

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Савенков-

Савенков Леонид Дмитриевич

**МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО
И СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ**

Специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(бухгалтерский учет, аудит и экономическая статистика)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
доктора экономических наук

Научный консультант
Курилова Анастасия Александровна,
доктор экономических наук, доцент

Тольятти 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1 Теоретические основы построения концептуальной модели комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий	18
1.1 Концептуальные подходы к определению сущности стратегического потенциала предприятия как объекта комплексного экономического и статистического анализа.....	18
1.2 Структурные компоненты стратегического потенциала и их взаимосвязи.....	35
1.3 Теоретические подходы к построению концептуальной модели комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятия	44
Глава 2 Статистический анализ современного состояния и тенденций развития металлургической промышленности.....	62
2.1 Статистический анализ динамики развития металлургической промышленности в мире	62
2.2 Статистический анализ влияния макроэкономических факторов на производство стали: методологический подход	90
2.3 Комплексный статистический подход к прогнозированию развития металлургического комплекса	159
Глава 3 Комплексный экономический анализ устойчивого развития предприятий металлургической промышленности с использованием когнитивных и статистических моделей.....	172
3.1 Комплексный экономический анализ направлений устойчивого развития предприятий металлургической промышленности	172
3.2 Методика комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности	184
3.3 Статистический анализ влияния мирового производства стали на выбросы парниковых газов	198

Глава 4 Методология комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России	216
4.1 Методика комплексного экономического анализа принципов оценки стратегического потенциала предприятий на основе нечетких когнитивных карт	216
4.2 Методология комплексного экономического анализа стратегического потенциала предприятий металлургического комплекса на основе сбалансированной системы показателей	240
4.3 Методика формирования статистических индексов для оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности	251
Глава 5 Статистический анализ и прогнозирование индексов стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России	264
5.1 Статистический анализ частных обобщающих индексов стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России	264
5.2 Реализация методики статистического анализа показателей стратегического потенциала с применением метода анализа главных компонент	281
5.3 Прогнозирование динамики индексов стратегического потенциала металлургических компаний России на основе сценарного анализа	286
Заключение	295
Список литературы	299
Приложения	337

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Современная мировая и российская экономика развивается в условиях ускоряющихся технологических изменений, усиления глобальной конкуренции и растущего внимания к вопросам устойчивого развития. Metallургическая промышленность, являясь одной из базовых отраслей экономики, влияет не только на экономический рост, но и на экологическую и социальную устойчивость национальной экономики.

В текущих условиях возрастает важность развития методологии комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий металлургической отрасли, которая должна обеспечивать их способность к долгосрочному устойчивому развитию, адаптации к изменяющейся внешней среде и эффективному использованию внутренних ресурсов. В настоящее время существующие теоретические и методологические подходы к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала в основном ориентированы на анализ ресурсной обеспеченности и конкурентных преимуществ без должного учета факторов экологической ответственности, инновационной активности и интеграции в глобальные технологические и торговые цепочки. Недостаточная разработанность статистического инструментария затрудняет принятие сбалансированных управленческих решений. Представляется необходимым развитие методологии, интегрирующей экономико-статистические модели и системы прогнозирования для эффективного анализа стратегического потенциала.

Сложившиеся вызовы, включая необходимость декарбонизации производства, повышения энергоэффективности, диверсификации экспортных потоков и адаптации к геополитическим ограничениям, требуют пересмотра существующей методологии комплексного экономического и статистического анализа металлургических предприятий.

Актуальность исследования также обусловлена тем, что традиционные методы комплексного экономического и статистического анализа оказываются

недостаточными в условиях высокой неопределенности. Возникает необходимость в развитии методологии за счет интеграции методов бэккастинга, когнитивного моделирования и сценарного прогнозирования для формирования долгосрочных стратегий развития металлургических предприятий на основе результатов комплексного экономического и статистического анализа.

Растущая роль металлургической промышленности в условиях изменения глобальной структуры производства стали подчеркивает важность разработки комплексного подхода к повышению конкурентоспособности российских предприятий на мировом рынке. Решение данной задачи позволит сформировать количественную базу для принятия стратегических решений, адаптированных к условиям цифровизации и устойчивого развития.

Степень разработанности проблемы. Вопросам разработки концепции, выделения ее элементов, а также анализа и оценки стратегического потенциала предприятия посвящены работы зарубежных и отечественных авторов: С.Б. Алексеева, Т. Анташкиевой, О. Арефьевой, Б.И. Артамонова, Л.Н. Булгаковой, Н.А. Васильевой, О. Вовк, И.А. Горина, О.В. Ивановой, Р. Каплана, Е.Ю. Ключевой, Н.В. Коноваловой, Д.В. Латышева, М.И. Лукиных, Б. Мазур, Я.Э. Нагаева, Д. Нортон, П.А. Петрова, С. Пилецкой, О. Фатеева, В.К. Цуцкарева.

Применение методов статистического анализа, таких как тест причинности Грейнджера, широко используется для выявления взаимосвязей между переменными. В работах таких исследователей, как Л.Г. Гадий, Р.А. Григорьева, Е.Д. Джаохадзе, А.А. Золотарева, А.М. Киюцевская, М.П. Лазарева, Е.А. Леонтьева, А.Ю. Румянцева, О.Н. Салманова, Е.А. Федорова и др., рассмотрены методы выявления причинно-следственных связей, что является важным инструментом для анализа динамики и прогноза экономических процессов. Иностранное исследование в этой области, включая работы Х.Т. Ай, А.А. Бавдекар, Дж. Гроппа, А.К. Джордана, Г. Капетаниоса, Л.Р. Лима, Т. Марвала, У.К. Мюллер, С. Прачьянгпреча, Б.Р. Прусти, М.И. Субхани, Ч. Сяо, С. Шоултераа и др., дополняют и расширяют возможности использования методов Грейнджера в статистическом анализе.

Статистический метод анализа и прогнозирования временных рядов ARIMA был рассмотрен в работах таких российских ученых, как С.А. Айвазян, З.П. Айдынов, Г.Г. Канторович, В.В. Карасев, А.Д. Лебедева, Г.Г. Мингазова, В.С. Мхитарян, Н.С. Нуркашева, Ж.Г. Нурсултанова, А.В. Трегуб, И.В. Трегуб, Н.Д. Трифонова, Е.Ю. Шабанова и др., а также в зарубежных исследованиях, например, в работах Х. Албарра, М. Али, Н. Деви, Р. Кусумавати, О. Максвелла, Н. Мариати, С. Рахмавана, В. Романуке, Л. Сетиавати и др.

Работы таких ученых, как А.Л. Бобков, О.А. Доничев, Д.С. Неслухов, Р.В. Овсянникова, И.Н. Петрыкина, Е.И. Пискун, Ю.М. Протасов, М.И. Солосина, В.В. Хохлов, И.Н. Щепина, В.М. Юров и др., подтверждают эффективность использования кластерного анализа.

Метод анализа главных компонент (РСА) используется для отбора значимых факторов и формирования индексов и упрощает анализ многомерных данных и повышает качество принимаемых решений. В работах Е.О. Кузнецовой, Е.А. Макаровой, а также зарубежных исследователей, включая Х. Абди, А.М. Абдулазиза, О. Дорабиала, И.Т. Джоллиффа, П.Дж.Ф. Гроенена, М. Гринакра, К.Дж. Кадимы, К.А. Камарго, Ю.Н. Куца, Х.Б.М. Салиха, Л.Дж. Уильямса, Т. Хэсти и др., рассмотрены основные принципы и области применения РСА. Метод используется для формирования комплексных индексов, что отражено в исследованиях М. Афанасьева, Т.В. Жгуна, А. Кудрова, Д.Д. Лемешовой, А.В. Липатова, К.К. Логинова, И.А. Макарова и др.

Методология, основанная на нечетких когнитивных картах, является важным инструментом комплексного экономического анализа для оценки и моделирования сложных систем и процессов, которые невозможно описать с помощью стандартных количественных методов. Подход рассмотрен в работах отечественных исследователей, включая А.Н. Аверкина, Э.Р. Диваеву, А.В. Заграновскую, Е.Ш. Закиеву, Е.А. Макарову, Е.В. Мелихову, М.А. Николаеву, А.Ф. Оськина, Д.А. Оськина, Т.В. Плещенко, А.Ф. Рогачева, А.П. Ротштейна, А.С. Федулова, С.А. Ярушева и др., а также зарубежных ученых, включая М. Амели, И.Д. Апостолопулоса, Э. Бахтавара, М. Валипура, Х.Г. Винда,

М. Гликаса, Л.Ф.Х. Дипака, С. Дуна, Л.Г. Занона, Я. Де Кока, Г. Ксироганниса, Е. Папагеоргиу, И.П.С. Перейру, М. Титуса, З. Цзя, Ю. Чжана, С. Юсефи, Д.К. Яковидиса.

Кроме того, комплексный экономический анализ на основе сбалансированной системы показателей, рассматриваемой в работах Г.А. Бережной, Е.Г. Зиновьевой, А.С. Измайловой, А.М. Колмыкова, М.В. Кузнецовой, Г.А. Ледневой, А.В. Ловкой, В.М. Салганика, А.А. Тихоновой, Н.В. Шмелевой, Л.В. Юрьевой и др., а также зарубежных исследователей, таких как С. Бастос, Л. Ван, Р. Ви́ла-Бильери, И.С. Глинская, И.С. Джарарах, С. Донг, С. Жессем, В. Зайкайте, З. Закария, Р.В. Калиничева, А. Костанин, Х. Коста Оливейра, Ф. Миде Филемоном, К. Мио, Х.С. Оливейра, С. Панфило, И. Перейрой, Ф. Пуйме-Гильеном, М. Рафиком, Т. Ро, С. Сон, Р. Сакалаускайте, Р. Силва, И. Соуза, Р. Фернандес-Гонсалесом, М. Феррер Эстевезом, Р. Чалметой, А. Че Азми, И. Шукутите, Ф. Янг, дает возможность комплексно оценить эффективность деятельности предприятий, фокусируясь на различных аспектах их функционирования.

Тем не менее, несмотря на наличие публикаций, посвященных проблеме комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала компаний, остается ряд недостаточно изученных аспектов применительно к анализу стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России, что делает актуальным исследование такой методологии.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является разработка концептуально-методологического подхода к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России, основанного на интеграции принципов устойчивого развития, применении методов анализа временных рядов, когнитивного моделирования и многомерной статистики, обеспечивающего комплексную оценку адаптивности предприятий к изменениям внешней среды и их ориентацию на достижение Целей устойчивого развития ООН.

Задачи исследования:

1. Обосновать выделение стратегического потенциала предприятий в качестве объекта комплексного экономического и статистического анализа.

2. Разработать концептуальную модель комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности.

3. Разработать научно обоснованный статистический подход к кластеризации стран – участников мирового рынка стали и железной руды на основе системы комплексных динамических показателей (объемы производства стали и добычи железной руды).

4. Разработать и апробировать методологический подход к статистическому анализу взаимосвязей между объемами мирового и российского производства стали и основными макроэкономическими индикаторами.

5. Предложить методику прогнозирования основных статистических показателей развития мировой и российской сталелитейной промышленности.

6. Разработать и апробировать интегративную методику комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности.

7. Предложить методологический подход к статистической оценке стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности с учетом экологических факторов.

8. Разработать и апробировать методику комплексного экономического анализа принципов оценки стратегического потенциала предприятий, провести сценарный экономический анализ устойчивости развития в условиях экологических и институциональных трансформаций.

9. Разработать методологию комплексного экономического анализа предприятий металлургического комплекса на основе расширенной модели сбалансированной системы показателей (BSC), дополненной ESG-перспективой и подходом бэккастинга.

10. Предложить методику статистической оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России на основе метода главных компонент и выполнить сравнительный анализ и прогноз интегральных индексов стратегических потенциалов.

Объект исследования. Предприятия металлургической промышленности Российской Федерации, функционирующие в условиях трансформации глобального рынка стали, усиления экологических и институциональных требований, а также структурных изменений национальной экономики.

Предмет исследования. Методологические положения и инструментарий комплексного экономического и статистического анализа, мониторинга, оценки и прогнозирования стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности.

Гипотеза исследования. Развитие интегрированного концептуально-методологического подхода к оценке и прогнозированию стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности как многомерной динамической системы, объединяющего инструментарий комплексного экономического и статистического анализа, ESG-показатели и методы когнитивного моделирования, обеспечивает статистически значимое повышение точности оценок и прогнозов по сравнению с традиционными подходами, не учитывающими когнитивные взаимосвязи и ESG-факторы.

Теоретическая база исследования представлена научными трудами отечественных и зарубежных ученых, посвященных комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятия, его компонентам, а также анализу стратегического потенциала предприятия с учетом концепции устойчивого развития.

Методологическую основу исследования составляют системный, комплексный и междисциплинарный подходы к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности в условиях глобальных экономических, институциональных и экологических трансформаций. Применяются методы

анализа временных рядов (ARIMA), анализа главных компонент (PCA), кластеризации, регрессионного анализа и причинности Грейнджера, методы когнитивного моделирования и бэккастинга для анализа стратегического потенциала и его детерминант.

Информационная база исследования. Сборники и отчетные данные Всемирной ассоциации производителей стали (World Steel Association), Всемирного банка (World Bank), данные финансовой отчетности, корпоративные отчеты и отчеты об устойчивом развитии ведущих российских металлургических предприятий, данные размещенные на официальных международных и российских интернет-порталах, отраслевые аналитические обзоры и экспертные оценки развития металлургической отрасли, научные статьи, а также другие источники информации, которые относятся к тематике исследования.

Соответствие содержания диссертационного исследования паспорту научной специальности. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (бухгалтерский учет, аудит и экономическая статистика) в части п. 11.4 «Комплексный экономический и финансовый анализ хозяйственной деятельности. Оценка эффективности деятельности экономических субъектов», п. 11.5 «Мониторинг, анализ и оценка изменений бизнеса», п. 11.14 «Методология построения статистических показателей и систем показателей», п. 11.17 «Прикладные статистические исследования в экономике. Статистическая поддержка управленческих решений».

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке концептуально-методологического подхода к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России, основанного на интеграции принципов устойчивого развития, применении методов анализа временных рядов, когнитивного моделирования и многомерной статистики, обеспечивающего комплексную оценку адаптивности предприятий к изменениям внешней среды и их ориентацию на достижение Целей устойчивого развития ООН.

Впервые стратегический потенциал осмысливается как статистически измеримая и многомерная категория, зависящая от комплекса внутренних и внешних факторов, включая ресурсную обеспеченность, макроэкономические условия и параметры устойчивого развития.

В диссертационной работе получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. Обосновано выделение стратегического потенциала предприятий в качестве объекта комплексного экономического и статистического анализа. На этой основе сформированы теоретические подходы к построению концептуальной модели его исследования, учитывающей адаптивность предприятия к изменениям внешней среды (макроэкономическим, институциональным и экологическим), а также интеграцию показателей достижения Целей устойчивого развития ООН (ЦУР).

Разработана система универсальных и отраслевых статистических индикаторов, отражающих структуру стратегического потенциала предприятий металлургического комплекса. Обоснована типология шести потенциалов – организационно-управленческого, финансово-экономического, кадрового, инвестиционно-инновационного, производственно-технологического и экологического, для которых определены частные показатели, адаптированные к отраслевой специфике формирования бухгалтерской (финансовой, управленческой) отчетности и информационно-статистической базе предприятий металлургической промышленности (п. 11.4, п. 11.17 Паспорта специальности 5.2.3).

2. Разработан научно обоснованный статистический подход к кластеризации стран – участников мирового рынка стали и железной руды, основанный на системе комплексных динамических показателей (объемы производства стали и добычи железной руды). С применением методов многомерной статистической кластеризации выделены пять устойчивых кластеров стран, характеризующих межстрановую дифференциацию по масштабу и структуре металлургического производства: глобальный лидер, страны с выраженной сырьевой специализацией,

крупные индустриальные производители, страны со значительными объемами добычи и производства, а также страны с ограниченным участием в мировом металлургическом производстве (п. 11.17 Паспорта специальности 5.2.3).

3. Разработан и апробирован методологический подход к статистическому анализу взаимосвязей между объемами мирового и российского производства стали и основными макроэкономическими индикаторами, основанный на выявлении причинно-следственных и лаговых зависимостей в динамике временных рядов. В рамках подхода установлена статистически значимая двусторонняя грейнджеровская причинность между объемом мирового производства стали и показателем валового накопления капитала (в процентах ВВП) на лаге 1, что позволяет интерпретировать динамику производства стали как опережающий индикатор инвестиционной активности на глобальном уровне. Выявлена направленность и лаговая структура взаимосвязей между производством стали и макроэкономическими факторами, что расширяет представления о механизмах развития металлургической отрасли (п. 11.17 Паспорта специальности 5.2.3).

4. Предложена методика прогнозирования основных статистических показателей развития мировой и российской сталелитейной промышленности на основе системной адаптации моделей временных рядов ARIMA, учитывающая динамику объемов производства стали, цен на железную руду и внешнеторговых индикаторов. Разработанные статистические модели формируют систему сценарных входных параметров для экономического анализа, создавая количественную основу долгосрочного планирования в капиталоемких отраслях. Методика предусматривает дифференцированный выбор параметров модели в зависимости от характера временной динамики и адаптирована к условиям отраслевой волатильности, экономико-политических циклов и неопределенности внешней среды, что позволяет корректно моделировать временные зависимости и прогнозировать динамику экономических показателей сталелитейной отрасли (п. 11.4, п. 11.17 Паспорта специальности 5.2.3).

5. Разработана и апробирована интегративная методика комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности, основанная на моделировании взаимосвязей шести концептов: ресурсной эффективности, экологической устойчивости, зеленых инноваций, декарбонизации, принципа «чистого нуля» и ESG-управления. Методика с использованием инструментария нечетких когнитивных карт (Fuzzy Cognitive Maps, FCM) обеспечивает реализацию сценарного подхода к экономическому анализу и прогнозированию динамики экологических показателей в условиях структурной трансформации отрасли (п. 11.4, п. 11.5 Паспорта специальности 5.2.3).

6. Предложен методологический подход к статистической оценке стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности с учетом экологических факторов, основанный на выявлении причинно-следственных и лаговых взаимосвязей между объемами производства стали и выбросами парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O), включая показатель углеродной интенсивности (CO_2 на 1 тонну стали). Установлена статистически значимая предсказательная связь между динамикой производства стали и выбросами CO_2 на лагах 1–5, что позволило обосновать включение экологических индикаторов в структуру оценки стратегического потенциала. Разработанная модель динамической регрессии с распределенными лагами расширяет инструментарий количественной оценки экологических последствий промышленного роста (п. 11.17 Паспорта специальности 5.2.3).

