем в условиях технологической трансформации промышленности и реиндустриализации национальной экономики;
- адекватности национальным целям: предлагаемые методики, модели и решения отвечают формированию новой модели российской экономики, базирующейся на суверенитете технологическом, кадровом и финансовом;
- разграничения полномочий: учитывается профильная специфика федеральных органов исполнительной власти в рамках предлагаемой структурной модели управления развитием промышленных систем.

Таким образом, отличие авторского подхода состоит во включении специфичных принципов, формирующих особенности оценки эффективности промышленных систем и формирования технологического суверенитета (полиинструментальности, многогранной эффективности), авторской классификации промышленных систем, развитии дефиниции «технологический суверенитет».

Актуальными проблемами, несмотря на активные усилия государства, остаются низкая эффективность научно-исследовательской деятельности; фрагментарность и непоследовательность законодательной базы, институциональной инфраструктуры; отраслевые и региональные дисбалансы и многое другое. На преодоление освещенных проблем направлено настоящее исследование.

#### Выводы по главе 2.

Исследование методологии когнитивного управления эффективностью промышленных систем позволило сформулировать ряд научных результатов.

1) Построена система факторов обеспечения эффективности промышленной системы в условиях обеспечения технологического суверенитета, где приоритизирован технологический фактор, а также на основе предложенной схемы трансформации обосновано, что современные реалии требуют нового подхода к диагностике хозяйствующих субъектов, который позволит оценить их способность оперативно адаптировать производственную систему к новым задачам промышленной политики, таким образом обеспечивая благоприятный выход из точки бифуркации. Обоснован модифицированный подход к эффективности, классифицирующий промышленные промышленные системы на эффективные и неэффективные в условиях тектонических изменений в глобальной экономике.

2) Предложена и обоснована система показателей оценки эффективности промышленных объектов для разных фаз становления технологического суверенитета. Авторский подход отличается добавлением фактора доступности технологий, по-новому типологизирует эффективность функционирования промышленных систем, позволяет оценить влияние мероприятий в области импортозамещения на по-

казатели эффективности промышленных систем и направлен на повышение управляемости промышленных систем в условиях сильной турбулентности глобальной экономики.

3) Построена модель, отражающая обусловленность технологического суверенитета наилучшими доступными технологиями, отражающая многогранный эффект НДТ (экономический, социальный, экологический, технологический, репутационный), способствование технологической модернизации промышленных систем в условиях тектонических изменений в современной экономике, повышению эффективности (ресурсной, экологической, энергетической), в частности, на основе кооперации предприятий и государства в вопросах устойчивого развития, циркулярной экономики, цифровизации.

4) Сформулированы положения, развивающие теорию организации промышленности, заключающиеся в уточнении дефиниции категорий «управление когнитивными технологиями», «эффективность управления когнитивными технологиями», а также предложен показатель оценки эффективности когнитивных технологий, базирующийся на классической формуле эффективности, но отличающийся адаптированностью к Индустрии 4.0 и акцентом на когнитивных технологиях.

5) Предложена модернизированная конвергентная концепция управления цепями поставок промышленной продукции, включающая авторские методические положения, учитывающие потребности политики импортозамещения и обеспечения технологического суверенитета. Сформулированные положения могут служить методологическим фундаментом диагностики эффективности промышленных систем макро- и мезоуровня.

Опубликованные работы по главе 2: [62, 64, 72, 80, 85, 95, 96, 171, 172, 174, 175, 308, 310, 313, 325, 330, 333, 355, 357, 400, 407]

### 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

#### 3.1 Диагностика добавленной стоимости, создаваемой на уровне макротехнологий

В течение последнего десятилетия глобальные цепочки поставок столкнулись с существенными проблемами в условиях турбулентности экономических процессов, обусловленной пандемией COVID-19 и пертурбациями на мировом рынке. Данные обстоятельства оказали непосредственное влияние на глобальные цепи поставок – их длину, пропускную способность, и, как следствие, на стоимость материального потока. Преобразование структуры цепей поставок сказалось на глобальной цепочке создания стоимости, охватывающей стадии проектирования, производства, маркетинга и распределения, а также послепродажного сервиса [151].

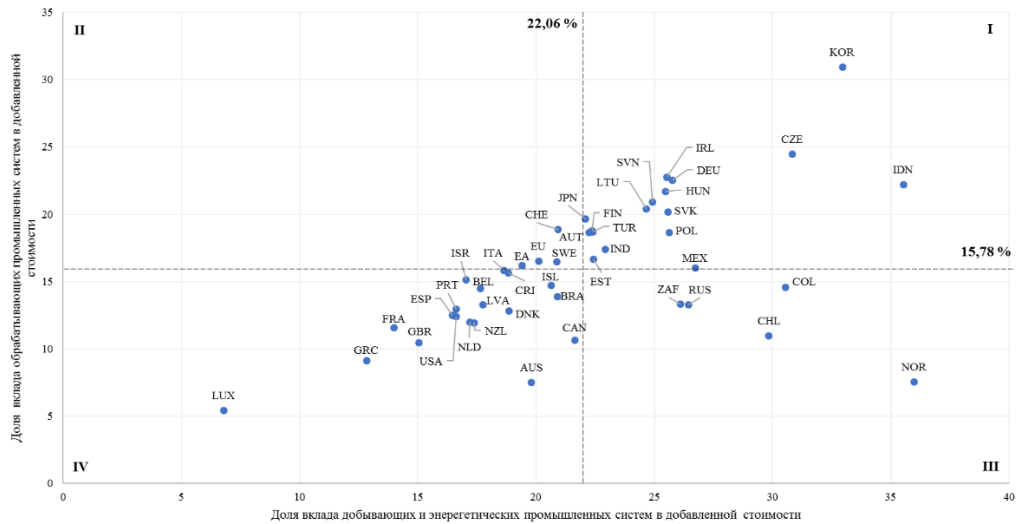
Временной мерой, позволяющей макроэкономической системе оперативно реагировать на внешние возмущения, выступил параллельный импорт. Данный механизм, безусловно, поддерживает баланс спроса и предложения в российской экономике, однако, за счет изменения цепей поставок и маршрутов поставок через дружественные страны повлечет за собой увеличение стоимости закупок для производителей, и продукции – для конечного потребителя. В связи с этим существенному изменению подверглась величина валовой добавленной стоимости и положение российской промышленности в глобальных цепочках создания ценности. Вышесказанное определяет актуальность диагностики добавленной стоимости в национальной экономике. Кроме того, поскольку глобальное конкурентное преимущество обеспечивается путем развития макротехнологий, то не менее важным является исследование добавленной стоимости в данном контексте. Макротехнология – это комплекс всех технологических процессов по созданию конкретного продукта с заданными параметрами (научные исследования и разработки, производство, диффузия, сервисная поддержка).

Прежде всего, исследуем структуру экспорта промышленной продукции в России. Согласно данным Федеральной таможенной службы [278] наиболее популярными экспортируемыми позициями в России продолжают оставаться минеральное топливо, нефть и продукты их перегонки (код 27 в ТН ВЭД ЕАЭС), жемчуг, драгоценные металлы (код 71) и черные металлы (код 72); в структуре импорта преобладают реакторы, ядерные, котлы, оборудование и механические устройства; их части (код 84), электрооборудование (код 85) и средства наземного транспорта (код 87). Анализ потоков превалирующей товарной группы (27) свидетельствует о сокращении объемов экспорта (на 27,3%) и импорта (на 40%) по всем странам-партнерам (приложение А).

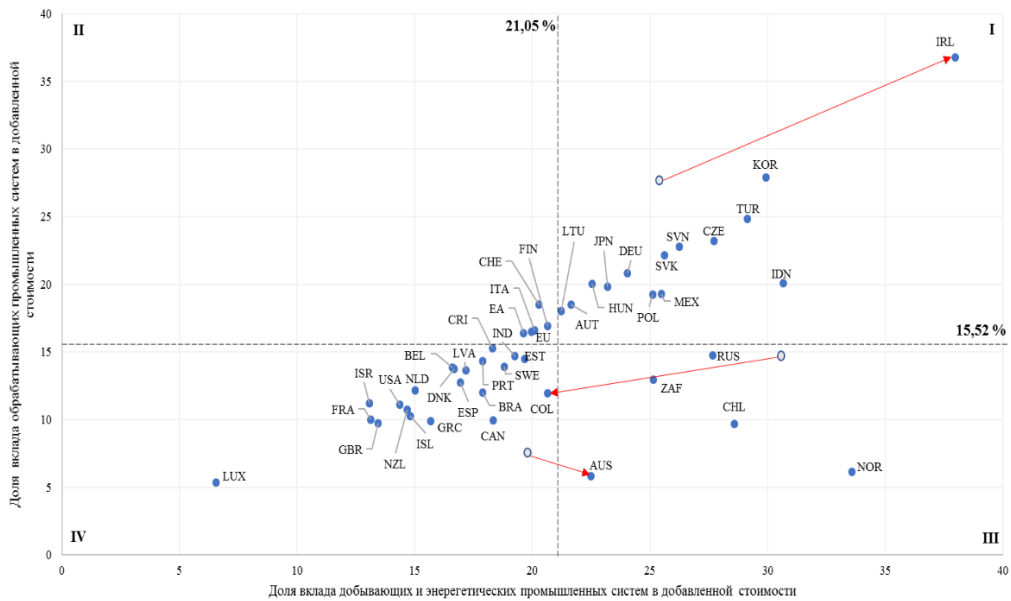
На следующем этапе оценены закономерности формирования добавленной стоимости. Добавленная стоимость позволяет оценить вклад промышленных систем (добывающих, энергетических, обрабатывающих) в формирование эффективной макроэкономической системы. Наибольшая добавленная стоимость в мире приходится на Китай. Страна является лидером по объему создаваемой добавленной стоимости в таких обрабатывающих отраслях, как производство текстильной промышленности, деревообрабатывающая промышленность, производство готовых металлических изделий, производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования. В рамках сравнительного анализа построены матрицы позиционирования стран, за основу принят показатель доли соответствующего сектора в добавленной стоимости (рисунок 3.1).

Область диаграммы дифференцирована по четырем квадрантам, границами послужили рассчитанные значения средней арифметической доли добавленной стоимости соответствующего сектора экономики. Квадрант I – это область концентрации макроэкономических систем с высоким вкладом добывающих, энергетических, обрабатывающих промышленных систем в добавленную стоимость; квадрант II – это область с превалированием обрабатывающих производств; квадрант III отличается преобладанием добывающих производств; квадрант IV – националь-

ная экономика не отличается преобладанием промышленных систем на фоне развития других секторов экономики (например, сфере услуг). Система условных обозначений регионов мира представлена в приложении Б.



а) 2011 г.



*Примечание:* данные по России, Колумбии, Южной Африке, Японии – за 2020 год; Бразилии, Индии, Канаде, Новой Зеландии – за 2019 год

б) 2021 г.

Рисунок 3.1 – Позиционирование стран по вкладу промышленности в структуру добавленной стоимости, % (построено по данным OECD [419])

В целях выявления тенденций диагностика охватывает 2 периода – 2011 и 2021 годы. На глобальном уровне за данный период существенных изменений на карте позиционирования стран не наблюдается. Исключение составили такие страны, так Ирландия (оставшись в том же квадранте I, страна значительно улучшила свои позиции в части развития добывающей и обрабатывающей промышленности), Австралия (отмечается реструктуризация вклада промышленных систем – от относительно сбалансированной структуры к превалированию добывающих производств), Колумбия (позиции промышленности в добавленной стоимости страны ухудшились, наблюдается смещение из III в IV квадрант). В 2021 году лидером в рамках построенной матрицы позиционирования стала Ирландия, в структуре добавленной стоимости которой оба типа промышленных систем составляют более 35% в обоих случаях.

В целом отметим, что 14 из 45 обследованных стран (31%) отличаются высоким уровнем и сбалансированным развитием добывающей и обрабатывающей промышленности (это страны, попавшие в квадрант I); к «менее промышленным» относятся экономические системы Люксембурга, Франции, Великобритании, Израиля и других стран (позиции в квадранте IV). На рисунке 3.2 представлены диаграммы формирования добавленной стоимости в разрезе отраслей ряда стран. Наблюдается следующая закономерность: невысокий вклад промышленности в добавленную стоимость компенсируется высоким вкладом сферы обслуживания.

В целях выявления имплицитной межотраслевой взаимосвязи формирования добавленной стоимости (по итогам 2021 г.) в масштабах макроэкономических систем оценены коэффициенты корреляции. Идентифицировано наличие весьма высокой, но обратной связи (по шкале Чеддока) между сферой услуг и добывающими промышленными системами ( $r = -0,915$ ); заметной связи между обрабатывающими и добывающими производствами, что весьма закономерно в силу смежного характера промышленных систем ( $r = 0,656$ ), обратной заметной связи добавления стоимости в сфере государственного управления и обеспечения военной безопасности, социального обеспечения с созданием добавленной стоимости в добывающем ( $r = -0,602$ ) и в обрабатывающем ( $r = -0,615$ ) секторах экономики.

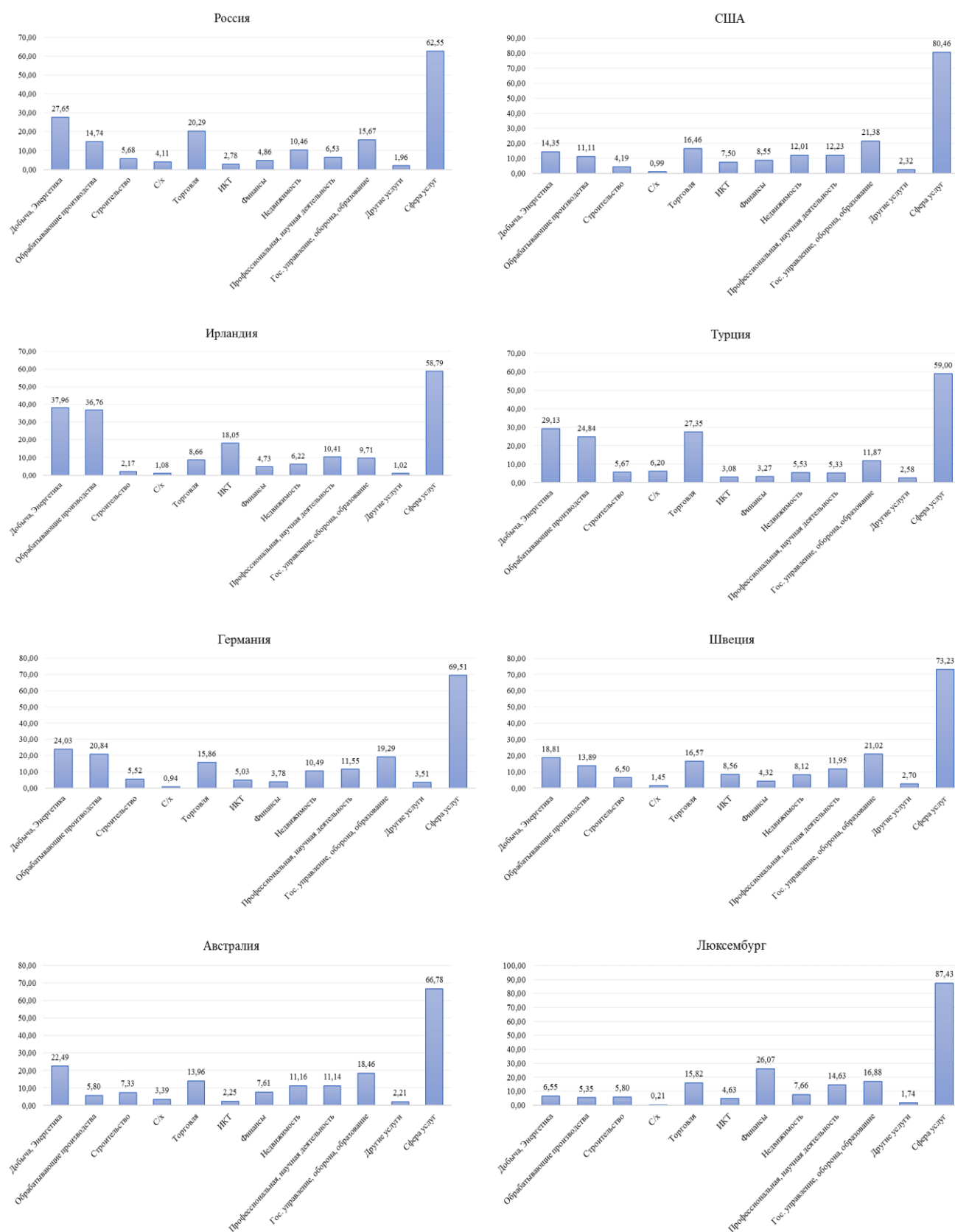


Рисунок 3.2 – Доля сектора экономики в структуре добавленной стоимости, %  
(построено по данным OECD [419])



Антироссийские санкции, активно вводимые с 2014 года, с каждым годом оказывали всё большее влияние на экономики многих стран. В целях выявления характера тренда (восходящего / нисходящего) рассчитан индекс отраслевой доли добавленной стоимости, ДДС (как отношение показателя 2021 года к базисному 2011 году) по добывающим и обрабатывающим промышленным системам. Выявлено следующее: в части добычи полезных ископаемых лишь 11 и 45 обследованных стран продемонстрировали прирост (в том числе Россия), в части обрабатывающих производств – 15 из 45 стран (рисунок 3.3).

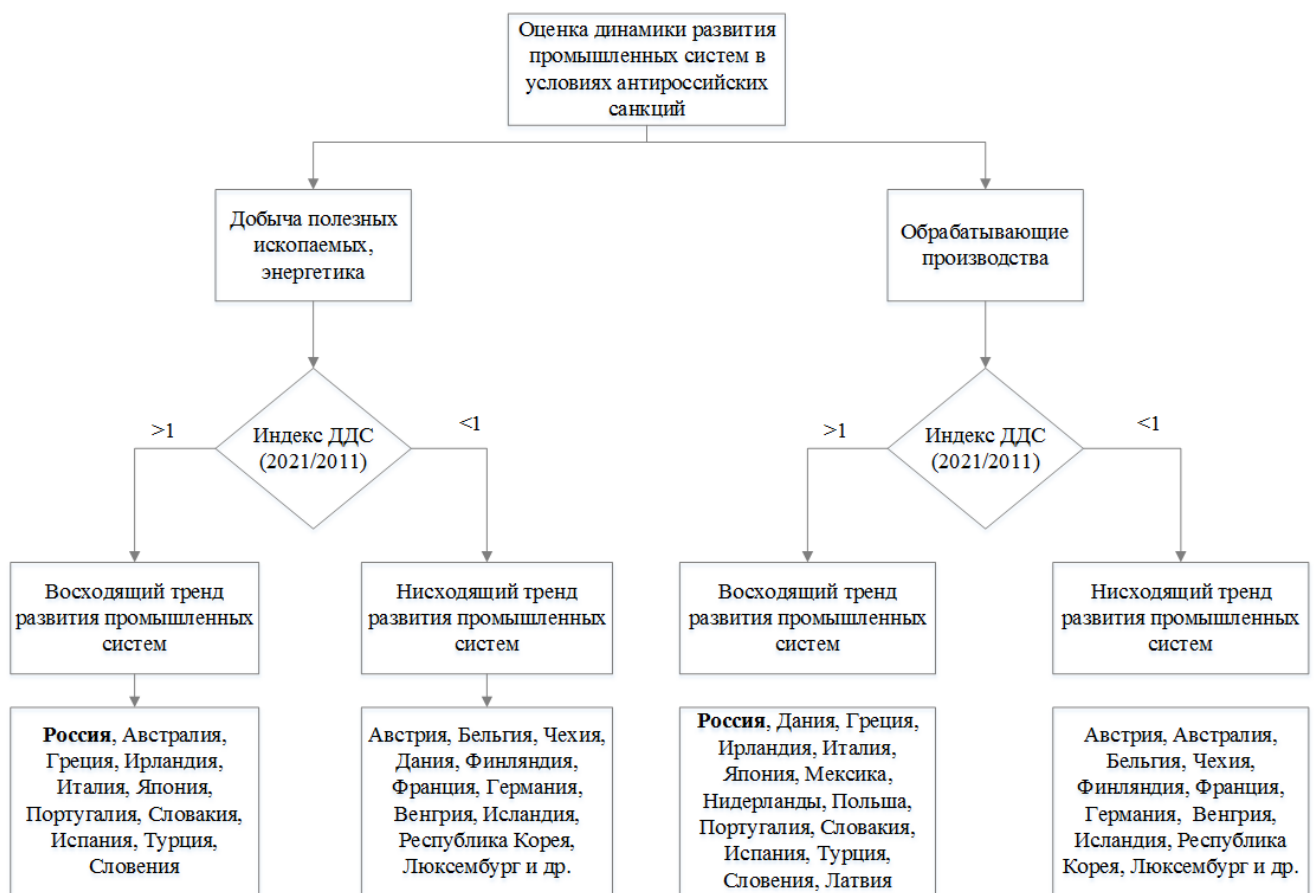


Рисунок 3.3 – Диагностика промышленных систем на основе индекса отраслевой доли добавленной стоимости (рассчитано и построено автором)

Как было отмечено в параграфе 2.5, оценка добавленной стоимости осуществляется в разрезе четырех типов: чистое внутреннее производство добавленной стоимости (тип 1), традиционный тип создания добавленной стоимости (тип

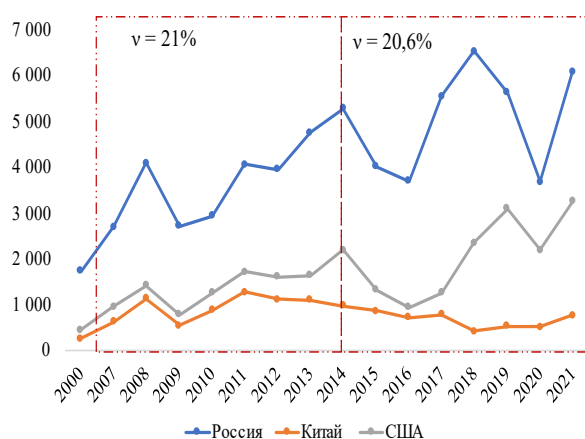
2), простые (тип 3) и сложные глобальные цепи поставок (тип 4). Специфика последних трех отражена в приложении В, где представлена структура участия стран в глобальном производстве высокотехнологичной продукции. Участие российской экономики в глобальном производстве относительно низкое во всех трех случаях (глобального производства электрического и оптического оборудования, транспортного оборудования, а также машин и оборудования, не включенных в другие категории). Вместе с тем, оценивая динамику с 2000 года, отмечается повышение присутствия российского производства транспортного оборудования в глобальных цепочках создания стоимости (рисунок 3.4).



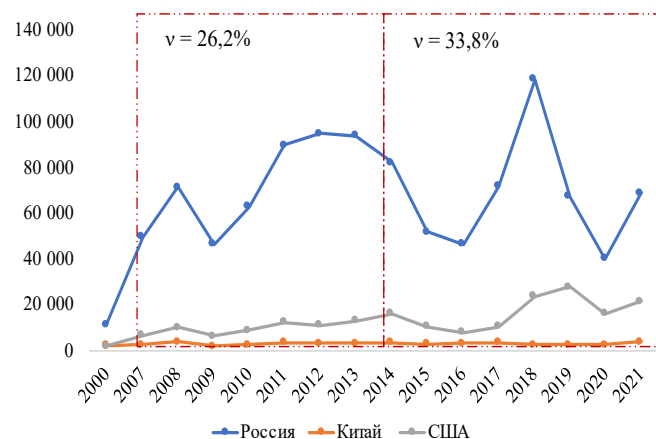
Рисунок 3.4 – Доля участия России в глобальном производстве отдельных видов продукции (сложные цепи создания добавленной стоимости) (построено по данным Всемирного банка [415])

Отдельного внимания заслуживают связи (восходящие и нисходящие) внутри цепочек создания стоимости. Для выявления тенденций проведен сравнительный анализ развития российских промышленных систем с Китаем и США. Рассмотрены укрупненные промышленные мезосистемы – добывающие и обрабатывающие. На рисунке 3.5 отражена специфика добывающих промышленных систем. Российская промышленность демонстрирует высокие значения по нисходящим

(характеризуемые экспортом высокотехнологичной продукции) и восходящим связям (сырьевая экспортоориентированная модель) в глобальных цепочках добавленной стоимости. Вместе с тем, существенно выше вовлечение России в глобальные цепочки посредством восходящих связей, где объемы добавленной стоимости в 11 раз превысили показатель по нисходящим связям, составив в 2021 году 8 869 млн долл. США. Общий тренд отражает сырьевую модель российской экономики, которая располагается в самом начале глобальных цепей поставок. В результате введенных в 2014–2015 гг. санкций в отношении российской нефтегазовой отрасли негативному влиянию подверглось восходящее участие, преобладающее в сырьевой экономике страны (рисунок 3.5 (б)). В 2016 году добавленная стоимость сократилась до 46 469 млн долл. США, сократились и нефтегазовые доходы страны (с 5 862 млрд руб. в 2015 г. до 4 844 млрд руб. в 2016 г.).



а) Нисходящие связи



б) Восходящие связи

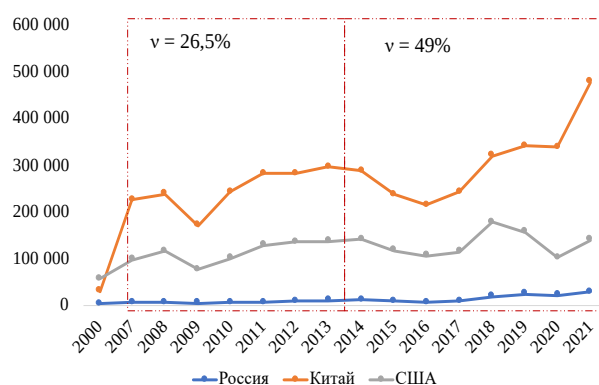
Рисунок 3.5 – Сравнительный анализ участия добывающих промышленных систем в глобальных цепочках добавленной стоимости, млн долл. США (построено по данным Всемирного банка [415])

После экстремального роста в 2018 г. последовал очередной спад до уровня, ниже уровня 2009 г. В целях выявления устойчивости российской промышленности к западноевропейским санкциям рассчитан коэффициент вариации  $v$  (отноше-

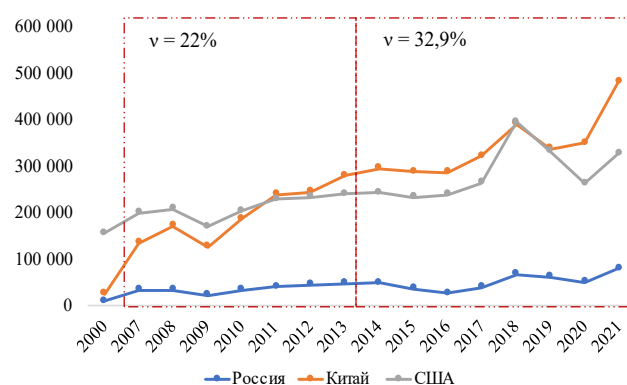
ние стандартного отклонения значений от среднего уровня) в разрезе двух периодов: до введения ограничений (2007–2013 гг.) и после (2014–2021 гг.). По перспективным нисходящим связям наблюдается стабилизация величины добавленной стоимости (с 21% до 20,6%), по экспортоориентированной сырьевой модели участия – увеличение разброса (с 26,2% до 33,8%).

Таким образом, позитивными тенденциями являются, во-первых, превалирование добавленной стоимости в добывающей отрасли сравнительно с Китаем и США; во-вторых, стабилизация величины добавленной стоимости по нисходящему участию в глобальных цепях добавленной стоимости (рисунок 3.5 (а)); негативными – высокая восприимчивость российской сырьевой экономики к глобальным возмущениям. Стратегическая задача, стоящая перед российскими добывающими промышленными системами, заключается в развитии глубокой переработки, что позволит увеличить добавленную стоимость и усилить конкурентные преимущества России на мировой арене.

В контексте обрабатывающей промышленности позиции стран существенно отличаются: лидерство Китая обусловлено специализацией на производстве компонентов, полуфабрикатов (рисунок 3.6). Это определяет безусловное лидерство Китая в формировании нисходящих связей (рисунок 3.6 (а)).



а) Нисходящие связи



б) Восходящие связи

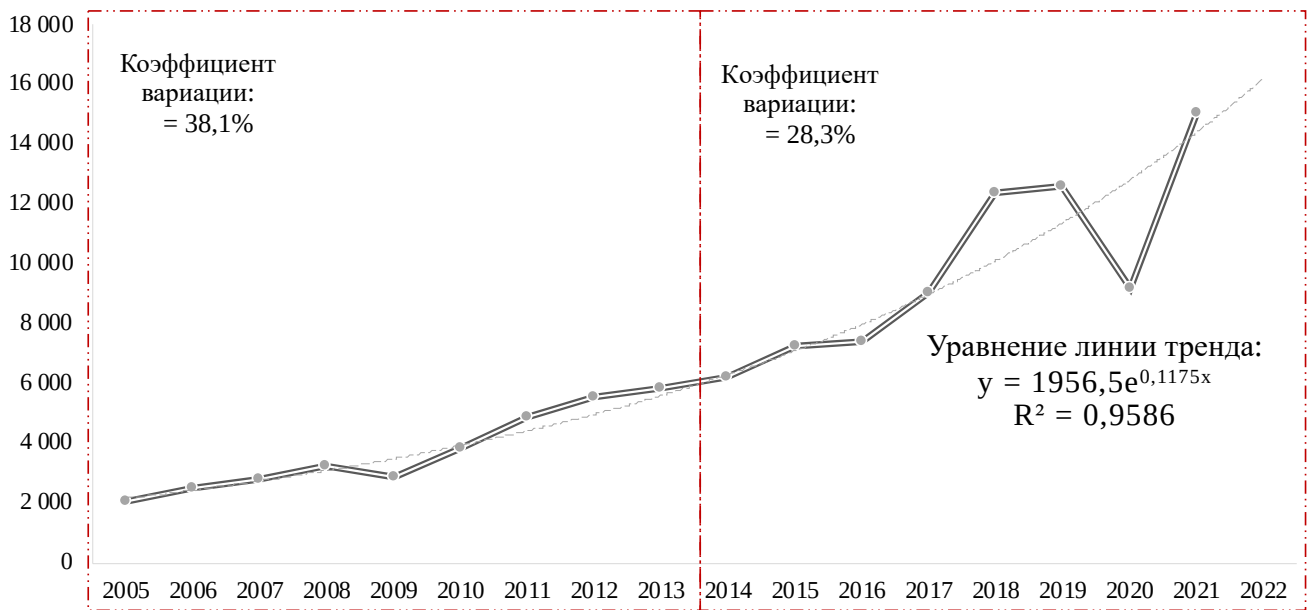
Рисунок 3.6 – Сравнительный анализ участия обрабатывающих промышленных систем в глобальных цепочках добавленной стоимости, млн долл. США (построено по данным Всемирного банка [415])

При это величина добавленной стоимости российской промышленности существенно низкая. Россия, развиваясь вдоль сырьевой траектории, теряет значительные возможности в части глобальных цепей добавления стоимости, что негативно сказывается на ее конкурентных преимуществах. По нисходящим и восходящим связям наблюдаем существенный рост неустойчивости добавленной стоимости в условиях санкционных ограничений после 2014 г. Подобная картина поставила под угрозу российскую экономику, которая в сжатые сроки вынуждена реструктурировать цепи поставок.

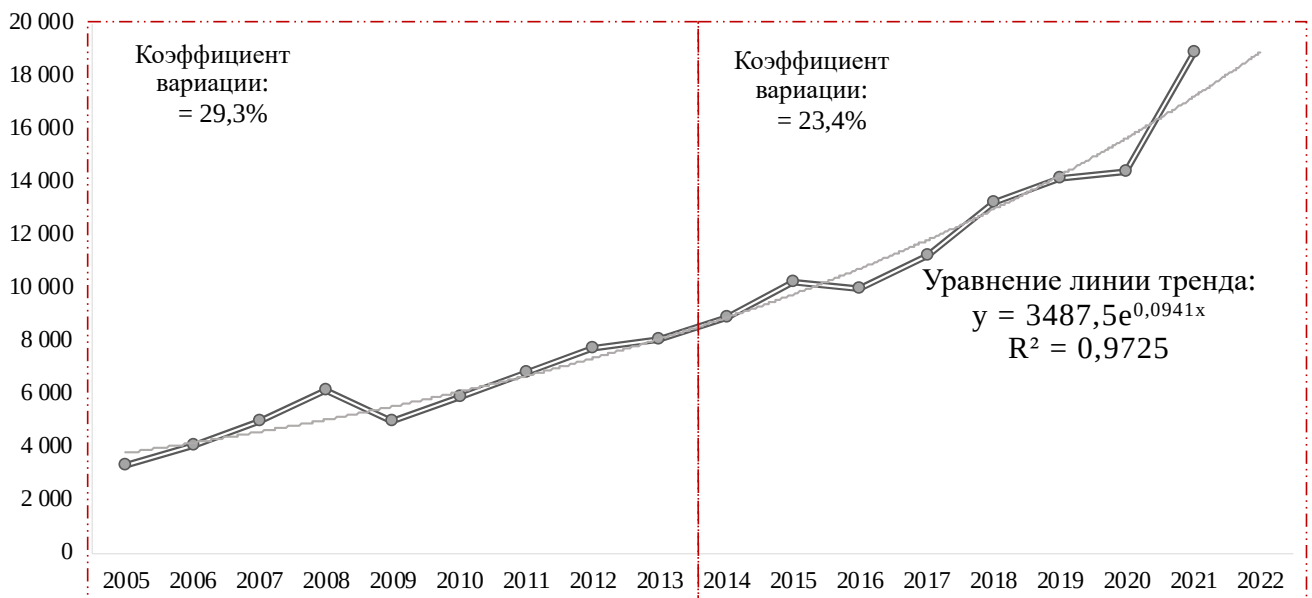
В наибольшей степени перспективное нисходящее участие демонстрируют такие промышленные системы, как производство кокса и нефтепродуктов (в 2021 г. добавленная стоимость составила 6 976 млн долл. США), транспортного оборудования (5 522 млн долл. США), металлургическое производство (4 206 млн долл. США) и химическая промышленность (4 131 млн долл. США) [415].

Исследование динамики валовой добавленной стоимости (рисунок 3.7) позволяет судить о специфике развития отраслей, гибкости и способности к реструктуризации и диверсификации производств. Разброс значений валовой добавленной стоимости за 2 периода (2005–2013 гг. и 2014–2021 гг.) в разрезе промышленных систем позволяет диагностировать стабилизацию развития внутри национальной экономики. Об этом свидетельствует снижение вариации в обоих случаях. Причем на уровне макроэкономической системы (в отличие от глобальных цепей создания стоимости), более устойчиво развивается обрабатывающая промышленность. На наш взгляд, развитие глубокой переработки нефти и газа позволит компенсировать относительную неустойчивость развития добывающей отрасли.

Таким образом, диагностика участия России в глобальных цепях поставок промышленной продукции (в разрезе восходящих и нисходящих связей) позволила идентифицировать траекторию развития отечественных промышленных систем, причем более стабильную – в добывающем секторе экономики, менее устойчивую – в обрабатывающей промышленности.



#### а) Добыча полезных ископаемых



#### б) Обрабатывающие производства

Рисунок 3.7 – Изменение валовой добавленной стоимости, млрд руб. (построено по данным Росстата [277])

Принимая во внимание закономерности, описываемые U-образной кривой добавленной стоимости, и специфику российской экономики, предлагается выделять две категории моделей добавленной стоимости:

– дискретная модель – низкоэффективная – описывает российскую экономику как сырьевую, с высоким уровнем импортозависимости и потерями добавленной стоимости, как следствие, упущенные конкурентные преимущества на глобальном рынке (рисунок 3.8 (а));

– непрерывная модель – эффективная, подразумевающая создание добавленной стоимости в стране, НИОКР и глубокую переработку, и лишь далее – распределение промежуточной и готовой продукции в другие страны (рисунок 3.8 (б)).

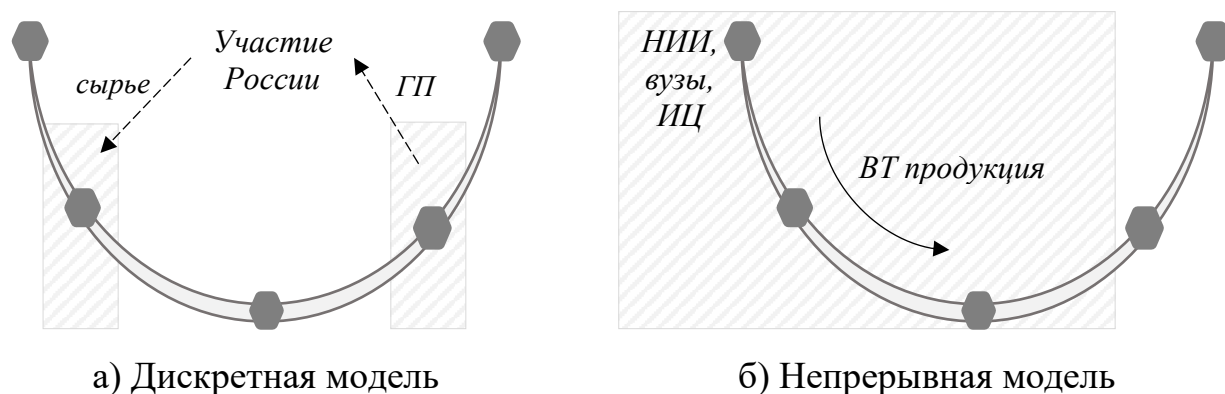


Рисунок 3.8 – Модели создания добавленной стоимости в глобальных цепочках создания стоимости (построено автором)

Для перехода к непрерывной модели российская экономика располагает необходимой инновационной инфраструктурой, характеризуется поддержкой сетевых форм взаимодействия в целях обеспечения благоприятных условий для технологического развития.

Согласно авторской типологии обоснован дифференцированный подход к идентификации типа модели добавленной стоимости в условиях сильной турбулентности:

– для добывающих промышленных систем характерна дискретная детерминированная модель в силу фрагментарного участия в глобальной цепочке добавления стоимости и относительно низкого коэффициента вариации;

– для обрабатывающих промышленных систем выявлена непрерывная стохастическая модель, что обусловлено развитием макротехнологий в стране (охватывающих стадии НИОКР, производства, вывода новой продукции на рынок, диффузии), позволяющих создавать добавленную стоимость внутри национальной экономики, но высоким коэффициентом вариации.

Углубленный анализ валовой добавленной стоимости в разрезе обрабатывающих промышленных систем позволил выявить факторы, определявшие ее величину в 2021 году. Для построения множественной нелинейной регрессии применены инструменты Statistica. Исходная выборка охватывала 16 категорий промышленных систем (приложение Г). Моделирование направлено на выявление общеотраслевой закономерности формирования валовой добавленной стоимости. В результате диагностики альтернативных подходов к моделированию функциональной зависимости (уравнений второй степени, третьей степени, обратных величин) наиболее качественным явилось уравнение, включающее натуральные логарифмы:

$$\text{ВДС} = -1903,4 + 0,000611*Q - 0,0000077*FA - 749,2*\ln(Q) + 706,22*\ln(FA). \quad (3.1)$$

Качество модели подтверждается высокими значениями коэффициента детерминации  $R^2$  и низким уровнем значимости. Итоговая статистика:

- множественный R составил 0,986;
- множественный  $R^2$  – 0,972;
- $F(4,11)$  – 94,25;
- $p$  – 0,00000001956.

По итогам регрессии и результатам дисперсионного анализа (таблица 3.1) принимается гипотеза о высокой степени влияния предикторов (производства  $Q$  и модернизации  $FA$ ) на валовую добавленную стоимость. В качестве общеотраслевой особенности выявлено отрицательное влияние предиктора  $FA$  (ввода в действие основных фондов) на результирующий показатель. Это обусловлено объективной закономерностью, объясняемой вхождением амортизации в валовую добав-

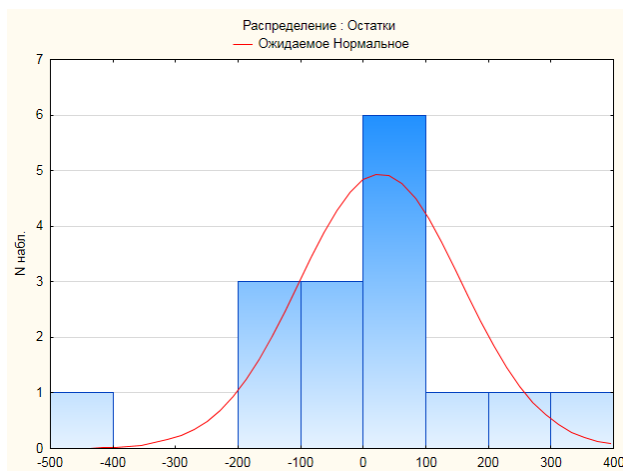


ленную стоимость. Уровень р-значимости коэффициентов регрессии отвечает требованиям и отражает объективность их включения в построенную нелинейную регрессионную модель.

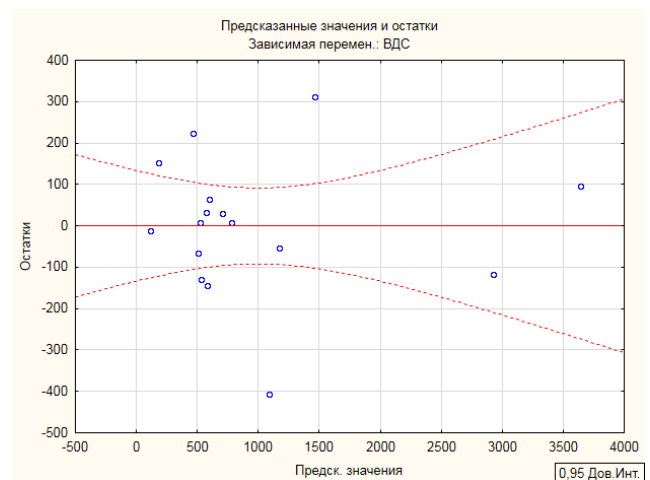
Таблица 3.1 – Итоги множественной нелинейной регрессии, включающей натуральный логарифм (получено автором)

| R = 0,98572303 R <sup>2</sup> = 0,97164989 Скоррект. R <sup>2</sup> = 0,96134076<br>F(4,11)=94,251 p<0,00000 Станд. ошибка оценки: 192,97 |          |                       |            |                       |          |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------|------------|-----------------------|----------|-------------------|
|                                                                                                                                           | БЕТА     | Стандартная<br>ошибка | B          | Стандартная<br>ошибка | t (11)   | р-значи-<br>мость |
| Свободный член                                                                                                                            |          |                       | -1903,40   | 1810,080              | -1,05155 | 0,315556          |
| Q                                                                                                                                         | 2,16361  | 0,296330              | 0,000611   | 0,0000836             | 7,30136  | 0,000015          |
| FA                                                                                                                                        | -1,25642 | 0,265608              | -0,0000077 | 0,0000016             | -4,73034 | 0,000619          |
| LN-FA                                                                                                                                     | 0,71174  | 0,221102              | 706,22     | 219,389               | 3,21905  | 0,008173          |
| LN-Q                                                                                                                                      | -0,68480 | 0,245207              | -749,20    | 268,267               | -2,79274 | 0,017500          |

Оценка адекватности модели осуществлена по остаткам. Распределение остатков близко к нормальному закону распределения (рисунок 3.9 (а)). Несмотря на некоторые аномальные выбросы, остатки преимущественно расположены в рамках доверительного интервала (рисунок 3.9 (б)).



а) Гистограмма остатков



б) Диаграмма рассеяния

Рисунок 3.9 – Исследование остатков (получено автором)

Таким образом, российские промышленные системы, находясь на пороге открытых «окон технологических возможностей», имеют высокие шансы существенно усилить конкурентные преимущества на мировой арене путем локализации производства на территории страны, запуска новых производств и сопутствующего создания новых рабочих мест, тем самым увеличить валовую добавленную стоимость. Пока в России преобладает экспорт минеральных продуктов.

### 3.2 Роль когнитивных технологий в обеспечении результата деятельности промышленных систем

Промышленные предприятия, поставщики, посредники, потребители – все участники цепей поставок заинтересованы в получении качественной продукции и максимизации прибыли в результате деятельности. Драйвером в достижении данных целей служит осознание преимуществ автоматизации процессов.

Новые технологические решения, обусловленные современными трендами цифровизации, в частности big data, Internet of Things, искусственный интеллект, построены на управлении процессами на основе нейронных сетей. Одним из передовых решений в данной области является программа «цифровой логист», реализуемая компанией ПАО «Газпром нефть». Технология ориентирована на рационализацию транспортировки топлива и заключается в оптимальном планировании перевозок посредством искусственного интеллекта, что позволяет учитывать множество факторов, в частности объемы реализации топлива, характеристики транспортных средств, географические данные, график работы водителей и т.д. [153].

Технологический принцип «цифрового логиста» заключается в том, что нейронная сеть связывает множество нейронов, под которыми понимается единица обработки информации [162]. На примере транспортного средства, осуществляющего доставку нефтепродуктов, в нейросети замыкаются связи между системами видеонаблюдения за дорогой, люками и сливными коробами, электронные датчики на люках и сливных коробах, тахограф, видеорегистратор, зажигание двигателя, расход топлива и т.д. [153]. Таким образом, нейросеть – это совокупность связей

между нейронами, наиболее полно отражающая суть технологических процессов. Информационная платформа, объединяющая множество функциональных модулей, фиксирует на низшем уровне иерархии процессов даже самые незначительные отклонения, которые, в свою очередь, могут существенно повлиять на качество и безопасность транспортировки нефтепродуктов. Как следствие, за счет улавливания отклонений разного масштаба может быть предотвращена критическая аварийная ситуация, снижены риски, связанные с утечкой топлива при транспортировке, ухудшением качества сервиса и другими нештатными ситуациями.

Таким образом, цифровые технологии, базирующиеся на нейронных сетях, представляют собой сложное множество связей. Программа «цифровой логист», обрабатывая множество входных сигналов из внешней среды (посредством датчиков), формирует ответ. Преимущества нейрологистики сводятся к минимизации разного рода рисков, в том числе финансовых, коммерческих (приводящих к снижению надежности цепей поставок), экологических (в случае негативного воздействия на окружающую среду), технических (поломка транспортных средств) и других рисков.

Необходимость автоматизации промышленных систем обусловлена потенциальными возможностями ресурсосбережения, повышения производительности и улучшения качества выпускаемой продукции, а также наличием рискогенных факторов производства. В свою очередь, автоматизация лежит в основе цифровизации. Так, цифровизация промышленных систем невозможна без автоматизации отдельных процессов.

Примером могут служить системы водоснабжения и водопотребления. Практика внедрения когнитивных технологий в промышленные системы представлена такими примерами, как установка датчиков на трубах теплофикационной воды (ГК «СИБУР») [21], автоматизированная система управления технологическим процессом обратного водоснабжения производства полиэтилена низкого давления (ПАО «Казаньоргсинтез») [56], автоматизация очистки сточных вод посредством оснащения системы автоматическими средствами измерений и учета (АО

«ТАНЕКО») и др. Ключевой эффект цифровизации в нефтехимической промышленности сводится к ресурсосбережению и «проактивному управлению затратами», что позволяет своевременно осуществлять мониторинг расходования водных ресурсов [52, с. 63].

В целях определения потенциала цифровизации и освоения когнитивных технологий (на примере химической макротехнологии) относительно ресурсосберегающего вектора разработана и зарегистрирована программа для ЭВМ «Модель определения потенциала цифровизации нефтехимической отрасли» (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020660139, 28.08.2020) [71]. Программа, представляющая собой комплекс математических инструментов по управлению водо- и энергопотреблением нефтехимических предприятий, а также обрабатывающей промышленности в целом, разработана в целях определения потенциала цифровизации относительно ресурсосберегающего вектора развития нефтехимической отрасли. Программное решение позволяет прогнозировать уровень потребления ресурсов при интенсификации цифровизации нефтехимических производств. Программа создана на базе математических зависимостей, что позволяет оценить текущие и перспективные резервы цифровизации нефтехимических производств. Особенностью модели, лежащей в основе программного решения, является ее универсальный характер и неограниченность с точки зрения сферы применения (видов деятельности промышленного предприятия). Ее исполнение в среде Microsoft Excel позволяет легко интегрировать в существующую корпоративную информационную систему предприятия. Таким образом, разработанная программа позволяет совершенствовать ресурсную базу промышленного развития посредством управления вовлекаемых ресурсов и интегрируемых информационных технологий.

Интерфейс программного модуля представляет собой иерархическую структуру (рисунок 3.10). На верхнем уровне подразумевается инициация диагностики (определение потенциала цифровизации), на втором – выбор мезопромышленной системы, на третьем – горизонт диагностики (текущий или перспективный).

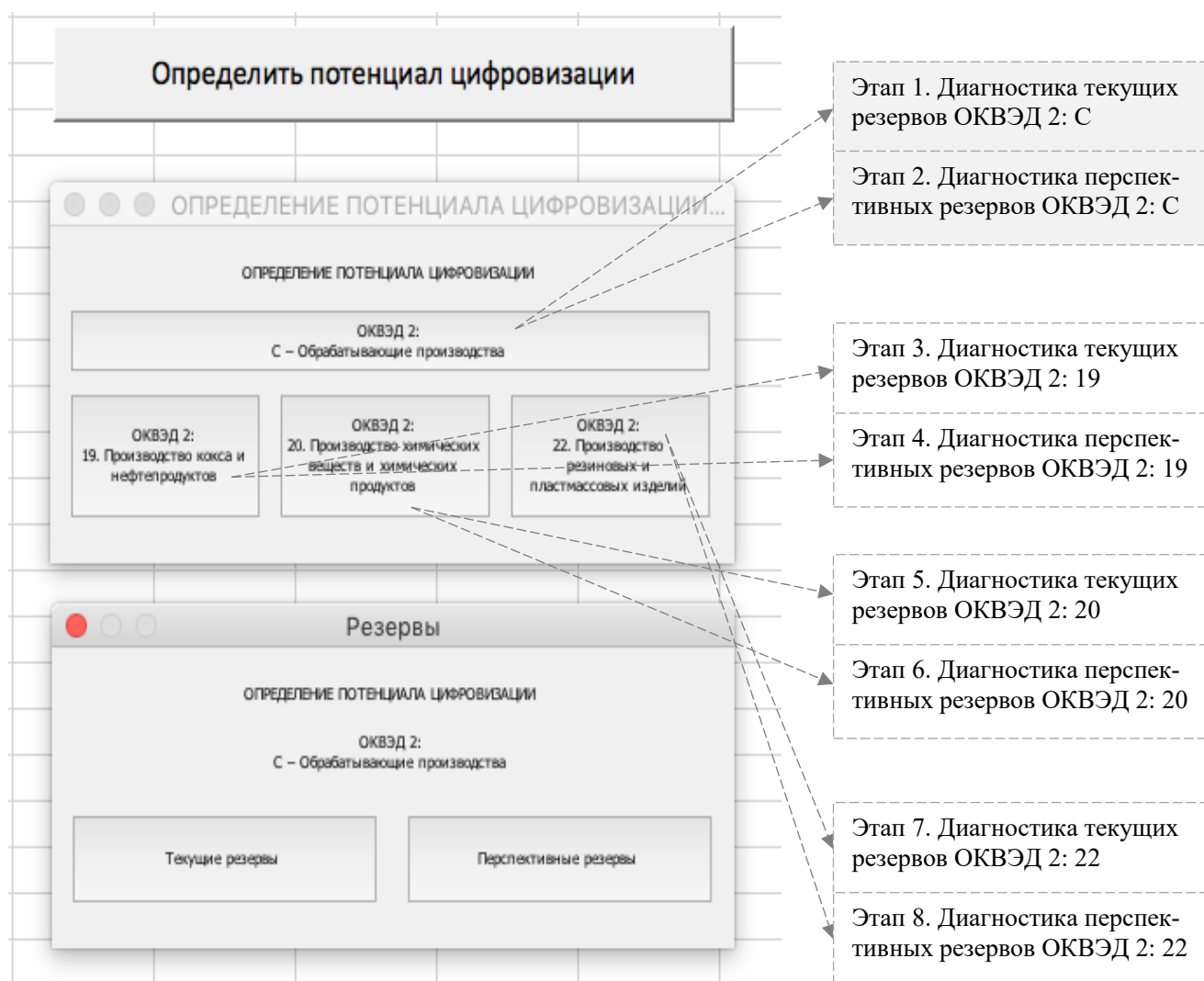
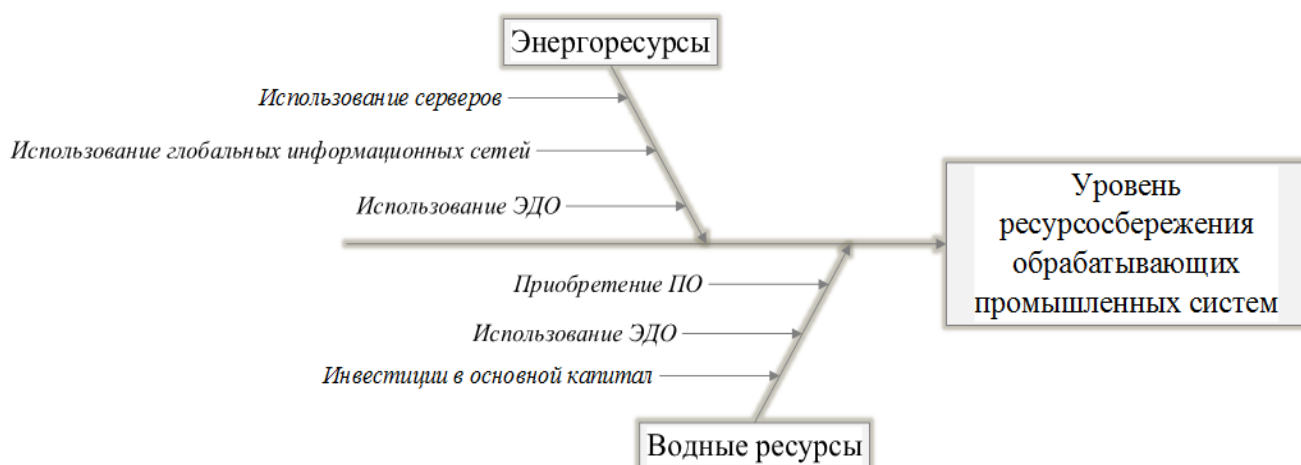
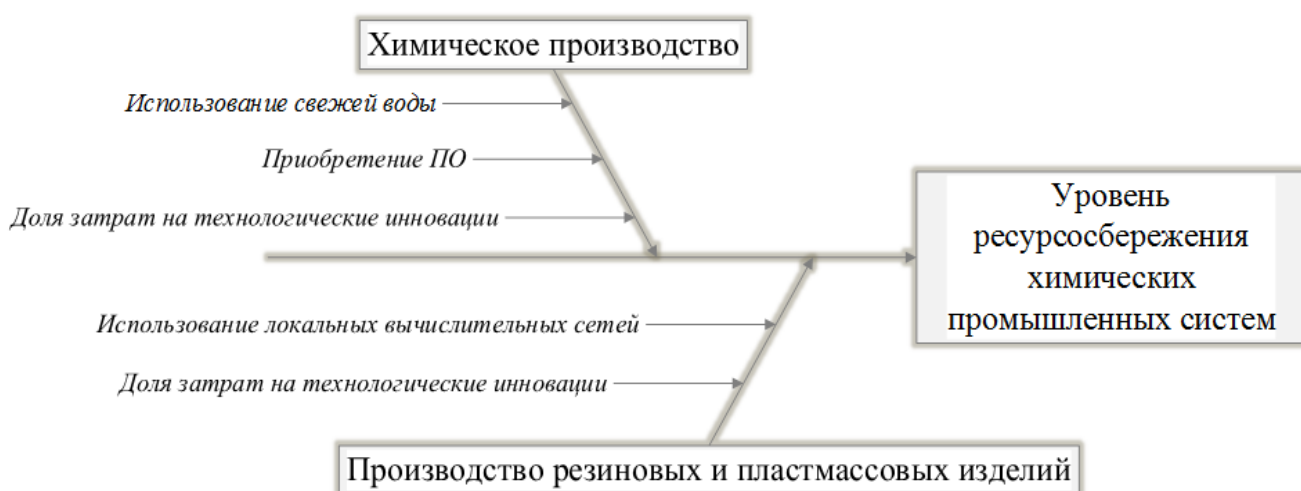


Рисунок 3.10 – Интерфейс программы для ЭВМ «Модель определения потенциала цифровизации нефтехимической отрасли» (разработано автором) [71]

На рисунке 3.11 представлена зависимость уровня ресурсосбережения промышленных систем от конкретных параметров, характеризующих внедрение когнитивных технологий на отраслевых промышленных предприятиях, закупку программного обеспечения (ПО), и в целом внедрение технологических инноваций и модернизацию основных фондов. Выявление приоритетных параметров базируется на применении корреляционно-регрессионного анализа, позволившего выявить наиболее тесные связи между показателями энергопотребления и водопотребления от показателей цифровой активности промышленных систем.



#### а) Обрабатывающие промышленные системы



#### б) Химические промышленные системы

Рисунок 3.11 – Причинно-следственные связи между использованием цифровых технологий и эффективностью ресурсопотребления (составлено автором)

Разработанный программный модуль диагностики когнитивных технологий охватывает ряд этапов, построенных в рамках управления ресурсным обеспечением промышленных систем.

#### Этап 1.

а) Потенциал цифровизации обрабатывающих производств, заложенный в энергосбережении. Для оценки потенциала цифровизации определена зависимость

потребления ресурсов (энергетических) от параметров цифровизации предприятий обрабатывающих производств [89]:

$$Y_1 = 665,048 + X_1*(-0,601) + X_2*(-4,721) + X_3*1,486, \quad (3.2)$$

где  $Y_1$  – всего потреблено обрабатывающими производствами топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), млн т условного топлива;

$X_1$  – «цифровая» активность промышленной системы в части использования серверов (доля организаций обрабатывающего сектора), %;

$X_2$  – «цифровая» активность промышленной системы в части использования глобальных информационных систем (доля организаций обрабатывающего сектора), %;

$X_3$  – «цифровая» активность промышленной системы в части использования электронного документооборота (доля организаций обрабатывающего сектора), %.

Уровень ресурсосбережения (Резервы сбережения топливно-энергетических ресурсов,  $Y_{1P}$ ) определяется как отклонение текущего уровня потребления ресурсов за  $i$ -ый год ( $Y_{1i}$ ) от потенциального уровня ( $Y_{1П}$ ), который, в свою очередь, определяется с учетом наилучших реально достижимых в перспективе значений переменных. Предложены целевые значения «цифровых» переменных ( $X_1 = 80\%$ ,  $X_2 = 100\%$ ,  $X_3 = 75\%$ ). Тогда потенциальный уровень потребления топливно-энергетических ресурсов составит:

$$Y_{1П} = 256,3 \text{ млн т условного топлива.} \quad (3.3)$$

Резервы сбережения топливно-энергетических ресурсов ( $Y_{1P}$ ) предложено оценить следующим образом:

$$Y_{1P} = Y_{1П} - Y_{1i}. \quad (3.4)$$

Градация уровня ресурсосбережения условно осуществлена на основе выделения трех диапазонов (критический, допустимый и нормативный), границы которых детерминированы, исходя из расчета:

$$Y_{1P} = Y_{1P(max)} / 2. \quad (3.5)$$

Таким образом, уровень ресурсосбережения колеблется в разрезе трех диапазонов: нормативного, допустимого и критического (таблица 3.2). Нормативным считается незначительное отклонение фактически потребленных топливно-энергетических ресурсов в секторе обрабатывающих производств ( $Y_1$ ) от потенциального уровня потребления, рассчитанного для данного типа промышленных систем ( $Y_{1P}$ ). Критическим признается высокое отклонение фактических значений от потенциального уровня показателя, обусловленное низкой степенью интеграции когнитивных технологий на промышленных предприятиях отрасли. Интервалы значений определяются экспертами из числа специалистов в области управления энергоресурсами (представители промышленных предприятий).

Таблица 3.2 – Идентификация уровня ресурсосбережения в обрабатывающих промышленных системах (предложено автором) [71]

| <i>Резервы сбережения топливно-энергетических ресурсов, млн. т условного топлива</i> | <i>Уровень ресурсосбережения</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| $0 < Y_{1P} < 15$                                                                    | «нормативный»                    |
| $15 < Y_{1P} < 30$                                                                   | «допустимый»                     |
| $Y_{1P} > 30$                                                                        | «критический»                    |

Рисунок 3.12 позволяет визуально оценить нереализованный потенциал цифровизации во временном разрезе, демонстрирует следующие выявленные закономерности:

- критический уровень ресурсосбережения зафиксирован в 2011–2012 гг.;
- допустимый – в 2010, 2013–2014, 2017–2020 гг.;
- нормативный – лишь в 2015–2016.





Рисунок 3.12 – Диаграмма резервов энергосбережения, обеспечиваемых цифровизацией обрабатывающих производств (построено автором)

Разработанная программа для ЭВМ предусматривает возможность изменения целевых значений переменных  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ , но в пределах обозначенных интервалов (границы интервалов определены между фактическими значениями по итогам 2017 года и целевыми).

б) Потенциал цифровизации обрабатывающих производств, заложенный в водосбережении. Для оценки определена зависимость потребления водных ресурсов от параметров цифровизации предприятий обрабатывающих производств [89]:

$$Y_2 = 5,62 + X_3 * (-0,02) + X_4 * 0,07 + X_5 * (-0,84), \quad (3.6)$$

где  $Y_2$  – общий объем использованной свежей воды предприятиями обрабатывающей промышленности, млрд м куб.;

$X_3$  – «цифровая» активность промышленной системы в части использования электронного документооборота (доля организаций обрабатывающего сектора), %;

$X_4$  – «цифровая» активность промышленной системы в части приобретения программного обеспечения (доля организаций обрабатывающего сектора), %;

$X_5$  – объем инвестиций в основной капитал организаций обрабатывающего сектора, трлн руб.

Предложены целевые значения:  $X_3$  – 80%,  $X_4$  – 30%,  $X_5$  – 5 трлн руб.

Обозначенный размер инвестиций обусловлен целевыми ориентирами, обозначенными Сводной стратегией развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года, в которой к 2024 г. определено соотношение инвестиций в основной капитал и валовой добавленной стоимости обрабатывающих производств, равное 25% [16]. По итогам 2021 г., несмотря на существенный прирост валовой добавленной стоимости в отрасли (рисунок 3.7 (б)), данный показатель составил лишь 18% (размер инвестиций в основной капитал в 2021 г. – 3,4 трлн руб., валовая добавленная стоимость – 18,9 трлн руб.). Учитывая оперативные данные Росстата о производстве валового внутреннего продукта (ВВП) в III квартале 2022 г. [213], по итогам календарного года ожидается снижение валовой добавленной стоимости в обрабатывающих производствах. В связи с этим при уровне инвестиций в 5 трлн руб. и при том же уровне валовой добавленной стоимости (18,9 трлн руб.) соотношение, принятое Сводной стратегией как методический инструмент оценки, составит 26,4%.

Таким образом, при объеме инвестиций в основной капитал обрабатывающих промышленных систем в 5 трлн руб., а также увеличения «цифровой» активности предприятий отрасли в части электронного документооборота и приобретения программного обеспечения, потенциальный уровень потребления водных ресурсов составит:

$$Y_{2П} = 2,06 \text{ млрд м куб.} \quad (3.7)$$

Предлагаемые пределы диапазонов уровня ресурсосбережения представлены в таблице 3.3. Интервалы значений определяются экспертами из числа специалистов в области управления водными ресурсами, а также участвующими в разработке и реализации программы устойчивого развития предприятия или отрасли (представители промышленных предприятий).

Таблица 3.3 – Идентификация уровня ресурсосбережения в обрабатывающих промышленных системах (предложено автором) [71]

| <i>Резервы сбережения водных ресурсов,<br/>млрд м куб.</i> | <i>Уровень ресурсосбережения</i> |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| $0 < Y_{2P} < 1,5$                                         | «нормативный» уровень            |
| $1,5 < Y_{2P} < 2$                                         | «допустимый» уровень             |
| $Y_{2P} > 2$                                               | «критический» уровень            |

Общая тенденция характеризуется устойчивым сокращением использования свежей воды, что компенсируется реализацией принципов экономики замкнутого цикла, в частности, оборотным использованием водных ресурсов. В 2010–2011 гг. потенциал цифровизации за счет водосбережения оценивается нами как допустимый, а в 2012–2020 – как нормативный. Рисунок 3.13 также позволяет визуально оценить нереализованный потенциал во временном разрезе.

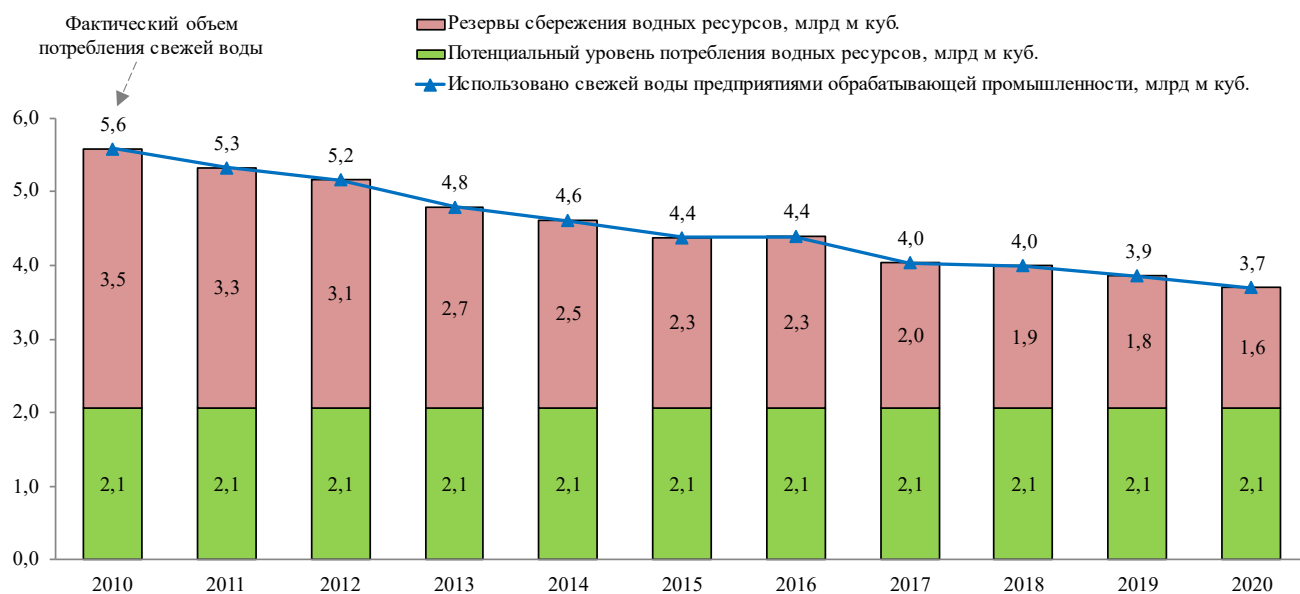


Рисунок 3.13 – Диаграмма резервов сбережения водных ресурсов, обеспечиваемых цифровизацией обрабатывающих производств (построено автором)

## Этап 2.

а) Перспективный потенциал цифровизации обрабатывающих производств, заложенный в энергосбережении. В основе прогностического подмодуля лежит мо-

дель, рассчитываемая по формуле (3.1). Данный подмодуль позволяет прогнозировать потенциал цифровизации и уровень потребления обрабатывающими производствами топливно-энергетических ресурсов на 2020–2030 гг.

б) Перспективный потенциал цифровизации обрабатывающих производств, заложенный в водосбережении. Подмодуль базируется на применении формулы (3.5) и также ориентирован на прогнозирование резервов ресурсосбережения в перспективе.

### Этап 3.

Потенциал цифровизации производства кокса и нефтепродуктов, заложенный в энергосбережении. В основе модуля лежит применение формулы (3.8):

$$Y_3 = 12,12 + X_6 * 1,37 + X_7 * 0,01, \quad (3.8)$$

где  $Y_3$  – объем продуктов переработки топлива, потребленных предприятиями по производству кокса и нефтепродуктов, млн т условного топлива;

$X_6$  – удельный вес затрат предприятий по производству кокса и нефтепродуктов на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %;

$X_7$  – размер инвестиций в основной капитал предприятий по производству кокса и нефтепродуктов, млрд руб.

В качестве целевых предложены значения:  $X_6$  – 4%;  $X_7$  – 800 млрд руб. Потенциальный уровень использования продуктов переработки топлива составляет:

$$Y_{3П} = 28,03 \text{ млн т условного топлива.} \quad (3.9)$$

Интервалы уровня резервов ресурсосбережения представлены в таблице 3.4, определены как отклонения от среднего значения за 11 лет (2010–2020 гг.). Принимая во внимание, что использование продуктов переработки топлива отвечает

принципам циркулярной экономики, то ориентиром принята максимизация данного показателя. На его росте позитивно сказывается инновационная деятельность, включая цифровизацию процессов.

Таблица 3.4 – Идентификация уровня ресурсосбережения на производствах кокса и нефтепродуктов (предложено автором) [71]

| <i>Резервы сбережения продуктов переработки топлива, млн т условного топлива</i> | <i>Уровень ресурсосбережения</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| $0 < Y_{3P} < 3,7$                                                               | «нормативный» уровень            |
| $3,7 < Y_{3P} < 7,4$                                                             | «допустимый» уровень             |
| $Y_{3P} > 7,4$                                                                   | «критический» уровень            |

В 2010–2012, 2016 и 2018 гг. резервы энергосбережения оцениваются нами как критические, цифровые инструменты, технологические инновации и соответствующие инвестиции не способствовали энергосбережению. Наилучшее значение было достигнуто в 2013 году. В остальные периоды зафиксирован допустимый уровень резервов (рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 – Диаграмма резервов энергосбережения, обеспечиваемых цифровизацией производства кокса и нефтепродуктов (построено автором)

#### Этап 4.

Перспективный потенциал цифровизации производства кокса и нефтепродуктов, заложенный в энергосбережении, определяется аналогично по формуле (3.8).

#### Этап 5.

Потенциал цифровизации химической промышленности, заложенный в энергосбережении. В основе программного модуля лежит применение формулы (3.10):

$$Y_4 = 29,17 + X_8 * 0,02 + X_9 * (-0,3) + X_{10} * (-0,49), \quad (3.10)$$

где  $Y_4$  – общий объем топливно-энергетических ресурсов, потребленных химическими предприятиями, млн т условного топлива;

$X_8$  – объем свежей воды, использованный предприятиями химических производств, млн м куб.;

$X_9$  – «цифровая» активность промышленной системы в части приобретения программного обеспечения (доля предприятий химических производств), %;

$X_{10}$  – удельный вес затрат химических производств на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %.

Предложены целевые значения:  $X_8$  – 650 млн м куб.,  $X_9$  – 23%,  $X_{10}$  – 5%. Потенциальный уровень использования топливно-энергетических ресурсов в химической промышленности составляет:

$$Y_{4П} = 31,9 \text{ млн т условного топлива.} \quad (3.11)$$

Уровень ресурсосбережения колеблется в разрезе трех диапазонов. Интервалы, как и выше, определены на основе средней арифметической резервов энергосбережения, которая за период 2010–2020 годы составила 6,6 (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Идентификация уровня ресурсосбережения на химических производствах (предложено автором) [71]

| <i>Резервы сбережения топливно-энергетических ресурсов, млн т условного топлива</i> | <i>Уровень ресурсосбережения</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| $0 < Y_{4P} < 3,3$                                                                  | «нормативный» уровень            |
| $3,3 < Y_{4P} < 6,6$                                                                | «допустимый» уровень             |
| $Y_{4P} > 6,6$                                                                      | «критический» уровень            |

Нормативный уровень за исследуемый период не достигнут. Допустимые значения диагностированы в 2011, 2013–2016 гг. (рисунок 3.15). В остальные календарные периоды констатируем нереализованный потенциал цифровизации и инновационного развития.



Рисунок 3.15 – Диаграмма резервов энергосбережения, обеспечиваемых цифровизацией химических промышленных систем (построено автором)

#### Этап 6.

Перспективный потенциал цифровизации химической промышленности, заложенный в энергосбережении, определяется аналогично по формуле (3.10).

#### Этап 7.

Потенциал цифровизации производства резиновых и пластмассовых изделий, заложенный в энергосбережении выявлен на основе формулы (3.12):

$$Y_5 = -3,82 + X_{11} * 0,32 + X_{12} * 0,08, \quad (3.12)$$

где  $Y_5$  – общий объем топливно-энергетических ресурсов, потребленных предприятиями по производству резиновых и пластмассовых изделий, млн т условного топлива;

$X_{11}$  – удельный вес затрат организаций, производящих резиновые и пластмассовые изделия, на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %;

$X_{12}$  – «цифровая» активность промышленной системы в части локальных вычислительных сетей (доля организаций, производящих резиновые и пластмассовые изделия, использовавших локальные вычислительные сети), %.

Предложены целевые значения:  $X_{11} = 1,5\%$ ;  $X_{12} = 75\%$ . Потенциальный уровень использования топливно-энергетических ресурсов на производствах резиновых и пластмассовых изделий составляет:

$$Y_{5П} = 2,4 \text{ млн т условного топлива.} \quad (3.13)$$

Интервалы значений уровня ресурсосбережения определены аналогично выше представленным методикам (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Идентификация уровня ресурсосбережения на производствах резиновых и пластмассовых изделий (предложено автором) [71]

| <i>Резервы сбережения топливно-энергетических ресурсов, млн т условного топлива</i> | <i>Уровень ресурсосбережения</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| $0 < Y_{5П} < 0,2$                                                                  | «нормативный» уровень            |
| $0,2 < Y_{5П} < 0,4$                                                                | «допустимый» уровень             |
| $Y_{5П} > 0,4$                                                                      | «критический» уровень            |

В наибольшей степени потенциал цифровизации и технологической модернизации реализован в 2014–2016 и 2020 г.; за 2017–2018 гг. зафиксирована средняя



степень реализации потенциала и средний уровень резервов энергосбережения (рисунок 3.16). В остальные периоды предприятия отрасли проявили низкую активность, которая могла способствовать более интенсивной технологической трансформации промышленных систем.



Рисунок 3.16 – Диаграмма резервов энергосбережения, обеспечиваемых цифровизацией промышленных систем, занятых производством резиновых и пластмассовых изделий (построено автором)

#### Этап 8.

Перспективный потенциал цифровизации производства резиновых и пластмассовых изделий, заложенный в энергосбережении, определяется аналогично по формуле (3.12).

Дифференцированный подход к развитию промышленных систем с учетом выявленных факторов позволяет сформулировать следующие рекомендации (для обрабатывающих промышленных систем в целом):

1) в целях сбережения энергетических ресурсов: стимулирование организа-

ций к интеграции глобальных информационных систем и серверов; мониторинг эффективности использования ЭДО;

2) в целях рационализации водопользования: развитие систем ЭДО и инвестирование в цифровизацию, а также диагностика целей и задач, на решение которых направлены закупаемые предприятиями программные средства.

Также определены драйверы энергосберегающего развития:

1) химических производств: приобретение программных комплексов и сосредоточение на технологических инновациях;

2) предприятий по производству кокса и нефтепродуктов: развитие технологических инноваций и инвестиционная активность (вдоль вектора автоматизации и цифровизации).

### 3.3 Новые методики измерения эффективности промышленных систем

Новые условия функционирования промышленных систем диктуют необходимость совершенствования методического обеспечения управления их эффективностью. В настоящем исследовании предлагается применять новые методики измерения эффективности промышленных систем, различающиеся по составу критериев оценки, объектам исследования, инструментам формализации.

1) **Первая методика** заключается в разработке интегрального индикатора устойчивого развития инновационных мезосистем в промышленности (ISDI). Совокупность показателей обусловлена спецификой авторского подхода, сфокусированного на комплексной оценке инновационного и устойчивого развития мезосистем в российской промышленности. В основе методики лежит расчет средней геометрической, что обусловлено различающейся размерностью факторов и большей наглядностью сравнения факторов устойчивого развития [402].

Расчет интегрального индикатора устойчивого развития инновационных мезосистем базируется на средней геометрической и предлагается рассчитывать по формуле (3.14) [402]:

$$ISDI = \sqrt[3]{I_{экон} \times I_{соц} \times I_{экол}}, \quad (3.14)$$

где  $I_{\text{экон}}$  – экономический фактор устойчивого развития инновационных мезосистем в промышленности, рассчитываемый по формуле (3.15):

$$I_{\text{экон}} = \sqrt[3]{V_{\text{ent}} \times V_{\text{ROA}} \times V_{\text{pat}}}; \quad (3.15)$$

где  $V_{\text{ent}}$  – доля предприятий с высоким уровнем углеродного следа, %;

$V_{\text{ROA}}$  – рентабельность активов обрабатывающих производств в мезосистеме, %;

$V_{\text{pat}}$  – индекс качества патентных заявок;

$I_{\text{соц}}$  – социальный фактор, рассчитываемый по формуле (3.16);

$$I_{\text{соц}} = \sqrt[2]{V_{\text{InPers}} \times V_{\text{Pers}}}; \quad (3.16)$$

где  $V_{\text{InPers}}$  – индекс численности персонала, занятого научными исследованиями и разработками, отнесенной к средней по России численности персонала (для построения деревьев классификации применен абсолютный показатель численности персонала  $N_{\text{InPers}}$ , тыс. чел.);

$V_{\text{Pers}}$  – доля занятых в обрабатывающих производствах от общей численности занятых, %;

$I_{\text{экол}}$  – экологический фактор, рассчитываемый по формуле (3.17):

$$I_{\text{экол}} = \sqrt[3]{V_{\text{EnvIn}} \times V_{\text{rec}} \times V_{\text{neutr}}}, \quad (3.17)$$

где  $V_{\text{EnvIn}}$  – доля организаций, осуществлявших экологические инновации, %;

$V_{\text{rec}}$  – индекс объема оборотной и последовательно используемой воды в мезосистеме, отнесенного к среднему по России объему;

$V_{\text{neutr}}$  – доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников в мезосистеме, %.

Показатель  $V_{\text{ent}}$  охватывает отрасли обрабатывающей промышленности, наносящие наиболее высокое негативное воздействие на окружающую среду, и отражает долю предприятий региона, функционирующих в сфере производства кокса и нефтепродуктов (720,6 тыс т выбросов загрязняющих веществ в атмосферу), химических веществ и лекарственных средств (364,7 тыс т), металлургическое производство (3696,1 тыс т) и производство неметаллической минеральной продукции (382,4 тыс т).

Индекс качества патентных заявок  $V_{\text{pat}}$  предложено вычислять по формуле (3.18):

$$V_{\text{pat}} = \frac{N_{\text{claims}}}{N_{\text{pat.is.}}}, \quad (3.18)$$

где  $N_{\text{claims}}$  – число выданных патентов, единиц;

$N_{\text{pat.is.}}$  – число поданных патентных заявок, единиц.

При расчете доли организаций, осуществлявших экологические инновации,  $V_{\text{EnvIn}}$  применена методика расчета средней гармонической, выбор которой обусловлен спецификой мезосистемы в части реализации всех типов экологических инноваций или части из них. В связи с этим применена формула (3.19):

$$V_{\text{EnvIn}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d}}, \quad (3.19)$$

где  $n$  – тип инноваций, обеспечивающих повышение экологической безопасности в процессе производства товаров, работ, услуг (сокращение материальных затрат, энергозатрат на производство, выброса диоксида углерода, переход на безопасные или менее опасные виды сырья и материалов, снижение загрязнения окружающей

среды, осуществление рециркуляции отходов производства и ресурсов, сохранение и воспроизводство используемых сельским хозяйством природных ресурсов);

$d$  – доля организаций в мезосистеме, осуществлявших  $n$ -й тип экологических инноваций.

Применение авторской методики позволило дать численную оценку факторам устойчивого развития инновационных мезосистем в промышленности (приложение Д). Ряд значений имеет отрицательный характер, что обусловлено отрицательной рентабельностью активов. Мы осознанно не прибегаем к преобразованию отрицательных значений, дабы акцентировать внимание на наиболее проблемных мезосистемах при их инновационной и промышленной активности [402].

Простая двумерная гистограмма распределения частот ISDI свидетельствует о высоком разбросе показателя и о неравномерном устойчивом развитии инновационных мезосистем (рисунок 3.17).

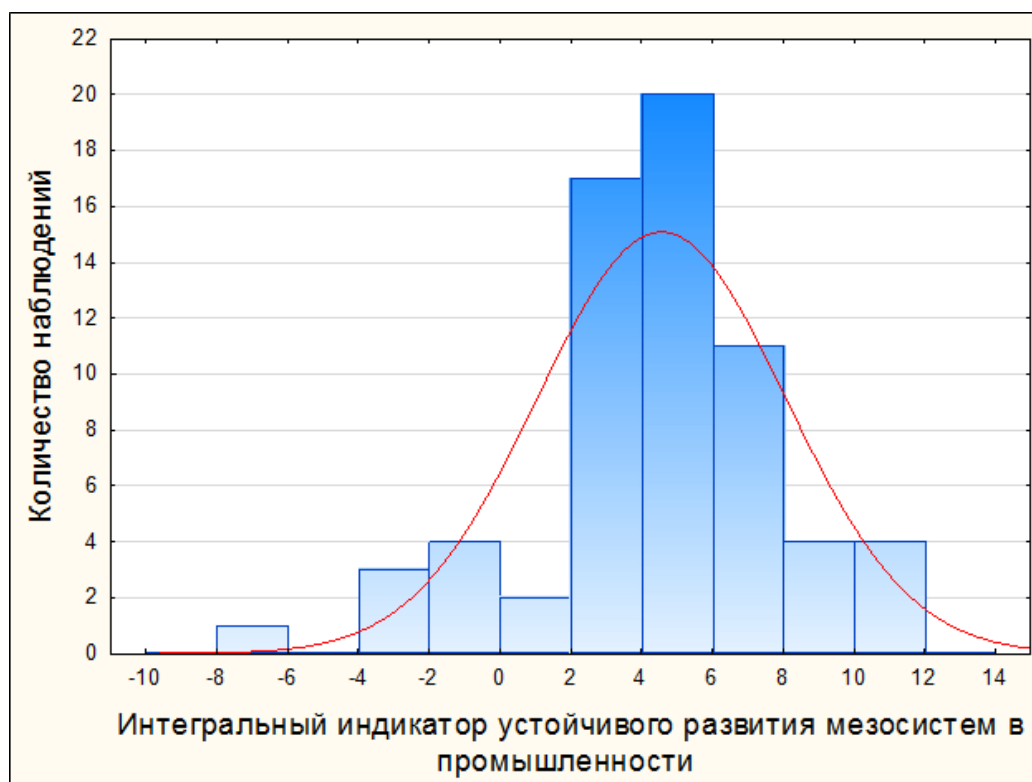


Рисунок 3.17 – Диаграмма распределения частот для переменной ISDI [402]

Верификация предложенного показателя осуществлена путем сопоставления с уровнем и динамикой доли организаций, осуществляющих технологические инновации в мезосистеме (рисунок 3.18). Точность модели (среднеквадратическое отклонение) составила 61% [402].