7. Разработана и апробирована методика комплексного экономического анализа принципов оценки стратегического потенциала предприятий на основе инструментария нечетких когнитивных карт. Предложенная методика обеспечивает формализацию взаимосвязей между принципами оценки стратегического потенциала и реализацию сценарного экономического анализа устойчивости развития предприятий в условиях экологических, институциональных и технологических трансформаций. Введено и теоретически обосновано понятие сценарной чувствительности принципов оценки

стратегического потенциала, характеризующее степень их изменчивости под воздействием факторов внешней среды. Использование данного понятия позволяет идентифицировать устойчивые и уязвимые элементы системы стратегического потенциала и повысить обоснованность сценарного анализа и управленческих решений (п. 11.4, п. 11.5 Паспорта специальности 5.2.3).

8. Разработана методология комплексного экономического анализа предприятий металлургического комплекса, основанная на расширенной модели сбалансированной системы показателей (BSC), дополненной ESG-перспективой и подходом бэккастинга. Предложена поэтапная система KPI-индикаторов и целевых ориентиров устойчивого развития, интегрированных в стратегическое и операционное планирование в условиях экологической трансформации. Методология обеспечивает обоснованное управление целевыми показателями с учетом требований циркулярной экономики и институциональных факторов (п. 11.4, п. 11.5 Паспорта специальности 5.2.3).

9. Предложена методика статистической оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России, основанная на применении метода анализа главных компонент (РСА) для агрегирования системы показателей шести частных потенциалов: организационно-управленческого, финансово-экономического, кадрового, инвестиционно-инновационного, производственно-технологического и экологического. На основе эмпирических данных за 2019–2023 гг. проведен сравнительный анализ и построен прогноз (2026–2030 гг.) интегральных индексов стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности в условиях институциональных изменений и усиления экологических ограничений. Методика позволяет осуществить количественную диагностику структуры стратегического потенциала, а также идентификацию уязвимых и приоритетных элементов, требующих управленческого воздействия (п. 11.14 Паспорта специальности 5.2.3).

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в разработке концептуально-методологического подхода к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала

предприятий металлургической промышленности. Предложенный подход включает анализ экономических, экологических и институциональных факторов, что позволяет более глубоко понять динамику изменений в деятельности предприятий металлургической промышленности России.

Диссертационная работа направлена на развитие методологической базы комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала металлургических предприятий, учитывая влияние макроэкономических и экологических факторов. Это расширяет существующие представления о взаимодействии ресурсов и внешних факторов в условиях глобализации и трансформации экономических систем. Особое внимание в работе уделяется интеграции методов анализа главных компонент и моделей временных рядов, что позволяет объективно оценить текущий потенциал и сформировать обоснованные прогнозы изменений стратегических приоритетов предприятий металлургической отрасли.

Практическая значимость результатов исследования. Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке методологии комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности, которая позволяет:

- усовершенствовать систему мониторинга показателей стратегического потенциала предприятий, обеспечивая своевременность и обоснованность управленческих решений, необходимых для оперативной адаптации к изменениям внешней среды и повышения конкурентоспособности;
- повысить качество прогнозирования производственных объемов и эколого-экономических индикаторов, расширяя возможности долгосрочного стратегического планирования и оценки последствий альтернативных сценариев развития отрасли;
- обеспечить более высокий уровень обоснованности управленческих решений на различных уровнях – от отраслевых программ развития до корпоративных стратегий;

- усилить адаптивность предприятий к трансформирующимся условиям глобального рынка, включая усиление экологических требований и развитие инновационных технологий, обеспечивая укрепление их позиций как на внутреннем, так и на международных рынках.

Разработанные в работе рекомендации и предложения представляют собой прикладные инструменты комплексного экономического и статистического анализа показателей стратегического потенциала. Предложения, изложенные в работе, внедрены в деятельность ООО «Димитровградский литейный завод», АО «АВТОВАЗ», ООО «Стантек», ООО «Инновационные кабельные технологии», АО «ФОСФОХИМ». Полученные в работе результаты были использованы в учебном процессе ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет».

Полученные в диссертационной работе результаты исследования имеют непосредственное отношение к решению задач государственных стратегий и программ, направленных на развитие металлургической промышленности, устойчивое экологическое развитие и повышение конкурентоспособности отрасли. Результаты работы формируют научно-методическую основу для реализации приоритетных направлений отраслевого развития и могут быть использованы для совершенствования существующих и разработки новых подходов в государственной политике, включая Стратегию развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года (распоряжение Правительства РФ от 28.12.2022 № 4260-р), Государственную программу «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 328), Стратегию развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года (приказ Минпромторга России от 05.05.2014 № 839).

Апробация результатов исследования. Теоретические и практические положения диссертации были представлены и обсуждены на всероссийских и международных научно-практических конференциях: «Актуальные исследования и инновации в науке и технике» (Москва, 2025); «Современные вопросы устойчивого развития общества в эпоху трансформационных процессов» (Москва,

2025); «Глобальные научные тренды: междисциплинарные исследования (Саратов, 2025); «Smart cities and sustainable development of regions» (SMARTGREENS) (Екатеринбург, 2024); «Наука, общество, образование в эпоху цифровизации и глобальных изменений» (Пенза, 2024).

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 27 научных работ общим объемом 30,71 печ. л. (личный вклад – 15,21 печ. л.), в том числе 1 монография, 20 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК России, общим объемом 11,51 печ. л. (личный вклад – 11,51 печ. л.), 3 Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

Общий объем диссертации – 354 страницы машинописного текста, работа включает 151 таблицу, 83 рисунка и 6 приложений. Список литературы содержит 311 наименований на русском и иностранных языках.

Глава 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО И СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1 Концептуальные подходы к определению сущности стратегического потенциала предприятия как объекта комплексного экономического и статистического анализа

Предварительной процедурой перед определением концептуальных подходов к экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятия является библиографический поиск данного понятия в отечественной и зарубежной литературе. Проведенный библиографический поиск в базе данных OpenAlex по словосочетанию «strategic potential of the enterprise» выявил 7996 статей [1] (дата доступа 24.12.2024), которые были опубликованы за период с 1984–2024 гг. Проведенный библиографический анализ позволяет оценить степень научной разработанности понятия, выявить географию исследований и обосновать актуальность дальнейшей разработки концептуальных и методологических подходов. Распределение публикаций с термином «strategic potential of the enterprise» по страновому признаку показано на рисунке 1.1. Основными странами, в которых опубликованы данные работы, являются Украина (848 публикаций), США (553 публикации), Китай (383 публикации) и Российская Федерация (350 публикаций).

Большинство выбранных работ, посвященных стратегическому потенциалу, были опубликованы на английском языке (7745 работ), также работы были опубликованы на русском (143 работы) и на украинском (48 работ) языках. Анализ публикационной активности выявляет преобладание англоязычного научного дискурса и высокой концентрации исследований в ряде стран.

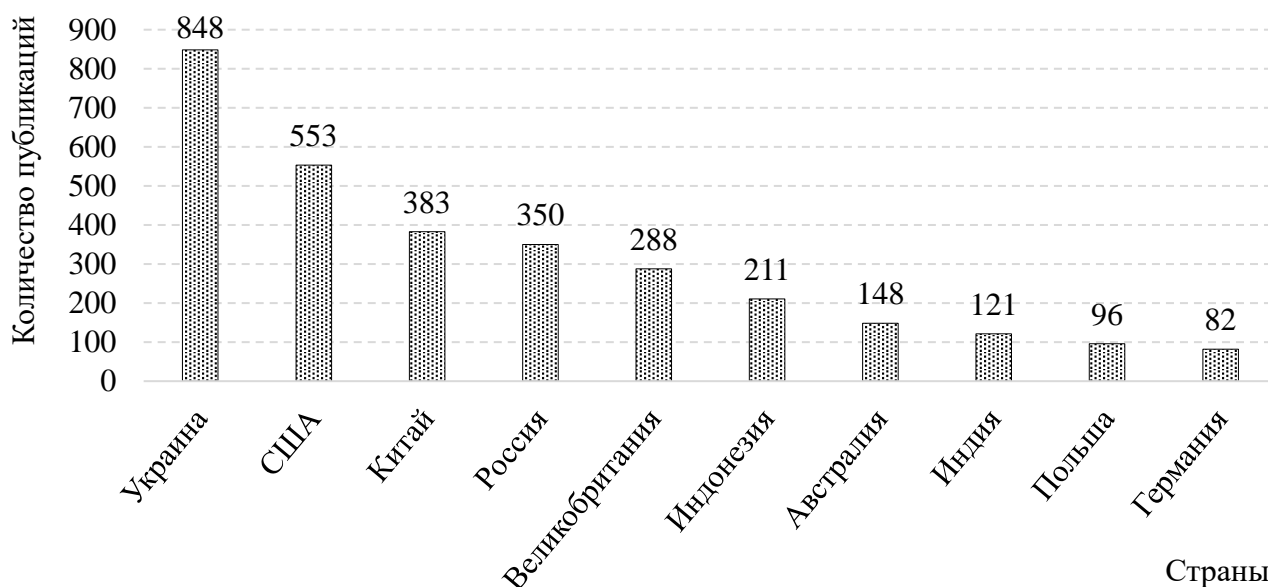


Рисунок 1.1 – Распределение публикаций с термином «strategic potential of the enterprise» по страновому признаку

Примечание – Составлено автором на основании данных OpenAlex [1].

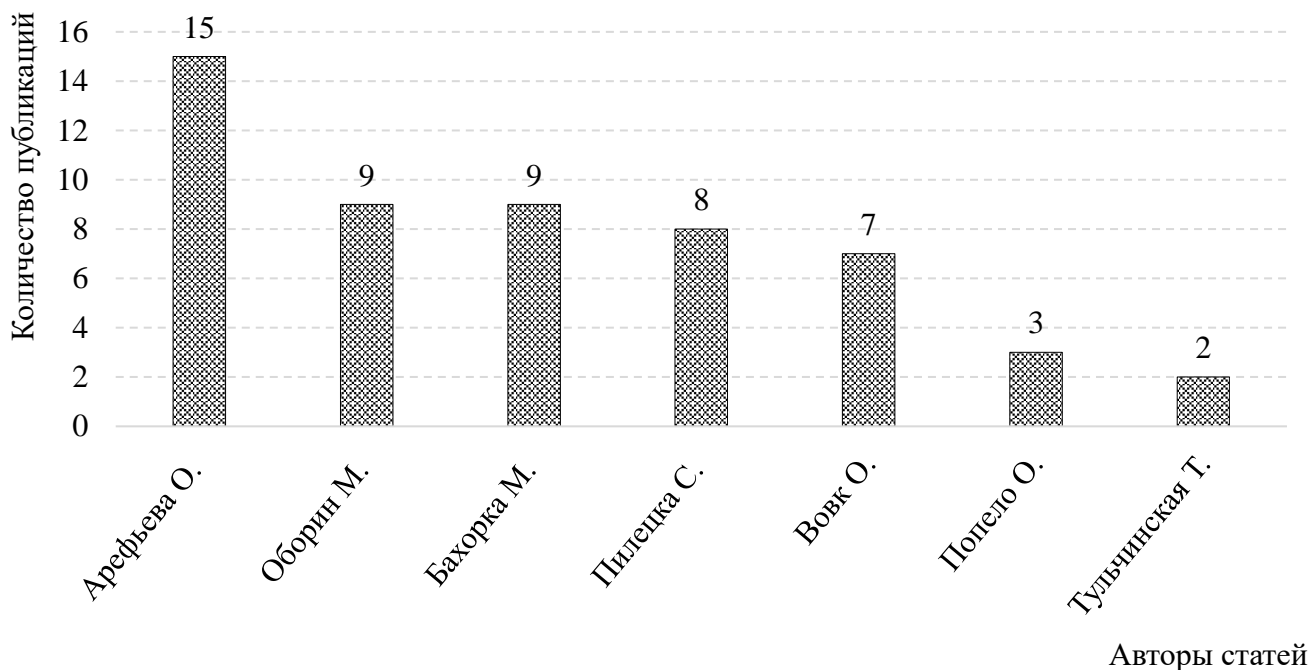


Рисунок 1.2 – Исследователи, имеющие наибольшее количество публикаций по теме, связанной со стратегическим потенциалом предприятия

Примечание – Составлено автором на основании данных OpenAlex [1].

Наибольшее количество работ было опубликовано такими авторами, как О. Арефьева (15 работ), М. Оборин (9 работ), М. Бахорка (9 работ) и С. Пилецка (8 работ) (рисунок 1.2).

Как видно из рисунка 1.3, основными узлами сети связей публикаций по теме «strategic potential of the enterprise» являются три исследователя: О. Арефьева, О. Вовк и С. Пилецка.

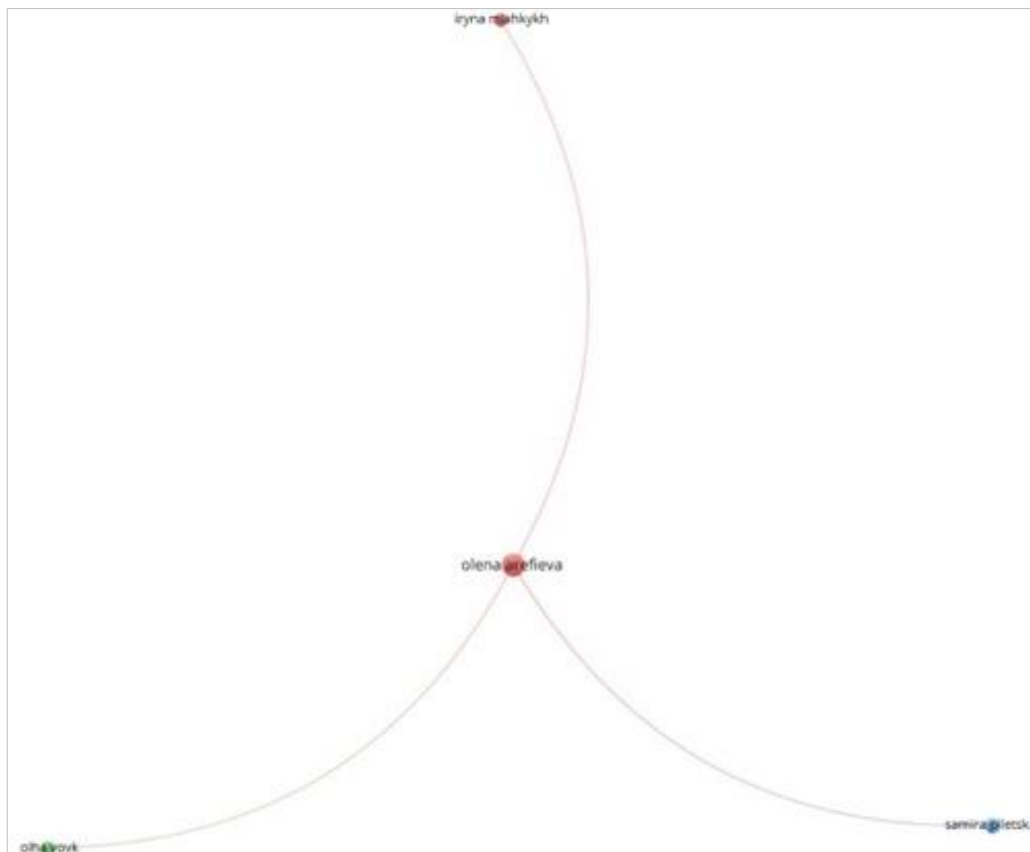


Рисунок 1.3 – Основные узлы сети публикаций по теме стратегический потенциал предприятия

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Проведенный кластерный анализ ключевых слов (рисунок 1.4), связанных с публикациями по теме «strategic potential of the enterprise», позволил выявить, что данный термин связан с семантическими кластерами «Business» (бизнес), «Computer science» (информатика), «Economics» (экономика), «Knowledge management» (управление знаниями), «Industrial organization» (промышленная организация), «Process management» (управление процессами), которые включают в себя подразделы «Data analysis» (анализ данных), «Business analytics» (бизнес-аналитика), «Descriptive statistics» (описательная статистика), «Analytics» (анализ). Междисциплинарный характер исследований, связанных с экономическим и

статистическим анализом стратегического потенциала, подтверждает их актуальность.

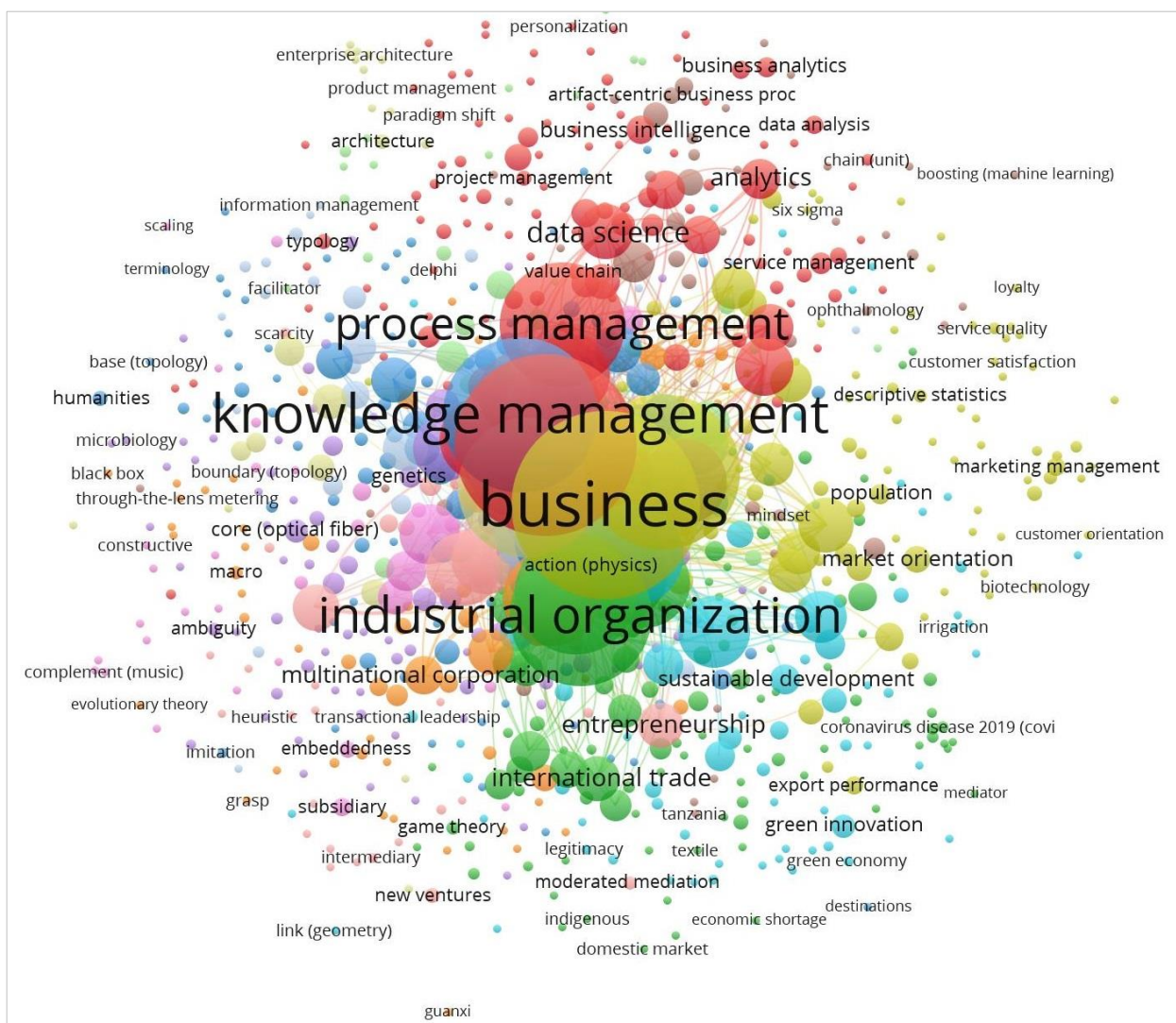


Рисунок 1.4 – Кластерный анализ ключевых слов, связанных с публикациями по теме «strategic potential of the enterprise»

Примечание – Составлено автором на основании данных OpenAlex [1] и программного обеспечения VOSviewer.