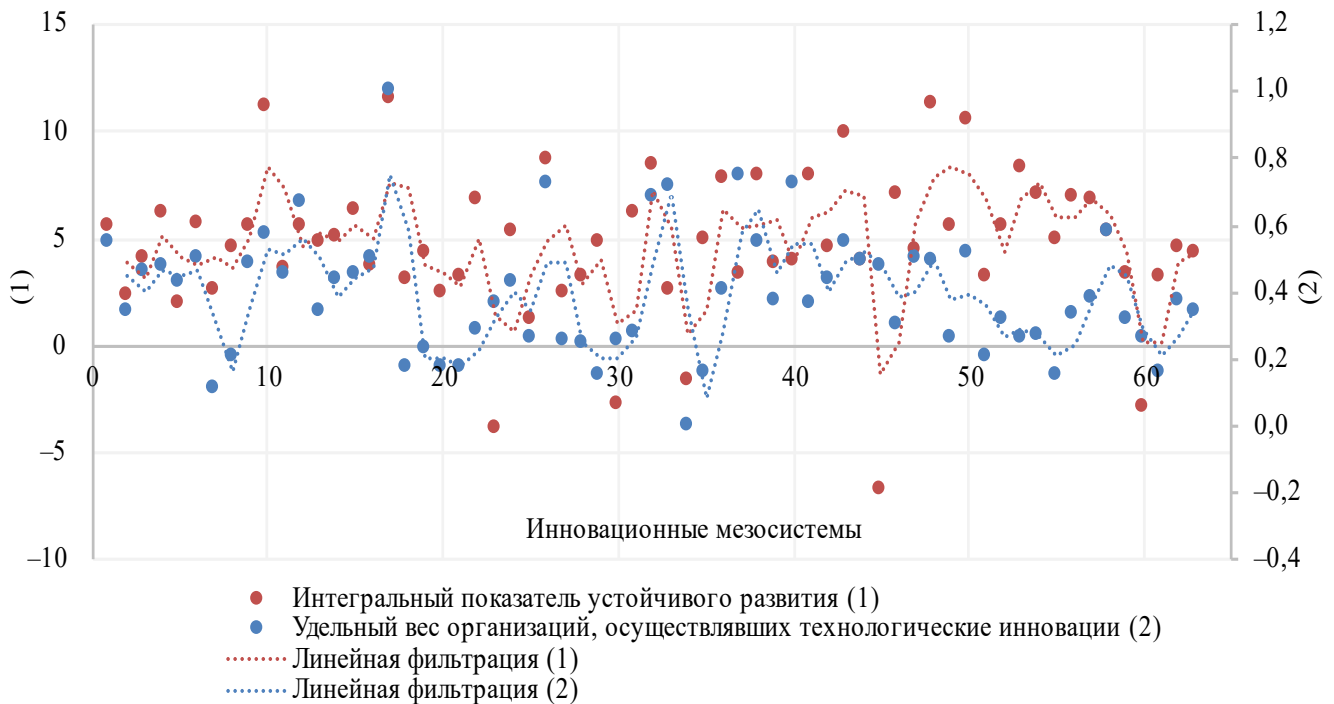


Рисунок 3.18 – График отклонений [402]

2) **Вторая методика** развивает ISDI-методику до уровня микроэкономических систем. Предлагаем расширить перечень учтенных показателей в экономическом, экологическом и социальном аспектах. Для этого предложено воспользоваться формулой средней геометрической для оценки экономического фактора устойчивого развития промышленного предприятия ( $I_{\text{экон}}$ ), социального фактора ( $I_{\text{соц}}$ ) и экологического фактора ( $I_{\text{экол}}$ ):

$$\begin{aligned}
 I_{\text{экон}} &= \sqrt[3]{V_{\text{RoE}} \times V_{\text{MP}} \times V_{\text{RoS}}} , \\
 I_{\text{соц}} &= \sqrt[3]{V_{\text{SP}} \times V_{\text{RGW}} \times V_{\text{STR}}} , \\
 I_{\text{экол}} &= \sqrt{V_{\text{REP}} \times V_{\text{RWD}}} ,
 \end{aligned}
 \tag{3.20}$$

где  $V_i$  – переменные (субиндексы);

$V_{RoE}$  – энергоотдача, руб. / руб.;

$V_{MP}$  – материалоотдача, руб. / руб.;

$V_{RoS}$  – рентабельность продаж, коэффициент;

$V_{SP}$  – расходы по социальной политике и благотворительность, млн руб. на 1 сотрудника;

$V_{RGW}$  – темп роста тарифных ставок / заработной платы, %;

$V_{STR}$  – средний уровень текучести кадров, % (в силу негативного характера показатель рассчитан как обратная величина от среднего уровня текучести кадров);

$V_{REP}$  – объем сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, тыс т;

$V_{RWD}$  – объем сокращения сбросов сточных вод, млн м куб.

Параметры оценки показателя следующие: чем выше значение каждого из трёх факторов, тем более устойчивое развитие демонстрирует промышленная система.

На основе данных трёх факторов предлагается оценить интегральный индикатор устойчивого развития предприятия  $SDI_E$  путем расчета средней геометрической. В данном случае показатель устойчивого развития промышленного предприятия рассчитывается по формуле (3.21):

$$SDI_E = \sqrt[3]{I_{\text{экон}} \times I_{\text{соц}} \times I_{\text{экол}}}. \quad (3.21)$$

**3) Третья методика** предусматривает расчет и диагностику коэффициента развития инновационной промышленной системы. Подход базируется на методе рейтинговых оценок и эталонных значениях и ориентирован на комплексную оценку развития промышленной системы. Для этого разработан показатель, учитывающий корреляцию предикторов с валовой добавленной стоимостью, создаваемой отдельным сектором экономики – коэффициент развития инновационной промышленной системы ( $K_{iisd}$ ). Он учитывает критерии технической модернизации,

развития, инновационной активности, экологизации и отражает комплексную эффективность функционирования промышленной системы. Алгоритм методики охватывает ряд этапов:

- 1) сбор данных о развитии инновационных промышленных систем;
- 2) парный корреляционный анализ, результатом которого является таблица данных с коэффициентами корреляции;
- 3) ранжирование предикторов в зависимости от тесноты связи, результатом чего являются присвоение весовых коэффициентов независимым переменным;
- 4) выявление эталонных значений в рядах динамики – наилучших значений переменных  $x_{j(i)}$ ;
- 5) взвешенная оценка фактических значений, в результате чего формируется таблица взвешенных значений  $x_{j(i)}$ ;
- 6) комплексная оценка эффективности инновационных промышленных систем в разрезе наблюдений;
- 7) оценка динамики коэффициента развития инновационной промышленной системы ( $K_{iisd}$ ) и выявление тренда;
- 8) оценка тесноты связи коэффициента развития инновационной промышленной системы ( $K_{iisd}$ ) с валовой добавленной стоимостью.

Формализация методического решения имеет вид (3.22) [401]:

$$K_{iisd} = \sum_{j=1}^4 \left( \frac{x_{ij(\min)}}{x_{ij(zod)}} \times w_j \right) + \sum_{j=1}^4 \left( \frac{x_{ij(zod)}}{x_{ij(\max)}} \times w_j \right),$$

$$w_j = \frac{a_j}{4},$$

$$w_j \leq 1,$$

$$a_j = 4, \text{ если } r_{\max}(Y_i; x_{ij}),$$

$$a_j = 1, \text{ если } r_{\min}(Y_i; x_{ij}),$$
(3.22)

где  $K_{iisd}$  – коэффициент развития инновационной промышленной системы;

$j$  – один из четырех признаков ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ );



$X_{ij(\min)}$  ИЛИ  $X_{ij(\max)}$  – эталонное значение для соответствующего признака в ряду динамики;

$X_{ij(\text{год})}$  – фактическое значение показателя в конкретном году;

$w_j$  – весовой коэффициент  $j$ -го признака;

$a_j$  – ранг, присвоенный  $j$ -му признаку в соответствии со значением коэффициента корреляции ( $a_j = 4$  для признака с наибольшей теснотой связи;  $a_j = 1$  для признака с наименьшей теснотой связи);

$Y_i$  – валовая добавленная стоимость в  $i$ -м секторе промышленности.

Согласно алгоритму авторской методики сбор данных о развитии промышленных систем в России (Приложение Е) позволил осуществить корреляционный анализ, в результате которого выявлено, что зависимая переменная ( $Y_i$ ) существенно зависит от всех четырех входных переменных ( $X_{1(i)}$ ,  $X_{2(i)}$ ,  $X_{3(i)}$ ,  $X_{4(i)}$ ) в обоих случаях – добывающего и обрабатывающего сектора экономики в России (таблица 3.7). Коэффициенты корреляции превышают 0,7, теснота связи между всеми показателями высокая.

Таблица 3.7 – Матрица корреляций и ранжирование показателей [401]

|                     | $Y_{\text{доб}}$ | Ранг признака, $a$ | Вес, $w$ |                     | $Y_{\text{обр}}$ | Ранг признака, $a$ | Вес, $w$ |
|---------------------|------------------|--------------------|----------|---------------------|------------------|--------------------|----------|
| $Y_{\text{доб}}$    | 1                |                    |          | $Y_{\text{обр}}$    | 1                |                    |          |
| $X_{1(\text{доб})}$ | 0,788233         | 1                  | 0,25     | $X_{1(\text{обр})}$ | 0,915754         | 2                  | 0,5      |
| $X_{2(\text{доб})}$ | 0,997309         | 4                  | 1        | $X_{2(\text{обр})}$ | 0,996381         | 4                  | 1        |
| $X_{3(\text{доб})}$ | 0,862541         | 2                  | 0,5      | $X_{3(\text{обр})}$ | 0,917357         | 3                  | 0,75     |
| $X_{4(\text{доб})}$ | 0,953822         | 3                  | 0,75     | $X_{4(\text{обр})}$ | 0,720713         | 1                  | 0,25     |

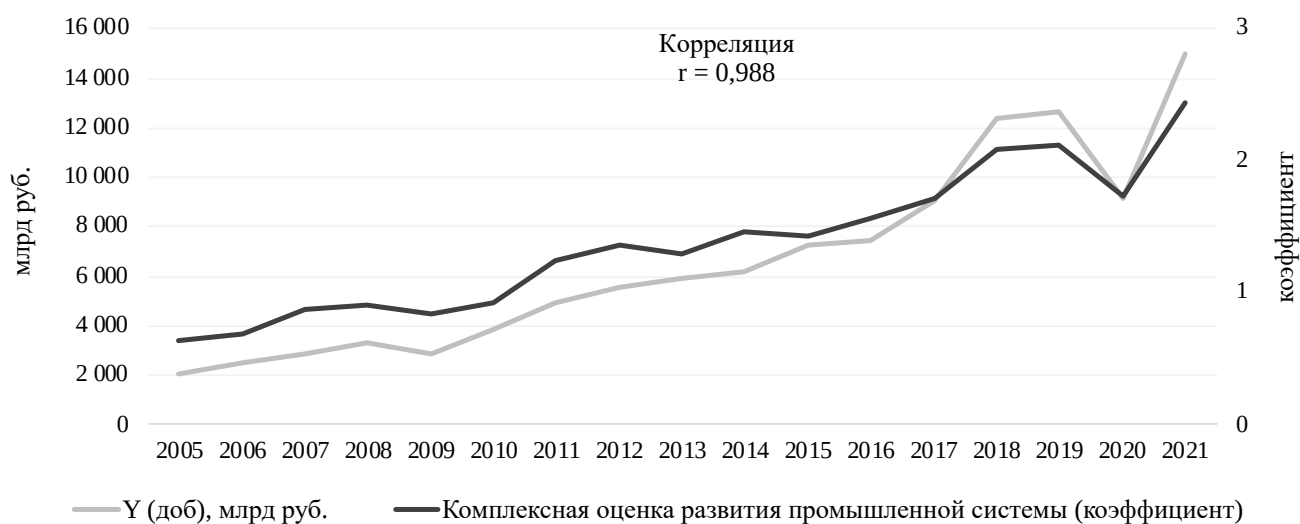
Располагая всеми необходимыми данными, выявили эталонные значения в рядах динамики. Далее по формуле (3.22) рассчитаны взвешенные значения четырех показателей за исследуемый период и итоговый коэффициент развития инновационной промышленной системы  $K_{\text{iisd}}$  для двух типов промышленных систем (таблица 3.8) и сопоставлен с динамикой валовой добавленной стоимости (рисунок 3.19).

Таблица 3.8 – Взвешенные данные для комплексной оценки развития промышленной системы [401]

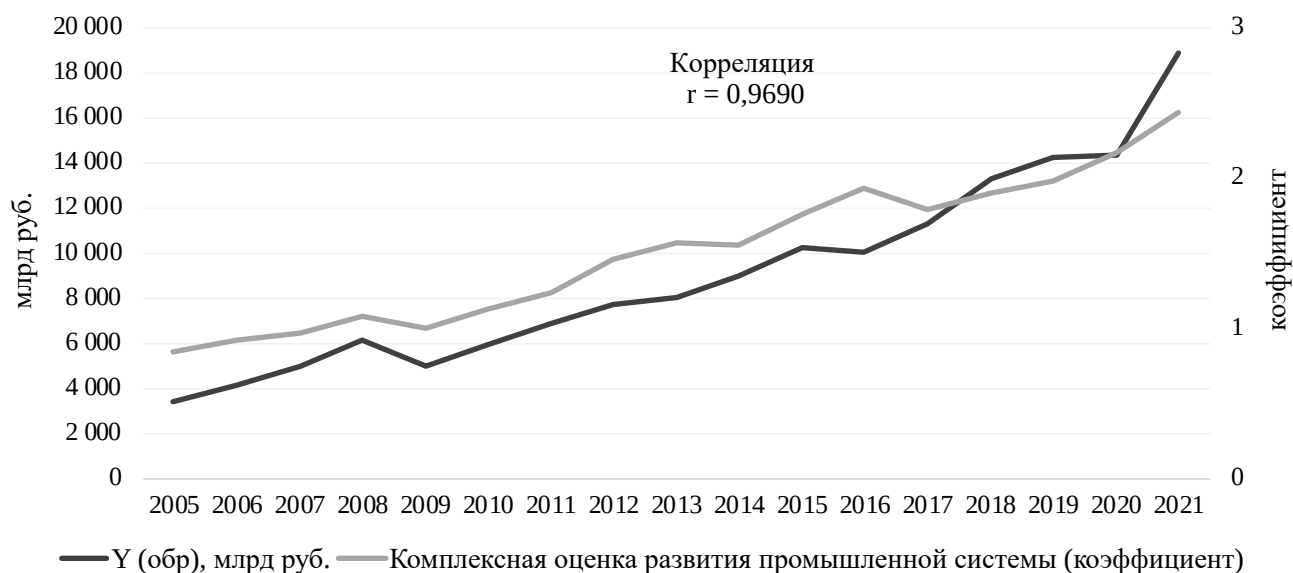
| Год        | K <sub>iisd</sub> (1)   | X <sub>1</sub> (1) | X <sub>2</sub> (1) | X <sub>3</sub> (1) | X <sub>4</sub> (1) | K <sub>iisd</sub> (2)       | X <sub>1</sub> (2) | X <sub>2</sub> (2) | X <sub>3</sub> (2) | X <sub>4</sub> (2) |
|------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|            | Добывающие производства |                    |                    |                    |                    | Обрабатывающие производства |                    |                    |                    |                    |
| <i>Вес</i> |                         | 0,25               | 1                  | 0,5                | 0,75               |                             | 0,5                | 1                  | 0,75               | 0,25               |
| 2005       | 0,63                    | 0,23               | 0,13               | 0,05               | 0,22               | 0,85                        | 0,48               | 0,14               | 0,09               | 0,13               |
| 2006       | 0,68                    | 0,23               | 0,16               | 0,05               | 0,24               | 0,92                        | 0,49               | 0,18               | 0,13               | 0,13               |
| 2007       | 0,87                    | 0,23               | 0,19               | 0,06               | 0,38               | 0,97                        | 0,50               | 0,22               | 0,16               | 0,09               |
| 2008       | 0,90                    | 0,24               | 0,22               | 0,08               | 0,36               | 1,07                        | 0,50               | 0,27               | 0,18               | 0,12               |
| 2009       | 0,84                    | 0,25               | 0,22               | 0,07               | 0,31               | 1,00                        | 0,50               | 0,23               | 0,15               | 0,12               |
| 2010       | 0,92                    | 0,24               | 0,26               | 0,09               | 0,33               | 1,12                        | 0,49               | 0,30               | 0,20               | 0,13               |
| 2011       | 1,25                    | 0,24               | 0,34               | 0,30               | 0,38               | 1,24                        | 0,49               | 0,36               | 0,27               | 0,13               |
| 2012       | 1,37                    | 0,24               | 0,38               | 0,30               | 0,44               | 1,46                        | 0,49               | 0,40               | 0,40               | 0,17               |
| 2013       | 1,29                    | 0,23               | 0,39               | 0,30               | 0,37               | 1,56                        | 0,49               | 0,43               | 0,52               | 0,13               |
| 2014       | 1,46                    | 0,22               | 0,41               | 0,37               | 0,45               | 1,56                        | 0,49               | 0,47               | 0,48               | 0,12               |
| 2015       | 1,43                    | 0,22               | 0,48               | 0,21               | 0,52               | 1,76                        | 0,48               | 0,56               | 0,59               | 0,14               |
| 2016       | 1,56                    | 0,22               | 0,50               | 0,24               | 0,60               | 1,93                        | 0,46               | 0,57               | 0,66               | 0,25               |
| 2017       | 1,72                    | 0,21               | 0,59               | 0,28               | 0,63               | 1,79                        | 0,46               | 0,61               | 0,58               | 0,14               |
| 2018       | 2,09                    | 0,22               | 0,77               | 0,34               | 0,75               | 1,90                        | 0,45               | 0,71               | 0,61               | 0,13               |
| 2019       | 2,12                    | 0,22               | 0,78               | 0,38               | 0,75               | 1,99                        | 0,44               | 0,75               | 0,61               | 0,18               |
| 2020       | 1,73                    | 0,21               | 0,62               | 0,28               | 0,62               | 2,17                        | 0,44               | 0,79               | 0,70               | 0,23               |
| 2021       | 2,44                    | 0,20               | 1,00               | 0,50               | 0,73               | 2,43                        | 0,43               | 1,00               | 0,75               | 0,25               |

Верификация методики проводится путем сопоставления с валовой добавленной стоимостью (рисунок 3.19). В целом следует отметить высокое качество предлагаемого показателя, который ёмко и всесторонне описывает особенности промышленных систем в конкретный период времени, а также позволяет проводить компаративный анализ развития различных объектов исследования.

4) **Четвертая методика** разработана для оценки перехода промышленных микросистем (предприятий) к модели «зелёного» предприятия, основанной на принципах энергоресурсоэффективности и снижения нагрузки на окружающую среду.



#### а) Добыча полезных ископаемых



#### б) Обрабатывающие производства

Рисунок 3.19 – Верификация авторской методики [401]

Проведен сравнительный анализ потребления промышленных ресурсов нефтехимическими предприятиями Республики Татарстан (таблица 3.9). Предприятия расположены в порядке убывания ресурсопотребления. По итогам 2020 года наиболее высокие абсолютные показатели расхода ресурсов и углеродного следа демонстрирует ПАО «Нижнекамскнефтехим».

Таблица 3.9 – Эколого-энергетические аспекты производственных микросистем, 2020 г. [247]

| Предприятие                                | Расход электроэнергии, тыс. кВт. ч | Использование воды, тыс. м <sup>3</sup> | Сброс сточных вод, тыс. м <sup>3</sup> | Выброс загрязнений в атмосферу от стационарных источников, т | Объем образовавшихся отходов (I-IV кл. опасности), т |
|--------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| ПАО «Нижекамскнефтехим»                    | 2 586 752,8                        | 55 313,1                                | 41 950,0                               | 17 346,0                                                     | 34 223,6                                             |
| ПАО «Казаньоргсинтез»**                    | 1 686 485,0                        | 14 119,0                                | 10 801,5                               | 10 691,2                                                     | 18 043,0                                             |
| АО «ТАНЕКО»                                | 1 079 787,4                        | 1 039,2                                 | 2 566,8                                | 2 415,7                                                      | 6 368,5                                              |
| ПАО «Нижекамскшина»                        | 298 752,0                          | 1 468,4                                 | 477,0                                  | 450,7                                                        | 7 756,1                                              |
| ООО «П-Д Татнефть - Алабуга Стекловолокно» | 31 685,9                           | 172,1                                   | 147,0                                  | 320,8                                                        | 2 859,0                                              |
| АО «Нижекамсктехуглерод»*                  | 5 176,6                            | 2 024,6                                 | 79,5                                   | 968,4                                                        | 4 837,8                                              |
| ООО «Татнефть-Прескомполит»*               | 2 391,6                            | 10,0                                    | 3,7                                    | 9,0                                                          | 333,7                                                |

Примечание: \*Данные за 2019 г.

\*\*Данные за 2018 г.

На основе эколого-энергетических данных о предприятиях нефтехимии предлагается оценивать переход микропромышленных систем к «зелёному» предприятию (рисунок 3.20). В основу расчета заложена формула средней геометрической, согласно которой предложены и далее рассчитаны агрегированные индикаторы на входе в производственную систему ( $I_{вх}$ ), отражающие динамику ресурсопотребления, и на выходе из нее ( $I_{вых}$ ), транслирующие динамику загрязнения окружающей среды (ОС). Агрегированные индикаторы предлагается рассчитывать на базе темпов роста: в первом случае – показатели динамики использования электро- и тепловой энергии и водных ресурсов, во втором случае – сброса сточных вод, загрязнения атмосферы и отходов. Приняты следующие обозначения темпов роста:  $Tr_1$  – темп роста расхода электроэнергии;  $Tr_2$  – темп роста расхода тепла;  $Tr_3$  – темп роста водопользования;  $Tr_4$  – темп роста сброса сточных вод;  $Tr_5$  – темп роста выбросов загрязняющих веществ;  $Tr_6$  – темп роста отходов I-IV кл. опасности.

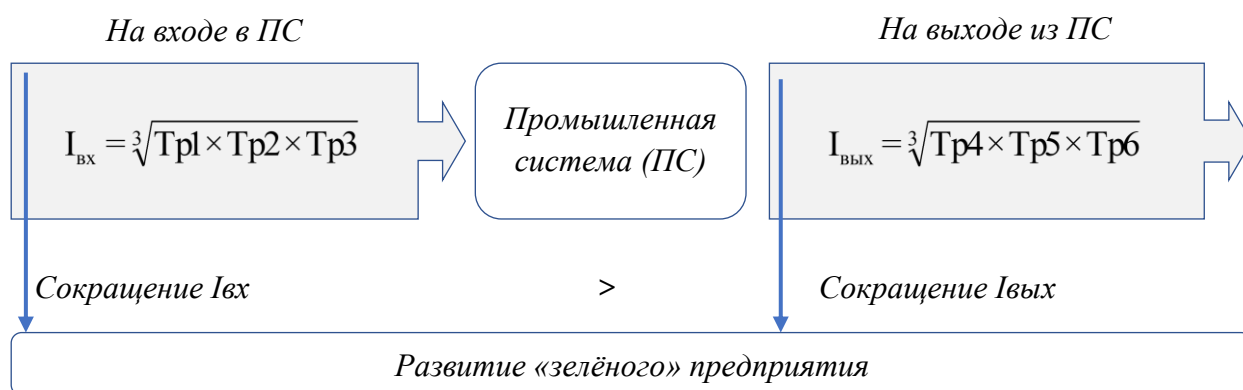


Рисунок 3.20 – Динамическая модель оценки уровня экологизации промышленных систем (предложено автором)

Согласно нашей методологии, переход к «зелёному» предприятию подразумевает сдерживание повышения темпов роста ресурсопотребления (за счет оптимизации) и безусловное снижение темпов роста загрязнения водных объектов, атмосферы (менее 100%). В связи с этим определено условие «зелёного» коридора в виде неравенства:

$$I_{\text{вх}} > I_{\text{вых}}. \quad (3.23)$$

Невыполнение неравенства принято рассматривать как неэффективную динамику развития предприятия, ориентированного на экологизацию производственной инфраструктуры.

Выполнение неравенства в динамике предлагается оценивать как «зелёный» коридор. Если прослеживается стабильное невыполнение неравенства, то имеет место «красный» коридор. Промежуточное состояние, переходное отождествляется с «желтым» коридором. Таким образом, на основе применения формализованной выше процедуры оценки тенденций развития «зелёных» нефтехимических предприятий идентифицировано, что по пути «зелёного» предприятия развиваются ПАО «Нижекамскшина» и АО «ТАНЕКО» (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Тенденции развития «зелёных» предприятий в нефтехимической промышленности Республики Татарстан [81, 247]

| Наблюдения                                            | Динамика ресурсо-<br>потребления | Сопоставление                  | Динамика за-<br>грязнения ОС |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| <b>ПАО «Нижнекамскшина»</b>                           | $I_{вх}$                         | <b>«Зелёный» ко-<br/>ридор</b> | $I_{вых}$                    |
| 2017                                                  | 102,13                           | <                              | 105,38                       |
| 2018                                                  | 105,25                           | >                              | 103,36                       |
| 2019                                                  | 96,88                            | >                              | 86,29                        |
| 2020                                                  | 93,48                            | >                              | 81,44                        |
| <b>АО «ТАНЕКО»</b>                                    | $I_{вх}$                         | <b>«Зелёный» ко-<br/>ридор</b> | $I_{вых}$                    |
| 2017                                                  | 117,44                           | >                              | 97,48                        |
| 2018                                                  | 141,82                           | >                              | 109,88                       |
| 2019                                                  | 121,20                           | <                              | 143,49                       |
| 2020                                                  | 90,06                            | <                              | 95,26                        |
| <b>ООО «П-Д Татнефть – Алабуга<br/>Стекловолокно»</b> | $I_{вх}$                         | <b>«Красный» ко-<br/>ридор</b> | $I_{вых}$                    |
| 2017                                                  | 98,82                            | <                              | 136,70                       |
| 2018                                                  | 102,25                           | >                              | 93,07                        |
| 2019                                                  | 95,95                            | <                              | 98,33                        |
| 2020                                                  | 107,20                           | <                              | 120,59                       |
| <b>ПАО «Нижнекамскнефтехим»</b>                       | $I_{вх}$                         | <b>«Желтый» ко-<br/>ридор</b>  | $I_{вых}$                    |
| 2019                                                  | 97,44                            | >                              | 90,00                        |
| 2020                                                  | 88,57                            | <                              | 90,47                        |

Предприятия демонстрируют переход от устойчивого «красного» к устойчивому «зелёному» коридору. Причем ПАО «Нижнекамскшина» опережает АО «ТАНЕКО» в развитии, о чем свидетельствует выполнение условия «зелёного» коридора (формула (3.23)) в период с 2018 года, АО «ТАНЕКО» – с 2019 года (соответствующие строки таблицы выделены цветом).

Неблагоприятная тенденция характерна для ООО «П-Д Татнефть – Алабуга Стекловолокно», поскольку условие «зелёного» коридора стабильно не выполняется, возрастает негативное воздействие производственной системы на окружающую среду. Предприятие должно быть обозначено как одно из приоритетных для инвестирования и государственной поддержки в части модернизации основных фондов, внедрения инноваций.

Критические изменения наблюдались в деятельности ПАО «Нижнекамскнефтехим». С одной стороны, очевидно стабильное снижение темпов роста ресурсопотребления и загрязнения окружающей среды, с другой стороны, неустойчиво выполнение условия «зелёного» коридора.

**5) Пятая методика** позволяет оценить «зелёный» эффект развития промышленных систем и агрегирует приоритетные направления развития – экономики замкнутого цикла, устойчивого развития, когнитивных технологий. Разработана концептуальная модель «зелёного» предприятия (рисунок 3.21), представляющая собой упорядоченную совокупность генеральной цели (в формате «зелёного» эффекта), вектора стратегического развития, инструментов и принципов.

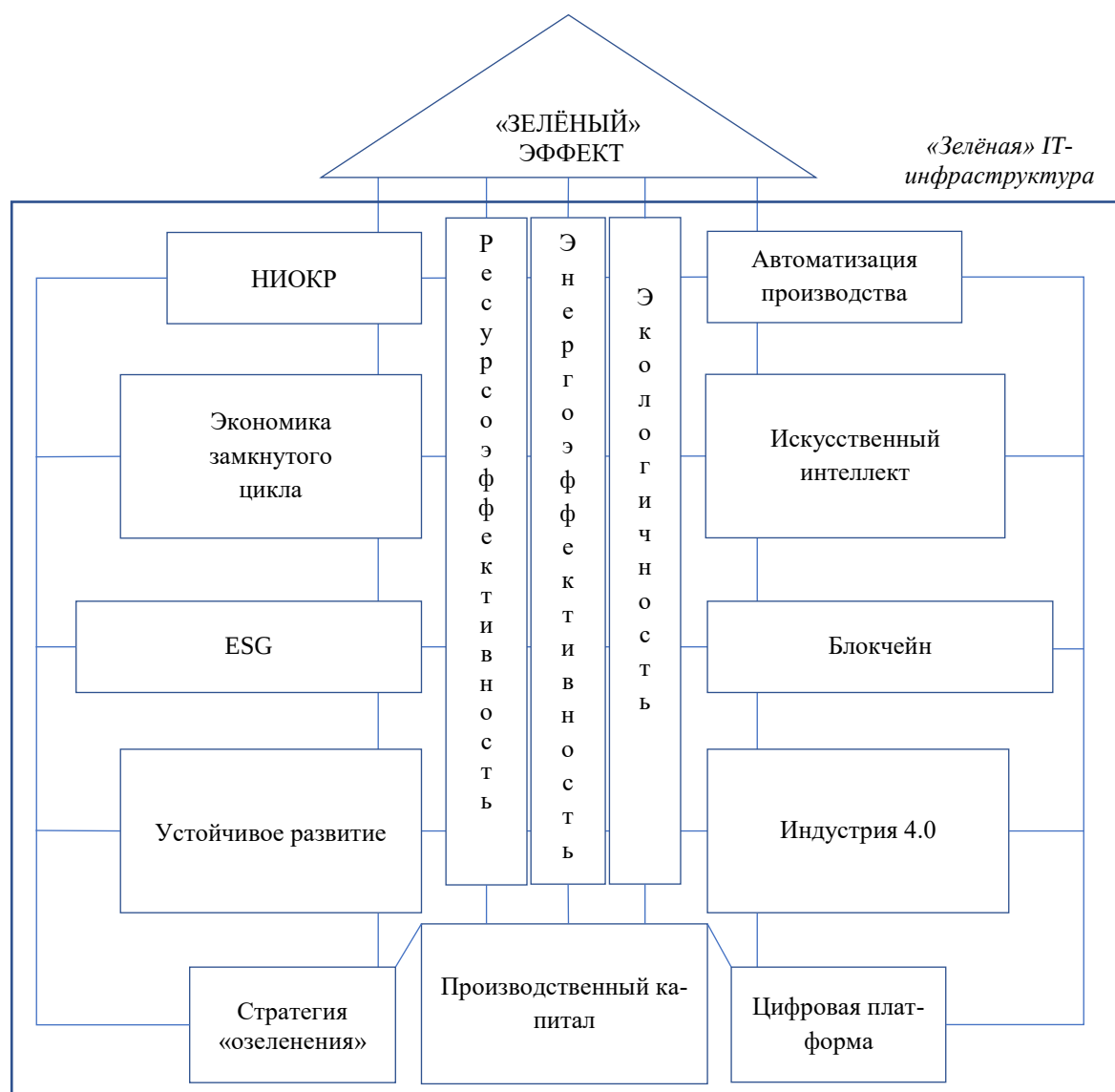


Рисунок 3.21 – Концептуальная модель «зелёного» предприятия [81]

Основная идея базируется на концентрации усилий промышленной системы на достижении максимального «зелёного» эффекта в условиях цифровизации, стратегических инициатив, нормативно-правового регулирования и ограниченности ресурсного потенциала. «Столпами» достижения «зелёного» эффекта обозначены результаты эффективности производственной деятельности – ресурсоэффективность, энергоэффективность и экологичность. Контур модели формируется из двух компонентов: организация производства с учетом принципов экологизации (левый блок схемы на рисунке 3.21); организация промышленной системы путем внедрения современных технологий (правый блок схемы) [53].

Таким образом, при внедрении актуальных принципов устойчивого развития и Индустрии 4.0 в той или иной степени достигаются одновременно ресурсоэффективность, энергоэффективность и экологичность, которые, в свою очередь, определяют «зелёный» эффект.

Формализация авторской идеи может быть отражена в виде функции зависимости (3.24):

$$\begin{aligned} Z &= f(Y_p, Y_{\text{эн}}, Y_{\text{эк}}), \\ Z &= \sum Y_i w_i, \end{aligned} \quad (3.24)$$

где  $Z$  – «зелёный» эффект ( $Z$ ), оцениваемый как величина изменения объемов выбросов веществ, загрязняющих атмосферу и гидросферу, образуемых в процессе функционирования промышленного предприятия;

$Y_p$  – уровень ресурсоэффективности промышленного предприятия;

$Y_{\text{эн}}$  – уровень энергоэффективности промышленного предприятия;

$Y_{\text{эк}}$  – уровень экологичности промышленного предприятия;

$w_i$  – весовой коэффициент при  $Y_i$ , определяется методом экспертных оценок (сумма  $w_p$ ,  $w_{\text{эн}}$  и  $w_{\text{эк}}$  равна 1).

Вместе с тем каждый из трёх столпов определяется совокупным влиянием двух агрегированных факторов – устойчивого развития и цифровизации, каждому



из которых присваивается весовой коэффициент, определяемый методом экспертных оценок –  $w_{yp}$  и  $w_{ц}$  (в сумме равный 1). Тогда  $Y_i$  примет вид (3.25):

$$Y = f(X_{эк}, X_{об}, X_{авт}, X_{сре}, X_{ии}),$$

$$Y_i = w_{yp(i)} * (X_{эк} + X_{об}) + w_{ц(i)} * (X_{сре} + X_{ии}), \quad (3.25)$$

где  $X_{эк}$  – фактор, описывающий экологические инновации;

$X_{об}$  – фактор, описывающий оборотное использование ресурсов;

$X_{авт}$  – фактор, описывающий уровень автоматизации производственных процессов на предприятии;

$X_{сре}$  – фактор, описывающий уровень внедрения систем распределённого реестра (блокчейн);

$X_{ии}$  – фактор, описывающий уровень внедрения искусственного интеллекта;

$w_{yp(i)}$ ,  $w_{ц(i)}$  – весовые коэффициенты, соответствующие  $Y_i$ . Предполагается, что факторы  $X_i$  в разной степени влияют на ресурсоэффективность, энергоэффективность и экологичность предприятия. Степень влияния в виде весового коэффициента определяют эксперты – представители структурных подразделений предприятия, отвечающих за разные направления развития производственной системы.

Тогда формула расчета «зелёного» эффекта ( $Z$ ) примет вид (3.26):

$$Z = \sum Y_i w_i = w_p * (w_{yp(p)} * (X_{эк} + X_{об}) + w_{ц(p)} * (X_{сре} + X_{ии})) +$$

$$+ w_{эн} * (w_{yp(эн)} * (X_{эк} + X_{об}) + w_{ц(эн)} * (X_{сре} + X_{ии})) +$$

$$+ w_{эк} * (w_{yp(эк)} * (X_{эк} + X_{об}) + w_{ц(эк)} * (X_{сре} + X_{ии})). \quad (3.26)$$

Итоговую модель системно можно представить как совокупное влияние факторов на результирующий показатель эффекта (рисунок 3.22). Смысл представленной модели заключается в выявлении суммарного эффекта (множество С), образуемого на пересечении множеств А и В.

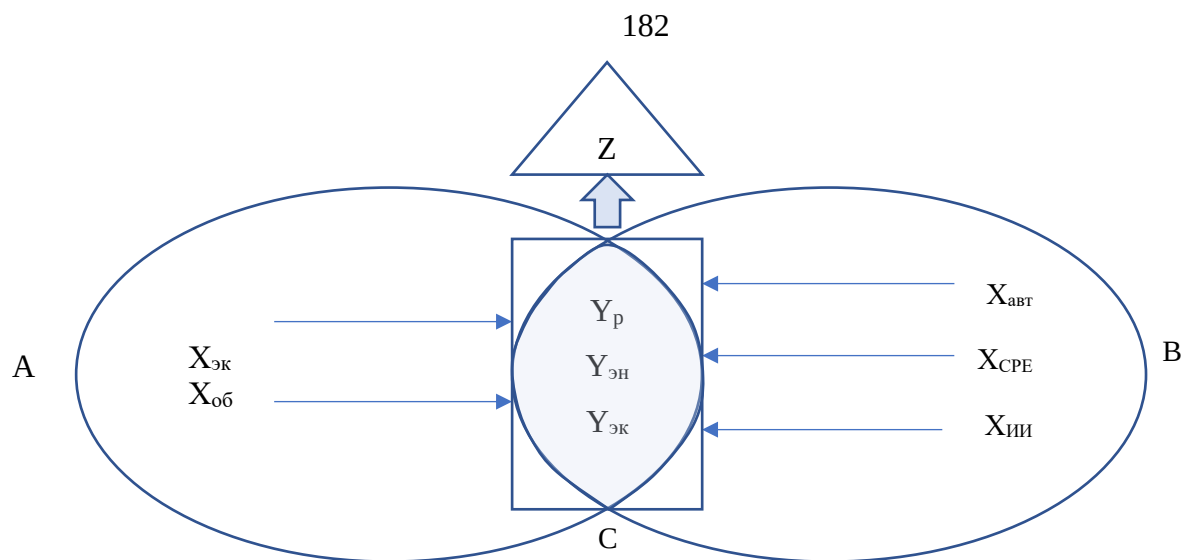


Рисунок 3.22 – Трёхмерная модель Z-эффекта [81]

Предложенная модель развивает методологический подход к управлению эффективностью промышленных систем, поскольку агрегирует приоритетные направления развития национальной экономики, обеспечивая тем самым эффект в виде сокращения загрязнения окружающей среды при повышении уровня безопасности производственных процессов, качества выпускаемой продукции и создания благоприятных условий труда.

При этом пересечение множеств будет выражено, в виде формулы (3.27):

$$A \cap B, \quad (3.27)$$

$$C = A \cap B = \{Y: Y \in A \wedge Y \in B\}.$$

Обобщающим результатом развития методического инструментария является доказательство выдвинутой ранее (параграф 1.3 настоящего исследования) альтернативной гипотезы о существовании дополнительных факторов устойчивости развития промышленности – инноваций, локализации производства и цифрового суверенитета, на основе применения систематизированного комплекса показателей эффективности промышленных систем (параграф 2.4 настоящего исследования).

В качестве исходного массива данных приняты следующие 16 показателей (значения за 2011–2021 годы представлены в приложении Ж):

$N_{\text{НППТ}}$  – число принципиально новых разработанных передовых производственных технологий в сфере обрабатывающей промышленности, ед.;

$K_{\text{ИЗТ}}$  – соотношение экспорта и импорта технологий в обрабатывающих промышленных системах, коэффициент;

$\text{ПТ}$  – производительность труда обрабатывающих производств, определенная как отношение валовой добавленной стоимости к объему фактически отработанного времени руб. / час;

$\text{ФО}$  – фондоотдача обрабатывающих производств, руб. / руб.;

$\text{ЭО}$  – энергоотдача обрабатывающих производств, руб. / т;

$\text{Э}_{\text{ЛОКАЛ}}$  – эффективность локализации производства в сфере обрабатывающей промышленности, коэффициент;

$\text{МО}$  – материалоотдача обрабатывающих производств, руб. / руб.;

$\text{Э}_{\text{ЗЦ}}$  – эффективность затрат на цифровизацию обрабатывающих производств, руб. / руб.;

$K_{\text{ОБН}}$  – коэффициент обновления основных фондов обрабатывающих производств, коэффициент;

$\text{И}_{\text{ЗЦ}}$  – доля затрат на ИКТ в инвестициях в основной капитал, обрабатывающие промышленные системы, коэффициент;

$\text{Д}_{\text{И}}$  – доля инновационной продукции в обрабатывающей промышленности, %;

$N_{\text{РППТ}}$  – разработанные передовые производственные технологии всего в промышленности, ед.;

$\text{Пр}_{\text{Ф}}$  – качество патентной активности российскими заявителями (соотношение выданных патентов и поданных заявок) в целом в промышленности, коэффициент;

$\text{Д}_{\text{КООП}}$  – доля организаций, участвовавших в совместных проектах по выполнению НИОКР в составе бизнес-группы в обрабатывающей промышленности, %;

$K_{\text{ИЗИКТ}}$  – соотношение экспорта и импорта товаров и услуг в области ИКТ в целом в экономике страны, коэффициент;

$N_{\text{ПЗРФ}}$  – число патентных заявок на изобретения в области ИКТ, поданных российскими заявителями в целом в экономике страны, ед.

В результате факторного анализа выделено 3 главные компоненты, отождествляемые с предложенными факторами устойчивости развития промышленных систем (таблица 3.11). За период 2011–2021 годы наблюдается преобладание фактора цифровизации, которая, в свою очередь, благоприятствует повышению эффективности использования ресурсов (трудовых, материальных, энергетических) и инвестиций. Примерный равное влияние на показатели оказывают факторы 2 и 3. Ожидается, что в период с 2022 года вклад факторов локализации и инноваций существенно возрастет.

Таблица 3.11 – Факторы устойчивости развития промышленных систем, выявленные на примере обрабатывающих производств (получены автором)

| Показатели                    | Фактор 1<br>Цифровизация и ее эффект | Фактор 2<br>Локализация технологических инноваций | Фактор 3<br>Инновационная деятельность и кооперация |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Н <sub>НППТ</sub> , ед.       | 0,730126                             | 0,133243                                          | 0,474663                                            |
| К <sub>ИЗТ</sub> , коэф.      | 0,861129                             | 0,106836                                          | 0,332569                                            |
| ПТ, руб. / час                | 0,820451                             | 0,209782                                          | 0,498654                                            |
| ФО, руб. / руб.               | -0,344693                            | -0,774393                                         | -0,165836                                           |
| ЭО, руб. / т                  | 0,804199                             | 0,246838                                          | 0,515438                                            |
| Э <sub>ЛОКАЛ</sub> , коэф.    | -0,453166                            | -0,754257                                         | -0,352430                                           |
| МО, руб. / руб.               | 0,829189                             | -0,181819                                         | 0,017136                                            |
| Э <sub>ЗЦ</sub> , руб. / руб. | -0,817041                            | -0,316417                                         | 0,153712                                            |
| К <sub>ОБН</sub> , коэф.      | -0,283844                            | -0,111023                                         | -0,793752                                           |
| И <sub>ЗЦ</sub> , коэф.       | 0,872854                             | 0,222357                                          | 0,288923                                            |
| Д <sub>и</sub> , %            | -0,129208                            | 0,092848                                          | -0,765882                                           |
| Н <sub>РППТ</sub> , ед.       | 0,884207                             | 0,034587                                          | 0,352389                                            |
| П <sub>РФ</sub> , коэф.       | -0,365076                            | 0,830220                                          | 0,031582                                            |
| Д <sub>КООП</sub> , %         | 0,221468                             | 0,223112                                          | 0,751481                                            |
| К <sub>ИЗИКТ</sub> , коэф.    | 0,561366                             | 0,727007                                          | -0,072945                                           |
| Н <sub>ПЗРФ</sub> , ед.       | 0,753125                             | 0,472045                                          | -0,132777                                           |
| Общ. дис.                     | 6,979402                             | 2,997869                                          | 3,038813                                            |
| Доля дисперсии                | 0,436213                             | 0,187367                                          | 0,189926                                            |

Собственные значения выделенных компонент (таблица 3.12) по критерию Кайзера (превышают 1) являются существенными, выделяя дисперсию, эквивалентную минимум одной переменной.

Таблица 3.12 – Собственные значения факторов устойчивости промышленного развития (получены автором)

| Главные компоненты | Собственные значения | % общей дисперсии | Кумулятивный итог собственных значений | Кумулятивный итог % общей дисперсии |
|--------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| 1                  | 8,971612             | 56,07258          | 8,97161                                | 56,07258                            |
| 2                  | 2,223973             | 13,89983          | 11,19559                               | 69,97241                            |
| 3                  | 1,820499             | 11,37812          | 13,01608                               | 81,35053                            |

В соответствии с факторными нагрузками и собственными значениями факторов определены расчетные значения факторов и проведена интегральная оценка развития обрабатывающей промышленности в условиях формирования технологического суверенитета:

$$\begin{aligned}
 I_{Fi} &= \sum_{j=1}^n \Pi_{ij} a_{ij}, \\
 I_c &= \sum_{i=1}^3 I_{Fi} A_i,
 \end{aligned}
 \tag{3.28}$$

где  $I_{Fi}$  – расчетное интегральное значение  $i$ -го фактора;

$\Pi_{ij}$  – значение  $j$ -го показателя, отнесенного к  $i$ -му фактору;

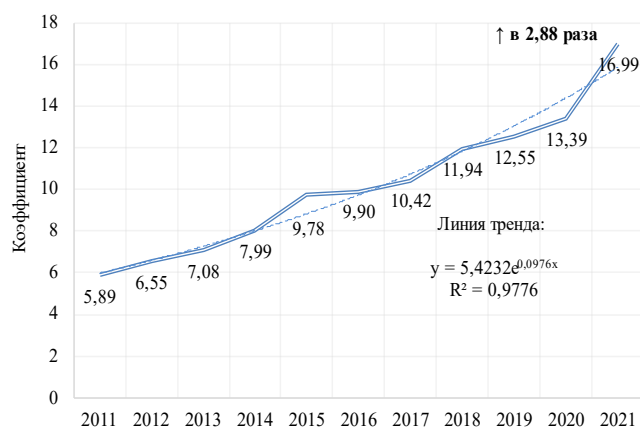
$a_{ij}$  – значение факторной нагрузки  $i$ -го фактора на  $j$ -й показатель;

$A_i$  – собственное значение  $i$ -го фактора.

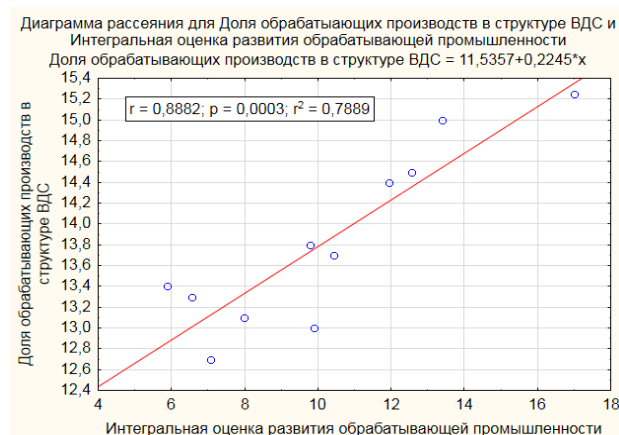
Применение описанной методики способствовало выявлению тенденции развития обрабатывающей промышленности (рисунок 3.23 (а)), качественная оценка осуществлена путем выявления тесноты связи с показателем валовой добавленной стоимости (отражающей динамику локализации производства):  $r = 0,89$  при уровне значимости  $p = 0,0003$  (рисунок 3.23 (б)).

В результате реализации метода главных компонент подтверждена альтернативная гипотеза о значимости дополнительных факторов устойчивости развития промышленных систем – инноваций, локализации производства и цифрового суверени-

тета. В связи с этим включение в методологию оценки эффективности промышленных авторских методик и моделей оценки устойчивого развития, «зеленого» эффекта является обоснованным.



а) Динамика интегрального показателя



б) Оценка качества интегрального показателя

Рисунок 3.23 – Интегральная оценка развития обрабатывающей промышленности (рассчитано и построено автором)

Таким образом, предложены методические решения, адекватные современным требованиям к эффективности промышленных систем. Методики носят универсальный характер и могут быть применены на промышленных предприятиях и на уровне мезо- и макросистем в контексте развития базы мониторинга модернизации предприятий, отраслей, комплексов.

### 3.4 Подход к эффективности с позиции импортозамещения

Политика импортозамещения явилась неизбежным этапом в развитии российской экономики, отличающейся сырьевым характером, в условиях импортных ограничений. С 2014 года в стране активно стимулируется ориентация промышленности на замещение импорта национальной продукцией. На рисунке 3.24 представлена динамика структуры импорта в России.

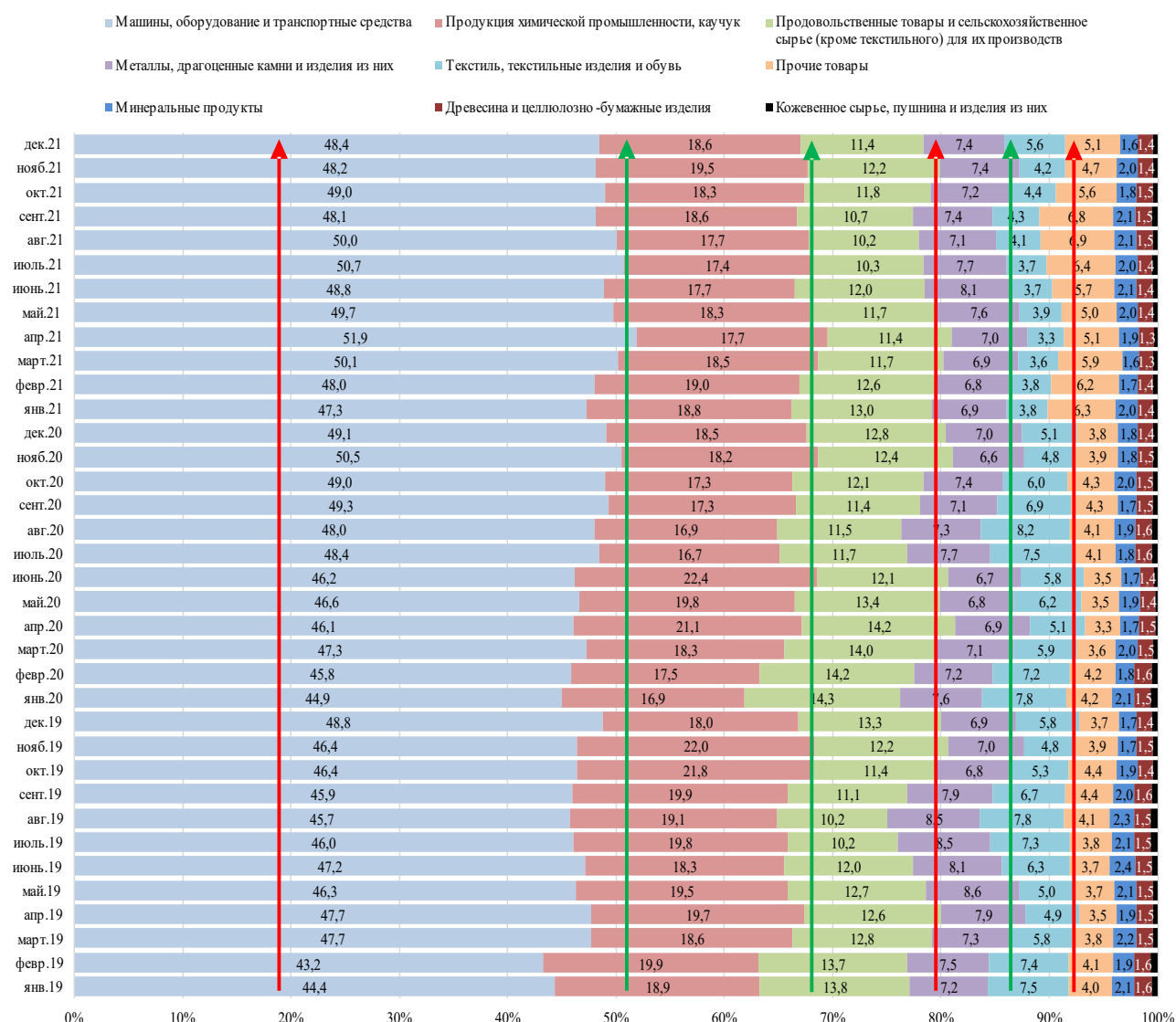


Рисунок 3.24 – Товарная структура импорта в России (построено по данным Росстата [277])

Как было отмечено ранее, наиболее импортозависимой позицией являются машины и оборудование, доля которых в товарной структуре импорта страны превышает 40% и за 3 года увеличилась на 4 процентных пункта (с 44,4% до 48,4%); также рост отмечается по драгоценным камням и металлам (на 0,2 процентных пункта). Позитивная динамика наблюдается по второй и третьей значимым позициям – химической промышленности и продовольствия. Отмеченный выше негативный рост компенсировало сокращение удельного веса в импорте химической продукции (на 0,3 процентных пункта – с 18,9% до 18,6%), продовольствия (на 2,4 процентных пункта – с 13,8% до 11,4%), текстиля (на 1,9 процентных пункта – с

7,5% до 5,6%). Наибольший прирост в стоимостном выражении демонстрируют машины и оборудование (28,15%) и продукция химической промышленности (23,5%) [277].

Аналитическое исследование внешнеторгового оборота позволило выявить тенденции импортонезависимости в промышленности России (таблица 3.13, приложение И). Показатель рассчитан как соотношение экспорта и импорта в абсолютном измерении, в динамике.

Таблица 3.13 – Динамика коэффициента импортонезависимости по отдельным (рассчитано по данным Федеральной таможенной службы [278])

| Код<br>ТН ВЭД ЕАЭС | Коэффициент импортонезависимости |        | Абсолютное изменение коэффициента импортонезависимости |
|--------------------|----------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|
|                    | 2012                             | 2021   |                                                        |
| Всего              | 1,67                             | 1,68   | 0,01                                                   |
| 27                 | 91,23                            | 110,65 | 19,42                                                  |
| 28                 | 2,38                             | 1,64   | -0,74                                                  |
| 29                 | 1,36                             | 0,59   | -0,77                                                  |
| 30                 | 0,05                             | 0,19   | 0,14                                                   |
| 31                 | 175,5                            | 74,34  | -101,16                                                |
| 33                 | 0,13                             | 0,27   | 0,14                                                   |
| 38                 | 0,18                             | 0,3    | 0,12                                                   |
| 39                 | 0,18                             | 0,49   | 0,31                                                   |
| 40                 | 0,83                             | 0,74   | -0,09                                                  |
| 44                 | 5,59                             | 14,69  | 9,1                                                    |
| 61                 | 0,02                             | 0,08   | 0,06                                                   |
| 62                 | 0,03                             | 0,08   | 0,05                                                   |
| 64                 | 0,02                             | 0,07   | 0,05                                                   |
| 71                 | 18,82                            | 27,62  | 8,8                                                    |
| 72                 | 3,57                             | 4,86   | 1,29                                                   |
| 73                 | 0,4                              | 0,62   | 0,22                                                   |
| 74                 | 6,52                             | 3,49   | -3,03                                                  |
| 76                 | 4,33                             | 6,02   | 1,69                                                   |
| 84                 | 0,13                             | 0,2    | 0,07                                                   |
| 85                 | 0,13                             | 0,17   | 0,04                                                   |
| 87                 | 0,1                              | 0,14   | 0,04                                                   |
| 88                 | 0,93                             | 0,62   | -0,31                                                  |
| 89                 | 1,82                             | 0,33   | -1,49                                                  |
| 90                 | 0,14                             | 0,19   | 0,05                                                   |
| 94                 | 0,1                              | 0,24   | 0,14                                                   |



Выбор в пользу исследованных продуктовых позиций обусловлен их вкладом в формирование внешнеторгового оборота (в анализ вошли товарные группы, удельный вес которых в итоговой величине экспорта или импорта превышает 1%).

Выделенные в таблице 3.13 ячейки демонстрируют увеличение соотношения экспорта и импорта за период 2012-2021 гг. Отмечается существенное повышение импортнезависимости промышленной продукции по таким позициям, как минеральное топливо и нефть (код 27 в ТН ВЭД ЕАЭС), древесина и древесный уголь (код 44), жемчуг, драгоценные камни (код 71), а также фармпродукция (код 30), эфирные масла (код 33), пластмассы (код 39) и т.д.

Изменение характера производства с экспортоориентированного на импортоориентированный выявлено по товарным группам (приложение И):

- 29 (органические химические соединения): доля экспорта во внешнеторговом обороте сократилась с 57,6% в 2012 году до 37,1% в 2021 году;
- 89 (суда, лодки и плавучие конструкции): снижение доли экспорта с 64,6% в 2012 году до 24,8% в 2021 году.

Крупнейшими потребителями минерального топлива, нефти и продуктов их перегонки (код 27 в ТН ВЭД ЕАЭС) в 2021 году стали Китай (17,54% от общего объема экспорта товарной группы), Нидерланды (13,22%), Германия (8,52%), Италия (5,88%), Турция (5,1%), Польша (4,73%), Республика Корея (4,42%), Беларусь (3,58%), США (3,26%), Франция (3%), Япония (2,43%) и Финляндия (2,04%) – доля экспорта минеральной продукции в эти страны превысила 2% от общего экспорта продукции данной товарной группы (рисунок 3.25 (б)). За десятилетний период из перечня крупных потребителей выбыли Колумбия (на долю которой в 2012 году приходилось 6,76% от общего экспорта минерального топлива, нефти и продуктов их перегонки), Соединенное Королевство (2012 год – 2,66%) и Украина (2012 год – 4,72%), что наглядно отражено на рисунке 3.25 (а).

Также сильные позиции российская промышленность удерживает в сфере удобрений (код 31 в ТН ВЭД ЕАЭС) – соотношение экспорта и импорта имеет высокое значение, но выявлен нисходящий тренд в динамике за 2012-2021 гг. – снижение уровня с 175,5 до 74,34. Крупнейшим потребителем российской продукции

в 2021 г. являлись Бразилия и США, на долю которых пришлось 28% и 8% отгруженной продукции (от общего объема экспорта товарной группы) соответственно.

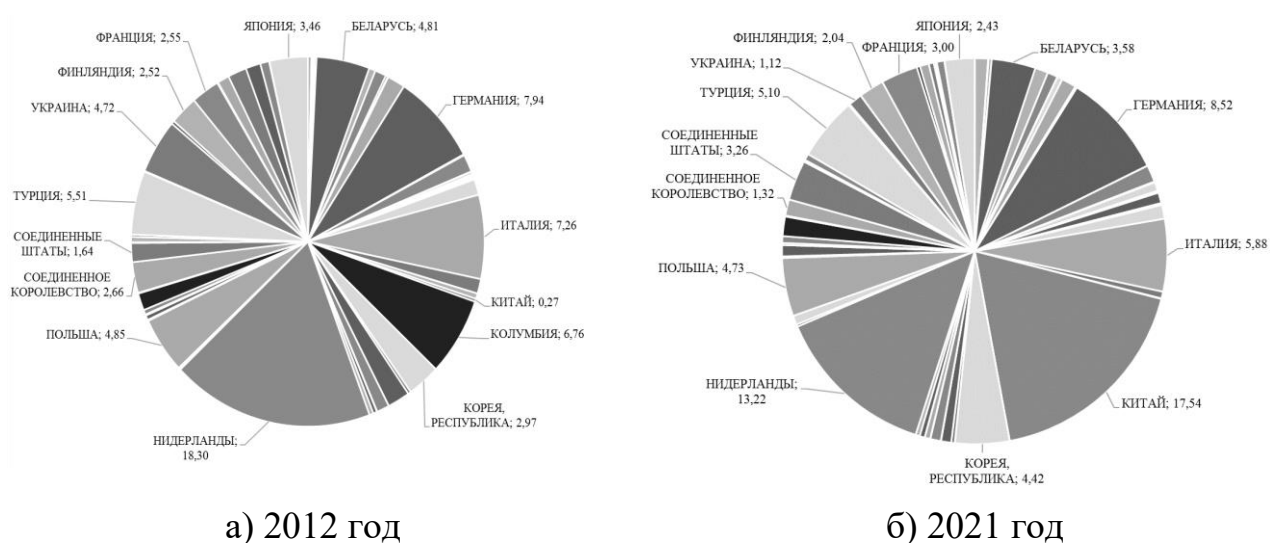


Рисунок 3.25 – Изменение экспортных потоков по товарной группе 27 ТН ВЭД ЕАЭС (рассчитано по данным Федеральной таможенной службы [278])

В разрезе макротехнологий наиболее высокая импортнезависимость в 2021 году достигнута в сфере аэрокосмической макротехнологии – коэффициент составил 0,62 (рисунок 3.26), хотя в 2012 году лидирующие позиции демонстрировало судостроение с показателем 1,82.

Вместе с тем, принимая нижний допустимый предел коэффициента равным 1, следует отметить превышение импорта продукции и комплектующих над экспортом. По итогам 2022 года показатель ухудшился преимущественно по всем выделенным позициям, что было обусловлено острой необходимостью оперативного снабжения национальной экономики. Ключевыми поставщиками выступили Китай (товарные группы 84, 85, 88, 90), Япония (87), Республика Корея (89).



Примечание: \* Данные за 2012 и 2021 гг.

Рисунок 3.26 – Импортнезависимость в разрезе макротехнологий (рассчитано по данным Федеральной таможенной службы [278])

Целесообразной видится оценка закономерностей когнитивного управления промышленными системами в условиях реализации политики импортозамещения. Опираясь на результаты исследований НИУ ВШЭ, по итогам 2020 года в структуре использованных технологий российскими организациями доля технологий, приобретённых у зарубежных поставщиков, составила 31,7% (рассчитано по данным статистического сборника «Наука. Технологии. Инновации» [203]). В продолжение исследования зависимости отечественной промышленности (обрабатывающей) от зарубежных технологий проведен анализ, основанный на двух критериях – инновационной активности организаций в контексте цифровизации предприятий и импорта технологий из зарубежных стран (по состоянию на 2020 год). Построена матрица позиционирования, позволяющая классифицировать виды деятельности (обрабатывающей промышленности) на 4 типа (рисунок 3.27) [92]. Выделение квад-

рантов обусловлено значением средней арифметической по 21 наблюдению в разрезе двух переменных. К первому типу относятся промышленные системы, менее технологически зависимые от зарубежных стран и активно инвестирующие в цифровизацию (во внедрение программ для ЭВМ и баз данных): деревообрабатывающие производства (6), производства металлических изделий (15), компьютеров (16) и прочих транспортных средств (20). Предприятия данных отраслей обладают более высоким потенциалом в части укрепления технологического суверенитета.

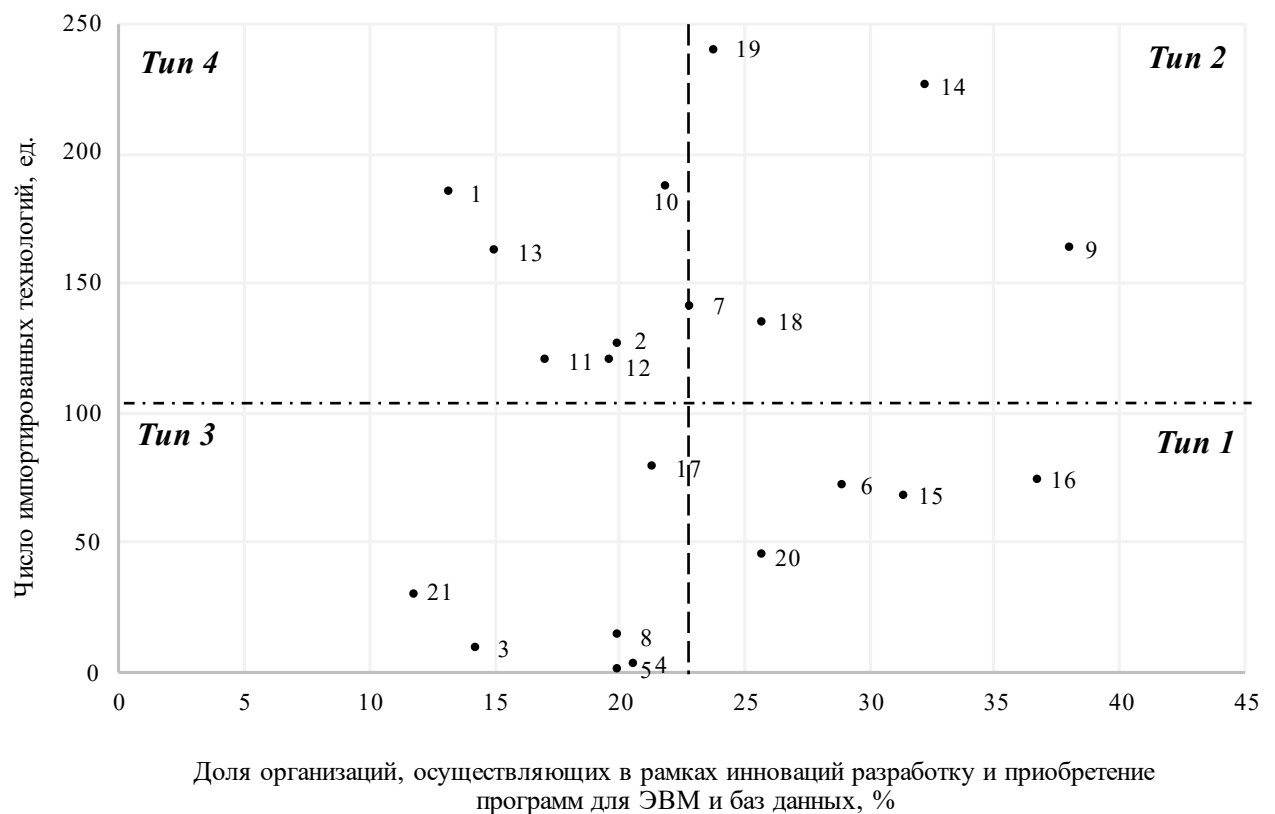


Рисунок 3.27 – Позиционирование промышленных систем в условиях цифровизации и укрепления технологического суверенитета (построено автором по данным НИУ ВШЭ и Росстата) [92]

Второй тип промышленных систем отличается высокой технологической импортозависимостью, но вместе с тем, более масштабной цифровизацией деятельности: производство бумаги (7), кокса и нефтепродуктов (9), металлургическое (14), машин и оборудования (18) и автотранспортных средств (19). Относительно

данных предприятий необходима выработка стратегии поэтапного отказа от зарубежных технологий, более тесного сотрудничества с российскими научно-исследовательскими организациями в рамках перехода на импортонезависимую модель.

К третьему типу относятся производства, обладающие большим потенциалом в условиях импортозамещения, но меньшими масштабами цифровизации. Это предприятия, занятые производством текстильных изделий (3), одежды (4), кожи (5), полиграфической деятельностью (8), производством электрического оборудования (17) и прочих готовых изделий (21).

Четвертый тип видов деятельности попадает в зону риска ввиду двух негативных закономерностей: высокой зависимости от зарубежных технологий и слабой цифровизацией производств. Это производства пищевых продуктов (1), напитков (2), химических веществ и продуктов (10), лекарственных средств (11), резиновых и пластмассовых изделий (12), прочей неметаллической минеральной продукции (13). Данные предприятия должны быть обозначены приоритетными в рамках стратегии укрепления технологического суверенитета.

Также была выдвинута гипотеза о наличии сходства в закономерностях развития (по отмеченным выше двум критериям) отраслей обрабатывающего сектора российской экономики. Однако путем оценки корреляционной зависимости выявлена низкая связь между двумя исследованными показателями (коэффициент корреляции  $r$  составил лишь 19,67%). С одной стороны, это свидетельствует о том, что процессы цифровизации производств протекают в большей степени вне зависимости от импорта технологических решений. С другой стороны, сам процесс цифровизации носит комплексный характер и не ограничивается исключительно отечественными ИТ-решениями.

Данная проблема, как известно, стала одной из ключевых проблем в сложившейся обстановке на рынке ИТ-решений. Российские промышленные предприятия, ранее опиравшиеся на возможности взаимointegrации зарубежных решений, сегодня столкнулись с проблемой конфликта зарубежных и российских ИТ-продуктов, ухода зарубежных вендоров с российского рынка и поиска отечественных аналогов ИТ-решений. Однако, как отмечают эксперты, разработка цифровых решений для

промышленных систем – процесс капиталоемкий и сложный [251], но рынок таких решений в большей степени носит характер «голубого океана», нежели «алого».

В условиях обеспечения технологического и цифрового суверенитета важным представляется мониторинг технологических и цифровых решений. В связи с этим оценена динамика отдельных показателей, позволяющих резюмировать позитивный характер тренда обеспечиваемой технологической независимости российской промышленности, но негативную динамику в сфере цифровизации (таблица 3.14). Вместе с тем, показатель, отражающий соотношение стоимостной оценки экспорта и импорта, позволяет судить о большей независимости в сфере информационно-коммуникационных услуг – значение коэффициента незначительно, но выше соответствующего показателя внешней торговли машинами и оборудованием.

Таблица 3.14 – Оценка технологического и цифрового суверенитета российской экономики (составлено и рассчитано по данным Росстата и НИУ ВШЭ)

| Показатели                                                                      | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | Темп прироста, %<br>(2021/2014) |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|
| Технологический суверенитет                                                     |       |       |       |       |       |       |       |       |                                 |
| Число разработанных передовых производственных технологий новых для России, ед. | 1245  | 1223  | 1342  | 1212  | 1384  | 1403  | 1788  | 1926  | 54,7                            |
| Соотношение экспорта и импорта машин и оборудования, коэффициент                | 0,194 | 0,31  | 0,285 | 0,257 | 0,259 | 0,248 | 0,227 | 0,226 | 16,5                            |
| Цифровой суверенитет                                                            |       |       |       |       |       |       |       |       |                                 |
| Соотношение экспорта и импорта товаров и услуг в области ИКТ, коэффициент       | 0,289 | 0,306 | 0,254 | 0,256 | 0,274 | 0,280 | 0,258 | 0,275 | -4,8                            |
| Суверенизация национальной экономики                                            |       |       |       |       |       |       |       |       |                                 |
| Индикатор                                                                       | -     | 1,185 | 0,943 | 0,936 | 1,072 | 0,997 | 1,024 | 1,046 | -11,73                          |

На основе перечисленных показателей предлагается формализовать оценку суверенизации национальной экономики (СНЭ) в виде формулы (3.28):

$$СНЭ = \sqrt[3]{Tr_{ППТ} \times Tr_{МиО} \times Tr_{ИКТ}}, \quad (3.28)$$

где  $Tr_{ППТ}$  – индекс числа разработанных передовых производственных технологий новых для России;

$Tr_{МиО}$  – индекс коэффициента соотношения экспорта и импорта машин и оборудования;

$Tr_{ИКТ}$  – индекс коэффициента соотношения экспорта и импорта товаров и услуг, связанных с информационными и коммуникационными технологиями.

Рассчитанный индекс суверенизации российской экономики позволяет судить о сдержанных темпах развития. Позитивная динамика и устойчивый рост показателя наблюдается с 2019 года, что свидетельствует об активизации промышленности в области политики импортозамещения как результата усиления научно-производственной кооперации и реализации отраслевых программ импортозамещения.

Таким образом, на фоне укрепления технологического суверенитета, существуют определенные барьеры для перехода к отечественным цифровым разработкам, в частности [251]:

- проблемы совместимости программного обеспечения, разработчиками которого являются разные страны;
- отсутствие отечественных аналогов зарубежным ИТ-разработкам;
- сложности замещения зарубежных экосистем;
- консерватизм заказчиков;
- недостаточность финансовых средств.

Вместе с тем крупные промышленные предприятия не только продолжают внедрять цифровые инструменты, но и переходят на разработку цифровых решений собственными силами. Успешный опыт демонстрируют ПАО «НК «Рос-

нефть”», СИБУР (рисунок 3.28), которые не ограничиваются собственными предприятиями, но и тиражируют опыт внедрения собственных разработок на внешние компании. Среди представленных решений, разработанных Группой компаний ITPS, следует также выделить отечественную интеграционную платформу для нефтегазодобывающих предприятий AVIST Oil&Gas (Asset Virtualization System Oil&Gas), программный комплекс СИНАПС для моделирования месторождений и другие решения [366].

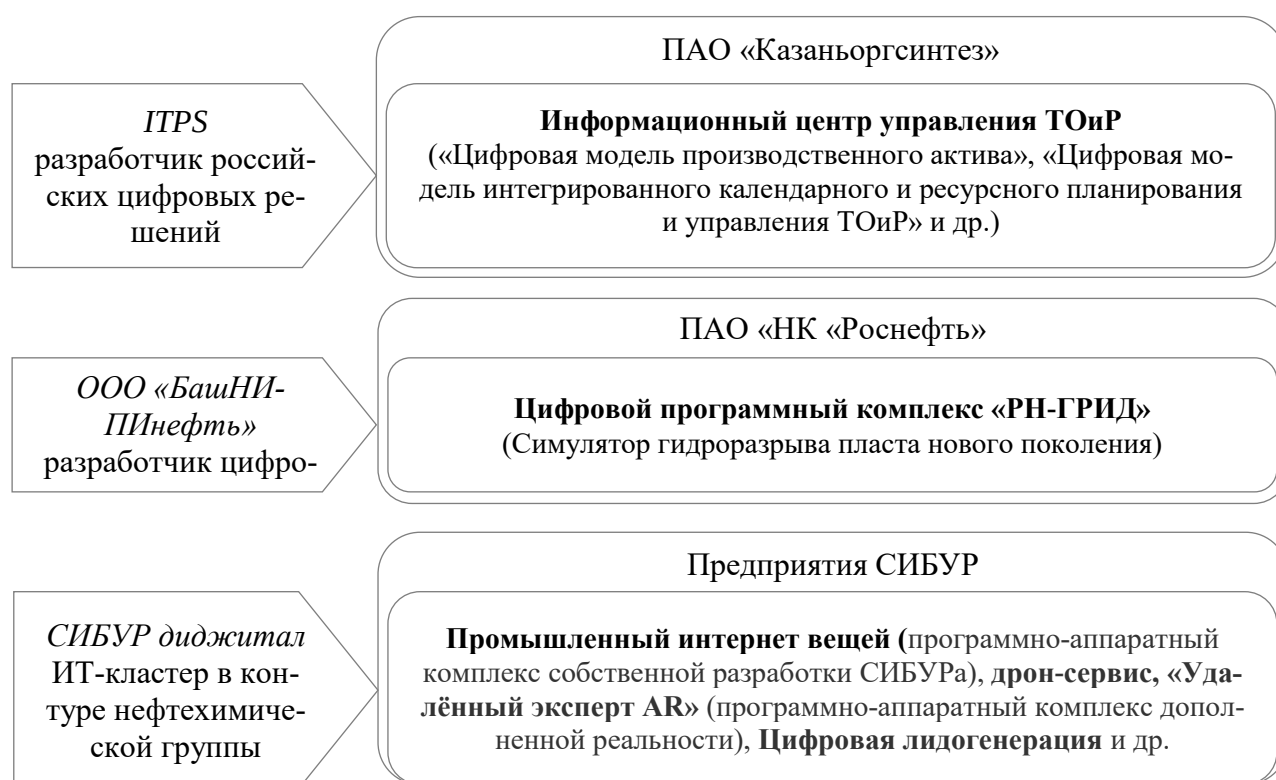


Рисунок 3.28 – Цифровые решения в условиях реализации политики импортозамещения (систематизировано автором по данным [254, 366, 389])

Таким образом, для российской промышленности на текущем этапе развития характерен переход на отечественные цифровые технологии, в частности, путем инвестирования в разработку современных ИТ-решений собственными силами. В то же время, приведенные примеры касаются крупных промышленных структур, которые располагают необходимыми финансовыми ресурсами для качественных преобразований ИТ-инфраструктуры, что можно сказать далеко не о каждом про-



мышленном предприятии страны. Несмотря на поддержку ИТ-бизнеса, инициированную Правительством РФ в начале года, существует ряд барьеров, препятствующих форсированному переходу промышленности к российским цифровым разработкам. Кроме того, промышленным предприятиям, ранее развернувшим деятельность на базе зарубежных интегрированных информационно-коммуникационных платформ, в текущих условиях требуется механизм масштабного перехода к российским решениям.

В целях диагностики реализации политики импортозамещения на уровне микропромышленной системы предложен методический комплекс, позволяющий оценить эффективность перехода промышленного предприятия к отечественным ресурсам и оборудованию. Разработанный методический комплекс охватывает две категории эффективности:

- 1) эффективность реализации промышленной продукции;
- 2) эффективность производства промышленной продукции.

Комплекс мероприятий по модернизации системы мониторинга представлен на рисунке 3.29. Предполагается интеграция усовершенствованной методики в корпоративную информационную систему и последующую автоматизацию расчетов. Новый программный модуль связывается с существующей информационной системой (ERP), не требует кардинальных преобразований и предназначен для решения задачи комплексного мониторинга трансформации промышленной системы.

Решение включает 2 блока диагностики:

- методика 1 предполагает сопоставление показателей рентабельности производства до и после перехода на отечественные машины, оборудование на основе агрегирования данных по всем позициям основных производственных фондов и оборотных средств;
- методика 2 – сравнение показателей рентабельности продаж и рентабельности реализованной продукции, производство которой предполагает замену импортируемых сырья и материалов на отечественные.

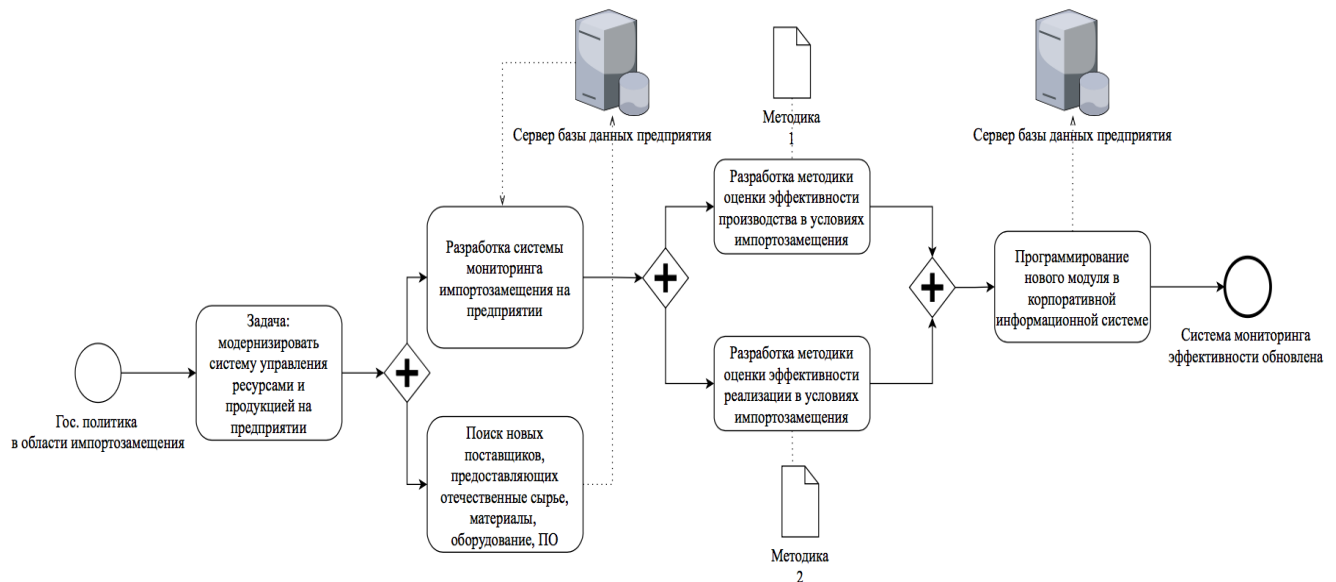


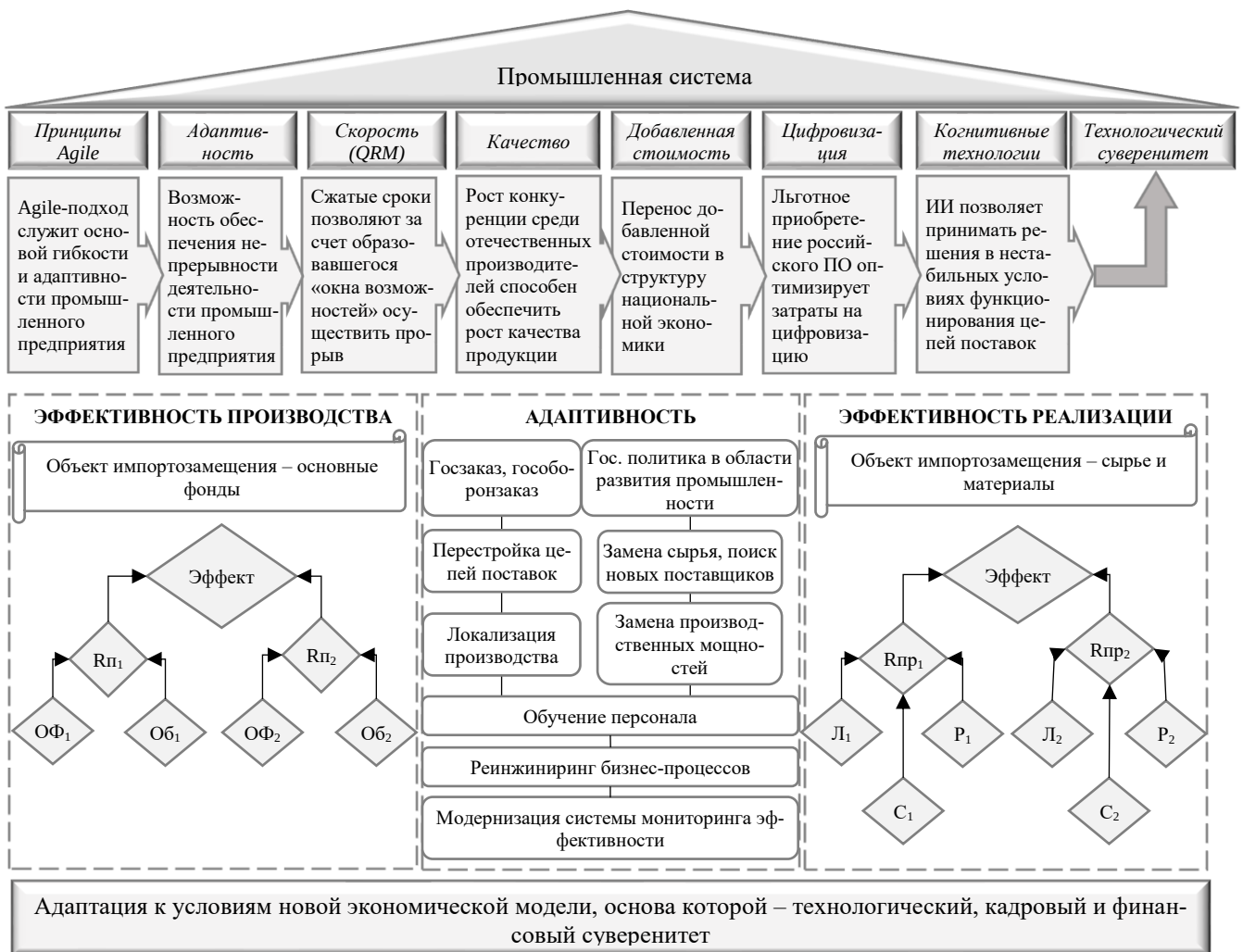
Рисунок 3.29 – Алгоритм модернизации системы мониторинга эффективности в условиях импортозамещения на предприятии, нотация BPMN (построен автором)

При этом в рамках методики 2 также подразумевается мониторинг логистических издержек, неизбежно возрастающих в условиях перестроения глобальных цепей поставок; рисков, стоимостная оценка которых также существенно возрастает в условиях высокой неопределенности транспортировки.

На основе предложенного подхода построена структурированная модель промышленной системы с позиции импортозамещения (рисунок 3.30). Основными параметрами обозначены представленные выше категории эффективности. В новых условиях развития в основе промышленной системы лежит ее способность к адаптации – в части системы закупок, модернизации производственных мощностей, развития кадрового потенциала, реинжиниринга бизнес-процессов, использования возможностей когнитивных технологий на фоне сжатых сроков трансформации.

Ключевыми факторами обеспечения эффективности с позиции импортозамещения являются принципы Agile, адаптивность, скорость реагирования на внешние возмущения, качество выпускаемой промышленной продукции, увеличение добавленной стоимости в национальной экономике, цифровизация как средство гибкого

и быстрого налаживания производственной системы на модернизированных (с учетом импортозамещения) производственных мощностях, когнитивные технологии и искусственный интеллект как инструмент принятия эффективных управленческих решений в условиях чрезвычайной нестабильности глобальных цепей поставок. Так, на рисунке 3.30 отражена причинно-следственная связь между технологическим суверенитетом и перечисленными факторами обеспечения эффективности промышленной системы с позиции импортозамещения.



$R_{п1}$  и  $R_{п2}$  – рентабельность производства до перехода на отечественные решения и после;  $ОФ$  – основные фонды;  $Об$  – оборотные средства;  $R_{пр}$  – рентабельность продаж;  $Л$  – логистические издержки;  $Р$  – риски (стоимостная оценка);  $С$  – себестоимость

Рисунок 3.30 – Подход к оценке эффективности промышленной системы в контексте импортозамещения (построено автором)

Предложенное методическое решение зарегистрировано в виде программы для ЭВМ «Диагностика импортонезависимости промышленного предприятия» (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022680491, 02.11.2022). Программа представляет собой усовершенствованный инструмент сбора необходимых данных и автоматизированной оценки эффекта мероприятий, направленных на укрепление импортонезависимости промышленного предприятия (в разрезе промышленной продукции, привлекаемых ресурсов, основных и оборотных фондов). Агрегирование данных осуществляется по признаку проводимых на предприятии замен (под «заменой» предполагается модернизация, переход к отечественному оборудованию, программному обеспечению, сырью и материалам и т.д.) в рамках федеральной политики импортозамещения. Расчёт эффекта осуществляется по критериям изменения рентабельности (продаж, реализованной продукции, производства). На рисунке 3.31 представлен интерфейс разработанной программы диагностики импортонезависимости промышленного предприятия.

Преимущество предложенного программного модуля заключается в отмеченной выше универсальности за счет:

- широко используемого языка программирования – Python;
- воплощения в формате веб-версии, которая гибко интегрируется в облачные решения, используемые промышленными предприятиями;
- построения на универсальных показателях диагностики эффективности промышленных систем.

В комплексе предложенный подход к оценке эффективности промышленной системы с позиции импортозамещения охватывает:

- 1) диагностику импортонезависимости в разрезе товарных групп;
- 2) выявление позиции промышленных систем в динамично цифровизируемой и технологически импортозависимой среде;
- 3) технологический бенчмаркинг, позволяющий выявить наилучшие практики в области независимой цифровизации и управления глобальными цепями поставок;
- 4) структуризацию концепции эффективности промышленной системы в

контексте импортозамещения.

НСМЕ Эффективность реализации промышленной продукции Эффективность производства промышленной продукции Программирование эффективности

Эффективность реализации

Выборите продукт

Выбор

Информация о продуктах

Выбор

| Продукт                        | Цена продукта           |                            |                         | Объем реализации                                      |                                                          |                                                        | Выручка           |                      |                   | Прибыль валовая           |                              |                           | Прибыль от продаж           |                                |                             | Рентабельность продаж           |                                    |                                 | Рентабельность реализованной продукции           |                                                     |                                                  | Операция |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|
|                                | Цена продукта до замены | Цена продукта после замены | Изменение цены продукта | Объем реализации до замены (в натуральных выражениях) | Объем реализации после замены (в натуральных выражениях) | Изменение объема реализации (в натуральных выражениях) | Выручка до замены | Выручка после замены | Изменение выручки | Прибыль валовая до замены | Прибыль валовая после замены | Изменение валовой прибыли | Прибыль от продаж до замены | Прибыль от продаж после замены | Изменение прибыли от продаж | Рентабельность продаж до замены | Рентабельность продаж после замены | Изменение рентабельности продаж | Рентабельность реализованной продукции до замены | Рентабельность реализованной продукции после замены | Изменение рентабельности реализованной продукции |          |
| Продуктивность технологический | 1200                    | 1200                       | 0,0                     | 2400000,0                                             | 2400000,0                                                | 0,0                                                    | 24000000,0        | 24000000,0           | 24000000,0        | 7000000,0                 | 7000000,0                    | 0,000000,0                | 5300000,0                   | 5800000,0                      | 500000,0                    | 20,8 %                          | 20,14 %                            | 0,06 %                          | 34,08 %                                          | 35,85 %                                             | 4,21 %                                           | Выбор    |

Информация о ресурсах

Выбор

| Ресурсы | Дата замены      | Логистические расходы           |                                    |                                  | Риски                         |                                  |                                     | Собственность           |                            |                         | Операция |
|---------|------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
|         |                  | Логистические расходы до замены | Логистические расходы после замены | Изменение логистических расходов | Ожидательные потери до замены | Ожидательные потери после замены | Изменение величины ожидаемых потерь | Собственность до замены | Собственность после замены | Изменение собственности |          |
| МР      | 1 января 2023 г. | 14000000,00                     | 14000000,00                        | 0,000000,00                      | 2000000,00                    | 1600000,00                       | -400000,00                          | 21400000,00             | 22000000,00                | 1580000,00              | Выбор    |
| ТР      | 1 января 2023 г. | 38000000,00                     | 42000000,00                        | 2000000,00                       | 10000000,00                   | 8000000,00                       | -2000000,00                         | 22000000,00             | 24000000,00                | 2000000,00              | Выбор    |
| А       | 1 января 2023 г. | 0,00                            | 0,00                               | 0,000000,00                      | 0,00                          | 0,00                             | 0,000000,00                         | 230000,00               | 230000,00                  | 20000,00                | Выбор    |
| ТР      | 1 января 2023 г. | 0,00                            | 0,00                               | 0,000000,00                      | 0,00                          | 0,00                             | 0,000000,00                         | 1577000,00              | 1777000,00                 | 190000,00               | Выбор    |

### а) Модуль «Эффективность реализации промышленной продукции»

НСМЕ Эффективность реализации промышленной продукции Эффективность производства промышленной продукции Программирование эффективности

Эффективность производства

Рентабельность производства

Рентабельность производства до замены

Рентабельность производства после замены

Изменение рентабельности производства

55,12 %

55,07 %

0,05 %

Основные производственные фонды

Выбор

| Код ОПФ | Стоимость основных производственных фондов до замены |                                                         | Дата замены        | Стоимость основных производственных фондов после замены |              | Операция |
|---------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------|--------------|----------|
|         | Стоимость основных производственных фондов до замены | Стоимость основных производственных фондов после замены |                    |                                                         |              |          |
| ОПФ002  | 111000000,00                                         | 113000000,00                                            | 27 декабря 2022 г. | 115000000,00                                            | 115000000,00 | Выбор    |

Оборотные средства

Выбор

| Код ОС  | Стоимость оборотных средств до замены |                                          | Дата замены      | Стоимость оборотных средств после замены |             | Операция |
|---------|---------------------------------------|------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|-------------|----------|
|         | Стоимость оборотных средств до замены | Стоимость оборотных средств после замены |                  |                                          |             |          |
| ОС00001 | 14000000,00                           | 14000000,00                              | 1 января 2023 г. | 23000000,00                              | 23000000,00 | Выбор    |

### б) Модуль «Эффективность производства промышленной продукции»

Рисунок 3.31 – Интерфейс программы для ЭВМ, адекватной условиям реализации политики импортозамещения [305]

Таким образом, переход промышленности к отечественным решениям (технологиям, основным средствам, программному обеспечению, сырью и материалам) – процесс капиталоемкий и сложный, доступный далеко не каждой промышленной

системе. Помимо финансовых, имеют место быть также технические и психологические барьеры. Вместе с тем крупные предприятия демонстрируют успешный опыт собственных решений, широко внедряемых на территории России.

### 3.5 Подход к эффективности с позиции управления цепями поставок

В основе исследования лежит комплексное применение таких методов исследования, как формализация, сравнение, коэффициентный метод. Метод формализации применяется в рамках построения SCOR-модели цепи поставок нефтехимической продукции, дополненной основными показателями эффективности. Сравнительный анализ позволяет оценить динамику развития промышленных предприятий, а также выявить специфику эффективности их функционирования. Коэффициентный метод лежит в основе авторской универсальной методики оценки бизнес-процессов. В основу методики предложено включить следующие индикаторы:

- 1) темп прироста выручки, % (ТПВ);
- 2) производительность труда, млн. руб./чел. (ПТ);
- 3) фондоотдача, руб./руб. (ФО);
- 4) коэффициент оборачиваемости запасов, об. (ОЗ);
- 5) коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности, об. (ОДЗ);
- 6) коэффициент оборачиваемости кредиторской задолженности, об. (ОКЗ);
- 7) логистическая рентабельность (ЛР);
- 8) рентабельность продаж, % (РП).

Предлагаемая методика базируется на балльной оценке бизнес-процессов предприятия (3.29):

$$BP_k = \sum (\omega_{ij} \times I_{jk}), \quad (3.29)$$

где  $BP_k$  – оцениваемый бизнес-процесс предприятия  $k$ ;

$\omega_{ij}$  – вес  $j$ -го индикатора при оценке  $i$ -го бизнес-процесса (определяется методом экспертных оценок и является величиной корректируемой);

$I_{jk}$  – значение  $j$ -го индикатора при оценке деятельности предприятия  $k$ .

Реализация изложенной методики направлена на выявление «слабых» мест в функционировании нефтехимических предприятий. Оцениваемые индикаторы предложено увязать с основными бизнес-процессами [260] промышленных предприятий и присвоить вес в соответствии со значимостью при оценке эффективности каждого отмеченного бизнес-процесса (таблица 3.15). Суммарный вес по каждому индикатору составляет 1.

Таблица 3.15 – Показатели эффективности ключевых бизнес-процессов нефтехимического предприятия (веса присвоены автором) [67]

| Показатели<br>Бизнес-процессы                | ТПВ | ПТ  | ФО | ОЗ  | ОДЗ | ОКЗ | ЛР  | РП  |
|----------------------------------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Управление взаимоотношениями с потребителями | 0,2 |     |    |     | 0,6 |     | 0,2 | 0,4 |
| Обслуживание потребителей                    | 0,3 |     |    | 0,2 | 0,4 |     | 0,2 | 0,3 |
| Управление спросом                           | 0,5 |     |    | 0,3 |     |     | 0,1 | 0,1 |
| Управление выполнением заказа                |     | 0,4 |    | 0,2 |     |     | 0,2 | 0,2 |
| Поддержка производственных процессов         |     | 0,6 | 1  |     |     |     | 0,1 |     |
| Управление снабжением                        |     |     |    | 0,3 |     | 1   | 0,2 |     |

В основе определения весовых коэффициентов лежит субъективный подход, предполагающий возможность гибкой настройки, детерминированной экономической ситуацией, спецификой деятельности промышленного предприятия, индивидуальными приоритетами в управлении бизнес-процессами.

Предложенная методика носит универсальный характер, отличается гибкостью, предполагающей возможность корректировать весовые коэффициенты индикаторов, а также может быть дополнена иными переменными. Включение методики в инструктивные и методические материалы управления бизнес-процессами промышленных предприятий обеспечит максимально возможный эффект в результате построения системы сбора данных по принципам блокчейна (рисунок 3.32).

Консолидация информационных потоков в базе данных OLAP служит базисом для бенчмаркингowych исследований, выявления «узких» мест в деятельности

промышленного предприятия, моделирования и оптимизации процессов. Представленная схема блокчейна охватывает процессы и индикаторы первого уровня.

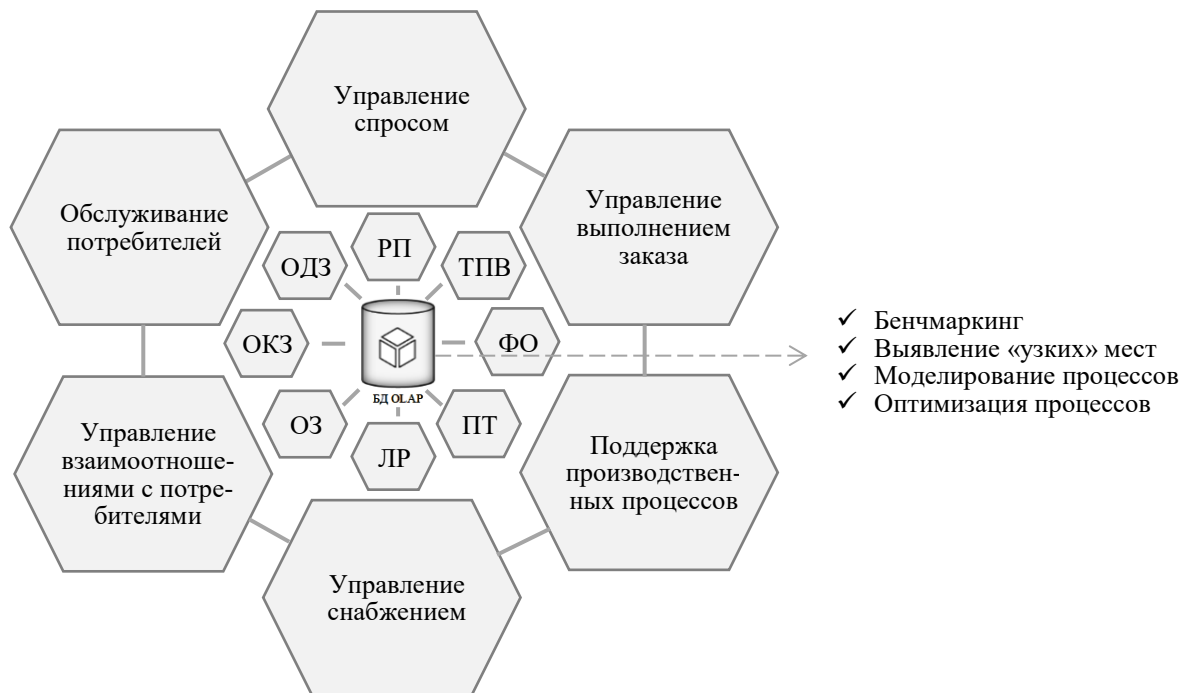


Рисунок 3.32 – Блокчейн в управлении основными бизнес-процессами промышленного предприятия (составлено автором) [67]

В целях диагностики эффективности с позиции цепей поставок предложен интегрированный подход, связывающий отдельные промышленные системы и другие виды деятельности в единую цепь управления материальным потоком. Системное исследование предполагает оценку цепочки видов деятельности «добыча полезных ископаемых – обрабатывающие производства – торговля оптовая и розничная – транспортировка и хранение».

В качестве формализованного вида расчета показателей на этапах диагностики цепи поставок приняты формулы (3.30)–(3.32):

$$\mathcal{E}_{\text{цп}} = \sum_{i=1}^4 (BDC_i \times \mathcal{E}_i), \quad (3.30)$$

$$\mathcal{E}_i = \sum_{j=1}^7 (R_j \times w_j), \quad (3.31)$$



$$R_j = \frac{\Pi_{ij}}{\Pi_{ij(max)}}, \quad (3.32)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{цп}}$  – интегральный показатель эффективности цепи поставок;

ВДС<sub>і</sub> – доля сектора экономики в совокупной валовой добавленной стоимости, % (предлагается применить в качестве весового коэффициента);

$\mathcal{E}_i$  – показатель эффективности *i*-го звена цепи поставок;

$\Pi_{ij}$  – значение частного показателя эффективности *i*-го звена цепи поставок (источник данных – статистическая база Росстата);

$R_{ij}$  – рейтинговая оценка *i*-го сектора экономика в разрезе частных показателей;

$w_j$  – весовой коэффициент, присвоенный *j*-му показателю;

*i* – сектор экономики;

*j* – частный показатель эффективности цепи поставок (1 – рентабельность продукции ( $\Pi_1$ ), 2 – рентабельность активов ( $\Pi_2$ ), 3 – коэффициент обновления основных фондов ( $\Pi_3$ ), 4 – затраты на цифровизацию ( $\Pi_4$ ), 5 – использование зарубежных технологий (коэффициент соотношения экспорта и импорта в ед. соглашений) ( $\Pi_5$ ), 6 – доля инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции) ( $\Pi_6$ ), 7 – объем утилизированных и обезвреженных отходов производства и потребления) ( $\Pi_7$ ).

Определение весового коэффициента  $w_j$  является результатом ранжирования семи отобранных показателей по показателю парной корреляции, оценивающей тесноту связи между соответствующим показателем и долей валовой добавленной стоимости: наивысший ранг присвоен показателю  $\Pi_6$ , наименьший –  $\Pi_7$ . Таким образом, впервые предложена конвергентная методика диагностики цепей поставок на уровне макросистем (таблица 3.16).

Решение отличается от известных подходов включением блочных звеньев цепи поставок, их оценкой на базе статистических данных, что обеспечивает универсальность ее применения в динамике, а также совокупным учетом экономических, экологических и технологических аспектов. Предложенная методика позво-

ляет оценить тенденцию развития промышленной макросистемы в составе цепи поставок и выявить закономерности развития относительно вектора технологического освобождения российской промышленности от импортозависимости.

Таблица 3.16 – Декомпозиция методики оценки эффективности цепей поставок в условиях обеспечения технологического суверенитета (предложена автором)

| Показатель                                                                                           | Добыча полезных ископаемых | Обрабатывающие производства | Торговля оптовая и розничная | Транспортировка и хранение |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Верхний уровень. Интегральная оценка эффективности цепи поставок на макроуровне</i>               |                            |                             |                              |                            |
| Весовой коэффициент – ВДС <sub>i</sub>                                                               |                            |                             |                              |                            |
| Валовая добавленная стоимость, %                                                                     | ВДС <sub>1</sub>           | ВДС <sub>2</sub>            | ВДС <sub>3</sub>             | ВДС <sub>4</sub>           |
| <i>Второй уровень. Расчет интегрального показателя эффективности в разрезе звеньев цепи поставок</i> |                            |                             |                              |                            |
|                                                                                                      | Э <sub>1</sub>             | Э <sub>2</sub>              | Э <sub>3</sub>               | Э <sub>4</sub>             |
| <i>Третий уровень. Систематизация данных в разрезе показателей и звеньев цепи поставок</i>           |                            |                             |                              |                            |
| 1. Рентабельность продукции, %                                                                       | РП <sub>1</sub>            | РП <sub>2</sub>             | РП <sub>3</sub>              | РП <sub>4</sub>            |
| 2. Рентабельность активов, %                                                                         | РА <sub>1</sub>            | РА <sub>2</sub>             | РА <sub>3</sub>              | РА <sub>4</sub>            |
| 3. Коэффициент обновления основных фондов                                                            | КоОФ <sub>1</sub>          | КоОФ <sub>2</sub>           | КоОФ <sub>3</sub>            | КоОФ <sub>4</sub>          |
| 4. Затраты на цифровизацию, млрд руб.                                                                | Зц <sub>1</sub>            | Зц <sub>2</sub>             | Зц <sub>3</sub>              | Зц <sub>4</sub>            |
| 5. Использование зарубежных технологий (коэффициент соотношения экспорта и импорта в ед. соглашений) | Изт <sub>1</sub>           | Изт <sub>2</sub>            | Изт <sub>3</sub>             | Изт <sub>4</sub>           |
| 6. Доля инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции, %                              | Дип <sub>1</sub>           | Дип <sub>2</sub>            | -                            | Дип <sub>4</sub>           |
| 7. Объем утилизированных и обезвреженных отходов производства и потребления, млрд т                  | Он <sub>1</sub>            | Он <sub>2</sub>             | -                            | -                          |

Категория «эффективность» является ядром концепции устойчивого развития, идеология которого расширяется в масштабах применения. Эффективность цепей поставок сопряжена с принципами экономики замкнутого цикла, замкнутыми

цепями поставок, в связи с чем особый акцент сегодня делается на процессах транспортировки, которые составляют преобладающую долю услуг в логистических системах. Проблема энергосбережения обусловила необходимость оценки энергопотребления в рамках функционирования цепей поставок, в связи с чем рассчитан удельный объем расходования энергетических ресурсов на объем перевозимого груза по виду деятельности «Транспортировка и хранение» в России (рисунок 3.33). Показатель рассчитан как отношение объема энергоресурсов (включая природное топливо, продукты переработки топлива, электро- и теплоэнергию) на объем перевозимого груза (в сумме по всем видам транспорта) [86].

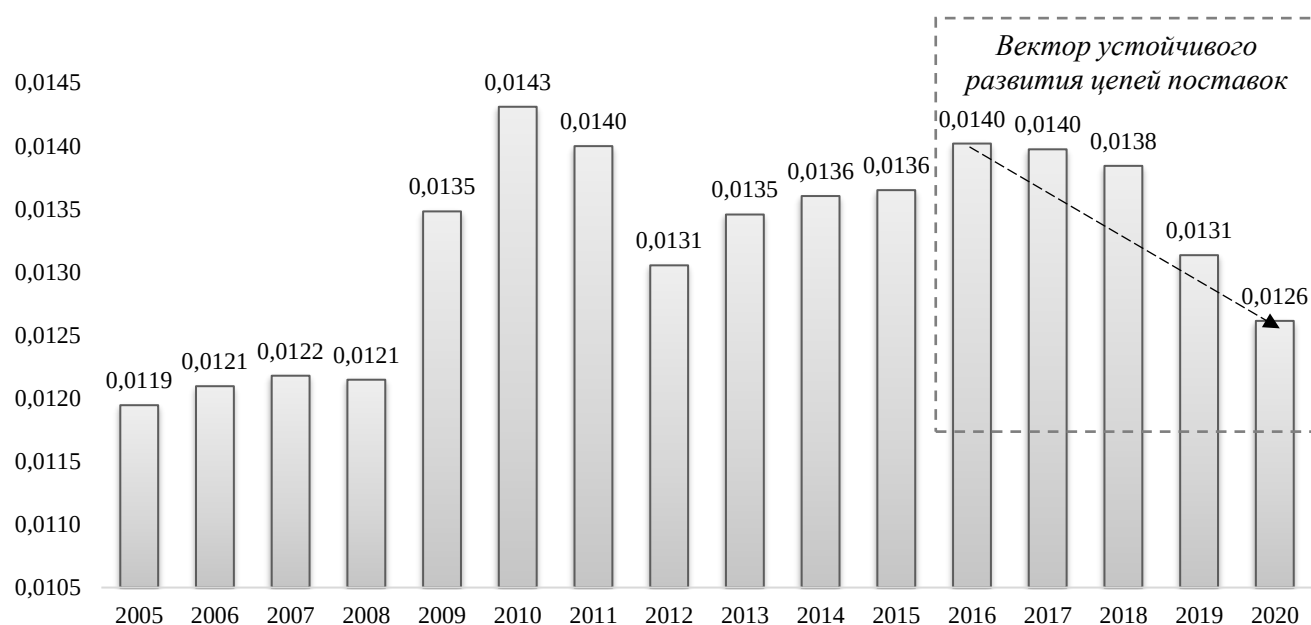


Рисунок 3.33 – Расход условного топлива на объем перевезенного груза, т / т  
(рассчитано по данным Росстата [277])

Удельный расход энергоресурсов всеми видами транспорта в совокупности за 15 лет сократился на 8,3%, с 2016 года наблюдается устойчивая тенденция энергосберегающего развития, что свидетельствует о рационализации расходования топливно-энергетических ресурсов при управлении процессами транспортировки в цепях поставок.

В целях мониторинга влияния деятельности организаций на окружающую среду создана международная некоммерческая организация Carbon Disclosure

Project (CDP). Ежегодно CDP публикует рейтинг, основанный на предоставлении компаниями разных стран (более 9600 организаций) данных о выбросах парниковых газов и связанных с ними рисках и возможностях в рамках управления цепями поставок (CDP Global Supply Chain Report). CDP ежегодно публикует перечень компаний, вошедших в рейтинг вовлеченности поставщиков (а точнее – корпоративных цепочек поставок) в решение климатических проблем. В 2020 году в данный рейтинг вошла российская компания МКПАО «ОК РУСАЛ» (Global Supply Chain Report 2020), в 2021 году из числа российских организаций в него вошли АФК «Система» и ПАО «Мобильные ТелеСистемы» (Global Supply Chain Report 2021).

Предоставленные респондентами разных стран данные о выбросах (Доклад «Cascading commitments: Driving ambitious action through supply chain engagement») показали, что наибольший объем выбросов углекислого газа в функционировании цепей поставок осуществляют организации Латинской Америки (1,5 млрд. тонн эквивалента углекислого газа; ответили 65% респондентов из 869 организаций), Северной Америки (1,39 млрд. тонн эквивалента углекислого газа; ответили 72% респондентов из 1721 организации), Европы (1,39 млрд. тонн эквивалента углекислого газа; ответили 80% респондентов из 1312 организаций) [347]. В целом к числу членов программы CDP относятся такие крупные компании (и соответствующие цепочки поставок), как L'Oréal, Microsoft Corporation, Walmart, Inc., McDonald's Corporation, Nike, The Coca-Cola Company и др.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что подходы к диагностике эффективности цепи поставок не ограничиваются лишь методологией SCOR. Адаптируя тенденции управления цепями поставок к условиям устойчивого развития промышленных систем, мы выявили позитивную динамику. Также предлагается оценивать цепь поставок не только через призму специфики материального потока, но и с учетом возможности универсального применения методического решения.

Выводы по главе 3.

Оценка эффективности функционирования промышленных систем позволила сформировать ряд выводов и положений.

1) Построена адекватная экономико-математическая модель (уравнение множественной нелинейной регрессии, включающей натуральные логарифмы) формирования валовой добавленной стоимости, позволяющая выявить общеотраслевые закономерности эффективности функционирования промышленных систем, обусловленные факторами производства и модернизации, проявляющиеся в отрицательном влиянии обновления основных фондов на результирующий показатель.

2) Предложена модель определения потенциала цифровизации нефтехимических промышленных систем, основанная на экономико-математических моделях зависимости и воплощенная в виде программы для ЭВМ. Методическое решение направлено на управление водо- и энергопотреблением нефтехимических предприятий и обрабатывающей промышленности в целом, определение потенциала цифровизации относительно ресурсосберегающего вектора развития, а также прогнозирование уровня ресурсопотребления при интенсификации цифровизации промышленных систем. Отличие авторской разработки заключается в гибком управлении компонентами модели и учете отраслевой специфики.

3) Впервые предложен многоуровневый методический комплекс диагностики эффективности промышленных систем, учитывающий приоритетные направления развития, диктуемые внешней средой (концепция устойчивого развития, «зеленая» экономика, цифровизация и интеграция когнитивных технологий, инновационное развитие), учитывающий факторы импортозамещения, технологического суверенитета и гармонизации интересов общества, позволяющий разработать высокоэффективный механизм управления эффективностью промышленных систем разного уровня в условиях новой модели российской экономики на пороге вступления в открывшееся «окно технологических возможностей».

4) Предложена методика автоматизированного выявления ограничений («сильных» и «слабых» мест) в функционировании промышленного предприя-

тия, основанная на присвоении весовых коэффициентов исследуемым индикаторам в зависимости от влияния на тот или иной бизнес-процесс и расчете комплексного индикатора эффективности основных бизнес-процессов предприятия, позволяющая в результате сравнительного анализа выявить «узкие» места в функционировании производственной системы.

Опубликованные работы по главе 3: [63, 65, 66, 68, 71, 81, 84, 86, 89, 312, 401, 402]

## 4 МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ

### 4.1 Инструментарий управления эффективными промышленными системами

Расширение возможностей управления сложными системами позволяет проектировать механизм планирования, организации, мотивации, координации и контроля функционирования промышленных систем с высокой точностью. Комплекс мер, средств и деятельность по их реализации составляют в совокупности инструментарий управления. В условиях Индустрии 4.0 мониторинг бизнес-процессов, протекающих внутри промышленных систем и при взаимодействии между экономическими единицами, стал доступным, высокоэффективным и носит когнитивный характер. Выше нами были рассмотрены различные направления развития промышленных систем (включая наилучшие доступные технологии, НБИКС-технологии, «зеленые» технологии, CALS-технологии, когнитивные технологии, концепции SCOR, DCOR, CCOR, инновации и др.), на основе которых сегодня возможно построение высокопроизводительной, высокотехнологичной и высокоэффективной платформы, способной послужить технологическим трамплином в конкурентоспособное будущее.

Всю совокупность инструментов предлагается классифицировать по трем типам: цифровые, организационные, финансовые.

1) В основе управления эффективностью лежит информация, развитие базируется на корректной обработке наиболее полного массива данных о внутренней и внешней среде. Доступ к большим данным обеспечивают киберфизические системы, которое получили широкое распространение в условиях цифровизации и интегрируют физические объекты и вычислительные ресурсы. На этой основе развитие получила бизнес-аналитика (Business Intelligence, BI) – компьютерный инструментарий преобразования деловых данных в информацию, позволяющую идентифицировать состояние системы (промышленной). Бизнес-аналитика охватывает различные технологии сбора и обработки данных: OLAP-технологии, ETL

(Extract, Transform, Load, «извлечение, преобразование, загрузка»), Data Mining, KDD (Knowledge Discovery in Databases, Извлечение знаний из баз данных). Под последним понимается процесс выявления новых полезных знаний об исследуемом объекте.

Одним из ёмких инструментов управления сегодня является аналитическая платформа, под которой понимается программный продукт, позволяющий посредством обработки «сырых» данных (первичных), агрегируемых с целью выявления закономерностей, прогнозирования показателей и процессов, а также принятия рациональных управленческих решений. Современные когнитивные технологии способны предлагать наилучшие решения на основе обработки Big Data, обучаясь на больших массивах первичных данных. Аналитические платформы обеспечивают не только сбор и обработку данных, но и их преобразование, визуализацию, а также Data Mining. Ключевыми элементами таких платформ являются устройства фиксации данных (в производственной системе – контроллеры, датчики), базы данных (CRM-, WMS-, ERP-систем и др.), хранилища данных, OLAP-технологии, ETL. На рисунке 4.1 представлена архитектура российской аналитической системы Modus BI, позволяющей интегрировать информационные потоки промышленной системы с целью получения релевантных и наиболее точных результатов бизнес-анализа.

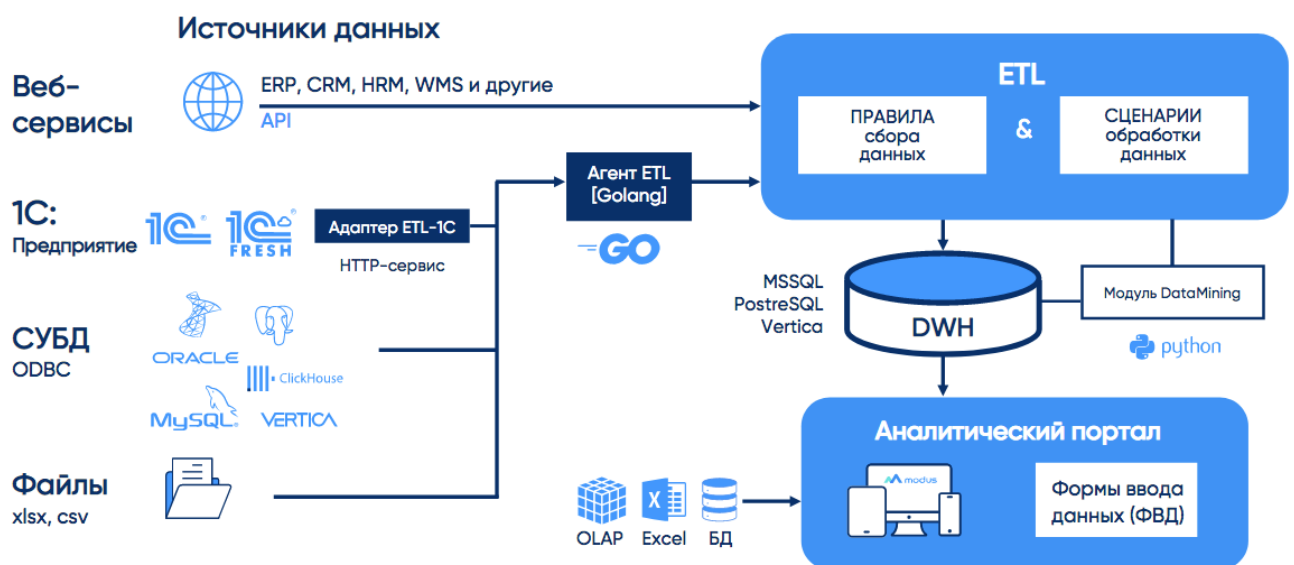


Рисунок 4.1 – Российская аналитическая платформа Modus BI [380]



Упомянутые выше OLAP-технологии также носят аналитический характер, позволяют структурировать информацию и визуализировать результаты многомерного анализа. Концептуально речь идет о гиперкубах, которые в случае многомерной аналитики являются многослойными в горизонтальных и вертикальных срезах. Визуально данный инструмент может представлять информацию также в виде графиков, диаграмм и таблиц (MOLAP, ROLAP, HOLAP).

Функции аналитических систем ограничены обработкой информации и прогнозированием, что не позволяет выявлять «правильный» вектор развития. Инструментом оптимизации процессов, управляемых промышленными системами, являются математические модели, позволяющие с высокой точностью прогнозировать поведение объекта управления. На основе агрегированной аналитической информации возможно построение экономико-математических моделей, имитационных моделей, цифровых двойников. На основе непрерывного потока данных представляется возможным обновлять модели управления в режиме реального времени.

На создании и тиражировании современных отечественных передовых технологий сфокусирована освещенная ранее Национальная технологическая инициатива (НТИ), выступающая коммуникационной площадкой для развития высокотехнологичного бизнеса. Одним из глобальных рынков НТИ, ориентированных на укрепление технологического суверенитета и развитие высокотехнологичной российской промышленности, является Технет. Концепция рынков НТИ построена на конвергенции передовых производственных технологий, воплощенных в виде системы комплексных технологических решений – «Фабрики Будущего». Этот термин объединяет 3 типа технологий [30]:

– «Цифровые» фабрики – позволяют управлять жизненным циклом продукта посредством специализированного программного обеспечения для проектирования и проведения испытаний до начала производственного процесса, что позволяет минимизировать ошибки в проектной документации, повысить качество выпускаемой продукции, сократить отходы и непроизводительные затраты, а также ускорить время выхода продукта на рынок;

– «Умные» фабрики – предназначены для расширения автоматизации и роботизации процессов производства путем встраивания в промышленное оборудование и корпоративную информационную систему модулей, датчиков для улучшения контроля и повышения качества выпускаемой продукции (MES-системы, ICS, станки с ЧПУ, роботов и т.д.); позволяют сократить удельное энергопотребление, операции, не создающие ценности, повысит производительность производственной системы и качество продукта;

– «Виртуальные» фабрики – интегрируют «Цифровые» и «Умные» фабрики, обеспечивая сквозное управление процессами и продукцией на уровне цепей поставок, что способствует увеличению добавленной стоимости, обеспечению прозрачности управления цепями поставок промышленной продукции, экологизации процессов.

Цифровые двойники как базовый элемент цифровизации промышленных систем представляет собой высокоточную виртуальную копию физического объекта или процесса, модель, позволяющую оптимизировать объект управления. Цифровой двойник изделия служит фундаментом для создания высокоточной 3D-модели объекта (аддитивные технологии). В контексте сквозного управления материальными потоками актуальным стало моделирование в формате цифровых двойников цепей поставок, которое на базе оперативных сведений о продвижении потока и состоянии звеньев цепи, а также по принципу проактивности позволяет минимизировать отклонения от плановых процессов в цепи. Интерес представляет вопрос взаимосвязи цифрового двойника и искусственного интеллекта, больших данных в рамках масштабного механизма совершенствования цепочки поставок. Цифровые двойники могут эффективно работать с оптимизацией, искусственным интеллектом и аналитикой. В цифровом двойнике модель проверяет такие параметры, как ключевые показатели эффективности и уровни обслуживания. В случае выявления отклонения модель автоматически разрабатывает, тестирует и реализует наиболее эффективный план действий. В ответ на сбой конфигурация цепочки поставок адаптируется с помощью алгоритма оптимизации для дальнейшего достижения наилучших целевых показателей.

Цифровой двойник может послужить базой для формирования Supply Chain Control Tower – диспетчерской вышки для мониторинга и управления цепочкой поставок. Логика данной технологии состоит в агрегировании данных, их обработки посредством продвинутых технологий и использовании в целях управления задачами, принятия краткосрочных и долгосрочных решений. В основе технологии также лежит бизнес-аналитика, обеспечивающая прозрачность цепи поставок.

Также к инструментам Индустрии 4.0 относится технология блокчейн, представляющая собой базу данных с транзакциями, структурированную цепочку цифровых блоков – носителей информации. Примером использования технологии в промышленности является автоматизированная система SenSef – интегрированная блокчейн-площадка, обеспечивающая оперативные цифровые коммуникации между заказчиком и поставщиком специальной химии [396]. Помимо повышения качества выпускаемой продукции, сокращения операционных затрат и т.д. формируется эффективная коллаборативная среда, способствующая рациональному ресурсопотреблению, в частности, использованию химических реагентов, энергоснабжения химических процессов, минимизации ошибок в предоставлении данных и формировании отчетов и иных сопроводительных документов и т.д.

Резюмируя аспект цифрового инструментария, подчеркнем, что совокупность цифровых решений по управлению промышленными системами консолидируется в категорию «цифровая промышленность», которая олицетворяет новый тип высокотехнологичной отрасли, объединяющей цифровые технологии и многоуровневую матрицу целевых показателей и ресурсных ограничений в целях разработки нового качественного продукта с высокой добавленной стоимостью и минимальным временем вывода продукта на рынок [30].

Другой блок технологий охватывает когнитивные технологии, способные по принципу мыслительных процессов человека и приспособления к изменчивости исходных факторов сократить время принятия решения и выработать наилучшую стратегию развития промышленной системы. Технологии искусственного интеллекта способны выявлять и учитывать закономерности и аномалии в развитии

сложных технических систем. Искусственный интеллект работает на базе нейронных сетей, элементами которых являются непосредственно нейроны (входные и выходные), синапсы (контакты между нейронами) и синаптические веса, а также слои нейронов.

2) К организационным инструментам, способным обеспечить конкурентное преимущество промышленной системы, прежде всего, следует отнести бережливое производство и его элементы (Kaizen, Kanban, just-in-time, 5S, TPM, SMED, Jidoka и др.). Организация производственных систем на базе lean-технологий позволяет существенно сократить потери и издержки, ускорить реагирование смежных звеньев цепей поставок на конъюнктурные изменения.

Вся совокупность трансформационных изменений происходит в рамках проектного управления промышленной системой. Эффективность проекта детерминирована такими факторами, как целевая ориентация, системный подход, сквозное управление проектом. В условиях политики импортозамещения на всех уровнях проектного управления (микро-, мезо- и макроуровнях) приоритетными являются проекты, обеспечивающие переход промышленных систем на отечественные технологические решения.

Успех реализации стратегических инициатив во многом обусловлен степенью коллаборации участников экономической системы. Аналогично рынку Технет, наиболее тесная кооперация между отдельными звеньями цепи поставок промышленной продукции, а также элементами цепочки создания стоимости способна обеспечить решение задачи импортозамещения, технологического прорыва. Но при низкой заинтересованности бизнеса в инновациях и инвестициях развитие в ближайшей перспективе будет осложнено. Модель «тройной спирали», лежащая в основе технологических платформ и макротехнологий, а также кластерные формы взаимодействия способны повысить эффективность промышленных систем посредством многоуровневых разносторонних коммуникаций.

Кластерные цепи поставок как отдельный инструмент сквозного управления материальными потоками образуются вокруг цепочки создания стоимости и отличаются от классической концепции интегрированного управления цепями поставок

географической близостью звеньев цепи, сетевыми взаимосвязями (горизонтальными и вертикальными), оптимизацией транзакционных издержек в результате обеспечения доступа к информации на базе единой информационно-коммуникационной платформы.

3) Финансовые инструменты охватывают различные гранты по поддержке проектов в рамках реализации политики импортозамещения, технологического развития, цифровизации; субсидии; льготное кредитование; венчурное финансирование.

В таблице 4.1 представлена система инструментов, дифференцированных в зависимости от области применения.

Таблица 4.1 – Систематизация инструментов управления промышленной системой (составлено автором)

|                        | Промышленные системы                                         | Цепи поставок промышленной продукции |                      |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| Финансовые инструменты | Цифровые инструменты                                         |                                      | Кадровое обеспечение |
|                        | НТИ, рынок Технет                                            | «Цифровой логист»                    |                      |
|                        | «Цифровой двойник» изделия                                   | «Цифровой двойник» цепи поставок     |                      |
|                        | «Умные» фабрики                                              | Имитационная модель цепи поставок    |                      |
|                        | «Цифровые» фабрики                                           | «Виртуальные» фабрики                |                      |
|                        | Аддитивные технологии                                        | Supply Chain Control Tower           |                      |
|                        |                                                              | Блокчейн                             |                      |
|                        | Организационные инструменты                                  |                                      |                      |
|                        | Центры компетенций НТИ                                       |                                      |                      |
|                        | Проектное управление                                         |                                      |                      |
|                        | «Зеленые» технологии                                         |                                      |                      |
|                        | Бережливое производство                                      | Just-in-time                         |                      |
|                        | Инновации                                                    | SCOR, DCOR, CCOR-модели              |                      |
|                        | Технопарки, технологические платформы, кластеры, консорциумы | Кластерные цепи поставок             |                      |

С одной стороны, финансовая составляющая является фундаментом интеграции различных инструментов управления в промышленные системы – цифровых и организационных; с другой стороны, благодаря квалифицированному кадровому обеспечению возможно достижение максимального эффекта внедряемых инструментов. Выявлено, что области применения инструментария имеют специфику. В

контексте управления отдельными промышленными системами имеют место локальные средства оптимизации, сфокусированные на экономической системе (микро-, мезо-, макроуровня), обеспечивающие повышение производительности системы и качества выпускаемой промышленной продукции. С точки зрения цепей поставок важен более масштабный, системный подход, учитывающий сетевое взаимодействие между звеньями, осуществляющими деятельность вдоль цепочки создания стоимости, а также в разрезе горизонтальной кооперации.

В рамках разработки организационно-экономического механизма управления развитием промышленных систем в России целесообразно учитывать иерархию процесса реиндустриализации. В связи с этим предлагается пирамида импортозамещения, синтезированная с инструментарием управления эффективностью промышленных систем (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Пирамида импортозамещения, синтезированная с современным инструментарием управления эффективностью промышленных систем (построено автором)

Базовым элементом, лежащим в основе любой производственной системы, – это технологии. Замена зарубежных технологий отечественными – фундаментальная, приоритетная задача реиндустриализации, направленная на обеспечение независимости российской производственной системы от импортных технологий. Второй уровень модернизации – средства труда, в частности, основные фонды. Актуальным решением является контракт жизненного цикла, эффективный инструмент взаимодействия промышленности и государства. Третий уровень – автоматизация, цифровизация промышленных систем. Данная трансформация также носит последовательный характер, этапами которой являются предцифровая стадия, пилотный проект, «Фабрики будущего», частичная и полная цифровизация. Перечисленные три уровня являются основой для выстраивания эффективных цепей поставок, с акцентом на перестройку глобальных цепочек создания стоимости и замену импортных сырья, материалов, комплектующих на отечественные. Комплексный и последовательный подход способен обеспечить кумулятивный эффект в рамках решения задачи укрепления технологического суверенитета страны.

Таким образом, в современных условиях частичной инструментальной поддержки технологического развития недостаточно. Необходим конвергентный подход к реализации мер, средств по укреплению технологического суверенитета. В основе дорожной карты должны быть заложены принципы кооперации, прозрачности, доверия и заинтересованности промышленных систем и интегрированных цепей поставок в модернизации.

#### 4.2 Комплексный подход к оценке эффективности промышленных систем и ресурсного обеспечения

Развитие промышленных систем обусловлено совокупностью факторов, определяющих тот или иной аспект эффективности. Нами затронуты такие типы эффективности, как технологическая эффективность (фундаментальная, определяющая характер ресурсопотребления), и, как следствие, ресурсная, экономическая и

экологическая эффективности. С одной стороны, микропромышленная система может характеризоваться как эффективная независимо от внешних стратегических ориентиров, но тогда имеет место локальная эффективность, которая противоречит федеральным стратегическим инициативам. В связи с этим, а также с учетом необходимости научной и научно-производственной кооперации (регламентированной одноименным федеральным проектом в рамках национального проекта «Наука» [14]), стратегическую ценность представляет кооперация вертикальная и горизонтальная, сквозь все уровни управления развитием отечественной промышленности.

Вышеизложенное положение учтено нами в рамках разработанного методического комплекса, предназначенного для мониторинга эффективности промышленных систем (рисунок 4.3). Широкий спектр методических решений охватывает разные уровни управления – микро-, мезо- и макросистем. В совокупности эффективность промышленной системы есть синергетическая функция (4.1):

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}_{\text{ЦП}} - \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{\text{мз}}, \quad (4.1)$$

где  $\mathcal{E}_c$  – синергетический эффект интегрированного управления цепями поставок промышленной продукции на макроуровне;

$\mathcal{E}_{\text{ЦП}}$  – эффективность функционирования цепей поставок;

$\mathcal{E}_{\text{мз}}$  – эффективность мезопромышленных систем.

В свою очередь, эффективность мезопромышленной системы определяется кооперацией микропромышленных систем. Ядром кооперации является технология – производственная, информационно-коммуникационная, управленческая, каждая из которых обеспечивает повышение скорости обработки данных и принятия решений. Эффективность микропромышленной системы определяется:

1) технологической эффективностью, ключевыми составляющими которой являются развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), передовых производственных технологий (ППТ) и импортозамещение (ИЗ);



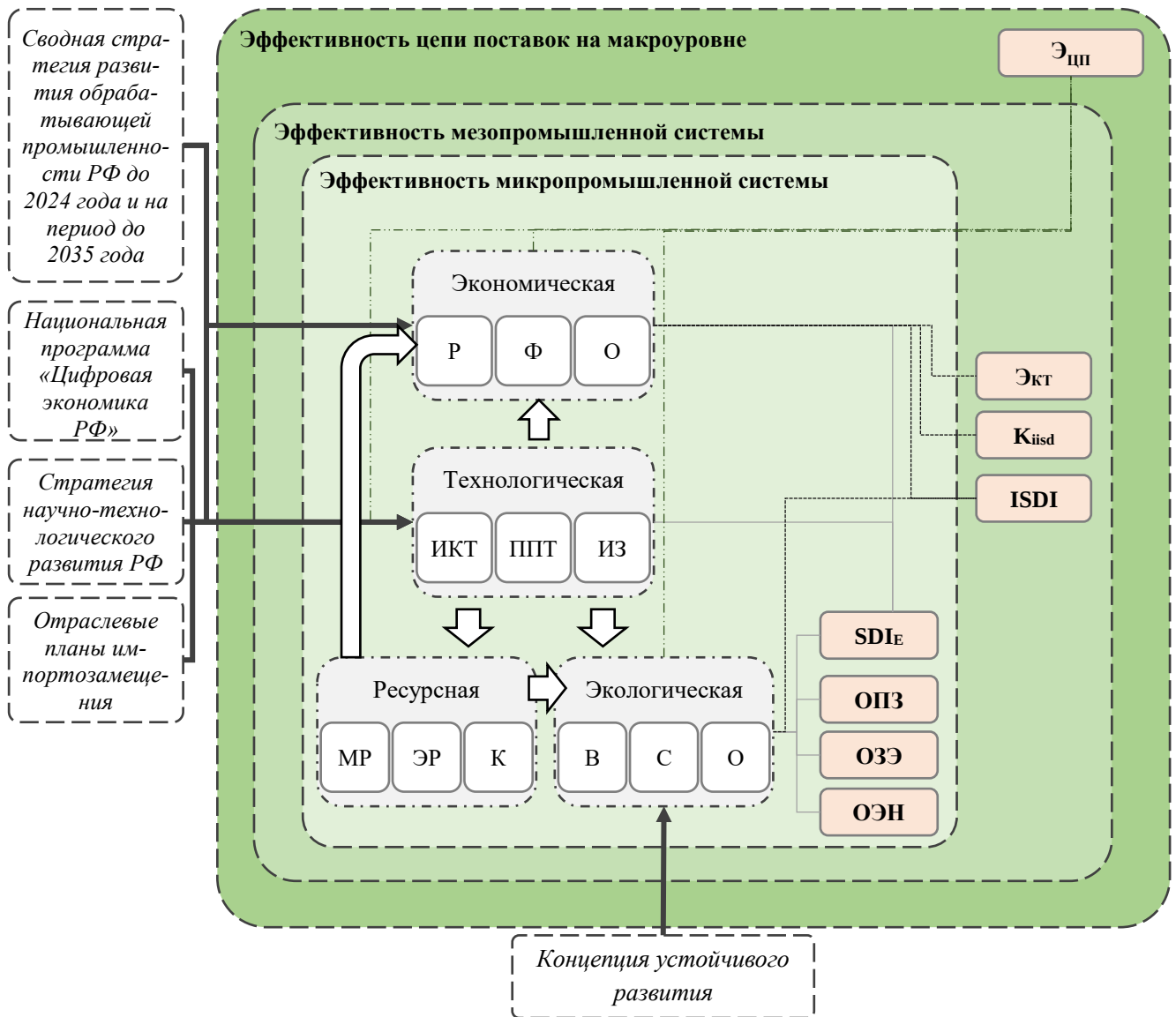


Рисунок 4.3 – Методический комплекс мониторинга эффективности промышленных систем (систематизировано с учетом авторских методических решений)

2) ресурсной эффективностью, под которой согласно Национальному стандарту РФ «Ресурсосбережение. Общие подходы к реализации принципов экономики замкнутого цикла на предприятиях» понимается «достижение экономически оправданной эффективности использования ресурсов при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды» [2] и которая обусловлена эффективностью управления материальными (МР), энергоресурсами (ЭР) и кадровым обеспечением (К);

3) экологической эффективностью, обусловленной принятием мер по предотвращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (В), сбросов в водные объекты (С) и утилизации отходов (О);

4) экономической эффективностью, являющейся критерием целесообразности модернизации производственной системы, характеризующейся рентабельностью продаж, продукции, производства (Р), фондоотдачей (Ф), оборачиваемостью активов (О).

Также на рисунке 4.3 выделены блоки, отражающие авторский вклад в методологию оценки эффективности. Совокупность показателей, последовательно изложенных выше, систематизирована в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Инструментарий управления проектами технологического суверенитета (составлено автором)

| Наименование показателя                                                               | Формализация расчета                                                                                                                                          | Специфика                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Оценка суверенизации национальной экономики (СНЭ)                                     | $CHЭ = \sqrt[3]{Tr_{ППТ} \times Tr_{МуО} \times Tr_{ИКТ}}$                                                                                                    | Макроуровень. Показатель учитывает индексы технологического и цифрового суверенитета. Оценивается в динамике, позволяет выявить тенденции суверенизации экономики.                                                                                          |
| Интегральная оценка эффективности цепи поставок на макроуровне ( $\mathcal{E}_{ЦП}$ ) | $\mathcal{E}_{ЦП} = \sum_{i=1}^4 (ВДС_i \times \mathcal{E}_i)$                                                                                                | Макроуровень. Оценка цепочки видов деятельности «добыча полезных ископаемых – обрабатывающие производства – торговля оптовая и розничная – транспортировка и хранение».                                                                                     |
| Интегральный индикатор устойчивого развития мезосистем в промышленности (ISDI)        | $ISDI = \sqrt[3]{I_{экон} \times I_{соц} \times I_{экол}}$                                                                                                    | Мезоуровень (географический). Учтены экологические инновации в управлении устойчивым развитием инновационных мезопромышленных систем. Оценивается в динамике, позволяет выявить тенденции устойчивого развития мезосистем и проводить сравнительный анализ. |
| Коэффициент развития инновационной промышленной системы ( $K_{iisd}$ )                | $K_{iisd} = \sum_{j=1}^4 \left( \frac{x_{ij(мин)}}{x_{ij(год)}} \times w_j \right) + \sum_{j=1}^4 \left( \frac{x_{ij(год)}}{x_{ij(макс)}} \times w_j \right)$ | Мезоуровень (отраслевой). Показатель учитывает важнейшие критерии: технической модернизации, развития, инновационной активности, экологизации. Сочетает инструменты корреляции, ранжирования и взвешивания.                                                 |

Продолжение таблицы 4.2

| Наименование показателя                                                                      | Формализация расчета                                                                                                                                                           | Специфика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Эффективность управления когнитивными технологиями ( $\mathcal{E}_{КТ}$ )                    | $\mathcal{E}_{КТ} = \frac{O_{оп}}{3_{внутр} + 3_{внешн}} \times A_{КТ}$                                                                                                        | Мезоуровень (отраслевой). Расчет показателя основан на классическом понимании эффективности и учитывает активность промышленных предприятий в сфере освоения когнитивных технологий (искусственного интеллекта, промышленных роботов и «цифрового двойника»).                                                                                                                                       |
| Интегральный индикатор устойчивого развития предприятия ( $SDI_E$ )                          | $SDI_E = \sqrt[3]{I_{экон} \times I_{соц} \times I_{экол}}$                                                                                                                    | Микроуровень. Агрегированы показатели энергозатрат, материалозатрат, рентабельность продаж, подушевые затраты на социальную политику, текучесть кадров, сокращение выбросов загрязняющих веществ и сбросов сточных вод. Оценивается в динамике, позволяет выявить тенденции устойчивого развития промышленного предприятия, а также проводить компаративный анализ различных на уровне предприятий. |
| Оценка экологической нейтральности предприятия (ОЭН)                                         | Микроуровень. Последовательная оценка экологической нагрузки предприятия, экологической нагрузки производственных фондов и совокупной экологической нейтральности предприятия. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Экологическая нагрузка предприятия                                                           | $y_u = \frac{BBB}{BPP} \rightarrow \min$ $y_c = \frac{C}{BPP} \rightarrow \min$ $K_{OB} = 1 - \frac{C}{IB} \rightarrow \max$                                                   | Позволяет в динамике оценить потенциал технологической модернизации промышленной системы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Экологическая нагрузка производственных фондов                                               | $\mathcal{E}H_z = \frac{\frac{(OC_n + OC_k)}{2}}{BBB/B}$                                                                                                                       | Если коэффициент $\geq 0,02$ , то нагрузка высокая; если коэффициент $\leq 0,01$ , то нагрузка низкая. В противном случае – средняя.                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Экологическая нейтральность                                                                  | $\mathcal{E}H_{mp} = \sum_{i=1}^n (P_i \times w_i)$                                                                                                                            | Если коэффициент $\geq 0,8$ , то предприятие экологически нейтрально; если коэффициент $\leq 0,6$ , то экологическая нейтральность низкая. В противном случае – средняя.                                                                                                                                                                                                                            |
| Оценка перехода промышленных микросистем (предприятий) к модели «зелёного» предприятия (ОПЗ) | $I_{вх} > I_{вых}$ $I_{вх} = \sqrt[3]{Tp_1 \times Tp_2 \times Tp_3}$ $I_{вых} = \sqrt[3]{Tp_4 \times Tp_5 \times Tp_6}$                                                        | Микроуровень. Если неравенство выполняется, то имеет место «зелёный» коридор. Если прослеживается стабильное невыполнение неравенства, то имеет место «красный» коридор. Промежуточное состояние отождествляется с «желтым» коридором.                                                                                                                                                              |
| Оценка «зелёного» эффекта в рамках развития промышленных систем (ОЗЭ)                        | $Z = f(Y_p, Y_{эн}, Y_{эк}) = \sum_{i=1}^n (Y_i \times w_i)$                                                                                                                   | Микроуровень. Оценивается совокупное изменение объемов выбросов веществ, загрязняющих атмосферу и гидросферу, образуемых в процессе функционирования промышленного предприятия. Учитывает уровень ресурсоэффективности, энергоэффективности и экологичности промышленного предприятия.                                                                                                              |

Переходя от макроуровня управления эффективностью к микросистемам наблюдается усиление фактора ресурсного обеспечения промышленных систем, что приоритизирует решение задачи оптимизации модели управления ресурсами на уровне микропромышленной системы (представлено далее в параграфе 4.4 настоящего диссертационного исследования). В качестве промежуточного исследования изучены закономерности ресурсного обеспечения промышленных систем сквозь призму экономики замкнутого цикла, «зеленой» экономики, основанных на технологическом развитии и сфокусированных на повышении показателей эффективности. Далее выявлены закономерности перехода российской промышленности к модели замыкания ресурсных циклов (на уровне географических мезосистем), а также апробирована методика оценки «зелёного» эффекта в рамках развития промышленных систем (ОЗЭ).

Расширяя представления об оценке эффективности промышленных систем, предлагается оценить характер их перехода к циркулярной модели управления ресурсами (на примере системы оборотного водоснабжения). Мезопромышленные системы России оценены на основе двух показателей (за период с 2005 по 2020 годы) [244]:

- объем оборотной и последовательно используемой воды (млн. куб. м);
- использование свежей воды (млн. куб. м).

В качестве показателя эффективности промышленных мезосистем применен коэффициент соотношения объемов использования оборотной и свежей воды, а также абсолютное изменение коэффициента за 15 лет (таблица 4.3).

По итогам 2020 года высокое значение коэффициента (выше 10, позитивная динамика) зафиксировано в таких мезосистемах, как Воронежская (12,9), Курская (28,2), Липецкая (14,0), Орловская (23,3), Смоленская (36,6), Вологодская (22,1), Новгородская (10,6), Саратовская (14,3), Свердловская (15,1), Амурская (25,7) области.

Таблица 4.3 – Динамика перехода мезосистем к циркулярной модели за 2005–2020 годы (рассчитано по данным Росстата [244])

| Мезосистема                    | 2005  | 2020  | Δ      | Мезосистема                | 2005        | 2020       | Δ           |
|--------------------------------|-------|-------|--------|----------------------------|-------------|------------|-------------|
| <b>Российская Федерация</b>    |       |       |        |                            | <b>2,21</b> | <b>3,0</b> | <b>0,79</b> |
| Белгородская обл.              | 5,15  | 7,63  | 2,47   | Респ. Башкортостан         | 6,67        | 7,31       | 0,64        |
| Брянская обл.                  | 0,46  | 0,29  | -0,17  | Респ. Марий Эл             | 1,61        | 2,96       | 1,35        |
| Владимирская обл.              | 1,79  | 1,97  | 0,18   | Респ. Мордовия             | 3,64        | 3,38       | -0,27       |
| Воронежская обл.               | 4,54  | 12,95 | 8,41   | Респ. Татарстан            | 6,64        | 7,91       | 1,27        |
| Ивановская обл.                | 0,91  | 1,67  | 0,77   | Удмуртская Респ.           | 1,46        | 1,63       | 0,17        |
| Калужская обл.                 | 1,00  | 1,66  | 0,66   | Чувашская Респ.            | 3,21        | 4,12       | 0,90        |
| Костромская обл.               | 0,12  | 0,45  | 0,33   | Пермский край              | 0,73        | 1,80       | 1,07        |
| Курская обл.                   | 18,72 | 28,21 | 9,49   | Кировская обл.             | 4,13        | 5,73       | 1,60        |
| Липецкая обл.                  | 8,14  | 14,04 | 5,90   | Нижегородская обл.         | 1,38        | 1,94       | 0,56        |
| Московская обл.                | 2,30  | 1,26  | -1,04  | Оренбургская обл.          | 1,06        | 2,25       | 1,19        |
| Орловская обл.                 | 2,97  | 23,34 | 20,37  | Пензенская обл.            | 0,27        | 0,41       | 0,14        |
| Рязанская обл.                 | 9,78  | 5,01  | -4,78  | Самарская обл.             | 3,89        | 5,64       | 1,75        |
| Смоленская обл.                | 22,02 | 36,56 | 14,54  | Саратовская обл.           | 9,23        | 14,29      | 5,06        |
| Тамбовская обл.                | 1,36  | 1,91  | 0,55   | Ульяновская обл.           | 5,12        | 5,52       | 0,41        |
| Тверская обл.                  | 1,93  | 5,35  | 3,41   | Курганская обл.            | 5,06        | 6,59       | 1,53        |
| Тульская обл.                  | 8,03  | 9,87  | 1,84   | Свердловская обл.          | 10,60       | 15,13      | 4,53        |
| Ярославская обл.               | 1,86  | 1,68  | -0,18  | Тюменская обл.             | 5,36        | 2,82       | -2,54       |
| г. Москва                      | 2,22  | 3,51  | 1,29   | Челябинская обл.           | 10,34       | 7,29       | -3,04       |
| Респ. Карелия                  | 4,20  | 5,81  | 1,61   | Респ. Алтай                | 1,38        | 1,50       | 0,13        |
| Респ. Коми                     | 2,35  | 2,79  | 0,44   | Респ. Тыва                 | 0,54        | 0,28       | -0,27       |
| Архангельская обл.             | 1,23  | 1,66  | 0,43   | Респ. Хакасия              | 2,18        | 8,30       | 6,12        |
| Вологодская обл.               | 5,74  | 22,06 | 16,32  | Алтайский край             | 2,14        | 2,19       | 0,05        |
| Калининградская обл.           | 0,99  | 4,49  | 3,50   | Красноярский край          | 1,11        | 1,83       | 0,71        |
| Ленинградская обл.             | 0,24  | 0,63  | 0,39   | Иркутская обл.             | 2,25        | 3,06       | 0,81        |
| Мурманская обл.                | 0,62  | 0,74  | 0,13   | Кемеровская обл.           | 2,23        | 3,15       | 0,92        |
| Новгородская обл.              | 5,14  | 10,60 | 5,46   | Новосибирская обл.         | 1,21        | 1,38       | 0,18        |
| Псковская обл.                 | 0,04  | 0,05  | 0,00   | Омская обл.                | 3,51        | 3,86       | 0,35        |
| г. Санкт-Петербург             | 0,58  | 0,92  | 0,34   | Томская обл.               | 3,99        | 2,42       | -1,57       |
| Респ. Адыгея                   | 0,38  | 0,15  | -0,23  | Респ. Бурятия              | 0,65        | 0,63       | -0,02       |
| Респ. Калмыкия                 | 0,003 | 0,001 | -0,002 | Респ. Саха (Якутия)        | 9,47        | 7,52       | -1,95       |
| Краснодарский край             | 0,38  | 0,58  | 0,20   | Забайкальский край         | 1,64        | 5,60       | 3,96        |
| Астраханская обл.              | 0,31  | 0,63  | 0,31   | Камчатский край            | 0,12        | 0,07       | -0,06       |
| Волгоградская обл.             | 2,24  | 2,35  | 0,11   | Приморский край            | 4,11        | 3,57       | -0,54       |
| Ростовская обл.                | 0,88  | 3,07  | 2,19   | Хабаровский край           | 3,27        | 4,03       | 0,76        |
| Респ. Дагестан                 | 0,007 | 0,004 | -0,003 | Амурская обл.              | 7,88        | 25,75      | 17,87       |
| Кабардино-Балкарская Респ.     | 0,03  | 0,05  | 0,02   | Магаданская обл.           | 4,21        | 5,41       | 1,21        |
| Карачаево-Черкесская Респ.     | 1,17  | 0,40  | -0,77  | Сахалинская обл.           | 0,92        | 1,37       | 0,45        |
| Респ. Северная Осетия – Алания | 0,29  | 0,001 | -0,29  | Еврейская автономная обл.  | 0,62        | 1,54       | 0,92        |
| Ставропольский край            | 0,35  | 0,37  | 0,02   | Чукотский автономный округ | 8,43        | 6,48       | -1,95       |

На втором этапе исследования осуществлена динамическая классификация мезосистем в условиях тиражирования опыта перехода к циркулярной модели организации промышленных систем (методом кластерного анализа). Критерии классификации:

- объем оборотной и последовательно используемой воды (млн. куб. м),  $x_1$ ;
- коэффициент оборотного использования водных ресурсов,  $x_2$ .

Дисперсионный анализ во всех четырех случаях (за 4 периода) позволяет судить о существенном вкладе двух критериев в выделение кластеров, уровень р-значимости менее 0,05 во всех случаях. Выявлена реструктуризация кластеров в динамике, что подтверждает структурную трансформацию, протекающую в национальной экономике. В таблице 4.4 представлены описательные статистики для кластеров в разные периоды.

Таблица 4.4 – Описательные статистики для кластеров мезосистем по уровню повторного использования водных ресурсов [320]

| Типы мезосистем | 2005   |       | 2010   |       | 2015  |       | 2020  |       |
|-----------------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | $x_1$  | $x_2$ | $x_1$  | $x_2$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_1$ | $x_2$ |
| Тип 1           | 10 160 | 8,77  | 11 327 | 10,11 | 8 607 | 10,18 | 6 086 | 12,12 |
| Тип 2           | 5 174  | 8,95  | 4 523  | 8,03  | 4 283 | 9,2   | 2 232 | 5,99  |
| Тип 3           | 2 286  | 3,53  | 1 388  | 3,53  | 1 550 | 4,54  | 1 035 | 4,69  |
| Тип 4           | 457    | 2,07  | 208    | 1,86  | 321   | 2,23  | 183   | 1,94  |

Первый тип – это преимущественно мезосистемы с высоким уровнем потребления оборотной воды и высоким уровнем перехода к повторному использованию водных ресурсов, прогрессивные промышленные мезосистемы; второй тип – это промышленные мезосистемы с заметным уровнем перехода к бизнес-модели восстановления ресурсов; третий тип – с умеренным уровнем перехода (за исключением наблюдений 2015 года); четвертый тип – с низким уровнем перехода. В динамике наблюдается рост коэффициента оборотного использования водных ресурсов. Так для первого типа мезосистем рост показателя составил 3,35 пункта, что оценивается как позитивный тренд. Применение форматирования ячеек (серая заливка) связано с обозначением типа мезосистем, к числу которых отнесена Республика

Татарстан.

В рамках апробации предложенной в параграфе 3.3 трёхмерной модели Z-эффекта проведено экономико-математическое моделирование, направленное на выявление зависимости «зелёного» эффекта от ресурсоэффективности, энергоэффективности и экологичности промышленных систем.

В приложении К представлены исходные данные и расчет «зелёного» эффекта в целом по обрабатывающим производствам в России. Кроме того, данный результат оценен отдельно по трём направлениям – ресурсоэффективности (на примере водных ресурсов), энергоэффективности и экологичности. В первых двух случаях расчет основан на определении объема расхода водных ресурсов и энергии, приходящегося на единицу объема отгруженных товаров и услуг по обрабатывающей промышленности. Экологичность рассчитана в соответствии с методикой, представленной в работе М.Е. Глущенко [99]. Автор предлагает оценивать экологичность производства как отношение затрат на охрану окружающей среды к общим затратам предприятия. В нашем случае в качестве знаменателя отобран показатель затрат предприятий обрабатывающей промышленности на производство и реализацию продукции.

На рисунке 4.4 представлена динамика факторов, которая имеет нисходящий характер во всех трёх случаях. Несмотря на снижение доли затрат на экологические мероприятия (на 0,18 п.п.) показатели удельного ресурсопотребления сокращаются, что следует рассматривать как позитивный тренд, отражающий эффект затрат на экологизацию производства.

Z-эффект оценен в разрезе трёх аспектов:

- изменение удельного объема выбросов загрязняющих веществ, т на 1 млн руб. отгруженной продукции ( $Z\Delta_{\text{выбр}}$ );
- изменение удельного объема загрязненных сброшенных сточных вод, м куб. на 1 тыс руб. отгруженной продукции ( $Z\Delta_{\text{сброс}}$ );
- изменение объема отходов производства и потребления, т на 1 тыс руб. отгруженной продукции ( $Z\Delta_{\text{отх}}$ ).

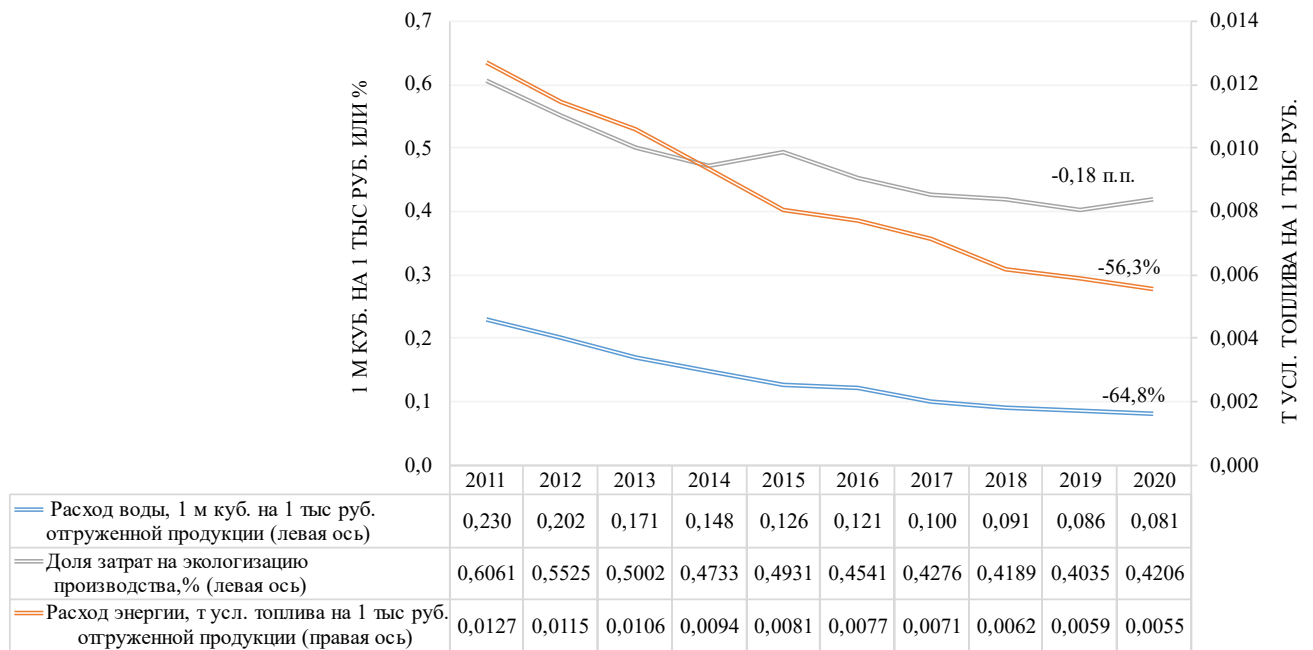


Рисунок 4.4 – Изменение факторов  $Y_i$  в функционировании обрабатывающей промышленности (построено по данным Росстата [277])

В результате применения инструментов моделирования выявлено, что синергетический эффект на данном этапе развития проявляется в случае сокращения сбросов загрязненных сточных вод предприятиями обрабатывающей промышленности, о чем свидетельствует коэффициент детерминации  $R^2$ , равный 80,96%. В двух других случаях влияние предикторов на сокращение выбросов и отходов слабое. Об этом свидетельствуют коэффициенты детерминации, равные 41,64% и 37,98% соответственно, то есть имеет место низкая степень зависимости «зелёного» эффекта  $Z$  от совокупного влияния предикторов  $Y_i$ .

Диагностика корреляции позволяет утверждать о прямой причинно-следственной связи между сбережением ресурсов и «зелёным» эффектом в виде изменения объема отходов производства и потребления [81]. Наиболее высокая корреляция отмечается между изменением расхода воды и объемов отходов ( $r = 0,503$ ); низкая теснота связи – между изменением энергопотребления и объемов отходов ( $r = 0,203$ ) и между изменением экологичности и объемов отходов ( $r = -0,042$ ).

Аналогичным образом оценена зависимость «зелёного» эффекта  $Z$  в виде изменения объема выбросов загрязняющих веществ. Выявлены разнонаправленные тенденции влияния. В случае экологичности, как и в предыдущем случае, имеет



место и логична обратная зависимость объемов выбросов (и их изменения) от вложений промышленных предприятий в защиту окружающей среды. Вместе с тем, на всех трёх графиках наблюдаем низкую корреляцию между предикторами и откликом  $Z\Delta_{\text{выбр}}$  ( $r = -0,18$ ).

Во всех проекциях «зелёного» эффекта наблюдался невысокий коэффициент корреляции. Обратное утверждение характерно для влияния уровня экологичности предприятий обрабатывающей промышленности на сокращение сброса загрязнённых сточных вод – коэффициент корреляции составляет  $r = -0,735$ .

Резюмируя результаты экономико-математического моделирования, подчеркнем, что за период 2011–2020 годы «зелёное» развитие предприятий обрабатывающей промышленности можно признать слабым. Безусловно, представленные результаты являются усредненными, поскольку доля эффективно развивающихся предприятий с ориентацией на экологическую ответственность не составляет 100%. Переход к «зелёному» предприятию – путь сложный и капиталоемкий. Последний фактор превалирует в принятии решений, направленных на модернизацию производственных систем.

Таким образом, аналитическое исследование позволяет идентифицировать высокий нереализованный потенциал повышения эффективности ресурсного обеспечения промышленных систем.

#### 4.3 Организационная модель управления эффективностью промышленных систем

Формирование организационной модели требует фундаментального понимания феномена «технологический суверенитет», которое позволяет сфокусировать внимание на приоритетных аспектах развития промышленности. Прежде всего, сформулируем инструментальный базис, способный сквозным образом (с одной стороны, вдоль жизненного цикла изделия, с другой стороны, через призму приоритетных направлений развития промышленности) обеспечить технологический прорыв в национальной экономике.

На рисунке 4.5 представлен концептуальный подход к формированию организационной платформы, где отражена иерархия инструментов, средств, ресурсов, комплексный подход к которым ориентирован на разработку и производство «умного» продукта с высокой добавленной стоимостью, востребованного рынком. Специфика «умного» продукта состоит в его способности аккумулировать, обрабатывать данные обо всех пройденных стадиях обработки, о возможностях использования, а также генерировать информацию об оптимальной логистике, обслуживании и сквозной интеграции с бизнес-процессами. Реализация технологии основана на встроенном программном обеспечении.

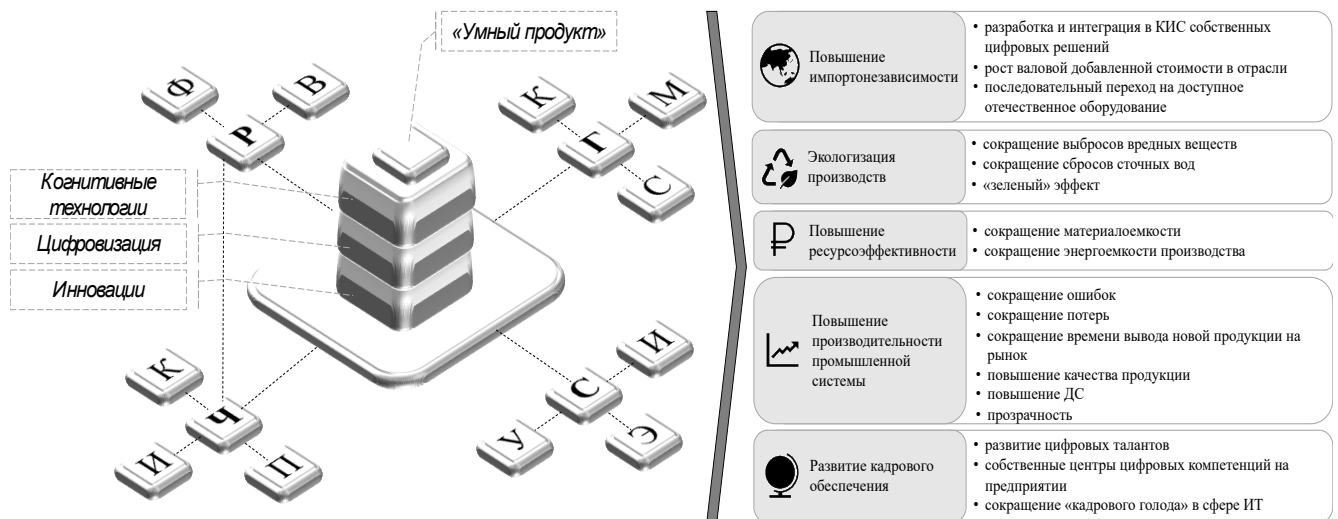


Рисунок 4.5 – Организационная платформа повышения эффективности микропромышленных систем (построено автором)

Структурно организационная платформа состоит из трех блоков:

1) блоком первого уровня предлагается обозначить «башню» технологий, охватывающую инновации (технологические, процессные, маркетинговые), цифровизацию и когнитивные технологии, которые в совокупности выполняют функции обработки данных, агрегированных на втором уровне;

2) блоками второго уровня являются элементы, обеспечивающие функционирование промышленной системы, ориентированной на технологическое развитие: человеческий капитал (Ч), ресурсы (Р), стратегия (С), государственная поддержка (Г);

3) блоки третьего уровня представляют собой декомпозицию элементов второго уровня, а именно:

- человеческий капитал формируется из таких составляющих, как новаторские компетенции и квалификация инженерного персонала (К), заинтересованность персонала в модернизации и креативное мышление (И); тип предпринимателя (П) – новатор, адепт, прогрессист, скептик, консерватор;

- ресурсы: финансы собственные, заемные, инвестиции (Ф), кадровые (К), временные (В);

- стратегия: концепция устойчивого развития, экологизации (Э), стратегия социально-экономического развития страны (Э), отраслевые планы импортозамещения (И);

- государственная поддержка: специальный инвестиционный контракт, СПИК (К), субсидии (С), механизмы кооперации – технологические платформы, кластеры, государственно-частное партнерство, консорциумы, НТИ и другие сетевые взаимодействия стейкхолдеров развития промышленных систем (М).

На мезоуровне достижение синергетического эффекта возможно в результате интеграции образования, науки, промышленности и государства. При этом мезосистемы целесообразно обозначить в качестве локальных оптимумов, где формируется территориальные кооперационные структуры. В Республике Татарстан к таким относятся Машиностроительный кластер Республики Татарстан (Ассоциация «Машиностроительный кластер Республики Татарстан»), Нефтегазохимический промышленный кластер Республики Татарстан ООО «Нефтегазохимический кластер», Пищевой кластер Республики Татарстан ООО «Агрифуд Менеджмент», Кластер строительных технологий и материалов ООО УК «ПромСтройТехнология», Межрегиональный промышленный кластер «Композиты без границ» (АНО «СОПК «Композиты без границ»).

На уровне макротехнологий в качестве глобального оптимума выступает технологический суверенитет. Содержание данной категории сводится к четырем ас-

пектам, формирующимся под влиянием новых вызовов (рисунок 4.6). Семантические аспекты, принципы и инструменты были освещены нами в первой главе настоящего исследования. Подробнее обоснуем черты представленной модели.



Рисунок 4.6 – Концептуальная модель феномена «технологический суверенитет»  
(составлено автором)

Результаты аналитического исследования, представленного в третьей главе, подтверждают сырьевой характер экономики с низкой локализацией производства, как следствие, высокой упущенной добавленной стоимостью. Модель суверенизации подразумевает уход от сырьевой экономики и импортозависимости в части вы-

сокотехнологичной продукции к производящей, сопровождающейся созданием рабочих мест, добавлением стоимости, локализации производства на территории страны, тем самым, повышению гибкости и устойчивости к внешним возмущениям. Отсюда следует острая необходимость в импортозамещении, но в рациональных пропорциях, поскольку тем самым возможно поддерживать конкурентоспособность отечественной продукции. Для новой экономики (производящей) требуются кадры, способные обеспечить «мягкую» и качественную трансформацию промышленности. Для этого необходимо возрождение тесного взаимодействия промышленных предприятий с образованием и наукой, учебными центрами, что обеспечит и повысит качество фундаментальных и прикладных исследований как единого звена в системе жизненного цикла изделия. Кроме того, важно осознание ценности технологии, определения ее как цели (цели технологического прорыва) в производящей экономике, но не как средства в сырьевой и торговой экономике.