Изучение теоретических аспектов стратегического потенциала отличается многообразием. Различные исследователи предлагают свои уникальные интерпретации этих понятий. При этом стратегический потенциал рассматривается учеными как на макроуровне (страны, региона или отрасли промышленности), так и на уровне отдельного экономического субъекта – конкретного предприятия (рисунок 1.5).

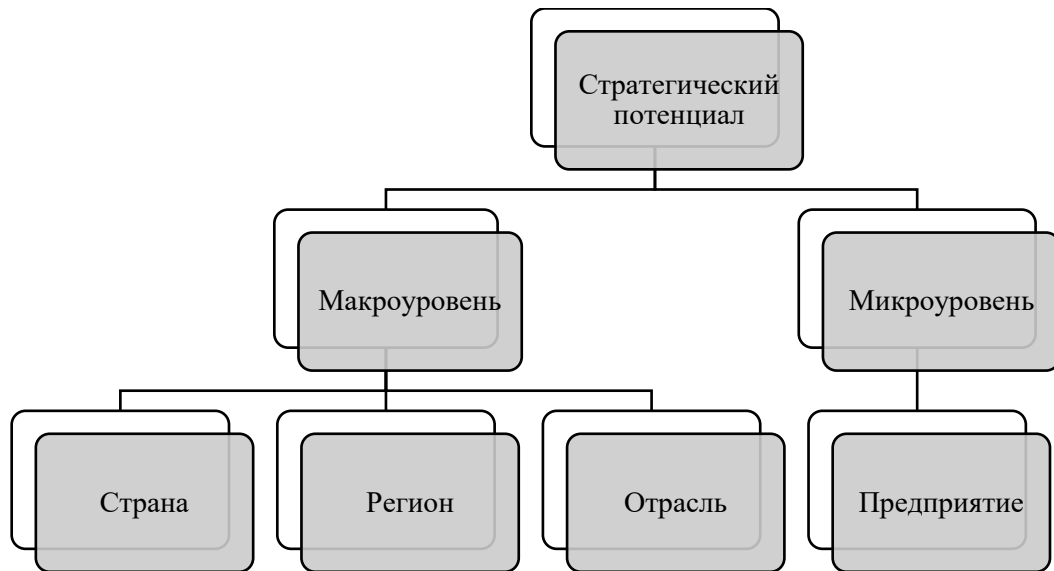


Рисунок 1.5 – Классификация понятий стратегического потенциала

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Рассмотрим различные теоретические подходы к формированию определения стратегического потенциала.

В ряде исследований стратегический потенциал рассматривается на макроуровне – в контексте национальной экономики. Так, В. Давтян и Н. Маргарян [2] трактуют его как результат межгосударственного взаимодействия, формирующего совокупные конкурентные возможности стран. В работах Т.С. Назаренко и И.В. Новиковой [3] стратегический потенциал национальной экономики увязывают с программно-проектным управлением цифровой трансформацией и обеспечением цифровой зрелости отраслей экономики.

На региональном уровне стратегический потенциал интерпретируется как интегративная характеристика социально-экономической системы. А.Л. Сабина и соавторы [4] рассматривают цифровую трансформацию региона как форму проявления его стратегического потенциала. О.Н. Кострюкова [5] акцентирует внимание на комплексной оценке производственного и рыночного потенциала региона, а Г.С. Шелкоплясова и С.В. Исламова [6] рассматривают взаимосвязь между стратегическими установками, процессом формирования и оптимизации стратегического потенциала и формированием динамической модели сбалансированного регионального развития.

Отраслевые исследования сосредоточены на специфике формирования стратегического потенциала в отдельных секторах экономики. А.Н. Кириллова [7] анализирует стратегический потенциал жилищно-коммунального хозяйства через призму модернизации и ресурсосбережения, Н.А. Баранова [8] – в агропромышленном комплексе, а Е.Л. Логинов и соавторы [9] – в региональных холдингах, подчеркивая необходимость комплексной оценки ресурсов и управленческих механизмов с использованием инструментов стратегического анализа.

Наибольшее количество исследований в области стратегического потенциала связано с хозяйственной деятельностью различных экономических субъектов – предприятий и организаций различных форм собственности.

О.В. Арефьева и др. рассматривают стратегические ресурсы как основу формирования экономического потенциала предприятия и обеспечения его развития [10].

О. Вовк и А. Дудик определяют потенциал развития предприятий и организаций как категорию, формируемую на основе оптимизации структуры ресурсов и внешних возможностей для достижения стратегических целей, своевременной адаптации к изменениям внешней среды и укрепления рыночных позиций [11].

В зарубежных исследованиях при анализе предприятия чаще используется категория динамических возможностей (*dynamic capabilities*), а не стратегического потенциала. Библиографический поиск в OpenAlex по запросу термина «*dynamic capabilities*» выявил 56 850 публикаций на тему динамические возможности в различных отраслях знаний [12]. Наибольшее число публикаций по данной тематике представлено на английском языке (56 292 публикации), намного реже исследования опубликованы на русском и испанском языках (более 70 публикаций на каждом языке) (рисунок 1.6).

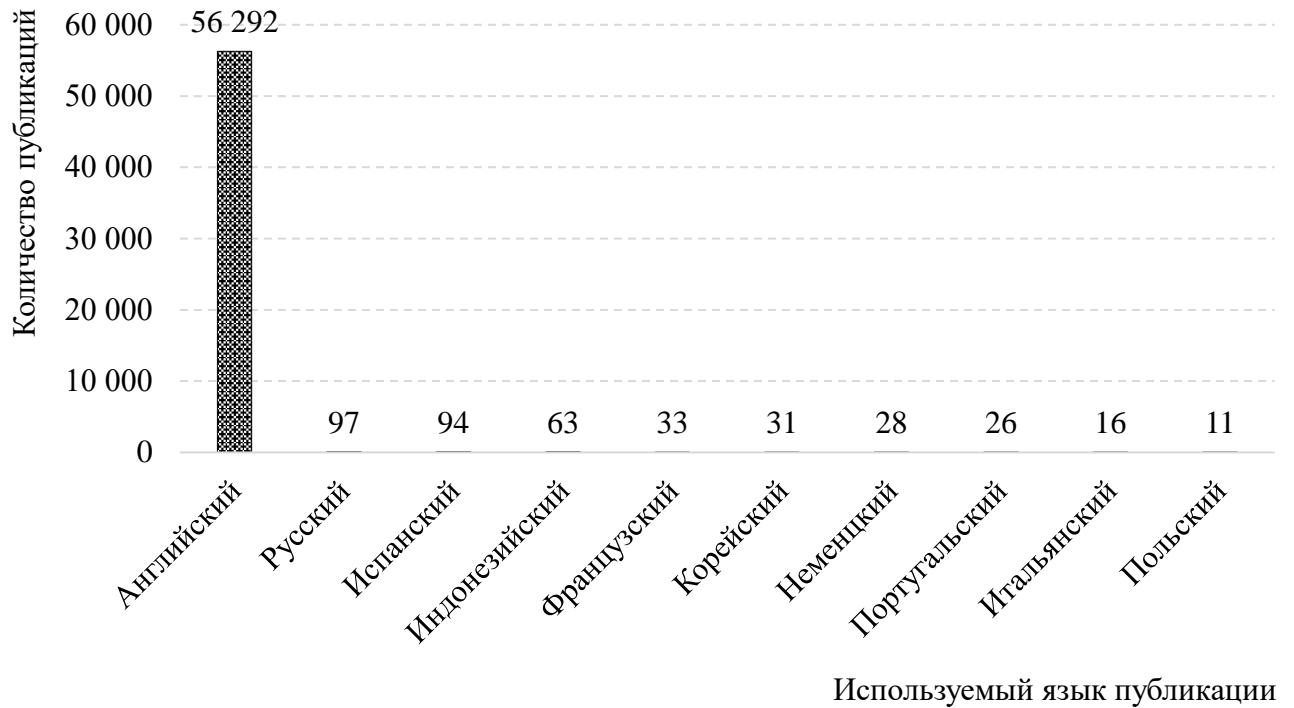


Рисунок 1.6 – Распределение публикаций с термином «dynamic capabilities» по языковому признаку

Примечание – Составлено автором на основании данных OpenAlex [12].

Лидером по числу публикаций, связанных с термином «dynamic capabilities», являются США (13 551 публикация), далее следует Китай (6 950 публикаций), а также Великобритания, Германия и Индия (рисунок 1.7).

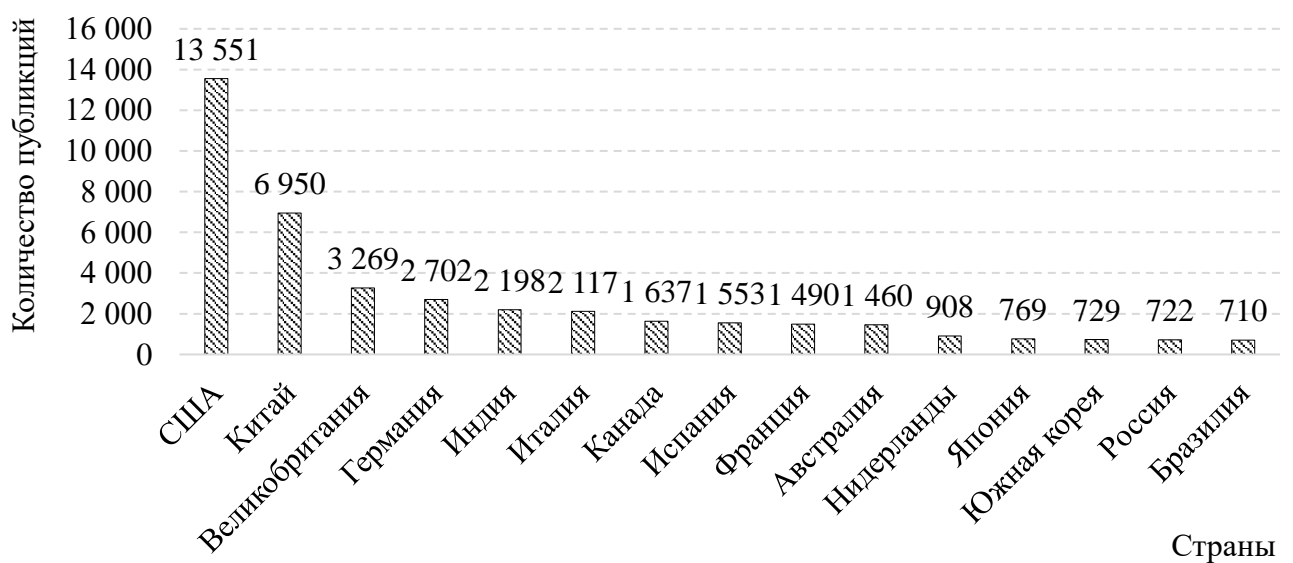


Рисунок 1.7 – Распределение публикаций с термином «dynamic capabilities» по страновому признаку

Примечание – Составлено автором на основании данных OpenAlex [12].

Термин «dynamic capabilities» используется в различных отраслях научного знания. Наибольшее количество публикаций сосредоточено в области инноваций и управления знаниями (Innovation and Knowledge Management) – 2 379 публикаций. Значительное число работ также относится к направлениям больших данных и бизнес-аналитики (Big Data and Business Intelligence), исследованиям предпринимательства (Entrepreneurship Studies), а также к тематике интернета вещей и периферийных вычислений (IoT and Edge/Fog Computing) и др. Отбор публикаций, связанных с экономикой и управлением предприятием, с использованием базы данных OpenAlex по запросу «dynamic capabilities» позволил сократить общее количество публикаций до 5 097 [12].

Наибольшее число публикаций по данной тематике принадлежит Д.Дж. Тису – 38 публикаций, К.Э. Хелфат – 19 публикаций, З.П. Гудерган – 19 публикаций (рисунок 1.8).

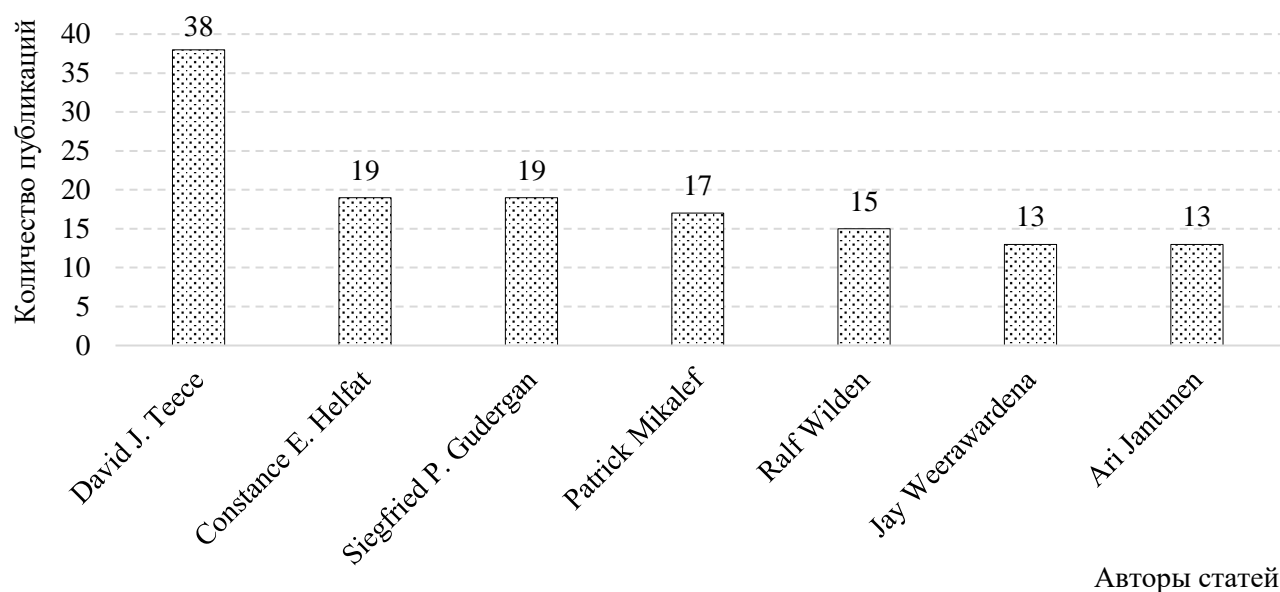


Рисунок 1.8 – Исследователи, имеющие наибольшее количество публикаций по теме, связанной с динамическими возможностями предприятия

Примечание – Составлено автором на основании данных OpenAlex [12].

Визуализация сети публикаций по теме динамических возможностей в области экономики, бизнеса и управления предприятием представлена на рисунке 1.9.

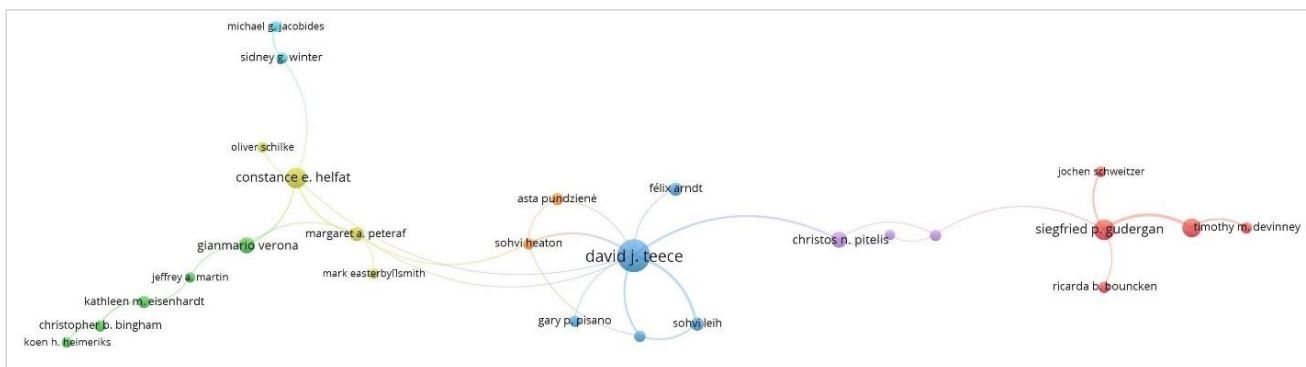


Рисунок 1.9 – Основные узлы сети публикаций по теме «dynamic capabilities»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Рисунок 1.9 показывает, что исследования трех авторов – Д. Тис, К. Хелфат и З. Гудерган – играют центральную роль в сети публикаций.

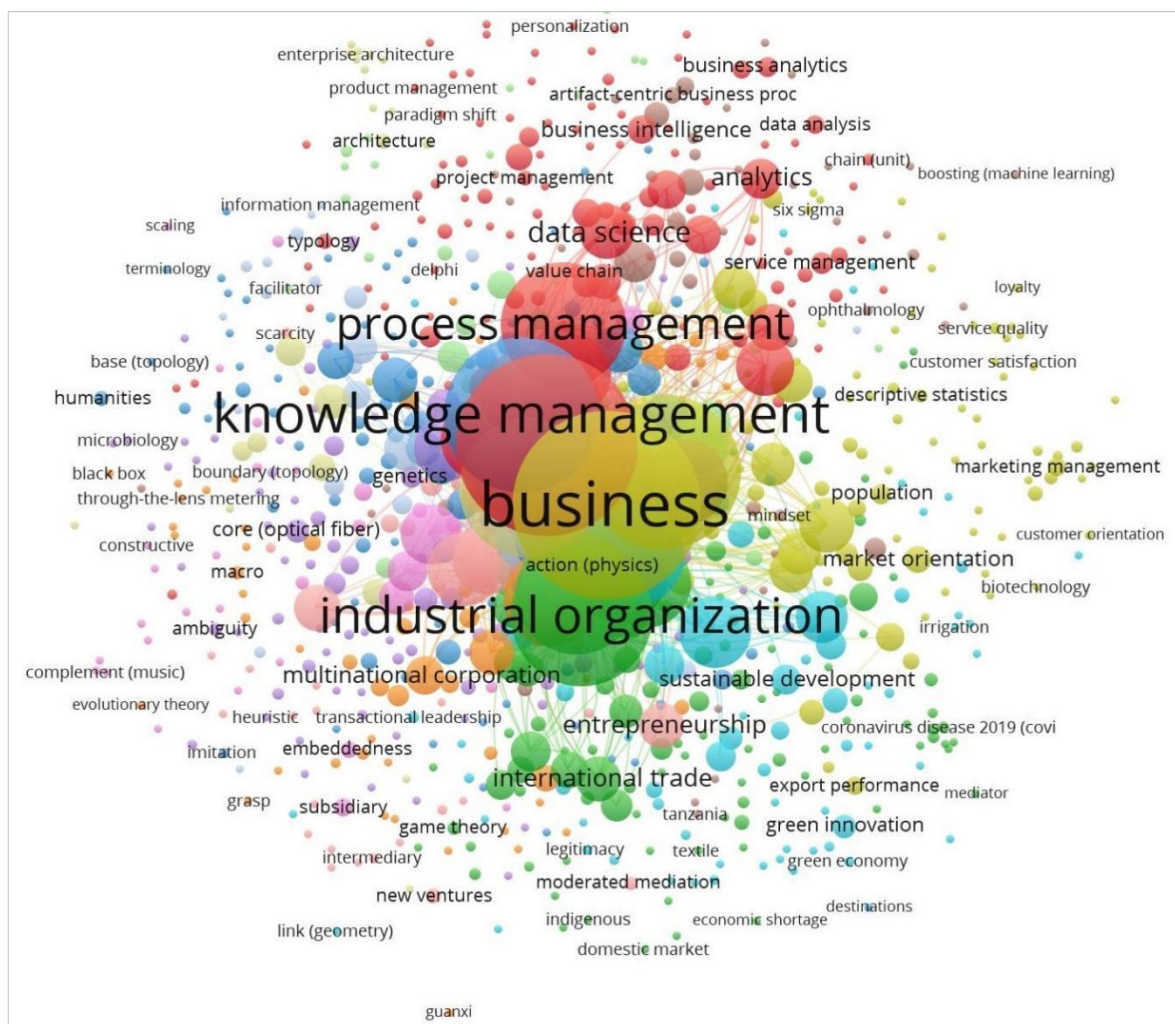


Рисунок 1.10 – Кластерный анализ ключевых слов, связанных с публикациями по теме «dynamic capabilities»

Примечание – Составлено автором на основании данных OpenAlex [12] и программного обеспечения VOSviewer.