В качестве организационной модели предложена схема процесса в нотации IDEF<sub>0</sub>, которая в ответ на новые вызовы предусматривает ряд этапов (рисунок 4.7).

1) Разработка сквозной стратегии технологической суверенизации. Таким стратегическим документом призвана стать Концепция технологического развития на период до 2030 года, утвержденная в мае 2023 года, фокусом которой является обеспечение технологического суверенитета страны. Концепцией определены ключевые механизмы развития промышленности – импортозамещение, внедрение наилучших доступных технологий, реализация мега-проектов [3].

2) Ядром стратегии является сквозная методология, в рамках которой предполагается уточнение понятийного аппарата, целей, задач и целевых показателей [3].

3) В рамках реализации стратегии (инструментального комплекса) развития должна лежать кооперация – между звеньями цепей поставок, между акторами экономической системы страны, позволяющая совместными усилиями преодолеть возникшие в промышленности проблемы. Задача государственной власти – выработать эффективную и привлекательную систему стимулирования бизнеса к кооперации.

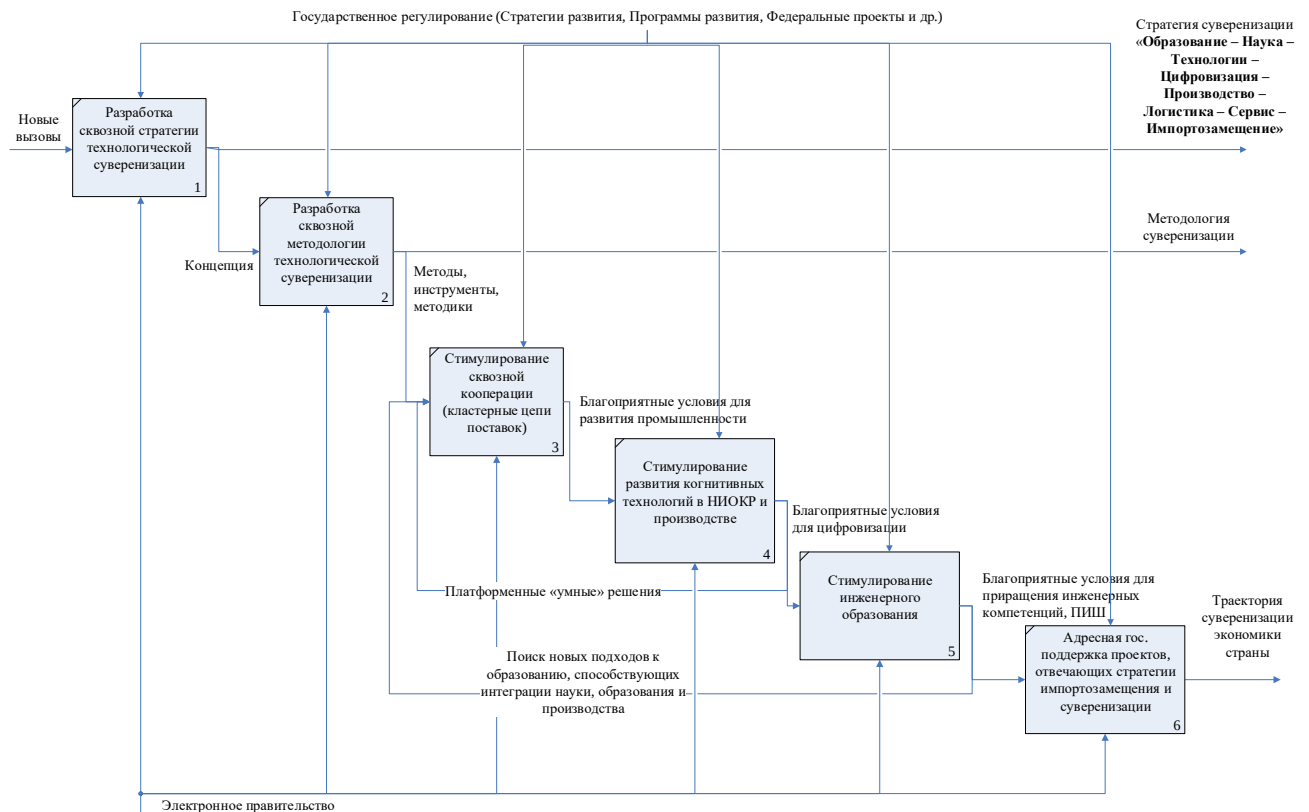


Рисунок 4.7 – Схема процесса технологической суверенизации (составлено автором)

4) Такая организация труда способна выполнять роль катализатора развития промышленных систем разного уровня в части инноваций, цифровизации, внедрения когнитивных технологий. Результатам данного этапа может служить аналитико-коммуникационная платформа взаимодействия участников кооперации.

5) В целях кадрового обеспечения процесса суверенизации и решения конкретных технологических задач необходима подготовка современных инженеров – квалифицированных специалистов в области инжиниринга (инженерной элиты), способных к непрерывному развитию в соответствии с динамично развивающимися технологиями. Сегодня эта задача успешно реализуется в ряде российских вузов в рамках передовых инженерных школ (ПИШ), в частности, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ПИШ «Промхимтех»), ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (ПИШ «Кибер Авто Тех»), АНО ВО «Университет Иннополис» (ПИШ «Новое

поколение ИТ-инженеров для ускоренной разработки и внедрения российского программного обеспечения»), ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (ПИШ «Передовая инженерная школа атомного машиностроения и систем высокой плотности энергии») и т.д. [226].

На основе подготовки квалифицированных кадров для экспортоориентированных секторов экономики обеспечивается эффективная научно-производственная кооперация, результат которой ожидается в виде новой высокотехнологичной продукции. Объемы последней также в прямой зависимости от численности работников, занятых НИОКР, а также затратами на фундаментальные и прикладные исследования [61].

Следствием адресной государственной поддержки и комплексной стратегии должен стать выход на путь развития, отвечающий траектории суверенизации страны. Так называемый, выход из точки бифуркации, в которой оказалась российская экономика в результате агрессивной санкционной политики.

Национальные приоритеты государства продекларированы и отражены в Указах Президента РФ, определяющих стратегические цели углубленного планирования и задающих вектор дальнейшего развития государства. В начале XXI века особо острыми стали проблемы выявления перспектив, приоритетов, суверенных устремлений в управлении национальной экономикой. С учетом острой потребности в развитии технологического суверенитета особо значимыми правовыми актами признаются Указ Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» (обозначены задачи модернизации и развития ведущих секторов экономики, ключевых производственных технологий) [5], Указ Президента РФ от 7.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» (ускорение технологического развития в целях прорывного научно-технологического и социально-экономического развития страны) [7], Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «Указ о национальных целях развития России до 2030 года» (реальный рост экспорта несырьевых неэнергетических товаров) [17], Указ Президента РФ от 02 июля 2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности РФ» и (укрепление суверенитета

страны) [9] и другие правовые акты. Во исполнение Указов Президента РФ Правительством РФ подготовлены конкретные механизмы по регулированию укрепления технологического суверенитета страны, в частности:

- Концепция технологического развития Российской Федерации до 2030 года, которая включает три раздела, посвященных соответственно устойчивому технологическому суверенитету, технологиям как фактору роста экономики и развития социальной сферы и технологическому обеспечению устойчивого функционирования производственных систем [3];

- Постановление Правительства РФ от 17.07.2015 № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» (с изменениями от 29.12.2022 г.), определяющее порядок отнесения продукции к произведенной на территории Российской Федерации (в отношении продукции станкоинструментальной промышленности, автомобилестроения, специального машиностроения, фотоники и светотехники, энергомашиностроения, электротехнической и кабельной промышленности, тяжелого машиностроения, медицинских изделий, фармацевтической продукции, продукции радиоэлектроники, продукции промышленности строительных материалов и других типов продукции) [8].

Задача способствования созданию благоприятных условий для выполнения поставленных задач возлагается, прежде всего, на Минпромторг России, Минэкономразвития России, Минцифры России, Минприроды России и Минобрнауки России. В свою очередь, действенными и перспективными инструментами повышения конкурентоспособности промышленных систем (помимо масштабных тенденций цифровизации и экологизации) в условиях реализации Указов Президента РФ, на наш взгляд, являются тиражирование CALS-технологий, «зеленая» повестка и SCOR-модель (Digital Standard), базирующиеся на научно-производственной кооперации, которая, с одной стороны, является фундаментом технологического развития страны, с другой стороны, предполагает объединений усилий органов власти в целях достижения стратегических ориентиров.

Суммируя вышеизложенное, а также учитывая потенциальный эффект развития технологического суверенитета страны, предложена структурная модель



управления, рассматривающая кооперацию как ключевой инструмент технологического развития страны (рисунок 4.8).

Комплексная реализация задач возложена на Минпромторг России, которое регулирует инновационное развитие промышленных систем, научной и научно-производственной кооперации, модернизация материально-технической базы образовательных и научно-исследовательских учреждений, внедрение наилучших доступных технологий (в частности, в целях экологизации производства), цифровую трансформацию и «сквозную» цифровизацию промышленности, иными словами, всесторонне развитие промышленных систем. Участие иных федеральных органов исполнительной власти имеет профильную специфику, в связи с чем в контексте реализации инструментов повышения конкурентоспособности национальной экономики и промышленных систем предложен матричный подход к управлению развитием, в рамках которого обозначено 12 блоков задач. Выделенные блоки отражают курирующие конкретное направление развитие министерства.

Блок 1.1. Регулирование инвестиций в развитие CALS-технологий на промышленных предприятиях.

Блок 1.2. Обеспечение правовых условий для цифровизации производственной системы; грантовая поддержка внедрения CALS-технологий на промышленных предприятиях; развитие «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии», включая интегрированную логистическую поддержку (Integrated Logistics Support, ILS) [116].

Блок 1.3. Учет экологических ограничений внедряемой CALS-технологии.

Блок 1.4. Регулирование процесса подготовки квалифицированных кадров, владеющих компетенциями в области инженерной логистики.

Блок 2.1. Регулирование инвестиций в «зеленые» технологии. Развитие «зеленого» финансирования, экологически «окрашенного».

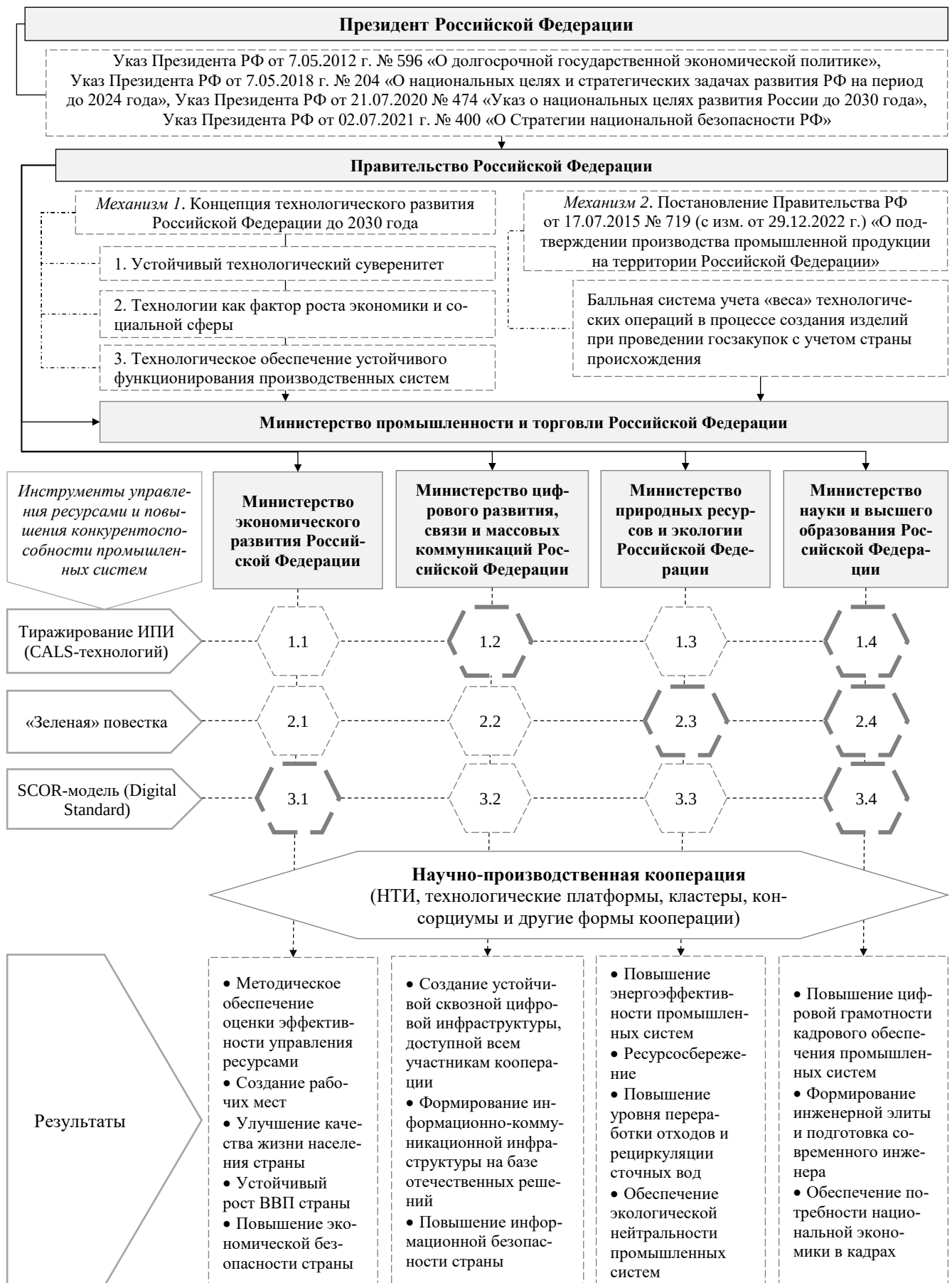


Рисунок 4.8 – Структурная модель управления развитием промышленных систем  
(разработана автором)

Блок 2.2. Обеспечение правовых условий для цифровизации «зеленых» технологий; грантовая поддержка разработки и внедрения программных модулей или комплексных решений в области мониторинга влияния производства на окружающую среду, выбросов и сточных вод, повторного использования отходов; учет экологических ограничений при разработке цифрового двойника изделия [116].

Блок 2.3. Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы. Переход на наилучшие доступные технологии, способствующие снижению негативного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду. Выдача комплексных экологических разрешений (КЭР). Регулирование развития низкоуглеродных технологий и технологий поглощения парниковых газов в сфере функционирования промышленных систем.

Блок 2.4. Стимулирование развития экологических профессий, в частности, экоаналитик в добывающих отраслях, экоресиклер в металлургии, эколог-логист, экоаудитор, аудитор по зеленому финансированию, рециклинг-технолог, специалист по внедрению раздельного сбора отходов, менеджер «zero waste» («ноль отходов») и других перспективных профессий [338].

Блок 3.1. Регулирование развития интеграции в цепях поставок, способствование тиражированию SCOR-модели (Digital Standard). Регулирование инвестиций во внедрение методологии SCOR на крупных промышленных предприятиях (в целях повышения эффективности бизнес-процессов промышленных систем).

Блок 3.2. Регулирование разработки и внедрения отечественных платформенных решений для логистики, цифровых двойников цепей поставок, интегрированных сервисов поддержки снабжения, производства и сбыта [116].

Блок 3.3. Стимулирование развития «зеленых» цепей поставок, замкнутых цепей поставок, декарбонизации цепей поставок.

Блок 3.4. Популяризация цифровой логистики. Поддержка целевой подготовки специалистов в области логистики и цифровой трансформации цепей поставок. Регулирование процесса подготовки специалистов в области SCOR.

Системный подход к реализации рассмотренных инструментов способен обеспечить ряд результатов в разрезе профильных министерств, а также способствовать укреплению национальной безопасности и повышению благосостояния населения страны. Институты развития являются одним из инструментов государственной политики, который способен внести вклад в развитие высокотехнологичных производств.

Таким образом, предложена структурная модель управления развитием промышленных систем на макроуровне, базирующаяся на матричном подходе и межведомственной кооперации в разрезе перспективных инструментов управления ресурсами и повышения конкурентоспособности промышленных систем, обеспечивающая ускоренный переход к техноэкономике. Уникальность модели заключается в декомпозиции функций органов исполнительной власти в условиях технологической трансформации промышленности и реиндустриализации национальной экономики.

Переходя к микропромышленным системам, отметим, что модернизация – процесс последовательный, опирающийся на проектный подход. Как было отмечено ранее, современные промышленные системы в России характеризуются высоким уровнем выбросов загрязняющих веществ, что требует выработки эффективной модели организации процессов управления. Преимущества, обеспечиваемые проектным подходом, определяют значимость освоения методик, реализуемых на принципах Agile. В связи с этим предлагается организация безопасных промышленных систем согласно данным принципам.

Реализации проекта экологизации промышленного предприятия предшествует диагностика экологической нагрузки в целях выявления проблем и наилучшего опыта как в собственном развитии, так и в отрасли (функциональный бенчмаркинг). Предлагается методика оценки, которая зарегистрирована в рамках программы для ЭВМ «Модель оценки экологической нейтральности жизненного цикла нефтехимического производства» (Свидетельство о регистрации 2021681815 от 27.12.2021) и охватывает отдельные этапы [311]:

- 1) экологической нагрузки предприятия (углеродоемкости, уровня оборотного использования водных ресурсов, затрат энергоресурсов);
- 2) экологической нагрузки производственных фондов (отношение фондоемкости к объему загрязняющих выбросов на 1 трлн. руб. выручки);
- 3) экологической нейтральности нефтехимического предприятия (совокупная рейтинговая оценка обозначенных выше индикаторов).

Программа предназначена для оценки экологической нагрузки промышленных предприятий и экологической нейтральности жизненного цикла нефтехимического производства. Модель позволяет также реализовать бенчмаркинг уровня экологизации отраслевых предприятий путем ввода необходимых открытых данных, предусматривает автоматизированный алгоритм диагностики, гибкую систему весовых коэффициентов и целевых ориентиров по каждому индикатору.

Ключевым источником прорывных технологических решений являются кадры. Как следствие, развитию предприятия способствует реализация научно-исследовательского потенциала, в связи с чем человеческий капитал рассматривается как ключевой объект управления в инновационной промышленной системе всех уровней. Он непосредственно связан с объемами инновационной деятельности и уровень инновационной активности, вследствие чего интегрированное управление реализацией человеческого капитала способствует росту прибыли, повышению эффективности деятельности предприятия и повышению конкурентоспособности в рыночном пространстве. Осуществляя инвестирование в человеческий ресурс, предприятие раскрывает и реализует человеческий потенциал, определяющий в результате успех деятельности промышленных систем (рисунок 4.9). Разработана методика исследования человеческого капитала в разрезе трех показателей – коэффициентов инновационного человеческого капитала, обеспечения прибыли и инновационной конкурентоспособности.

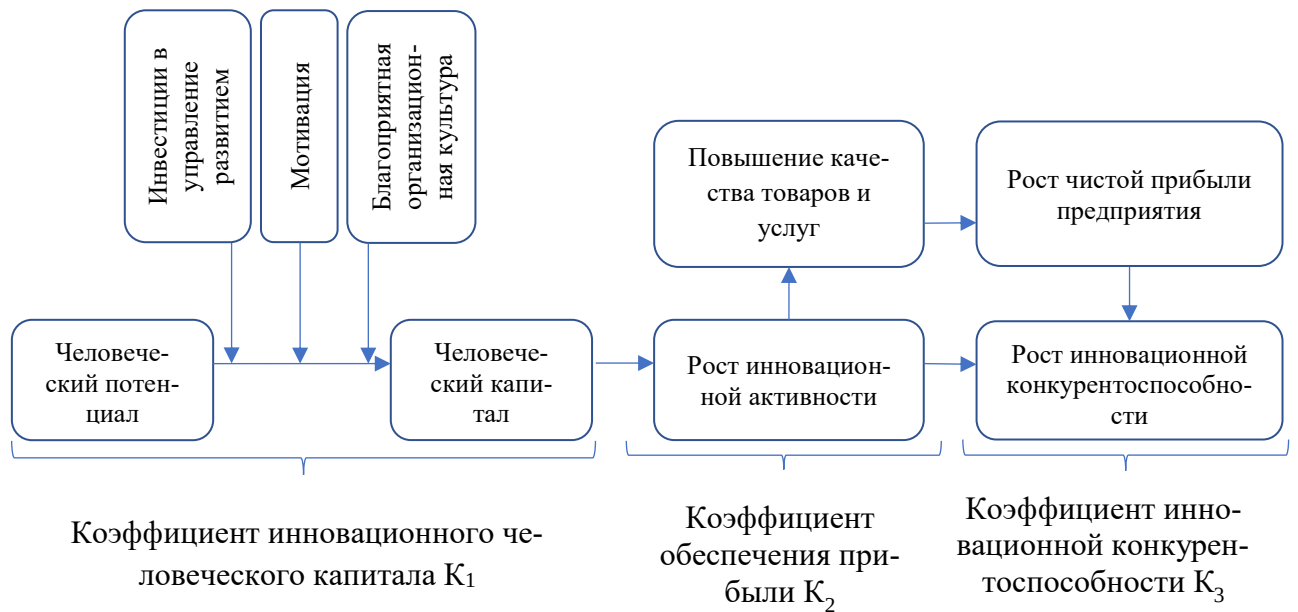


Рисунок 4.9 – Схема развития человеческого капитала и влияния на технологическое развитие промышленных систем [398]

Для расчета коэффициентов  $K_i$  предложено применять средние гармонические взвешенные. В результате коэффициент инновационного человеческого капитала  $K_1$  предлагаем рассчитать как отношение средневзвешенного результата, приходящегося на 1 сотрудника, занятого научными исследованиями и разработками в секторе промышленности, к средневзвешенным затратам, отнесенным к численности персонала, занятого НИОКР за ряд исследуемых лет [399]:

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^t Q_{innov(i)}}{\sum_{i=1}^t \frac{Q_{innov(i)}}{P_{R\&D(i)}}} / \frac{\sum_{i=1}^t C_{R\&D(i)}}{\sum_{i=1}^t \frac{C_{R\&D(i)}}{P_{R\&D(i)}}}, \quad (4.2)$$

где  $Q_{innov}$  – объем отгруженных инновационных товаров, работ, услуг, млн руб.;

$P_{R\&D}$  – численность работников, занятых НИОКР в промышленности, чел.;

$C_{R\&D}$  – внутренние затраты на НИОКР, млн руб.;

$t$  – период наблюдения (год).

Коэффициент обеспечения прибыли  $K_2$  рассчитан в целом по сектору промышленности, но усреднен по численности сотрудников, занятых НИОКР [399]:

$$K_2 = \frac{\sum_{i=1}^t NP_{(i)}}{\sum_{i=1}^t \frac{NP_{(i)}}{P_{total(i)}}}, \quad (4.3)$$

где  $P_{total}$  – среднесписочная численность работников в отрасли, тыс чел.;

$NP$  – сальдированный финансовый результат предприятий отрасли, млн руб.;

Результирующий показатель – коэффициент инновационной конкурентоспособности  $K_3$  – определяется как средневзвешенная затрат на НИОКР, приходящаяся на 1 рубль отгруженной инновационной продукции предприятиями отрасли [399]:

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^t C_{R\&D(i)}}{\sum_{i=1}^t \frac{C_{R\&D(i)}}{Q_{innov(i)}}}. \quad (4.4)$$

Методика также зарегистрирована в виде электронного ресурса «Система оценки развития человеческого капитала инновационных промышленных предприятий» (Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24637 от 17.10.2020) [323]. Рассчитанные показатели кадрового обеспечения технологического развития промышленных систем представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Эффективность управления развитием инновационного человеческого капитала промышленными системами (рассчитано автором)

| Промышленная система        | Коэффициент человеческого капитала ( $K_1$ ) | Коэффициент обеспечения прибыли ( $K_2$ ) | Коэффициент инновационной конкурентоспособности ( $K_3$ ) |
|-----------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Добыча полезных ископаемых  | 1,042                                        | 1,016                                     | 0,570                                                     |
| Обрабатывающие производства | 1,025                                        | 7,587                                     | 2,890                                                     |

Анализируя полученные результаты, отметим, что более эффективный результат (производительность) человеческого капитала ( $K_1$ ) показала добывающая

промышленность. Судя по значениям коэффициента обеспечения прибыли ( $K_2$ ) более высокую прибыль в среднем за 2012–2020 годы принес каждый сотрудник, занятый на предприятиях обрабатывающей промышленности, несмотря на высокую прибыль, оцененную в разрезе календарных лет. Отношение затрат на исследования и разработки к результату в виде объема отгруженных инновационных товаров, работ и услуг ( $K_3$ ) также позволяет обозначить высокую инновационную эффективность и конкурентоспособность предприятий обрабатывающей промышленности.

Таким образом, ядром эффективной организационной модели является кооперация – межведомственная, внутри цепей поставок промышленной продукции, научно-производственная. При этом отдельная роль отводится человеческому капиталу, который является центральным звеном как национальной инновационной системы, так и микропромышленных систем, ориентированных на технологический прогресс, обеспечивающий существенный прирост конкурентоспособности за счет разработки и реализации наукоёмких, высокотехнологичных товаров и услуг. Такого эффекта возможно достичь посредством реализации человеческого потенциала, объединения компетенций и ресурсов участников экономической системы. В свою очередь, на уровне микропромышленных систем премирование и стимулирование сотрудников к генерации рациональных предложений может способствовать модернизации производственных систем или созданию условий для таковой.

#### 4.4 Оптимизационная модель управления ресурсами промышленной микросистемы

Технологическое развитие способствует смещению фокуса внимания с планирования выпуска на энергоресурсосбережение. В новых условиях функционирования сокращается горизонт планирования и растут затраты, что обусловлено высокой степенью неопределенности внешней среды. В качестве инструмента управления затратами предложено оптимизировать энергозатраты, кадровые ресурсы, финансовые ресурсы в целях повышения эффективности функционирования про-



мышленной системы. Исследование базируется на систематизации результатов деятельности крупного нефтехимического предприятия ПАО «Нижнекамскнефтехим» и охватывает 6 этапов:

- 1) диагностика энергопотребления в условиях производства нефтехимической продукции;
- 2) оптимизация ресурсного обеспечения исследуемой микропромышленной системы (энергии и кадров);
- 3) построение прогностической модели управления эффективностью микропромышленной системы;
- 4) систематизация направлений повышения эффективности системы;
- 5) экономико-математическое моделирование зависимости устойчивого развития предприятия от финансовых потоков;
- 6) оптимизация финансовых ресурсов в целях повышения уровня индикатора устойчивого развития предприятия.

1) На первом этапе оценена динамика энергетических затрат и энергоемкости производства нефтехимической продукции (рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 – Динамика энергетических затрат и энергоемкости производства ПАО «Нижнекамскнефтехим» (построено по данным [220])

Наблюдается высокая зависимость между показателями, о чем свидетельствует коэффициент корреляции, равный 0,93. Кроме того, если в период с 2015 по 2018 годы зафиксированы сравнительно низкие значения обоих показателей, то в 2019-2020 годы очевиден прирост в обоих случаях. В среднем за исследуемый период темп прироста доли энергозатрат составил 4,54%, энергоемкости – 4,9%. В целом за 2015–2020 годы доля энергозатрат стабильно растет и рост составил примерно 4 процентных пункта, что обусловлено в том числе ростом цен на энергоресурсы; энергоемкость возросла на 0,03 руб. / руб., что рассматривается как негативная тенденция. Предприятие активно реализует мероприятия по повышению энергоэффективности и энергосбережению.

Оценка структуры затрат (рисунок 4.11) позволила выявить преобладающую долю потребления теплоэнергии (50,9% в 2020 году). При этом доля энергоресурса в структуре за 2015–2020 годы сократилась на 4,3 процентных пункта. За счет внедрения передовых энергосберегающих технологий, автоматизации процессов происходит реструктуризация потребляемых энергоресурсов в сторону электрической энергии, доля которой увеличилась с 30,3% в 2015 году до 35,2% в 2020 году (прирост – 43,6%).

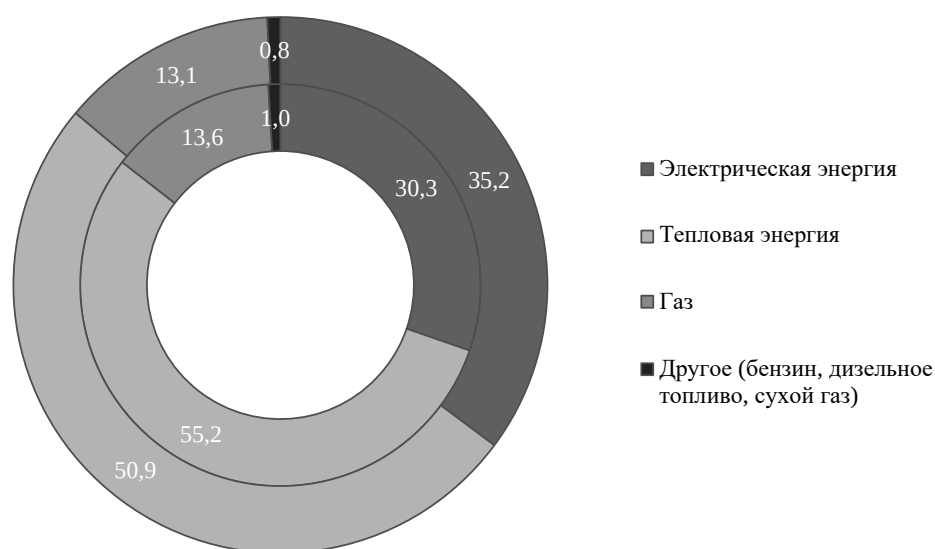


Рисунок 4.11 – Структура энергетических затрат ПАО «Нижнекамскнефтехим», % (внутреннее кольцо – 2015 год, внешнее кольцо – 2020 год) (построено по данным [220])

Относительно меньшая доля затрат приходится на сырье и материалы (рисунок 4.12). При этом показатель сократился с 8,3% до 6,78%, что может свидетельствовать об оптимизации управления материальными ресурсами на предприятии. Показатель эффективности управления данным видом ресурсов колеблется, но не превышает 0,1 руб. / руб. Стоимость сырья и материалов, приходящихся на 1 рубль полученной выручки, снижается, что характеризуется как позитивная тенденция, рационализация использования ресурсов.



Рисунок 4.12 – Затраты на сырье и материалы и материалоемкость производства ПАО «Нижнекамскнефтехим» (построено по данным [220])

Исследованы экономические показатели деятельности ПАО «Нижнекамскнефтехим» (рисунок 4.13). Выручка и общая рентабельность продаж имеют неустойчивую динамику изменения, скачкообразную. Это определяется соотношением темпов прироста прибыли и себестоимости. В 2017 году зафиксировано наиболее высокое значение рентабельности продаж – 28,56%. В 2020 году, несмотря на существенные ограничения в функционировании цепей поставок, в том числе глобальных, показатель не опустился ниже 24%.

Представленный анализ динамики экономических показателей, показателей энергоэффективности и материалоэффективности ПАО «Нижнекамскнефтехим» позволяет констатировать, с одной стороны, развитие промышленного предприятия вдоль вектора устойчивого развития и ресурсосбережения, с другой стороны, мероприятия в области энергосбережения хоть и дают экономию энергоресурсов на 93 млн руб., но в удельном отношении энергопотребление пока продолжает расти. Растет и доля энергозатрат в себестоимости нефтехимической продукции, но происходит смена потребляемой энергии с тепловой на электрическую.

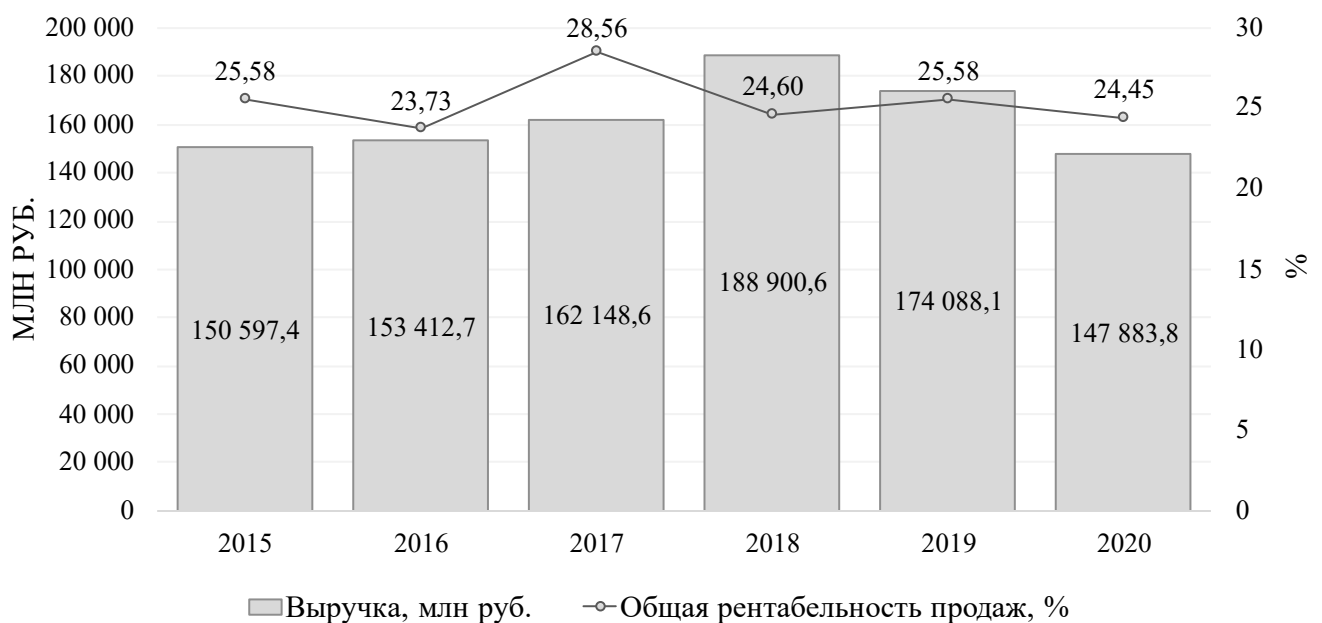


Рисунок 4.13 – Динамика экономических показателей  
ПАО «Нижнекамскнефтехим», % (построено по данным [220])

2) Наличие нереализованного внутреннего потенциала повышения энергоэффективности обуславливает актуальность моделирования ресурсного обеспечения исследуемой микропромышленной системы. В результате регрессионного анализа получен ряд уравнений, которые легли в основу оптимизационной модели. Целевая функция представлена выручкой предприятия, которая ориентирована на максимально возможное значение, а ограничения составлены в соответствии с уравнениями зависимости себестоимости и валовой прибыли от объема использованных энергоресурсов ( $O_{\text{эн}}$ ) и среднегодовой численности сотрудников предприятия ( $Ч_{\text{ср.}}$ ).

Неравенства составлены относительно значений показателей за 2020 год. Итоговый вид задачи линейного программирования представлен следующим образом [87]:

$$\begin{aligned}
 & \text{Выручка} = 1280657,66 - 7,14 \times O_{\text{эн}} - 64,29 \times \text{Ч}_{\text{ср}} \rightarrow \max \\
 & \left\{ \begin{aligned}
 & \text{Себестоимость} = 483230,19 - 23,98 \times \text{Ч}_{\text{ср}} \leq 111731,7 \quad (1) \\
 & \text{Валовая прибыль} = 171741,44 - 8,7 \times \text{Ч}_{\text{ср}} \geq 36152,07 \quad (2) \\
 & 19818 \leq O_{\text{эн}} \leq 22833 \quad (3) \\
 & O_{\text{эн}} - \text{целое} \quad (4) \\
 & 14432 \leq \text{Ч}_{\text{ср}} \leq 15500 \quad (5)
 \end{aligned} \right. \quad (4.5)
 \end{aligned}$$

Анализ качества всех построенных уравнений позволяет резюмировать высокую адекватность экономико-математических моделей. Результаты оценки качества представлены в таблице 4.6. Оценка статистической надежности построенных моделей, произведенная по коэффициенту детерминации  $R^2$ , а также F-критерию Фишера и t-критерию Стьюдента (во всех случаях  $t_{\text{расч.}}$  превышает  $t_{\text{табл.}}$ ), подтверждает адекватность уравнений и значимость коэффициентов регрессии.

Таблица 4.6 – Оценка качества построенных моделей зависимости (в рамках диагностики деятельности ПАО «Нижнекамскнефтехим») [87]

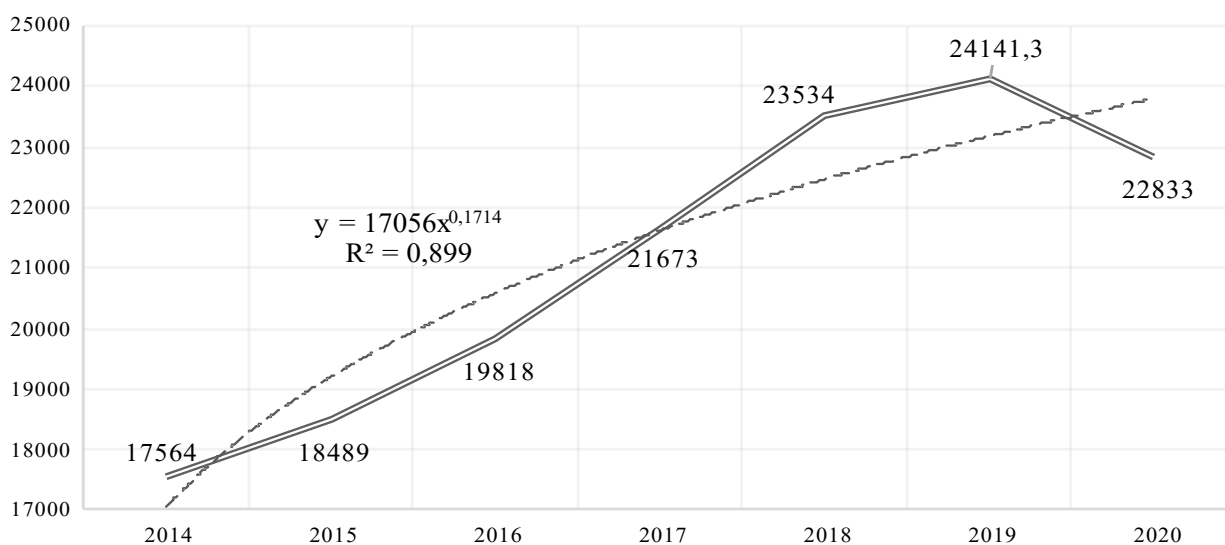
| Модели зависимости | Оценка качества моделей                                                                                                                  |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Целевая функция    | $R^2 = 0,964$ ;<br>$F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}} (40,7 > 9,55)$ ;<br>$t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$ для всех коэффициентов |
| Ограничение (1)    | $R^2 = 0,73$ ;<br>$F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}} (10,8 > 7,7)$ ;<br>$t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$ для всех коэффициентов   |
| Ограничение (2)    | $R^2 = 0,627$ ;<br>$F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}} (8,7 > 7,7)$ ;<br>$t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$ для всех коэффициентов   |

В результате решения задачи максимально возможная величина выручки составляет 143 087 млн руб. при следующих оптимальных значениях искомых переменных:

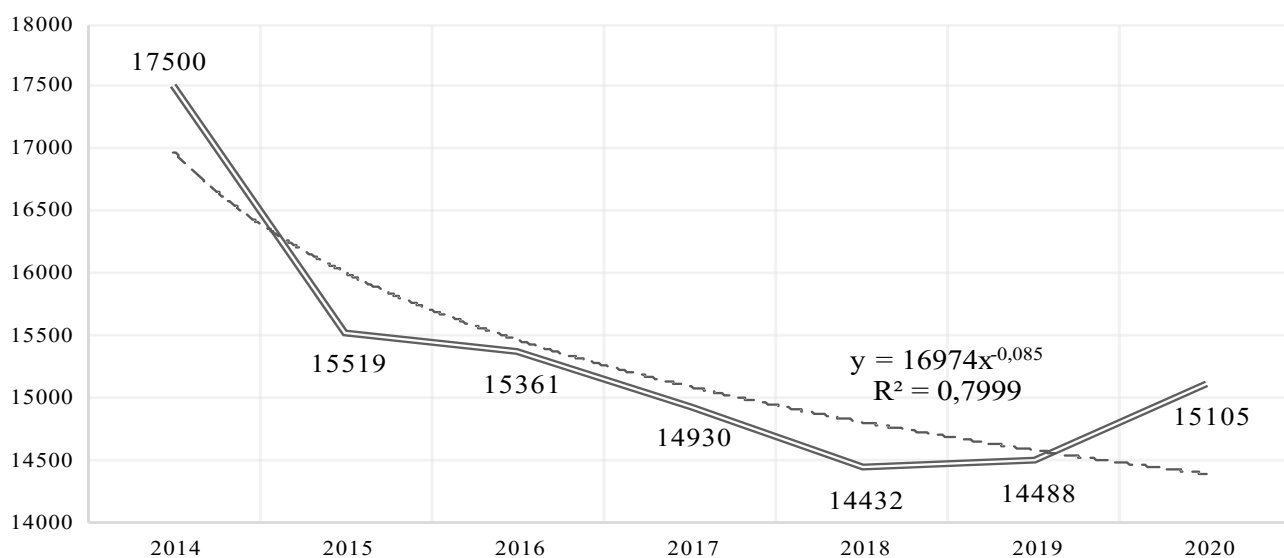
$$O_{\text{ЭН}} = 19\,818 \text{ млн руб.};$$

$$Ч_{\text{ср.}} = 15\,494 \text{ чел.}$$
(4.6)

Альтернативным путем рассчитаны прогнозируемые значения выручки промышленной системы путем экстраполяции тренда (рисунок 4.14). Прогнозируемые значения показателей согласно степенным линиям тренда (с наибольшей достоверностью аппроксимации) составят 23808 млн руб. и 14 386 чел.



а) Объем потребления энергоресурсов в ПАО «Нижекамскнефтехим», млн руб.



б) Среднегодовая численность работающих ПАО «Нижекамскнефтехим», чел.

Рисунок 4.14 – Степенная линия тренда [87]

На основе рассчитанных прогнозных значений объема потребления энергоресурсов и среднегодовой численности работающих и формулы целевой функции получено альтернативное значение выручки, которое может составить 185 817,15 млн руб. По итогам моделирования построены 2 графика в соответствии с реализованными методами прогнозирования – оптимизационным и экстраполяции (рисунок 4.15).

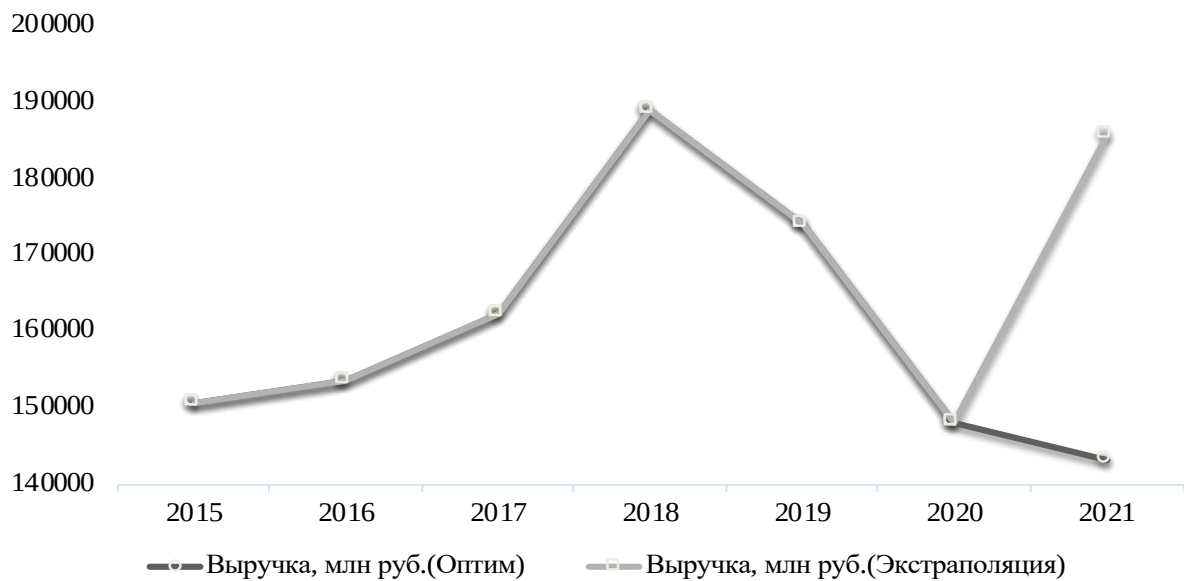


Рисунок 4.15 – Прогнозирование деятельности промышленной системы  
ПАО «Нижнекамскнефтехим» (построено автором) [87]

В первом случае (оптимизации) ожидается существенное сокращение объемов потребления энергоресурсов и увеличение численности сотрудников (как следствие, рост занятости населения), во втором случае (экстраполяции тренда) прогнозируется рост энергопотребления, но сокращение численности работающих.

3) Дополнением к проведенному исследованию стала прогностическая модель управления эффективностью микропромышленной системы, основанная на учете следующих показателей (приложение Л):

$R_{rp}$  – рентабельность реализованной продукции;

$R_n$  – рентабельность продаж.

В качестве входных переменных (независимых) исследованы:

$x_1$  – оборотные средства (тыс руб.);

$x_2$  – прибыль валовая (тыс руб.);

$x_3$  – прибыль от продаж (тыс руб.).

Выбор в пользу оборотных активов обусловлен сосредоточением ресурсной базы в статьях 2-го раздела бухгалтерского баланса.

Тенденции изменения показателей рентабельности (продаж и реализованной продукции) на протяжении 13 лет с 2009 по 2021 годы (в разрезе кварталов) имеют неустойчивый характер и сложно описываются линией тренда (достоверность аппроксимации не превышает 30%) (рисунок 4.16). Наблюдаются точки максимальных экстремумов в первом квартале 2016 года (рентабельность произведенной продукции составила 32%), в первом квартале 2019 года (31%) и во втором квартале 2021 года (36%). Точки минимума зафиксированы в четвертом квартале 2009 года (рентабельность произведенной продукции составила 5,6%), в первом квартале 2014 года (9%), в первом квартале 2017 года (11,8%) и в третьем квартале 2020 года (17,1%).



Рисунок 4.16 – Изменение показателей эффективности деятельности ПАО «Нижнекамскнефтехим» [87]



Экономико-математическое моделирование закономерностей изменения эффективности микропромышленной системы осуществлено методами регрессионного анализа.

В первом случае получено 2 адекватные модели зависимости показателей рентабельности от трех предикторов  $x_i$ . Все критерии качества модели (коэффициент детерминации, F-критерий Фишера и t-критерий Стьюдента) выполняются (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Качество экономико-математических моделей управления эффективностью микропромышленной системы ПАО «Нижнекамскнефтехим» [87]

| Модель            | Коэффициент детерминации | F-критерий Фишера                        | t-критерий Стьюдента                                                                                  |
|-------------------|--------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $R_{pp} = f(x_i)$ | $R^2 = 0,766$            | $F_{расч.} > F_{табл.}$<br>$52,39 > 2,8$ | $t_{расч.} > t_{табл.}$<br>$ 12,5  > 2,01$<br>$ 6,18  > 2,01$<br>$ -8,59  > 2,01$<br>$ 9,31  > 2,01$  |
| $R_{п} = f(x_i)$  | $R^2 = 0,755$            | $F_{расч.} > F_{табл.}$<br>$49,42 > 2,8$ | $t_{расч.} > t_{табл.}$<br>$ 15,36  > 2,01$<br>$ 5,62  > 2,01$<br>$ -8,41  > 2,01$<br>$ 9,17  > 2,01$ |

Модели управления эффективностью микропромышленной системы целесообразно применять в рамках прогнозирования эффективности и имеют вид:

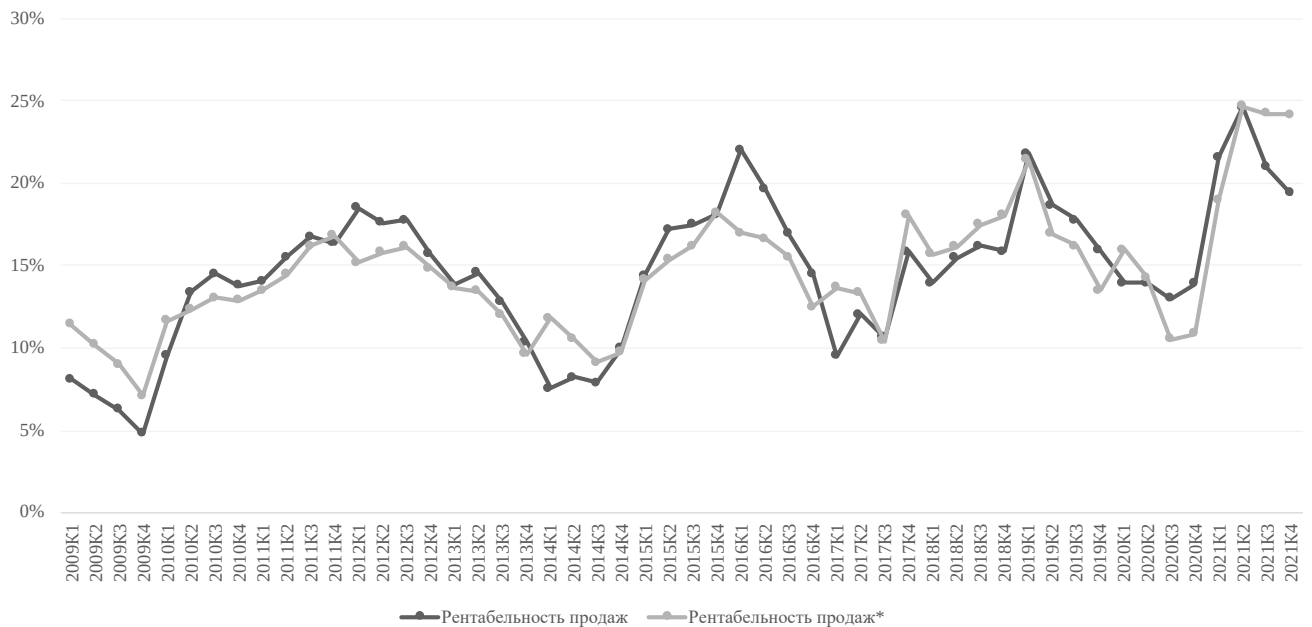
$$\begin{aligned}
 R_{pp} &= 0,133 + 0,0015 \cdot x_1 - 0,019 \cdot x_2 + 0,029 \cdot x_3, \\
 R_{п} &= 0,108 + 0,0009 \cdot x_1 - 0,013 \cdot x_2 + 0,019 \cdot x_3.
 \end{aligned}
 \tag{4.7}$$

На рисунке 4.17 рассчитанные значения показателей сопоставлены с фактическими. Тренды преимущественно совпадают в обоих случаях (за исключением точек экстремумов). Оценка прогностической модели также осуществлена по показателю среднеквадратичного отклонения ошибки модели к прогнозной модели (приложение М). Точность модели прогнозирования рентабельности реализованной продукции составила 96,8%, рентабельности продаж – 97,4%. Данные значения

расцениваются как высокие и подтверждают практическую ценность применения построенных экономико-математических моделей.



#### а) Рентабельность реализованной продукции ПАО «Нижнекамскнефтехим»



#### б) Рентабельность продаж ПАО «Нижнекамскнефтехим»

Рисунок 4.17 – Сравнительный анализ фактических и прогнозных значений показателей эффективности промышленной системы [87]

В целях удобства применения построенных моделей сформированы матрицы значений категориальных переменных и предикторов (таблица 4.8). Такая матрица позволяет определить наилучший уровень ресурсов (оборотных средств) при определенном уровне планируемой выручки и прибыли. Так, например, при сохранении оборотных средств на том же уровне, росте прибыли от продаж возможно достичь высоких значений рентабельности реализованной продукции.

Таблица 4.8 – Матрица значений эффективности микропромышленной системы (Рентабельность реализованной продукции) [87]

|                               |      | Прибыль от продаж, млрд руб. |        |        |       |       |       |    |                            |
|-------------------------------|------|------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|----|----------------------------|
|                               |      | 25                           | 30     | 35     | 40    | 45    | 50    |    |                            |
| Оборотные средства, млрд руб. | 67   | 8,8%                         | 23,4%  | 38,1%  | 52,8% | 67,5% | 82,1% | 45 | Прибыль валовая, млрд руб. |
|                               | 67,5 | -0,9%                        | 13,7%  | 28,4%  | 43,1% | 57,8% | 72,4% | 50 |                            |
|                               | 68   | -10,6%                       | 4%     | 18,7%  | 33,4% | 48,1% | 62,7% | 55 |                            |
|                               | 68,5 | -20,4%                       | -5,7%  | 9%     | 23,7% | 38,3% | 53%   | 60 |                            |
|                               | 69   | -30,1%                       | -15,4% | -0,7%  | 14%   | 28,6% | 43,3% | 65 |                            |
|                               | 69,5 | -39,8%                       | -25,1% | -10,4% | 4,3%  | 18,9% | 33,6% | 70 |                            |

Как было выявлено ранее, закономерности изменения уровня эффективности схожи, что также наблюдаем по матрицам предсказываемых значений. В случае рентабельности продаж также целесообразно поддерживать уровень оборотных средств на уровне 2021 года, что при увеличении прибыли от продаж обеспечит высокие показатели рентабельности продаж предприятия (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Матрица значений эффективности микропромышленной системы (Рентабельность продаж) [87]

|                               |      | Прибыль от продаж, млрд руб. |        |       |       |       |       |    |                            |
|-------------------------------|------|------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|----|----------------------------|
|                               |      | 25                           | 30     | 35    | 40    | 45    | 50    |    |                            |
| Оборотные средства, млрд руб. | 67   | 7,7%                         | 17,3%  | 27%   | 36,6% | 46,3% | 55,9% | 45 | Прибыль валовая, млрд руб. |
|                               | 67,5 | 1,4%                         | 11%    | 20,6% | 30,3% | 39,9% | 49,5% | 50 |                            |
|                               | 68   | -5%                          | 4,6%   | 14,3% | 23,9% | 33,6% | 43,2% | 55 |                            |
|                               | 68,5 | -11,3%                       | -1,7%  | 7,9%  | 17,6% | 27,2% | 36,9% | 60 |                            |
|                               | 69   | -17,7%                       | -8%    | 1,6%  | 11,2% | 20,9% | 30,5% | 65 |                            |
|                               | 69,5 | -24%                         | -14,4% | -4,7% | 4,9%  | 14,5% | 24,2% | 70 |                            |

4) По результатам моделирования показателей эффективности промышленной системы ПАО «Нижнекамскнефтехим» систематизированы направления повышения эффективности промышленной системы (рисунок 4.18).

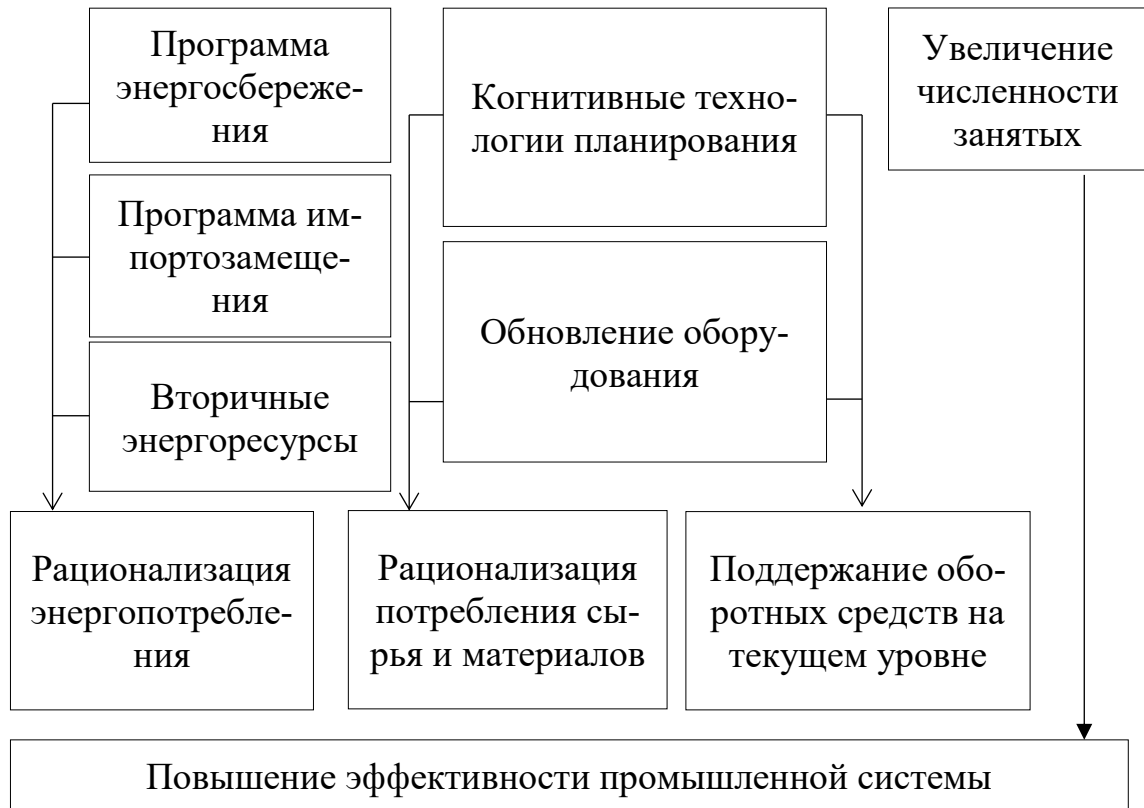


Рисунок 4.18 – Направления рационализации управления ресурсами промышленной системы в условиях политики импортозамещения, технологического суверенитета и когнитивных технологий [87]

На предприятии активно реализуются программы энергосбережения и импортозамещения. В дополнение к действующим программам развития целесообразным видится повышение внедрения искусственного интеллекта, прежде всего, в части планирования сырья и материалов с целью минимизации неликвидных запасов. Это же позволит поддерживать оборотные средства на уровне 2020 года и сдерживать их прирост. Кроме того, в рамках оптимизационной модели было выявлено, что текущий уровень численности сотрудников недостаточно высок для потенциального роста экономических показателей деятельности предприятия, в

связи с чем рекомендуется пересмотреть кадровое обеспечение промышленной системы и тем самым способствовать повышению занятости населения.

Таким образом, результаты экономико-математического моделирования микропромышленной системы позволяют внести корректирующие мероприятия в стратегию развития предприятия с учетом новых условий хозяйствования. Выявленные закономерности управления энергетическими и материальными ресурсами позволяют предсказывать и планировать поведение промышленной системы и ее эффективность. А совокупный учет приоритетов экономического развития страны способен повысить конкурентоспособность отечественной продукции.

5) Модернизация промышленной системы доступна лишь при наличии достаточного финансирования. В связи с этим следующий значимый ресурс – финансы. В целях определения оптимальных значений финансовых потоков построена экономико-математическая модель зависимости индикатора устойчивого развития промышленного предприятия ( $SDI_E$ ) от финансовых потоков:

- приобретение основных средств, млн. руб. (инвестиционная деятельность) ( $V_{IA}$ );
- привлечение долгосрочных кредитов и займов, млн руб. ( $V_{LTF}$ );
- привлечение краткосрочных кредитов и займов, млн руб. ( $V_{STF}$ ).

Прежде всего, рассчитаны значения индикатора устойчивого развития промышленного предприятия ( $SDI_E$ ) для ПАО «Нижекамскнефтехим» (по формулам (3.20) и (3.21) параграфа 3.3). Принято предположение о том, что устойчивое развитие промышленной системы обусловлено в том числе технологической модернизацией, способствующей повышению эффективности использования промышленных ресурсов. В таблице 4.10 представлены результаты расчетов частных интегральных показателей ( $I_{экол}$ ,  $I_{экон}$ ,  $I_{соц}$ ) и итогового индикатора ( $SDI_E$ ). Наилучший вектор развития наблюдается по экологической составляющей, за 5 лет темп прироста показателя составил 67,7%.

Таблица 4.10 – Значения факторов устойчивого развития ПАО «Нижнекамскнефтехим» (рассчитано согласно авторской методике)

| Показатель        | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. | Темп прироста (2020/2016), % |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------------------|
| $I_{\text{экол}}$ | 1,77    | 2,36    | 1,10    | 1,38    | 2,96    | 67,76                        |
| $I_{\text{экон}}$ | 2,90    | 3,43    | 3,40    | 3,39    | 3,14    | 8,31                         |
| $I_{\text{соц}}$  | 0,43    | 0,39    | 0,38    | 0,28    | 0,19    | -55,97                       |
| $SDI_E$           | 1,301   | 1,465   | 1,125   | 1,090   | 1,208   | -7,17                        |

Выявленная динамика подтверждает сформулированный выше вывод о дисгармонизации элементов устойчивого развития на предприятии, а также может служить фундаментом для разработки корректирующих мероприятий в рамках реализации корпоративной стратегии развития промышленной системы. Под дисгармонизацией в данном случае мы подразумеваем расхождения в характере трендов изменения трех факторов устойчивого развития. Кроме того, наблюдаем снижение комплексного показателя – на 7%, что обусловлено игнорированием социального фактора в развитии промышленной системы.

Далее оценена теснота связи между показателем  $SDI_E$  и финансовыми потоками предприятия. В результате оценки коэффициентов парной корреляции показателей деятельности ПАО «Нижнекамскнефтехим» выявлено, что все три показателя оказывают обратное, но заметное влияние на интегральный индикатор устойчивого развития (таблица 4.11). Объяснением этому может служить низкая эффективность обновления основных фондов относительно растущих масштабов производства и / или нецелесообразность кредитов и займов. Альтернативой служит интеграция в сетевые структуры, а также поиск инструментов государственной поддержки развития промышленности.

Таблица 4.11 – Матрица корреляций между  $SDI_E$  и показателями финансовых потоков в ПАО «Нижнекамскнефтехим» (рассчитано автором)

|           | $SDI_E$       | $V_{IA}$ | $V_{LTF}$ | $V_{STF}$ |
|-----------|---------------|----------|-----------|-----------|
| $SDI_E$   | 1             |          |           |           |
| $V_{IA}$  | <b>-0,701</b> | 1        |           |           |
| $V_{LTF}$ | <b>-0,825</b> | 0,845    | 1         |           |
| $V_{STF}$ | <b>-0,566</b> | -0,053   | 0,007     | 1         |

В результате регрессионного анализа (множественного) выявлено, что инвестиционная деятельность предприятия ( $V_{IA}$ ) в совокупности с другими показателями обеспечивает низкое качество прогностической модели. В связи с этим построено следующее уравнение множественной регрессии:

$$SDI_E = 1,5289 - 0,0077 \cdot V_{LTF} - 0,1119 \cdot V_{STF}. \quad (4.8)$$

Качество модели высокое по всем параметрам:

- коэффициент детерминации  $R^2$  составил 0.994 (или 99.4%);
- F-критерий Фишера выполняется, принимается гипотеза о том, что различия между показателями носят неслучайный характер и уравнение регрессии адекватно, поскольку:

$$F_{calc} > F_{tabl.} (161,33 > 19); \quad (4.9)$$

- t-критерий Стьюдента выполняется, подтверждается значимость полученных коэффициентов регрессии, поскольку:

$$\begin{aligned} |t_{расч}| &> t_{табл} (80,21 > 4,3); \\ |t_{расч}| &> t_{табл} (|-14,79| > 4,3); \\ |t_{расч}| &> t_{табл} (|-10,09| > 4,3). \end{aligned} \quad (4.10)$$

Таким образом, подтверждено высокое качество полученной экономико-математической модели, что свидетельствует о возможности ее применения в контексте прогнозирования устойчивого развития промышленного предприятия.

6) Далее в целях решения задачи линейного программирования применена формула (4.8) как целевая функция. Система ограничений не предусмотрена. Опираясь на значения прошлых периодов, в качестве целевого уровня показателя  $SDI_E$  установлено значение, равное 1.5. Тогда оптимальными значениями предикторов будут следующие:

$$\begin{aligned} V_{LTF} &= 0,017 \text{ млрд руб.;} \\ V_{STF} &= 0,257 \text{ млрд руб.} \end{aligned} \quad (4.11)$$

Полученные оптимальные размеры кредитов и займов долгосрочного и краткосрочного характера существенно ниже показателей 2020 года. Таким образом, для повышения качества устойчивого развития предприятию необходимо пересмотреть систему финансовых потоков с учетом возможности обращения к государственной поддержке, сетевым формам взаимодействия, частным инвестициям, проектному образованию. Последнее обретает существенное значение за счет целевой подготовки высококвалифицированных и узкоквалифицированных специалистов для разных направлений трансформации промышленной системы.

Резюмируя результаты оптимизации управления ресурсами микропромышленной системы, отметим, что разработанная экономико-математическая модель управления устойчивым развитием промышленного предприятия позволяет выявить наилучшие пропорции привлечения кредитных ресурсов, способствующие повышению интегрального показателя устойчивого развития промышленного предприятия. В качестве ограничения предложенной методики следует отметить набор данных. Предприятием опубликованы отчеты об устойчивом развитии лишь за 3 периода (2014, 2015, 2016 годы). Наличие сведений о структуре инвестиций в природоохранные мероприятия может обеспечить повышение качества предложенной экономико-математической модели. Тем не менее, наш подход вносит актуальный вклад в решение задачи методического инструментария в области диагностики устойчивого развития промышленной системы, обосновывая целесообразность обращения к тем или иным источникам финансирования деятельности в рамках перехода на вектор устойчивого развития и эффективного управления ресурсами, что особенно значимо в условиях структурной трансформации промышленности в России.



#### 4.5 Цифровая трансформация управления промышленными системами на макро- и мезоуровнях

##### *Цифровая трансформация промышленных систем на макроуровне.*

Цифровая трансформация в настоящее время является одной из ключевых тенденций развития мирового рынка. Задача имплементации цифровых инструментов заключается в обеспечении возможностей повышения конкурентоспособности предприятия за счет автоматизации производственных процессов, что способствует ресурсосбережению и оптимизации затрат предприятия. Вопросы цифровой трансформации российской экономики особо актуальны в условиях преодоления Россией технологического разрыва и укрепления технологического суверенитета. Ключом к минимизации данного разрыва служат новые технологии, инновационные разработки. В соответствии с Докладом о Глобальном инновационном индексе за 2022 год Россия занимает лишь 47-е место среди 132 стран с уровнем инновационной активности в 34,3 балла. Лидерами рейтинга выступают Швейцария (64,6 балла), США (61,8 балла) и Швеция (61,6 балла) [359].

Что касается уровня цифровой активности, то российские предприятия также существенно отстают от развитых стран в распространении информационно-коммуникационных технологий, которые являются неотъемлемой частью цифровой трансформации (таблица 4.12).

Исследование корреляционной зависимости уровня инновационной активности стран (баллов в системе оценки Глобального инновационного индекса) и доли предприятий, использующих передовые информационно-коммуникационные технологии, позволило выявить наиболее перспективные инструменты цифровизации – это использование CRM-систем ( $r = 0,67$ ), использование облачных сервисов ( $r = 0,61$ ), анализ больших данных (коэффициент корреляции  $r = 0,61$ ) [91].

Таблица 4.12 – Применение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в России и других странах, 2021 г. (в процентах от общего числа организаций предпринимательского сектора) [133]

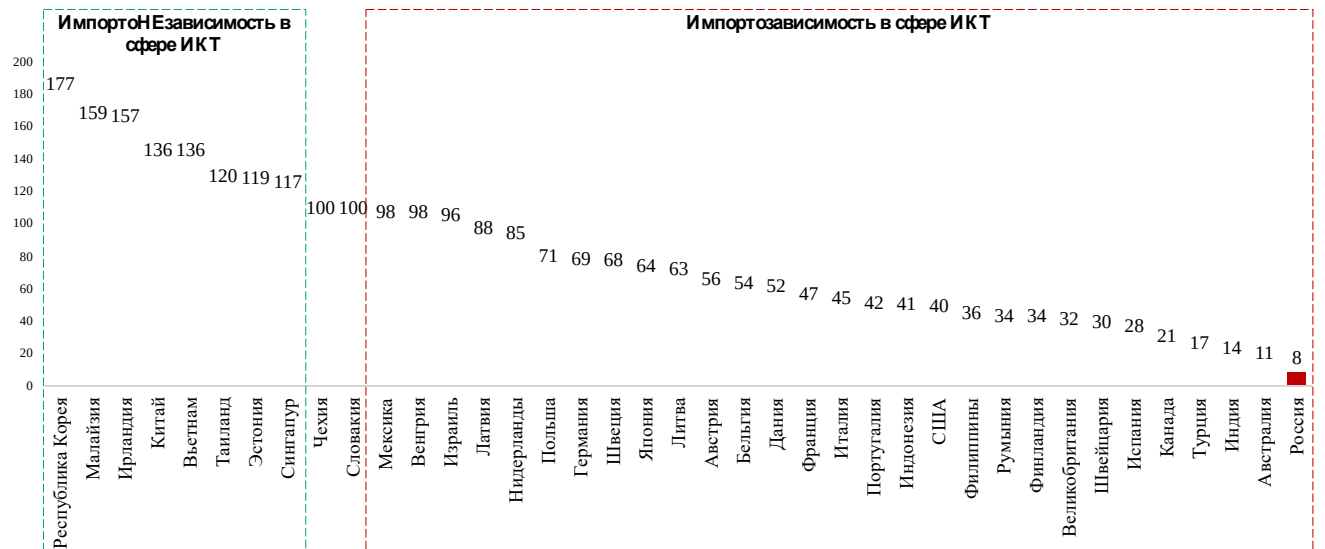
| Страна \ ИКТ | Использование                  |                                      |                        |            |            |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------|------------|
|              | облачных сервисов (офисное ПО) | технологий искусственного интеллекта | анализа больших данных | ERP-систем | CRM-систем |
| Россия       | 20                             | 7                                    | 9                      | 20         | 17         |
| Бельгия      | 36                             | 10                                   | 22                     | 57         | 54         |
| Германия     | 23                             | 11                                   | 17                     | 38         | 45         |
| Дания        | 47                             | 24                                   | 24                     | 50         | 42         |
| Италия       | 35                             | 6                                    | 7                      | 32         | 27         |
| Нидерланды   | 47                             | 13                                   | 26                     | 43         | 52         |
| Португалия   | 21                             | 17                                   | 10                     | 52         | 25         |
| Финляндия    | 56                             | 16                                   | 19                     | 48         | 46         |
| Франция      | 16                             | 7                                    | 20                     | 45         | 32         |
| Чехия        | 35                             | 4                                    | 9                      | 38         | 18         |
| Швеция       | 54                             | 10                                   | 13                     | 35         | 38         |
| Эстония      | 39                             | 3                                    | 8                      | 23         | 23         |

Математическая оценка показателей доказывает прямую связь между уровнем инновационного развития и цифровой трансформации предприятий на международном уровне. В новых условиях хозяйствования особую значимость приобрело направление движения товаров и услуг в сфере ИКТ – показатели внешней торговли. Отметим, что сущностный подход к исследованию цифровизации промышленности сводится к рассмотрению данного процесса в двух аспектах:

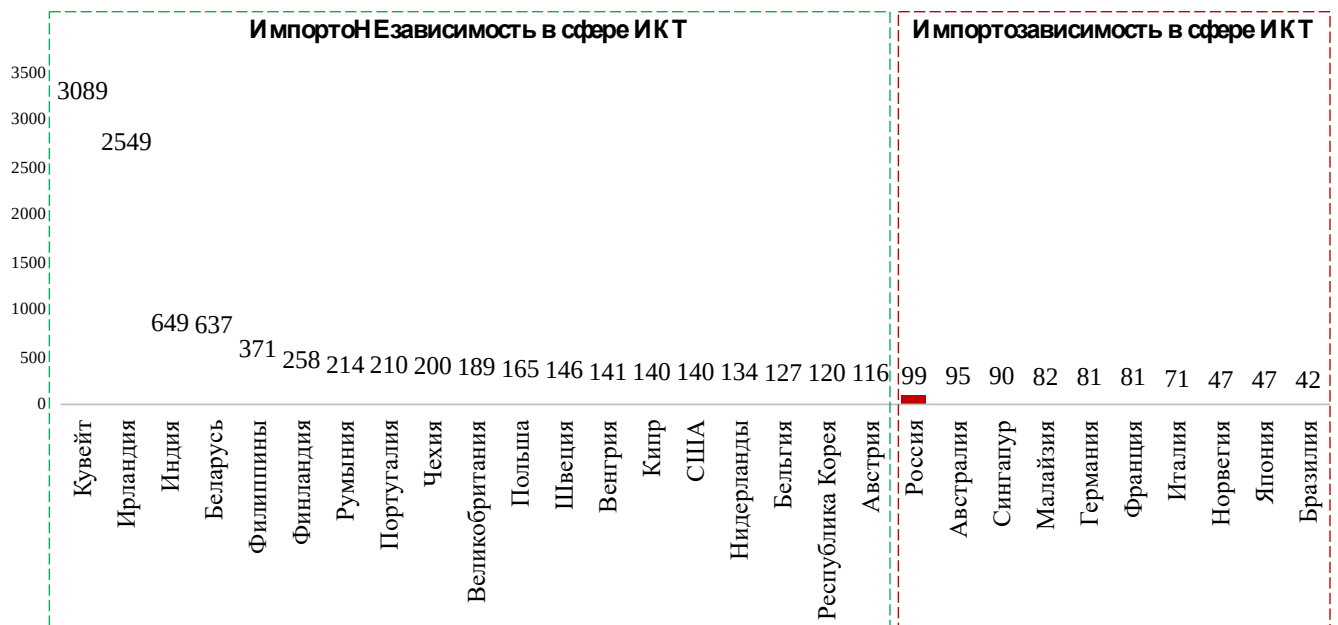
- материальном – приобретение компьютеров, периферийного и коммуникационного оборудования;
- нематериальном (сервисном) – услуги, получаемые при помощи компьютерной техники, коммуникационных сетей («облачные сервисы», программное обеспечение (ПО), обработка данных, коммуникационные услуги, внедрение геоинформационных систем и др.).

НИУ ВШЭ ежегодно проводит оценку показателей экспорта и импорта товаров и услуг в сфере ИКТ [133]. Вплоть до 2021 года российская экономика на фоне

других стран демонстрировала чрезвычайно высокую зависимость от импорта данной категории товаров (значение показателя, превышающие 100%, свидетельствуют о превышении объема экспорта товаров, связанных с ИКТ, над объемом их импорта), но граничные значения – в сфере внешней торговли услугами (рисунок 4.19). К стоимости услуг отнесены компьютерные, телекоммуникационные и информационные услуги.



а) Соотношение экспорта и импорта товаров, связанных с ИКТ (%)



а) Соотношение экспорта и импорта услуг, связанных с ИКТ (%)

Рисунок 4.19 – Специфика международной торговли товарами и услугами в сфере ИКТ (построено по данным [133])

Анализируя динамику внешней торговли товарами и услугами в сфере ИКТ (рисунок 4.20), приходим к выводу об устойчивой тенденции российской экономики к росту импортнезависимости в части потоков услуг – в последние годы российская экономика преодолевает балансовый уровень (соответствие объемов экспорта и импорта товаров услуг, значение показателя соотношения – 100%). Вместе с тем, «узким местом» остается существенное превышение объемов импортируемых товаров над экспортируемыми, о чем свидетельствует значение показателя соотношения потоков, равное 9% в 2021 году [133].

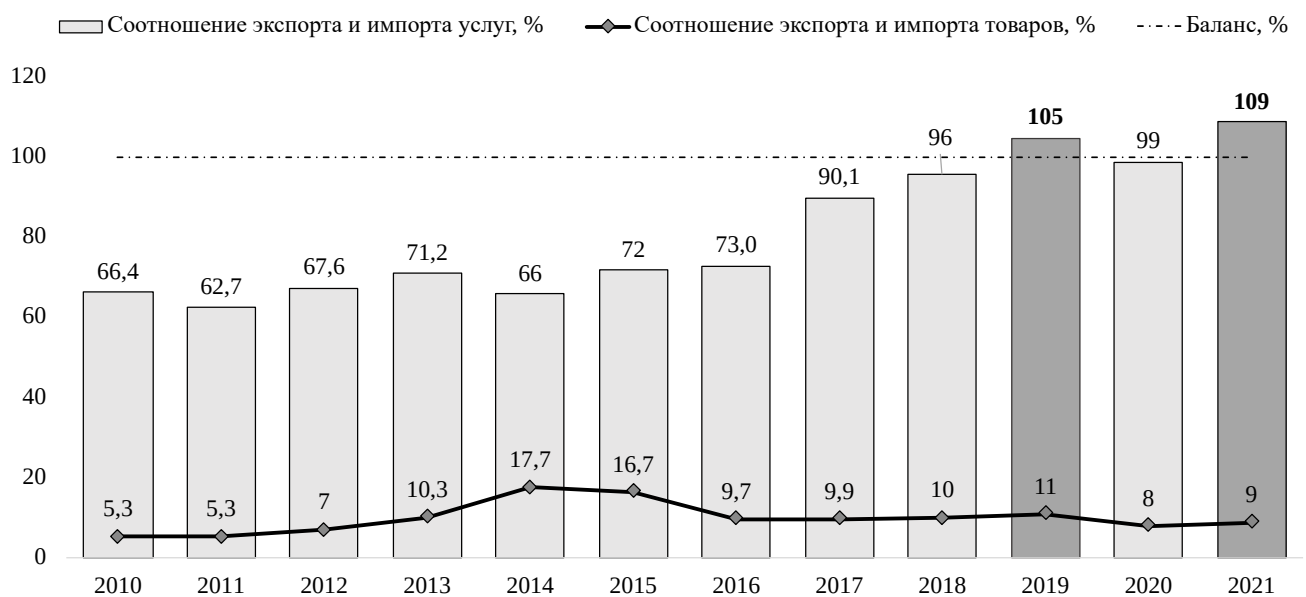


Рисунок 4.20 – Оценка импортнезависимости России в сфере ИКТ (построено по данным [133])

Принимая во внимание разнородные задачи, стоящие сегодня перед промышленными системами (в области экологии и устойчивого развития, энергоресурсоэффективности, экономики замкнутого цикла и т.д.), считаем необходимой реализацию комплексного подхода к управлению цифровой трансформацией промышленных систем. В контексте повышения эффективности таковых на основе результатов моделирования ресурсного обеспечения, тенденций цифровизации и необходимости укрепления технологического суверенитета проведена диагностика обрабатывающих и добывающих производств.

В качестве ключевых результирующих показателей эффективности мезопромышленных систем (переменных отклика) обозначены следующие показатели:

$Y_{ВДС(i)}$  – валовая добавленная стоимость, созданная в  $i$ -м секторе экономики (добыче полезных ископаемых или обрабатывающих производств), млн руб.;

$Y_{ИППТ(i)}$  – число используемых передовых производственных технологий, млн ед.;

$Y_{СФР(i)}$  – сальдированный финансовый результат деятельности организаций, млрд руб.

Перечисленные показатели позволяют оценить и предсказать:

– во-первых, прирост добавленной стоимости в стране как результат локализации производств на территории страны, реорганизации цепей поставок и реализации политики импортозамещения;

– во-вторых, активность модернизации производственных систем, что в условиях перехода к новой модели российской экономики имеет особо важное значение;

– в-третьих, способность промышленной системы генерировать финансовые потоки, необходимые для поддержания ее жизнеспособности и развития.

Поскольку прерогативой развития промышленности в стране является импортозамещение, то в качестве предикторов (независимых переменных) обозначены:

$x_{1(i)}$  – соотношение экспорта и импорта услуг в сфере ИКТ, % (цифровой суверенитет);

$x_{2(i)}$  – число разработанных передовых производственных технологий, новых для России, ед. (технологический суверенитет).

Для обрабатывающих промышленных систем разработана система уравнений линейной регрессии, позволяющая оптимизировать значения предикторов с условием дальнейшего прироста валовой добавленной стоимости. Представленные модели оценены по коэффициенту детерминации,  $F$ -критерию Фишера и  $t$ -критерию Стьюдента и являются значимыми (таблица 4.13).

Полученные зависимости свидетельствуют о сильном влиянии степени импортозависимости в области ИКТ и отечественных передовых разработок на развитие национальной экономики и укрепление технологического суверенитета в сфере обрабатывающей промышленности. При этом импортонезависимое технологическое развитие (переменная  $x_2$ ) является лучшим предиктором для развития промышленных систем обрабатывающего комплекса.

Таблица 4.13 – Качественная оценка полученных уравнений регрессии по данным обрабатывающих промышленных систем (рассчитано автором)

| Коэффициент детерминации                                                                                            | F-критерий Фишера                     | t-критерий Стьюдента                                 |                                                      |                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $R^2$                                                                                                               | $F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}}$ | $t_{\text{расч.0}} > t_{\text{табл.}}$<br>$p < 0,05$ | $t_{\text{расч.1}} > t_{\text{табл.}}$<br>$p < 0,05$ | $t_{\text{расч.2}} > t_{\text{табл.}}$<br>$p < 0,05$ |
| <b><math>Y_{\text{ВДС(обр)}} = -5217,85 + 121,51 \cdot x_{1(\text{обр})} + 14,26 \cdot x_{2(\text{обр})}</math></b> |                                       |                                                      |                                                      |                                                      |
| 0,95                                                                                                                | $78,38 > 4,46$                        | $ -3,76  > 2,31$<br>(0,006 < 0,05)                   | $4,16 > 2,31$<br>(0,003 < 0,05)                      | $3,22 > 2,31$<br>(0,012 < 0,05)                      |
| <b><math>Y_{\text{ИППТ(обр)}} = 60,86 + 1,02 \cdot x_{1(\text{обр})}</math></b>                                     |                                       |                                                      |                                                      |                                                      |
| 0,75                                                                                                                | $27,22 > 5,12$                        | $3,69 > 2,26$<br>(0,005 < 0,05)                      | $5,22 > 2,26$<br>(0,0005 < 0,05)                     | —                                                    |
| <b><math>Y_{\text{СФР(обр)}} = -3632,02 + 14,81 \cdot x_{2(\text{обр})}</math></b>                                  |                                       |                                                      |                                                      |                                                      |
| 0,67                                                                                                                | $18,52 > 5,12$                        | $ -2,27  > 2,26$<br>(0,049 < 0,05)                   | —                                                    | $4,3 > 2,26$<br>(0,002 < 0,05)                       |

Во всех трех случаях рост значений предикторов будет способствовать улучшению экономических и технологических параметров промышленных систем, что в результате обеспечит эффект структурной трансформации в стране. В то же время, в целях создания дополнительной добавленной стоимости за счет цифровой трансформации необходимо сдерживающими темпами развивать внешнюю торговлю компьютерными, телекоммуникационными и информационными услугами. Тезис о сдерживании обусловлен необходимостью поддержания политики разумного импортозамещения. Экспертами (топ-менеджмент российских организаций) отмечается детерминированность выбора в пользу зарубежного или отечественного программного обеспечения такими факторами, как соответствие его функциональности стратегическим целям бизнеса, операционные риски, бюджетирование

и др. [196]. В связи с этим выявлена необходимость нахождения оптимальных значений степени импортонезависимости услуг в сфере ИКТ и числа разработанных передовых производственных технологий, новых для России.

Применение общих принципов решения задачи линейного программирования позволило построить оптимизационную модель, адекватную современным условиям функционирования и приоритетным направлениям промышленной политики государства. Предлагаемая модель оптимизации имеет вид:

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{ВДС(обр)}} &= -5217,85 + 121,51 \times x_{1(\text{обр})} + 14,26 \times x_{2(\text{обр})} \rightarrow \max \\
 \left\{ \begin{aligned}
 Y_{\text{ИППТ(обр)}} &= 60,86 + 1,02 \times x_{1(\text{обр})} \\
 Y_{\text{СФР(обр)}} &= -3632,02 + 14,81 \times x_{2(\text{обр})} \\
 Y_{\text{ИППТ(обр)}} &\geq 170 \\
 Y_{\text{СФР(обр)}} &\geq 8504 \\
 x_{1(\text{обр})} &\geq 109 \\
 x_{2(\text{обр})} &\geq 661 \\
 x_{2(\text{обр})} & - \text{целое}
 \end{aligned} \right. \quad (4.12)
 \end{aligned}$$

Решение задачи линейного программирования с помощью надстройки «Поиск решения» Microsoft Excel позволило установить оптимальные значения показателей для обрабатывающего сектора промышленности:  $x_{1(\text{обр})}$  – 109%;  $x_{2(\text{обр})}$  – 819 ед. При этом размер валовой добавленной стоимости составит 18926,08 млрд руб.; число используемых передовых производственных технологий – 171 млн ед.; сальдированный финансовый результат деятельности организаций – 8503 млрд руб.

Аналогичным образом построены модели управления цифровой трансформацией добывающих промышленных систем. Качество формализованных зависимостей также оценены по трем критериям (коэффициенту детерминации, F-критерию Фишера и t-критерию Стьюдента) и подтверждает их практическую ценность (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Качественная оценка полученных уравнений регрессии по данным добывающих промышленных систем (рассчитано автором)

| Коэффициент детерминации                                                            | F-критерий Фишера                     | t-критерий Стьюдента                                 |                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $R^2$                                                                               | $F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}}$ | $t_{\text{расч.0}} > t_{\text{табл.}}$<br>$p < 0,05$ | $t_{\text{расч.1}} > t_{\text{табл.}}$<br>$p < 0,05$ |
| <b><math>Y_{\text{ВДС(доб)}} = -6474,82 + 183,04 \cdot x_{1(\text{доб})}</math></b> |                                       |                                                      |                                                      |
| 0,89                                                                                | $69,47 > 5,12$                        | $ -3,49  > 2,26$<br>$(0,00002 < 0,05)$               | $8,33 > 2,26$<br>$(0,003 < 0,05)$                    |
| <b><math>Y_{\text{ИППТ(доб)}} = 4091,39 + 73,56 \cdot x_{1(\text{доб})}</math></b>  |                                       |                                                      |                                                      |
| 0,84                                                                                | $47,59 > 5,12$                        | $4,54 > 2,26$<br>$(0,001 < 0,05)$                    | $6,9 > 2,26$<br>$(0,00007 < 0,05)$                   |
| <b><math>Y_{\text{СФР(доб)}} = -3558,46 + 78,8 \cdot x_{1(\text{доб})}</math></b>   |                                       |                                                      |                                                      |
| 0,64                                                                                | $16,54 > 5,12$                        | $ -2,27  > 2,26$<br>$(0,047 < 0,05)$                 | $4,07 > 2,26$<br>$(0,003 < 0,05)$                    |
| <b><math>x_{2(\text{доб})} = -33,27 + 0,71 \cdot x_{1(\text{доб})}</math></b>       |                                       |                                                      |                                                      |
| 0,64                                                                                | $15,87 > 5,12$                        | $ -2,28  > 2,26$<br>$(0,048 < 0,05)$                 | $3,98 > 2,26$<br>$(0,003 < 0,05)$                    |

Модель задачи линейного программирования, решаемая с целью оптимизации вектора развития добывающих промышленных систем, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 &Y_{\text{ВДС(доб)}} = -6474,82 + 183,04 \times x_{1(\text{доб})} \rightarrow \max \\
 &\left\{ \begin{aligned}
 &Y_{\text{ИППТ(доб)}} = 4091,39 + 73,56 \times x_{1(\text{доб})} \\
 &Y_{\text{СФР(доб)}} = -3558,46 + 78,8 \times x_{1(\text{доб})} \\
 &x_{2(\text{доб})} = -33,27 + 0,71 \times x_{1(\text{доб})} \\
 &Y_{\text{ИППТ(доб)}} \geq 11474 \\
 &Y_{\text{СФР(доб)}} \geq 7354 \\
 &x_{1(\text{доб})} \geq 109 \\
 &x_{2(\text{доб})} \geq 50 \\
 &x_{2(\text{доб})} - \text{целое}
 \end{aligned} \right. \quad (4.13)
 \end{aligned}$$

Решение задачи оптимизации симплекс-методом позволило определить следующие оптимальные значения переменных:  $x_{1(\text{доб})} = 138\%$ ;  $x_{2(\text{доб})} = 64$  ед.



Таким образом, корреляционно-регрессионный анализ позволил выявить принципиально значимые факторы в рамках управления цифровой трансформацией обрабатывающего и добывающего комплексов и их технологического развития. Экстраполяция данных за период 2011–2021 годы представлена в Приложениях Н, П. Высокая достоверность аппроксимации подтверждается высокими значениями  $R^2$ , то есть линии тренда являются надежными и могут быть применимы в целях прогнозирования исследуемых переменных. Построенные линии тренда позволили сопоставить оптимальные и прогнозируемые значения переменных для обоих типов промышленных систем (таблица 4.15).

Таблица 4.15 – Аprobация предлагаемой авторской модели оптимизации цифровой трансформации обрабатывающих промышленных систем в России (рассчитано автором)

| Год         | Значение | Цифровой су-<br>веренитет, % | Технологический<br>суверенитет, ед. | Валовая добавленная стоимость, со-<br>зданная в соответствующем секторе<br>экономике, млрд руб. |
|-------------|----------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |          | x <sub>1</sub>               | x <sub>2</sub>                      | Y <sub>ДВС</sub>                                                                                |
|             |          |                              | <i>Обрабатывающие производства</i>  |                                                                                                 |
| 2021        | Факт     | 109                          | 661                                 | 18 926,08                                                                                       |
| -           | Оптим.   | 109                          | 819                                 | 19 713                                                                                          |
| <b>2022</b> | Прогноз  | 119,37                       | 703                                 | 18 751,56                                                                                       |
| <b>2023</b> | Прогноз  | 127,86                       | 767                                 | 20 556,50                                                                                       |
| <b>2024</b> | Прогноз  | 136,91                       | 835                                 | 22 535,17                                                                                       |
|             |          |                              | <i>Добывающие производства</i>      |                                                                                                 |
| 2021        | Факт     | 109                          | 37                                  | 15 030,9                                                                                        |
| -           | Оптим.   | 138                          | 64                                  | 18 871,68                                                                                       |
| <b>2022</b> | Прогноз  | 119,37                       | 60                                  | 15233,82                                                                                        |
| <b>2023</b> | Прогноз  | 127,86                       | 71                                  | 16903,45                                                                                        |
| <b>2024</b> | Прогноз  | 136,91                       | 84                                  | 18756,08                                                                                        |

При этом, если для обрабатывающей промышленности текущее состояние импортонезависимости услуг в сфере ИКТ достаточно (можно говорить о разумном импортозамещении), то для предприятий, занятых добычей полезных ископаемых, оптимальным будет значение показателя, равное 138%. Особенно важным является тот факт, что тенденции развития промышленных систем вплоть до 2021

года будут существенно отличаться от периода с 2022 года, что связано с наступлением новой эпохи развития мировой экономики, перераспределения ресурсов. В связи с этим, подтверждается факт необходимости дальнейшего повышения показателя импортонезависимости в области автоматизации и цифровых технологий. Укрепление технологического суверенитета путем разработки собственных передовых производственных технологий в обоих секторах промышленности имеет устойчивую тенденцию к росту, что оценивается как положительная динамика, импульсом продолжения которой являются и текущие глобальные трансформации.

*Цифровая трансформация мезопромышленных систем.*

В отраслевом разрезе интенсивная цифровизация для управления автоматизированным производством отмечается в обрабатывающей промышленности (22,2% организаций отрасли), добыче полезных ископаемых (15,5%), а также в сфере энергетики (14,5%). Применение информационных технологий в целях проектирования характерно преимущественно для предприятий обрабатывающих отраслей (28,9% организаций), добывающих предприятий (23,1%) и энергетики (19,4%) [133].

Популярность цифровых технологий различается в региональном аспекте. Согласно статистическим данным, опубликованным в докладе Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации «Текущее развитие проектов в сфере цифровой экономики в регионах России», приоритетность Big Data отметили 80% регионов, промышленный интернет вещей – 53%, технологии виртуальной и дополненной реальности – 30%, робототехника – 27%; не менее важными обозначены облачные технологии, квантовый компьютеринг [266]. Наиболее активными регионами признаны Москва, Республики Татарстан и Башкортостан. В то же время применительно к теме исследования отмечается, что промышленные предприятия являются приоритетными с точки зрения внедрения цифровых технологий только для 16 регионов России, в частности Калужской, Липецкой, Орловской, Мурманской, Нижегородской, Свердловской, Челябинской, Новосибирской, Томской областях, Республиках Башкортостан, Татарстан, Крым, Саха (Якутия), Алтайском, Камчатском краях, Еврейской автономной области.

В разрезе регионов России дисбаланс роста производства и цифровизации подтверждается заметной степенью зависимости ( $r = 0,759$ ) между затратами организаций мезоэкономических систем на цифровизацию (млн руб.) и оборотом организаций обрабатывающего сектора экономики (млрд руб.). Менее сильная, но заметная корреляция зафиксирована между затратами на цифровую модернизацию организаций в разрезе регионов и финансовым результатом отраслевых организаций ( $r = 0,662$ ). В целях исключения аномальных значений в статистический анализ не включены города федерального значения (г. Москва, г. Санкт-Петербург) и Московская область, поскольку показатели данных территорий значительно контрастируют относительно других регионов страны.

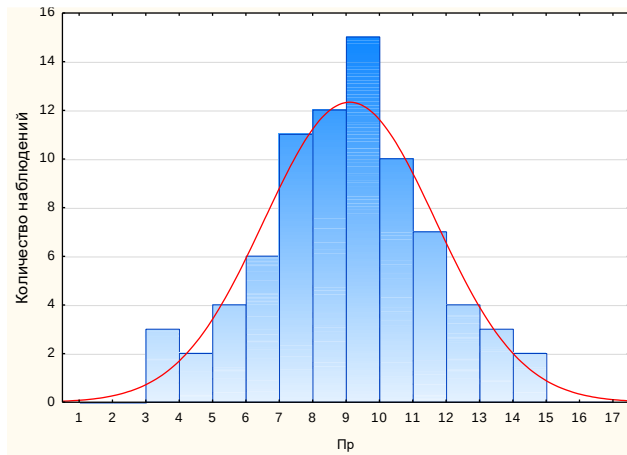
Судя по тесноте связи между показателями, отраженными на диаграмме рассеяния, уместно утверждать о наличии экономического эффекта, обеспечиваемого интеллектуализацией производств и автоматизацией бизнес-процессов. Отмечается диспропорции в регулировании и поддержке цифровизации мезопромышленных систем в России со стороны федеральных и региональных органов власти, что определяет и уровень заинтересованности промышленных предприятий во внедрении новых технологий, с одной стороны, капиталоемких и с длительным сроком окупаемости, с другой стороны, в перспективе – эффективных.

Иной характер зависимости выявлен при статистическом анализе показателей эффективности промышленных систем, а именно – рентабельности продукции обрабатывающих промышленных систем. Об этом свидетельствует низкий коэффициент парной корреляции ( $r = 0,0596$ ).

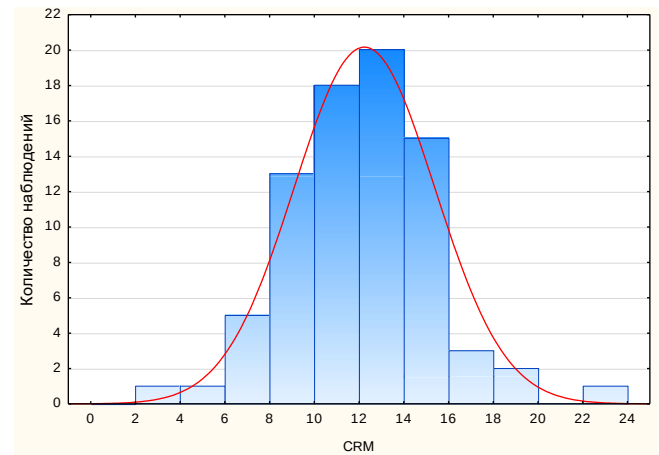
Последующий анализ охватывает различные направления цифровизации, в частности, применение специальных программных средств: для проектирования (Пр); управления автоматизированным производством и/или отдельными техническими средствами и технологическими процессами (УАП); финансовых расчетных операций (ФР); CRM-систем; ERP-систем; SCM-систем.

Интенсивность цифровизации мезопромышленных систем в разрезе интегрированных технологий оценена посредством построения гистограмм, задана нор-

мальная плотность распределения наблюдений (регионов) по отобранным переменным (рисунок 4.21). Наилучшее распределение выявлено по показателям использования цифровых технологий в целях проектирования (рисунок 4.21 (а)) и внедрения CRM-систем (рисунок 4.21 (б)).



а) В целях проектирования



б) CRM-системы

Рисунок 4.21 – Графики нормального распределения использования специальных программ, % организаций мезопромышленной системы (построено автором по данным Росстата [277])

В первом случае выделено большее количество категорий мезопромышленных систем. В 15 случаях цифровую активность демонстрируют 9–10% организаций региона (в том числе Республика Татарстан), в 12 случаях – 8–9%, в 11 случаях – 7–8%. Самый высокий уровень демонстрируют Новгородская область (15% организаций) и Калужская область (14,5%). По интенсивности применения CRM-систем выделено 10 категорий мезопромышленных систем, большее количество которых демонстрирует значения в пределах 12–14% (20 наблюдений).

Как было отмечено ранее, в условиях ассиметричного развития мезопромышленных систем требуется гибкий дифференцированный подход к стимулированию и поддержке цифровизации промышленности в субъектах РФ. В связи с этим целесообразно применение обширного инструментария моделирования, позволяющего

классифицировать мезопромышленные системы России в зависимости от уровня и эффективности цифровой активности предприятий.

Кластерный анализ методом  $k$ -средних позволяет объединить регионы в заданное число классификационных групп. В нашем исследовании (в среде Statistica) на входе отобраны параметры цифровизации по 79 мезоэкономическим системам, характеризующие интенсивность применения инструментов управления автоматизированными производствами, средств проектирования, а также платформы коммуникаций с внешними агентами – CRM-, ERP- и SCM- систем. Выбор параметров обусловлен отражением цифровизации производственных систем и кооперации в рамках цепей поставок. Статистическое описание выделенных кластеров осуществляется по показателям среднего значения, стандартного отклонения и дисперсии. Оценка качества кластеризации производится по показателю значимости  $p$ , который в случае качественных результатов не превышает 0,05. Высокие значения параметра  $F$  также свидетельствуют о хорошей характеристике принадлежности наблюдений к выделенному кластеру. Чем выше значения межгрупповой дисперсии и ниже внутригрупповая дисперсия, тем более качественные результаты кластерного анализа.

Кластерный анализ позволил классифицировать наблюдения по трем группам, каждая из которых характеризуется качественными параметрами и свидетельствует о допустимости применения полученных результатов в дальнейшем исследовании. Анализ дисперсии содержит информацию в разрезе выделенных кластеров о межгрупповой и внутригрупповой дисперсии, а также уровень значимости  $p$  (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Дисперсионный анализ (получено автором)

| Переменные | Межгрупповая дисперсия | сс | Внутригрупповая дисперсия | сс | F        | p-значимость |
|------------|------------------------|----|---------------------------|----|----------|--------------|
| Пр         | 302,3456               | 2  | 206,6975                  | 76 | 55,5843  | 0,000000     |
| УАП        | 163,8428               | 2  | 130,2524                  | 76 | 47,7997  | 0,000000     |
| CRM        | 568,7071               | 2  | 193,1071                  | 76 | 111,9113 | 0,000000     |
| ERP        | 833,2159               | 2  | 320,6476                  | 76 | 98,7446  | 0,000000     |
| SCM        | 132,8907               | 2  | 105,6164                  | 76 | 47,8131  | 0,000000     |

Высокое качество цифровой кластеризации подтверждается по всем параметрам – значимость  $p$  ниже 0,05, значения  $F$  – достаточно высокие, межгрупповая дисперсия также высокая и превышает внутригрупповую. Таким образом, полученная классификация может быть применена в рамках алгоритмизации цифровизации регионов России. Описательные статистики каждого выделенного кластера представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Описательные статистики по выделенным кластерам мезопромышленных систем, % (получено автором)

| Кла-<br>стер | Пр           |                 | УАП          |                 | CRM          |                 | ERP          |                 | SCM          |                 |
|--------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
|              | Сред-<br>нее | Станд.<br>откл. | Сред-<br>нее | Станд.<br>откл. | Сред-<br>нее | Станд.<br>откл. | Сред-<br>нее | Станд.<br>откл. | Сред-<br>нее | Станд.<br>откл. |
| 1            | 11,34        | 2,24            | 8,99         | 1,73            | 15,40        | 1,93            | 16,19        | 2,87            | 6,33         | 1,65            |
| 2            | 8,81         | 1,04            | 6,78         | 0,88            | 11,65        | 1,19            | 12,03        | 1,26            | 4,25         | 0,79            |
| 3            | 5,99         | 1,59            | 5,15         | 1,28            | 8,12         | 1,73            | 7,31         | 1,81            | 2,91         | 0,94            |

В первый кластер «Мезопромышленные системы с интенсивной цифровизацией» вошли наблюдения с высокими показателями цифровизации промышленности: средний уровень применения цифровых технологий для проектирования – 11,34%, автоматизации производств в регионах данного кластера – 8,99%, использования CRM-систем – 15,4%, ERP-систем – 16,19%, SCM-систем – 6,33%. В данный кластер вошли 27 субъектов, в том числе, Нижегородская область (приложение Р). Во втором кластере «Мезопромышленные системы с умеренноинтенсивной цифровизацией промышленности» объединены 35 субъектов РФ, в том числе, Республика Татарстан, – для них характерен средний уровень входных переменных. Третий кластер «Мезопромышленные системы с низкоинтенсивной цифровизацией промышленности» отличается относительно низкими показателями и объединяет 17 субъектов РФ.

Таким образом, в рамках разработки программ развития мезопромышленных систем в части цифровой трансформации и стимулирования организаций к внедрению современных цифровых технологий рекомендуется опираться на результаты

представленного аналитического исследования и учитывать выявленную типологию наблюдений. Согласно данным об обороте организаций обрабатывающего сектора промышленности (приложение Р) отмечено 14 субъектов РФ, для которых промышленность является приоритетной сферой деятельности (оборот организаций превышает 1000 млрд руб., в таблице приложения Р выделено более интенсивной заливкой). Однако выявлено, что в четырех субъектах (Республика Татарстан, Ростовская область, Республика Башкортостан, Красноярский край) наблюдается асинхронность в цифровизации и промышленном развитии (выделено в таблице приложения Р менее интенсивной заливкой).

В рамках исследования построено дерево решений с помощью алгоритма CART, а именно – дерево регрессии мезопромышленных систем по значимым переменным (использование программных решений для проектирования, для управления автоматизированным производством, для осуществления финансовых расчетов, а также CRM-, ERP- и SCM-систем). В качестве зависимой переменной обозначен оборот организаций обрабатывающей промышленности в разрезе субъектов РФ. Рассмотрено 19 альтернативных деревьев, наиболее ёмкая структура регрессии охватывает 21 терминальную вершину (красные блоки), на которых регрессия завершается, и 20 нетерминальных вершин (синие блоки).

На каждом этапе обозначены условия, согласно которым выделены группы наблюдений. Оценка построенного дерева регрессии осуществлена методом  $v$ -кратной кросс-валидации. По умолчанию задано  $v = 10$ , что означает деление исходной выборки на 10 случайных примерно равных выборок. Далее каждая выборка последовательно выступает сначала в роли обучающей выборки, затем – в роли тестовой.

Наилучший фактор регрессии – переменная Пр – использование информационных систем в целях проектирования, предикторная важность которого составляет 1,00. Следующими по степени важности являются переменная ERP (важность переменной составила 0,93), УАП (0,91), CRM (0,91), SCM (0,72) и ФР (0,55). Корень дерева (итерация 1, ID = 1) имеет 2 ветви, основанием для формирования которых послужил параметр Пр. В левую ветвь объединены 65 мезопромышленных

систем с уровнем показателя Пр ниже 11,45%, в правую – 14 наблюдений, для которых  $Пр > 11,45\%$ . На следующем уровне осуществлено 2 итерации: первая на основании применения ERP-систем (левая ветвь –  $ERP < 10,35\%$ ; правая ветвь –  $ERP > 10,35\%$ ); вторая – на основании использования SCM-систем (левая ветвь –  $SCM < 6,1\%$ ; правая ветвь –  $SCM > 6,1\%$ ). Аналогичным образом описываются остальные итерации.

В качестве альтернативы построено дерево классификации мезопромышленных систем, где в качестве зависимой переменной учтен уровень цифровизации, выявленный в результате кластерного анализа, и применена категориальная переменная, оценивающая показатель как «низкий», «средний» или «высокий» (приложение Р). Оценка моделей осуществлена аналогичным образом – методом  $\nu$ -кратной кросс-валидации. В данном случае построено 6 альтернативных деревьев классификации, наилучшее из которых (Дерево 1) имеет 6 терминальных вершин и характеризуется наименьшей стандартной ошибкой кросс-проверки (равной 0,04) и наименьшей ценой проверки на обучающей выборке (0,03) (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Оценка кросс-проверки альтернативных деревьев классификации для показателей цифровой трансформации мезопромышленных систем (расчитано автором)

| Альтернатива | Число терминальных вершин | Цена кросс-проверки | Стандартная ошибка кросс-проверки | Цена проверки на обучающей выборке | Сложность узла |
|--------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|
| Дерево 1     | 6                         | 0,131122            | 0,037975                          | 0,026856                           | 0,000000       |
| Дерево 2     | 5                         | 0,131122            | 0,037975                          | 0,028436                           | 0,001580       |
| Дерево 3     | 4                         | 0,176935            | 0,042935                          | 0,042654                           | 0,014218       |
| Дерево 4     | 3                         | 0,218009            | 0,046454                          | 0,066351                           | 0,023697       |
| Дерево 5     | 2                         | 0,336493            | 0,053161                          | 0,213270                           | 0,146919       |
| Дерево 6     | 1                         | 0,502370            | 0,056254                          | 0,502370                           | 0,289100       |

Дерево 1 построено на основе 11 итераций, где для генеральной выборки характерен средний уровень интенсивности цифровизации ( $ID=1$ ) (рисунок 4.22). Первым параметром, классифицирующим мезопромышленные системы, является



использование CRM-систем в организациях: если таких организаций в регионе более 13,55%, то уровень цифровизации в таких субъектах РФ высокий (ID=3); в противном случае – средний (ID=2). На следующем уровне ветвления значимыми являются показатели внедрения ERP-систем и SCM-систем. На третьем уровне ветвления единственно значимым является параметр цифровизации в целях проектирования.

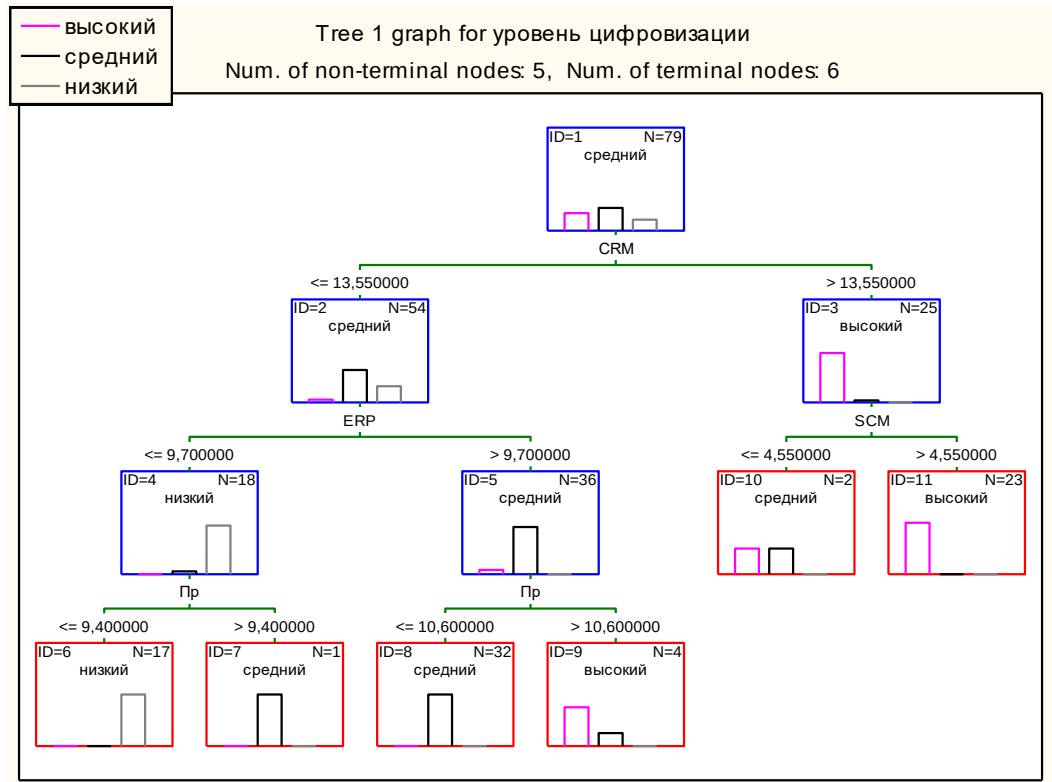


Рисунок 4.22 – Дерево классификации мезопромышленных систем России для определения закономерностей цифровой трансформации (построено автором)

Более высокая значимость принадлежит параметру ERP (1,00), далее CRM (0,98), Пр (0,95). В результате вся совокупность наблюдений может быть классифицирована на 6 категорий (терминальные блоки ID=6, ID=7, ID=8, ID=9, ID=10, ID=11). Подтверждается асинхронность цифровой трансформации мезопромышленных систем в России.

В результате применения алгоритма CART и построения дерева классификации получено правило, которое целесообразно учитывать при построении алгоритма цифровой трансформации мезопромышленных систем в России. Правило охватывает следующие шаги:

1) оценивается доля организаций, применяющих цифровые технологии в виде CRM-систем, и проверяется неравенство  $CRM > 13,55\%$ :

а) если оно выполняется, то высок уровень цифровой трансформации в субъектах РФ;

б) если неравенство не выполняется, то интенсивность цифровизации низкая;

2) в случае 1а) активные с точки зрения CRM-платформизации субъекты РФ распределяются по группам в зависимости от уровня использования SCM-систем:

а) если  $SCM < 4,55\%$ , то это наблюдения со среднеинтенсивной цифровизацией;

б) если  $SCM > 4,55\%$ , то речь идет о регионах с высоким уровнем активности внедрения SCM- и CRM-систем;

3) в случае 1б) проверяется неравенство  $ERP > 9,7\%$ :

а) если оно выполняется, то наблюдения включаются в категорию мезопромышленных систем со средним уровнем цифровой трансформации;

б) если не выполняется, то субъекты РФ причисляются к числу регионов с низкоинтенсивной цифровизацией.

Следующим этапом стало построение нейронной сети в среде Statistica – многослойного персептрона (MLP). При этом сети радиальной базисной функции (RBF) показали низкую эффективность. В нашем случае инструмент применяется в целях определения регрессии между переменными. В качестве выхода нейронной сети принят показатель оборота организаций обрабатывающей промышленности (млрд руб.), в качестве входов – использование SCM-систем и программ для проектирования. Обучение производилось по разным комбинациям переменных с использованием стратегии для создания модели «Автоматизированная нейронная сеть». Оценка качества сетей производилась на основе производительности кон-

трольной выборки. Выбор нейронной сети основан на отборе среди альтернативных архитектур. В таблице 4.19 представлены фрагменты исследования. В качестве условий обучения задано число нейронов на скрытом слое от 3 до 75, число сетей для обучения – 20, число сетей для сохранения – 5. В качестве наиболее продуктивной архитектуры нейронной сети принята сеть с наибольшей производительностью контрольной выборки (72,87%) – с тремя нейронами на скрытом слое MLP 2-3-1.

Таблица 4.19 – Итоги моделей многослойного персептрона (получено автором)

| Архитектура      | Производительность обучения | Контр. производительность | Тест. производительность | Ошибка обучения | Контрольная ошибка | Тестовая ошибка | Ф-я активации скрытых нейронов | Ф-я активации выходных нейронов |
|------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| <b>MLP 2-3-1</b> | <b>0,658739</b>             | <b>0,72872</b>            | <b>0,895498</b>          | <b>97365,6</b>  | <b>85942,2</b>     | <b>36835,19</b> | <b>Экспонента</b>              | <b>Логистическая</b>            |
| MLP 2-37-1       | 0,598691                    | 0,569721                  | 0,88252                  | 109442,1        | 118698,7           | 40775,23        | Экспонента                     | Гиперболическая                 |
| MLP 2-6-1        | 0,595323                    | 0,564965                  | 0,894477                 | 110208,6        | 119576,6           | 41018,77        | Экспонента                     | Экспонента                      |
| MLP 2-22-1       | 0,58642                     | 0,538108                  | 0,902672                 | 111973,1        | 124044,2           | 37151,22        | Гиперболическая                | Экспонента                      |
| MLP 2-73-1       | 0,60723                     | 0,564019                  | 0,906573                 | 107773,2        | 119974,3           | 35823,15        | Экспонента                     | Экспонента                      |

Анализ чувствительности сети обеспечил возможность сравнительной оценки важности каждой входной переменной для нейросети. Большую ошибку модели при исключении (в 1,97 раз) даст переменная Пр – применение информационных технологий в организациях в целях проектирования, меньшую (в 1,35 раз) – переменная SCM. Архитектура нейронной сети представлена на рисунке 4.23.

Таким образом, применение регрессионного анализа в рамках нейросетевого моделирования позволило расширить набор переменных, определяющих уровень цифровизации промышленности в разрезе субъектов РФ и идентифицировать платформенные решения кооперации (CRM, ERP, SCM-систем) как средства, в наибольшей степени определяющие уровень автоматизации мезопромышленных систем. В целях повышения результативности деятельности целесообразно сфокусироваться на технологиях проектирования (как основы конкурентоспособного

технологического развития) и интеграции ERP-систем (например, отечественные решения класса ERP – Ма-3).

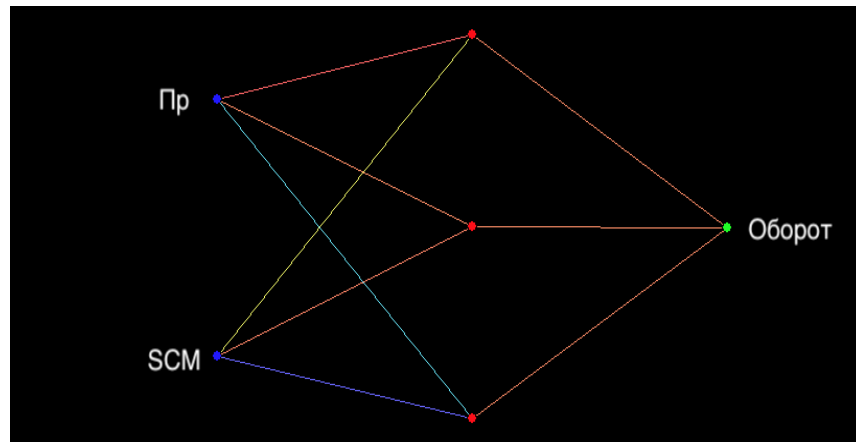


Рисунок 4.23 – Специфика нейронной сети MLP 2-3-1 для обрабатывающих мезо-промышленных систем (построено автором)

Согласно статистике патентной активности в области информационно-коммуникационных технологий, Россия пока существенно отстает от других стран: число патентных заявок на изобретения в сфере ИКТ в Китае составляет 386 314 ед., США – 154 835 ед., Японии – 102 621, а в России – лишь 2 457 ед. (по состоянию на 2020 г.) [133]. Это свидетельствует о том, что в России цифровая экономика находится на стадии зарождения, бизнес-сектор недостаточно активно поддерживает цифровизацию бизнес-процессов. Инструментом, способствующим эффективной цифровой трансформации российской промышленности, может стать гармонизированное сетевое взаимодействие участников инновационного процесса: университетов, государства, инжиниринговых компаний, банков, стартап-компаний [90].

Систематизируя результаты моделирования цифровой трансформации промышленных систем в контексте повышения их эффективности предлагается дерево факторов, представляющее собой систему логично взаимосвязанных факторов (показателей), основанную на принципе декомпозиции (рисунок 4.24).



Рисунок 4.24 – Дерево факторов эффективности промышленных систем (на уровне отраслей) в условиях технологического суверенитета (построено автором)

В качестве совокупного показателя, отражающего эффект ускоренной трансформации российской экономики, принято значение, отражающее увеличение валовой добавленной стоимости в промышленности. Предложенное дерево факторов учитывает классическую структуру показателя, а также влияние процессов, протекающих в рамках укрепления технологического суверенитета страны. Выделены 2 группы факторов – прямые (базовые) и косвенные – эффекты импортозамещения. Безусловная корреляция в сфере технической модернизации обозначена пунктирной линией.

Предложенная структура развивает положения теории о прибавочной стоимости, отличается адаптированностью к новым экономическим реалиям, позволяет оценить вклад цифровой трансформации (в части изменения направления потоков

товаров и услуг в сфере ИКТ) в формирование результата функционирования производственных систем на фоне основных факторов.

Таким образом, цифровая трансформация управления промышленными системами выступает одним из императивов новой эпохи мировой экономики. Приоритетными задачами сегодня являются, с одной стороны, разработка российского программного обеспечения, способного на качественном уровне заменить зарубежные решения, с другой стороны, поиск разумного импортозамещения, отвечающего стратегическим целям развития промышленных систем.

#### Выводы по главе 4.

1) Систематизирован инструментарий управления промышленной системой, дифференцированный в зависимости от объекта управления (промышленные системы или цепи поставок промышленной продукции) и с учетом их специфики в части цифровизации. В контексте управления отдельными промышленными системами имеют место локальные средства оптимизации, позволяющие повысить производительность системы и качество выпускаемой промышленной продукции (рынок Технет, «цифровой двойник» изделия, «умные» фабрики и др.). С точки зрения цепей поставок важен более масштабный, системный подход, учитывающий сетевое взаимодействие между звеньями, осуществляющими деятельность вдоль цепочки создания стоимости, а также в разрезе горизонтальной кооперации («цифровой двойник» цепи поставок, «виртуальные» фабрики и др.). Система дополнена спецификой организационных и финансовых инструментов, кадрового обеспечения.

2) Разработаны методический комплекс мониторинга эффективности промышленных систем и инструментарий управления проектами технологического суверенитета, представленные формированием многоуровневого, многокомпонентного и многокритериального контура управления, объединяющие различные подходы к оценке эффективности промышленных систем и их ресурсного обеспечения

и аспекты развития (инновационного развития, устойчивого развития, цифровизации), позволяющие последовательно выявить актуальные проблемы развития промышленности в России.

3) Организационное моделирование охватывает предложенную схему суверенизации национальной экономики, построенную на базе стратегии суверенизации (которой призвана служить Концепция технологического развития Российской Федерации до 2030 года), которая в ответ на новые вызовы предусматривает ряд этапов, включая подготовку современных высококвалифицированных инженерных кадров, способных обеспечить выпуск конкурентоспособной высокотехнологичной промышленной продукции.

4) Предложена структурная модель управления развитием промышленных систем на макроуровне, базирующаяся на матричном подходе и межведомственной кооперации в разрезе перспективных инструментов управления ресурсами и повышения конкурентоспособности промышленных систем (ИПИ, «зеленые» технологии, SCOR), обеспечивающая ускоренный переход к техноэкономике.

5) На примере микропромышленной системы (ПАО «Нижнекамскнефтехим») определены оптимальные значения промышленных ресурсов. Разработанные экономико-математические модели управления развитием промышленного предприятия позволяют выявить наилучшие пропорции ресурсного обеспечения. Так определен ориентир в виде сокращения энергетических ресурсов на 13% и увеличения трудовых ресурсов на 2,5% на основе технологического развития.

6) Выявлены закономерности развития промышленных систем в части импортозамещения: наблюдается устойчивая тенденция российской экономики к росту импортонезависимости в части потоков ИКТ-услуг, но «узким местом» остается существенное превышение объемов импортируемых товаров над экспортируемыми. Определены приоритетные направления эффективного управления ресурсами промышленных мезосистем: повышение числа разработанных передовых производственных технологий, новых для России на 23,9% в сфере обрабатывающих производств и на 73% в добывающих отраслях промышленности.

7) По результатам кластерного анализа и построения нейронных сетей позволило идентифицировать приоритетные направления инвестирования в целях повышения уровня цифровизации и повышения эффективности промышленных систем: платформенные решения кооперации (CRM, ERP) в наибольшей степени определяют уровень автоматизации мезопромышленных систем; технологии проектирования и интеграция SCM-систем позволяет повысить результативность деятельности промышленных систем.

Опубликованные работы по главе 4 [61, 69, 70, 81, 82, 87, 90, 91, 94, 194, 195, 305, 306, 311, 317, 320, 323, 354, 356, 368, 405, 398, 399, 406, 408]



## 5 АПРОБАЦИЯ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ В НОВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

### 5.1 Апробация методики оценки эффективности функционирования технологической платформы

Опираясь на вышеизложенные положения, подчеркнем, что в основе укрепления технологического суверенитета страны лежит кооперация. Технологической модернизации способствуют различные инструменты, обеспечивающие на основе кооперации и объединения ресурсов совместное создание ценности. Несомненным является наличие положительного эффекта в результате внедрения технологических платформ (апробировано на примере в сфере химических технологий) [334].

В рамках настоящего исследования проведена диагностика функционирования 31 российских технологических платформ. По результатам мониторинга их деятельности [235], охватывающего 25 показателей, представлен рейтинг технологических площадок, где лидером среди всех российских технологических платформ по итогам 2019 года признана площадка «Текстильная и легкая промышленность» с итоговым баллом, равным 97, а низшую позицию заняли платформы «Развитие российских светодиодных технологий» (8 баллов) и «Национальная суперкомпьютерная технологическая платформа» (11,5 баллов).

Однако, методика мониторинга деятельности российских технологических платформ, на наш взгляд, является упрощенной и не учитывает ключевое предназначение их формирования – кооперацию. Рейтинг построен на бинарном принципе оценки большинства показателей и тривиальном суммировании баллов, что не отражает дифференцированный подход к сравнению показателей. В связи с этим выявлена необходимость развития методики оценки российских технологических платформ, которая будет учитывать вес наблюдаемых показателей.

В целях агрегирования 25 показателей деятельности российских технологических платформ (включая реализацию стратегической программы исследований

(СПИ), ее соответствие методическим рекомендациям, наличие дорожных карт реализации, финансирование, юридическое оформление технологических платформ и другие показатели), проведен факторный анализ на основе метода главных компонент в среде SPSS. Методом «каменистой осыпи» определено оптимальное число компонент, равное 3 (рисунок 5.1).

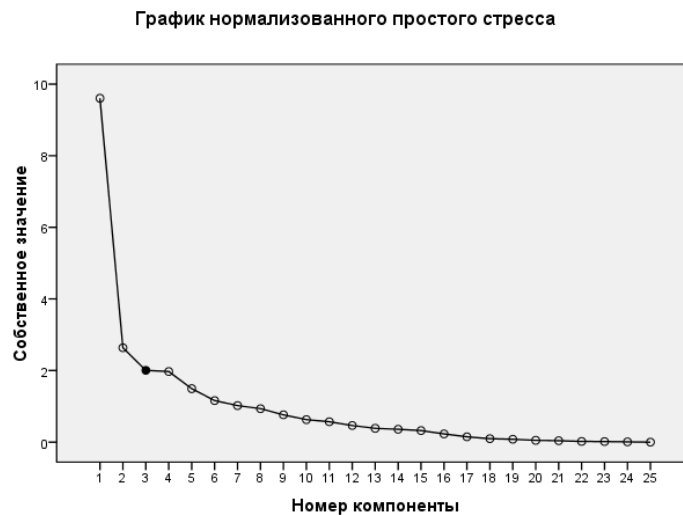


Рисунок 5.1 – График собственных значений компонент (построено автором по данным [235])

В результате агрегирования переменных и их вращения методом Varimax получена матрица повернутых компонент, транслирующая латентные закономерности развития российских технологических платформ (таблица 5.1). Из 25 исходных показателей наиболее значимыми оказались лишь 11 (коэффициент корреляции с соответствующей компонентой составил более 0,7), объединенных в компоненты:

– компонента  $K_1$  – кооперация участников технологических платформ (ТП) во внутренней и внешней среде;

– компонента  $K_2$  – структурная компонента;

– компонента  $K_3$  – открытость, прозрачность стратегических целей и задач.

Полагаясь на значения объясняющей дисперсии, можно утверждать, что превалирует влияние фактора кооперации, что, в свою очередь, является закономерным и справедливо подчеркивает целевые приоритеты функционирования технологических платформ; в меньшей степени значимы организационные аспекты.

Таблица 5.1 – Матрица повернутых компонент (получена автором)

| Переменные                                                                                                                         | Условное обозначение | Компонента     |                |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
|                                                                                                                                    |                      | К <sub>1</sub> | К <sub>2</sub> | К <sub>3</sub> |
| Динамика состава участников                                                                                                        | П <sub>1</sub>       |                | 0,743          |                |
| Состояние организационной структуры                                                                                                | П <sub>2</sub>       |                | 0,858          |                |
| Наличие экспертных и консультативных органов                                                                                       | П <sub>3</sub>       |                | 0,858          |                |
| Размещение СПИ на сайте ТП                                                                                                         | П <sub>4</sub>       |                |                | 0,807          |
| Соответствие СПИ методическим рекомендациям                                                                                        | П <sub>5</sub>       |                | 0,702          |                |
| Участие ТП в разработке и реализации документов стратегического планирования                                                       | П <sub>6</sub>       | 0,702          |                |                |
| Сведения по содействию реализации программы инновационного развития государственной компании                                       | П <sub>7</sub>       | 0,817          |                |                |
| Участие в поддержке реализации проектов развития инновационных территориальных кластеров и Национальной технологической инициативы | П <sub>8</sub>       | 0,732          |                |                |
| Взаимодействие технологической платформы с институтами развития                                                                    | П <sub>9</sub>       | 0,774          |                |                |
| Взаимодействие с европейскими ТП и иными зарубежными и международными организациями                                                | П <sub>10</sub>      | 0,778          |                |                |
| Проведение мероприятий                                                                                                             | П <sub>11</sub>      | 0,784          |                |                |
| Дисперсия                                                                                                                          | -                    | 6,177          | 4,612          | 3,457          |

Полученные результаты (значения объясняющей дисперсии главных компонент и значения факторной нагрузки) возможно применить в качестве базиса для формирования комплексного показателя функционирования технологических платформ:

$$\begin{aligned}
 K &= 6,177 \cdot K_1 + 4,612 \cdot K_2 + 3,457 \cdot K_3, \\
 K_1 &= 0,702 \cdot П_6 + 0,817 \cdot П_7 + 0,732 \cdot П_8 + 0,774 \cdot П_9 + 0,778 \cdot П_{10} + 0,784 \cdot П_{11}, \\
 K_2 &= 0,743 \cdot П_1 + 0,858 \cdot П_2 + 0,858 \cdot П_3 + 0,702 \cdot П_5, \\
 K_3 &= 0,807 \cdot П_4.
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

Безусловно, коэффициенты, соответствующие выделенным компонентам, подвержены динамике, что может лежать в основе оценки степени влияния того или иного показателя на комплексную эффективность функционирования технологической платформы в разрезе временных периодов. В то же время общая структура компонент подтверждает превалирующее значение кооперации институтов в рамках модернизации российской промышленности.

Апробация предложенной методики способствовала выявлению обновленных позиций российских технологических платформ в рейтинге в результате дифференцированного подхода и присвоения большего веса фактору кооперации (в соответствии с результатами применения метода главных компонент) (рисунок 5.2):

- «Текстильная и легкая промышленность» (1) сместилась с первой позиции в рейтинге на вторую;
- «Авиационная мобильность и авиационные технологии» (4) поднялась с четвертого места на первое;
- «Биоэнергетика» (7) также имеет более высокий ранг и занимает не седьмое место, а третье, и т.д.

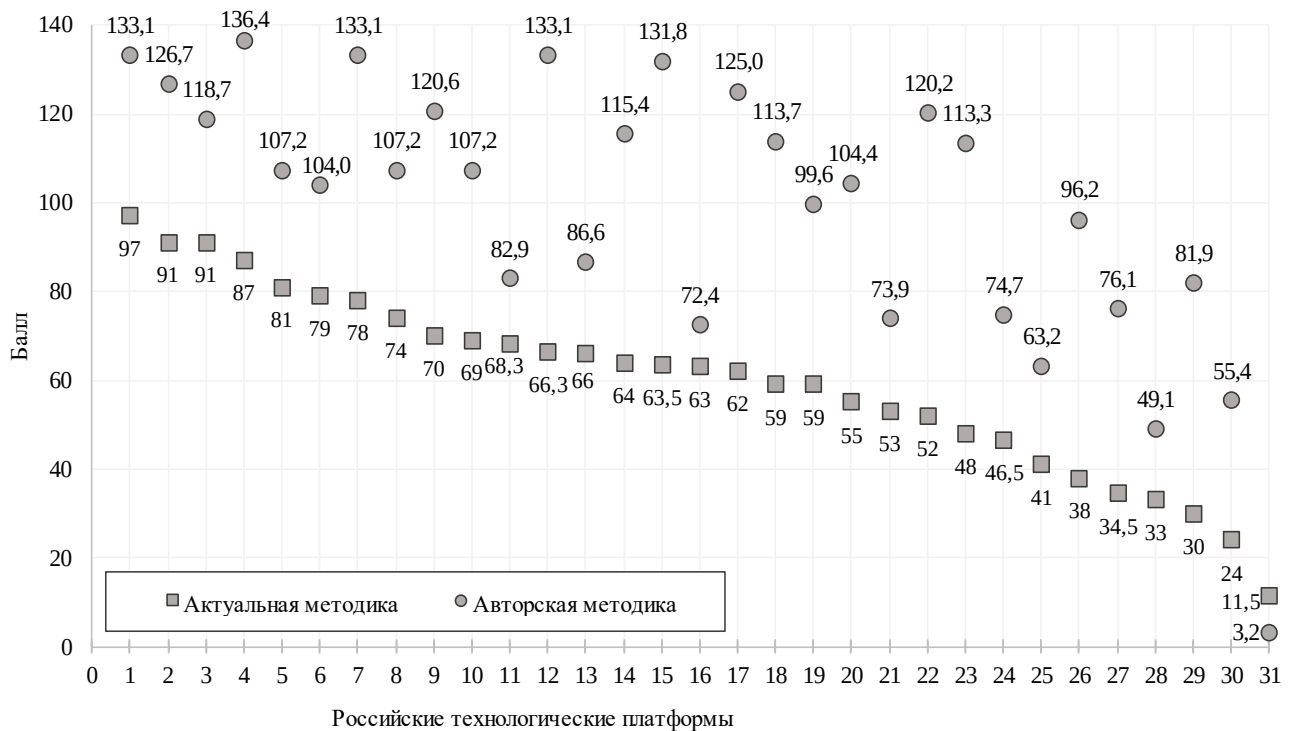


Рисунок 5.2 – Рейтинг российских технологических платформ: актуальная и авторская методики оценки деятельности (построено автором по данным, опубликованным на сайте КНИТУ [235])

Усовершенствованная методика рекомендуется к применению Межведомственной комиссией по технологическому развитию президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному

развитию России в рамках совершенствования Методических рекомендаций по мониторингу деятельности технологических платформ.

Таким образом, выявлено несовершенство методики оценки деятельности российских технологических платформ, заключающееся в отсутствии весов показателей при суммировании баллов по каждой из платформ, что, на наш взгляд, снижает объективность оценки. В связи с этим на основе применения метода главных компонент предложена усовершенствованная методика, учитывающая 3 значимых фактора функционирования технологических платформ – кооперация участников, структурная компонента и компонента, отражающая открытость стратегических целей и задач платформы.

Полученные результаты исследования развивают методологический подход к управлению институциональными взаимодействиями в экономике и могут быть учтены федеральными и региональными органами власти при формировании и уточнении программ развития промышленности в России.

## 5.2 Апробация методики оценки эффективности на уровне химической и нефтехимической макротехнологии

В рамках систематизированного комплекса авторских методических разработок (параграф 4.2, таблица 4.2) отдельного внимания заслуживает многопараметрическая методика оценки экологической нейтральности предприятия (ОЭН), предусматривающая последовательную оценку экологической нагрузки предприятия, экологической нагрузки производственных фондов и совокупной экологической нейтральности предприятия. Авторская методика оценки экологической нагрузки нефтехимического предприятия апробирована на примере предприятий Республики Татарстан – ПАО «Нижнекамскнефтехим», ПАО «Нижнекамскшина», ООО «Татнефть-Пресскомпозит», ООО «Нижнекамский завод грузовых шин».

### 1. Этап О-1. Оценка экологической нагрузки.

Рассчитаны составляющие индикаторы (таблица 5.2), согласно которым в отрасли региона преимущественно улучшаются показатели эффективности управления энергетическими ресурсами (лучшую динамику демонстрируют ПАО «Нижнекамскнефтехим» и ООО «Нижнекамский завод грузовых шин»), водными ресурсами (повышение степени оборотного использования воды с 38% до 68% в ПАО «Нижнекамскшина»), но преимущественно усиливается негативное воздействие на атмосферу (рост затрат на энергоресурсы, отнесенных к объему выбросов загрязняющих веществ отмечается по трем из представленных предприятий).

Таблица 5.2 – Оценка экологической нагрузки в химии и нефтехимии Республики Татарстан (рассчитано автором)

| Период                                       | Углеродоемкость | Объем сброса сточных вод на единицу ВРП | Коэффициент оборотного использования воды | Затраты энергетических ресурсов, отнесенные к 1 тонне выбросов загрязнений |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Ед. изм.                                     | т / трлн руб.   | тыс. куб. м / трлн руб.                 | коэффициент                               | млн руб. / т                                                               |
| Вектор                                       | min             | min                                     | max                                       | min                                                                        |
| <i>ПАО «Нижнекамскнефтехим»</i>              |                 |                                         |                                           |                                                                            |
| 2018                                         | 7893,17         | 18450,21                                | 0,28                                      | <b>0,98</b>                                                                |
| 2019                                         | 7194,95         | <b>16138,55</b>                         | <b>0,3</b>                                | 1,05                                                                       |
| 2020                                         | <b>7088,68</b>  | 17143,45                                | 0,24                                      | 1,13                                                                       |
| <i>ПАО «Нижнекамскшина»</i>                  |                 |                                         |                                           |                                                                            |
| 2018                                         | 224,82          | 307,67                                  | 0,38                                      | <b>2,40</b>                                                                |
| 2019                                         | <b>183,63</b>   | 225,61                                  | 0,55                                      | 2,73                                                                       |
| 2020                                         | 184,20          | <b>194,91</b>                           | <b>0,68</b>                               | 3,18                                                                       |
| <i>ООО «Татнефть-Пресскомпозит»</i>          |                 |                                         |                                           |                                                                            |
| 2018                                         | 4,94            | 3,22                                    | 0,06                                      | 0,61                                                                       |
| 2019                                         | <b>4,63</b>     | <b>1,32</b>                             | <b>0,63</b>                               | 0,53                                                                       |
| 2020                                         | 13,83           | 1,91                                    | 0,53                                      | <b>0,21</b>                                                                |
| <i>ООО «Нижнекамский завод грузовых шин»</i> |                 |                                         |                                           |                                                                            |
| 2018                                         | 511,88          | <b>220,16</b>                           | 0,00                                      | <b>0,58</b>                                                                |
| 2019                                         | 424,54          | 254,24                                  | 0,00                                      | 0,59                                                                       |
| 2020                                         | <b>380,86</b>   | 280,87                                  | 0,00                                      | 0,75                                                                       |

Оценивая динамику развития нефтехимической промышленной системы Республики Татарстан как несбалансированную (как в разрезе предприятий, так и в

разрезе ресурсопотребления), отметим наличие высокого нереализованного потенциала технологической модернизации химической и нефтехимической макротехнологии.

2. Этап О-2. Оценка экологической нагрузки производственных фондов (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Оценка экологической нагрузки производственных фондов в химии и нефтехимии Республики Татарстан (рассчитано автором)

| Период                                       | Фондоём-<br>кость | Удельный объем выбро-<br>сов на рубль реализован-<br>ной продукции | Экологическая<br>нагрузка производ-<br>ственных фондов | Степень эколо-<br>гической<br>нагрузки |
|----------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Ед. изм.                                     | руб. / руб.       | т / трлн. руб.                                                     | трлн. руб. / т                                         |                                        |
| Вектор                                       | min               | min                                                                | min                                                    | низкая                                 |
| <i>ПАО «Нижнекамскнефтехим»</i>              |                   |                                                                    |                                                        |                                        |
| 2018                                         | <b>0,492</b>      | <b>109,592</b>                                                     | <b>0,0045</b>                                          | низкая                                 |
| 2019                                         | 0,724             | 115,551                                                            | 0,0063                                                 | низкая                                 |
| 2020                                         | 1,107             | 117,295                                                            | 0,0094                                                 | низкая                                 |
| <i>ПАО «Нижнекамскшина»</i>                  |                   |                                                                    |                                                        |                                        |
| 2018                                         | <b>0,257</b>      | <b>28,883</b>                                                      | <b>0,009</b>                                           | низкая                                 |
| 2019                                         | 0,347             | 34,792                                                             | 0,010                                                  | низкая                                 |
| 2020                                         | 0,790             | 65,269                                                             | 0,012                                                  | средняя                                |
| <i>ООО «Татнефть-Пресскомпозит»</i>          |                   |                                                                    |                                                        |                                        |
| 2018                                         | <b>0,816</b>      | <b>12,957</b>                                                      | 0,063                                                  | высокая                                |
| 2019                                         | 1,032             | 16,165                                                             | 0,064                                                  | высокая                                |
| 2020                                         | 1,276             | 56,534                                                             | <b>0,023</b>                                           | высокая                                |
| <i>ООО «Нижнекамский завод грузовых шин»</i> |                   |                                                                    |                                                        |                                        |
| 2018                                         | 0,529             | 119,063                                                            | <b>0,0044</b>                                          | низкая                                 |
| 2019                                         | <b>0,338</b>      | <b>60,656</b>                                                      | 0,0056                                                 | низкая                                 |
| 2020                                         | 1,405             | 134,588                                                            | 0,0104                                                 | средняя                                |

Рассчитаны отдельные компоненты показателя экологической нагрузки  $\mathcal{E}_{\text{нг}}$ , согласно которым в нефтехимии Республики растет фондоемкость и повышается уровень выбросов вредных веществ в атмосферу, что в совокупности обуславливает усиление негативного влияния производственных систем на окружающую среду. Низкую степень экологической нагрузки (коэффициент  $\leq 0,01$ ) демонстри-

рует ПАО «Нижнекамскнефтехим», что обусловлено капиталоемкими мероприятиями предприятия в области устойчивого развития (замена электрофильтров, катализаторов, монтаж биофильтров, перевод отдувок с емкостей на факел, перевод насосов с одинарных на двойные торцевые уплотнения, замена мазутной котельной на газовую, строительство собственной электростанции и другие мероприятия). Ухудшение положения отмечается по предприятиям ПАО «Нижнекамскшина» и ООО «Нижнекамский завод грузовых шин», характер показателя изменился с низкого на средний ( $0,01 \leq \text{коэффициент} \leq 0,02$ ).

3. Этап О-3. Оценка экологической нейтральности жизненного цикла нефтехимического производства.

Расчет показателя ЭНтр (экологической нейтральности) основан на систематизации результатов этапов О-1 и О-2 и предполагает процесс взвешивания шести показателей, значения которых представлены в таблицах 5.2 и 5.3. Процесс определения весовых коэффициентов может опираться на интуитивные методы, а именно – метод коллективных экспертных оценок. В качестве наиболее приемлемых методов рекомендуются метод коллективной генерации идей (мозговой атаки), метод «комиссий», метод предпочтений. Исходя из проблематики исследования мы руководствовались принципов оптимизации ресурсов, в связи с чем фокус внимания обращен на потребление энергоресурсов, водных ресурсов, основных фондов. Присвоенные нами веса представлены ниже:

- углеродоемкость – 0,2;
- объем сброса сточных вод на единицу ВРП – 0,2;
- коэффициент оборотного использования воды – 0,2;
- затраты энергетических ресурсов, отнесенные к 1 тонне выбросов загрязнений – 0,1;
- фондоёмкость – 0,05;
- экологическая нагрузка производственных фондов – 0,25.

При этом значение показателя ЭНтр определяется, исходя из наилучшего значения каждого показателя за ряд анализируемых лет, после чего взвешенные значения эталонных показателей суммируются. Итоговый показатель сопоставляется



со значениями 0,6 и 0,8: если коэффициент  $\geq 0,8$ , то предприятие экологически нейтрально; если коэффициент  $\leq 0,6$ , то экологическая нейтральность низкая; в противном случае – средняя (таблица 5.4).

Удовлетворительные результаты выявлены по предприятиям ПАО «Нижнекамскнефтехим» и ПАО «Нижнекамскшина» (значения показателя превышают или стремятся к 0,8), однако негативная динамика свидетельствует о необходимости мобилизации усилий и финансовых ресурсов на модернизации производственной инфраструктуры. Причем, как было выявлено в параграфе 4.4, предприятию необходимо расширить обращение к государственной поддержке, сетевым формам взаимодействия, частным инвестициям, проектному образованию.

Таблица 5.4 – Оценка экологической нейтральности жизненного цикла нефтехимического производства Республики Татарстан (рассчитано автором)

| Период                                | Итоговая оценка экологической нейтральности предприятия | Степень экологической нейтральности предприятия | Характер динамики   |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|
| Вектор                                |                                                         | высокая                                         |                     |
| ПАО «Нижнекамскнефтехим»              |                                                         |                                                 |                     |
| 2018                                  | 0,9363506                                               | высокая                                         | Негативная динамика |
| 2019                                  | 0,90341123                                              | высокая                                         |                     |
| 2020                                  | 0,77439947                                              | средняя                                         |                     |
| ПАО «Нижнекамскшина»                  |                                                         |                                                 |                     |
| 2018                                  | 0,803542943                                             | высокая                                         | Позитивная динамика |
| 2019                                  | 0,885403574                                             | высокая                                         |                     |
| 2020                                  | 0,875375228                                             | высокая                                         |                     |
| ООО «Татнефть-Пресскомпозит»          |                                                         |                                                 |                     |
| 2018                                  | 0,46272892                                              | низкая                                          | Позитивная динамика |
| 2019                                  | 0,7665209                                               | средняя                                         |                     |
| 2020                                  | 0,75373677                                              | средняя                                         |                     |
| ООО «Нижнекамский завод грузовых шин» |                                                         |                                                 |                     |
| 2018                                  | 0,73077941                                              | средняя                                         | Негативная динамика |
| 2019                                  | 0,70093727                                              | средняя                                         |                     |
| 2020                                  | 0,55260539                                              | низкая                                          |                     |

Напротив, устойчивая позитивная тенденция наблюдается по предприятиям ПАО «Нижекамскшина», которое отличается эффективным управлением водными ресурсами, но требуется также оптимизация управления основными фондами, и ООО «Татнефть-Пресскомпозит» (рисунок 5.3). На фоне отмеченных микропромышленных систем ООО «Нижекамский завод грузовых шин» особенно остро нуждается в реинжиниринге бизнес-процессов, оптимизации производственных мощностей, совершенствовании стратегии развития в части эффективности управления ресурсами.

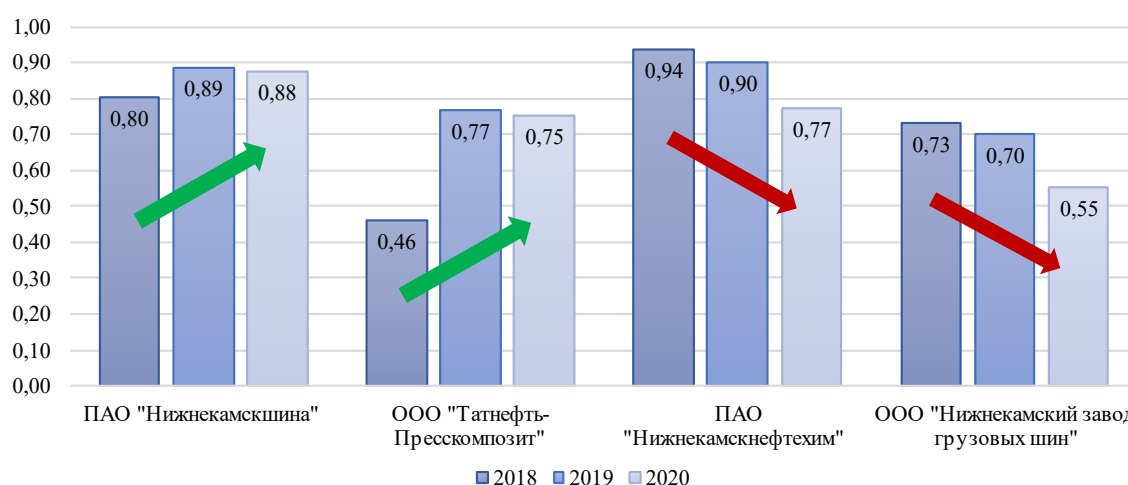


Рисунок 5.3 – Динамика эффективности химических и нефтехимических промышленных систем в условиях обеспечения технологического суверенитета и устойчивого развития (рассчитано автором)

Таким образом, мероприятия в области импортозамещения, укрепления технологического суверенитета, цифровизации, инвестирования в основной капитал способны обеспечить интерференцию эффективности промышленных химических и нефтехимических систем. Апробация методики выявления степени экологической нейтральности макротехнологии подтверждает асинхронность развития и повышения эффективности управления ресурсами. Выводы могут быть практически полезны как региональным органам власти в контексте совершенствования стратегии развития нефтехимической промышленности, так и топ-менеджерам отраслевых промышленных предприятий.

### 5.3 Апробация методологии оценки эффективности промышленных систем

Одним из центральных элементов настоящего исследования является предложенная система показателей оценки эффективности промышленных объектов для разных фаз становления технологического суверенитета (параграф 2.1). Апробация трех методов оценки представлена на примере 13 отраслей. В таблице 5.5 представлена оценка показателей  $\mathcal{E}_{нач}$ ,  $\mathcal{E}_{адапт}$  и  $\mathcal{E}_{локал}$  в разрезе промышленных систем. Пороговый уровень эффективности определен как отношение суммы весов по показателям интенсивного развития к сумме весов по показателям сдерживающего развития (в разрезе методик).

Таблица 5.5 – Оценка эффективности развития промышленных систем на разных стадиях становления технологического суверенитета (предложено и рассчитано автором по данным [137])

| Отрасли                                | Сырье и материалы   |                       |                       | Машины и оборудование |                       |                       | Запчасти            |                       |                       |
|----------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                        | $\mathcal{E}_{нач}$ | $\mathcal{E}_{адапт}$ | $\mathcal{E}_{локал}$ | $\mathcal{E}_{нач}$   | $\mathcal{E}_{адапт}$ | $\mathcal{E}_{локал}$ | $\mathcal{E}_{нач}$ | $\mathcal{E}_{адапт}$ | $\mathcal{E}_{локал}$ |
| <b>Пороговый уровень эффективности</b> | <b>2</b>            | <b>1,57</b>           | <b>3,5</b>            | <b>2</b>              | <b>1,57</b>           | <b>3,5</b>            | <b>2</b>            | <b>1,57</b>           | <b>3,5</b>            |
| (1) Добыча                             | 4,05                | 2,36                  | 1,51                  | 6,56                  | 4,39                  | 2,88                  | 3,00                | 2,08                  | 1,85                  |
| (2) Пищевые продукты                   | 4,91                | 2,27                  | 7,95                  | 2,62                  | 1,27                  | 2,02                  | 2,00                | 1,01                  | 1,90                  |
| (3) Легкая промышленность              | 4,92                | 1,53                  | 1,26                  | 5,52                  | 2,88                  | 0,57                  | 40,00               | 21,10                 | 2,03                  |
| (4) Деревообработка                    | 4,93                | 2,08                  | 2,08                  | 0,81                  | 0,31                  | 0,19                  | 3,77                | 2,03                  | 1,45                  |
| (5) Химическое производство            | 3,43                | 1,96                  | 2,78                  | 6,00                  | 3,14                  | 3,14                  | 7,27                | 3,48                  | 3,48                  |
| (6) Фармацевтика                       | 2,53                | 1,40                  | 1,85                  | 20,00                 | 14,00                 | 4,00                  | 6,41                | 4,03                  | 1,81                  |
| (7) Резина, пластмасса                 | 3,50                | 1,48                  | 2,04                  | 5,33                  | 2,53                  | 6,44                  | 3,90                | 2,19                  | 2,73                  |
| (8) Прочая минеральная продукция       | 5,67                | 3,40                  | 4,50                  | 4,92                  | 2,44                  | 2,55                  | 6,06                | 3,49                  | 2,54                  |
| (9) Metallургия                        | 4,26                | 3,02                  | 2,17                  | 4,24                  | 2,88                  | 2,55                  | 6,41                | 4,18                  | 2,04                  |
| (10) Электрооборудование               | 4,53                | 2,54                  | 2,62                  | 6,26                  | 3,79                  | 2,36                  | 6,84                | 3,87                  | 1,75                  |
| (11) Машины и оборудование             | 7,28                | 3,84                  | 2,70                  | 10,25                 | 6,96                  | 3,44                  | 11,57               | 7,05                  | 2,31                  |
| (12) Автотранспортные средства         | 3,38                | 2,51                  | 3,40                  | 7,79                  | 4,71                  | 2,02                  | 6,13                | 3,92                  | 1,29                  |
| (13) Прочие готовые изделия            | 17,38               | 4,82                  | 1,25                  | 6,70                  | 3,70                  | 1,35                  | 12,00               | 8,00                  | 2,86                  |

По результатам аналитической оценки сформирована матрица классификации российских промышленных систем в контексте становления технологического

суверенитета (таблица 5.6). На начальной (до 2014 года) и активной (2014–2021 годы) стадиях можно утверждать о превалировании эффективных промышленных систем, на этапе реактивной стадии (с 2022 года) выявлено преобладание неэффективных промышленных систем. Лишь 4 вида деятельности в том или ином аспекте можно признать эффективными: пищевая промышленность (2), фармацевтика (6), производство резины и пластмассы (7), а также производство прочей минеральной продукции (8).

Таблица 5.6 – Матрица идентификации промышленных систем в контексте стадий становления технологического суверенитета (предложена автором)

| Стадии            | Категория эффективности | Сырье и материалы                                         | Машины и оборудование                                          | Запчасти                                                       |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Начальная стадия  | эффективные             | Все отрасли                                               | (1), (2), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13) | Все отрасли                                                    |
|                   | неэффективные           | -                                                         | (4)                                                            | -                                                              |
| Активная стадия   | эффективные             | (1), (2), (4), (5), (8), (9), (10), (11), (12), (13)      | (1), (3), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13)      | (1), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13) |
|                   | неэффективные           | (3), (6), (7)                                             | (2), (4)                                                       | (2)                                                            |
| Реактивная стадия | эффективные             | (2), (8)                                                  | (6), (7)                                                       | -                                                              |
|                   | неэффективные           | (1), (3), (4), (5), (6), (7), (9), (10), (11), (12), (13) | (1), (2), (3), (4), (5), (8), (9), (10), (11), (12), (13)      | Все отрасли                                                    |

В целях выявления тесноты связи между мерами по адаптации промышленных систем к новым условиям хозяйствования и традиционными показателями эффективности функционирования промышленных предприятий (индексами производства (ИП), рентабельностью продукции (РП) и фондоотдачей (ФО), а также удельным весом инновационных товаров и услуг (И)) произведен расчет коэффи-

циента корреляции. Предложенные показатели  $\mathcal{E}_{adapt}$  и  $\mathcal{E}_{локал}$  сопоставлены со значениями РП, ФО и ИП (таблица 5.7). Показатели рентабельности продукции, фондоотдачи и инновационной деятельности отобраны за 2021 год и позволяют обосновать процессы, направленные на обеспечение технологического суверенитета на этапе активного периода (2014-2021 годы); значения индексов производства – за 2022 год (относительно 2021 года), что обеспечивает возможность анализа процессов, протекающих с 2022 года (реактивная стадия становления технологического суверенитета). Выявлено, что более заметная связь между предложенными и традиционными показателями эффективности характерна для активного периода, менее заметная – для реактивной стадии. Это свидетельствует о том, что для реактивной стадии требуется расширенный подход к оценке эффективности промышленных систем, дополняющий систему традиционных показателей эффективности показателями импортозамещения и локализации производств за счет развития собственных технических возможностей.

Таблица 5.7 – Выявление связи между проектами технологического суверенитета и традиционными показателями эффективности промышленных систем (рассчитано автором)

| Период | Показатель                          | Сырье и материалы | Машины и оборудование | Запчасти |
|--------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------|
| 2021   | $r(\mathcal{E}_{adapt}; \text{РП})$ | -0,24             | 0,60                  | -0,22    |
| 2021   | $r(\mathcal{E}_{adapt}; \text{ФО})$ | 0,35              | 0,10                  | 0,54     |
| 2021   | $r(\mathcal{E}_{adapt}; \text{И})$  | -0,23             | 0,58                  | -0,26    |
| 2022   | $r(\mathcal{E}_{локал}; \text{ИП})$ | -0,08             | 0,23                  | 0,38     |

Далее освещены возможности применения предложенного интегрального индикатора устойчивого развития мезосистем в промышленности (ISDI). В рамках апробации методологии оценки эффективности управления промышленными системами предложена многокритериальная и вариативная типология инновационных мезосистем в промышленности России на основе дерева решений. В качестве зависимой переменной отобран уровень интегрального показателя устойчивого

развития (ISDI). В целях построения дерева классификации зависимая переменная ISDI отражена как категориальная, имеющая значения «высокий» или «низкий» уровень интегрального индикатора устойчивого развития инновационной мезосистемы:

$$\begin{aligned} &\text{«высокий»}, \text{ если } ISDI \geq 5, \\ &\text{«низкий»}, \text{ если } ISDI < 5. \end{aligned} \tag{5.2}$$

Дерево классификации построено в двух версиях. На первом этапе в качестве критериев классификации применены агрегированные факторы устойчивого развития, на втором этапе – частные показатели инновационных мезосистем. Такой дуальный подход позволяет комплексно подойти к выработке стратегических решений, обеспечивающих переход исследуемых объектов к технологической суверенизации.

В первой версии категориальными независимыми переменными приняты рассчитанные по авторской методике факторы устойчивого развития – экономический, социальный, экологический (рисунок 5.4). Из четырех альтернативных вариантов выбрано дерево с наименьшей ценой кросс-проверки, равной 0,12, имеющее 5 терминальных вершин (красные блоки), 4 решающие вершины (синие блоки) и 9 узлов (ID). Терминальные вершины предполагают отсутствие дальнейшего принятия решений, что и было взято в качестве итогового варианта классификации мезосистем в данной версии. Каждый узел характеризуется количеством охваченных инновационных мезосистем. Оценка значимости входных независимых переменных, вычисленной в программе Statistica, позволяет резюмировать наибольшую значимость экономического фактора при классификации наблюдений (значимость равна 1), и меньшую значимость экологического (значимость равна 0,9) и социального (значимость равна 0,57) факторов устойчивого развития инновационных мезосистем.

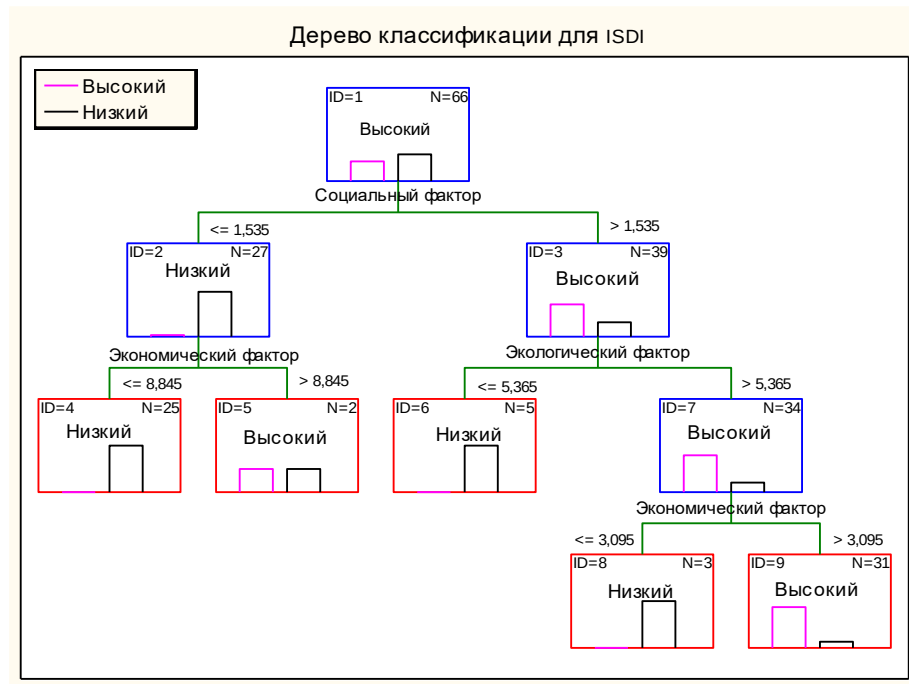


Рисунок 5.4 – Дерево классификации для выявления закономерностей развития инновационных мезопромышленных систем (на основе факторов устойчивого развития) [402]

Алгоритм и правила сегментации в математическом выражении для наблюдений  $t$  имеет вид (5.3):

$$\begin{aligned}
 t_{ID=2} &= \{X_i \in t: I_{\text{соц}} \leq 1,535\}, \\
 t_{ID=3} &= \{X_i \in t: I_{\text{соц}} > 1,535\}, \\
 t_{ID=4} &= \{X_i \in t: I_{\text{экон}} \leq 8,845\}, \\
 t_{ID=5} &= \{X_i \in t: I_{\text{экон}} > 8,845\}, \\
 t_{ID=6} &= \{X_i \in t: I_{\text{экол}} \leq 5,365\}, \\
 t_{ID=7} &= \{X_i \in t: I_{\text{экол}} > 5,365\}, \\
 t_{ID=8} &= \{X_i \in t: I_{\text{экон}} \leq 3,095\}, \\
 t_{ID=9} &= \{X_i \in t: I_{\text{экон}} > 3,095\}.
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

Корень дерева (ID=1) отражает преобладание мезосистем с высоким уровнем интегрального индикатора устойчивого развития. В результате первой итерации 66 исследуемых мезосистем классифицированы по уровню социального фактора

устойчивого развития на 2 класса – ниже и выше 1,535 соответственно; 59% мезосистем (39 регионов) имеют относительно высокий уровень социального развития инновационной системы. В основе устойчивого развития и ESG-инициативы лежит принцип экологичности, и, согласно узлу ID=7, промышленность более половины мезосистем активно развивается в экологической плоскости (34 региона). Наиболее важный предиктор – экономический фактор – способствовал дифференциации инновационных мезосистем:

- категория F-1 (3 мезосистемы: Краснодарский край, Самарская область и Приморский край) – относительно низкий уровень устойчивого развития, экологический уклон развития промышленности, высокое влияние социального фактора, но невысокое экономическое развитие –  $I_{econ} \leq 3,095$  (ID=8);

- категория F-2 (31 мезосистема: Москва и Московская область, Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Республика Башкортостан, Новосибирская область и др.) – относительно высокий уровень устойчивого развития, экологизация промышленности, высокое влияние социального фактора, умеренное экономическое развитие –  $I_{econ} > 3,095$  (ID=9);

- категория F-3 (25 мезосистем: Брянская область, Архангельская область, Калининградская область и др.) – относительно низкий уровень устойчивого развития, преимущественно слабая экологизация промышленности, низкое влияние социального фактора, заметное экономическое развитие –  $I_{econ} \leq 8,845$  (ID=4);

- категория F-4 (2 мезосистемы: Республика Хакасия и Липецкая область) – относительно высокий уровень устойчивого развития, экологизация промышленности, низкое влияние социального фактора, высокое экономическое развитие –  $I_{econ} \geq 8,845$  (ID=5);

- категория F-5 (5 мезосистем: Владимирская область, Ярославская область, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пензенская область) – относительно низкий уровень устойчивого развития, слабый акцент на экологизации промышленности, высокое влияние социального фактора, заметное экономическое развитие –  $I_{econ} \leq 8,845$  (ID=6).



Во второй версии дерева классификации в массив независимых переменных были включены частные показатели развития инновационных мезосистем, в наибольшей степени коррелирующие с зависимой переменной ISDI (рисунок 5.5).

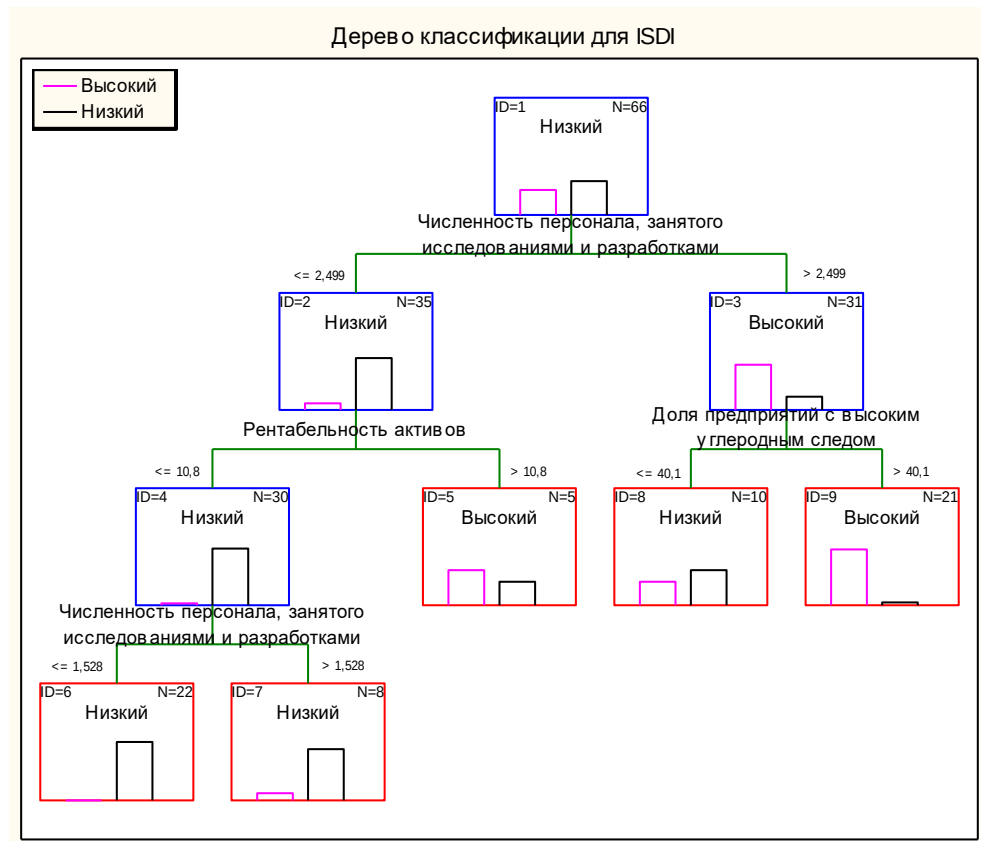


Рисунок 5.5 – Дерево классификации для выявления закономерностей устойчивого развития инновационных мезопромышленных систем (на основе частных показатели развития мезосистем) [402]

В данном случае ключевым критерием классификации выступает социальный фактор, а именно – численность исследователей инновационной мезосистемы (значимость предиктора равна 1), далее следуют рентабельность активов (значимость составила 0,93) и доля предприятий обрабатывающей промышленности с высоким углеродным следом (значимость – 0,87). Данное дерево характеризуется аналогичным числом узлов.