Проведенный кластерный анализ ключевых слов (рисунок 1.10) показал, что термин «dynamic capabilities» связан с такими тематическими кластерами, как «Business» (бизнес), «Computer Science» (информатика), «Knowledge Management» (управление знаниями), «Industrial Organization» (промышленная организация), «Process Management» (управление процессами).

Сопоставление с кластерным анализом слов по теме «стратегический потенциал предприятия» показывает сходство тематических направлений и указывает на концептуальную близость исследований динамических возможностей и стратегического потенциала. По нашему мнению, стратегический потенциал является более широким понятием, включающим динамические возможности предприятия (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Составляющие стратегического потенциала организации

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Проанализируем работы зарубежных исследователей, посвященные динамическим возможностям организации.

Раскрытию стратегического потенциала через категорию динамических возможностей посвящены работы Д.Дж. Тиса [13], К.Э. Хелфат [14] и других

представителей ресурсно-эволюционного направления. Для данного подхода динамические возможности рассматриваются как способность фирмы интегрировать, создавать и перестраивать внутренние и внешние компетенции в условиях быстро меняющейся среды. Особое внимание уделяется механизмам создания и присвоения стоимости (value creation and value capture), развитию трудноимитируемых компетенций и формированию устойчивых конкурентных преимуществ.

Исследования ведущих ученых подтверждают влияние динамических возможностей на результаты деятельности организаций [15]. При этом И. Баррето подчеркивает, что их наличие не гарантирует автоматического успеха, а отражает различия в способности фирм к систематическому решению стратегических задач [16].

Ряд исследований расширяет данную концепцию, связывая динамические возможности с эволюцией технологических изменений [17], организационными формами и отраслевыми сетями [18], а также с маркетинговыми и международными аспектами деятельности предприятий [19]. В этих работах стратегический потенциал фактически трактуется как совокупность адаптивных и трансформационных способностей фирмы.

Концепция динамических возможностей интерпретирует стратегический потенциал как интегративную способность организации к трансформации ресурсов в устойчивые конкурентные преимущества в условиях неопределенности.

В отечественных исследованиях стратегический потенциал также интерпретируется как управляемая динамическая категория, формируемая ресурсами, конкурентными преимуществами и механизмами стратегического сотрудничества [20]. При этом исследователи подчеркивают связь социально-экономического потенциала и динамического развития через стратегическое управление, индикаторы и конкурентоспособность [21].

Е.Ю. Ключева и Я.Э. Нагаева [22] рассматривают стратегический потенциал через функциональную структуру предприятия, выделяя маркетинговую,

производственную, инновационную, инвестиционную, кадровую и финансовую составляющие.

Ряд исследователей (Т. Анташкиева [23], Н.В. Коновалова [24], В.И. Квочкина и соавторы [25]) интерпретируют стратегический потенциал как трансформацию производственных факторов в трудноимитируемые стратегические ресурсы и компетенции, обеспечивающие конкурентные преимущества. В данных подходах акцент делается на взаимосвязи внутренних ресурсов и внешней среды, а также на инструментах финансового и стратегического управления.

Дополнительное развитие концепция получает в работах Б.В. Артамонова [26], Л.В. Марабаевой и И.А. Горина [27], А.Н. Романцова [28], Л.Н. Булгаковой и Д.А. Дурдыевой [29], где стратегический потенциал рассматривается как система взаимосвязанных компонентов – финансовых, производственных, интеллектуальных и управленческих, формирующих стратегический баланс предприятия.

Современные исследования (М.И. Лукиных [30], А.О. Меньшенина и Г.С. Мерзликина [31], Е.Н. Ветрова [32]) рассматривают стратегический потенциал как основу для достижения конкурентоспособности, что подразумевает его динамический характер и способность к обновлению.

Отдельное направление представлено работами, ориентированными на использование в стратегическом управлении экономико-математического моделирования и финансово-экономической аналитики (К.А. Коренная и соавторы [33]), а также нечеткой логики и обратных вычислений (Б.Е. Одинцов [34]). Проведенные в данных работах исследования позволяют сделать вывод о том, что стратегический потенциал может рассматриваться как способность предприятия адаптироваться к нестабильности и использовать математические методы для обоснования решений.

Отдельные работы акцентируют внимание на функциональных и отраслевых аспектах формирования стратегического потенциала. Так, Б. Мазур и А. Вальчина [35] связывают его с устойчивым управлением человеческими ресурсами,

подчеркивая роль кадровой политики в обеспечении долгосрочной конкурентоспособности.

О.А. Романова и Д.В. Сиротин [36], рассматривая стратегическое развитие металлургии в контексте структурной политики и модернизации отрасли, делают вывод о том, что ESG-подход является одним из важнейших стратегических ориентиров развития металлургических компаний.

В исследованиях Дж. Мюллера [37] понятие стратегические возможности, близкое к понятию стратегический потенциал, рассматривается как один из факторов внедрения Индустрии 4.0.

Ресурсно-ориентированный подход получает дальнейшее развитие в работах В.В. Васильевой [38], [39].

В работе С.Б. Алексеева [40] также рассматривается ресурсный подход как один шести существующих подходов к определению стратегического инновационного потенциала предприятия. Определяя стратегический потенциал высшего учебного заведения, С.В. Овсянников [41] рассматривает управление устойчивым развитием как систему управления ресурсным потенциалом.

Исследования О.А. Москальковой и Е.В. Суминой [42] расширяют данную трактовку применительно к транснациональным корпорациям, включая в оценку стратегического потенциала качество реализации стратегии, социальную ориентированность и эффективность достижения стратегических целей.

Стратегический потенциал экологических факторов рассматривается в работе П. Тервонена [43], где акцент делается на роли экологической стратегии, организационного обучения и трансформации производственных систем в формировании устойчивых конкурентных преимуществ.

Ресурсно-ориентированная трактовка стратегического потенциала получает развитие в работах Е.Г. Жулиной [44], В.К. Цуцкарева [45], Л.С. Ладонько и М.В. Ганжа [46], которые определяют его как интегрированную совокупность ресурсов, резервов и возможностей объекта для реализации стратегии и долгосрочного развития. При этом подчеркивается необходимость согласования ресурсной базы с управленческими механизмами и стратегическими целями.

Дополняя данный подход, О.В. Мартыненко [47] исследуя стратегический потенциал импортозамещения в российском машиностроении, делает вывод о том, что стратегический потенциал отрасли определяется не только наличием ресурсов, но и эффективностью стратегического управления, способностью государства и предприятий к предвидению изменений и проактивной промышленной политике.

Большинство современных исследований рассматривают стратегический потенциал как интегрированную систему ресурсных и функциональных характеристик, которая способствует реализации стратегии и адаптации предприятия к изменяющейся среде. Различия между подходами проявляются преимущественно в акцентировании отдельных факторов (кадровых, отраслевых, технологических), однако концептуальное ядро остается ресурсно-компетентным.

Обобщая представленные подходы, стратегический потенциал можно определить как интегрированную систему функциональных возможностей организации, основанную на совокупности ресурсов, компетенций и конкурентных преимуществ, обеспечивающих достижение долгосрочных целей в условиях динамичной и конкурентной среды. При этом стратегический потенциал представляет не просто сумму всех активов, возможностей и преимуществ, но и эффективность их совместного взаимодействия в различных функциональных областях деятельности – синергию и способность предприятия к адаптации к изменяющимся условиям внешней среды [56].

Ученые, исследующие стратегический потенциал, как правило, выделяют его основные компоненты (рисунок 1.12):

- ресурсы – базовые активы предприятия, показанные в отчетности организации (материальные, финансовые, нематериальные активы), а также активы организации, которые сложно оценить в денежной форме, например, человеческие ресурсы, их квалификация и опыт, организационные знания;
- функциональные возможности – способности организации эффективно использовать ресурсы в различных сферах деятельности: операционной эффективности, инновационного развития, маркетинга и продаж,

организационного управления, финансового менеджмента. Эти возможности формируются на основе интеграции ресурсов в бизнес-процессы и управленческие практики;

- стратегические преимущества – уникальные характеристики организации, позволяющие ей занимать более выгодное положение на рынке по сравнению с конкурентами. К ним относятся конкурентные преимущества (превосходство в издержках, дифференциация, фокусирование) и стратегические преимущества, которые обеспечивают способность организации эффективно реализовывать долгосрочную стратегию в соответствии с сформированной миссией и набором стратегических целей.

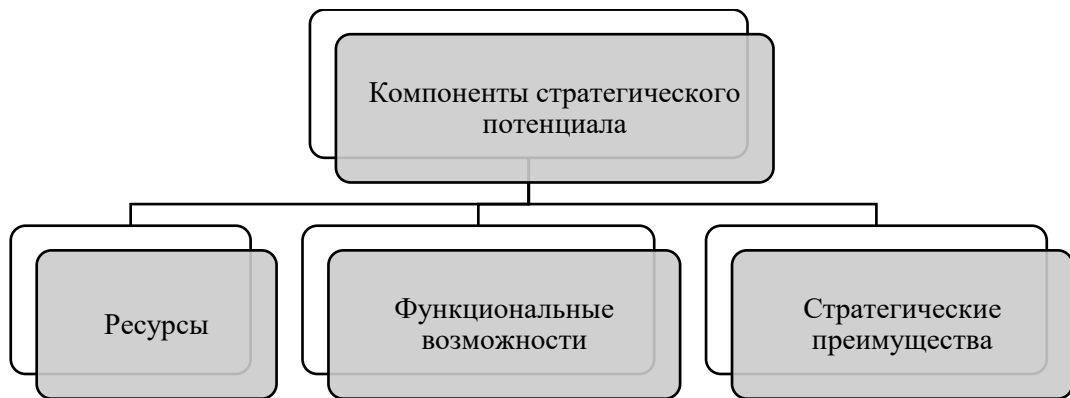


Рисунок 1.12 – Компоненты стратегического потенциала

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Опираясь на исследования ученых, приведенных нами ранее, можно сделать вывод, что стратегический потенциал определяет долгосрочную конкурентоспособность любой организации современной экономики. Достаточный уровень стратегического потенциала предприятия обеспечивает эффективную реализацию стратегических целей, удержание конкурентных позиций на рынке, генерацию инноваций и долгосрочной прибыли, а также успешную адаптацию к быстро изменяющимся условиям внешней среды (рисунок 1.13).

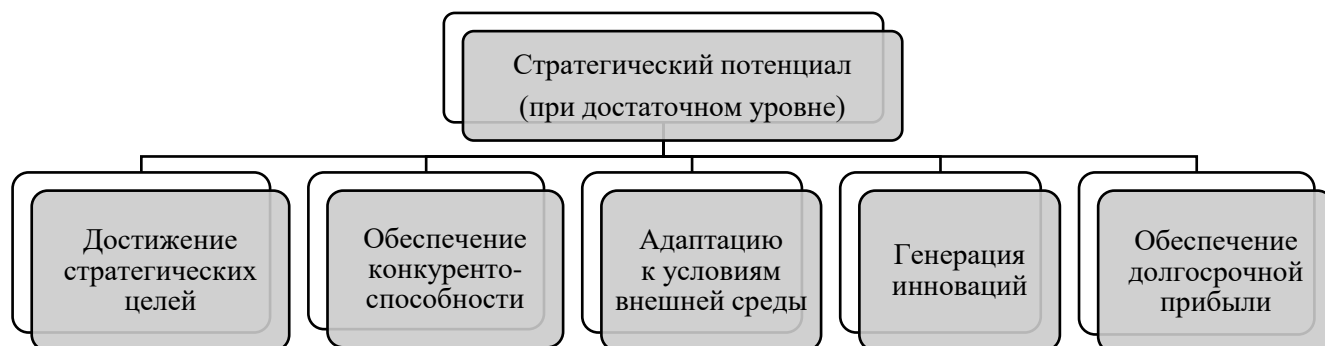


Рисунок 1.13 – Функции стратегического потенциала

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Рисунок 1.12 показывает, что одним из компонентов стратегического потенциала являются ресурсы. При этом существует большое количество видов ресурсов организации, например, финансовые, человеческие, нематериальные. Особым видом являются ресурсы, в той или иной степени связанные с природными ресурсами, например, сырье. Они могут быть как возобновляемыми, так и не возобновляемыми, например, нефть и газ. Рост мирового населения [48] сопровождается увеличением потребления природных ресурсов, используемых в производстве стали, электроэнергии, пластмасс и других видов продукции, что усиливает значение ресурсной составляющей стратегического потенциала предприятий. При этом количество ресурсов на планете Земля является конечным и сокращается по мере их вовлечения в хозяйственный процесс. В процессе хозяйственной деятельности человека также наносится ущерб биосфере планеты за счет выброса в экосистему вредных и ядовитых веществ. Исчерпаемость ресурсов и уникальность биосферы обуславливают необходимость бережного использования окружающей среды и рационального управления природными ресурсами. В 1983 году по инициативе ООН была создана Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию (WCED), известная как комиссия Брундтланд. В ее докладах была выражена серьезная обеспокоенность состоянием окружающей среды и масштабами использования природных ресурсов. Работа комиссии стала важным этапом в формировании глобальной повестки устойчивого развития и впоследствии послужила основой для разработки семнадцати Целей устойчивого

развития (Sustainable Development Goals, SDGs), направленных на достижение устойчивого развития к 2030 году [49].

В современной экономике с учетом требований целей устойчивого развития трактовка стратегического потенциала требует расширения. В рамках парадигмы устойчивого развития стратегический потенциал предприятия целесообразно рассматривать как интегрированную способность организации обеспечивать долгосрочную конкурентоспособность за счет сбалансированного управления экономическими, социальными и экологическими аспектами деятельности.

На наш взгляд, такой подход предполагает не только эффективное использование ресурсов и компетенций, но и способность организации формировать устойчивую ценность для всех заинтересованных сторон наряду со снижением негативного воздействия на окружающую среду и общество. Основным отличием данного подхода является признание взаимозависимости трех измерений устойчивости: экономическая стабильность не может достигаться за счет истощения природных ресурсов или усиления социальной напряженности; экологическая ответственность становится источником конкурентных преимуществ и стимулом инновационного развития; социальная справедливость формирует человеческий капитал и способствует повышению лояльности стейкхолдеров.

В этой логике стратегический потенциал выступает инструментом достижения Целей устойчивого развития ООН и трансформации бизнес-моделей от краткосрочной максимизации прибыли к созданию долгосрочной комплексной ценности.

С учетом изложенного автор предлагает рассматривать стратегический потенциал как объект комплексного экономического и статистического анализа. В данном исследовании стратегический потенциал определяется как интегрированная, динамически развивающаяся система, представляющая собой совокупность всех доступных организации ресурсов, способностей, компетенций и конкурентных преимуществ, которые во взаимодействии с внешней и внутренней средой отражают способность к адаптации, устойчивому развитию и достижению

долгосрочной конкурентоспособности. Стратегический потенциал включает как количественные, так и качественные параметры (социальные, институциональные, экологические), что предполагает применение методов комплексного экономического анализа для оценки текущего состояния ресурсной базы и методов статистического анализа для выявления тенденций, рисков и прогнозирования изменений во внешней среде.

Оценка стратегического потенциала предприятия основывается на комплексном подходе, позволяющем анализировать текущее состояние предприятия и прогнозировать динамику его развития. При этом учитываются внешние и внутренние факторы, включая макроэкономические и экологические условия, а также способность системы адаптироваться к изменениям.

Отсутствие единого стандарта оценки стратегического потенциала обуславливает необходимость разработки концептуально-методологического подхода к его анализу. Различные исследовательские модели могут приводить к несопоставимым результатам, что снижает объективность выводов. Формирование единой методологической базы позволит повысить воспроизводимость результатов при анализе различных предприятий. Кроме того, это повысит точность прогнозирования и усилит аналитическую обоснованность стратегических управленческих решений [56].

Сформировав на основе критического анализа существующих исследований авторское определение стратегического потенциала, целесообразно перейти к систематическому описанию его структурных компонентов, механизмов их взаимодействия и синергетических эффектов, возникающих в процессе интеграции функциональных потенциалов предприятия.

1.2 Структурные компоненты стратегического потенциала и их взаимосвязи

Стратегический потенциал не является статической категорией. Его структура формируется под воздействием совокупности внутренних и внешних

факторов, которые определяют состав компонентов, их относительную значимость и характер взаимосвязей между ними. В научной литературе отсутствует единый подход к классификации факторов формирования стратегического потенциала, что обуславливает необходимость их систематизации.

Несмотря на отсутствие единого подхода к их классификации, анализ научных исследований выявляет несколько направлений.

И. Баррето [16] подчеркивает, что внутренние факторы включают специфическую способность фирмы к систематическому решению проблем, тогда как внешняя среда может как способствовать реализации динамических способностей, так и ограничивать ее.

Близкие к данной позиции подходы представлены в исследованиях В.К. Цуцкарева [45], рассматривающего стратегический потенциал в зависимости от внешних факторов. М.В. Склепович и К.З. Склепович [50], анализируя стратегический потенциал изменений в госсекторе, развивают ресурсный подход. В свою очередь, Д.В. Латышев [51], сужает понятие стратегического потенциала до свойства SWOT-анализа как маркетингового инструмента, что показывает специфику его применения в образовательной сфере.