Алгоритм сегментации для наблюдений  $t$  имеет вид (5.4):

$$\begin{aligned}
t_{ID=2} &= \{X_i \in t: N_{InPers} \leq 2,499\}, \\
t_{ID=3} &= \{X_i \in t: N_{InPers} > 2,499\}, \\
t_{ID=4} &= \{X_i \in t: V_{ROA} \leq 10,8\}, \\
t_{ID=5} &= \{X_i \in t: V_{ROA} > 10,8\}, \\
t_{ID=6} &= \{X_i \in t: N_{InPers} \leq 1,528\}, \\
t_{ID=7} &= \{X_i \in t: N_{InPers} > 1,528\}, \\
t_{ID=8} &= \{X_i \in t: V_{ent} \leq 40,1\}, \\
t_{ID=9} &= \{X_i \in t: V_{ent} > 40,1\}.
\end{aligned} \tag{5.4}$$

На первом шаге 66 мезосистем классифицированы по численности персонала, занятого исследованиями и разработками; на втором шаге в зависимости от масштабов численности наблюдаемые объекты подразделяются на группы с высокой и умеренной рентабельностью активов или на группы с высокой и умеренной долей предприятий, наиболее интенсивно загрязняющих окружающую среду. Согласно полученному дереву решений существует 5 типов инновационных мезосистем российской промышленности:

- категория V-1 (22 мезосистемы) – относительно низкий уровень устойчивого развития, умеренная рентабельность активов ( $V_{ROA} \leq 10,8\%$ ), численность исследователей –  $V_{InPers} \leq 1,528$  тыс. чел. (ID=6);
- категория V-2 (8 мезосистем) – относительно низкий уровень устойчивого развития, умеренная рентабельность активов ( $V_{ROA} \leq 10,8\%$ ), численность исследователей –  $1,528 < V_{InPers} \leq 2,499$  тыс. чел. (ID=7);
- категория V-3 (5 мезосистем) – относительно высокий уровень устойчивого развития, высокая рентабельность активов ( $V_{ROA} > 10,8\%$ ), численность исследователей  $V_{InPers} \leq 2,499$  тыс. чел. (ID=5);
- категория V-4 (10 мезосистем) – относительно низкий уровень устойчивого развития, умеренное загрязнение окружающей среды обрабатывающими производствами ( $V_{ent} \leq 40,1\%$ ), численность исследователей  $V_{InPers} > 2,499$  тыс. чел. (ID=8);

– категория V-5 (21 мезосистема) – относительно высокий уровень устойчивого развития, интенсивное загрязнение окружающей среды обрабатывающими производствами ( $V_{ent} > 40,1\%$ ), численность исследователей  $V_{InPers} > 2,499$  тыс. чел. (ID=9).

На основе выявленной типологизации предложен дифференцированный комплекс мероприятий. Для мезопромышленных систем класса:

– F-3 и F-4 рекомендуется акцентировать внимание на социальном развитии, разработать программы по повышению привлекательности промышленности для трудоспособного населения, в том числе для исследователей;

– F-5, V-1, V-3 и V-5 – усилить мероприятия по экологизации промышленности, мотивировать и поддерживать инициативы в области экологических инноваций;

– F-1 и V-2 – модернизировать основные фонды в соответствии с требованиями Индустрии 4.0, Индустрии 5.0, а также политикой импортозамещения;

– F-2 и V-4 – поддерживать и развивать достигнутое сбалансированное устойчивое развитие промышленных мезосистем.

Результатом развития теоретико-методических подходов является комплексная методология оценки эффективности промышленных систем, охватывающая 6 наиболее значимых этапов мониторинга управления ресурсами, процессом импортозамещения, а также немаловажными процессами развития низкоуглеродной экономики (рисунок 5.6).

В связи с отмеченным следует подчеркнуть интегративный характер разработанной методологии, которая сфокусирована на необходимости кооперации между акторами экономической системы, сбалансированном пространственном развитии России. Представленное решение отличается структурированным агрегированием авторских методических подходов к оценке эффективности промышленных систем разного уровня, стоящих перед масштабной задачей реструктуризации производственных систем и цепочек поставок.

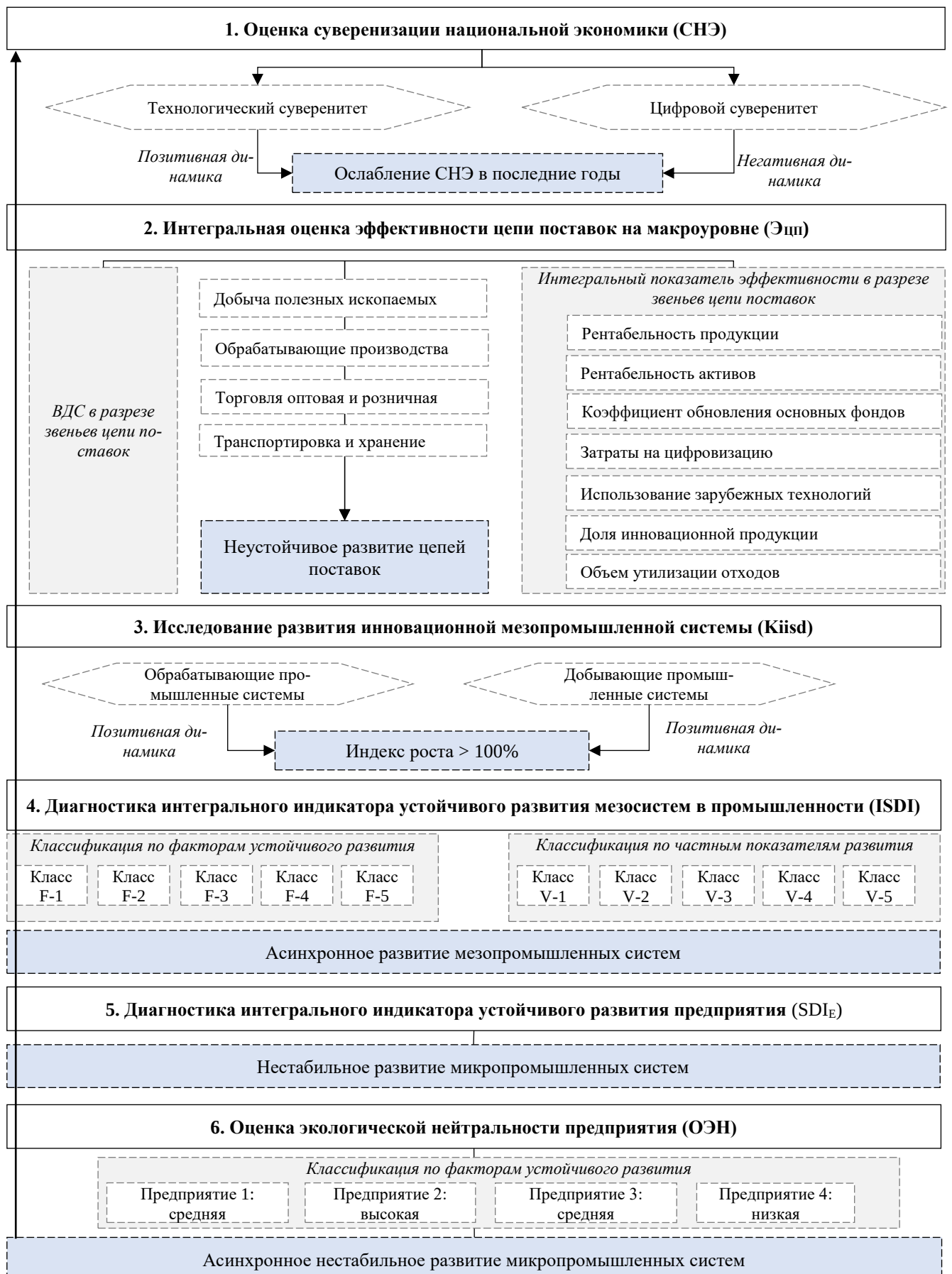


Рисунок 5.6 – Комплексный инструментарий оценки эффективности промышленных систем (построено автором)

Предложенная методология позволяет последовательно выявить актуальные проблемы развития промышленности в России, наиболее уязвимые подсистемы и процессы на каждом уровне управления, оптимизировать управление ресурсами, а в совокупном масштабе обеспечить развитие технологического суверенитета страны через сбалансированное регулирование, стимулирование и поддержку. Базовым вопросом, требующим эффективного решения и урегулирования, является финансовое обеспечение технологической революции.

Кроме того, единая интегрированная цифровая платформа способна автоматизировать сквозной мониторинг и диагностику эффективности промышленных систем. Шагом на пути к формированию такой платформы являются обозначенные ранее и разработанные нами программы для ЭВМ: «Модель оценки экологической нейтральности жизненного цикла нефтехимического производства», «Модель определения потенциала цифровизации нефтехимической отрасли» и «Диагностика импортнезависимости промышленного предприятия» [71, 307, 311].

#### 5.4 Апробация научного подхода на примере когнитивных технологий

В параграфе 2.3 был представлен авторский подход к измерению эффективности управления когнитивными технологиями, формула (2.1). Оценка отдельных составляющих авторской методики приложена ниже.

1. Анализ затрат на управление цифровыми технологиями. Оцениваются совокупные внутренние и внешние затраты промышленных предприятий на создание, распространение и использование цифровых технологий. В 2021 году наблюдается прирост суммарного показателя по всем выделенным секторам промышленности, за исключением водоснабжения, где затраты на цифровизацию сократились на 30% (рисунок 5.7). Во всех четырех случаях преобладают собственные источники финансирования.



Рисунок 5.7 – Затраты промышленных систем на цифровые технологии, млрд руб.  
(построено по данным НИУ ВШЭ [133])

Наибольшую величину затрат демонстрирует обрабатывающий сектор, по которой отмечается четырехкратное превышение относительно обрабатывающего сектора экономики. Часть затрат приходится на приобретение и доработку программного обеспечения, часть – на аренду программного обеспечения.

Интерес представляет динамика импортозамещения в сфере цифровизации промышленных предприятий. Оценен показатель доли затрат промышленных систем на российское программное обеспечение (ПО) в общем объеме затрат отраслевых предприятий на приобретение и аренду ПО. Согласно исследованиям НИУ ВШЭ, по итогам 2021 года положительная динамика отмечается в целом в российской экономике (с 31,8% в 2020 году до 33,8% в 2021 году) и по предприятиям обрабатывающей промышленности (на 8,4 процентных пункта) (рисунок 5.8). Определенное снижение показателя наблюдается по предприятиям добывающего, энергетического сектора и сектора водоснабжения. Пунктирной линией на графике обозначен российский уровень импортозамещения в 2021 году, который составил 33,8%.

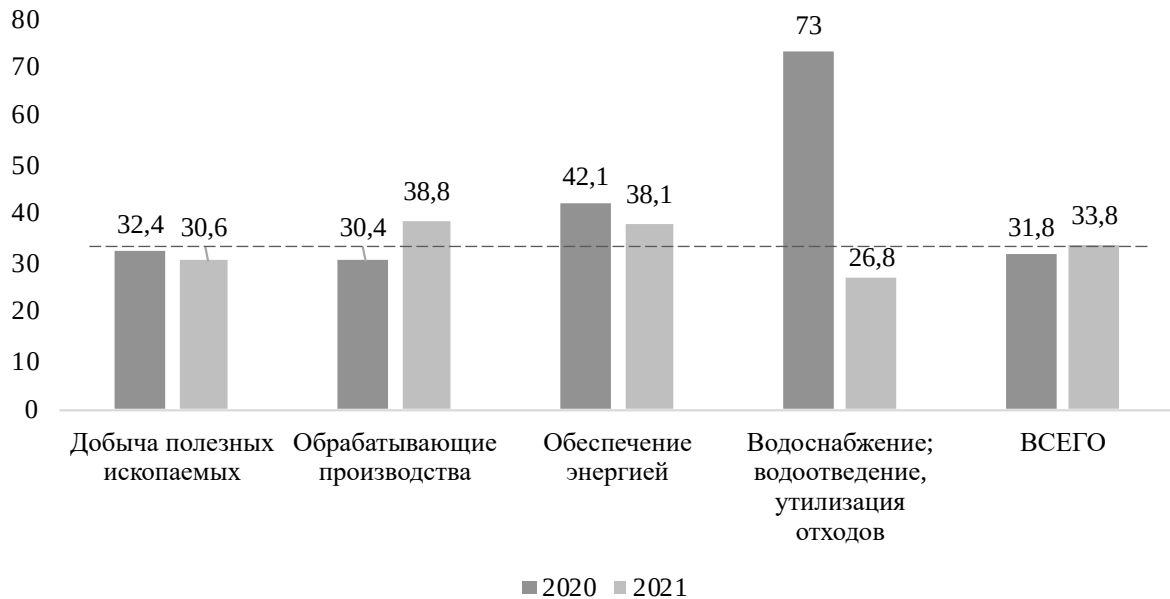


Рисунок 5.8 – Доля затрат промышленных систем на российское ПО в общем объеме затрат на приобретение и аренду ПО, % (построено по данным НИУ ВШЭ [133])

Предельного уровня импортозамещения в цифровых технологиях не обозначено. На сегодня разработаны различные отраслевые программы импортозамещения: в автомобильной, радиоэлектронной, пищевой, легкой и других секторах промышленности [217], но не установлены целевые ориентиры для информационно-коммуникационных решений. По результатам рейтинга разработчиков и поставщиков российских программных решений в 2021 году показатели импортозамещения колеблются от 0,03% до 100%. Верхние позиции рейтинга со 100% долей отечественных решений в общей выручке заняли 38 компаний, в частности, VI.Zone (г. Москва), БАРС Групп (г. Москва), Парус (г. Москва), Новые облачные технологии (Иннополис) и др. [246].

Если судить об информационных системах управления бизнес-процессами организаций (в целом в российской экономике), то здесь отмечается высокая доля таких программных продуктов российского производства, как системы электронного документооборота (47% организаций), программ, обеспечивающих информационную безопасность (28%) и в целях управления закупками (20,8%) (рисунок 5.9).

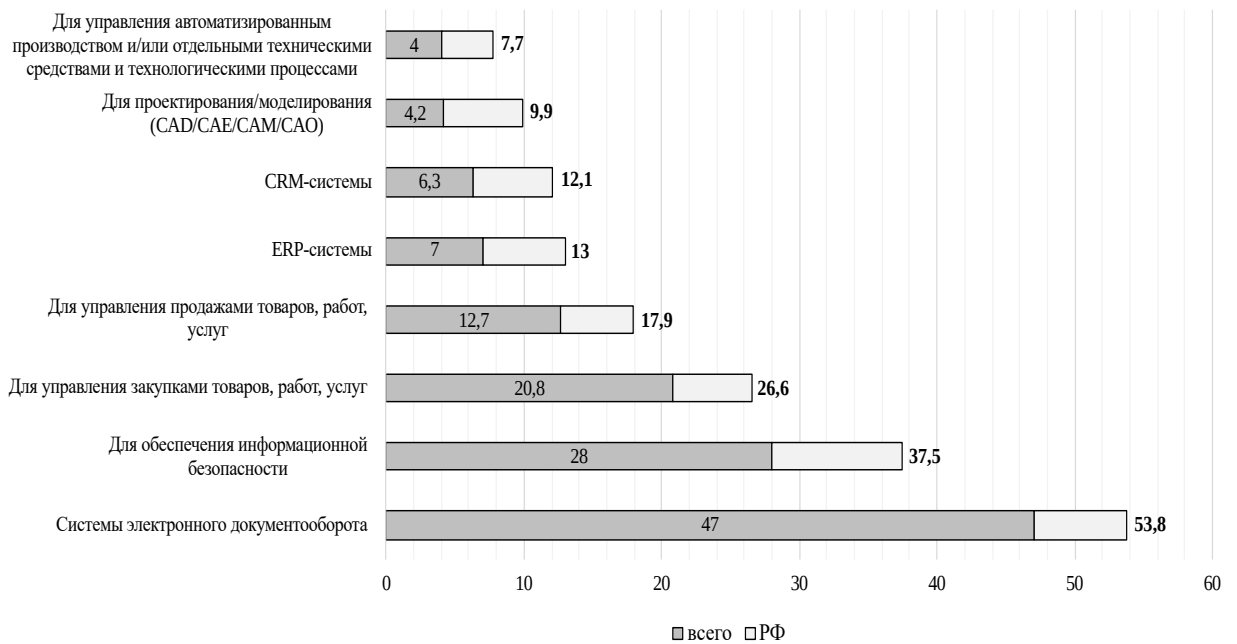


Рисунок 5.9 – Использование программных продуктов всего и российского производства, % организаций (построено по данным НИУ ВШЭ [133])

2. В рамках диагностики когнитивных технологий охвачены искусственный интеллект, промышленные роботы, цифровые двойники – данные технологии объединяет искусственное сознание, интеллектуальный базис обработки данных и принятия решений, тем самым заменяя низкоэффективный традиционный управленческий подход. «Познавательные» технологии обеспечивают возможность обработки больших массивов неструктурированных данных в короткие сроки в онлайн-режиме. Именно когнитивные технологии способны радикально модернизировать производства и повысить эффективность всех стадий производственной цепочки. Сопоставительный анализ активности организаций в сфере освоения когнитивных технологий позволяет резюмировать определенное сдерживание темпов их внедрения. Если облачные сервисы используются в 27,1% организаций страны, то технологии искусственного интеллекта – в 5,7% организаций (рисунок 5.10).





Рисунок 5.10 – Использование цифровых технологий в организациях, % организаций (построено по данным НИУ ВШЭ [133])

В части внедрения когнитивных технологий относительно большую активность демонстрируют обрабатывающие производства (рисунок 5.11). Непосредственно искусственный интеллект применялся в 3,9% организаций в 2021 году, что выше показателя добывающей промышленности, но ниже общероссийского уровня (5,7% организаций внедрили технологии искусственного интеллекта в своей деятельности). В большей степени на предприятиях обрабатывающего сектора экономики используются промышленные роботы – их внедрили 19% отраслевых предприятий. Кроме того, показатель существенно выше уровня использования других видов когнитивных технологий (в 2020 году значение показателя также было высоким и составило 17,2%). В части использования технологии «цифровой двойник» обрабатывающий сектор не только опережает другие промышленные сферы, но и общероссийский уровень: технология внедрена в 3,8% организаций отрасли. Второе место по внедрению технологий искусственного интеллекта занимают энергообеспечивающие промышленные системы – 3,7% организаций применяют данный инструмент.

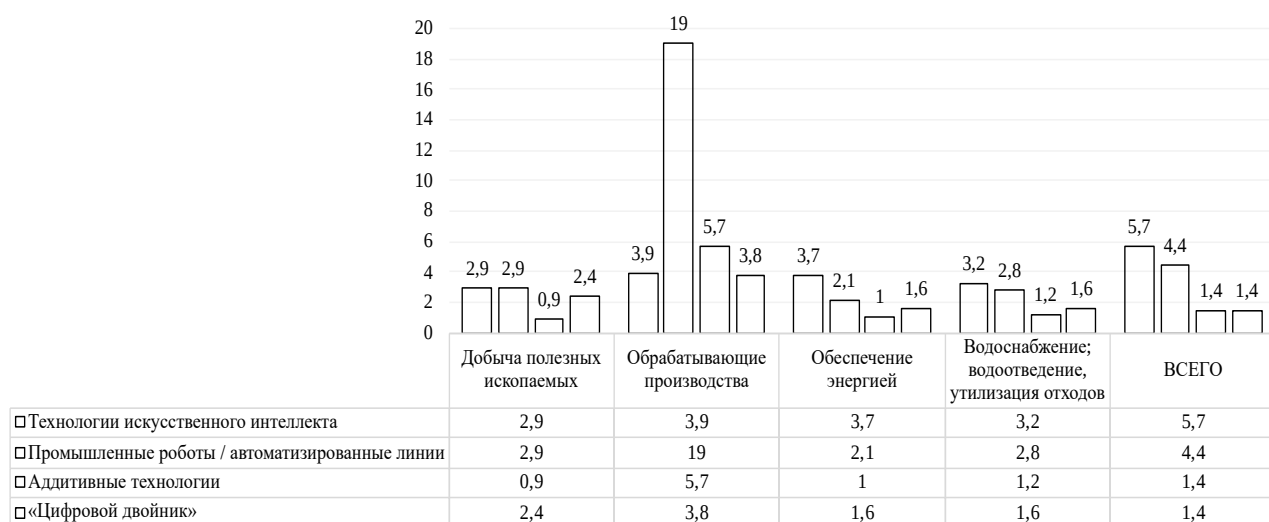


Рисунок 5.11 – Использование когнитивных технологий в промышленных системах в 2021 году, % организаций (построено по данным НИУ ВШЭ [133])

3. Опираясь на предложенную нами формулу (2.1), рассчитаем эффективность управления когнитивными технологиями в промышленных системах. Показатель оценим в разрезе трех технологий – искусственного интеллекта, промышленных роботов и «цифрового двойника».

Измерение эффективности внедрения технологий искусственного интеллекта позволяет резюмировать большую эффективность в добывающих промышленных системах в 2021 году (рисунок 5.12). Здесь наблюдается более высокий индекс роста и более высокое значение показателя – в 2021 году уровень показателя составил 8,5 млрд руб. Более равномерную динамику демонстрируют обрабатывающие промышленные системы и энергообеспечивающие. Двукратный прирост наблюдается по предприятиям, занятым в сфере водоснабжения.

Выявленные закономерности отличаются от тенденций вложений промышленных систем в цифровые технологии, в частности, когнитивные. Так, несмотря на относительно высокую цифровую активность предприятия обрабатывающего сектора экономики уступают добывающему сектору по показателям эффективности.

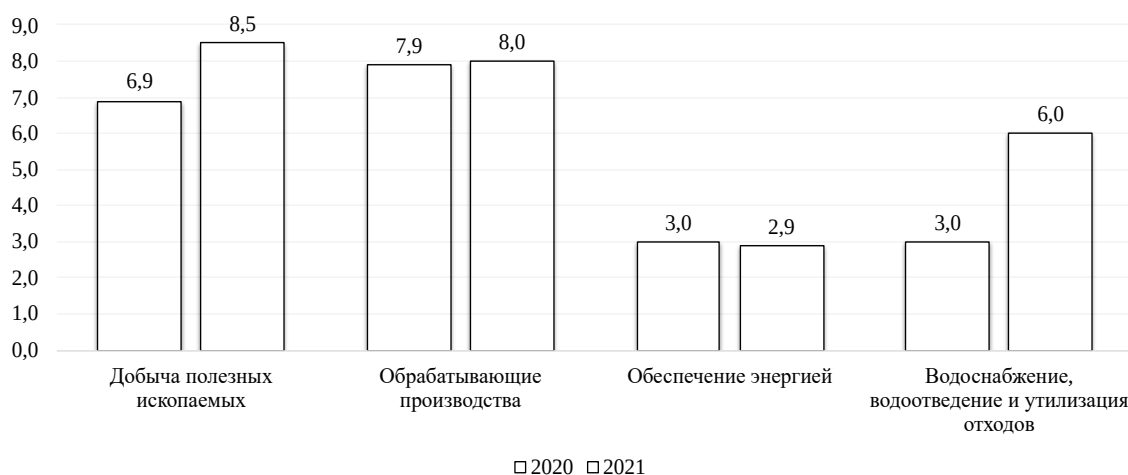


Рисунок 5.12 – Эффективность управления технологиями искусственного интеллекта в промышленных системах, млрд руб. (рассчитано автором)

Иные закономерности эффективности управления когнитивными технологиями наблюдаются в части разработки и внедрения промышленных роботов (рисунок 5.13). В данном случае существенный отрыв показателя демонстрируют предприятия обрабатывающего сектора экономики, низкие значения – энергообеспечивающие промышленные системы.

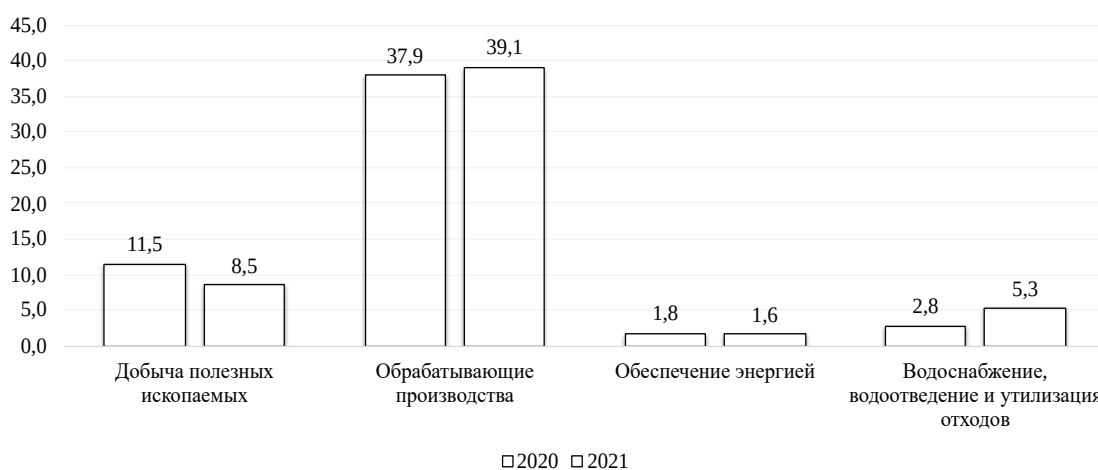


Рисунок 5.13 – Эффективность управления промышленными роботами в промышленных системах, млрд руб. (рассчитано автором)

Наиболее низкие показатели эффективности выявлены по технологиям «цифровой двойник» (рисунок 5.14). Но в то же время, относительно лучшие показатели вновь наблюдаются в обрабатывающих промышленных системах.

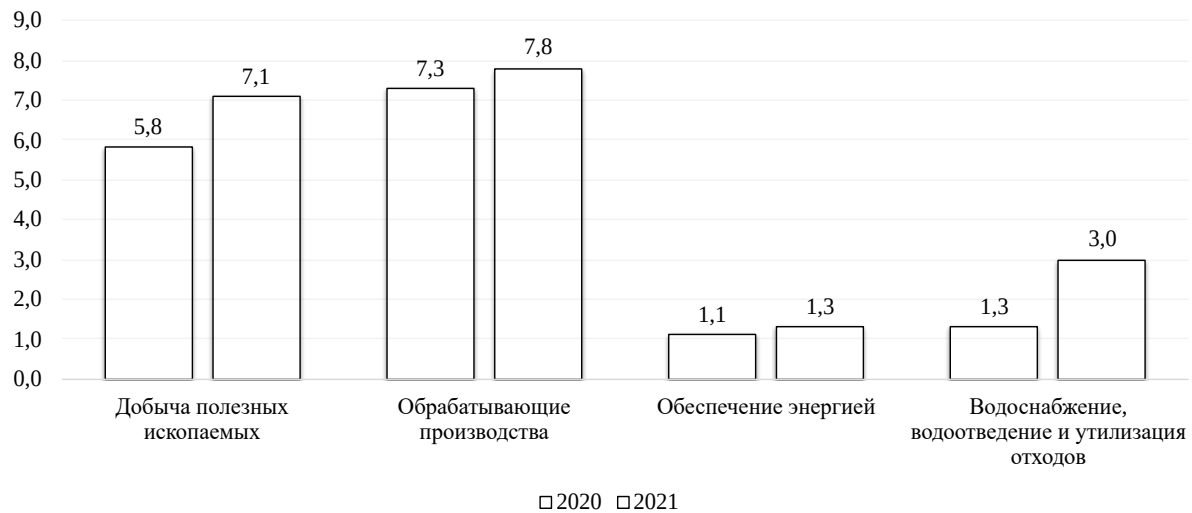


Рисунок 5.14 – Эффективность управления технологиями «цифровой двойник» в промышленных системах, млрд руб. (рассчитано автором)

Таким образом, закономерности освоения когнитивных технологий в разнородных промышленных системах значительно отличаются. С одной стороны, обрабатывающие производства более активны в данном контексте развития, но не во всех случаях превосходят остальные промышленные системы по показателям эффективности. Предложенный методический подход позволяет выявить тенденции и перспективные направления инвестирования в рамках укрепления технологического суверенитета.

### 5.5 Апробация методики оценки эффективности на уровне цепей поставок промышленной продукции

В параграфе 3.5 настоящего исследования была изложена авторская разработка, позволяющая оценить эффективность цепи поставок в масштабах национальной экономики, основанная на допущении кооперации четырех звеньев – добывающей промышленной системы (звено снабжения), обрабатывающей промышленной системы (звено трансформации исходного сырья в готовый продукт), си-

системы распределения произведенной продукции и вовлечения услуг транспортировки и хранения на всех стадиях движения материального потока. Основным аргумент в пользу данного допущения заключается во включении в методику показателя валовой добавленной стоимости, которая отражает эффективность каждого вида экономической деятельности в контексте развития национальной экономики. Данный показатель предложено учесть в качестве весового коэффициента при интегрированной оценке всех звеньев цепи поставок макроуровня.

Основываясь на алгоритме предложенного методического решения (параграф 3.5 настоящего исследования), систематизированы данные об экономических показателях эффективности функционирования каждого звена в 2021 году; состоянии производственных мощностей, определяющих производительность каждой системы; цифровой активности организаций соответствующего звена; импортозамещения в части технологий; инновационной активности (которая не наблюдается в системе распределения); обращения с отходами (не выявлено в системе распределения и логистического сервиса). Массив данных за 2021 год отражен в таблице 5.8. По результатам расчетов за 2021 год сформулированы следующие выводы:

- наиболее высокую эффективность демонстрирует звено обрабатывающих производств (коэффициент составил 2,8), что обусловлено не столько соответствующими уровнями валовой добавленной стоимости, сколько высокой активностью отраслевых предприятий в области цифровизации и инновационной деятельности; наименьшую эффективность показала сфера логистического сервиса (1,4);
- интегральный индикатор по итогам 2021 года составил 1,081.

Таблица 5.8 – Апробации методики оценки эффективности цепи поставок по данным 2021 г. (систематизировано автором по данным Росстата [277])

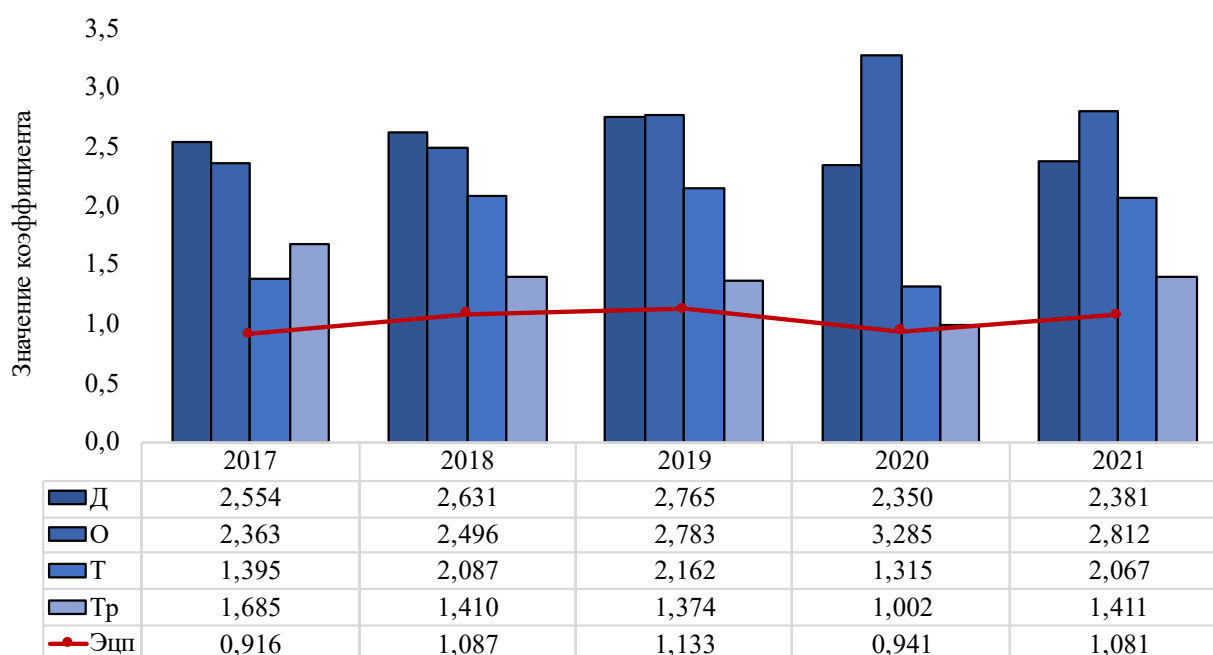
| Показатель                                                                             | Добыча полезных ископаемых | Обрабатывающие производства | Торговля оптовая и розничная | Транспортировка и хранение |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Верхний уровень. Интегральная оценка эффективности цепи поставок на макроуровне</i> |                            |                             |                              |                            |
| Весовой коэффициент – ВДС <sub>i</sub>                                                 |                            |                             |                              |                            |
| Валовая добавленная стоимость, %                                                       | 13                         | 15,2                        | 12,5                         | 6,1                        |

Продолжение таблицы 5.8

| Показатель                                                                                           | Добыча полезных ископаемых | Обрабатывающие производства | Торговля оптовая и розничная | Транспортировка и хранение |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Второй уровень. Расчет интегрального показателя эффективности в разрезе звеньев цепи поставок</i> |                            |                             |                              |                            |
|                                                                                                      | Э <sub>1</sub>             | Э <sub>2</sub>              | Э <sub>3</sub>               | Э <sub>4</sub>             |
| Эффективность, коэффициент                                                                           | 2,381                      | 2,812                       | 2,067                        | 1,411                      |
| <i>Третий уровень. Систематизация данных в разрезе показателей и звеньев цепи поставок</i>           |                            |                             |                              |                            |
| 1. Рентабельность продукции, %                                                                       | 35,5                       | 16,2                        | 7,8                          | 7                          |
| 2. Рентабельность активов, %                                                                         | 18,9                       | 10,8                        | 11,8                         | 3,7                        |
| 3. Коэффициент обновления основных фондов                                                            | 5,2                        | 5,4                         | 7,4                          | 2,6                        |
| 4. Затраты на цифровизацию, млрд руб.                                                                | 80,1                       | 306,3                       | 299,6                        | 192,3                      |
| 5. Использование зарубежных технологий                                                               | 0,04                       | 0,24                        | 0,31                         | 0,47                       |
| 6. Доля инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции, %                              | 3,6                        | 7,1                         | -                            | 0,7                        |
| 7. Объем утилизированных и обезвреженных отходов производства и потребления, млрд т                  | 3,51                       | 0,25                        | -                            | -                          |
| Эффективность цепи поставок, коэффициент                                                             | 1,081                      |                             |                              |                            |

Модель также апробирована во временном разрезе (рисунок 5.15). В целом можно утверждать о положительной динамике тренда: интегральный показатель эффективности цепи поставок демонстрирует рост за 5-летний период – на 0,165 пункта. Также рост отмечается в сфере обрабатывающих производств и системы распределения, за исключением сферы добычи полезных ископаемых и транспор-

тировки и хранения. В обоих случаях падение показателя детерминировано повышением импортозависимости. Последний тезис коррелирует с повышением зависимости экономики от импорта машин и оборудования – в 2017 году соотношение экспорта и импорта по данной товарной группе составляло 0,26, в 2021 снизилось до 0,22 [277].



Д – добыча полезных ископаемых, О – обрабатывающие производства, Т – торговля оптовая и розничная, Тр – транспортировка и хранение

Рисунок 5.15 – Апробация методики оценки эффективности промышленных систем с позиции цепей поставок (рассчитано и построено автором)

В дополнение к исследованию цепи поставок оценены отдельные бизнес-процессы в логистической системе промышленных предприятий. Проведен сравнительный анализ деятельности нефтехимических предприятий Республики Татарстан – ПАО «Нижнекамскнефтехим» (ПАО «НКНХ») и АО «Нижнекамский завод технического углерода» (АО «НКТУ»), который позволяет оценить эффективность ключевых бизнес-процессов каждого предприятия (рисунок 5.16). Методический

базис исследования охватывает ряд индикаторов, систематизированных в параграфе 3.5 настоящего исследования. Показатели рассчитаны по данным официальной отчетности предприятий.

Относительно сильные позиции ПАО «Нижекамскнефтехим» демонстрирует в части управления дебиторской и кредиторской задолженностью, что обусловлено высокой платежной дисциплиной и рациональным построением взаимоотношений с контрагентами, несмотря на более широкую сеть поставок и распределения произведенной продукции. По остальным индикаторам относительное преимущество наблюдается за другим нефтехимическим предприятием – АО «Нижекамский завод технического углерода». Это более эффективное управление основными средствами, запасами сырья и материалов, приростом объема реализации произведенной продукции, а также более высокое (но менее стабильное) значение логистической рентабельности.

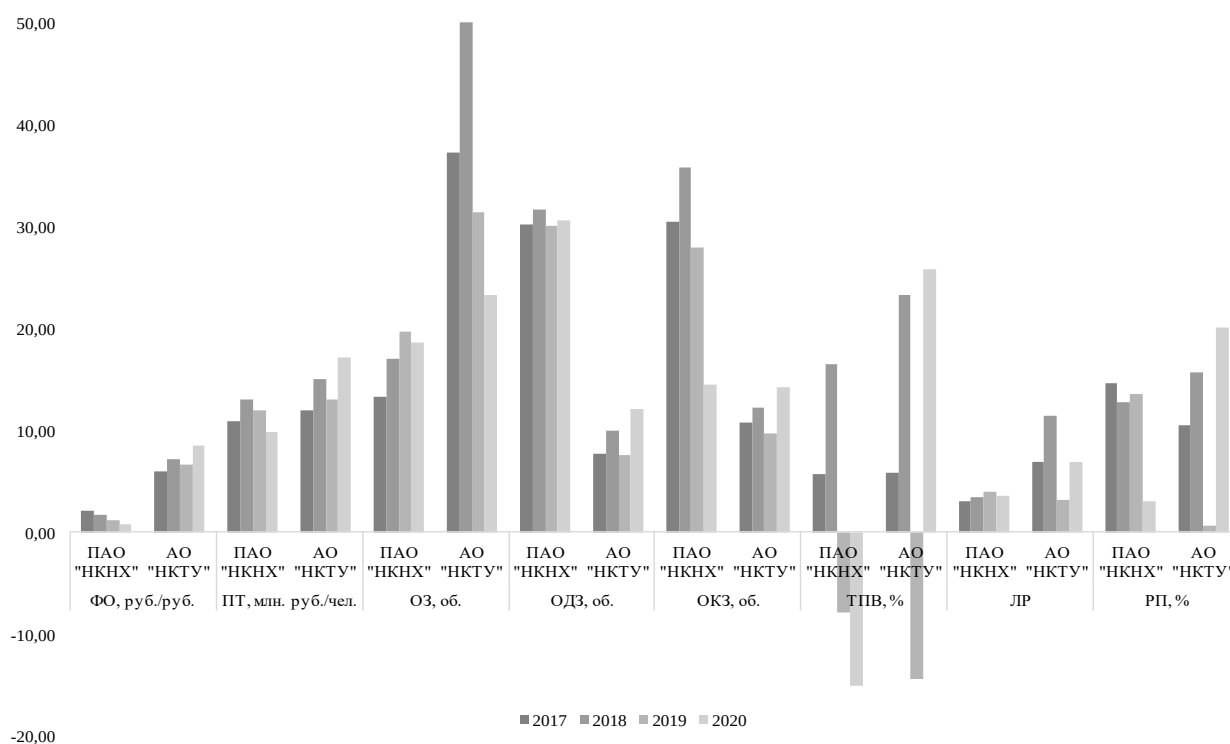


Рисунок 5.16 – Сравнительная динамика общих показателей эффективности нефтехимических предприятий (рассчитано автором по данным официальной отчетности предприятий) [67]



Особое внимание следует обратить на кризисный 2020 год, характеризующийся инфраструктурными проблемами в функционировании цепей поставок, задержками поставок сырья и материалов – с одной стороны, готовой продукции – с другой. Тем не менее предприятию АО «Нижекамский завод технического углерода» за кризисный период удалось придерживаться позитивной динамики в реализации готовой продукции (порядка 80% выручки составляет реализация технического углерода [288]) и услуг. Кроме того, по итогам сложного для бизнеса 2020 года данное предприятие показало устойчивость к кризисным явлениям – рентабельность продаж составила 20,05%. Соответствующий показатель деятельности ПАО «Нижекамскнефтехим» сократился до 3%.

Предложенная методика апробирована на примере нефтехимических предприятий Республики Татарстан (рисунок 5.17). Итоговый балл по бизнес-процессам рассчитан по формуле (3.29), интервал значений комплексных индикаторов не ограничен, то есть предлагаемая методика применима для сравнительной оценки бизнес-процессов (в динамике или в разрезе предприятий), что целесообразно рассматривать как основу для бенчмаркинговых исследований.

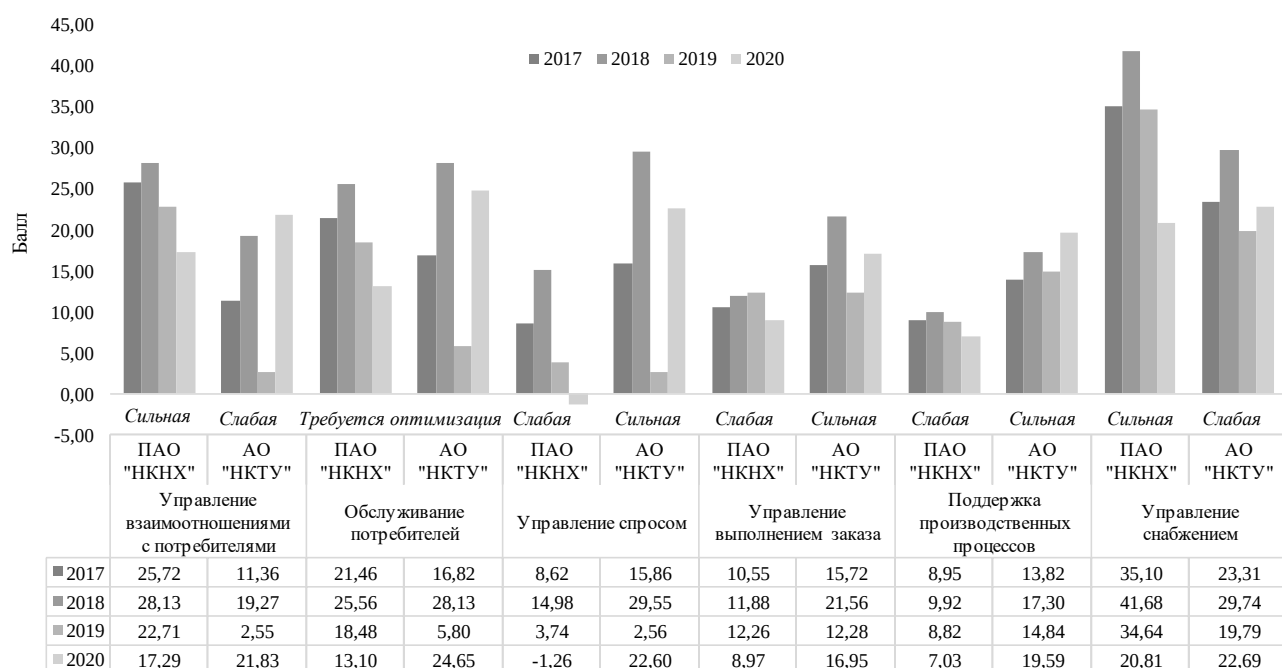


Рисунок 5.18 – Сравнительная динамика эффективности основных бизнес-процессов нефтехимических предприятий (рассчитано в соответствии с авторской методикой) [67]

Таким образом, результаты сравнительной оценки бизнес-процессов двух нефтехимических предприятий Республики Татарстан позволяют выявить направления оптимизации их деятельности. Бизнес-процессы расположены в порядке, соответствующем принципу «тянущей» системы управления информационными потоками – от заказа потребителя до организации закупок, а также по принципам блокчейна, предполагающего интеграцию данных о транзакциях предприятия и управлении его активами в единой информационной среде.

Сопоставление балльных значений по двум предприятиям демонстрирует сильные позиции ПАО «Нижнекамскнефтехим» в части взаимодействия с поставщиками и потребителями (что также было отмечено по результатам диагностики общих показателей деятельности предприятий). Данные функциональные области можно считать «сильными» для предприятия. Соответственно, требуют оптимизации прочие сферы управления, а также актуальной является проблема модернизации производственных процессов с целью повышения производительности труда и эффективности управления основными средствами. «Сильными» сторонами АО «Нижнекамский завод технического углерода», напротив, являются управление спросом, выполнением заказа, поддержка производства, по которым выявлены относительно высокие значения комплексного индикатора. Исходя из вышесказанного, выявлены и на рисунке 5.17 обозначены ограничения («сильные» и «слабые» места) в управлении основными бизнес-процессами исследуемых нефтехимических производств.

Научная новизна полученных результатов заключается в развитии методического подхода к диагностике процессов промышленного предприятия, отличающегося гибкостью в настройке параметров функции и простотой расчета на основе официальной отчетности предприятия, что позволяет автоматизировать процесс расчета комплексного индикатора при формировании данной документации (ежемесячно, ежеквартально, ежегодно). Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности применения методики в целях поддержания высокого уровня показателей деятельности предприятий, сокращения времени выполнения заказа и повышения качества реализуемых товаров и услуг.

## Выводы по главе 5.

1) На уровне технологических платформ предложена и апробирована авторская методика оценки деятельности российских технологических платформ, компенсирующая несовершенство действующей методики и заключающаяся в присвоении весовых коэффициентов оцениваемым показателям. Факторный анализ позволил выявить и оценить 3 значимых фактора функционирования технологических платформ – кооперация участников, структурная компонента и компонента, отражающая открытость стратегических целей и задач платформы.

2) На примере химической и нефтехимической макротехнологии апробирован такой элемент авторского инструментария, как оценка экологической нейтральности промышленных систем. Мероприятия в области импортозамещения, укрепления технологического суверенитета, цифровизации, инвестирования в основной капитал способны повысить эффективность промышленных химических и нефтехимических систем не только в части экологического аспекта, но и общей производительности, качества, уровня технологичности выпускаемой продукции. Апробация методики выявления степени экологической нейтральности макротехнологии подтверждает асинхронность развития промышленных систем и повышения эффективности управления ресурсами.

3) На основе апробации авторского инструментария и полученных результатов исследования предложен комплексный инструментарий оценки эффективности промышленных систем, отражающий «сильные» и «слабые» стороны развития промышленности в России на разных уровнях управления, служащий фундаментом для выработки корректирующих мер по всестороннему и многоуровневому управлению развитием технологического суверенитета.

4) Апробация авторского подхода к оценке эффективности когнитивного управления промышленными системами способствовала выявлению закономерностей освоения когнитивных технологий в разнородных промышленных системах: наиболее эффективно развивается направление внедрения промышленных роботов (более эффективно – в обрабатывающих промышленных системах); на следующем месте по эффективности – технологии искусственного интеллекта (превосходство

демонстрирует добывающий сектор экономики), наименее эффективными являются технологии «цифровой двойник» (выше эффективность обрабатывающих производств). Выявленные результаты позволяют определить перспективные направления инвестирования в проекты технологического суверенитета.

5) На уровне цепей поставок применение авторского подхода обеспечило выявление тенденции к росту: эффективность цепи поставок возросла за 5-летний период на 0,248. Негативные тенденции демонстрирует подсистема транспортировки и хранения – падение показателя на 6,015 за аналогичный период. Существенное падение показателя детерминировано снижением рентабельности и повышением импортозависимости в части машин и оборудования, что подтверждает особую значимость мер по развитию технологического суверенитета не только на уровне промышленных систем (мезо- и микро-), но и в целом цепи поставок на макро-уровне управления.

Опубликованные работы по главе 5: [67, 71, 73, 77, 307, 311, 314, 334, 402]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время императивом развития российской промышленности является достижение технологического суверенитета. Новые условия функционирования промышленных систем требуют разработки нового методологического подхода к оценке эффективности, учитывающего решение задачи обеспечения технологического суверенитета посредством развития внутреннего потенциала страны, что реализовано в рамках представленного исследования. Сформулированы **итоги** диссертационного исследования:

1. Построен концептуальный каркас методологии управления развитием технологического суверенитета, включающий такие элементы, как теории и концепции, проблемное поле, принципы, цель, объекты, предмет, методы, научные подходы, этапы, области диагностики, уточняемую семантику, предложенные классификации, модели и результат; раскрыто содержание технологического суверенитета, ядром которого обозначен технологический иммунитет, отличающиеся добавлением факторов технологического суверенитета в теорию развития промышленных систем (инновации, локализация производства и цифровой суверенитет), потенциал которых заключается в обеспечении экономической безопасности Российской Федерации.

Доказана гипотеза о наличии связи между факторами устойчивости развития промышленности (инноваций, локализации производства и цифрового суверенитета) и формированием технологического суверенитета.

2. Предложены теоретико-методические положения оценки эффективности промышленной системы, включающие систематизацию принципов диагностики, авторский подход к учету эффективности кооперации участников интегрированных структур, ресурсную (объектно-средовую) модель промышленного развития, расширяющие представления о промышленной системе в части ее неограниченности в силу возможностей цифровизации и научно-производственной кооперации, лежащих в основе формирования технологического суверенитета.

Обосновано, что формированию технологического суверенитета в рамках модели промышленного развития возможно способствовать путем стимулирования кооперации, которая позволяет снять ограничения объектной системы в пространстве и развивать deep-tech инновации («глубокие» технологии) на основе конвергенции технологий и моделей развития; эффективность промышленной системы обусловлена, в частности, результативностью деятельности интегрированных промышленных систем.

3. На основе выявленной закономерности трансформации системы эффективностью промышленной системы в условиях обеспечения технологического суверенитета предложен новый подход к семантике эффективности и оценке эффективности промышленных систем, опирающийся на авторскую систему этапов становления технологического суверенитета и на способности промышленных систем синхронизировать комплекс управленческих мероприятий с новыми потребностями российской экономики, позволяющий идентифицировать принадлежность промышленных систем к конкретному типу эффективности, что в совокупности позволяет повысить управляемость промышленных систем в новых условиях хозяйствования. В результате определено, что в условиях перехода к проактивной стадии становления технологического суверенитета преобладающее большинство промышленных систем недостаточно подготовлено.

4. С учетом потенциала кооперации формализована система инструментов повышения эффективности макро- и мезопромышленных систем, охватывающая блоки показателей производительности, материало- и энергоэффективности, добавленной стоимости, а также оценки процессов локализации и кооперации, учитывающая латентные закономерности, проявляющиеся в доказанной взаимосвязи структурных сдвигов в промышленности с частными типами эффективности и достижением технологического суверенитета. Авторский подход учитывает внутренний потенциал промышленных систем разного уровня и позволяет на основе технологии больших данных выявлять эффективные направления развития.

5. Реализация комплексного подхода к исследованию инструментов управления цепями поставок промышленной продукции (SCOR, DCOR, CCOR, PLCOR,

ИПИ, U-образная кривая добавленной стоимости) позволила сформировать концепцию операционного управления. В отличие от известных стандартов управления цепями поставок, авторский подход предполагает включение дополнительных метрик, адекватных условиям технологического суверенитета, что позволяет расширить измеримый диапазон направлений стратегического планирования. Апробация авторской методики интегральной оценки цепи поставок в масштабах национальной экономики выявила в динамике повышение эффективности промышленных систем с позиции цепей поставок, но асинхронное и неустойчивое развитие цепей поставок промышленной продукции.

6. Предложенный комплекс рекомендаций по применению инструментов Индустрии 4.0 на уровне промышленных мезосистем на примере использования водных и энергетических промышленных ресурсов позволяет выявить текущие и перспективные резервы промышленного развития при интенсификации цифровизации отраслевых производств, а также определить приоритетные направления эффективного управления ресурсами: стимулирование организаций к интеграции глобальных информационных систем, серверов, ЭДО, инвестирование в цифровизацию, развитие технологий проектирования (как основы конкурентоспособного технологического развития), тиражирования отечественных ERP-систем, повысить число разработанных передовых производственных технологий, новых для России на 23,9% в сфере обрабатывающих производств и на 73% в добывающих отраслях промышленности.

7. Разработанные контур и инструментарий управления проектами технологического суверенитета, основанные на многоуровневом и многокритериальном подходе к оценке эффективности промышленных систем и их ресурсного обеспечения и объединении авторских методических решений, позволили выявить актуальные проблемы развития промышленности в России (ослабление суверенизации национальной экономики, неустойчивое развитие цепей поставок, рост развития инновационной мезопромышленной системы, асинхронное устойчивое развитие мезопромышленных систем, нестабильное устойчивое развитие микропромышленных систем), которые могут быть учтены органами государственной власти и топ-

менеджерами промышленных предприятий в рамках совершенствования стратегии технологического развития промышленности.

8. На основе формализованной модели оценки эффективности проекта реализации технологического суверенитета на уровне управляемой микропромышленной системы, объединяющей комплекс инструментов обеспечения технологического суверенитета и методическое решение, обеспечивается возможность мониторинга адаптации промышленных систем к новой модели экономики страны, а на основе оптимизации ресурсных источников роста их эффективности (на примере ПАО «Нижнекамскнефтехим») определен ориентир в виде сокращения энергетических ресурсов на 13% и увеличения трудовых ресурсов на 2,5% на основе технологического развития.

9. В целях выработки действенного регуляторного механизма управления развитием технологического суверенитета разработана структурная модель управления развитием промышленных систем, в основу которой заложена сквозная межведомственная кооперация как ядро технологического развития страны в разрезе перспективных инструментов управления ресурсами и повышения конкурентоспособности промышленных систем. Декомпозиция функций органов исполнительной власти позволяет разграничить полномочия, усовершенствовать механизм стимулирования научно-производственной кооперации и развития deep-tech инноваций («глубоких» технологий), обеспечить реализацию сквозной стратегии суверенизации национальной экономики, ускоренный переход к производящей и опережающей экономике; наращивание высокотехнологичного экспорта за счет повышения управляемости промышленных систем.

**Рекомендуется** при регулировании совершенствования промышленных систем на мезо- и макроуровне придерживаться разработанных организационных, оптимизационных моделей и алгоритмов при разработке программ технологического развития и цифровизации; при реинжиниринге действующих микропромышленных систем – оптимизационных и прогностических моделей, позволяющих определить приоритетные инструменты повышения эффективности управления промышленными ресурсами.



**Перспективы** дальнейшего развития темы заключаются в разработке методологии фронтального моделирования эффективности промышленных систем разного уровня для обеспечения технологического суверенитета России, включая многоуровневые функциональные модели, нелинейные экономико-математические модели и нейронные сети, исследовании темпов суверенизации в период новой эпохи экономического развития.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Внедрение наилучших доступных технологий. Федеральный проект [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minpromtorg.gov.ru/projects/general/ndt/>
2. ГОСТ Р 70089–2022. Ресурсосбережение. Общие подходы к реализации принципов экономики замкнутого цикла на предприятиях. – Введ. 2022-07-01. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200184208>
3. Концепция технологического развития на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_447895](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_447895)
4. О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и статью 151 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации. Федеральный закон от 24.09.2022 № 365-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_427325/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_427325/)
5. О долгосрочной государственной экономической политике. Указ Президента РФ от 7.05.2012 г. № 596 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/70170954/paragraph/31:0>
6. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_144624/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/)
7. О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года. Указ Президента РФ от 7.05.2018 г. № 204 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/57425>
8. О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 17.07.2015 № 719 (ред. от 29.12.2022) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_183175/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_183175/)

9. О Стратегии национальной безопасности РФ. Указ Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_389271/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/)

10. О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года. Указ Президента РФ от 13 мая 2017 № 208 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216629/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216629/)

11. Об охране окружающей среды. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/)

12. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 11.06.2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/)

13. Паспорт национального проекта «Национальная программа “Цифровая экономика Российской Федерации”» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_328854/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_328854/)

14. Паспорт национального проекта «Наука» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_319304/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_319304/)

15. Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности. Государственная программа Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 328 (ред. от 06.10.2022)). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_162176](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162176)

16. Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 6.06.2020 года № 1512-р). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_354707/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354707/)

17. Указ Президента РФ о национальных целях развития России до 2030 года. Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/63728>

18. Абдикеев, Н. М. Импортозамещение в высокотехнологичных отраслях промышленности в условиях внешних санкций / Н. М. Абдикеев // *Управленческие науки*. – 2022. – Т. 12. – № 3. – С. 53–69.
19. Авилова, В. В. О корректировке целеполагания российской промышленной стратегии и экологической повестки в условиях турбулентной экономической среды / В. В. Авилова // *Экономика. Информатика*. – 2022. – Т. 49. – № 4. – С. 684–692.
20. Агадуллина, А. И. Система поддержки принятия решений при управлении экологической эффективностью промышленного предприятия: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.13.01 / Агадуллина Айгуль Ильдаровна. – Уфа, 2014. – 16 с.
21. Агапкин, А. Цифровая химия: как СИБУР перешел на digital / А. Агапкин, Я. Зарынь, А. Хромов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kazan.hh.ru/interview/23844>
22. Алексеев, А. П. Экономический позитивизм и будущее науки / А. П. Алексеев, И. Ю. Алексеева // *Философия науки и техники*. – 2015. – Т. 20. – № 1. – С. 169–190.
23. Алексеева, Н. С. Организационно-экономический механизм управления интеллектуальным капиталом инновационно-промышленного кластера в условиях цифровизации: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Алексеева Наталья Сергеевна. – Санкт-Петербург, 2021. – 24 с.
24. Андреева, О. В. Технологический и финансовый суверенитет Российской Федерации: проблемы, противоречия, механизм обеспечения / О. В. Андреева // *Journal of Economic Regulation*. – 2014. – Т. 5. – № 4. – С. 126–135.
25. Антипова, О. В. Методология управления эффективностью использования ресурсов предприятий нефтедобывающей отрасли: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Антипова Ольга Валерьевна. – Казань, 2022. – 42 с.
26. Апарин, Н. И. Институциональное преобразование промышленных систем с использованием индикативного планирования при производстве продукции специального назначения / Н. И. Апарин // *Транспортное дело России*. – 2011. – № 2. – С. 169–171.

27. Апатова, Н. В. Когнитивная экономика в условиях цифровизации / Н. В. Апатова // Теоретическая экономика. – 2020. – № 9 (69). – С. 27–37.
28. Аппазов, Д. А. Цифровая платформизация в условиях индустрии 4.0: неопределенность понятийного аппарата / Д. А. Аппазов, Ю. А. Тымчук // Правовая парадигма. – 2020. – Т. 19. – № 4. – С. 33–42.
29. Арон, Р. Мемуары. 50 лет размышлений о политике / Пер. с франц. Г. А. Абрамова, Л. Г. Ларионовой. – М.: Ладомир, 2002. – 873 с.
30. Ассоциация «Технет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://technet-nti.ru/>
31. Бабкин, А. В. Цифровой потенциал системообразующего инновационно-активного промышленного кластера: понятие, сущность, оценка / А. В. Бабкин, Л. В. Ташенова, Е. В. Елисеев // Экономика и управление. – 2020. – Т. 26. – № 12 (182). – С. 1324–1334.
32. Байбаров, Д. А. Оценка продуктивности и экономической эффективности технологий искусственного интеллекта для автоматизации процессов разведки и добычи нефти и газа / Д. А. Байбаров // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10. – № 3 (55). – С. 100–105.
33. Баксанский, О. Е. Конвергенция: методология меганауки / О. Е. Баксанский // Философия и культура. – 2014. – № 4 (76). – С. 505–518.
34. Баксанский, О. Е. Мировоззрение будущего: конвергенция как фундаментальный принцип / О. Е. Баксанский // Педагогика и просвещение. – 2014. – № 3. – С. 17–29.
35. Бардасова, Э. В. Импортозамещение при реализации проектов в сфере услуг по цифровизации бизнес-процессов / Э. В. Бардасова // Управление устойчивым развитием. – 2019. – № 5 (24). – С. 12–16.
36. Барсегян, Н. В. Открытые инновации как ресурс управления высокотехнологичными предприятиями // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2018. – №5. – С. 118–127.

37. Барсегян, Н. В. Специфика бережливой организации структуры управления нефтехимическим предприятием / Н. В. Барсегян // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. – № 2 (94). – С. 100–106.

38. Баутин, В. М. Интеграция как фактор повышения эффективности агропромышленного производства / В. М. Баутин, С. В. Овсянников, М. А. Шаталов // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2007. – № 12 (38). – С. 11–14.

39. Белл, Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования / Пер. с англ. под ред. В.Л. Иноземцева. Изд. 2-ое, испр. и доп. – М.: Academia, 2004. – 788 с.

40. Бессонова, Е. А. Совершенствование системы управления ресурсным потенциалом региона, ориентированного на реализацию политики импортозамещения / Е. А. Бессонова, О. Ю. Мерещенко // Вестник экономической безопасности. – 2016. – № 6. – С. 185–191.

41. Бигачева, Е. Н. Повышение эффективности бизнес-коммуникаций в системе управления промышленных вертикально-интегрированных структур (на примере сахарной промышленности): автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Бигачева Елена Николаевна. – Москва, 2011. – 36 с.

42. Билотта, Н. Что стоит за цифровым налогом: вызовы борьбы Европейского союза за технологический суверенитет / Н. Билотта // Вестник международных организаций. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 30–47.

43. Блауг, М. Экономическая мысль в ретроспективе / М. Блауг. – М.: Дело ЛТД, 1994. – 676 с.

44. Богачева, И. Секторальный реальный эффективный обменный курс и отраслевая конкурентоспособность в России: серия докладов об экономических исследованиях / И. Богачева, А. Поршаков, Н. Турдыева. – 2020. – № 59. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cbr.ru/content/document/file/117507/wp-59.pdf>

45. Бойко, И. В. Международные цепи поставок: новые тренды в условиях коронавирусной пандемии / И. В. Бойко, А. Г. Гетман // Управленческое консультирование. – 2020. – № 11. – С. 42–48.

46. Боровков, А. И. Центр компетенций национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого / А. И. Боровков, О. И. Рождественский, Ю. А. Рябов, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова // Инновации. – 2019. – № 11 (253). – С. 73–88.

47. Бортник, И. М. Становление инновационных кластеров в России: итоги первых лет поддержки / И. М. Бортник, С. П. Земцов, О. В. Иванова, Е. С. Куценко, П. Н. Павлов, А. В. Сорокина // Инновации. – 2015. – № 7 (201). – С. 26–36.

48. Букина, Е. Е. Философский анализ этических оснований технонауки в ракурсе проблемы природы человека: автореф. дис. ... канд. фил. наук: 09.00.01 / Букина Елена Евгеньевна. – Томск, 2022. – 20 с.

49. Бурдо, Г. Б. Основные принципы создания систем автоматизации проектирования и управления в машиностроительных производственных системах / Г. Б. Бурдо, Н. А. Семенов // Программные продукты и системы. – 2019. – Т. 32. – № 1. – С. 134–140.

50. Бутко, Г. П. Инновационные кластеры по рациональному использованию сырья на уровне региона / Г. П. Бутко, А. В. Мехренцев, В. М. Шарапова, Н. В. Шарапова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 6 (390). – С. 609–613.

51. Варфоломеев, Е. В. Повышение экономической эффективности природоохранных мероприятий при внедрении наилучших доступных технологий в газовой промышленности / Е. В. Варфоломеев, О. И. Богданов, Д. А. Быков, С. А. Гильдерман // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2017. – №5(33). – С. 25–35.

52. Васюков, Д. Е. Комплексная цифровая трансформация нефтесервисной компании / Д. Е. Васюков, Л. И. Тихомиров // Бурение и нефть. – 2019. – №4. – С. 58–64.

53. Введение в квантовые вычисления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/overview/what-is-quantum-computing/>
54. Вертакова, Ю. В. Типологизация подходов к формированию и развитию пропульсивных кластеров в экономике региона / Ю. В. Вертакова, В. А. Плотников // Экономика и управление. – 2016. – № 3 (125). – С. 10–18.
55. Витязь, П. А. Институциональное развитие международной ассоциации академий наук: от научных советов к международным научно-технологическим консорциумам / П. А. Витязь, В. К. Щербин // Журнал Белорусского государственного университета. Социология. – 2020. – № 2. – С. 4–19.
56. Водоборотная система завода по производству полиэтилена низкого давления ОАО «Казаньоргсинтез» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://privod.pro/index.php/projects-done/pump-stations-done/sintez>
57. Волкова, Т. И. «Открытые» инновации и институциональная защита интеллектуальной собственности // Журнал экономической теории. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 596–609.
58. Волкодавова, Е. В. Импортозамещение как фактор устойчивого развития предприятий промышленности строительных материалов / Е. В. Волкодавова, А. В. Егорова // Казанская наука. – 2015. – № 10. – С. 109–113.
59. Волкодавова, Е. В. Формирование политики импортозамещения в промышленности Российской Федерации / Е. В. Волкодавова, А. П. Жабин // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2016. – № 5. – С. 151–156.
60. Володенков, С. В. Цифровой суверенитет современного государства в условиях технологических трансформаций: содержание и особенности / С. В. Володенков, А. С. Воронов, Л. С. Леонтьева, М. Сухарева // Полилог. – 2021. – Т. 5. – № 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polylogos-journal.ru/s258770110014073-2-1/>



61. Галимулина, Ф. Ф. Алгоритм экономико-статистического моделирования научно-технического развития предприятий, ориентированного на ресурсосбережение / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24173 от 12.08.2019. ОФЭРНиО.

62. Галимулина, Ф. Ф. Институциональное обеспечение как фундамент формирования успешного предпринимательства в рамках развития технологических платформ / Ф. Ф. Галимулина, Ч. А. Мисбахова, А. А. Фаррахова // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – №9 (111). – С. 85–88.

63. Галимулина, Ф. Ф. Интеллектуальная нейробиология / Ф. Ф. Галимулина, А. А. Лубнина // Сборник научных трудов 7-й Международной молодежной научно-практической конференции «Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование». В 3-х томах. Т.1. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т., 2020. – С. 223–225.

64. Галимулина, Ф. Ф. Информационные и коммуникационные технологии в области управления цепями поставок предприятия / Ф. Ф. Галимулина, С. Ш. Тажибаев / Материалы II Всероссийской научно-практической конференции «Развитие менеджмента: концепция “Industry 4.0”». – Орел, 2019. – С. 218–222.

65. Галимулина, Ф. Ф. Исследование модели российской экономики в контексте эффективности и технологического суверенитета / Ф. Ф. Галимулина // Управление устойчивым развитием. – 2023. – № 6 (49). – С. 5–11.

66. Галимулина, Ф. Ф. Исследование научного потенциала обрабатывающих производств в России и Республике Татарстан / Ф. Ф. Галимулина // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2018. – № 4 (20). – С. 40–45.

67. Галимулина, Ф. Ф. Методика автоматизированной реализации теории ограничений в функционировании нефтехимического предприятия / Ф. Ф. Галимулина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2021. – Т. 23. – № 4 (102). – С. 5–11.

68. Галимулина, Ф. Ф. Модели оценки эффективности наукоемкого предприятия в условиях цифровизации, конверсии и экономики замкнутого цикла /

Ф. Ф. Галимулина, М. В. Шинкевич, Д. В. Харитонов // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные тренды цифровой трансформации промышленных предприятий». – Казань, 2022. – С. 64–68.

69. Галимулина, Ф. Ф. Моделирование влияния цифровых услуг на экономические результаты деятельности промышленных предприятий / Ф. Ф. Галимулина, М. В. Шинкевич, А. А. Лубнина // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24647 от 05.11.2020. ОФЭРНиО.

70. Галимулина, Ф. Ф. Моделирование процессов научно-технического развития химических производств / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2019. – Т. 75. – № 2. – С. 40–44.

71. Галимулина, Ф. Ф. Модель определения потенциала цифровизации нефтехимической отрасли / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020660139, 28.08.2020. Заявка № 2020618346 от 27.07.2020.

72. Галимулина, Ф. Ф. Наилучшие доступные технологии в современной экономике: основа импортозамещения и инструмент перехода к циркулярной экономике / Ф. Ф. Галимулина, М. В. Шинкевич, И. А. Зарайченко // Вестник университета. – 2022. – № 11. – С. 113–120.

73. Галимулина, Ф. Ф. Об оценке российских технологических платформ в условиях модернизации промышленности / Ф. Ф. Галимулина // Компетентность. – 2021. – № 7. – С. 50–54.

74. Галимулина, Ф. Ф. Опыт реализации Agile-подхода в России и за рубежом / Ф. Ф. Галимулина, М. В. Шинкевич // Сборник научных статей 11-й Всероссийской научно-практической конференции «Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты». – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2021. – С. 40–43.

75. Галимулина, Ф. Ф. Организационные механизмы координации и интеграции в логистических системах / Ф. Ф. Галимулина, А. Р. Шарапова, Е. С. Новикова // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2018. – № 3 (19). – С. 28–33.

76. Галимулина, Ф. Ф. Особенности использования водных ресурсов в обрабатывающей промышленности / Ф. Ф. Галимулина // Компетентность. – 2019. – № 9–10. – С. 46–49.

77. Галимулина, Ф. Ф. Особенности развития российского и европейского рынка продукции легкой промышленности / Ф. Ф. Галимулина // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018)». Часть 3. – М., 2018. – С. 154–157.

78. Галимулина, Ф. Ф. Особенности технологических окон возможностей инновационного развития нефтехимических предприятий в условиях современного кризиса / Ф. Ф. Галимулина, М. В. Шинкевич, А. А. Лубнина // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2020. – № 8. – С. 16–18.

79. Галимулина, Ф. Ф. Развитие концептуального подхода к моделированию проектных организационных структур в условиях цифровизации и перехода к циркулярной модели производства / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич, Д. Р. Алимова // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – №9. – С. 53–57.

80. Галимулина, Ф. Ф. Развитие методических инструментов оценки эффективности промышленных систем, адекватных стадиям становления технологического суверенитета / Ф. Ф. Галимулина // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 6 (119). – С. 132–138.

81. Галимулина, Ф. Ф. Реализация модели «зелёного» предприятия в рамках концепции экономики замкнутого цикла: монография / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич; Минобрнауки России, Казан. нац. ис-след. технол. ун-т. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2021. – 97 с.

82. Галимулина, Ф. Ф. Системный подход к повышению экологичности нефтехимического производства в рамках управления водными ресурсами // Ф. Ф. Галимулина // Сборник научных статей 10-й Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития современного общества». – Курск: Фин. ун-т при Прав. РФ, Курский ф-л, 2020. – С. 110–114.

83. Галимулина, Ф. Ф. Современные модели организации промышленных систем в условиях экономики замкнутого цикла / Ф. Ф. Галимулина // Сборник статей III Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные вопросы экономики, управления и образования». – Пенза: Пензен. гос. аграр. ун-т, 2022. – С. 97–100.

84. Галимулина, Ф. Ф. Тенденции цифровизации системы водопотребления в нефтехимии / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич // Сборник материалов II Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Комплексное развитие территориальных систем и повышение эффективности регионального управления в условиях цифровизации экономики». – Орёл: ОГУ имени И. С. Тургенева, 2020. – С. 257–261.

85. Галимулина, Ф. Ф. Технологические платформы как способ минимизации институциональных ловушек в реальном секторе экономики / Ф. Ф. Галимулина // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2014. – № 2. – С. 54–58.

86. Галимулина, Ф. Ф. Управление логистическими процессами по принципам устойчивого развития в России и за рубежом / Ф. Ф. Галимулина // Сборник научных работ молодых ученых по материалам 19-й Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием «Мировой опыт и экономика регионов России». – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2021. – С. 77–80.

87. Галимулина, Ф. Ф. Управление промышленными системами в условиях новых вызовов: импортозамещения, обеспечения технологического суверенитета: монография / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2022. – 97 с.

88. Галимулина, Ф. Ф. Управление развитием технологических платформ в инновационных секторах российской экономики: монография / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич, А. А. Лубнина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. – 156 с.

89. Галимулина, Ф. Ф. Цифровая трансформация как драйвер ресурсосберегающего развития нефтехимического сектора экономики / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. – № 4 (96). – С. 64–73.

90. Галимулина, Ф. Ф. Цифровая трансформация национальной инновационной системы / Ф. Ф. Галимулина // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 12 (90). – С. 83–86.

91. Галимулина, Ф. Ф. «Цифровое предприятие» как инструмент минимизации технологического разрыва между Россией и развитыми странами / Ф. Ф. Галимулина // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции «Развитие менеджмента: концепция “Industry 4.0”». – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019. – С. 94–96.

92. Галимулина, Ф. Ф. Цифровые инструменты управления промышленным предприятием в условиях укрепления технологического суверенитета / Ф. Ф. Галимулина // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2022. – № 4 (95). – С. 65–72.

93. Галимулина, Ф. Ф. Эластичная логистика и ее взаимосвязь с организацией производственных процессов / Ф. Ф. Галимулина // Сборник статей II международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию академика РАН В.П. Мешалкина «Тенденции развития логистики и управления цепями поставок в условиях цифровой экономики»; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во АН РТ, 2021. – С. 34–39.

94. Галимулина, Ф. Ф. AGILE и SCRUM – эффективные инструменты повышения качества нефтехимической продукции и экологизации производств / Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич, И. А. Зарайченко // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – №9. – С. 42–46.

95. Гарипова, Г. Р. Инновационное развитие как фактор повышения конкурентоспособности / Г. Р. Гарипова, Ф. Ф. Галимулина, А. И. Шинкевич // Сборник научных статей 8-й Международной научно-практической конференции «Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты». – Курск, 2018. – С. 61–64.

96. Гарипова, Г. Р. Информационная составляющая в системах управления предприятиями химической промышленности / Г. Р. Гарипова, Ф. Ф. Галимулина // Сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы развития современного общества». – Курск, 2019. – С. 67–69.

97. Гасанов, М. А. Сети как структура развития конвергентных технологий / М. А. Гасанов, М. А. Климович // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 9–1. – С. 159–163.

98. Герасимов, К. Б. Влияние инновационного потенциала на эффективность высокотехнологичных предприятий / К. Б. Герасимов, Е. С. Морозова // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2022. – № 5. – С. 104–109.

99. Глущенко, М. Е. Экологическая безопасность предприятия: комплексная методика оценки / М. Е. Глущенко // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2015. – № 4 (22). – С. 166–174.

100. Горбачева, А. Г. Социально-философский анализ влияния конвергирующих НБИКС-технологий на человека: автореф. дис. ... канд. фил. наук: 09.00.11 / Горбачева Анна Геннадьевна. – Томск, 2016. – 26 с.

101. Горбачевская, Е. Н. Модель централизованного управления защищенной системой предприятия / Е. Н. Горбачевская, А. В. Леонидов // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2013. – № 4 (22). – С. 75–91.

102. Горохова, А. Е. Повышение эффективности промышленных предприятий в условиях трансформации национальной инновационной системы: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Горохова Анна Евгеньевна. – Москва, 2015. – 49 с.

103. Горохова, А. Е. Специфика стратегий открытых, комбинированных и закрытых инноваций промышленных предприятий / А. Е. Горохова, В. Д. Секерин // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2017. – № 1–2. – С. 96–101.

104. Горшков, Д. О. Оценка эффективности бизнес-процессов в рамках многоуровневого стратегического планирования деятельности диверсифицированных компаний / Д. О. Горшков, Д. А. Корнилов // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. – № 44 (443). – С. 2–14.

105. Горянинская, О. А. Глобальные цепочки создания стоимости: логистический аспект / О. А. Горянинская // Экономическое развитие региона: управление, инновации, подготовка кадров. – 2018. – № 5. – С. 369–374.

106. Грачёв, И. Д. Определение направлений развития производственных комплексов в интересах реализации политики импортозамещения на примере электротехнического оборудования / И. Д. Грачёв, Г. В. Колесник, М. А. Бендилов // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16. – № 1 (460). – С. 4–18.

107. Громов, В. В. Специфика и проблемы налогового стимулирования малых ИТ-компаний в России / В. В. Громов // Финансовый журнал. – 2022. – Т. 14. – № 1. – С. 8–25.

108. Гудкова, О. Е. Методология сохранения и развития экономического потенциала предприятий оборонно-промышленного комплекса на основе реформирования их производственных подсистем: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Гудкова Оксана Евгеньевна. – М., 2022. – 49 с.

109. Гудкова, Т. В. Глобальные цепочки создания добавленной стоимости в условиях цифровизации экономики / Т. В. Гудкова // Журнал экономической теории. – 2020. – Т. 17. – № 1. – С. 53–64.

110. Гусева, Т. В. Наилучшие доступные технологии – ступень к созданию зелёного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.chem.msu.ru/rus/ecology\\_2017/guseva.pdf](http://www.chem.msu.ru/rus/ecology_2017/guseva.pdf)

111. Гусева, Т. В. Наилучшие доступные технологии и повышение энергоэффективности / Т. В. Гусева, О. Ю. Чечеватова, О. В. Гревцов, А. Ю. Санжаровский, Я. П. Молчанова // Компетентность. – 2019. – №1. – С. 30–35.

112. Гущина, Е. А. Обеспечение информационно-технологического суверенитета государства в условиях развития цифровой экономики / Е. А. Гущина, Г. И. Макаренко, М. Ю. Сергин // Право.by. – 2018. – № 6(56). – С. 59–63.

113. Давиденко, Л. М. Ресурсная парадигма построения промышленной экосистемы цифрового формата / Л. М. Давиденко, С. В. Беспалый, Д. С. Бекниязова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2020. – № 1 (80). – С. 58–68.

114. Дадалко, В. А. Инструменты цифровой экономики как способы обеспечения транспарентности хозяйствования промышленного предприятия / В. А. Дадалко, Д. Р. Назырова, П. П. Топчий // Экономика. Налоги. Право. – 2018. – Т. 11. – № 5. – С. 84–91.

115. Долгова, Е. В. Оценка экономической эффективности применения системы искусственного интеллекта в системе управления автономным робототехническим комплексом / Е. В. Долгова, Д. С. Курушин, Р. А. Файзрахманов, Е. Е. Васильева // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2018. – № 3. – С. 253–265.

116. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6662/>

117. Дорошенко, Ю. А. Методические аспекты оценки эффективности операционной деятельности промышленного предприятия / Ю. А. Дорошенко, О. И. Салмина // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 3. – С. 113–116.

118. Дорошенко, Ю. А. Формирование инновационной инфраструктуры региона как основа его эффективного развития / Ю. А. Дорошенко, И. О. Малыхина, И. В. Широкий // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2023. – № 2 (99). – С. 45–54.



119. Дохолян, С. В. Система сбалансированных показателей как основа комплексной оценки эффективности управления бизнес-процессами на промышленных предприятиях / С. В. Дохолян, Ш. К. Кутаев, Ю. Н. Сагидов // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2014. – № 8 (46). – С. 91–99.

120. Дырдонова, А. Н. Методический подход к оценке эффективности деятельности предприятий промышленного кластера региона / А. Н. Дырдонова, Е. С. Андреева, Н. Ю. Фомин // Управление устойчивым развитием. – 2016. – № 5 (06). – С. 31–37.

121. Дырдонова, А. Н. Эффекты формирования и развития территориального нефтехимического кластера Республики Татарстан // Научное обозрение. – 2017. – № 14. – С. 93–95.

122. Евстафьева, Ю. В. К становлению научно-технологических консорциумов в российской экономике // Российский экономический журнал. – 2019. – № 6. – С. 34–51.

123. Евстифеев, В. А. Локализация производства как инновационный фактор роста рыночной стоимости промышленного предприятия / В. А. Евстифеев // Аллея науки. – 2017. – Т. 2. – № 16. – С. 343–352.

124. Евтодиева, Т. Е. Зеленая логистика как составляющая концепции общей ответственности / Т. Е. Евтодиева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2018. – В. 12. – № 1. – С. 167–174.

125. Евтюхин, А. С. Институциональные аспекты реализации политики импортозамещения в нефтяной промышленности: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Евтюхин Антон Сергеевич. – Курск, 2019. – 19 с.

126. Елхина, И.А. Мониторинг структурных сдвигов в экономике регионов России в условиях развития конвергентных технологий: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Елхина Ирина Александровна. – Волгоград, 2017. – 26 с.

127. Ельшин, Л. А. Стратегические ориентиры импортозамещения в России в условиях системных преобразований / Л. А. Ельшин, М. Р. Гафаров, М. В. Савушкин // Теоретическая и прикладная экономика. – 2022. – № 3. – С. 60–71.

128. Зубарев, С. М. Реализация национальной технологической инициативы: о соотношении понятий «административные барьеры» и «правовые барьеры» / С. М. Зубарев // Административное право и процесс. – 2018. – № 10. – С. 4–9.

129. Иванов, И. Н. Цифровизация и проектное управление как факторы устойчивого развития организации / И. Н. Иванов, Л. В. Орлова, С. И. Иванов // Вестник университета. – 2021. – № 5. – С. 12–18.

130. Илякова, И. Е. Внедрение наилучших доступных технологий как фактор становления «зеленой» экономики: институциональный аспект / И. Е. Илякова // Национальная безопасность / nota bene. – 2021. – №5. – С. 30–40.

131. Ингеманссон, А. Р. Принципы технологической подготовки цифровых производств на основе обеспечения стабильности процессов механической обработки: автореф. дис. ... докт. тех. наук: 05.02.07, 05.02.08 / Ингеманссон Александр Рональдович. – Волгоград, 2022. – 32 с.

132. Индикаторы инновационной деятельности: 2022: статистический сборник / В. В. Власова, Л. М. Гохберг, Г. А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2022. – 292 с.

133. Индикаторы цифровой экономики: 2022: статистический сборник / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2023. – 332 с.

134. Информационно-аналитические справочники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://burondt.ru/itc>

135. Казаков, В. Б. Развитие угольной промышленности в условиях создания высокопроизводительных рабочих мест, перехода на наилучшие доступные технологии и импортозамещения / В. Б. Казаков, Л. В. Калачёва, И. В. Петров, И. Л. Сурат // Уголь. – 2017. – №6(1095). – С. 48–50.

136. Калинин, П. А. Формирование инновационных отраслевых кластеров в регионе: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Калинин Павел Андреевич. Воронеж, 2021. – 24 с.

137. Карлова, Н. Ограничения на импорт сдерживают экспорт: результаты опроса предприятий: аналитическая записка / Н. Карлова, А. Морозов, Е. Пузанова.

[Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
[http://www.cbr.ru/Content/Document/File/144420/analytic\\_note\\_20230130\\_dip.pdf](http://www.cbr.ru/Content/Document/File/144420/analytic_note_20230130_dip.pdf)

138. Касаева, Т. В. Показатель добавленной стоимости в оценке эффективности деятельности организации / Т. В. Касаева // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2018. – № 2 (35). – С. 123–134.

139. Кашкин, С. Ю. Методология интеграционного права. Часть II: частнонаучная методология интеграционного права / С. Ю. Кашкин // Юридическая наука. – 2018. – № (3). – С. 6–18.

140. Кершенбаум, В. Я. Траектории локализации производства нефтегазового оборудования. Предпосылки формирования / В. Я. Кершенбаум // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – № 1 (109). – С. 5–7.

141. Кизим, А. А. Зелёная логистика на предприятиях торгово-закупочной сферы: особенности и характерные черты / А. А. Кизим, П. С. Галицкая, Л. В. Хашиг // Экономика устойчивого развития. – 2016. – № 4 (28). – С. 132–142.

142. Киреева, Н. С. Развитие концепций логистики и управления цепями поставок. цепи поставок как цепочки создания добавленной стоимости / Н. С. Киреева // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2012. – № 11 (53). – С. 75–82.

143. Киселева, О. Н. Синергия инвестиционной и инновационной безопасности в аспекте национальной технологической инициативы / О. Н. Киселева // Основы экономики, управления и права. – 2021. – № 1 (26). – С. 51–54.

144. Клейнер, Г. Эффективность мезоэкономических систем переходного периода / Г. Клейнер // Проблемы теории и практики управления. – 2002. – № 6. – С. 24–30.

145. Клочков, В. В. Локализация высокотехнологичных производств и национальные интересы России / В. В. Клочков, С. С. Критская, Е. В. Молчанова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – Т. 9. – № 35 (224). – С. 21–29.

146. Клочков, В. В. Проблема обеспечения производства авиационной техники «точно в срок» и концепция «быстро реагирующего производства» /

В. В. Ключков, В. А. Вдовенков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 1–5. – С. 1418–1425.

147. Ковалев, С. Н. Использование синтеза централизованной и децентрализованной моделей обработки и хранения информации в целях повышения производительности ИС / С. Н. Ковалев, И. О. Федоров // Аллея науки. – 2018. – Т. 3. – № 11 (27). – С. 13–17.

148. Ковальчук, М. В. Природоподобные технологии: новые возможности и новые вызовы / М. В. Ковальчук, О. С. Нарайкин, Е. Б. Яцишина // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89. – № 5. – С. 455–465.

149. Колонтаевская, И. Ф. Организационно-правовые механизмы импортозамещения в сфере защиты цифрового суверенитета Российской Федерации / И. Ф. Колонтаевская // Вопросы российского и международного права. – 2019. – Т. 9. – № 11А. – С. 67–76.

150. Кондратьев, В. Б. Глобальные цепочки стоимости в отраслях экономики: общее и особенное / В. Б. Кондратьев // Мировая экономика и международные отношения. – 2019. – Т. 63. – № 1. – С. 49–58.

151. Кондратьев, В. Б. Мировая экономика как система глобальных цепочек стоимости / В. Б. Кондратьев // Мировая экономика и международные отношения. – 2015. – № 3. – С. 5–17.

152. Кондратьев, Н. Д. К вопросу о больших циклах конъюнктуры / Н. Д. Кондратьев // Плановое Хозяйство. – 1926. – № 8. – С. 167.

153. Коробченко, А. Точный маршрут. Как цифровые решения повышают эффективность логистики нефтепродуктов / А. Коробченко // Сибирская нефть. – 2020. – № 8 (175). – С. 56–59.

154. Короткевич, Л. М. Добавленная стоимость как критерий эффективности производственного процесса в промышленности / Л. М. Короткевич, А. А. Барсуков // Наука и техника. – 2016. – Т. 15. – № 6. – С. 536–545.

155. Корчагин, П. В. Экономическое и социальное развитие территории: методологические и прикладные аспекты: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Корчагин Павел Валентинович. – Тольятти, 2012. – 45 с.

156. Котлярова, С. Н. Роль локализации промышленного производства в политике импортозамещения / С. Н. Котлярова, Ю. Г. Лаврикова, Л. М. Аверина // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017. – Т. 10. – № 5. – С. 115–127.

157. Кочина, С. К. Критерии эффективности управления предприятием в условиях цифровой трансформации / С. К. Кочина, Е. Д. Щетинина // Вестник университета. – 2023. – № 4. – С. 15–23.

158. Кошевой, О. С. Интеграция бизнес-процесса управления риском ресурсного обеспечения в процессную среду промышленного предприятия: монография / О. С. Кошевой, А. В. Понукалин, Н. В. Некрылова. – М.: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2019. – 165 с.

159. Кричевский, Г. Е. Зеленые технологии, зеленая химия, зеленые нанотехнологии, зеленый текстиль – основы устойчивого развития / Г. Е. Кричевский // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2018. – № 1–1. – С. 45–46.

160. Кудрявцева, С. С. Роль аддитивных производственных технологий в системе открытых инноваций / С. С. Кудрявцева, К. В. Карташов // Управление устойчивым развитием. – 2019. – № 5 (24). – С. 24–29.

161. Кузнецов, Н. В. Управление проектами цифровизации: методологический, организационный и финансовый аспекты / Н. В. Кузнецов, В. В. Лизяева // Фундаментальные исследования. – 2020. – № 2. – С. 32–37.

162. Курочкина, И. П. Метод нейронных сетей в моделировании финансовых показателей компании / И. П. Курочкина, И. И. Калинин, Л. А. Маматова, Е. Б. Шувалова // Статистика и экономика. – 2017. – № 5. – С. 33–41.

163. Курс на зелёный рост. Резюме для лиц, принимающих решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.oecd.org/greengrowth/48634082.pdf>

164. Куценко, Е. Инновационные кластеры сближаются с НТИ / Е. Куценко, Е. Исланкина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://issek.hse.ru/news/170679829.html>

165. Куценко, Е. С. Десять лет кластерной политики в России: логика ведомственных подходов / Е. С. Куценко, В. Л. Абашкин, Э. А. Фияксель, Е. А. Исланкина // Инновации. – 2017. – № 12 (230). – С. 46–58.

166. Лаврикова, Ю. Г. Локализация зарубежного производства как инструмент развития экспортной базы / Ю. Г. Лаврикова, Е. Л. Андреева, А. В. Ратнер // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2019. – Т. 12. – № 3. – С. 24–38.

167. Лещёв, С. В. НБИКС-семиотика и нейрорациональность / С. В. Лещёв // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2017. – № 8. – С. 49–51.

168. Лещёв, С. В. Транссемиозис «больших данных» в эпоху интернета вещей и конвергентных технологий / С. В. Лещёв // Полигнозис. – 2014. – № 3–4 (47). – С. 107–112.

169. Локализация производства в РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sinoruss.com/nashi-proekty/689-lokalizatsiya-proizvodstva-v-rf.html>

170. Лубнина, А. А. Инновационная стратегия развития и планирования организационных структур предприятий нефтегазохимического комплекса / А. А. Лубнина, А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, Г. Р. Гарипова // Организатор производства. – 2017. – Т. 25. – № 3. – С. 27–36.

171. Лубнина, А. А. Инновационное развитие химии и технологии полимерных и композиционных материалов в контексте устойчивого развития высокотехнологичных мезоэкономических систем / А. А. Лубнина, Ф. Ф. Галимулина // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – №16. – С. 304–307.

172. Лубнина, А. А. Кластерные технологии в нефтегазохимическом комплексе Республики Татарстан / А. А. Лубнина, Ф. Ф. Галимулина // Управление устойчивым развитием. – 2016. – №.2 (3). – С. 15–21.

173. Лубнина, А. А. Моделирование управления рисками промышленной деятельности хозяйствующих субъектов Республики Татарстан / А. А. Лубнина, Ф. Ф. Галимулина, Ч. А. Мисбахова // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 4. – С. 251–255.

174. Лубнина, А. А. О создании кластеров нефтехимических предприятий на примере Республики Татарстан / А. А. Лубнина, Ф. Ф. Галимулина, В. В. Бронская, Г. А. Б. Аминова // Автоматизация в промышленности. – 2020. – № 1. – С. 47–50.

175. Лубнина, А. А. Предпосылки возникновения институциональных ловушек в рамках инновационного процесса в России / А. А. Лубнина, Ч. А. Мисбахова, Ф. Ф. Галимулина // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2015. – № 3. – С. 11–16.

176. Лукичёв, С. В. Развитие отечественного программного обеспечения – это не только решение задачи импортозамещения, но и обеспечения технологической независимости страны / С. В. Лукичёв // Горная промышленность. – 2022. – № 2. – С. 12–14.

177. Лучинин, В. Индустрия микро- и наносистем: от импортозамещения к технологическому суверенитету / В. Лучинин // Наноиндустрия. – 2018. – Т. 11. – № 6 (85). – С. 450–461.

178. Ляпина, И. Р. Интеграция бизнеса, образования и науки на региональном уровне в целях реализации национальной технологической инициативы / И. Р. Ляпина, О. А. Строева // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2017. – Т. 19. – № 3 (40). – С. 31–38.

179. Лясковская, М. Н. Автоматизация бизнес-процессов АО «Красноярск-нефтепродукт» как технология совершенствования системы сбыта / М. Н. Лясковская, Э. В. Марковская // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2017. – № 1–2. – С. 190–195.

180. Мазлова, Е. А. Экологическое нормирование на основе наилучших доступных технологий для предприятий нефтяной и газовой промышленности / Е. А. Мазлова, Н. В. Еремина // Нефтяное хозяйство. – 2016. – №5. – С. 98–100.

181. Макаров, В. В. Концепция национальной технологической инициативы как основа инновационного развития России / В. В. Макаров, Д. О. Стародубов, Т. А. Блатова // Евразийское Научное Объединение. – 2020. – № 1-3 (59). – С. 211–214.

182. Макконнелл, К. Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика: пер. с 14-го англ. изд. / К.Р. Макконнелл, С. Л. Брю. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 972 с.

183. Максимов, Ю. М. Устойчивое развитие социально-экономических систем на основе инновационных преобразований: оценка эффективности социально-ориентированных инноваций / Ю. М. Максимов, С. Н. Митяков, О. И. Митякова, Н. С. Гоберник // Инновации. – 2010. – № 3 (137). – С. 58–61.

184. Малышев, Д. П. Промышленная политика импортозамещения и поддержки экспорта в субъектах Российской Федерации / Д. П. Малышев, О. А. Бакуменко, В. В. Троян // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2020. – № 6. – С. 55–70.

185. Малышева, Т. В. Организационно-экономические особенности распределительной логистики нефтехимических производств / Т. В. Малышева, Г. А. Ганеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 21. – С. 431–434.

186. Малышева, Т. В. Формирование методологических основ проектного подхода к организации экологических производственных систем / Т. В. Малышева, А. И. Шинкевич // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 4-2. – С. 228–233.

187. Манукян, М. М. Использование когнитивных технологий IBM для нефтегазовой отрасли России / М. М. Манукян // Друкеровский вестник. – 2020. – № 5 (37). – С. 164–175.

188. Марков, Д. А. Бережливое производство и быстро реагирующее производство / Д. А. Марков // Вектор экономики. – 2017. – № 9 (15). [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: <http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2017/9/economicsmanagement/Markov.pdf>

189. Матвеева, Л. Г. Пути снижения технологической зависимости промышленности России от импорта в императивах импортозамещения / Л. Г. Матвеева, Е. В. Каплюк, Н. В. Низов // Вестник Академии знаний. – 2021. – № 45 (4). – С. 184–191.



190. Мельников, А. Б. Политика импортозамещения как фактор укрепления экономической безопасности промышленности / А. Б. Мельников, В. И. Трысячный, В. В. Руденко // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2017. – Т. 10. – № 1. – С. 99–109.
191. Мешалкин, В. П. Методика формирования комплексной оценки эффективности реинжиниринга бизнес-процессов на промышленном предприятии / В. П. Мешалкин, М. Ю. Катерищук, Е. А. Василенко // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. – 2014. – № 2 (20). – С. 87–92.
192. Мещеряков, С. В. Методы эффективной организации баз данных и их приложений в промышленных системах: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.06 / Мещеряков Сергей Владимирович. – Санкт-Петербург, 2012. – 40 с.
193. Мизиковский, И. Е. Формирование сведений о производственных потерях для принятия оперативных управленческих решений / И. Е. Мизиковский // Учет. Анализ. Аудит. – 2019. – Т. 6. – № 1. – С. 62–68.
194. Мисбахова, Ч. А. Российская практика функционирования институтов развития инноваций в сфере химической технологии / Ч. А. Мисбахова, А. А. Стародубова, А. Н. Зиннатуллина, Ф. Ф. Галимулина, Р. И. Зинурова // Экономика в промышленности. – 2017. – Т. 10. – № 1. – С. 13–19.
195. Мисбахова, Ч. А. Состояние и перспективы развития инновационной деятельности в Республике Татарстан / Ч. А. Мисбахова, А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина // Инновационная деятельность. – 2015. – №3 (34). – С.44–51.
196. Можно ли продолжать цифровую трансформацию сегодня? // БИТ. Бизнес & Информационные технологии. – 2022. – № 3 (116). – С. 32–46.
197. Морина, Е. Ю. Выбор наиболее эффективной модели управления предприятием энергетической отрасли: централизованная, децентрализованная, смешанная / Е. Ю. Морина, Т. Ф. Аунапу // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2011. – № 5 (23). – С. 95–100.

198. Морозов, Р. В. Методический подход к оценке потенциала предприятий легкой промышленности как предпосылки внедрения конвергентных технологий / Р. В. Морозов, И. С. Белясов // Журнал исследований по управлению. – 2021. – № 3. – С. 56–69.

199. Мочалова, Л. А. Нормативно-правовое обеспечение перехода горных предприятий на наилучшие доступные технологии / Л. А. Мочалова // Горный журнал. – 2019. – №1. – С. 28–33.

200. Муллина, В. Я. Управление инвестированием инновационных проектов в российской экономике: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Муллина Василия Яхияевна. – Казань, 2020. – 25 с.

201. Мусатова, М. М. Новые индустриальные модели и системы управления в компаниях ГК «Ростех» // Мир новой экономики. – 2021. – № 4. – С. 100–112.

202. Мясникова, О. В. Цифровая трансформация логистических систем дистрибуции при переходе на модели экономики замкнутого цикла / О. В. Мясникова // Экономика. Управление. Инновации. – 2018. – №2(4). – С. 3–10.

203. Наука. Технологии. Инновации: 2022: краткий статистический сборник / Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский, М.Н. Коцемир и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2022. – 98 с.

204. Национальная технологическая инициатива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://old.asi.ru/nti/>

205. Невейкин, В. П. Оценка эффективности инновационных проектов по внедрению искусственного интеллекта на железнодорожном транспорте / В. П. Невейкин // Экономика железных дорог. – 2020. – № 4. – С. 15–26.

206. Неклюдов, А. В. Импортозамещение или национальный технологический суверенитет / А. В. Неклюдов, И. И. Лившиц // Connect WIT. – 2016. – № 9. – С. 44–46.

207. Некрасова, М. А. Зеленый проектный менеджмент в недропользовании – инструмент реализации национальных приоритетов в зеленой экономике России / М. А. Некрасова // Недрапользование XXI век. – 2014. – № 2 (46). – С. 68–72.

208. Никаноров, Д. Е. Управление эффективностью инвестиционной деятельности промышленного предприятия: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Никаноров Дмитрий Евгеньевич. – Москва, 2005. – 36 с.

209. Никитенко, С. М. Цепочки добавленной стоимости как инструмент развития угольной отрасли / С. М. Никитенко, Е. В. Гоосен // ЭКО. – 2017. – № 9 (519). – С. 104–124.

210. Никонов, В. А. Цифровой суверенитет современного государства: содержание и структурные компоненты (по материалам экспертного исследования) / В. А. Никонов, А. С. Воронов, В. А. Сажина, С. В. Володенков, М. В. Рыбакова // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2021. – № 60. – С. 206–216.

211. Норт, Д. К. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. К. Норт. – М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. – 180 с.

212. Нургалиев, Р. К. Логико-информационная модель управления процессами «умного» производства / Р. К. Нургалиев, А. И. Шинкевич // Известия Самарского научного центра РАН. – 2021. – Т. 23. – №2. – С. 29–36.

213. О производстве валового внутреннего продукта (ВВП) в III квартале 2022 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/207\\_14-12-2022.html](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/207_14-12-2022.html)

214. Овсянникова, А. В. Интеграция как условие роста эффективности производства малых предприятий / А. В. Овсянникова // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т. 7. – № 6 (31). – С. 71. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/14EVN615.pdf>

215. Озорнин, С. Ю. Аналитический обзор моделей гибкого проектного управления в условиях цифровизации менеджеральных процессов / С. Ю. Озорнин, Н. Г. Терлыга // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 5. – С. 53–63.

216. Осинцев, Н. А. Факторы устойчивого развития транспортно-логистических систем / Н. А. Осинцев, Е. В. Казармщикова // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2017. – В. 7. – №1. – С. 13–21.

217. Отраслевые планы импортозамещения Минпромторга России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://frprf.ru/zaymy/prioritetnye-proekty/?docs=334>

218. Отчет о выполнении проекта реализации технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» (ТП ИЭС) в 2021 году и план действий ТП ИЭС на 2022 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://rosenergo.gov.ru/regulations\\_and\\_methodologies/tehnologicheskaya\\_platforma\\_t\\_p\\_ies](http://rosenergo.gov.ru/regulations_and_methodologies/tehnologicheskaya_platforma_t_p_ies)

219. Отчет о промышленном развитии – 2022. Будущее индустриализации в постпандемийном мире. Обзор. Организация Объединенных Наций по промышленному развитию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2023-03/IDR-2022-OVERVIEW-ru.pdf>

220. Официальный сайт ПАО «Нижнекамскнефтехим» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nknh.ru>

221. Официальный сайт Президента России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/>

222. Официальный сайт Yadro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yadro.com>

223. Панков, Д. А. Система показателей эффективности бизнес-цикла на основе добавленной стоимости: анализ в разрезе этапов трансформации капитала / Д. А. Панков, Ю. Ю. Кухто // Учет. Анализ. Аудит. – 2017. – № 2. – С. 18–27.

224. Панюков, Д. И. Совершенствование методологии анализа и управления техническими рисками в производственных системах: автореф. дис. ... докт. тех. наук: 05.02.23 / Панюков Дмитрий Иванович. – Самара, 2021. – 35 с.

225. Пахомова, Н. В. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития / Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер,

М. А. Ветрова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2017. – № 2. – С. 244–268.

226. Передовые инженерные школы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://engineers2030.ru/>

227. Перерва, О. Л. Разработка теоретических основ и методологии управления эффективностью инновационной деятельности промышленного предприятия: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Перерва Ольга Леонидовна. – Москва, 2006. – 32 с.

228. Петрова, Е. А. Динамика структурных сдвигов в экономике зарубежных стран и России и развитие конвергентных технологий / Е. А. Петрова, П. В. Бондаренко, Е. А. Фокина, А. А. Трухляева // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2021. – № 2 (66). – Статья 6622.

229. Плотников, В. А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике / В. А. Плотников // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2018. – № 4 (112). – С. 16–24.

230. Повестка дня в области устойчивого развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/>

231. Полномошнова, О. М. Формирование системы стратегического планирования развития наукоемких предприятий в условиях реализации Национальной технологической инициативы: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Полномошнова Олеся Максимовна. – Воронеж, 2020. – 22 с.

232. Полонский, А. М. Импортозамещение программного обеспечения и организация обучения студентов с использованием отечественного или свободного программного обеспечения / А. М. Полонский // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2022. – № 2. – С. 65–82.

233. Пономарева, С. В. Перспективы применения быстрореагирующего и безотходного производства в деятельности промышленных предприятий / С. В. Пономарева, А. А. Жигит // *European Social Science Journal*. – 2018. – № 7–1. – С. 111–117.

234. Пономарева, С. В. Разработка базы данных для автоматизации управленческих бизнес-процессов промышленных предприятий в условиях цифровизации экономики Российской Федерации / С. В. Пономарева, Д. И. Серебрянский, Т. А. Мустафаев // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. – 2019. – Т. 12. – № 4. – С. 67–77.

235. Предварительные результаты мониторинга деятельности технологических платформ за период 2015-2019 годы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=356302>

236. Преображенский, Б. Г. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики / Б.Г. Преображенский, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева // *Регион: системы, экономика, управление*. – 2020. – № 4 (51). – С. 37–48.

237. Пришляк, М. В. Импортзамещение в промышленном комплексе региона (на примере Курской области) / М. В. Пришляк, Е. А. Бессонова // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. – 2019. – Т. 9. – № 1 (30). – С. 65–72.

238. Псарева, Н. Ю. Технологии управления цепями поставок нефтехимической продукции в условиях цифровизации / Н. Ю. Псарева, М. В. Шинкевич // *Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий)*. – 2021. – № 1 (50). – С. 45–51.

239. Пулинг: формирование замкнутой цепи поставок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.retail.ru/rbc/pressreleases/chep-rus-puling-formirovanie-zamknutoy-tsepi-postavok/>

240. Пустохина, И. В. Организация и управление цепями поставок в логистических кластерах: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Пустохина Ирина Валерьевна. – Москва, 2015. – 27 с.

241. Пушкарева, М. Б. Особенности архитектуры холархических производственных систем в интеллектуальных промышленных производственных системах / М. Б. Пушкарева // Экономика и управление в машиностроении. – 2013. – № 6. – С. 7–11.

242. Пушкин, П. Ю. Обоснование необходимости перехода АСУ на отечественное программное обеспечение / П. Ю. Пушкин, П. И. Карасев, М. Ю. Титов, А. Г. Иванов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2022. – № 6. – С. 36–40.

243. Рахмангулов, А. Н. Методологические основы организации функционирования железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем: автореф. дис. ... докт. тех. наук: 05.22.01 / Рахмангулов Александр Нельевич. – Москва, 2013. – 48 с.

244. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. / Росстат. – М., 2021. – 1112 с.

245. Редькина, Т. М. Управление развитием современных производственных систем в стратегии формирования инновационной экономики: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Редькина Татьяна Марковна. – Санкт-Петербург, 2021. – 42 с.

246. Рейтинг: Разработчики и поставщики российских ИКТ-решений 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.cnews.ru/reviews/importozameshchenie\\_2022/review\\_table/156e8a7d05d342c4e97260621dee9b298731e243](https://www.cnews.ru/reviews/importozameshchenie_2022/review_table/156e8a7d05d342c4e97260621dee9b298731e243)

247. Рейтинговое агентство ЭРА. Портал экологического раскрытия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://open-era.ru/>

248. Рожкова, Д. Ю. Выявление особенностей инновационной модели компании Google / Д. Ю. Рожкова, Буй Фыонг Ань, Н. К. Рожкова // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2018. – № 4 (26). – С. 63–68.

249. Росляков, П. В. Нормативное и правовое регулирование внедрения наилучших доступных технологий в российской теплоэнергетике / П. В. Росляков, О. Е. Кондратьева, Д. О. Скобелев, Т. В. Гусева, А. Mikaelsson // Теплоэнергетика. – 2020. – № 10. – С. 58–67.

250. Самарская, Е. А. Раймон Арон. «Идеально-типический» метод рассмотрения индустриальных обществ / Е. А. Самарская // Философия и культура. – 2014. – № 10 (82). – С. 1441–1449.

251. Сафронова, Н. Нам нужна не замена, а альтернатива. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bricsmagazine.com/ru/articles/nam-nuzhna-ne-zamena-a-alternativa>

252. Селиверстов, Ю. И. Западным санкциям Россия должна противопоставить импортозамещение и инновации / Ю. И. Селиверстов, Е. Н. Чижова // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 5–3. – С. 442–449.

253. Сечко, Н. Н. Роль малых и средних предприятий в формировании национальной инновационной системы / Н. Н. Сечко // Социологические исследования. – 2008. – № 9 (293). – С. 52–58.

254. СИБУР диджитал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sibur.digital>

255. Скобелев, Д. О. Политика повышения ресурсной эффективности для обеспечения устойчивого развития российской промышленности: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Скобелев Дмитрий Олегович. – Апатиты, 2021. – 40 с.

256. Смицких, К. В. Оценка влияния факторов на эффективность деятельности предприятий стройиндустрии / К. В. Смицких, Т. В. Терентьева // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2013. – № 2 (120). – С. 229–239.

257. Сотников, А. А. Инфраструктурные вопросы развертывания национальной технологической инициативы в Калужской области / А. А. Сотников, М. В. Иванова // Инновации. – 2018. – № 5 (235). – С. 82–85.

258. Старикова, М. С. Анализ детерминант конкурентоспособности промышленных систем в условиях неоиндустриальной трансформации / М. С. Старикова, А. А. Рудычев, А. М. Алахмад // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13. – № 7. – С. 2127–2146.



259. Степаненко, Ю. В. Административные барьеры как сдерживающий фактор реализации национальной технологической инициативы / Ю. В. Степаненко // Актуальные проблемы административного права и процесса. – 2018. – № 3. – С. 62–65.
260. Сток, Дж. Р. Стратегическое управление логистикой: пер. с 4-го англ. изд. / Дж. Р. Сток, Д. М. Ламберт. – М.: ИНФРА-М, 2005. 797 с.
261. Стратегии замкнутого цикла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://card.spb.hse.ru/mirror/pubs/share/373411814.pdf>.
262. Строителева, Т. Г. Факторы роста эффективности производства и снижения издержек // Экономика. Профессия. Бизнес. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 77–80.
263. Сучков, М. А. Принципы управления криптоданными в рамках инновационного развития информационной среды предприятия / М. А. Сучков, Ф. Ф. Галимулина // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 5 (107). – С. 152–154.
264. Сычева, К. Г. Поддержка цифровизации импортозамещения России в санкционном контексте / К. Г. Сычева // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2022. – № 3. – С. 142–159.
265. Тарновский, В. В. Проектное управление в условиях цифровой экономики: современные тенденции и перспективы / В. В. Тарновский, А. В. Полянин, И. Г. Паршутина, И. Л. Авдеева // Вестник ОрелГИЭТ. – 2018. – № 3 (45). – С. 150–157.
266. Текущее развитие проектов в сфере цифровой экономики в регионах России: аналитический доклад / Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/23243.pdf>
267. Терехин, Д. В. Теоретические и методологические основы эффективности развития промышленного комплекса региона: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Терехин Дмитрий Валерьевич. – Москва, 2006. – 41 с.
268. Тироль, Ж. Рынки и рыночная власть: теория организации промышленности: в 2-х т. / Ж. Тироль; под ред. В. М. Гальперина и Н. А. Зенкевича; пер. с англ. – СПб.: Экономическая школа, 2000. – Т. 1. – 328 с.

269. Тополева, Т. Н. Локализация производства: международный опыт и императивы России в условиях санкционного режима / Т. Н. Тополева // *Управленческие науки*. – 2022. – Т. 12. – №2. – С. 6–20.

270. Тополева, Т. Н. Экономическая интеграция в промышленности: теоретико-методологический аспект / Т. Н. Тополева // *Вестник НГИЭИ*. – 2019. – № 1 (92). – С. 138–148.

271. Третьякова, Л. А. Формирование концепции когнитивных технологий управления инновациями в социально-экономических системах / Л. А. Третьякова, Н. И. Лаврикова // *Управленческий учет*. – 2022. – № 4–1. – С. 81–86.

272. Трифонов, П. В. Роль глобальных цепей добавленной стоимости в развитии международной торговли и логистики / П. В. Трифонов // *Сборник материалов 24-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления – 2019»*; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Государственный университет управления. – М.: Государственный университет управления, 2020. – С. 335–338.

273. Трофимов, О. В. Методология формирования стратегии инновационного развития промышленных предприятий в условиях модернизации экономики: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Трофимов Олег Владимирович. – Н. Новгород, 2011. – 47 с.

274. Тюкавкин, Н. М. Экономические процессы развития инноваций на базе национальной технологической инициативы // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*. – 2020. – Т. 11. – № 3. – С. 27–34.

275. Тюков, Н. А. Конвергентные технологии как новейшее направление в развитии нефтегазовой промышленности / Н. А. Тюков, А. А. Тюков, С. Э. Гейдаров, В. С. Кудряшов, А. Л. Немчинова // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. – 2020. – № 2 (70). – С. 14–20.

276. Фальцман, В. К. Технологические суверенитеты России. Статистические измерения / В. К. Фальцман // *Современная Европа*. – 2018. – № 3 (82). – С. 83–91.

277. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>
278. Федеральная таможенная служба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://customs.gov.ru/statistic>
279. Фияксель, Р. Э. Модель открытых инноваций как метод повышения конкурентоспособности экономики РФ / Р. Э. Фияксель, В. В. Волошин // Инновации. – 2014. – № 5. – С. 25–29.
280. Флейшман, Б. С. Основные идеи теории потенциальной эффективности / Б. С. Флейшман // Сборник материалов международного симпозиума «Инженерная экология – 2021». – М.: РНТОРЭС им. А.С. Попова, 2021. – С. 11–17.
281. Флек, М. Б. Совершенствование организации высокотехнологичных производств: индустриальная модель / М. Б. Флек, И. В. Богуславский, Е. А. Угнич // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – В. 18. – № 1–2. – С. 342–348.
282. Фомин, Р. В. Институциональная ловушка модернизации региональной социально-экономической политики Южного федерального округа в условиях цифровизации экономики / Р. В. Фомин // Современная экономика: проблемы и решения. – 2020. – № 3 (123). – С. 186–196.
283. Френкель, А. А. 2021: стагфляция или технологический суверенитет – иного не дано! / А. А. Френкель, Б. И. Тихомиров, А. А. Сурков // Экономические стратегии. – 2022. – №2 (182). – С. 86–91.
284. Хайруллина, М. В. Персонал в системе непрерывных улучшений производственных систем (инструмент кайдзен) / М. В. Хайруллина, О. А. Кислицына // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 607–618.
285. Химченко, А. И. Нейтральность цифровых платформ как составляющая информационного суверенитета / А. И. Химченко // Информационное право. – 2021. – № 3. – С. 15–19.
286. Хэй, Д. Теория организации промышленности: в 2 т. / Д. Хэй, Д. Моррис; под ред. А. Г. Слуцкого; пер. с англ. – СПб.: Экономическая школа, 1999. – Т. 2. – 592 с.

287. Цветаев, С. С. Методы и инструменты повышения эффективности информационных систем управления промышленным холдингом: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Цветаев Сергей Сергеевич. – Белгород, 2013. – 21 с.

288. Центр раскрытия корпоративной информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e-disclosure.ru>

289. Цыбуков, С. И. Реализация инжиниринговых проектов на базе научно-производственного консорциума. пример проекта «Сани» – от идеи до изделия за четыре месяца / С. И. Цыбуков, С. П. Козлова, А. В. Дынина, Е. В. Орлова, Н. А. Пиликов // Инновации. – 2018. – № 11 (241). – С. 3–7.

290. Чавез, Ф. К. Й. Анализ возможности репатриации вывезенных капиталов для поддержки проектов в сфере «зеленой» экономики: опыт Боливии / Ф. К. Й. Чавез // Экономика природопользования. – 2018. – № 2. – С. 38–52.

291. Червяков, Л. М. Производственные системы. Уровень «интеллекта» / Л. М. Червяков, А. В. Олейник, Н. А. Бычкова // Вестник машиностроения. – 2019. – № 11. – С. 80–82.

292. Чернова, В. Ю. Экспортоориентированное импортозамещение в пищевой промышленности как элемент углубления интеграции в рамках ЕАЭС / В. Ю. Чернова // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2018. – № 2 (35). – С. 40–47.

293. Чесбро, Г. Открытые инновации: создание прибыльных технологий / Г. Чесбро; пер. с англ. В. Н. Егорова. – М.: Поколение, 2007. – 336 с.

294. Чижова, Е. Н. Актуализация модели потенциальности предприятия и ее использование для управления его эффективностью / Е. Н. Чижова, О. Б. Бендерская // Экономика. Информатика. – 2023. – Т. 50. – № 2. – С. 313–325.

295. Чижова, Е. Н. Интегральная эффективность системы управления промышленным предприятием / Е. Н. Чижова, М. В. Шевченко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 1. – С. 95–99.

296. Чиналиев, В. У. Формирование и реализация политики импортозамещения в промышленности России: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Чиналиев Владимир Улукбекович. – Москва, 2016. – 39 с.

297. Чубик, М. П. «Зеленые» технологии и их роль в ситуации ресурсного кризиса / М. П. Чубик // Сборник научных трудов конференции «Трансформация научных парадигм и коммуникативные практики в информационном социуме»: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2013. – С. 181–182.

298. Чубик, М. П. Идеология ресурсоэффективных технологий как элемент концепции устойчивого развития и основание стратегии «зеленого» прорыва / М. П. Чубик // Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Коммуникативные аспекты языка и культуры»: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2014. – С. 16–22.

299. Чубик, М. П. Понятийная база стратегии «зеленого» развития / М. П. Чубик // Сборник научных трудов конференции «Трансформация научных парадигм и коммуникативные практики в информационном социуме»: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2013. – С. 382–384.

300. Чуркина, Н. С. Развитие сетевых структур: от внутренних рынков к платформизации / Н. С. Чуркина, Д. А. Степаненко // Стратегии бизнеса. – 2020. – Т. 8. – № 8. – С. 219–222.

301. Шаймиева, Э. Ш. Методология формирования, развития и управления технологическими инновациями в процессе модернизации промышленности мезосистем: автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Шаймиева Эльмира Шамилевна. – Казань, 2012. – 56 с.

302. Шафронов, А. Д. Оценка и факторы эффективности аграрной экономики (теория, методология, практические аспекты): автореф. дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Шафронов Александр Дмитриевич. – Нижний Новгород, 2004. – 43 с.

303. Шевченко, С. Ю. Персонализация в медицине: философско-методологический анализ: автореф. дис. ... канд. фил. наук: 09.00.08 / Шевченко Сергей Юрьевич. – М., 2018. – 30 с.

304. Шефер, Е. В. Реализация импортозамещения в машиностроительном комплексе на основе экономической коллаборации (на примере Калининградского машиностроительного комплекса): автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Шефер Елена Викторовна. – Челябинск, 2021. – 24 с.

305. Шинкевич, А. И. Алгоритм выявления лучшей практики организации производственных систем в условиях устойчивого развития и технологической модернизации / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, Л. Р. Мухаматгалеева // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24926 от 22.11.2021. ОФЭРНиО.

306. Шинкевич, А. И. Алгоритм реализации бенчмаркинга уровня экологизации нефтехимических предприятий / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, Н. В. Барсегян, И. А. Райский // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24944 от 21.12.2021. ОФЭРНиО.

307. Шинкевич, А. И. Диагностика импортонезависимости промышленного предприятия / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, Н. В. Барсегян. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022680491, 02.11.2022. Заявка № 2022669489 от 24.10.2022.

308. Шинкевич, А. И. Закономерности формирования инновационных сетей в условиях экономики замкнутого цикла / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, С. А. Башкирцева // Вестник университета. – 2022. – № 8. – С. 51–59.

309. Шинкевич, А. И. Инфраструктурное обеспечение современной модели модернизации экономики: монография / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, И. А. Зарайченко, И. В. Зимина, А. А. Лубнина, И. В. Жуковская, Т. В. Малышева; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. – 164 с.

310. Шинкевич, А. И. Модели диффузии инноваций в контексте неoinституциональной теории / А. И. Шинкевич, Ч. А. Мисбахова, Ф. Ф. Галимулина // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2015. – № 2. – С. 43–47.

311. Шинкевич, А. И. Модель оценки экологической нейтральности жизненного цикла нефтехимического производства / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021681815, 27.12.2021. Заявка № 2021680686 от 15.12.2021.

312. Шинкевич, А. И. О моделировании видов экономической деятельности в контексте устойчивого инновационного развития высокотехнологичных мезоэкономических систем / А. И. Шинкевич, А. А. Лубнина, Ф. Ф. Галимулина // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – №13. – С. 249–254.

313. Шинкевич, А. И. Перспективы аутсорсинга в контексте инновационного развития отраслей экономики России / А. И. Шинкевич, А. А. Фаррахова, Ф. Ф. Галимулина // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы модернизации и посткризисное развитие современного общества (экономика, социология, философия, право)». – Саратов, 2012. – С. 191–192.

314. Шинкевич, А. И. Перспективы развития российских технологических платформ в легкой промышленности / А. И. Шинкевич, А. А. Лубнина, Ф. Ф. Галимулина // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – №17. – С. 348–349.

315. Шинкевич, А. И. Платформизация институциональных взаимодействий в условиях стимулирования инноваций в промышленности / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина // Вестник университета. – 2021. – № 8. – С. 58–64.

316. Шинкевич, А. И. Повышение инновационной активности в энерго- и ресурсосбережении на основе концепции «Технологических окон возможностей» / А. И. Шинкевич, И. А. Зарайченко // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №9. – С. 897–899.

317. Шинкевич, А. И. Программная реализация типологизации производственных систем по уровню устойчивого развития на основе построения дерева решений / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, Р. Р. Зарипова // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24927 от 25.11.2021. ОФЭРНиО.

318. Шинкевич, А. И. Пути повышения эффективности организации производственных процессов на нефтехимических предприятиях за счет применения систем автоматизации / А. И. Шинкевич, Н. В. Барсегян // Русский инженер. – 2019. – №4. – С.48-51.

319. Шинкевич, А. И. Развитие системы менеджмента качества в проектах на фоне глобальных трансформаций / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, И. А. Зарайченко // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 12. – С. 107–115.

320. Шинкевич, А. И. Реализация циркулярной модели развития промышленных мезосистем в России / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, Л. Н. Иванова // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – №10. – С. 89–94.

321. Шинкевич, А. И. Роль национальной технологической инициативы в развитии научной и инновационной деятельности / А. И. Шинкевич, Н. В. Барсегян // Управление устойчивым развитием. – 2018. – №1 (14). – С.16–23.

322. Шинкевич, А. И. Роль предпринимательства в реализации национальной технологической инициативы / А. И. Шинкевич, М. В. Шинкевич // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2018. – № 12 (118). – С. 96.

323. Шинкевич, А. И. Система оценки развития человеческого капитала инновационных промышленных предприятий / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, Р. П. Якунина, Л. А. Горбач // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24637 от 17.10.2020. ОФЭРНиО.

324. Шинкевич, А. И. Сотрудничество науки и бизнеса в рамках европейских технологических платформ / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина // Сборник статей II Международной научно-практической конференции «Модели инновационного развития текстильной и легкой промышленности на базе интеграции университетской науки и индустрии. Образование-наука-производство». – Казань, 2016. – С. 145–151.

325. Шинкевич, А. И. Стимулирование инновационных предпринимательских сетей на базе технологических платформ / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина



// Труды международной научно-практической конференции «Модернизация экономики и формирование технологических платформ (ИНПРОМ – 2011)». – СПб., 2011. – С. 74–79.

326. Шинкевич, А. И. Технологические «окна возможностей»: управление транзакционными издержками инновационного развития / А. И. Шинкевич, М. В. Шинкевич, И. А. Зарайченко // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 3. – С. 207–214.

327. Шинкевич, А. И. Трансформация подходов к эффективности промышленных систем в эпоху технологического суверенитета: монография / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2023. – 104 с.

328. Шинкевич, А. И. Укрепление технологического суверенитета России на основе кооперации в эпоху глобальных экономических преобразований / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, С. А. Башкирцева // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2023. – № 3. – С. 66–73.

329. Шинкевич, А. И. Управление инновационными проектами в цепях поставок / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, Е. А. Тимофеев // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2017. – № 4. – С. 46–51.

330. Шинкевич, А. И. Управление институциональными ловушками в рамках трехспиральной модели инноваций в сфере химической технологии / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина / Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – №9. – С. 311–312.

331. Шинкевич, А. И. Управление открытыми национальными инновационными системами в экономике знаний: монография / А. И. Шинкевич, С. С. Кудрявцева. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 207 с.

332. Шинкевич, А. И. Управление рисками в сфере энерго- и ресурсосбережения химии и технологии полимерных и композиционных материалов на основе сбалансированных показателей / А. И. Шинкевич, А. А. Лубнина // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 4. – С. 292–296.

333. Шинкевич, А. И. Экономические модели устранения институциональных разрывов между наукой и производством / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, А. А. Лубнина, Ч. А. Мисбахова // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2016. – №3. – С. 36–42.

334. Шинкевич, А. И. Эффект от внедрения технологических платформ в сфере химических технологий / А. И. Шинкевич, Ф. Ф. Галимулина, А. А. Лубнина // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2014. – № 4. – С. 33–36.

335. Ширенбек, Х. Банковский менеджмент, ориентированный на доход: измерение доходности и риска в банковском бизнесе / Х. Ширенбек, М. Листер, Ш. Кирмсе [пер. с нем.]. – М.: Олимп-Бизнес, 2019. – 956 с.

336. Шкарупета, Е. В. Формирование корпоративной инновационной экосистемы на основе модели открытых инноваций / Е. В. Шкарупета, А. И. Казарцева // Организатор производства. – 2020. – Т. 28. – № 1. – С. 91–98.

337. Шумпетер, Й. А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й. А. Шумпетер; [предисл. В.С. Автономова; пер. с нем. В.С. Автономова, М. С. Любского, А. Ю. Чепуренко; пер. с англ. В. С. Автономова, Ю. В. Автономова, Л. А. Громовой, К. Б. Козловой, Е. И. Николаенко, И. М. Осадчей, И. С. Семененко, Э. Г. Соловьева]. – М.: Эксмо, 2008. – 864 с.

338. Экологические профессии будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wwf.ru/resources/ekoprofessii/>

339. Электронный фонд консорциума «Кодекс». Правила определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420242688>

340. Ярлыченко, А. А. Моделирование экономического развития на основе реализации политики инновационного импортозамещения: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Ярлыченко Алла Александровна. – Казань, 2018. – 25 с.

341. Яшин, С. Н. Метаэвристические алгоритмы в управлении инновациями: монография / С. Н. Яшин, Н. И. Яшина, Е. В. Кошелев, А. А. Иванов. – Нижний Новгород: ООО «Печатная Мастерская РАДОНЕЖ», 2023. – 200 с.

342. Яшин, С. Н. Методика комплексной оценки эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий на основе формирования системы экономических показателей / С. Н. Яшин, Т. М. Крюкова // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2010. – № 1 (80). – С. 251–258.

343. Яшин, С. Н. Реализация концепции открытых инноваций в регионах на базе платформенного подхода / С. Н. Яшин, Н. И. Яшина, Ю. В. Захарова, М. В. Оранова // Креативная экономика. – 2020. – Т. 14. – № 11. – С. 2803–2810.

344. Adesanya, A. Predicting extrusion process parameters in Nigeria cable manufacturing industry using artificial neural network / A. Adesanya, A. Abdulkareem, L. M. Adesina // Heliyon. – 2020. – Vol. 6 (7). – Article e04289.

345. Batura, O. Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty / O. Batura, M. Flickenschild, T. Ramahandry, V. Bonneau, E. Bani, N. Vlasov, N. Tcholtchev, P. Lämmel, M. Boerger. – 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/697184/EPRS\\_STU\(2021\)697184\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/697184/EPRS_STU(2021)697184_EN.pdf)

346. Blasini, B. The role of communicators in innovation clusters / B. Blasini, R. J. Dang, T. Minshall, L. Mortara // Strategy and Communication for Innovation: Integrative Perspectives on Innovation in the Digital Economy. – 2017. – P. 185–203.

347. Carbon Disclosure Project [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cdp.net/en>

348. Cehlar, M. The structural role of convergent technologies in the modern economy / M. Cehlar // Экономика и управление инновациями. – 2019. – Vol. 3 (10). – P. 24–31.

349. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0075>

350. Dli, M. Assessment of the technological process condition based on the assembly of deep recurrent neural networks / M. Dli, A. Puchkov, T. Kakatunova // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2020. – Vol. 12412. – P. 393–402.

351. Dyrdonova, A. N. Issues of industrial production environmental safety in modern economy / A. N. Dyrdonova, A. I. Shinkevich, F. F. Galimulina, T. V. Malysheva, I. A. Zaraychenko, V. I. Petrov, M. V. Shinkevich // *Ekoloji*. – 2018. – Vol. 27(106). – P. 193–201.

352. Edler, J. Technology Sovereignty: from demand to concept / J. Edler, K. Blind, R. Frietsch, S. Kimpeler, H. Kroll, C. Lerch, T. Reiss, F. Roth, T. Schubert, J. Schuler, R. Walz. – Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/publikationen/technology\\_sovereignty.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/publikationen/technology_sovereignty.pdf)

353. Emerson, H. The twelve principles of efficiency / H. Emerson. – New York: The Engineering magazine, 1912. – 423 p.

354. Galimulina, F. F. Development of the financial flow model for the sustainable development of an industrial enterprise / F. F. Galimulina, M. V. Shinkevich, N. V. Barsegyan // *Journal of Risk and Financial Management*. – 2023. – Vol. 16(2). – Article 128.

355. Galimulina, F. F. Models for Elimination of Institutional Gaps within the Innovation Activity / F. F. Galimulina, A. I. Shinkevich, V. V. Avilova, G. M. Kharisova, E. L. Vodolazhskaya, I. V. Lushchik, E. V. Novikova // *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*. – 2017. – Vol. 8. – I. 4. – P. 1374–1380.

356. Galimulina, F. F. Rationalization of water supply management in industry within the framework of the concept of sustainable development / F. F. Galimulina, I. A. Zaraychenko, A. A. Farrakhova, C. A. Misbakhova // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – Vol. 890(1). – Article No: 012177.

357. Galimulina, F. F. Technology platforms as an efficient tool to modernize Russia's Economy / F. F. Galimulina, A. I. Shinkevich, I. P. Komissarova, A. N. Mayorova, I. A. Astafyeva, N. V. Klimova, K. R. Nabiullina, I. V. Zhukovskaya //

International Journal of Economics and Financial Issues. – 2016. – Vol. 6 (1). – P. 163–168.

358. Gersbach, H. Permit Markets, Carbon Prices and the Creation of Innovation Clusters / H. Gersbach, M.-C. Riekhof // Resource and Energy Economics. – 2021. – Article 101229.

359. Global Innovation Index 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.wipo.int/global\\_innovation\\_index/en/2022/](https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2022/)

360. Globerman, S. Canadian science policy and technological sovereignty / S. Globerman // Canadian Public Policy. – 1978. – №4(1). – P. 34–45.

361. Goldratt, E. M. What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented? / E. M. Goldratt. – Great Barrington, Massachusetts: The North River Press, 1990. – 162 p.

362. Grant, P. Technological sovereignty: forgotten factor in the «hi-tech» razzamatazz / P. Grant // Prometheus. – 1983. – №1(2). – P. 239–270.

363. Guide, J. The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research / J. Guide, L. Wassenhove // Operations research. – 2009. – Vol. 57. – P. 10–18.

364. Guo, L. Windows of Opportunity, Technological Innovation and Globalization: A Framework of Huawei's Global Catch-up / L. Guo, M. Y. Zhang, M. Dodgson, D. Gann, C. Hong // Academy of Management: Annual Meeting Proceedings. – 2016. – 2016(1). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journals.aom.org/doi/pdf/10.5465/ambpp.2016.66>

365. Hidayatno, A. A Conceptualization of Renewable Energy-Powered Industrial Cluster Development in Indonesia / A. Hidayatno, A. R. Destyanto, B. A. Handoyo // Energy Procedia. – 2019. – Vol. 156. – P. 7–12.

366. ITPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itps.com/company/>

367. Kalenoja, H. Indicators of energy efficiency of supply chains / H. Kalenoja, E. Kallionpää, J. Rantala // International Journal of Logistics. – 2011. – Vol. 14(2). – P. 77–95.

368. Kudryavtseva, S. S. Modeling the management system of open innovation in the transition to E-economy / S. S. Kudryavtseva, F. F. Galimulina, I. A. Zaraychenko,

N. V. Barsegyan // Modern Journal of Language Teaching Methods. – 2018. – Vol. 8. – I. 10. – P. 163–171.

369. Kwan, C. H. China: Wrong part of the smiling curve // Asia Times. – 2002. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20021003135853/http://www.atimes.com/atimes/China/DJ04Ad01.html>

370. Lamba, K. Big data in operations and supply chain management: current trends and future perspectives / K. Lamba, S. P. Singh // Production Planning and Control. – 2017. – No. 28(11–12). – P. 877–890.

371. Leibenstein, H. Allocative Efficiency vs. «X-Efficiency» / H. Leibenstein // The American Economic Review. – 1966. – Vol. 56. – Issue 3. – P. 392–415.

372. Leite Coelho da Silva, F. Statistical and Artificial Neural Networks Models for Electricity Consumption Forecasting in the Brazilian Industrial Sector / F. Leite Coelho da Silva, K. da Costa, P. Canas Rodrigues, R. Salas, J. L. López-Gonzales, // Energies. – 2022. – Vol. 15. – Article 588.

373. Li, G. Detecting cyberattacks in industrial control systems using online learning algorithms / G. Li, Y. Shen, P. Zhao, X. Lu, J. Liu, Y. Liu, S. C. H. Hoi // Neurocomputing. – 2019. – Vol. 364. – P. 338–348.

374. Longo, L. A neural network ensemble approach for GDP forecasting / L. Longo, M. Riccaboni, A. Rungi // Journal of Economic Dynamics and Control. – 2022. – Vol. 134. – Article 104278.

375. Lubnina, A. A. Implementing new technologies and program products in the ecologic sphere of oil and gas chemical complexes / A. A. Lubnina, F. F. Galimulina, G. R. Garipova, V. V. Bronskaya, O. S. Kharitonova // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1399(3). – Article No: 033091.

376. Marchi, B. Supply Chain Management for Improved Energy Efficiency: Review and Opportunities / B. Marchi, S. Zanoni // Energies. – 2017. – Vol. 10(10). – P. 1618.

377. Matyushenko, I. Organic combination of converging NBIC-technologies and smart temp advanced technologies of Industry 4.0 / I. Matyushenko, O. Azarenkova // Industry 4.0. – 2019. – Vol. 4. – Issue 1. – P. 11–14.

378. Meshalkin, V. P. Modes of functioning of the automated system «pipeline» with integrated logistical support of pipelines and vessels of industrial enterprises / V. P. Meshalkin, E. R. Moshev // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. – 2015. – Vol. 44. – No 7. – P. 580-592.
379. Mo, C. Structural characteristics of industrial clusters and regional innovation / C. Mo, C. He, L. Yang // *Economics Letters*. – 2020. – Vol. 188. – Article 109003.
380. Modus BI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://modusbi.ru/>
381. Mudambi, R. Location, control and innovation in knowledge-intensive industries / R. Mudambi // *Journal of Economic Geography*. – 2008. – № 8(5). – P. 699–725.
382. Nordhaus, W. D. An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases / W. D. Nordhaus // *Science*. – 1992. – Vol. 258. – P. 1315–1319.
383. Oliver, R. K. Supply Chain Management: Logistics catches up with strategy / R. K. Oliver, M. D. Webber // *Outlook*. – 1982. – Vol. 5(1). – P. 42-47.
384. Pan, Y.A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management / Y. Pan, L. Zhang // *Automation in Construction*. – 2021. – Vol. 124. – Article 103564.
385. Papadopoulos, T. Big data and analytics in operations and supply chain management: managerial aspects and practical challenges / T. Papadopoulos, A. Gunasekaran, R. Dubey, S. Fosso Wamba // *Production Planning and Control*. – 2017. – No. 28(11–12). – P. 873–876.
386. Perez, C. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity / C. Perez, L. Soete // *Technical Change and Economic Theory*; edited by G. Dosi. – London and New York: Columbia University Press and Pinter, 1988. – P. 458–479.
387. Ramos, D. Industrial Facility Electricity Consumption Forecast Using Artificial Neural Networks and Incremental Learning / D. Ramos, P. Faria, Z. Vale, J. Mourinho, R. Correia // *Energies*. – 2020. – Vol. 13. – Article 4774.
388. Ren, S. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: a framework, challenges and future

research directions / S. Ren, Y. Zhang, Y. Liu, T. Sakao, D. Huisingh, C.M.V.B. Almeida // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 210. – P. 1343–1365.

389. RN Digital [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rn.digital/rngrid/>

390. Romer, P. M. Endogenous Technological Change / P. M. Romer // *The Journal of Political Economy*. – 1990. – Vol. 98. – No. 5. – P. S71–S102.

391. Roco, M. C. Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science / M. C. Roco, W. S. Bainbridge; National Science Foundation. – Arlington, 2002. – 468 p.

392. Rostow, W. W. The stages of economic growth / W. W. Rostow // *The Economic History Review, New Series*. – 1959. – Vol. 12. – №1. – P. 1–16.

393. Roumate, F. Ethics on ai and technological sovereignty / F. Roumate // *Communications. Media. Design*. – 2021. – Vol. 6. – No. 4. – P. 139–151.

394. SCOR Digital Standart [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scor.ascm.org/processes/introduction>

395. Seawram, S. Specific heat capacity prediction of hybrid nanofluid using artificial neural network and its heat transfer application / S. Seawram, P. Nimmanterdwong, T. Sema, R. Piemjaiswang, B. Chalermssinsuwan, // *Energy Reports*. – 2022. – Vol. 8(16). – P. 8–15.

396. SenSef [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sensef.io/>

397. Shakib, M. D. Using system dynamics to evaluate policies for industrial clusters development // *Computers & Industrial Engineering*. – 2020. – Vol. 147. – Article 106637.

398. Shinkevich, A. I. Computer analysis of energy and resource efficiency in the context of transformation of petrochemical supply chains / A. I. Shinkevich, F. F. Galimulina, Y. S. Polozhentseva, A. A. Yarlychenko, N. V. Barsegyan // *International Journal of Energy Economics and Policy*. – 2021. – Vol. 11(3). – P. 529–536.

399. Shinkevich, A. I. Directions of Development of Human Capital of Innovative Petrochemical Enterprises / E. L. Vodolazhskaya, J. A. Abutalipova, R. P. Yakunina,



F. F. Galimulina, Ch. A. Misbachova // Revista San Gregorio. – 2020. – Vol. 42. – P. 306–318.

400. Shinkevich, A. I. Features of integrative relations between science, state and industry in Russia and abroad / A. I. Shinkevich, F. F. Galimulina, V. O. Moiseyev, V. V. Avilova, K. S. Kuramshina, I. I. Ishmuradova, L. A. Ponkratova, V. L. Grankina // International Review of Management and Marketing. – 2016. – Vol. 6. – P. 142–148.

401. Shinkevich, A. I. Forecasting the Efficiency of Innovative Industrial Systems Based on Neural Networks / A. I. Shinkevich, I. G. Ershova, F. F. Galimulina // Mathematics. – 2023. – Vol. 11(1). – Article 164.

402. Shinkevich, A. I. Innovative Mesosystems Algorithm for Sustainable Development Priority Areas Identification in Industry Based on Decision Trees Construction / A. I. Shinkevich, I. G. Ershova, F. F. Galimulina, A. A. Yarlychenko // Mathematics. – 2021. – Vol. 9(23). – Article 3055.

403. Shinkevich, A. I. Key directions of automation of petrochemical production / A. I. Shinkevich, N. V. Barsegyan, A. N. Dyrdonova, N. Y. Fomin // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1515. – Article 022016.

404. Shinkevich, A. I. Optimization of Energy Consumption in Chemical Production Based on Descriptive Analytics and Neural Network Modeling / A. I. Shinkevich, T. V. Malysheva, Y. V. Vertakova, V. A. Plotnikov // Mathematics. – 2021. – Vol. 9. – Article 322.

405. Shinkevich, A. I. Reserves for improving the efficiency of petrochemical production on the basis of Industry 4.0 / A. I. Shinkevich, N. V. Barsegyan, M. V. Shinkevich, S. S. Ostanina, F. F. Galimulina, M. E. Nadezhdina // E3S Web of Conferences. – 2019. – Vol. 124. – Article No: 04006.

406. Shinkevich, A. I. Research on the impact of digital services on the economic performance of industrial enterprises / A. I. Shinkevich, S. V. Kiselev, F. F. Galimulina // Lecture Notes in Information Systems and Organisation. – 2021. – Vol. 44. – P. 75–86.

407. Shinkevich, M. V. Cooperation of Science and Business in Order to Organize High-Tech Production in the Regions of the Russian Federation / M. V. Shinkevich,

T. V. Malysheva, I. A. Raiskii, A. A. Lubnina, F. F. Galimulina, M. A. Agisheva // *Advances in Economics, Business and Management Research*. – 2019. – Vol. 131. – P. 162–167.

408. Shinkevich, M. V. Synergy of digitalization within the framework of increasing energy efficiency in manufacturing industry / M. V. Shinkevich, Y. V. Vertakova, F. F. Galimulina // *International Journal of Energy Economics and Policy*. – 2020. – Vol. 10(3). – P. 456–464.

409. Supply Chain Operations Reference Model. SCOR. Version 12.0. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.apics.org/docs/default-source/scor-training/scor-v12-0-framework-introduction.pdf?sfvrsn=2>

410. Suri, R. Quick Response Manufacturing: A Companywide Approach to Reducing Lead Times / R. Suri, J. Burke. – New York: Productivity Press, 1998. – 574 p.

411. Tambosi, S. S. V. Organisational learning capability and innovation: study on companies located in regional cluster / S. S. V. Tambosi, G. Gomes, M. Amal // *International Journal of Innovation Management*. – 2020. – № 24(6). – Article 2050057.

412. Tang, J. China's regional industrial two-stage system – Efficiencies and their influencing factors / J. Tang, Q. Wang, Y.-T. Chang // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – Vol. 249. – Article 119420.

413. The 2020 Scrum Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html#scrum-artifacts>

414. The British Standards Institution [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bsigroup.com/en-GB/>

415. The World Integrated Trade Solution (WITS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wits.worldbank.org>

416. Tuo, S. A Regional Industrial Economic Forecasting Model Based on a Deep Convolutional Neural Network and Big Data / S. Tuo, T. Chen, H. He, Z. Feng, Y. Zhu, F. Liu, C. Li // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13. – Article 12789.

417. UIBE GVC Indicators [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://v2.fangcloud.com/share/a26979974d538c7e5aeb24b55a?lang=en>

418. Unhelkar, B. Green Enterprise Architecture using Environmental Intelligence / B. Unhelkar // International Journal of Green Computing (IJGC). – 2011. – № 2(1). – P. 58–65.
419. Value added by activity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data.oecd.org/natincome/value-added-by-activity.htm>
420. Yström, A. Open for innovation? Practices supporting collaboration in Swedish regional clusters / A. Yström, H. Aspenberg // International Journal of Innovation Management. – 2017. – № 21(5). – Article 1740008.
421. Zhao, W. Prediction of CO2 Emission in China's Power Generation Industry with Gauss Optimized Cuckoo Search Algorithm and Wavelet Neural Network Based on STIRPAT model with Ridge Regression / W. Zhao, D. Niu // Sustainability. – 2017. – Vol. 9. – Article 2377.
422. Zhu, X. An energy-saving bottleneck diagnosis method for industrial system applied to circulating cooling water system / X. Zhu, F. Wang, D. Niu, Y. Guo, M. Jia // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 232. – P. 224–234.

**Объемы экспорта и импорта товаров РФ по товарным группам (по данным  
Федеральной таможенной службы)**

| Код<br>ТН ВЭД<br>ЕАЭС | Наименование<br>товарной группы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2012 год,<br>млн долл. США |         | 2021 год,<br>млн долл. США |          | Темп прироста,<br>% |        |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|----------------------------|----------|---------------------|--------|
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Экспорт                    | Импорт  | Экспорт                    | Импорт   | Экспорт             | Импорт |
| 27                    | Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки; битуминозные вещества; воски минеральные                                                                                                                                                                                                                                                        | 369 496,0                  | 4 050   | 268 805,2                  | 2 429,3  | -27,3               | -40,0  |
| 28                    | Продукты неорганической химии; соединения неорганические или органические драгоценных металлов, редкоземельных металлов, радиоактивных элементов или изотопов                                                                                                                                                                                       | 7 834,0                    | 3 296   | 6 035,8                    | 3 679,0  | -23,0               | 11,6   |
| 29                    | Органические химические соединения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4 515,0                    | 3 330   | 3 454,2                    | 5 860,2  | -23,5               | 76,0   |
| 30                    | Фармацевтическая продукция                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 635,0                      | 13 388  | 2 657,5                    | 13 794,9 | 318,5               | 3,0    |
| 31                    | Удобрения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 11 162,0                   | 63,6    | 12 503,6                   | 168,2    | 12,0                | 164,5  |
| 33                    | Эфирные масла и резиноиды; парфюмерные, косметические или туалетные средства                                                                                                                                                                                                                                                                        | 471,0                      | 3 609   | 991,4                      | 3 731,1  | 110,5               | 3,4    |
| 38                    | Прочие химические продукты                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 518,0                      | 2 863   | 1 168,7                    | 3 871,4  | 125,6               | 35,2   |
| 39                    | Пластмассы и изделия из них                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2 079,0                    | 11 420  | 6 182,6                    | 12 715,5 | 197,4               | 11,3   |
| 40                    | Каучук, резина и изделия из них                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3 951,0                    | 4 766   | 3 564,0                    | 4 837,4  | -9,8                | 1,5    |
| 44                    | Древесина и изделия из нее; древесный уголь                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 6 725,0                    | 1 203   | 11 852,9                   | 806,6    | 76,3                | -33,0  |
| 61                    | Предметы одежды и принадлежности к одежде, трикотажные машинного или ручного вязания                                                                                                                                                                                                                                                                | 75,9                       | 4 027,7 | 318,1                      | 4 016,9  | 319,1               | -0,3   |
| 62                    | Предметы одежды и принадлежности к одежде, кроме трикотажных машинного или ручного вязания                                                                                                                                                                                                                                                          | 123,0                      | 4 053   | 296,3                      | 3 934,1  | 140,9               | -2,9   |
| 64                    | Обувь, гетры и аналогичные изделия; их детали                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 102,0                      | 4 268   | 254,0                      | 3 656,5  | 149,0               | -14,3  |
| 71                    | Жемчуг природный или культивированный, драгоценные или полудрагоценные камни, драгоценные металлы, металлы, плакированные драгоценными металлами, и изделия из них; бижутерия; монеты                                                                                                                                                               | 13 816,0                   | 734     | 31 597,1                   | 1 144,2  | 128,7               | 55,9   |
| 72                    | Черные металлы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 22 588,0                   | 6 328   | 28 888,2                   | 5 940,6  | 27,9                | -6,1   |
| 73                    | Изделия из черных металлов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3 013,0                    | 7 593   | 3 993,6                    | 6 454,9  | 32,5                | -15,0  |
| 74                    | Медь и изделия из нее                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 5 785,0                    | 887     | 6 053,4                    | 1 735,8  | 4,6                 | 95,7   |
| 76                    | Алюминий и изделия из него                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 7 360,0                    | 1 701   | 8 577,8                    | 1 425,8  | 16,5                | -16,2  |
| 84                    | Реакторы ядерные, котлы, оборудование и механические устройства; их части                                                                                                                                                                                                                                                                           | 7 577,0                    | 57 560  | 10 858,2                   | 54 379,6 | 43,3                | -5,5   |
| 85                    | Электрические машины и оборудование, их части; звукозаписывающая и звуковоспроизводящая аппаратура, аппаратура для записи и воспроизведения телевизионного изображения и звука, их части и принадлежности                                                                                                                                           | 4 495                      | 35 436  | 6 173,4                    | 36 859,9 | 37,3                | 4,0    |
| 87                    | Средства наземного транспорта, кроме железнодорожного или трамвайного подвижного состава, и их части и принадлежности                                                                                                                                                                                                                               | 4 627,0                    | 44 567  | 3 887,6                    | 26 901,8 | -16,0               | -39,6  |
| 88                    | Летательные аппараты, космические аппараты, и их части                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4 415,0                    | 4 740   | 6 944,8                    | 11 129,5 | 57,3                | 134,8  |
| 89                    | Суда, лодки и плавучие конструкции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2 536,0                    | 1 391   | 1 913,5                    | 5 789,2  | -24,5               | 316,2  |
| 90                    | Инструменты и аппараты оптические, фотографические, кинематографические, измерительные, контрольные, прецизионные, медицинские или хирургические; их части и принадлежности                                                                                                                                                                         | 1 444,0                    | 10 445  | 1 690,6                    | 8 680,9  | 17,1                | -16,9  |
| 94                    | Мебель; постельные принадлежности, матрацы, основы матрацные, диванные подушки и аналогичные набивные принадлежности мебели; лампы и осветительное оборудование, в другом месте не поименованные или не включенные; световые вывески, световые таблички с именем или названием, или адресом и аналогичные изделия; сборные строительные конструкции | 442,0                      | 4 469   | 918,5                      | 3 889,0  | 107,8               | -13,0  |

## Условные обозначения регионов мира (согласно OECD)

| Сокращение | Полное наименование  | Сокращение | Полное наименование  |
|------------|----------------------|------------|----------------------|
| AUS        | Австралия            | ESP        | Испания              |
| AUT        | Австрия              | SWE        | Швеция               |
| BEL        | Бельгия              | CHE        | Швейцария            |
| CZE        | Чешская Республика   | TUR        | Турция               |
| DNK        | Дания                | GBR        | Великобритания       |
| FIN        | Финляндия            | CHL        | Чили                 |
| FRA        | Франция              | EST        | Эстония              |
| DEU        | Германия             | IND        | Индия                |
| GRC        | Греция               | IDN        | Индонезия            |
| HUN        | Венгрия              | RUS        | Российская Федерация |
| ISL        | Исландия             | SVN        | Словения             |
| IRL        | Ирландия             | ZAF        | Южная Африка         |
| ITA        | Италия               | EA         | Еврозона             |
| JPN        | Япония               | EU         | Европейский союз     |
| KOR        | Республика Корея     | USA        | США                  |
| LUX        | Люксембург           | ISR        | Израиль              |
| MEX        | Мексика              | CAN        | Канада               |
| NLD        | Нидерланды           | BRA        | Бразилия             |
| NZL        | Новая Зеландия       | LVA        | Латвия               |
| NOR        | Норвегия             | CRI        | Коста-Рика           |
| POL        | Польша               | LTU        | Литва                |
| PRT        | Португалия           | COL        | Колумбия             |
| SVK        | Словацкая Республика | ESP        | Испания              |

## Участие стран в глобальном производстве, % (построено по данным Всемирного банка)

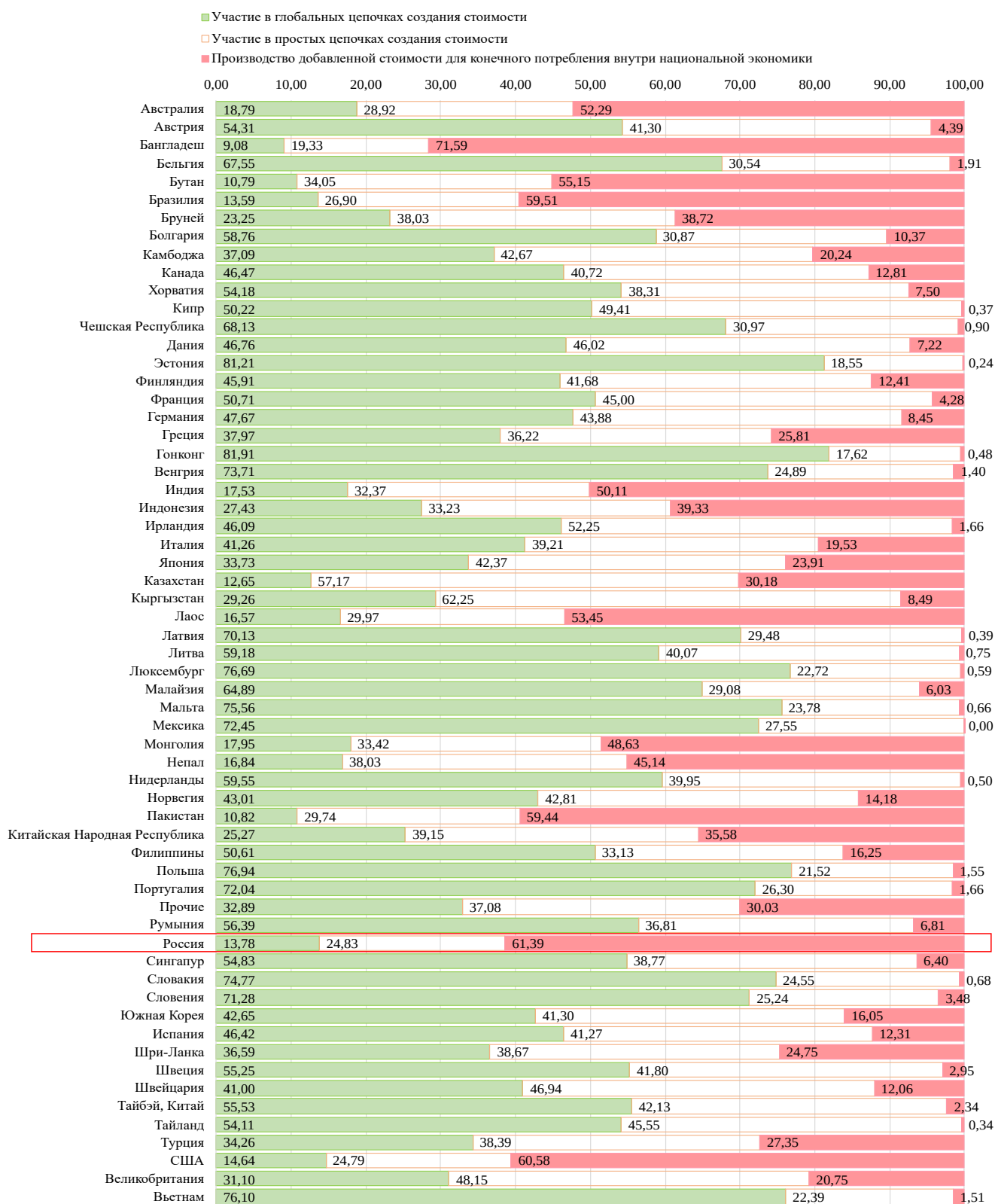


Рисунок В.1 – Глобальное производство электрического и оптического оборудования

## Продолжение приложения В

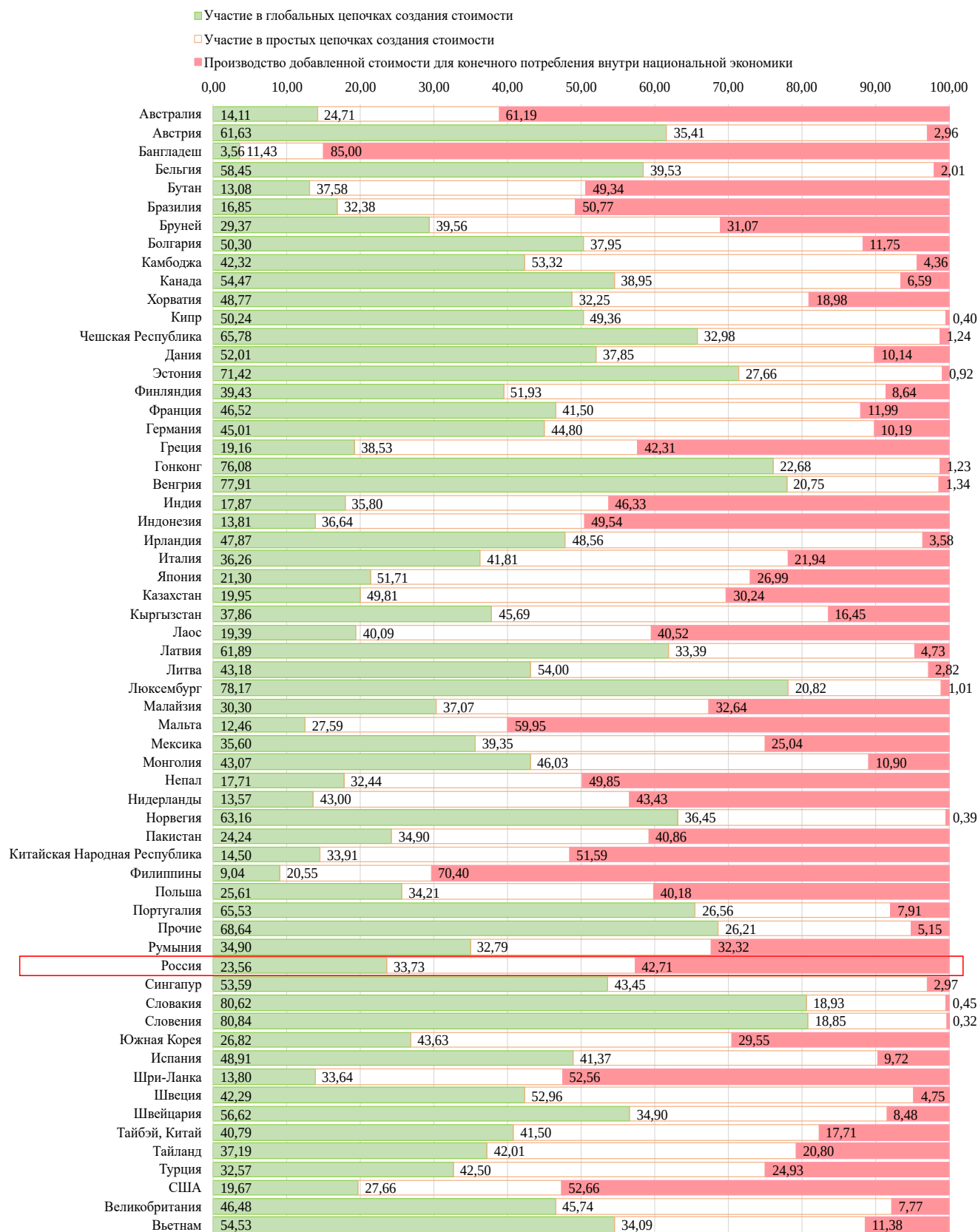


Рисунок В.2 – Глобальное производство транспортного оборудования

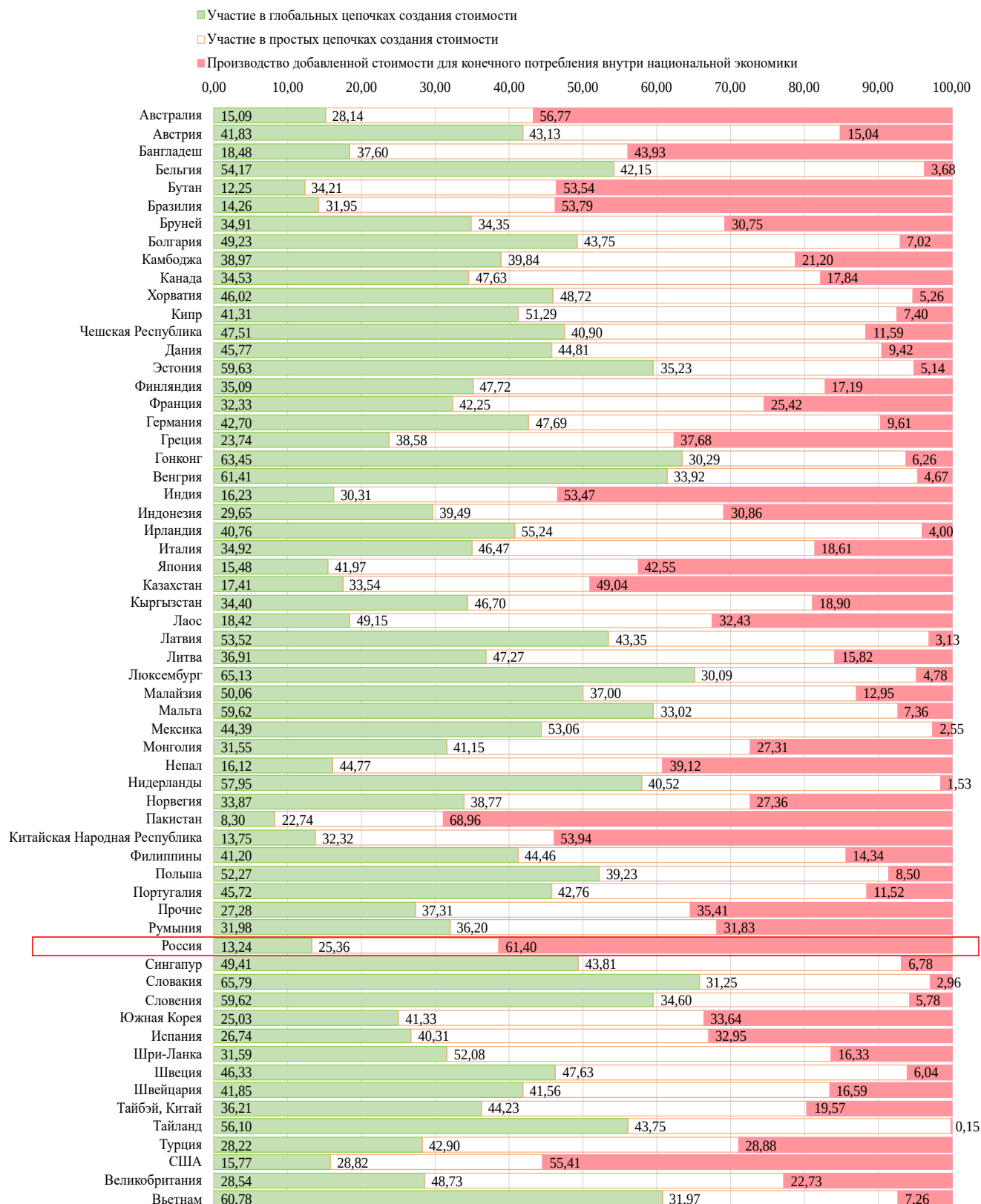


Рисунок В.3 – Глобальное производство машин и оборудования, не включенных в другие категории



**Исходные данные для моделирования валовой добавленной стоимости в разрезе  
обрабатывающих промышленных систем (данные Росстата)**

| Наименование вида деятельности                                                                                                                         | Валовая добав-<br>ленная стои-<br>мость, млрд руб. | Объем отгру-<br>женных това-<br>ров, млн руб. | Ввод в действие<br>основных фондов<br>за год, тыс руб. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                        | ВДС                                                | Q                                             | ФА                                                     |
| Обработка древесины и производ-<br>ство изделий из дерева и пробки,<br>кроме мебели, производство изде-<br>лий из соломки и материалов для<br>плетения | 438,7                                              | 1 119 011                                     | 54 260 974                                             |
| Производство бумаги и бумажных<br>изделий                                                                                                              | 435,7                                              | 1 303 079                                     | 79 670 474                                             |
| Деятельность полиграфическая и<br>копирование носителей информа-<br>ции                                                                                | 104,8                                              | 312 234                                       | 10 038 444                                             |
| Производство кокса и нефтепродук-<br>тов                                                                                                               | 2 810,5                                            | 12 457 630                                    | 630 216 969                                            |
| Производство химических веществ<br>и химических продуктов                                                                                              | 1 775,9                                            | 5 263 682                                     | 247 235 614                                            |
| Производство лекарственных<br>средств и материалов, применяемых<br>в медицинских целях                                                                 | 532,0                                              | 1 355 388                                     | 57 733 465                                             |
| Производство резиновых и пласт-<br>массовых изделий                                                                                                    | 404,2                                              | 1 809 938                                     | 48 604 453                                             |
| Производство прочей неметалличе-<br>ской минеральной продукции                                                                                         | 736,2                                              | 2 096 263                                     | 77 652 244                                             |
| Производство металлургическое                                                                                                                          | 3 742,7                                            | 10 722 295                                    | 363 070 684                                            |
| Производство готовых металличе-<br>ских изделий, кроме машин и обо-<br>рудования                                                                       | 1 122,0                                            | 3 468 302                                     | 94 556 097                                             |
| Производство компьютеров, элект-<br>ронных и оптических изделий                                                                                        | 662,0                                              | 1 694 447                                     | 67 526 844                                             |
| Производство электрического обо-<br>рудования                                                                                                          | 337,8                                              | 1 366 354                                     | 25 044 951                                             |
| Производство машин и оборудова-<br>ния, не включенных в другие груп-<br>пировки                                                                        | 603,7                                              | 1 722 129                                     | 58 603 865                                             |
| Производство автотранспортных<br>средств, прицепов и полуприцепов                                                                                      | 678,8                                              | 3 235 233                                     | 91 369 303                                             |
| Производство прочих транспортных<br>средств и оборудования                                                                                             | 791,2                                              | 2 524 103                                     | 132 261 600                                            |
| Ремонт и монтаж машин и оборудо-<br>вания                                                                                                              | 687,9                                              | 1 335 177                                     | 47 736 017                                             |