Ресурсно-ориентированная перспектива, представленная в работах Д. Тиса и соавторов [13], акцентирует внимание на внутренних технологических, организационных и управленческих процессах, а также на развитии трудноимитируемых компетенций как основы стратегического потенциала. Подобного подхода придерживаются также В.В. Васильева [38], Б.В. Артамонов [26], Л.В. Марабаева и И.А. Горин [27], подчеркивая значение ресурсной базы и управленческих решений.

Результаты ряда исследований соотносят стратегический потенциал с инновационной активностью и технологической динамикой. М. Мартинс и соавторы [17] рассматривают связь технологической диффузии, Индустрии 4.0 и организационного обучения с конкурентными возможностями фирм. Дж. Мюллер [37] оценивает влияние различных факторов (стратегических, операционных и др.) на решение о внедрении в деятельность экономического субъекта Индустрии 4.0.

которая по мнению большинства исследованных автором компаний является стратегическим ресурсом.

О.А. Москалькова и Е.В. Сумина [42], С.Б. Алексеев [40] подчеркивают роль инноваций, тогда как О.А. Романова и Д.В. Сиротин [36] акцентируют влияние структурной политики, санкционных ограничений и трансформации отраслевых моделей развития.

Р. Майлз и С. Сноу [18] в своем исследовании указывают на зависимость стратегических решений от восприятия менеджерами внешней среды и согласованности стратегии со структурой организации. Л.С. Ладонько и М.В. Ганжа [46] отмечают значение анализа информационных потоков, а К.А. Коренная и соавторы [33] зависимость международной финансово-экономической динамики.

Социально-психологические и экологические факторы также рассматриваются как важные элементы формирования стратегического потенциала. Б. Мазур и А. Вальчина [35], П. Тервонен [43], П. Ричнак и Х. Фидлерова [52] соотносят стратегический потенциал с устойчивым развитием, требованиями заинтересованных сторон и экологической конкурентоспособностью.

Ряд авторов рассматривает стратегический потенциал как результат сочетания различных факторов, включая ресурсы, среду, менеджмент, социальные аспекты, инновации и информацию. В этом случае подчеркивается эффект их взаимодействия и необходимость комплексного подхода к управлению стратегическим потенциалом, обеспечивающего устойчивое конкурентное преимущество и долгосрочное развитие организации.

По нашему мнению, определяющим фактором формирования стратегического потенциала является внешняя среда предприятия, которая задает условия его функционирования и формирует как ограничения, так и возможности для развития. К числу таких факторов относятся законодательство и отраслевое регулирование, финансовый рынок, конкуренты, поставщики и иные элементы деловой среды. Блок-схема влияния факторов представлена на рисунке 1.14.

Внешняя среда формирует «ландшафт», в котором осуществляют свою деятельность предприятия и организации. Успешные компании не только адаптируются к этим условиям, но и используют их для достижения стратегических целей. Соответственно, анализ внешней среды и разработка адаптивной стратегии являются определяющими факторами укрепления стратегического потенциала.



Рисунок 1.14 – Факторы, влияющие на стратегический потенциал предприятия

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Важным фактором формирования стратегического потенциала являются инновации, повышающие долгосрочную конкурентоспособность предприятия. Отсутствие инновационной активности повышает риск утраты рыночных позиций. Современный мир характеризуется тем, что изменения в нем происходят с высокой скоростью. Это превращает информацию, получаемую из внутренней и внешней

среды, из вспомогательного ресурса в стратегически значимый фактор, влияющий на потенциал организации.

Не менее влиятельным фактором является внутренняя среда предприятия, представляющая собой совокупность контролируемых ресурсов, процессов, культуры и компетенций. Именно внутренняя среда формирует основу стратегического потенциала и определяет способность организации разрабатывать и реализовывать эффективные стратегии.

Обобщая сказанное, можно сделать вывод о том, что стратегический потенциал организации, определяющий ее способность к долгосрочному успеху и устойчивому развитию, формируется под совокупным воздействием внешней и внутренней среды, инноваций и информационных потоков.

На основании анализа теоретических подходов автор, расширяя ранее данное определение, предлагает рассматривать стратегический потенциал как интегрированную, динамически развивающуюся систему, представляющую собой совокупность всех доступных организации ресурсов, способностей, компетенций и конкурентных преимуществ, которые во взаимодействии с внешней и внутренней средой обеспечивают ее способность достигать долгосрочных стратегических целей, адаптироваться к изменениям, устойчиво развиваться и сохранять конкурентоспособность [56].

Определив факторы формирования стратегического потенциала, целесообразно перейти к анализу его структурных компонентов. При этом следует отметить, что в научной литературе отсутствует единый подход к их классификации. Вместе с тем анализ существующих исследований выявляет устойчивые группы видов потенциалов, которые формируют его внутреннюю структуру. Несмотря на различия в терминологии и степени детализации, большинство авторов сходятся в том, что стратегический потенциал представляет собой совокупность взаимосвязанных видов потенциалов, отражающих различные аспекты функционирования и развития предприятия.

Базовым элементом структуры стратегического потенциала в большинстве исследований выступает ресурсный потенциал. Аналогичного подхода

придерживаются Л.С. Ладонько и М.В. Ганжа [46], которые выделяют сырьевые ресурсы, производственные мощности и финансовые средства как основу стратегического развития. П.А. Климова [21] выделяет внутренний потенциал и подчеркивает, что конкурентная позиция предприятия или организации во многом определяется уровнем использования его внутреннего потенциала.

Б.В. Артамонов [26] включает в структуру материальные, технологические и финансовые ресурсы, дополняя их элементами адаптивности и эффективности управления. Е.Г. Жулина [44] рассматривает ресурсы и резервы, а также способность их эффективного использования как основные элементы стратегического потенциала.

В работе Л.Н. Булгаковой и Д.А. Дурдыевой [29] ресурсная составляющая конкретизируется через производственный, инвестиционный и финансовый потенциалы. А.Н. Романцова [28] выделяет производственный потенциал, ресурсные возможности, компетенции и производственную инфраструктуру.

Ресурсный потенциал формирует фундамент стратегического потенциала, определяя исходные возможности предприятия для реализации стратегии. Значительная группа исследователей выделяет производственно-технологический и инновационный потенциалы как самостоятельные структурные элементы.

Л.Н. Булгакова и Д.А. Дурдыева [29] рассматривают инвестиционно-инновационный потенциал как важнейший компонент структуры, а П. Ричнак и Х. Фидлерова [52] подчеркивают влияние технологических изменений и контекста устойчивого развития на формирование стратегического потенциала.

Производственно-технологический и инновационный потенциалы отражают способность предприятия к модернизации, обновлению и внедрению новых решений.

Отдельное направление исследований связано с выделением управленческого и организационного потенциалов. В.К. Цуцкарев [45] относит к структурным компонентам управление, финансы, технологии, производственные мощности, персонал и организационную культуру. Л.В. Марабаева и И.А. Горин

[27] включают в структуру потенциал системы управления, организационную структуру и информационную поддержку.

С.Б. Алексеев [40] в своей работе выделяет объектную составляющую (торговый, трудовой, финансовый, инвестиционный потенциалы) и субъектную составляющую (управленческий, организационный, кадровый, маркетинговый потенциалы).

Б.Е. Одинцов [34] рассматривает стратегический потенциал через призму иерархической базы знаний и системы стратегических показателей, обеспечивающих взаимосвязь стратегии и бюджетирования.

Управленческий и организационный потенциалы способствуют координации ресурсов и направленности их использования в соответствии со стратегическими целями.

Важным структурным элементом стратегического потенциала является интеллектуальный и кадровый потенциал. Т. Анташкиева [23] рассматривает уникальные ресурсы и компетенции как стратегические ресурсы предприятий и организаций. М.И. Лукиных [30] рассматривает стратегический потенциал предприятия или организации как сочетание имеющихся ресурсов и компетенций.

С. Файзова и соавторы [54] выделяют управленческий, информационный и человеческий капитал как структурные элементы. Стратегический потенциал определяется не только наличием ресурсов, но и способностью персонала использовать их для достижения устойчивых конкурентных преимуществ.

Е.Г. Великая и В.В. Чурко [55] включают социальные и экологические факторы, а Е.Л. Логинов и соавторы [9] подчеркивают влияние институциональной среды и отраслевой инфраструктуры.

Анализ научных подходов показывает, что структурные компоненты стратегического потенциала предприятия могут быть систематизированы в виде совокупности взаимосвязанных видов потенциалов: ресурсного, производственно-технологического, инновационного, управленческого, интеллектуально-кадрового и рыночного. Различия в трактовках исследователей носят преимущественно детализирующий характер и связаны с акцентированием отдельных аспектов

деятельности предприятия. В то же время концептуальное ядро структуры стратегического потенциала остается системным и базируется на сочетании ресурсов, компетенций и управленческих механизмов, обеспечивающих достижение стратегических целей.

Комплексный анализ предприятия предполагает не только качественную оценку, но и количественное измерение его возможностей и ограничений. Качественные методы позволяют выявить направления развития, однако без количественной верификации они дают статичное представление.

Обобщая представленные подходы, можно сделать вывод, что стратегический потенциал представляет собой результат интегрированного и эффективного использования ряда потенциалов (рисунок 1.15), в число которых входят финансово-экономический потенциал, экологический потенциал, производственно-технологический потенциал, инвестиционно-инновационный потенциал, кадровый потенциал и организационно-управленческий потенциал.

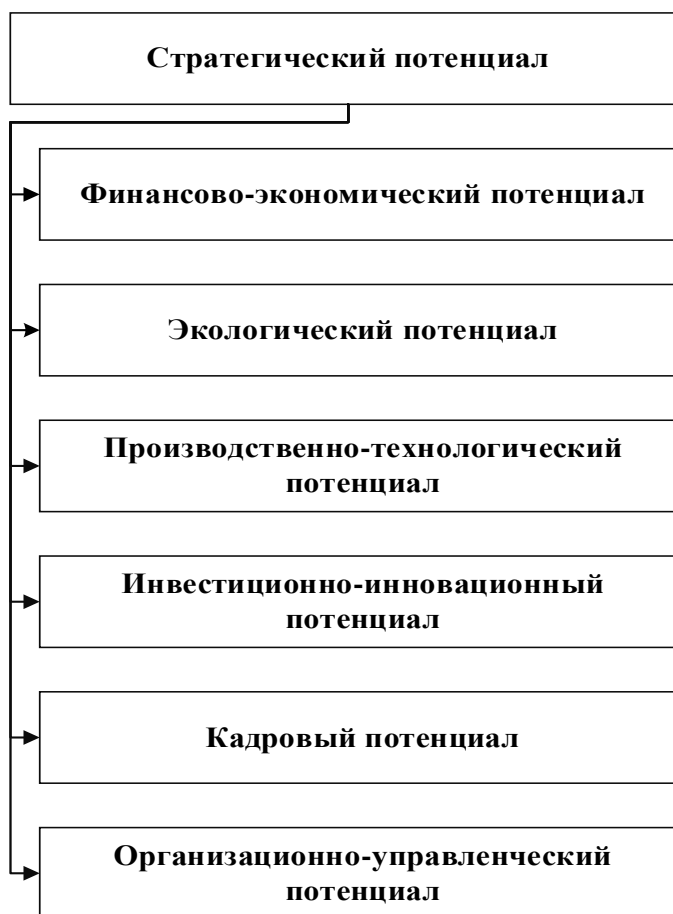


Рисунок 1.15 – Составляющие стратегического потенциала предприятия

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Финансово-экономический потенциал определяет способность предприятия эффективно использовать финансовые ресурсы, активы и экономические возможности для достижения доходности, финансовой устойчивости и долгосрочного роста.

Составляющей экологического потенциала предприятия выступает эффективное использование природных ресурсов, соблюдение экологических норм, а также разработка экологически безопасных продуктов и технологических процессов.

Основной задачей производственно-технологического потенциала предприятия является повышение конкурентоспособности продукции и услуг, снижение затрат и повышение качества.

Инвестиционно-инновационный потенциал связан со способностью предприятия привлекать инвестиции, разрабатывать и внедрять инновации, а также их коммерциализировать.

Совокупность количественных и качественных характеристик трудовых ресурсов организации, включая уровень знаний, навыков, опыта и мотивации сотрудников определяет кадровый потенциал предприятия.

Организационно-управленческий потенциал предприятия обеспечивает возможность эффективно структурировать деятельность, управлять процессами, координировать использование ресурсов внутри организации, адаптироваться к условиям внешней среды и принимать обоснованные управленческие решения.

Стратегический потенциал предприятия определяется совокупностью взаимосвязанных потенциалов, указанных ранее. Их отдельное рассмотрение не позволяет комплексно охарактеризовать реальные возможности предприятия. Применение методов статистического и экономического анализа позволяет перейти от количественной оценки текущего состояния к перспективам развития в условиях неопределенности внешней среды.

Комплексный экономический и статистический анализ используется для оценки стратегического потенциала предприятия. Он обеспечивает перевод

качественных характеристик в количественные показатели, отслеживание их динамики во времени и формирование обоснованных прогнозов. Такой подход снижает субъективность управленческих решений и повышает сопоставимость альтернатив при выборе стратегии с учетом внутренних ресурсов предприятия и внешних условий его функционирования.

1.3 Теоретические подходы к построению концептуальной модели комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятия

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, ред. от 18.03.2023 «О порядке присуждения ученых степеней») в статьях: «Концептуально-методологические подходы к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности», «Методика формирования индексов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности», «Эволюция метода бэккастинга: семантический кластерный анализ и его роль в устойчивом развитии промышленности» [56], [57], [58].

Оценка стратегического потенциала организации предполагает использование совокупности количественных и качественных показателей, позволяющих осуществлять комплексный экономический и статистический анализ различных аспектов его формирования и развития. Показатели могут группироваться по различным критериям, формируя методические подходы, обеспечивающие системность, сопоставимость и эмпирическую верифицируемость результатов.

В научной литературе можно выделить несколько основных направлений оценки стратегического потенциала.

Наиболее распространенным является подход, предполагающий агрегирование системы частных показателей в обобщающий индекс.

Так, Г.С. Мерзликина и Л.С. Шаховская [59] предлагают рассчитывать экономический потенциал как совокупность рыночного, производственного и финансового потенциалов.

П.А. Петров [60] разрабатывает модель оценки на основе функции желательности и иерархической структуры показателей. О. Фатеева и соавторы [53] формируют интегральный показатель на основе финансовых и производственных коэффициентов (ликвидности, рентабельности активов и др.). Е.А. Яблочкина [61] предлагает комплексную оценку, включающую имущественный, инновационный, интеллектуальный, финансовый и маркетинговый потенциалы.

Аналогичный подход используется Е.Л. Логиновым и соавторами [9], которые агрегируют финансовые и нефинансовые показатели в итоговую оценку на основе балльной шкалы. Т. Гринько и соавторы [62] формируют обобщающий показатель финансово-инвестиционного потенциала на основе поэтапной оценки частных индикаторов. Данные методы обеспечивают наглядность и сравнительную оценку, однако во многом зависят от субъективного выбора весовых коэффициентов.

Вторая группа методов основана на выявлении факторов, формирующих структуру стратегического потенциала.

А.И. Бородин [63] предложил экономико-математическую модель оценки реализованной и нереализованной части потенциала. Н.А. Васильева [64] рекомендует использование кластерного анализа, факторного анализа и имитационного моделирования. П.П. Башелутсков, рассматривая стратегический потенциал как сложную категорию, определяемую ресурсной, процессной и результирующей составляющими, обосновывает необходимость выделения человеческих, технических, институциональных и иных факторов для его комплексного мониторинга [65].

Особое место в данной группе методов занимает метод главных компонент (Principal Component Analysis, PCA). Его применение обеспечивает снижение размерности многомерных данных, устранение мультиколлинеарности, выявление скрытых факторов, формирующих стратегический потенциал, а также построение интегральных индексов на основе объективных статистических критериев. Ф. Геверс и соавторы [66] в своём обзоре демонстрируют универсальность метода главных компонент для анализа данных в самых разных областях, включая экономику, а Ю. Тан и С. Альдулайми [67] подчёркивают его эффективность при выделении основных финансовых факторов.

В отличие от традиционных интегральных методов, PCA даёт статистически обоснованное определение весов показателей, что снижает субъективность оценки.

Третье направление связано с оценкой стратегического потенциала через призму уникальности ресурсов и компетенций.

Д.В. Валько [68] и Е.В. Лагунова [69] предлагают адаптированный VRIO-анализ. Р. Каплан и Д. Нортон [70] в концепции Balanced Scorecard рассматривают стратегический потенциал через финансовую, клиентскую, процессную и обучающую перспективы. С.А. Кузнецова и В.Д. Маркова [71] определяют стратегический потенциал как совокупность материальных и нематериальных ресурсов.

Данные подходы ориентированы на стратегическую интерпретацию, однако ограничены в части количественной формализации.

Ряд исследователей предлагают пошаговые алгоритмы оценки стратегического потенциала.

А.Г. Плеханов [72] формирует последовательную процедуру оценки строительных организаций. М.В. Карпова и соавторы [73] объединяют бухгалтерский анализ, SWOT, PESTEL и матрицу БКГ. О.В. Иванова [74] оценивает потенциал как сумму производственного, финансового, рыночного, кадрового и других компонентов.

На основе анализа представленных в научной литературе методических подходов к оценке стратегического потенциала можно выделить несколько укрупненных групп.

Во-первых, индексные подходы, основанные на агрегировании системы частных показателей в обобщающий интегральный индикатор. Данные подходы предполагают нормирование показателей, определение весовых коэффициентов и расчет совокупного индекса стратегического потенциала.

Во-вторых, факторные и экономико-математические методы, ориентированные на выявление латентных факторов, определяющих структуру стратегического потенциала. К ним относятся методы факторного анализа, анализ главных компонент, регрессионные и экономико-математические модели.

В-третьих, ресурсно-ориентированные подходы, базирующиеся на концепции уникальности ресурсов и компетенций (VRIO-анализ, компетентностные модели), в которых стратегический потенциал определяется через способность организации создавать устойчивые конкурентные преимущества.

В-четвертых, стратегические матричные и качественные методы (SWOT, PESTEL, Balanced Scorecard), направленные на интерпретацию стратегического положения организации, однако не обеспечивающие достаточной степени количественной формализации.

Существующие подходы характеризуются фрагментарностью и методологической неоднородностью. Это требует разработки концептуальной модели комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятия.

При этом большинство существующих методик либо опирается на субъективное определение весов показателей, либо носит преимущественно качественный характер.

В этой связи в качестве количественного статистического инструмента оценки стратегического потенциала предприятия целесообразно рассматривать метод главных компонент. Применение PCA при оценке стратегического

потенциала обеспечивает выявление латентных факторов, формирующих его структуру, сокращение числа коррелирующих показателей, определение наиболее значимых переменных, влияющих на стратегическое развитие предприятия, и формирование интегральных индексов на основе объективных статистических критериев.