**Факторы и интегральный индикатор устойчивого развития инновационных  
мезосистем (рассчитано по авторской методике)**

| <b>Мезосистема</b>      | <b>I<sub>кон</sub></b> | <b>I<sub>кол</sub></b> | <b>I<sub>соп</sub></b> | <b>ISDI</b> | <b>Мезосистема</b>                  | <b>I<sub>кон</sub></b> | <b>I<sub>кол</sub></b> | <b>I<sub>соп</sub></b> | <b>ISDI</b> |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| Белгородская область    | 6,55                   | 16,74                  | 1,57                   | 5,56        | Ленинградская область               | 5,05                   | 17,87                  | 3,47                   | 6,79        |
| Брянская область        | 3,52                   | 3,76                   | 0,95                   | 2,33        | Мурманская область                  | -3,77                  | 10,27                  | 1,50                   | -3,87       |
| Владимирская область    | 5,12                   | 3,75                   | 3,44                   | 4,04        | Новгородская область                | 6,97                   | 11,97                  | 1,78                   | 5,30        |
| Воронежская область     | 3,95                   | 16,39                  | 3,78                   | 6,25        | Псковская область                   | 2,46                   | 1,28                   | 0,49                   | 1,16        |
| Ивановская область      | 1,15                   | 5,31                   | 1,15                   | 1,91        | г. Санкт-Петербург                  | 5,51                   | 11,55                  | 10,26                  | 8,68        |
| Калужская область       | 7,43                   | 5,96                   | 4,24                   | 5,73        | Республика Адыгея                   | 6,81                   | 3,73                   | 0,62                   | 2,51        |
| Костромская область     | 5,78                   | 6,73                   | 0,46                   | 2,62        | Республика Крым                     | 4,99                   | 5,14                   | 1,33                   | 3,24        |
| Курская область         | 3,84                   | 13,74                  | 1,83                   | 4,59        | Краснодарский край                  | 2,73                   | 15,28                  | 2,65                   | 4,80        |
| Липецкая область        | 9,94                   | 16,66                  | 1,01                   | 5,51        | Астраханская область                | -5,16                  | 4,88                   | 0,89                   | -2,82       |
| Московская область      | 7,12                   | 16,80                  | 11,76                  | 11,20       | Волгоградская область               | 8,92                   | 12,47                  | 2,18                   | 6,24        |
| Орловская область       | 5,10                   | 8,32                   | 1,12                   | 3,62        | Ростовская область                  | 7,12                   | 20,56                  | 4,01                   | 8,37        |
| Рязанская область       | 9,04                   | 9,00                   | 2,19                   | 5,63        | г. Севастополь                      | 3,56                   | 5,16                   | 0,96                   | 2,60        |
| Смоленская область      | 5,02                   | 17,49                  | 1,25                   | 4,79        | Республика Дагестан                 | -1,45                  | 2,94                   | 0,98                   | -1,61       |
| Тамбовская область      | 3,79                   | 0,01                   | 1,10                   | 0,01        | Республика Северная Осетия - Алания | 3,05                   | 0,01                   | 0,81                   | 0,01        |
| Тверская область        | 3,46                   | 14,45                  | 2,57                   | 5,05        | Ставропольский край                 | 7,55                   | 10,08                  | 1,62                   | 4,98        |
| Тульская область        | 5,12                   | 15,80                  | 3,11                   | 6,31        | Республика Башкортостан             | 8,91                   | 15,53                  | 3,37                   | 7,75        |
| Ярославская область     | 3,78                   | 3,75                   | 3,51                   | 3,68        | Республика Марий Эл                 | -4,45                  | 0,01                   | 0,63                   | 0,01        |
| г. Москва               | 6,23                   | 18,92                  | 13,07                  | 11,55       | Республика Мордовия                 | 4,47                   | 7,21                   | 1,15                   | 3,33        |
| Республика Карелия      | 2,86                   | 9,11                   | 1,14                   | 3,10        | Республика Татарстан                | 5,63                   | 18,95                  | 4,77                   | 7,98        |
| Республика Коми         | 7,75                   | 10,08                  | 1,07                   | 4,37        | Удмуртская Республика               | 5,66                   | 4,77                   | 2,03                   | 3,80        |
| Архангельская область   | 1,40                   | 8,59                   | 1,30                   | 2,50        | Чувашская Республика                | 7,89                   | 4,42                   | 1,70                   | 3,90        |
| Калининградская область | 3,40                   | 7,28                   | 1,27                   | 3,16        | Пермский край                       | 9,41                   | 12,16                  | 4,45                   | 7,99        |

## Продолжение приложения Д

| <b>Мезосистема</b>    | <b>I<sub>кон</sub></b> | <b>I<sub>кол</sub></b> | <b>I<sub>соц</sub></b> | <b>ISDI</b> | <b>Мезосистема</b>       | <b>I<sub>кон</sub></b> | <b>I<sub>кол</sub></b> | <b>I<sub>соц</sub></b> | <b>ISDI</b> |
|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| Кировская область     | 4,94                   | 11,14                  | 1,72                   | 4,56        | Красноярский край        | 12,84                  | 13,92                  | 3,20                   | 8,30        |
| Нижегородская область | 9,41                   | 11,65                  | 9,06                   | 9,98        | Иркутская область        | 10,97                  | 15,12                  | 2,12                   | 7,06        |
| Пензенская область    | 4,40                   | 4,52                   | 3,14                   | 3,97        | Кемеровская область      | 6,10                   | 17,14                  | 1,16                   | 4,95        |
| Самарская область     | -4,48                  | 15,82                  | 4,27                   | -6,71       | Новосибирская область    | 5,77                   | 11,03                  | 5,35                   | 6,98        |
| Саратовская область   | 6,76                   | 19,36                  | 2,68                   | 7,05        | Омская область           | 11,26                  | 11,22                  | 2,50                   | 6,81        |
| Ульяновская область   | 3,62                   | 7,70                   | 3,20                   | 4,47        | Томская область          | 4,66                   | 9,59                   | 3,48                   | 5,38        |
| Свердловская область  | 8,89                   | 25,39                  | 6,41                   | 11,31       | Республика Бурятия       | 4,41                   | 8,25                   | 1,01                   | 3,32        |
| Тюменская область     | 5,89                   | 12,31                  | 2,34                   | 5,54        | Республика Саха (Якутия) | -2,76                  | 10,69                  | 0,85                   | -2,93       |
| Челябинская область   | 9,10                   | 22,17                  | 5,82                   | 10,55       | Забайкальский край       | 4,97                   | 12,28                  | 0,54                   | 3,21        |
| Республика Хакасия    | 10,11                  | 9,74                   | 0,34                   | 3,22        | Приморский край          | 2,31                   | 15,96                  | 2,50                   | 4,52        |
| Алтайский край        | 9,96                   | 9,76                   | 1,77                   | 5,56        | Хабаровский край         | 4,54                   | 13,36                  | 1,36                   | 4,35        |

## Исходные данные для комплексной оценки развития промышленной системы

| Год  | Валовая добавленная стоимость (млрд руб.) | Степень износа основных фондов на конец года по видам экономической деятельности по полному кругу организаций (%) | Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по видам экономической деятельности Российской Федерации (млн руб.) | Объем инновационных товаров, работ, услуг по Российской Федерации (млн руб.) | Использование и обезвреживание отходов производства и потребления (млн тонн) |
|------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|      | Y (i)                                     | X <sub>1</sub> (i)                                                                                                | X <sub>2</sub> (i)                                                                                                                                                     | X <sub>3</sub> (i)                                                           | X <sub>4</sub> (i)                                                           |
|      | <b>Добывающие производства</b>            |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                        |                                                                              |                                                                              |
| 2005 | 2 064                                     | 53,3                                                                                                              | 3062460                                                                                                                                                                | 81199                                                                        | 1070,4                                                                       |
| 2006 | 2 509                                     | 53,3                                                                                                              | 3720887                                                                                                                                                                | 90969,2                                                                      | 1144,5                                                                       |
| 2007 | 2 866                                     | 53,4                                                                                                              | 4488915                                                                                                                                                                | 110950,2                                                                     | 1829,4                                                                       |
| 2008 | 3 285                                     | 50,9                                                                                                              | 5271733                                                                                                                                                                | 133553,9                                                                     | 1723,6                                                                       |
| 2009 | 2 885                                     | 49,6                                                                                                              | 5090973                                                                                                                                                                | 122998,3                                                                     | 1469,4                                                                       |
| 2010 | 3 843                                     | 51,1                                                                                                              | 6217952                                                                                                                                                                | 151581,1                                                                     | 1562,2                                                                       |
| 2011 | 4 944                                     | 52,2                                                                                                              | 8020217                                                                                                                                                                | 516779,7                                                                     | 1800,1                                                                       |
| 2012 | 5 563                                     | 51,2                                                                                                              | 8950066                                                                                                                                                                | 522890,9                                                                     | 2125,9                                                                       |
| 2013 | 5 911                                     | 53,2                                                                                                              | 9213745                                                                                                                                                                | 523210,5                                                                     | 1753,1                                                                       |
| 2014 | 6 231                                     | 55,8                                                                                                              | 9690978                                                                                                                                                                | 648533                                                                       | 2165,7                                                                       |
| 2015 | 7 276                                     | 55,4                                                                                                              | 11259542                                                                                                                                                               | 368402,5                                                                     | 2473,3                                                                       |
| 2016 | 7 423                                     | 57,5                                                                                                              | 11730498                                                                                                                                                               | 419983,3                                                                     | 2 885,6                                                                      |
| 2017 | 9 029                                     | 57,7                                                                                                              | 13916165                                                                                                                                                               | 489447,1                                                                     | 3 021,8                                                                      |
| 2018 | 12 410                                    | 55,6                                                                                                              | 18193870                                                                                                                                                               | 603138,4                                                                     | 3 585,2                                                                      |
| 2019 | 12 622                                    | 55,9                                                                                                              | 18324127                                                                                                                                                               | 663341                                                                       | 3 561,6                                                                      |
| 2020 | 9 185                                     | 58,4                                                                                                              | 14611770                                                                                                                                                               | 485835,2                                                                     | 2 970,8                                                                      |
| 2021 | 15 031                                    | 60,8                                                                                                              | 23598403                                                                                                                                                               | 874336,9                                                                     | 3 510,6                                                                      |

## Продолжение приложения Е

| Год  | Валовая добавленная стоимость (млрд руб.) | Степень износа основных фондов на конец года по видам экономической деятельности по полному кругу организаций (%) | Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по видам экономической деятельности Российской Федерации (млн руб.) | Объем инновационных товаров, работ, услуг по Российской Федерации (млн руб.) | Использование и обезвреживание отходов производства и потребления (млн тонн) |
|------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|      | Y (i)                                     | X <sub>1</sub> (i)                                                                                                | X <sub>2</sub> (i)                                                                                                                                                     | X <sub>3</sub> (i)                                                           | X <sub>4</sub> (i)                                                           |
|      | <b>Обрабатывающие производства</b>        |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                        |                                                                              |                                                                              |
| 2005 | 3 388                                     | 47,1                                                                                                              | 8871976                                                                                                                                                                | 462739,3                                                                     | 124,3                                                                        |
| 2006 | 4 116                                     | 46,8                                                                                                              | 11185374                                                                                                                                                               | 615682,8                                                                     | 123,5                                                                        |
| 2007 | 5 025                                     | 46,0                                                                                                              | 13977777                                                                                                                                                               | 796855,2                                                                     | 85,4                                                                         |
| 2008 | 6 164                                     | 45,6                                                                                                              | 16863615                                                                                                                                                               | 897801,7                                                                     | 121,4                                                                        |
| 2009 | 5 005                                     | 45,7                                                                                                              | 14351985                                                                                                                                                               | 713042,6                                                                     | 121,5                                                                        |
| 2010 | 5 935                                     | 46,1                                                                                                              | 18880737                                                                                                                                                               | 990624,4                                                                     | 124,4                                                                        |
| 2011 | 6 896                                     | 46,7                                                                                                              | 22813279                                                                                                                                                               | 1309228,6                                                                    | 124,3                                                                        |
| 2012 | 7 774                                     | 46,8                                                                                                              | 25110611                                                                                                                                                               | 1973535,6                                                                    | 164,6                                                                        |
| 2013 | 8 070                                     | 46,8                                                                                                              | 26839760                                                                                                                                                               | 2518618                                                                      | 132,3                                                                        |
| 2014 | 8 959                                     | 46,9                                                                                                              | 29661252                                                                                                                                                               | 2362387,8                                                                    | 119,3                                                                        |
| 2015 | 10 289                                    | 47,7                                                                                                              | 35090428                                                                                                                                                               | 2856252,2                                                                    | 134,0                                                                        |
| 2016 | 10 017                                    | 50,0                                                                                                              | 36119929                                                                                                                                                               | 3196986,1                                                                    | 243,4                                                                        |
| 2017 | 11 308                                    | 49,6                                                                                                              | 38712463                                                                                                                                                               | 2832804,4                                                                    | 135,9                                                                        |
| 2018 | 13 315                                    | 50,6                                                                                                              | 44599512                                                                                                                                                               | 2995867                                                                      | 128,3                                                                        |
| 2019 | 14 215                                    | 51,5                                                                                                              | 47436025                                                                                                                                                               | 2986615,5                                                                    | 177,4                                                                        |
| 2020 | 14 415                                    | 51,8                                                                                                              | 50017917                                                                                                                                                               | 3429907,2                                                                    | 230,6                                                                        |
| 2021 | 18 926                                    | 52,5                                                                                                              | 62978104                                                                                                                                                               | 3659812,3                                                                    | 247,0                                                                        |

## Показатели эффективности обрабатывающих промышленных систем

| Показатель                 | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| N <sub>НППТ</sub> , ед.    | 18     | 16     | 24     | 32     | 26     | 32     | 33     | 34     | 35     | 39     | 76     |
| K <sub>ИЗТ</sub> , коэф.   | 0,15   | 0,12   | 0,17   | 0,16   | 0,17   | 0,17   | 0,17   | 0,18   | 0,18   | 0,23   | 0,24   |
| ПТ, руб. / час             | 351,30 | 397,19 | 418,78 | 458,66 | 542,17 | 524,14 | 590,95 | 703,34 | 756,17 | 796,97 | 997,43 |
| ФО, руб. / руб.            | 2,57   | 2,55   | 2,36   | 2,19   | 2,32   | 2,20   | 2,04   | 2,14   | 2,08   | 2,03   | 2,32   |
| ЭО, руб. / т               | 78802  | 87220  | 94340  | 106887 | 131523 | 133432 | 140466 | 161359 | 169052 | 180440 | 229945 |
| ЭЛОКАЛ, коэф.              | 7,53   | 7,53   | 7,53   | 4,36   | 4,36   | 4,36   | 4,36   | 4,36   | 4,36   | 4,36   | 4,36   |
| МО, руб. / руб.            | 1,70   | 1,68   | 1,70   | 1,72   | 1,82   | 1,68   | 1,64   | 1,73   | 1,70   | 1,86   | 1,80   |
| Эзц, руб. / руб.           | 390,64 | 268,28 | 302    | 254,04 | 220,38 | 365,59 | 290,63 | 270,30 | 229,16 | 220,34 | 205,61 |
| K <sub>ОБН</sub> , коэф.   | 6,40   | 6,50   | 6,90   | 6,90   | 6,30   | 5,20   | 5,90   | 5,70   | 6,00   | 5,90   | 5,40   |
| Изц, коэф.                 | 0,04   | 0,06   | 0,05   | 0,06   | 0,07   | 0,05   | 0,06   | 0,07   | 0,08   | 0,08   | 0,09   |
| Д <sub>и</sub> , %         | 6,80   | 9,62   | 11,60  | 9,90   | 10,60  | 10,90  | 8,60   | 7,70   | 7,70   | 8,46   | 7,07   |
| N <sub>РППТ</sub> , ед.    | 1138   | 1323   | 1429   | 1409   | 1398   | 1534   | 1402   | 1565   | 1620   | 1989   | 2186   |
| Прф, коэф.                 | 0,77   | 0,78   | 0,74   | 0,96   | 0,77   | 0,78   | 0,92   | 0,82   | 0,86   | 0,72   | 0,77   |
| Д <sub>кооп</sub> , %      | 33,80  | 32,70  | 2,60   | 32,50  | 34,30  | 34,60  | 34,20  | 35,00  | 36,30  | 40,90  | 41,40  |
| K <sub>ИЗИКТ</sub> , коэф. | 0,17   | 0,18   | 0,23   | 0,29   | 0,31   | 0,25   | 0,26   | 0,27   | 0,28   | 0,26   | 0,28   |
| N <sub>ПЗРФ</sub> , ед.    | 1722   | 2066   | 2208   | 2255   | 2335   | 1977   | 2270   | 2063   | 2702   | 2457   | 2444*  |

Примечание: \*Значение определено путем экстраполяции данных (степенная линия тренда)

**Динамика экспорта и импорта товаров РФ по товарным группам (рассчитано по данным Федеральной таможенной службы)**

| Код<br>ТН<br>ВЭД<br>ЕАЭС | Наименование<br>товарной группы                                                                                                                                                                    | 2012 год                   |        |                                           |        | Коэффици-<br>ент импор-<br>тонезависи-<br>мости | 2021 год                   |             |                                           |        | Коэффи-<br>циент им-<br>портоне-<br>зависи-<br>мости |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------|-------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------|
|                          |                                                                                                                                                                                                    | Удельн. вес в<br>% к итогу |        | Доля во внеш-<br>неторговом<br>обороте, % |        |                                                 | Удельн. вес в<br>% к итогу |             | Доля во внеш-<br>неторговом<br>обороте, % |        |                                                      |
|                          |                                                                                                                                                                                                    | Экс-<br>порт               | Импорт | Экс-<br>порт                              | Импорт |                                                 | Экс-<br>порт               | Им-<br>порт | Экс-<br>порт                              | Импорт |                                                      |
|                          | Всего:<br>в том числе:                                                                                                                                                                             | 100                        | 100    |                                           |        | 1,67                                            | 100                        | 100         |                                           |        | 1,68                                                 |
| 27                       | Топливо мине-<br>ральное, нефть и<br>продукты их пере-<br>гонки; битуминоз-<br>ные вещества;<br>воски минераль-<br>ные                                                                             | 70,3                       | 1,3    | 98,9                                      | 1,1    | 91,23                                           | 54,5                       | 0,8         | 99,1                                      | 0,9    | 110,65                                               |
| 28                       | Продукты неорга-<br>нической химии;<br>соединения неор-<br>ганические или ор-<br>ганические драго-<br>ценных металлов,<br>редкоземельных<br>металлов, радиоак-<br>тивных элементов<br>или изотопов | 1,5                        | 1      | 70,4                                      | 29,6   | 2,38                                            | 1,2                        | 1,3         | 62,1                                      | 37,9   | 1,64                                                 |
| 29                       | Органические хи-<br>мические соедине-<br>ния                                                                                                                                                       | 0,9                        | 1,1    | 57,6                                      | 42,4   | 1,36                                            | 0,7                        | 2,0         | 37,1                                      | 62,9   | 0,59                                                 |
| 30                       | Фармацевтическая<br>продукция                                                                                                                                                                      | 0,1                        | 4,3    | 4,5                                       | 95,5   | 0,05                                            | 0,5                        | 4,7         | 16,2                                      | 83,8   | 0,19                                                 |
| 31                       | Удобрения                                                                                                                                                                                          | 2,1                        | 0      | 99,4                                      | 0,6    | 175,50                                          | 2,5                        | 0,1         | 98,7                                      | 1,3    | 74,34                                                |
| 33                       | Эфирные масла и<br>резиноиды; пар-<br>фюмерные, косме-<br>тические или туа-<br>летные средства                                                                                                     | 0,1                        | 1,1    | 11,5                                      | 88,5   | 0,13                                            | 0,2                        | 1,3         | 21,0                                      | 79,0   | 0,27                                                 |
| 38                       | Прочие химиче-<br>ские продукты                                                                                                                                                                    | 0,1                        | 0,9    | 15,3                                      | 84,7   | 0,18                                            | 0,2                        | 1,3         | 23,2                                      | 76,8   | 0,30                                                 |
| 39                       | Пластмассы и из-<br>делия из них                                                                                                                                                                   | 0,4                        | 3,6    | 15,4                                      | 84,6   | 0,18                                            | 1,3                        | 4,3         | 32,7                                      | 67,3   | 0,49                                                 |
| 40                       | Каучук, резина и<br>изделия из них                                                                                                                                                                 | 0,8                        | 1,5    | 45,3                                      | 54,7   | 0,83                                            | 0,7                        | 1,6         | 42,4                                      | 57,6   | 0,74                                                 |
| 44                       | Древесина и изде-<br>лия из нее; древес-<br>ный уголь                                                                                                                                              | 1,3                        | 0,4    | 84,8                                      | 15,2   | 5,59                                            | 2,4                        | 0,3         | 93,6                                      | 6,4    | 14,69                                                |
| 61                       | Предметы одежды<br>и принадлежности<br>к одежде, трико-<br>тажные машин-<br>ного или ручного<br>вязания                                                                                            | 0                          | 1,3    | 1,8                                       | 98,2   | 0,02                                            | 0,1                        | 1,4         | 7,3                                       | 92,7   | 0,08                                                 |
| 62                       | Предметы одежды<br>и принадлежности<br>к одежде, кроме<br>трикотажных ма-<br>шинного или руч-<br>ного вязания                                                                                      | 0                          | 1,3    | 2,9                                       | 97,1   | 0,03                                            | 0,1                        | 1,3         | 7,0                                       | 93,0   | 0,08                                                 |
| 64                       | Обувь, гетры и<br>аналогичные изде-<br>лия: их детали                                                                                                                                              | 0                          | 1,4    | 2,3                                       | 97,7   | 0,02                                            | 0,1                        | 1,2         | 6,5                                       | 93,5   | 0,07                                                 |

## Продолжение приложения И

| Код<br>ТН<br>ВЭД<br>ЕАЭС | Наименование<br>товарной группы                                                                                                                                                                                                                           | 2012 год                   |        |                                        |        | Коэффици-<br>ент импор-<br>тонезависи-<br>мости | 2021 год                   |        |                                        |        | Коэффи-<br>циент им-<br>портоне-<br>зависи-<br>мости |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------|----------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|----------------------------|--------|----------------------------------------|--------|------------------------------------------------------|
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                           | Удельн. вес в<br>% к итогу |        | Доля во внеш-<br>неторговом<br>обороте |        |                                                 | Удельн. вес в<br>% к итогу |        | Доля во<br>внешнеторго-<br>вом обороте |        |                                                      |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                           | Экс-<br>порт               | Импорт | Экс-<br>порт                           | Импорт |                                                 | Экс-<br>порт               | Импорт | Экс-<br>порт                           | Импорт |                                                      |
| 71                       | Жемчуг природ-<br>ный или культиви-<br>рованный, драго-<br>ценные или полу-<br>драгоценные<br>камни, драгоцен-<br>ные металлы, ме-<br>таллы, плакиро-<br>ванные драгоцен-<br>ными металлами,<br>и изделия из них;<br>бижутерия; мо-<br>неты               | 2,6                        | 0,2    | 95,0                                   | 5,0    | 18,82                                           | 6,4                        | 0,4    | 96,5                                   | 3,5    | 27,62                                                |
| 72                       | Черные металлы                                                                                                                                                                                                                                            | 4,3                        | 2      | 78,1                                   | 21,9   | 3,57                                            | 5,9                        | 2,0    | 82,9                                   | 17,1   | 4,86                                                 |
| 73                       | Изделия из черных<br>металлов                                                                                                                                                                                                                             | 0,6                        | 2,4    | 28,4                                   | 71,6   | 0,40                                            | 0,8                        | 2,2    | 38,2                                   | 61,8   | 0,62                                                 |
| 74                       | Медь и изделия из<br>нее                                                                                                                                                                                                                                  | 1,1                        | 0,3    | 86,7                                   | 13,3   | 6,52                                            | 1,2                        | 0,6    | 77,7                                   | 22,3   | 3,49                                                 |
| 76                       | Алюминий и изде-<br>лия из него                                                                                                                                                                                                                           | 1,4                        | 0,5    | 81,2                                   | 18,8   | 4,33                                            | 1,7                        | 0,5    | 85,7                                   | 14,3   | 6,02                                                 |
| 84                       | Реакторы ядерные,<br>котлы, оборудова-<br>ние и механиче-<br>ские устройства;<br>их части                                                                                                                                                                 | 1,4                        | 18,3   | 11,6                                   | 88,4   | 0,13                                            | 2,2                        | 18,5   | 16,6                                   | 83,4   | 0,20                                                 |
| 85                       | Электрические ма-<br>шины и оборудо-<br>вание, их части;<br>звукозаписываю-<br>щая и звуковос-<br>производящая ап-<br>паратура, аппара-<br>тура для записи и<br>воспроизведения<br>телевизионного<br>изображения и<br>звука, их части и<br>принадлежности | 0,9                        | 11,3   | 11,3                                   | 88,7   | 0,13                                            | 1,3                        | 12,6   | 14,3                                   | 85,7   | 0,17                                                 |
| 87                       | Средства назем-<br>ного транспорта,<br>кроме железнодо-<br>рожного или трам-<br>вайного подвиж-<br>ного состава, и их<br>части и принад-<br>лежности                                                                                                      | 0,9                        | 14,2   | 9,4                                    | 90,6   | 0,10                                            | 0,8                        | 9,2    | 12,6                                   | 87,4   | 0,14                                                 |
| 88                       | Летательные аппа-<br>раты, космические<br>аппараты, и их ча-<br>сти                                                                                                                                                                                       | 0,8                        | 1,5    | 48,2                                   | 51,8   | 0,93                                            | 1,4                        | 3,8    | 38,4                                   | 61,6   | 0,62                                                 |
| 89                       | Суда, лодки и пла-<br>вучие конструкции                                                                                                                                                                                                                   | 0,5                        | 0,4    | 64,6                                   | 35,4   | 1,82                                            | 0,4                        | 2,0    | 24,8                                   | 75,2   | 0,33                                                 |



## Продолжение приложения И

| Код<br>ТН<br>ВЭД<br>ЕАЭС | Наименование<br>товарной группы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2012 год                   |        |                                        |        | Коэффици-<br>ент импор-<br>тонезависи-<br>мости | 2021 год                   |        |                                        |        | Кoeffи-<br>циент им-<br>портоне-<br>зависи-<br>мости |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------|----------------------------------------|--------|-------------------------------------------------|----------------------------|--------|----------------------------------------|--------|------------------------------------------------------|
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Удельн. вес в<br>% к итогу |        | Доля во внеш-<br>неторговом<br>обороте |        |                                                 | Удельн. вес в<br>% к итогу |        | Доля во<br>внешнеторго-<br>вом обороте |        |                                                      |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Экс-<br>порт               | Импорт | Экс-<br>порт                           | Импорт |                                                 | Экс-<br>порт               | Импорт | Экс-<br>порт                           | Импорт |                                                      |
| 90                       | Инструменты и аппараты оптиче-<br>ские, фотографиче-<br>ские, кинемато-<br>графические, из-<br>мерительные, кон-<br>трольные, преци-<br>зионные, медицин-<br>ские или хирурги-<br>ческие; их части и принадлежности                                                                                                                                                                                                                       | 0,3                        | 3,3    | 12,1                                   | 87,9   | 0,14                                            | 0,3                        | 3,0    | 16,3                                   | 83,7   | 0,19                                                 |
| 94                       | Мебель; постель-<br>ные принадлежно-<br>сти, матрацы, ос-<br>новы матрацные,<br>диванные по-<br>душки и аналогич-<br>ные набивные<br>принадлежности<br>мебели; лампы и<br>осветительное<br>оборудование, в<br>другом месте не<br>поименованные<br>или не включен-<br>ные; световые вы-<br>вески, световые<br>таблички с именем<br>или названием,<br>или адресом и ана-<br>логичные изделия;<br>сборные строи-<br>тельные конструк-<br>ции | 0,1                        | 1,4    | 9,0                                    | 91,0   | 0,10                                            | 0,2                        | 1,3    | 19,1                                   | 80,9   | 0,24                                                 |

**Исходные данные для оценки «зелёного» эффекта в обрабатывающей промышленности (согласно авторской методике)**

| Показатель                                                                                         | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019      | 2020      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| Доля затрат на экологизацию производства, $Y_{эк}$                                                 | 0,0061  | 0,0055  | 0,0050  | 0,0047  | 0,0049  | 0,0045  | 0,0043  | 0,0042  | 0,004     | 0,0042    |
| Изменение $\Delta Y_{эк}$                                                                          |         | -0,0536 | -0,0523 | -0,0269 | 0,0197  | -0,0390 | -0,0265 | -0,0087 | -0,0154   | 0,0171    |
| Расход воды, 1 м куб. на 1 тыс руб. отгруженной продукции (ресурсоэффективность), $Y_p$            | 0,230   | 0,202   | 0,171   | 0,148   | 0,126   | 0,121   | 0,100   | 0,091   | 0,086     | 0,081     |
| Изменение $\Delta Y_p$                                                                             |         | -0,028  | -0,031  | -0,022  | -0,022  | -0,005  | -0,021  | -0,009  | -0,005    | -0,005    |
| Расход энергии, т усл. топлива на 1 тыс руб. отгруженной продукции (энергоэффективность), $Y_{эн}$ | 0,0127  | 0,0115  | 0,0106  | 0,0094  | 0,0081  | 0,0077  | 0,0071  | 0,0062  | 0,0059    | 0,0055    |
| Изменение $\Delta Y_{эн}$                                                                          |         | -0,001  | -0,001  | -0,001  | -0,001  | 0,000   | -0,001  | -0,001  | -0,0003   | -0,0004   |
| Данные для расчета «зелёного» эффекта                                                              |         |         |         |         |         |         |         |         |           |           |
| Объем выбросов в атмосферу, т на 1 млн руб. отгруженной продукции                                  | 0,2859  | 0,2551  | 0,2317  | 0,2000  | 0,1804  | 0,1652  | 0,1499  | 0,0842  | 0,1237    | 0,0780    |
| Сброс сточных вод, м куб. на 1 тыс руб. отгруженной продукции                                      | 0,1012  | 0,1148  | 0,1074  | 0,0972  | 0,0768  | 0,0753  | 0,0596  | 0,0518  | 0,0440    | 0,0375    |
| Отходы, т на 1 тыс руб. отгруженной продукции                                                      | 0,0123  | 0,0116  | 0,0095  | 0,0082  | 0,0086  | 0,0157  | 0,0071  | 0,0055  | 0,0062    | 0,0086    |
| Текущие затраты на охрану окружающей среды, млрд руб.                                              | 110,33  | 112,72  | 115,11  | 117,14  | 128,18  | 126,64  | 133,96  | 144,84  | 149,86    | 151,47    |
| Общие затраты предприятия на производство и реализацию товаров и услуг, млрд руб.                  | 18202,4 | 20400   | 23012   | 24747,5 | 25997,3 | 27890,5 | 31328,7 | 34574,5 | 37 138,80 | 36 011,90 |

## Продолжение приложения К

| Показатель                                                                                              | 2011 | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| «Зелёный» эффект (Z-эффект)                                                                             |      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Изменение удельного объема выбросов загрязняющих веществ, т на 1 млн руб. отгруженной продукции         | -    | -0,0308 | -0,0234 | -0,0317 | -0,0196 | -0,0152 | -0,0153 | -0,0657 | 0,0394  | -0,0457 |
| Изменение удельного объема загрязненных сбросов сточных вод, м куб. на 1 тыс руб. отгруженной продукции | -    | 0,0136  | -0,0074 | -0,0102 | -0,0204 | -0,0014 | -0,0157 | -0,0079 | -0,0070 | -0,0065 |
| Изменение объема отходов производства и потребления, т на 1 тыс руб. отгруженной продукции              | -    | -0,0007 | -0,0021 | -0,0013 | 0,0004  | 0,0072  | -0,0086 | -0,0016 | 0,0008  | 0,0024  |

## Квартальные данные об эффективности промышленной системы

## ПАО «Нижекамскнефтехим»

| Период     | Рентабельность реализованной продукции, % | Рентабельность продаж, % | Оборотные средства, млрд руб. | Прибыль валовая, млрд руб. | Прибыль от продаж |
|------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|
| 31.03.2009 | 9,9%                                      | 8,1%                     | 15,91                         | 2,11                       | 0,94              |
| 30.06.2009 | 8,6%                                      | 7,2%                     | 13,89                         | 4,33                       | 1,88              |
| 30.09.2009 | 7,4%                                      | 6,2%                     | 14,37                         | 6,48                       | 2,65              |
| 31.12.2009 | 5,6%                                      | 4,8%                     | 14,40                         | 8,34                       | 2,89              |
| 31.03.2010 | 11,5%                                     | 9,5%                     | 16,55                         | 3,58                       | 1,99              |
| 30.06.2010 | 16,9%                                     | 13,4%                    | 16,76                         | 9,02                       | 5,94              |
| 30.09.2010 | 18,5%                                     | 14,5%                    | 17,43                         | 14,62                      | 10,01             |
| 31.12.2010 | 17,4%                                     | 13,8%                    | 18,03                         | 19,38                      | 13,04             |
| 31.03.2011 | 17,6%                                     | 14,1%                    | 25,14                         | 6,09                       | 4,20              |
| 30.06.2011 | 19,8%                                     | 15,5%                    | 23,56                         | 12,87                      | 9,27              |
| 30.09.2011 | 21,7%                                     | 16,7%                    | 26,26                         | 20,85                      | 15,33             |
| 31.12.2011 | 21,1%                                     | 16,4%                    | 28,22                         | 27,65                      | 20,08             |
| 31.03.2012 | 24,7%                                     | 18,5%                    | 33,80                         | 8,69                       | 6,41              |
| 30.06.2012 | 23,2%                                     | 17,6%                    | 32,44                         | 15,84                      | 11,53             |
| 30.09.2012 | 23,5%                                     | 17,8%                    | 28,07                         | 23,48                      | 16,97             |
| 31.12.2012 | 20,3%                                     | 15,7%                    | 26,64                         | 28,46                      | 19,68             |
| 31.03.2013 | 17,6%                                     | 13,9%                    | 31,56                         | 6,55                       | 4,29              |
| 30.06.2013 | 18,7%                                     | 14,6%                    | 27,76                         | 13,09                      | 8,70              |
| 30.09.2013 | 16,1%                                     | 12,8%                    | 25,26                         | 18,27                      | 11,51             |
| 31.12.2013 | 12,7%                                     | 10,4%                    | 27,31                         | 21,68                      | 12,45             |
| 31.03.2014 | 9,0%                                      | 7,6%                     | 29,37                         | 5,09                       | 2,48              |
| 30.06.2014 | 9,8%                                      | 8,2%                     | 27,16                         | 10,31                      | 5,39              |
| 30.09.2014 | 9,3%                                      | 7,9%                     | 26,67                         | 14,87                      | 7,69              |
| 31.12.2014 | 12,1%                                     | 10,0%                    | 30,27                         | 23,08                      | 13,28             |
| 31.03.2015 | 18,6%                                     | 14,4%                    | 40,13                         | 8,32                       | 5,29              |
| 30.06.2015 | 22,9%                                     | 17,2%                    | 37,72                         | 18,14                      | 12,56             |
| 30.09.2015 | 23,4%                                     | 17,5%                    | 40,53                         | 27,80                      | 19,27             |
| 31.12.2015 | 24,3%                                     | 18,1%                    | 43,31                         | 38,52                      | 27,28             |
| 31.03.2016 | 31,8%                                     | 22,0%                    | 53,03                         | 11,86                      | 8,51              |
| 30.06.2016 | 27,5%                                     | 19,7%                    | 50,43                         | 22,23                      | 15,35             |
| 30.09.2016 | 22,9%                                     | 17,0%                    | 56,51                         | 29,52                      | 19,30             |
| 31.12.2016 | 19,0%                                     | 14,5%                    | 56,85                         | 36,41                      | 22,27             |
| 31.03.2017 | 11,8%                                     | 9,5%                     | 56,88                         | 7,64                       | 3,80              |
| 30.06.2017 | 15,3%                                     | 12,1%                    | 61,78                         | 17,23                      | 9,77              |
| 30.09.2017 | 13,4%                                     | 10,7%                    | 63,07                         | 24,40                      | 12,93             |

## Продолжение приложения Л

| Период     | Рентабельность реализованной продукции, % | Рентабельность продаж, % | Оборотные средства, млрд руб. | Прибыль валовая, млрд руб. | Прибыль от продаж |
|------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|
| 31.12.2017 | 21,1%                                     | 15,9%                    | 94,54                         | 46,47                      | 30,02             |
| 31.03.2018 | 18,3%                                     | 14,0%                    | 67,37                         | 9,82                       | 5,82              |
| 30.06.2018 | 20,6%                                     | 15,5%                    | 75,96                         | 21,75                      | 13,56             |
| 30.09.2018 | 21,6%                                     | 16,2%                    | 80,11                         | 34,39                      | 22,42             |
| 31.12.2018 | 21,1%                                     | 15,9%                    | 94,54                         | 46,47                      | 30,02             |
| 31.03.2019 | 31,4%                                     | 21,8%                    | 98,73                         | 13,87                      | 9,98              |
| 30.06.2019 | 25,9%                                     | 18,7%                    | 63,51                         | 25,34                      | 16,91             |
| 30.09.2019 | 24,4%                                     | 17,8%                    | 66,00                         | 36,18                      | 23,62             |
| 31.12.2019 | 21,4%                                     | 15,9%                    | 66,27                         | 44,52                      | 27,73             |
| 31.03.2020 | 18,2%                                     | 14,0%                    | 69,21                         | 8,99                       | 5,32              |
| 30.06.2020 | 18,5%                                     | 13,9%                    | 70,21                         | 16,46                      | 9,35              |
| 30.09.2020 | 17,1%                                     | 13,0%                    | 58,49                         | 24,52                      | 13,30             |
| 31.12.2020 | 18,4%                                     | 13,9%                    | 71,09                         | 36,15                      | 20,59             |
| 31.03.2021 | 30,7%                                     | 21,6%                    | 67,01                         | 16,31                      | 11,85             |
| 30.06.2021 | 36,3%                                     | 24,6%                    | 69,31                         | 38,05                      | 29,08             |
| 30.09.2021 | 29,4%                                     | 21,0%                    | 69,39                         | 52,00                      | 38,10             |
| 31.12.2021 | 26,6%                                     | 19,4%                    | 67,88                         | 69,00                      | 49,41             |

## Оценка прогностических моделей эффективности промышленной системы

## ПАО «Нижекамскнефтехим»

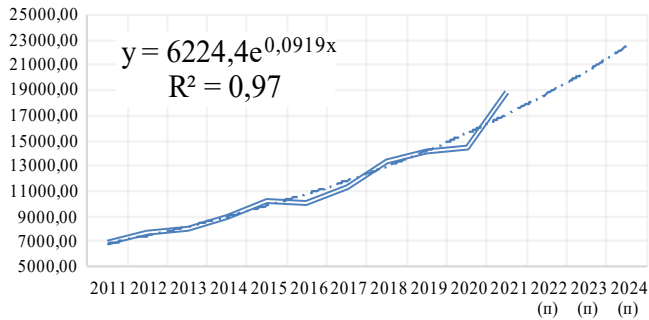
| Период     | R <sub>рп</sub> *, % | R <sub>п</sub> *, % | Ошибка модели   |                | Среднеквадратичное отклонение ошибки модели |                |
|------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------------------------------------|----------------|
|            |                      |                     | R <sub>рп</sub> | R <sub>п</sub> | R <sub>рп</sub>                             | R <sub>п</sub> |
| 31.03.2009 | 14,3%                | 11,4%               | 4,4%            | 3,3%           | 0,095                                       | 0,085          |
| 30.06.2009 | 12,4%                | 10,2%               | 3,8%            | 3,1%           | 0,095                                       | 0,090          |
| 30.09.2009 | 10,6%                | 9,0%                | 3,2%            | 2,8%           | 0,091                                       | 0,094          |
| 31.12.2009 | 7,6%                 | 7,1%                | 2,0%            | 2,3%           | 0,072                                       | 0,105          |
| 31.03.2010 | 14,6%                | 11,7%               | 3,1%            | 2,1%           | 0,046                                       | 0,033          |
| 30.06.2010 | 15,6%                | 12,3%               | -1,3%           | -1,1%          | 0,006                                       | 0,008          |
| 30.09.2010 | 16,7%                | 13,1%               | -1,8%           | -1,5%          | 0,011                                       | 0,013          |
| 31.12.2010 | 16,4%                | 12,9%               | -1,0%           | -0,9%          | 0,004                                       | 0,005          |
| 31.03.2011 | 17,5%                | 13,5%               | -0,2%           | -0,6%          | 0,000                                       | 0,002          |
| 30.06.2011 | 18,9%                | 14,4%               | -1,0%           | -1,1%          | 0,003                                       | 0,006          |
| 30.09.2011 | 21,5%                | 16,2%               | -0,2%           | -0,6%          | 0,000                                       | 0,001          |
| 31.12.2011 | 22,4%                | 16,8%               | 1,2%            | 0,5%           | 0,003                                       | 0,001          |
| 31.03.2012 | 20,2%                | 15,2%               | -4,5%           | -3,3%          | 0,050                                       | 0,047          |
| 30.06.2012 | 21,0%                | 15,8%               | -2,2%           | -1,8%          | 0,011                                       | 0,013          |
| 30.09.2012 | 21,4%                | 16,2%               | -2,1%           | -1,6%          | 0,010                                       | 0,010          |
| 31.12.2012 | 19,4%                | 14,9%               | -0,9%           | -0,8%          | 0,002                                       | 0,003          |
| 31.03.2013 | 17,8%                | 13,7%               | 0,2%            | -0,2%          | 0,000                                       | 0,000          |
| 30.06.2013 | 17,4%                | 13,4%               | -1,3%           | -1,2%          | 0,006                                       | 0,007          |
| 30.09.2013 | 15,1%                | 12,0%               | -0,9%           | -0,8%          | 0,004                                       | 0,004          |
| 31.12.2013 | 11,5%                | 9,7%                | -1,2%           | -0,7%          | 0,010                                       | 0,006          |
| 31.03.2014 | 15,1%                | 11,8%               | 6,1%            | 4,3%           | 0,164                                       | 0,130          |
| 30.06.2014 | 13,0%                | 10,6%               | 3,3%            | 2,3%           | 0,063                                       | 0,049          |
| 30.09.2014 | 10,8%                | 9,1%                | 1,4%            | 1,2%           | 0,017                                       | 0,017          |
| 31.12.2014 | 11,7%                | 9,7%                | -0,4%           | -0,3%          | 0,001                                       | 0,001          |
| 31.03.2015 | 18,6%                | 14,1%               | 0,0%            | -0,3%          | 0,000                                       | 0,000          |
| 30.06.2015 | 20,3%                | 15,3%               | -2,6%           | -1,9%          | 0,016                                       | 0,015          |
| 30.09.2015 | 21,6%                | 16,2%               | -1,8%           | -1,3%          | 0,007                                       | 0,006          |
| 31.12.2015 | 24,6%                | 18,2%               | 0,2%            | 0,1%           | 0,000                                       | 0,000          |
| 31.03.2016 | 23,1%                | 17,0%               | -8,7%           | -5,1%          | 0,143                                       | 0,089          |
| 30.06.2016 | 22,5%                | 16,7%               | -5,0%           | -3,0%          | 0,050                                       | 0,032          |
| 30.09.2016 | 20,7%                | 15,5%               | -2,2%           | -1,4%          | 0,011                                       | 0,009          |
| 31.12.2016 | 16,0%                | 12,5%               | -3,0%           | -2,0%          | 0,035                                       | 0,026          |
| 31.03.2017 | 18,1%                | 13,7%               | 6,3%            | 4,1%           | 0,123                                       | 0,092          |
| 30.06.2017 | 17,6%                | 13,3%               | 2,3%            | 1,3%           | 0,017                                       | 0,009          |
| 30.09.2017 | 13,0%                | 10,4%               | -0,3%           | -0,3%          | 0,001                                       | 0,001          |

## Продолжение приложения М

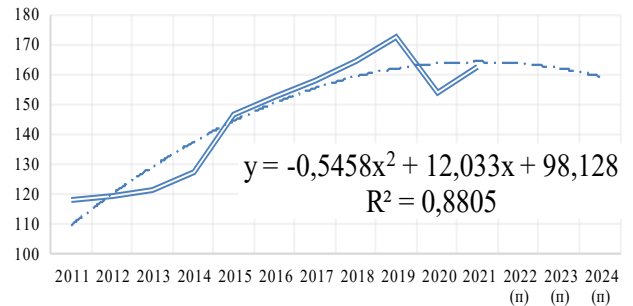
| Период           | R <sub>рп</sub> *, % | R <sub>п</sub> *, % | Ошибка модели   |                | Среднеквадратичное отклонение ошибки модели |                  |
|------------------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------------------------------------|------------------|
|                  |                      |                     | R <sub>рп</sub> | R <sub>п</sub> | R <sub>рп</sub>                             | R <sub>п</sub>   |
| 31.12.2017       | 24,8%                | 18,0%               | 3,7%            | 2,1%           | 0,023                                       | 0,014            |
| 31.03.2018       | 21,3%                | 15,7%               | 3,1%            | 1,8%           | 0,021                                       | 0,013            |
| 30.06.2018       | 22,0%                | 16,2%               | 1,4%            | 0,7%           | 0,004                                       | 0,002            |
| 30.09.2018       | 23,9%                | 17,5%               | 2,4%            | 1,3%           | 0,010                                       | 0,005            |
| 31.12.2018       | 24,8%                | 18,0%               | 3,7%            | 2,1%           | 0,023                                       | 0,014            |
| 31.03.2019       | 30,4%                | 21,4%               | -1,0%           | -0,4%          | 0,001                                       | 0,000            |
| 30.06.2019       | 23,0%                | 16,9%               | -3,0%           | -1,8%          | 0,017                                       | 0,011            |
| 30.09.2019       | 21,8%                | 16,2%               | -2,6%           | -1,6%          | 0,014                                       | 0,009            |
| 31.12.2019       | 17,6%                | 13,5%               | -3,8%           | -2,4%          | 0,047                                       | 0,032            |
| 31.03.2020       | 21,8%                | 16,0%               | 3,5%            | 2,0%           | 0,026                                       | 0,016            |
| 30.06.2020       | 19,2%                | 14,3%               | 0,7%            | 0,4%           | 0,001                                       | 0,001            |
| 30.09.2020       | 13,2%                | 10,5%               | -3,9%           | -2,5%          | 0,086                                       | 0,054            |
| 31.12.2020       | 13,7%                | 10,9%               | -4,7%           | -3,0%          | 0,116                                       | 0,078            |
| 31.03.2021       | 26,3%                | 19,0%               | -4,4%           | -2,6%          | 0,028                                       | 0,018            |
| 30.06.2021       | 34,7%                | 24,7%               | -1,6%           | 0,0%           | 0,002                                       | 0,000            |
| 30.09.2021       | 33,9%                | 24,2%               | 4,5%            | 3,3%           | 0,018                                       | 0,018            |
| 31.12.2021       | 33,6%                | 24,1%               | 7,0%            | 4,8%           | 0,043                                       | 0,039            |
| Среднее значение |                      |                     |                 |                | 0,032                                       | 0,026            |
| Точность модели  |                      |                     |                 |                | 0,968<br>(96,8%)                            | 0,974<br>(97,4%) |

# Экстраполяция трендов (обрабатывающие промышленные системы)

**ВАЛОВАЯ ДОБАВЛЕННАЯ  
СТОИМОСТЬ, МЛРД РУБ.**



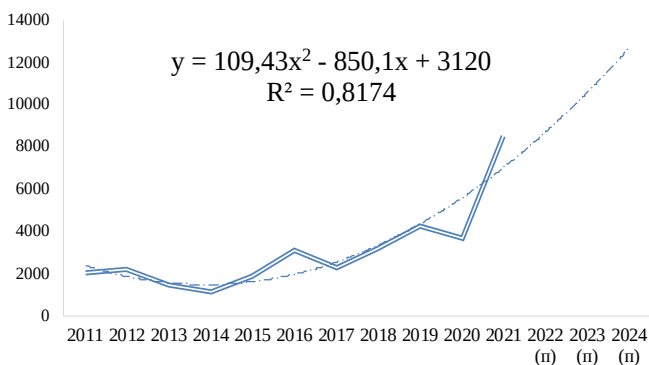
**ЧИСЛО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПЕРЕДОВЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,  
ТЫС ЕД.**



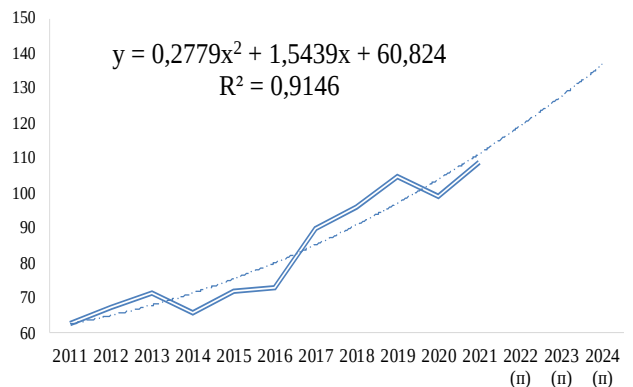
**Н.1)  $Y_{ВДС(обр)}$ , экспоненциальная линия  
тренда**

**Н.2)  $Y_{ИПТТ(обр)}$ , полиномиальная линия  
тренда**

**САЛЬДИРОВАННЫЙ ФИНАНСОВЫЙ  
РЕЗУЛЬТАТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ОРГАНИЗАЦИЙ, МЛРД РУБ.**



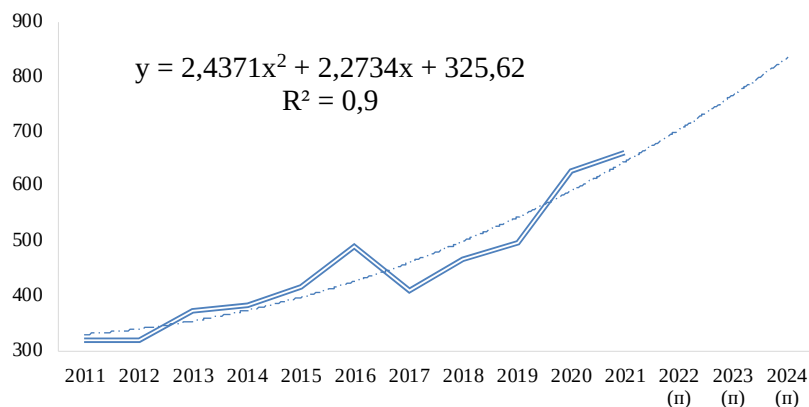
**СООТНОШЕНИЕ ЭКСПОРТА И  
ИМПОРТА УСЛУГ В СФЕРЕ ИКТ, %**



**Н.3)  $Y_{СФР(обр)}$ , полиномиальная линия  
тренда**

**Н.4)  $x_1(обр)$ , полиномиальная линия  
тренда**

**ЧИСЛО РАЗРАБОТАННЫХ ПЕРЕДОВЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,  
НОВЫХ ДЛЯ РОССИИ, ЕД.**

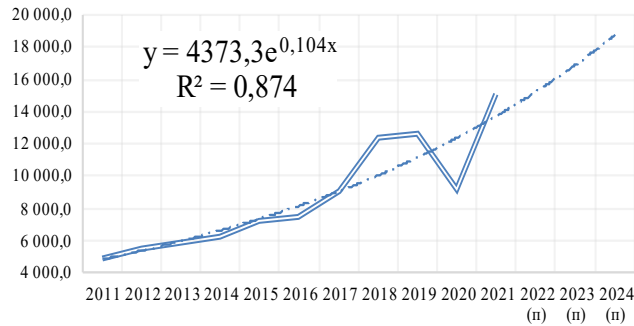


**Н.5)  $x_2(обр)$ , полиномиальная линия тренда**



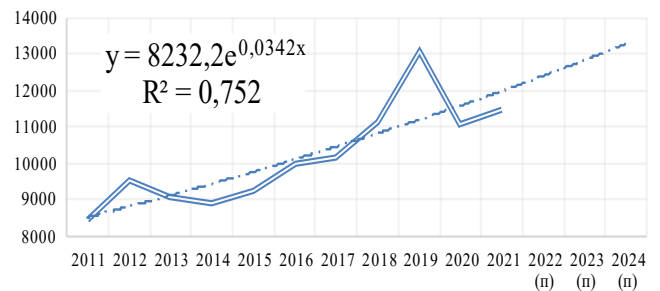
### Экстраполяция трендов (добывающие промышленные системы)

**ВАЛОВАЯ ДОБАВЛЕННАЯ  
СТОИМОСТЬ, МЛРД РУБ.**



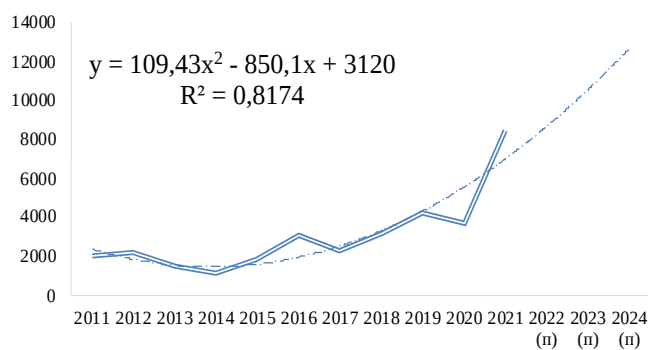
П.1)  $Y_{ВДС(доб)}$ , экспоненциальная линия тренда

**ЧИСЛО ИСПОЛЪЗУЕМЫХ  
ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ, ЕД.**



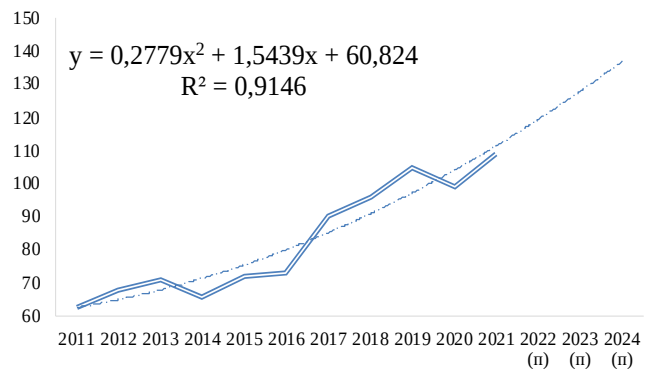
П.2)  $Y_{ИПТ(доб)}$ , экспоненциальная линия тренда

**САЛЬДИРОВАННЫЙ ФИНАНСОВЫЙ  
РЕЗУЛЬТАТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ОРГАНИЗАЦИЙ, МЛРД РУБ.**



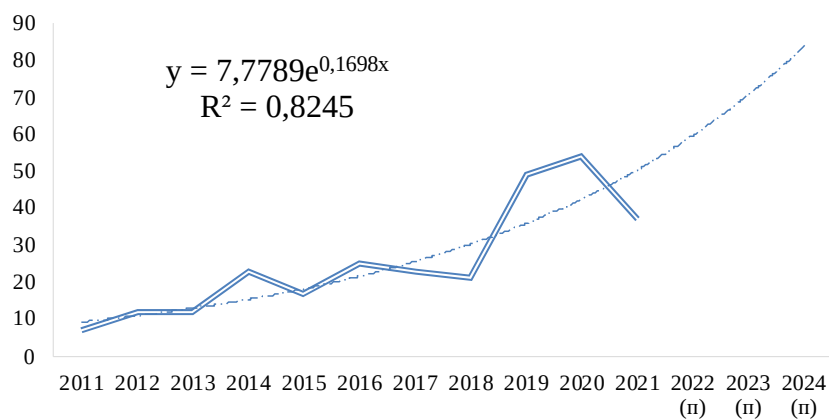
П.3)  $Y_{СФР(доб)}$ , полиномиальная линия тренда

**СООТНОШЕНИЕ ЭКСПОРТА И  
ИМПОРТА УСЛУГ В СФЕРЕ ИКТ, %**



П.4)  $x_1(доб)$ , полиномиальная линия тренда

**ЧИСЛО РАЗРАБОТАННЫХ ПЕРЕДОВЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,  
НОВЫХ ДЛЯ РОССИИ, ЕД.**



П.5)  $x_2(доб)$ , экспоненциальная линия тренда

## Уровень цифровизации мезопромышленных систем в 2021 г., % организаций

| Используемая программа              | Пр   | УАП  | CRM  | ERP  | SCM  | Уровень цифровизации | Оборот организаций (обрабатывающей промышленности), млрд руб. |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|----------------------|---------------------------------------------------------------|
| Субъект РФ                          |      |      |      |      |      |                      |                                                               |
| Белгородская область                | 9,5  | 9,7  | 15,9 | 16,1 | 5,5  | высокий              | 723                                                           |
| Брянская область                    | 8,2  | 6    | 12,5 | 13,1 | 4,5  | средний              | 207,6                                                         |
| Владимирская область                | 13,8 | 9,6  | 16   | 16,6 | 8,8  | высокий              | 712,1                                                         |
| Воронежская область                 | 10,5 | 8,5  | 15,7 | 16,5 | 6,4  | высокий              | 525,1                                                         |
| Ивановская область                  | 9,4  | 7,3  | 14,2 | 14   | 6,3  | высокий              | 147,6                                                         |
| Калужская область                   | 14,5 | 11,5 | 16,3 | 16,8 | 8    | высокий              | 1 192,00                                                      |
| Костромская область                 | 8,3  | 6,3  | 11   | 11,9 | 4,7  | средний              | 136,5                                                         |
| Курская область                     | 7,8  | 7,8  | 11   | 12,2 | 4,8  | средний              | 204,6                                                         |
| Липецкая область                    | 10   | 9,2  | 14,5 | 15,7 | 6    | высокий              | 1 111,00                                                      |
| Орловская область                   | 8,2  | 7,4  | 12,5 | 12,5 | 5,4  | средний              | 126,1                                                         |
| Рязанская область                   | 11,3 | 8,5  | 14,6 | 15,1 | 6,3  | высокий              | 454,4                                                         |
| Смоленская область                  | 14   | 12,5 | 18,2 | 17   | 10,8 | высокий              | 233,8                                                         |
| Тамбовская область                  | 7,7  | 6,8  | 11,8 | 13,8 | 5    | средний              | 169                                                           |
| Тверская область                    | 10,4 | 8,4  | 12,7 | 12,7 | 5,6  | средний              | 321,6                                                         |
| Тульская область                    | 12   | 9,3  | 16,1 | 15,8 | 6,5  | высокий              | 1 033,80                                                      |
| Ярославская область                 | 11,8 | 10,2 | 16,9 | 17,2 | 6,9  | высокий              | 425,2                                                         |
| Республика Карелия                  | 10,9 | 8,2  | 13,5 | 13,6 | 5,4  | высокий              | 116,7                                                         |
| Республика Коми                     | 8,1  | 6,3  | 10   | 12,7 | 3,7  | средний              | 187,7                                                         |
| Архангельская область               | 9,4  | 7,7  | 12,3 | 14,3 | 4,5  | средний              | 372,1                                                         |
| Вологодская область                 | 11,5 | 8,7  | 13,9 | 13,6 | 5,9  | высокий              | 1 409,20                                                      |
| Калининградская область             | 9,2  | 6,8  | 11,2 | 10,8 | 2,9  | средний              | 695                                                           |
| Ленинградская область               | 12,3 | 9,5  | 13,6 | 15   | 4,7  | высокий              | 1 402,00                                                      |
| Мурманская область                  | 10,9 | 6    | 12,7 | 14,1 | 5,3  | средний              | 784,8                                                         |
| Новгородская область                | 15   | 13,3 | 18,6 | 18,8 | 10   | высокий              | 288,2                                                         |
| Псковская область                   | 9    | 6,9  | 13,5 | 12,9 | 5,1  | средний              | 113,4                                                         |
| Республика Адыгея                   | 9,1  | 9    | 12,7 | 11,2 | 4,9  | средний              | 38,5                                                          |
| Республика Калмыкия                 | 5,8  | 7,2  | 9,9  | 8,8  | 5    | низкий               | 1,3                                                           |
| Республика Крым                     | 4,5  | 3,4  | 7,3  | 6,7  | 2    | низкий               | 64,2                                                          |
| Краснодарский край                  | 9,2  | 6,9  | 13,5 | 13,2 | 5,1  | средний              | 918,7                                                         |
| Астраханская область                | 9,6  | 7,2  | 11,8 | 11,9 | 4,7  | средний              | 9,5                                                           |
| Волгоградская область               | 7,4  | 5,5  | 11   | 10,8 | 3,6  | средний              | 482,3                                                         |
| Ростовская область                  | 8,9  | 6,4  | 12,9 | 12,7 | 4,2  | средний              | 1 046,30                                                      |
| г. Севастополь                      | 7,7  | 5,2  | 8,3  | 6,8  | 2,4  | низкий               | 10,9                                                          |
| Республика Дагестан                 | 3,1  | 2,7  | 3,5  | 3,5  | 1,7  | низкий               | 32,1                                                          |
| Республика Ингушетия                | 4,2  | 4,2  | 8,7  | 7,1  | 3,1  | низкий               | 0,1                                                           |
| Кабардино-Балкарская Республика     | 6,1  | 5,9  | 9,6  | 9,4  | 4    | низкий               | 35,8                                                          |
| Карачаево-Черкесская Республика     | 6    | 6,4  | 9,3  | 7,4  | 3,8  | низкий               | 28,5                                                          |
| Республика Северная Осетия – Алания | 6,5  | 5,7  | 8,4  | 8,7  | 3,7  | низкий               | 14,7                                                          |
| Чеченская Республика                | 3,1  | 3,8  | 22,1 | 29,1 | 8,9  | высокий              | 6,8                                                           |
| Ставропольский край                 | 10,4 | 8,5  | 15,2 | 14,3 | 6,3  | высокий              | 328,3                                                         |
| Республика Башкортостан             | 9,9  | 7,4  | 12,5 | 12,5 | 4,7  | средний              | 1 686,20                                                      |
| Республика Марий Эл                 | 9,6  | 7,8  | 12,1 | 13,2 | 5,5  | средний              | 123,3                                                         |
| Республика Мордовия                 | 7,9  | 7    | 10,5 | 10   | 4    | средний              | 252,1                                                         |
| Республика Татарстан                | 9,4  | 8    | 14   | 13,9 | 4,4  | средний              | 2 025,50                                                      |

## Продолжение приложения Р

| Используемая программа<br>Субъект РФ | Пр   | УАП | CRM  | ERP  | SCM | Уровень<br>цифрови-<br>зации | Оборот ор-<br>ганизаций<br>(обрабаты-<br>вающей<br>промыш-<br>ленности),<br>млрд руб. |
|--------------------------------------|------|-----|------|------|-----|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Удмуртская Республика                | 11,4 | 9,1 | 14,4 | 15,6 | 4,8 | высокий                      | 313,3                                                                                 |
| Чувашская Республика                 | 10,5 | 7,1 | 13,5 | 12,8 | 5,3 | средний                      | 228,4                                                                                 |
| Пермский край                        | 13,4 | 9,5 | 14,7 | 16,7 | 6,3 | высокий                      | 931,8                                                                                 |
| Кировская область                    | 7,5  | 7,3 | 9,8  | 10,7 | 4,2 | средний                      | 214,3                                                                                 |
| Нижегородская область                | 12,2 | 8,2 | 16   | 17,1 | 5,9 | высокий                      | 1 353,70                                                                              |
| Оренбургская область                 | 10,7 | 8,8 | 13   | 14   | 5,4 | высокий                      | 295,2                                                                                 |
| Пензенская область                   | 8    | 7,3 | 11   | 11,1 | 4   | средний                      | 186,5                                                                                 |
| Самарская область                    | 12,2 | 9,1 | 15,5 | 16,7 | 6,4 | высокий                      | 1 251,60                                                                              |
| Саратовская область                  | 8,6  | 6,6 | 11,2 | 13   | 4,5 | средний                      | 443,6                                                                                 |
| Ульяновская область                  | 9,7  | 7,5 | 11,1 | 12,9 | 3,9 | средний                      | 260,7                                                                                 |
| Курганская область                   | 7,7  | 6,6 | 10   | 11,3 | 3,5 | средний                      | 128,2                                                                                 |
| Свердловская область                 | 11,9 | 8,4 | 14,8 | 15,9 | 4,9 | высокий                      | 2 752,50                                                                              |
| Тюменская область                    | 12,5 | 8,7 | 13,1 | 15,8 | 5,2 | высокий                      | 1 846,50                                                                              |
| Челябинская область                  | 11,5 | 8,8 | 13,9 | 15,3 | 5,1 | высокий                      | 2 035,20                                                                              |
| Республика Алтай                     | 5,6  | 6,1 | 11,3 | 8,3  | 3,6 | низкий                       | -                                                                                     |
| Республика Тыва                      | 3,1  | 2,5 | 6,4  | 3,5  | 2   | низкий                       | -                                                                                     |
| Республика Хакасия                   | 8,6  | 6,2 | 10,1 | 11   | 3,2 | средний                      | 112,2                                                                                 |
| Алтайский край                       | 6,4  | 5,4 | 11   | 10,5 | 3,3 | средний                      | 366,8                                                                                 |
| Красноярский край                    | 8,6  | 5,9 | 11   | 11,5 | 3,9 | средний                      | 1 705,80                                                                              |
| Иркутская область                    | 7,7  | 5,9 | 9,8  | 10,8 | 3,1 | средний                      | 417,7                                                                                 |
| Кемеровская область                  | 10,7 | 9   | 15,7 | 16   | 5,2 | высокий                      | 874,2                                                                                 |
| Новосибирская область                | 9,3  | 7   | 15,2 | 14,4 | 4,2 | высокий                      | 444,6                                                                                 |
| Омская область                       | 8,1  | 6,4 | 10,6 | 11   | 3,6 | средний                      | 311,7                                                                                 |
| Томская область                      | 10,4 | 7,7 | 14,1 | 14,5 | 4,7 | высокий                      | 165,8                                                                                 |
| Республика Бурятия                   | 5,6  | 4,8 | 8    | 8,5  | 2,4 | низкий                       | 86,1                                                                                  |
| Республика Саха (Якутия)             | 8    | 5,7 | 8,8  | 7,8  | 2,8 | низкий                       | 16,7                                                                                  |
| Забайкальский край                   | 6,4  | 5,3 | 8,7  | 9,1  | 3,8 | низкий                       | 23,2                                                                                  |
| Камчатский край                      | 8,8  | 5,4 | 7,9  | 6,5  | 1,9 | низкий                       | 25,3                                                                                  |
| Приморский край                      | 8,8  | 5   | 13,1 | 12,3 | 3,1 | средний                      | 258,5                                                                                 |
| Хабаровский край                     | 10   | 6,4 | 11,8 | 12,4 | 3,6 | средний                      | 153,3                                                                                 |
| Амурская область                     | 6,6  | 5,4 | 7,9  | 8,8  | 2,9 | низкий                       | 36,3                                                                                  |
| Магаданская область                  | 10   | 6,2 | 10,1 | 9,1  | 3,2 | средний                      | -                                                                                     |
| Сахалинская область                  | 10,1 | 5,9 | 11,6 | 10,2 | 3,6 | средний                      | 61,3                                                                                  |
| Еврейская автономная область         | 6,6  | 6   | 8,2  | 8,2  | 2,5 | низкий                       | 4,6                                                                                   |
| Чукотский автономный округ           | 7,3  | 5,6 | 5,9  | 5,2  | 1,9 | низкий                       | -                                                                                     |

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020660139

«Модель определения потенциала цифровизации  
нефтехимической отрасли»

Правообладатели: *Галимулина Фарида Фидайловна (RU), Шинкевич  
Алексей Иванович (RU)*

Авторы: *Галимулина Фарида Фидайловна (RU),  
Шинкевич Алексей Иванович (RU)*



Заявка № 2020618346

Дата поступления 27 июля 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 28 августа 2020 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№. 2021681815

Модель оценки экологической нейтральности  
жизненного цикла нефтехимического производства

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)  
(RU)*

Авторы: *Шинкевич Алексей Иванович (RU), Галимулина  
Фарида Фидайловна (RU)*



Заявка № 2021680686

Дата поступления 15 декабря 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 27 декабря 2021 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат 0x02A5CFBC0B1ACF59A40A2F08092E9A118  
Владелец **Ивлиев Григорий Петрович**  
Действителен с 15.01.2021 по 15.01.2035

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№. 2022680491

Диагностика импортонезависимости промышленного  
предприятия

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)* (RU)

Авторы: *Шинкевич Алексей Иванович (RU), Галимулина  
Фарида Фидаиловна (RU), Барсегян Наира Вартовна (RU)*



Заявка № 2022669489

Дата поступления 24 октября 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 02 ноября 2022 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат 68b80077e14e40f0a94edbd24145d5c7  
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**  
Действителен с 2.03.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов



# Документы, подтверждающие использование результатов диссертационного исследования

  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)  
К. Маркса ул., д.68, Казань, 420015 тел. (843) 231-42-00, факс (843) 238-56-94, office@kstu.ru  
ОКПО 02069639, ОГРН 1021602854963, ИНН/КПП 1655018804/165501001

---

13.12.2023 № 150-4106/6-3/04

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Диссертационный совет  
24.2.276.04, созданный на базе  
ФГБОУ ВО «Белгородский  
государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова»

## АКТ

использования результатов диссертационного исследования  
Галимулиной Фариды Фидаиловны, выполненного на тему «Методология  
оценки эффективности промышленных систем в условиях становления  
технологического суверенитета», представленного на соискание ученой  
степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и  
отраслевая экономика (экономика промышленности) в учебной деятельности

Основные теоретические и практические результаты, представленные в диссертации Галимулиной Фариды Фидаиловны, используются в учебном процессе, освещены в учебно-методическом комплексе дисциплин «Управление операциями», «Логистические системы нефтехимических комплексов», «Методы и инструментальные средства моделирования бизнес-процессов в цепях поставок инновационной продукции», преподаваемых при подготовке бакалавров и магистров; используются в рамках реализации программы развития Передовой инженерной школы «ПРОМХИМТЕХ» (ПИШ «ПРОМХИМТЕХ»); при разработке учебных курсов: «Информационное и программное обеспечение автоматизированных систем управления логистическими процессами» в рамках гранта Потанина для преподавателей магистратуры (2021 год), программы повышения квалификации «Инновационные логистические технологии для повышения эффективности бизнес-процессов», модуль «Современные методы и модели логистики в управлении бизнес-процессами» (2021 год); программы повышения квалификации «Автоматизация промышленного предприятия на основе цифровых технологий», модуль «Цифровые двойники: переход к промышленному лидерству на глобальных рынках» (2022 год).

Проректор по учебной работе

Д.Ш. Султанова

Барсегян Н.В.  
BarsegyanNV@corp.knrtu.ru



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

К. Маркса ул., д.68, Казань, 420015 тел. (843) 231-42-00, факс (843) 238-56-94, office@kntu.ru

ОКПО 02069639, ОГРН 1021602854965, ИНН/КПП 1655018804/165501001

12.12.2023 № 160-4086/6-3/03

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Диссертационный совет  
24.2.276.04, созданный на базе  
ФГБОУ ВО «Белгородский  
государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова»

## АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования  
Галимулиной Фариды Фидайловны на тему «Методология оценки  
эффективности промышленных систем в условиях становления  
технологического суверенитета», представленного на соискание ученой  
степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и  
отраслевая экономика (экономика промышленности)

Результаты диссертационного исследования Галимулиной Фариды Фидайловны на тему «Методология оценки эффективности промышленных систем в условиях становления технологического суверенитета» прошли апробацию в рамках грантов Президента РФ на поддержку ведущих научных школ РФ № НШ-2600.2020.6 «Методология организации процессов ресурсосбережения в условиях цифровизации инновационных экономических систем», № НШ-1886.2022.2 «Разработка методологии управления мезоэкономикой замкнутого цикла на основе инструментов цифровизации», гранта РНФ № 22-28-00581 «Методология управления цепями поставок в условиях циркулярной экономики» под руководством доктора экономических наук, профессора Шинкевича А.И. в части развития методологии оценки эффективности промышленных систем; предложенного методического подхода к исследованию стадий укрепления технологического суверенитета; сквозной методики диагностики эффективности цепей поставок промышленной продукции; оригинальной структурной модели управления развитием промышленных систем на макроуровне в условиях суверенизации экономики.

И. о. проректора по научной работе  
и инновациямБарсегян Н.В.  
BarsegyanNV@corp.kntu.ru

Р. Р. Сафин



МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИКИ  
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Московская ул., д. 55, г. Казань, 420021



ТАТАРСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ИКЪТИСАД МИНИСТРЛЫГЫ

Мәскәү ур., 55 йорт, Казан шәһәре, 420021

Телефон: (843) 524-91-11, 524-91-21, факс/fax: (843) 524-91-22, e-mail: me.rt@tatar.ru, http://mert.tatarstan.ru

11.12.2023 № 04-42/25815

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

В диссертационный совет

24.2.276.04, созданный на базе ФГБОУ ВО

«Белгородский государственный

технологический университет им. В.Г. Шухова»

### СПРАВКА

о внедрении результатов исследования, полученных в рамках диссертационного исследования Галимулиной Фарида Фидайловича, выполненного на тему «Методология оценки эффективности промышленных систем в условиях становления технологического суверенитета», представленного на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности)

Положения, изложенные в диссертационном исследовании Галимулиной Ф.Ф., обосновывают повышение эффективности управления промышленными системами, в целом, и, в частности, в Республике Татарстан, и поэтому, определенно, имеют практическое значение для развития экономики Республики Татарстан.

Отмечены наиболее значимые для экономики региона результаты исследования, которые нашли отражение в программной деятельности региона:

– так, при разработке госпрограммы «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» использовались следующие определения: технологический иммунитет, платформизация, концепция «зеленого» коридора;

– в раздел «Новые модели открытых инноваций/новые модели экономического роста» госпрограммы «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» учтена авторская методика оценки эффективности на уровне цепей поставок промышленной продукции, позволяющая интегрировать мониторинг производства и реализации промышленной продукции Республики Татарстан с учетом факторов импортозамещения технологий, инноваций и экологизации;

– идея сквозной межведомственной кооперации по вопросам тиражирования CALS-технологий, «зеленой» повестки и усовершенствованной метрики SCOR-модели учтена в качестве нового направления в госпрограмме Республики Татарстан «Экономическое развитие и инновационная экономика Республики Татарстан на 2014–2024 годы».

Выделенные положения способствуют координации ориентиров госпрограмм Республики Татарстан в рамках достижения национальных целей развития Российской Федерации, определенных Указом Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»: технологического развития в условиях санкций для достижения импортозамещения.

Первый заместитель  
министра экономики  
Республики Татарстан, к.э.н.



О.В.Пелевин



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

**Научно-исследовательский институт  
Центр экологической  
промышленной политики  
(ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»)**

141006, Московская область, г. Мытищи,  
Олимпийский проспект, д. 42  
Тел.: +7(495) 583-65-83, +7(495) 240-00-00  
E-mail: [info@eipc.center](mailto:info@eipc.center)

ОКПО 01877509, ОГРН 1025003533037  
ИНН 5029006847, КПП 502901001

от 11.12.2023 № 07-2/1994  
на                      от                      г.

### СПРАВКА

о практическом использовании результатов диссертационного исследования  
Ф.Ф. Галимулиной «Методология оценки эффективности промышленных систем в  
условиях становления технологического суверенитета»

Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП») настоящим подтверждает использование результатов диссертационного исследования Ф. Ф. Галимулиной «Методология оценки эффективности промышленных систем в условиях становления технологического суверенитета», представленного на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности) в своей деятельности.

В частности:

– в процессе экспертной оценки ресурсной эффективности инвестиционных проектов промышленных предприятий и экспертной оценки технологий в области обращения с отходами производства и потребления практически используются методики оценки экологической эффективности промышленных предприятий с упором на обеспечение технологической независимости (включая диагностику экологической нейтральности предприятия), перехода хозяйствующих субъектов к модели «зелёного» предприятия, «зелёного» эффекта в рамках развития

промышленных систем на микроуровне, что позволяет оптимизировать производственные процессы;

– в ходе реализации Стратегии вовлечения вторичных ресурсов в экономический оборот внедрены положения сформулированной автором концептуальной модели наилучших доступных технологий, состоящие в обеспечении экономического, социального, репутационного и технологического эффектов, а также кумулятивной модели управления эффективностью и конкурентоспособностью промышленных систем, основанную на конвергенции технологий (НДТ, НБИКС, CALS);

– в фокусе создания эффективного механизма устойчивого и стабильного развития российской промышленности, основанного на рациональном использовании ресурсной базы с учетом природоохранных мероприятий и модернизации производства учтен подход к оценке устойчивого развития предприятия SDI<sub>E</sub>.

Использование положений и рекомендаций, предложенных Ф.Ф. Галимулиной, позволяет развивать методологическую базу модернизации отечественной промышленности.

Заместитель директора

Т.В. Гусева





|                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО<br><b>“Лента”</b>                                     |                                                                                                                                                        | АКЦИОНЕР ОБЩЕСТВИ<br><b>“Хяю”</b>                                                                                                                                                          |
| ✉ ул. Калинина, д. 68,<br>г. Чебоксары,<br>Чувашская Республика,<br>428008 | ☎ 8 800 444 98 00<br>(доб.448) приёмная<br>E-mail: <a href="mailto:lenta@lentacheb.ru">lenta@lentacheb.ru</a> ,<br><a href="mailto:sales@lentacheb.ru">sales@lentacheb.ru</a><br><a href="http://www.lentacheb.ru">www.lentacheb.ru</a> | ☐ Р/с 40702810075020102381<br>Отделение №8613 Сбербанка России<br>г. Чебоксары к/с 30101810300000000609.<br>БИК 049706609 ОГРН 1022100969890<br>ИНН/КПП 2127008692/213001001 ОКПО 00323691 |

18.12.2023 № 41-10000-08/ \_\_\_\_\_

## СПРАВКА

Настоящим АО «Лента» подтверждает, что результаты диссертационного исследования Галимулиной Фарида Фидаиловны, выполненного на тему «Методология оценки эффективности промышленных систем в условиях становления технологического суверенитета» и представленного на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности), направлены на решение актуальных практических задач и используются в оперативной и стратегической деятельности промышленного предприятия.

При уточнении стратегии развития предприятия приняты во внимание новые категории, введенные автором (в том числе, технологический иммунитет); в рамках модернизации оборудования внедряются разработанные автором методики диагностики импортонезависимости предприятия, обеспечивающие возможность автоматизации оценки эффекта мероприятий в области импортозамещения и развивающие внутренний потенциал цифровизации промышленной системы в условиях укрепления технологического суверенитета; видится полезным подход к идентификации категории нашего предприятия в контексте стадий становления технологического суверенитета и перехода в категорию «эффективное».

Отдельно отметим предложенный автором методический комплекс мониторинга эффективности промышленных систем. Охватывая диагностику блоков ресурсной, технологической, экологической и экономической эффективности, данный комплекс позволяет рационально распределять ресурсную базу, что послужило основанием для его интеграции в систему принятия управленческих решений АО «Лента».

Генеральный директор

Р.П. Иванова



КАЧЕСТВО НАДЕЖНОСТЬ БЕЗОПАСНОСТЬ



**АЖ «ТАТНЕФТЕХИМИНВЕСТ-ХОЛДИНГ»****ТАТАРСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ**

420061, г. Казань, ул. Н. Ершова, д. 29 а, а/я 113

тел/факс: (843) 272-41-74, 272-53-07, 238-18-00

e-mail: uea@tnhi.ru

**АО «ТАТНЕФТЕХИМИНВЕСТ-ХОЛДИНГ»****РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН**

р/с 40702810800020000274, к/с 301018100000000000805

БИК 049205805, «Ак Барс» Банк г. Казани

ИНН 1653010285/166001001,

ОКПО 36641789, ОКОНХ 96190

В диссертационный совет 24.2.276.04,  
созданный на базе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный  
технологический университет им. В.Г. Шухова»

### СПРАВКА

о практическом использовании результатов, сформулированных в диссертационном исследовании Галимулиной Фарида Фидайловны, выполненном на тему «Методология оценки эффективности промышленных систем в условиях становления технологического суверенитета», представленном на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности)

Принимая во внимание актуальность проблематики обеспечения технологического суверенитета страны и промышленный характер диссертационного исследования, настоящим документом подтверждаем практическую ценность предложенных автором идей.

Положения диссертационного исследования учитываются и используются в деятельности АО «Татнефтехиминвест-холдинг». В частности, структурная модель управления развитием промышленных систем, основанная на сквозной межведомственной кооперации как ядро технологического развития страны, представляет интерес в плоскости координации и управления нефтегазохимическим комплексом Республики Татарстан, поддержки инвесторов для реализации новых нефтехимических проектов в области импортозамещения в регионе, а также в контексте реализации Программы развития нефтегазохимического комплекса Республики Татарстан на 2020-2024 годы. Предложенная концепция операционного управления цепями поставок промышленной продукции и дополнительно вводимые метрики позволяют рационализировать управление глобальными потоками продукции нефтегазохимического комплекса, производимой в Республике Татарстан.

Считаем, что научные результаты представленной диссертации развивают методологический трамплин для перехода региональной и национальной экономики к проактивной стадии становления технологического суверенитета.

Генеральный директор



Р. С. Яруллин





**АССОЦИАЦИЯ  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА  
«ТЕКСТИЛЬНАЯ И ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»**

---

Россия, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, МИ  
тел./факс: +7 (843) 231-43-37, [t.fedorova50@mail.ru](mailto:t.fedorova50@mail.ru), [www.kstu.ru](http://www.kstu.ru)  
ОГРН 1121600004932, ИНН/КПП 1655258115/165501001

11.12.2023

**СПРАВКА**

об использовании результатов, содержащихся в диссертации  
Галимулиной Фариды Фидаиловны, выполненной на тему:  
«Методология оценки эффективности промышленных  
систем в условиях становления технологического суверенитета»,  
представленной на соискание ученой степени доктора экономических  
наук по специальности:

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности).

Ассоциация Технологическая платформа «Текстильная и легкая промышленность» рассмотрела положения и научные результаты, сформулированные Галимулиной Ф.Ф. в диссертационном исследовании, видит в них практический интерес в контексте развития технологической платформы и считает возможным использование ряда авторских идей при организации мониторинга эффективности функционирования отраслевой кооперации.

Предложенная система повышения эффективности промышленных систем на базе авторской методики оценки структурных сдвигов позволяет оценить вклад функционирования Технологической платформы в структурную трансформацию национальной экономики в условиях конвергенции технологий и укрепления технологического суверенитета страны. Кроме того, Галимулиной Ф.Ф. усовершенствована методика оценки деятельности российских технологических платформ (путем реализации метода главных компонент и выделения трех значимых факторов – кооперация участников, структурная компонента и компонента открытости стратегических целей и задач платформы), что нивелирует несовершенство действующего подхода к формированию рейтинга российских технологических платформ, а также повышает качество мониторинга эффективности деятельности Технологической платформы.

Настоящим подтверждаю учет отмеченных положений авторского диссертационного исследования в рамках уточнения Стратегической

программы исследований Технологической платформы «Текстильная и легкая промышленность».

Координатор, председатель  
правления АС «ТП «ТиЛП»



Л.Н. Абуталипова