Помимо оценки текущего уровня стратегического потенциала, особую роль приобретает прогнозирование его динамики. В условиях высокой неопределенности внешней среды традиционные методы экстраполяционного прогнозирования оказываются недостаточными. В этой связи целесообразно использование метода бэккастинга (backcasting), ориентированного на формирование нормативно заданного образа будущего и определение последовательности шагов, необходимых для его достижения.

В отличие от форкастинга, основанного на продолжении существующих тенденций, бэккастинг предполагает движение от целевого состояния системы к текущему моменту. Данный подход ориентирован не только на прогнозирование, но и на формирование желаемой траектории развития. Как отмечает К. Дреборг, бэккастинг особенно применим к долгосрочным комплексным проблемам, требующим серьезных изменений, когда тенденции сами являются частью проблемы [75].

В современных исследованиях бэккастинг широко применяется в контексте устойчивого развития, например, умных городов [76], что подтверждается трансформацией понятийного поля данного метода в сторону экологических и ресурсных аспектов, выявленной автором в его работе «Эволюция метода бэккастинга: семантический кластерный анализ и его роль в устойчивом развитии промышленности» [58]. Бэккастинг представляет собой разновидность сценарной методологии стратегического планирования, ориентированной на достижение нормативно заданных целей, находящихся в отдаленной временной перспективе [77].

Для предприятий металлургического комплекса метод бэккастинга может использоваться в случае, если заданы целевые структурные показатели

стратегического потенциала, подлежащие достижению в определенный период. При наличии четко сформулированных стратегических ориентиров и целевых индикаторов процесс планирования выстраивается «в обратном направлении» – от желаемого состояния к текущему, с определением программ и мероприятий, необходимых для достижения поставленных целей.

Бэккастинг тесно связан со сценарным планированием и применяется на различных стадиях жизненного цикла предприятия. Метод согласует долгосрочные цели с текущими управленческими решениями и формирует последовательность их реализации. Он также способствует согласованию стратегических инициатив с ключевыми показателями эффективности и снижает риск несогласованности в стратегическом управлении.

Использование бэккастинга в стратегическом планировании предприятий металлургической отрасли особенно важно при работе с долгосрочными целями. Учет ретроспективных данных и анализ ранее допущенных ошибок повышают обоснованность принимаемых решений и позволяют предприятиям быстрее адаптироваться к изменениям внешней среды.

В научной литературе представлены различные модификации метода бэккастинга. Подход Дж. Робинсона [78] основан на формировании нормативного образа будущего и его последующей декомпозиции.

Метод The Natural Step, рассмотренный, в том числе, в работе Г. И. Бромана и К.-Х. Роберта [79], ориентирован на экологическую устойчивость и интеграцию принципов устойчивого развития в стратегию организации.

Масштабным примером применения бэккастинга является голландская программа «Sustainable Technological Development» (STD), которая была внедрена Ф.Дж. Верграгтом и Г. ван Грунвельдом [80]. Эта государственная инициатива использовала метод бэккастинга для достижения амбициозной цели — повышения экологической эффективности в 20 раз за 50 лет, что предполагало не просто учет различных факторов, а кардинальную трансформацию технологических и социально-институциональных систем.

При комплексном планировании необходимо комбинировать различные подходы к бэккастингу, чтобы учесть различные аспекты, которые включают в себя: видение, вопросы устойчивого развития, возможные технологические инновации, человеческий фактор и управленческие реалии.

Внедрение системы бэккастинга на предприятиях металлургической промышленности позволяет принимать эффективные управленческие решения с учетом технических, экономических, социальных и экологических факторов. Такой подход создает основу для формирования устойчивых и инновационных производственных процессов, а также согласования долгосрочных целей с текущими управленческими решениями.

Рассматривая роль бэккастинга в формировании стратегического потенциала, необходимо учитывать значение статистического анализа как инструмента его объективной оценки. В исследовании Брайна Дж. Галли показано, что системная работа с данными и их анализ напрямую связаны с повышением эффективности управленческих решений и качеством реализации стратегических планов.

Основываясь на исследованиях Дж.М. Брайсона, О. Звикаэль и Дж. Смирк, Р. Сюэ, К. Барон и П. Эстебан [81, 82, 83], а также других исследователей, Дж. Галли делает вывод о том, что в эпоху больших данных навыки в области машинного обучения, аналитики и статистики являются источником важного конкурентного преимущества. Дж. Галли также подчеркивает, что инструменты статистического анализа выходят на первый план только в том случае, если организация сталкивается с кризисом и нуждается в анализе данных для диагностики проблемы. Результатом исследования стал вывод о том, что применение статистического анализа улучшает процесс планирования и приводит к лучшим результатам, чем просто планирование, которое не основывается на экономическом и статистическом анализе [84].

Методы комплексного экономического и статистического анализа должны применяться для оценки стратегического потенциала организации, а сам стратегический потенциал должен стать объектом экономического и

статистического анализа. Дж. Галли изучил и систематизировал методы статистического анализа, применяемые в научных работах по стратегическому анализу и планированию [84]. Результаты его исследования представлены на рисунке 1.16, который показывает спектр использованных статистических методов.

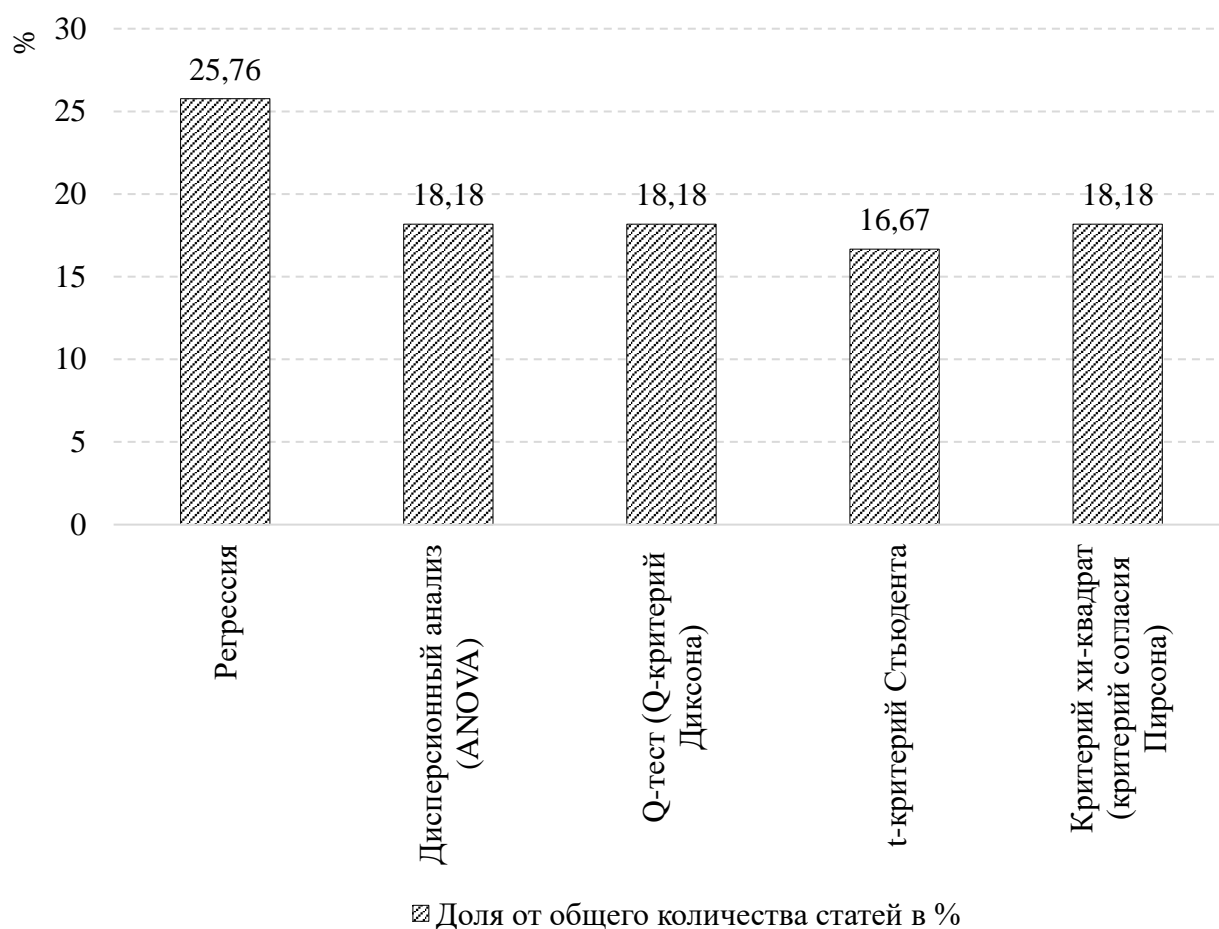


Рисунок 1.16 – Результаты систематического анализа используемых статистических методов в исследованиях, посвященных стратегическому анализу и планированию

Примечание – Составлено автором на основе исследования Дж. Галли [84].

При этом большинство методов применяются с сопоставимой частотой, за исключением регрессионного анализа, доля которого превышает 25 %. Это подтверждает основную роль количественных методов в стратегических исследованиях.

Экстраполяция данных выводов на категорию стратегического потенциала позволяет утверждать, что указанные статистические методы могут применяться

как для оценки стратегического потенциала в целом, так и для анализа его отдельных структурных компонентов. Данный вывод подтверждается результатами систематического анализа, проведенного Дж. Галли [84], посвященного количеству факторов, выступающих объектами статистического анализа в исследованиях стратегического планирования (рисунок 1.17).

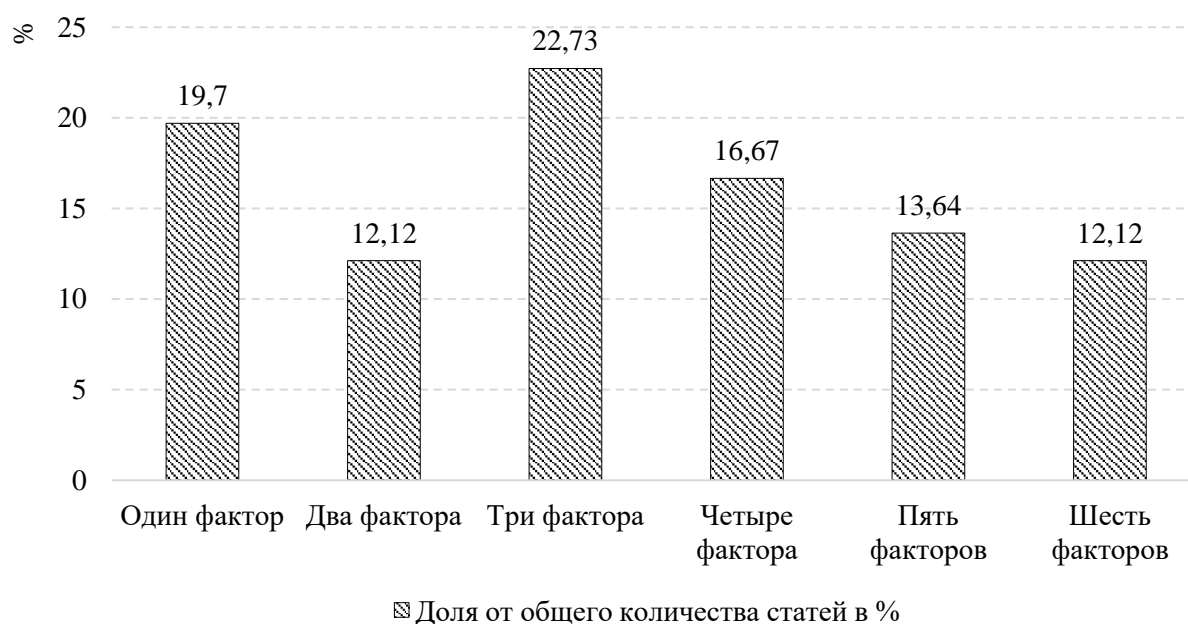


Рисунок 1.17 – Результаты систематического анализа количества анализируемых в статистических методах факторов

Примечание – Составлено автором на основе исследования Дж. Галли [84].

Стратегический анализ характеризуется высокой многомерностью, что делает применение многомерных статистических методов методологически обоснованным.

Статистические методы анализа не только допустимы, но и необходимы при оценке стратегического потенциала предприятия. Их использование повышает обоснованность управленческих решений, снижает уровень субъективности и способствует повышению эффективности стратегического планирования.

Поскольку объектом исследования были определены предприятия металлургической промышленности Российской Федерации, функционирующие в условиях трансформации глобального рынка стали, усиления экологических

требований и структурных изменений в национальной экономике, основное внимание уделено стратегическому потенциалу этих предприятий.

Особенность металлургической отрасли как ресурсо- и энергоемкой системы предопределяет необходимость включения экологического измерения в модель комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала. В этой связи стратегический потенциал в диссертационном исследовании трактуется не только как экономическая категория, но как способность предприятия обеспечивать баланс экономических, экологических и социальных факторов.

Отличительные особенности разработанной автором в ходе исследования концептуальной модели комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности следующие:

- интеграция экономических и ESG-показателей;
- учет макроэкономических и экологических факторов;
- рассмотрение стратегического потенциала как динамической открытой системы;
- использование многомерных статистических методов.

В отличие от традиционных подходов, в которых стратегический потенциал рассматривается как статическая совокупность ресурсов и конкурентных преимуществ, предложенная модель акцентирует внимание на его динамической природе и адаптивной способности. Предложенная концептуальная модель выступает методологической основой дальнейших разработок, представленных в работе, включая формирование системы индикаторов, интегральную оценку стратегического потенциала и разработку инструментов сценарного анализа.

Автором разработана система универсальных и отраслевых статистических индикаторов, отражающих структуру стратегического потенциала предприятий металлургического комплекса, которая включает обобщающий показатель и шесть частных обобщающих показателей (рисунок 1.18). Индикаторы адаптированы к отраслевой специфике формирования бухгалтерской (финансовой,

управленческой) отчетности и информационно-статистической базе предприятий металлургической промышленности.

Частные обобщающие показатели характеризуют финансово-экономическую, экологическую, кадровую, инвестиционно-инновационную, производственно-технологическую и организационно-управленческую составляющие стратегического потенциала.

Обобщающий и частные показатели формируются на основе исходных статистических данных с использованием метода PCA. При этом:

- частный обобщающий индекс финансово-экономического потенциала характеризует масштабы и эффективность хозяйственной деятельности предприятий. Формируется на основе показателей выручки, прибыли (операционной и чистой), EBITDA, денежного потока и показателей рентабельности. Индекс предназначен для оценки способности предприятия генерировать финансовые результаты, управлять издержками и создавать устойчивую прибыль при эффективном использовании ресурсов и капитала;
- частный обобщающий индекс организационно-управленческого потенциала отражает уровень эффективности управления текущими операциями, затратами и персоналом. Учитывает величину операционных расходов, себестоимость продукции, нагрузку на фонд оплаты труда и процентные расходы. Характеризует управляемость предприятия, финансовую дисциплину и способность контролировать затраты в течении операционного цикла;
- частный обобщающий индекс производственно-технологического потенциала связан с физическими объемами и технологическими возможностями предприятий по производству и реализации стальной продукции. Включает объемы выплавки стали, выпуска продукции и продаж. Показывает уровень производственной мощности, загруженности производственных линий и рыночного спроса;
- частный обобщающий индекс экологического потенциала формируется по объему выбросов парниковых газов, потреблению энергии,

водопользованию и объему загрязняющих веществ. Оценивает уровень воздействия на окружающую среду и способность предприятия работать в соответствии с экологическими стандартами и устойчивыми практиками. Указывает также на ресурсную эффективность и степень внедрения экологически чистых технологий;

- частный обобщающий индекс инвестиционно-инновационного потенциала характеризует способность предприятия к обновлению производственной базы и внедрению инноваций. Строится на основе капитальных вложений (CAPEX), их соотношения к выручке и доли инвестиций в НИОКР. Связан с готовностью и возможностями предприятия модернизироваться, осваивать новые технологии и повышать конкурентоспособность;
- частный обобщающий индекс кадрового потенциала характеризует человеческий ресурс предприятия. Учитывает численность персонала, производительность труда и уровень затрат на одного сотрудника. Индекс отражает не только текущую трудовую отдачу, но и эффективность использования человеческого капитала, наличие мотивации и профессионального уровня работников.

Предложенная система универсальных и отраслевых статистических индикаторов формирует количественную основу для оценки и мониторинга устойчивости предприятий, а также является методической платформой для разработки моделей прогнозирования и стратегической диагностики.

Предложенная система индикаторов ориентирована на интегральную оценку стратегического потенциала с учетом его многомерной структуры. Она предусматривает возможность модульного анализа по каждому виду потенциала с последующим агрегированием результатов, что обеспечивает гибкую адаптацию модели к отраслевой специфике и различным аналитическим задачам.

Научная новизна подхода заключается в разработке структурированного и количественно обоснованного статистического инструментария оценки стратегического потенциала, интегрирующего традиционные экономические показатели и параметры устойчивого развития. Предложенная система индикаторов носит универсальный характер и может быть адаптирована для анализа предприятий различных капиталоемких отраслей. Важным элементом новизны является возможность прямой интеграции ESG-компонентов в количественную модель для более полного учета стратегических рисков и возможностей в условиях институциональной трансформации [57].

Разработанный концептуальный подход включает методологию статистического анализа взаимосвязей между мировым производством стали и экологическими факторами, в том числе выбросами парниковых газов и показателями углеродной интенсивности. Это позволяет количественно оценить влияние экологических параметров на стратегический потенциал металлургических предприятий и обоснованно включить экологические индикаторы в систему комплексной оценки.

Для анализа и прогнозирования динамики экологических показателей в условиях структурной трансформации используется интегративная методика комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития на основе нечетких когнитивных карт (FCM). Данный инструмент обеспечивает формализацию причинно-следственных связей между экономическими и экологическими переменными и реализацию сценарного подхода к оценке устойчивости предприятий.

Методологический аппарат также включает модели временных рядов ARIMA, применяемые для прогнозирования показателей сталелитейной

промышленности России – объемов производства стали, цен на железную руду и внешнеторговых индикаторов. Использование данных моделей формирует количественно обоснованную базу для стратегических решений в условиях макроэкономической и политической неопределенности [56].

Для анализа стратегических позиций стран на глобальном рынке стали и железной руды разработан статистический подход к кластеризации, позволяющий выделить типологические группы стран (глобальный лидер, страны с выраженной сырьевой специализацией, крупные индустриальные производители, страны со значительными объемами добычи и производства, а также страны с ограниченным участием в мировом металлургическом производстве). Это дает возможность оценить место национальных металлургических комплексов в мировой цепочке создания стоимости.

Дополнительным элементом разработанного подхода является применение нечетких когнитивных карт для формализации взаимосвязей между принципами оценки стратегического потенциала и проведения сценарного анализа их устойчивости в условиях экологических и институциональных изменений.

Предложенная методология представляет собой интегрированную модель, объединяющую экономические, экологические и социальные аспекты анализа стратегического потенциала металлургических предприятий. Она расширяет традиционные подходы экономического и статистического анализа и способствует более глубокому пониманию факторов устойчивого развития и адаптивности предприятий в условиях современной структурной трансформации экономики.

Концептуальная модель комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности Российской Федерации представлена на рисунке 1.19. На ее основе сформирован концептуально-методологический подход, ориентированный на интеграцию экономических, экологических и социальных аспектов устойчивого развития с целью оценки и прогнозирования стратегической адаптивности предприятий в условиях изменения внешней среды, включая макроэкономические,

институциональные и экологические факторы, а также процессы перехода к циркулярной экономике и внедрения ESG-принципов [56].

Предложенный подход включает взаимосвязанные аналитические блоки, обеспечивающие как оценку текущего уровня стратегического потенциала, так и прогнозирование его динамики в условиях внешних и внутренних трансформаций.

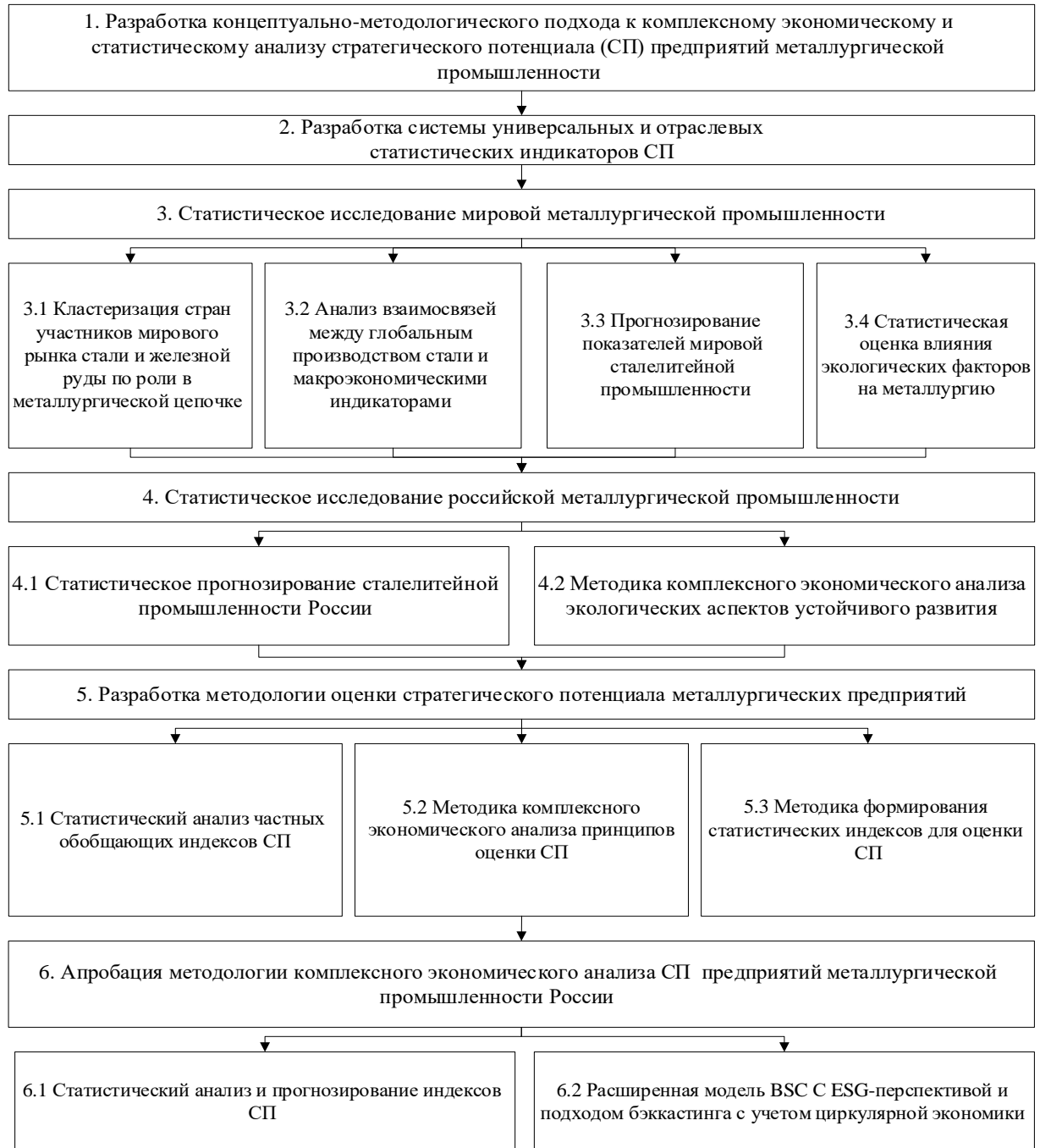


Рисунок 1.19 – Концептуальная модель комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности РФ

Примечание – Составлено автором в процессе исследования [56].

Выводы по главе 1

1. Стратегический потенциал как объект комплексного экономического и статистического анализа целесообразно рассматривать как интегрированную, динамически развивающуюся систему, представляющую собой совокупность всех доступных организации ресурсов, способностей, компетенций и конкурентных преимуществ, которые во взаимодействии с внешней и внутренней средой отражают способность к адаптации, устойчивому развитию и достижению долгосрочной конкурентоспособности. При этом для целей анализа данный потенциал включает как количественные, так и качественные (социальные, институциональные, экологические) параметры, что позволяет применять методы экономического анализа для оценки текущего состояния ресурсов и статистические методы для выявления тенденций, рисков и прогнозирования изменений внешней среды.

Комплексный характер категории обуславливает необходимость синергетического подхода, объединяющего методы комплексного экономического и статистического анализа, что позволяет не только оценивать текущее состояние предприятия, но и прогнозировать динамику его развития с учетом макроэкономических, экологических и институциональных факторов.

2. Формирование стратегического потенциала осуществляется под воздействием множества факторов (внутренних, внешних, информационных и инновационных), усиливающих синергетический эффект взаимодействия всех элементов потенциала.

3. К структурным компонентам стратегического потенциала относятся:

- финансово-экономический потенциал предприятия;
- организационно-управленческий потенциал предприятия;
- экологический потенциал предприятия;
- производственно-технологический потенциал предприятия;
- инвестиционно-инновационный потенциал предприятия;
- кадровый потенциал предприятия.

4. Разработана система универсальных и отраслевых статистических индикаторов, отражающих структуру стратегического потенциала предприятий металлургического комплекса. Система включает обобщающий интегральный показатель и шесть частных обобщающих индексов, характеризующих финансово-экономическую, экологическую, кадровую, инвестиционно-инновационную, производственно-технологическую и организационно-управленческую составляющие стратегического потенциала.

5. На основе разработанной модели предложен концептуально-методологический подход к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России. Подход ориентирован на интеграцию экономических, институциональных и социальных аспектов устойчивого развития и направлен на оценку и прогнозирование стратегической адаптивности предприятий в условиях трансформации внешней среды, включая макроэкономические, институциональные и экологические факторы, а также процессы перехода к циркулярной экономике и внедрения ESG-принципов.

Глава 2 СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1 Статистический анализ динамики развития металлургической промышленности в мире

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статье: «Оценка динамики производства стали странами мира на основе их группировки» [85].

Современное развитие металлургической промышленности Российской Федерации осуществляется в рамках стратегических и программных документов государственного уровня, определяющих приоритеты повышения конкурентоспособности, технологической модернизации и экологической трансформации отрасли. К числу основных документов относятся Стратегия развития черной металлургии Российской Федерации [86], Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации до 2030 года [87], а также Государственная программа Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» [88].

Мировая металлургическая промышленность является одной из базовых отраслей мировой экономики, обеспечивающей материальную основу промышленного производства, строительства, транспортной инфраструктуры и машиностроения. Уровень ее развития во многом определяет индустриальный потенциал государства и его конкурентные позиции на глобальном рынке.

Металлургическая промышленность включает два основных направления – черную и цветную металлургию. Структура распределения продукции между данными отраслями представлена на рисунке 2.1.

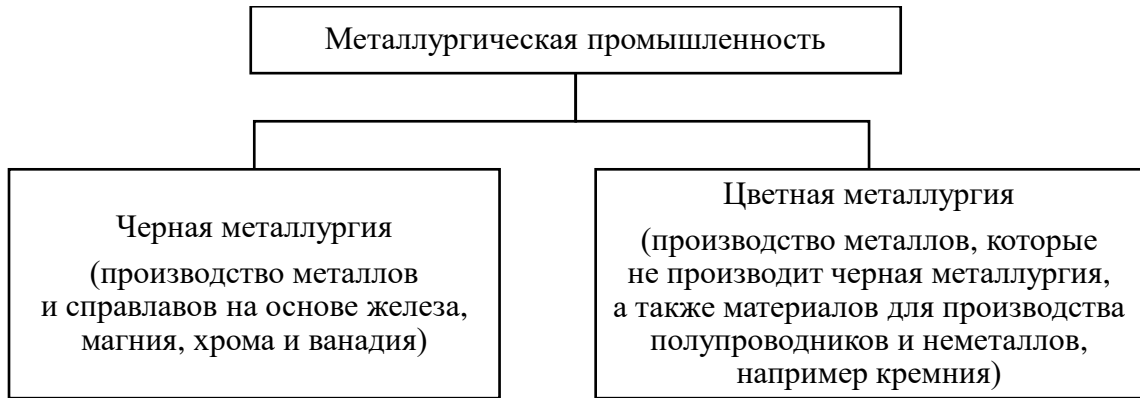


Рисунок 2.1 – Распределение производства по отраслям металлургической промышленности

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Энциклопедического словаря по металлургии [89].

Металлургическая промышленность характеризуется высокой энерго- и ресурсоемкостью, а также значительной концентрацией производственных мощностей. В Российской Федерации на обеспечение функционирования металлургического комплекса приходится около 14 % общего объема потребляемого топлива, 24 % электроэнергии и 40 % сырьевых и минеральных ресурсов. При этом порядка 95 % конструкционных материалов в стране производится с использованием продукции металлургической отрасли, что подчеркивает ее системообразующее значение для национальной экономики.

В натуральном выражении преобладает продукция черной металлургии, на которую приходится около 95 % от общего объема металлургического производства. Вместе с тем наблюдается постепенное расширение использования продукции цветной металлургии, что обусловлено усложнением технологических процессов, развитием высокотехнологичных отраслей и ростом применения электронных компонентов. В настоящем исследовании основное внимание сосредоточено на предприятиях черной металлургии Российской Федерации.

К основным продуктам черной металлургии относятся чугун, сталь и изделия на их основе. Динамика мирового производства чугуна представлена на рисунке 2.2. Основное назначение чугуна заключается в использовании его в качестве сырья для выплавки стали – около 95 % произведенного чугуна перерабатывается в сталь.

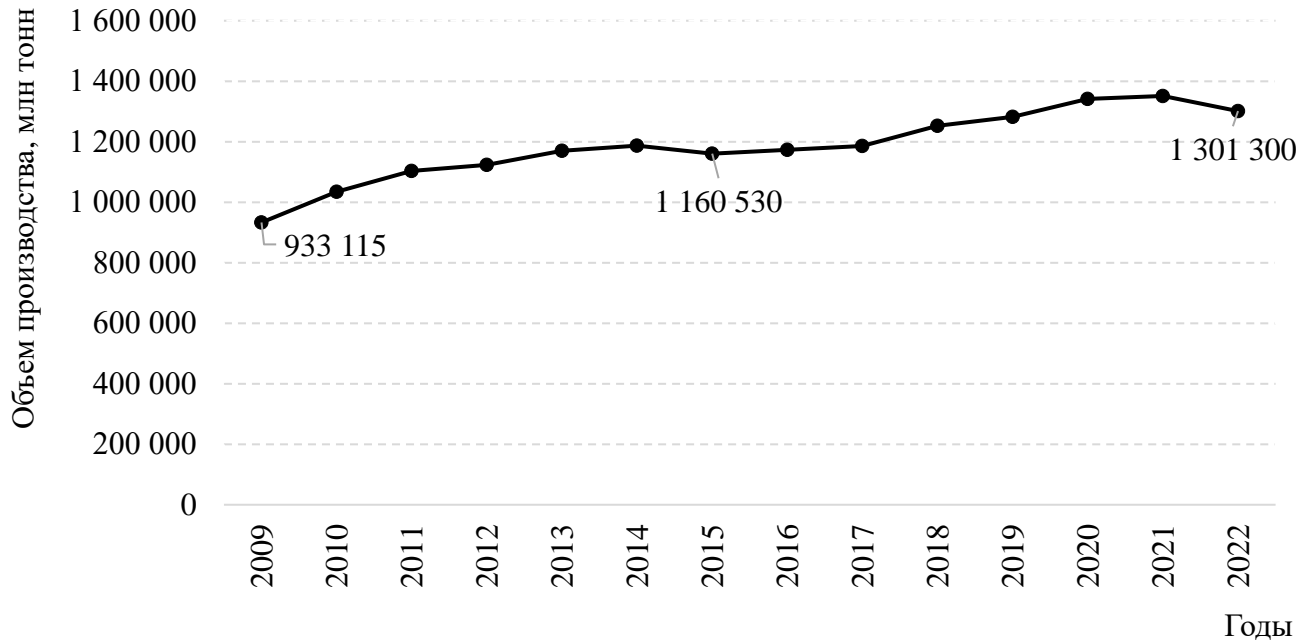


Рисунок 2.2 – Объем производства чугуна в мире за период с 2009 по 2022 г.

Примечание – Составлено автором на основании данных Statista [90] и WorldSteel [91].

Динамика мирового производства стали представлена на рисунке 2.3. Анализ статистических данных указывает на долгосрочную восходящую тенденцию. Если в 1950 году мировое производство стали составляло 189 млн тонн, то к 2022 году данный показатель достиг 1 885 млн тонн, увеличившись почти в 10 раз (в 9,97 раза) за 72 года.

Несмотря на устойчивый общий рост, в отдельные периоды фиксировалось сокращение объемов производства, обусловленное глобальными экономическими кризисами и колебаниями конъюнктуры мирового рынка. Так, в 2009 году наблюдалось снижение производства по сравнению с 2008 годом, что связано с последствиями мирового финансово-экономического кризиса. Однако уже в 2010 году объемы производства восстановились и в последующие годы вновь показали положительную динамику.

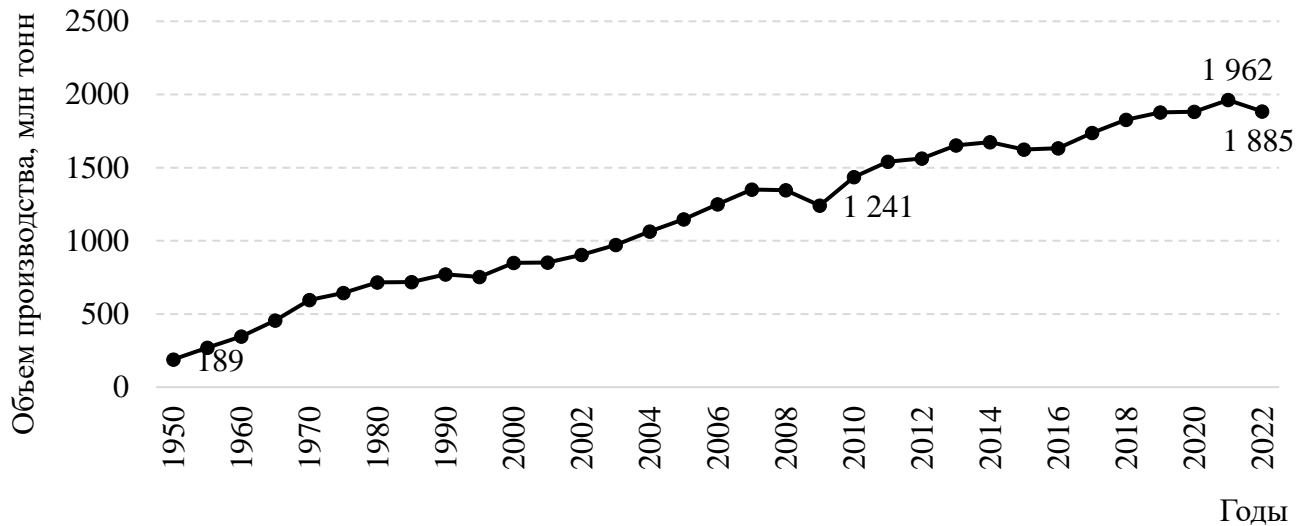


Рисунок 2.3 – Объем производства стали в мире за период с 1950 по 2022 г.

Примечание – Составлено автором на основании данных WorldSteel [91].

В черной металлургии традиционно выделяют три основных центра производства стали и чугуна (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Основные мировые центры производства стали и чугуна

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В настоящее время динамично развивается азиатский центр черной металлургии, в котором лидирующие позиции занимает Китай. В 2023 году на его долю приходилось 53,97 % мирового производства стали, тогда как в 1992 году данный показатель составлял лишь 11,45 %. Эти данные подтверждают, что за рассматриваемый период Китай не только укрепил свои позиции, но и стал безусловным мировым лидером отрасли.

Приоритетное значение в азиатском регионе также приобрела Индия, реализующая масштабную программу развития сталелитейной промышленности. В 2023 году ее доля в мировом производстве стали достигла 7,4 % против 2,5 % в 1992 году. Указанная динамика подтверждает формирование второго по значению центра роста в азиатском регионе и усиление влияния Индии на глобальный сталелитейный рынок.

В то же время позиции европейского и североамериканского центров черной металлургии относительно снижаются. Так, доля США в мировом производстве стали сократилась с 11,9 % в 1992 году до 4,2 % в 2023 году. Аналогичная тенденция наблюдается в Германии – одном из крупнейших европейских производителей стали, где доля в мировом производстве снизилась с 5,6 % до 1,8 % за тот же период.

Сокращение доли европейских и североамериканских производителей обусловлено совокупностью факторов, включая усиление конкуренции со стороны китайских компаний, рост производственных издержек, повышение цен на энергоносители, увеличение затрат на оплату труда, а также ужесточение экологических требований. В результате происходит структурное перераспределение глобального производства стали в пользу азиатского региона.

Выявленные изменения в географии производства стали обуславливают необходимость статистической типологизации стран-производителей с целью определения их роли и позиции в мировой металлургической системе. В качестве инструмента такой типологизации целесообразно использовать методы кластерного анализа.

Кластерный анализ применяется в экономических и социальных исследованиях для группировки субъектов по совокупности признаков. В отечественной литературе данный метод используется при типологизации регионов Российской Федерации. Так, О.А. Доничев и соавторы осуществляли кластерный анализ регионов Северо-Кавказского федерального округа [92]; Р.В. Овсянникова применяла иерархический кластерный анализ субъектов РФ для оценки распределения регионов по уровню качества жизни [93]; И.Н. Петрыкина,

М.И. Солосина и И.Н. Щепина проводили типологизацию муниципальных образований для построения их социально-экономических профилей [94]; Е.И. Пискун и В.В. Хохлов анализировали региональные дисбалансы с использованием методов кластеризации [95]; Ю.М. Протасов и В.М. Юров, применяя метод k-средних, выделили три кластера регионов РФ по уровню социально-экономического развития [96].

Методы кластерного анализа используются также при группировке предприятий различных отраслей. Так, Д.С. Неслухов осуществил кластеризацию судостроительных предприятий Северо-Западного региона России, выявив две группы предприятий, различающиеся по доковому весу выпускаемой продукции [97]. А.Л. Бобков провел кластерный анализ 363 металлургических предприятий Чехии, в результате чего было выделено четыре кластера [98].

Зарубежные исследования также подтверждают универсальность данного метода. Кластерный анализ применяется в исследованиях предпринимательства [99], розничной торговли [100], таксономией экологического предпринимательства [101] и в иных областях, где требуется типологизация объектов по множеству характеристик. Следовательно, использование кластерного анализа представляется обоснованным для группировки стран – производителей стали и железной руды.

Для объективной классификации стран-производителей стали в настоящем исследовании проведен кластерный анализ методом k-means (k-средних) на основе следующих показателей: объем производства стали в 2023 году (тонн), объем добычи железной руды в 2022 году (тонн), а также объем производства стали в 1992 году (тонн). В исследовании использованы данные по 101 стране, полученные из World Steel Association [91], British Geological Survey [102] и Statbase [103]. Включение показателя производства стали в 1992 году позволяет учитывать долгосрочную динамику развития отрасли и выявить страны с устойчивым ростом на протяжении нескольких десятилетий, а также государства, сильно изменившие свои позиции в условиях трансформации мировой экономики.

Применение кластерного анализа в данном случае является методически обоснованным, поскольку анализируемые страны объединены общим

производственным процессом (производство стали и добыча железной руды) и характеризуются сопоставимыми показателями. При этом выбранные переменные не обнаружили высокой взаимной корреляции (коэффициент корреляции Пирсона менее 0,55), что снижает риск мультиколлинеарности и повышает статистическую корректность группировки.

По результатам кластерного анализа нормализованных данных с использованием метода k-means (k-средних) на основе анализа внутрикластерной дисперсии (метод «локтя») выделено пять групп стран с выраженными различиями по основным показателям (рисунок 2.5).

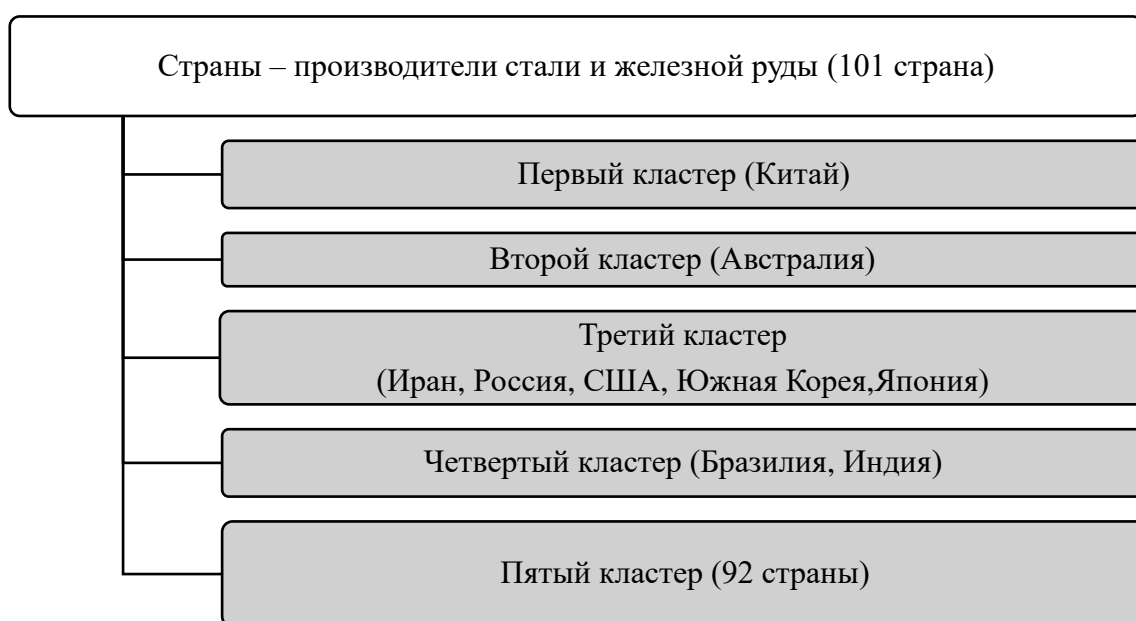


Рисунок 2.5 – Результаты проведенной группировки стран – производителей стали и железной руды

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) представлены в таблице 2.1. Анализ данных таблицы 2.1 показывает, что по всем рассматриваемым показателям – объему производства стали в 2023 и 1992 годах, а также по объему добычи железной руды в 2022 году – различия между кластерами являются статистически значимыми. Высокие значения F-статистики указывают на

выраженную межгрупповую вариацию, а низкие р-значения ($p < 0,05$) подтверждают отклонение нулевой гипотезы о равенстве средних.

Таблица 2.1 – Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) для объемов производства стали и добычи железной руды

Наблюдения	Между SS	Степени свободы (df)	Внутри SS	Степени свободы (df)	F-статистика	p-значение
Объемы производства стали в 2023 г., тонн	$1,043 \cdot 10^{18}$	4	$1,171 \cdot 10^{16}$	96	2 137,940	0,0001
Добыча железной руды в 2022 г., тонн	$1,125 \cdot 10^{18}$	4	$3,761 \cdot 10^{16}$	96	718,104	0,0001
Объемы производства стали в 1992 г., тонн	$1,924 \cdot 10^{16}$	4	$1,101 \cdot 10^{16}$	96	41,934	0,0001
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.						

Следовательно, полученная кластеризация обладает высокой статистической обоснованностью и позволяет говорить о наличии устойчивых структурных различий между выделенными группами стран.

График средних значений по каждому кластеру представлен на рисунке 2.6.

В результате многомерной статистической кластеризации выделены пять устойчивых кластеров стран, характеризующих межстрановую дифференциацию по масштабу и структуре металлургического производства: глобальный лидер, страны с выраженной сырьевой специализацией, крупные промышленные производители, страны со значительными объемами добычи и производства, а также страны с ограниченным участием в мировом металлургическом производстве.

Первый кластер представлен одной страной – Китаем, которая является безусловным мировым лидером по производству стали. Долгое время Китай также являлся лидером по добыче железной руды, однако изменение методики подсчета

объемов добычи с учетом оценки содержания рудного концентрата в добываемой железной руде изменило позицию Китая в данном рейтинге (рисунок 2.7).

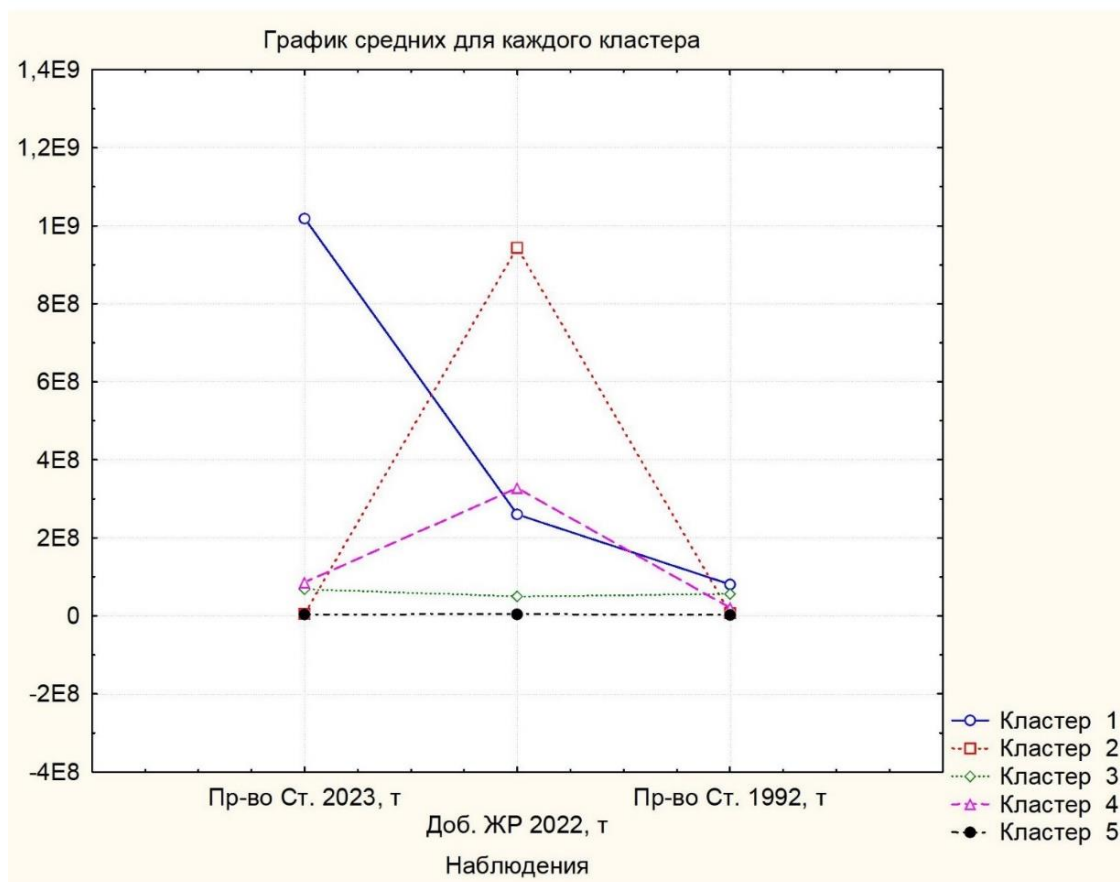


Рисунок 2.6 – График средних для каждого кластера

Примечание – Составлено автором с помощью программы Statistica.

На рисунке 2.7 представлена динамика производства стали и железной руды в Китае. Заметим, что с 1992 года объемы производства стали выросли в 12,5 раз, достигнув 1019,09 млн тонн в год. Китай является безусловным лидером мировой металлургической промышленности, производя более 50 % общемирового объема стали.

Рисунок 2.8 демонстрирует, что основным методом выплавки стали, используемым китайской сталелитейной промышленностью, является кислородно-конверторный метод (более 89 %), что показывает ориентацию на доменное производство и использование железной руды.

Несмотря на лидирующие позиции в производстве стали, Китай осуществляет значительный импорт металлопродукции – около 17,1 млн тонн, что составляет 1,68 % от объема собственного производства и выводит страну на пятое место в мире по данному показателю.

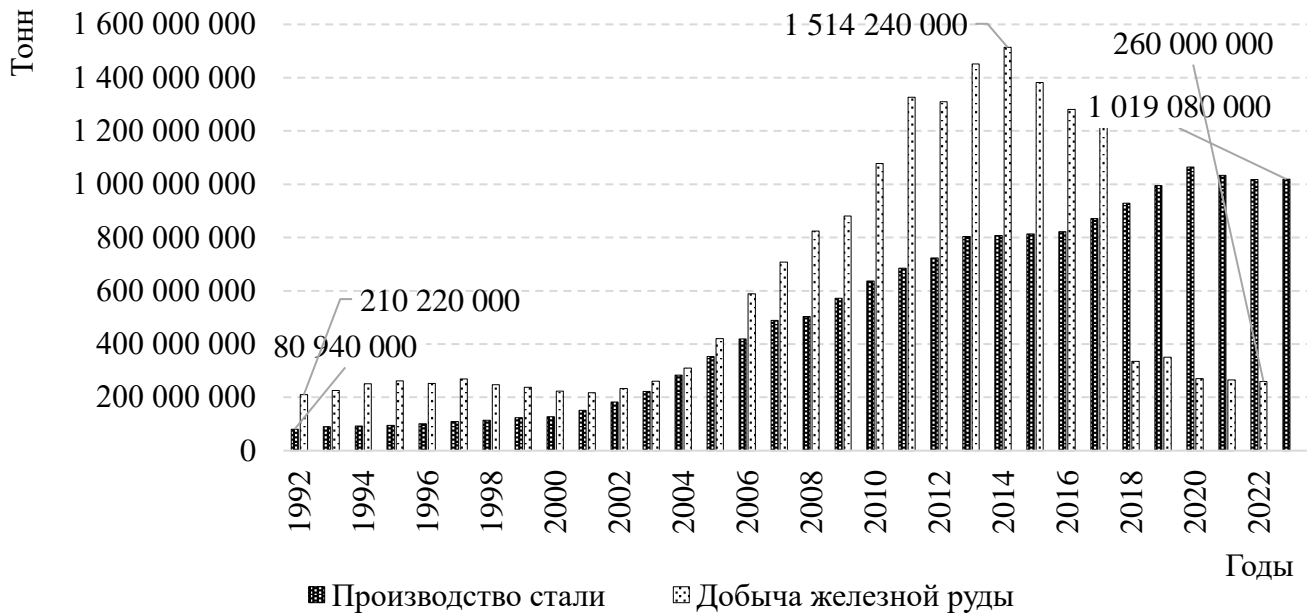


Рисунок 2.7 – Динамика производства стали и железной руды Китаем

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].



Рисунок 2.8 – Динамика изменения способов производства стали металлургической промышленностью Китая

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91].

Помимо традиционных способов выплавки чугуна и стали, китайская металлургическая промышленность активно внедряет альтернативные технологические решения, направленные на сокращение выбросов загрязняющих веществ и повышение ресурсной эффективности производства.

Крупные китайские металлургические компании используют новейшие способы выплавки и восстановления стали, например, Baosteel, которая внедрила в производственные процессы технологию Corex [104]. Также Китай использует экологические технологии, снижающие негативное воздействие на окружающую среду, например печи с вращающимся подом [105].

Кроме того, в Китае активно применяется технология HISmelt (High Intensity Smelting), разработанная австралийско-британской компанией Rio Tinto. Эксплуатация данной технологии самой компанией Rio Tinto была осложнена последствиями финансового кризиса 2008 года, в результате чего предприятие, использовавшее технологию HISmelt, было закрыто. Оборудование и права на использование технологии были приобретены китайской компанией Molong Petroleum Machinery Limited, которая при поддержке научных организаций обеспечила ее дальнейшую доработку и промышленное внедрение. В настоящее время Molong Petroleum Machinery Limited осуществляет лицензирование технологии HISmelt на международном рынке [106, 107].

Китайская металлургическая промышленность не только производит продукцию, но и активно участвует в покупке и дальнейшей доработке новых технологий для их последующей продажи на мировом рынке. То есть китайская металлургическая промышленность выступает не только как крупнейший производитель стали, но и как активный участник глобального рынка технологических решений, интегрируя и коммерциализируя инновационные разработки.

По показателю динамики добычи железной руды Китай занимает третье место в мире, уступая Австралии и Бразилии. После 2014 года в Китае наблюдается

сохранение объемов добычи железной руды и последующее снижение. В настоящее время добыча составляет около 260 млн тонн.

Особенностью китайской сырьевой базы является относительно низкое содержание железа в руде (не более 35 %), а также наличие примесей. В связи с этим международные статистические организации, включая Геологическую службу США [108], перешли к публикации скорректированных данных с учетом содержания железа (в пересчете на 65 %) [109], что повлияло на сопоставимость показателей. Дополнительным фактором, оказавшим влияние на объемы производства стали в Китае, является масштабный импорт железной руды, прежде всего из Австралии и Бразилии. По данным статистики, в 2022 году Китай импортировал 1 107 млн тонн железной руды на сумму 128,1 млрд долларов США [110]. Как следует из рисунка 2.9, металлургическая промышленность Китая в значительной степени зависит от поставок из двух стран – Австралии и Бразилии, которые в совокупности обеспечивают 89,3 % общего объема импорта железной руды.

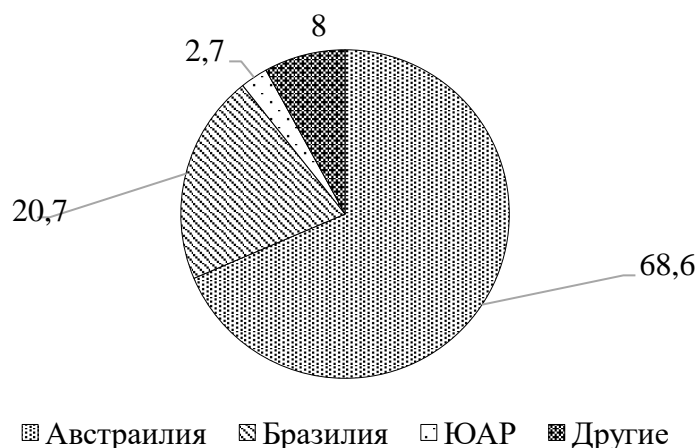


Рисунок 2.9 – География поставок железной руды в Китай, %

Примечание – Составлено автором на основании данных таможенной статистики Китая [110] и сайта TrendEconomy [111].

Другие поставщики железной руды, включая Россию, не оказывают такого влияния на металлургическую промышленность Китая. Их совокупная доля в структуре импорта железной руды по итогам 2022 года составила около 8 %.

При этом ресурсная база Китая по запасам железной руды составляет около 8,3 % мировых запасов. Однако добываемая руда характеризуется низким содержанием железа (не более 35 %) и наличием большого количества примесей [102, 108, 109], что снижает ее промышленную ценность и повышает издержки переработки. Высокая зависимость от поставок железной руды из Австралии обуславливает необходимость реализации мер по диверсификации сырьевой базы. По данным Китайской ассоциации производителей стали (CIS) [112], Китаем принята программа по снижению зависимости от импортных поставок стали, которая включает следующие мероприятия: поиск новых месторождений железной руды с более высоким содержанием железа и меньшим количеством вредных примесей; увеличение доли использования металлолома в производстве стали (ожидается, что до 30 % стали будет производиться с использованием металлолома); приобретение китайскими сталелитейными компаниями активов за рубежом.

Первый кластер в настоящее время представлен исключительно Китаем – страной, сочетающей лидерство в производстве стали в мировом масштабе с активной стратегией обеспечения сырьевой устойчивости и технологического развития.

В перспективе, по мере дальнейшего роста производства в других странах (в частности в Индии), а также возможного снижения объемов выплавки стали в Китае под влиянием экономических и экологических ограничений, данный кластер может расширяться за счет новых глобальных лидеров.

На основе выявленных характеристик первый кластер целесообразно определить как кластер глобального производителя стали.

Второй кластер представлен крупнейшим в мире производителем и экспортером железной руды – Австралией. Динамика добычи железной руды и производства стали в Австралии представлена на рисунке 2.10.

Из рисунка 2.10 видно, что Австралия сосредоточена на добыче железной руды, объемы которой в сотни раз превышают производство стали. С 1970 года добыча железной руды выросла более чем в 18 раз, достигнув по итогам 2022 года

более 944 млн тонн в год. Следует отметить, что «взрывной» рост добычи начался после экономического кризиса 1998–1999 годов. Основным потребителем австралийской железной руды является Китай (82,5 % поставок), хотя в последние годы Китай предпринимает шаги для снижения этой зависимости. Другие крупные импортеры – Япония, Южная Корея и Индия – имеют незначительную долю в объеме импорта (6,8 %, 6,3 % и 0,05 % соответственно). Лидирующее положение Австралии в экспорте железной руды обусловлено, в том числе, запасами (28,7 % мировых), при этом большинство месторождений содержат руду с высоким содержанием железа (до 65 %), что делает экспорт очень привлекательным [109].

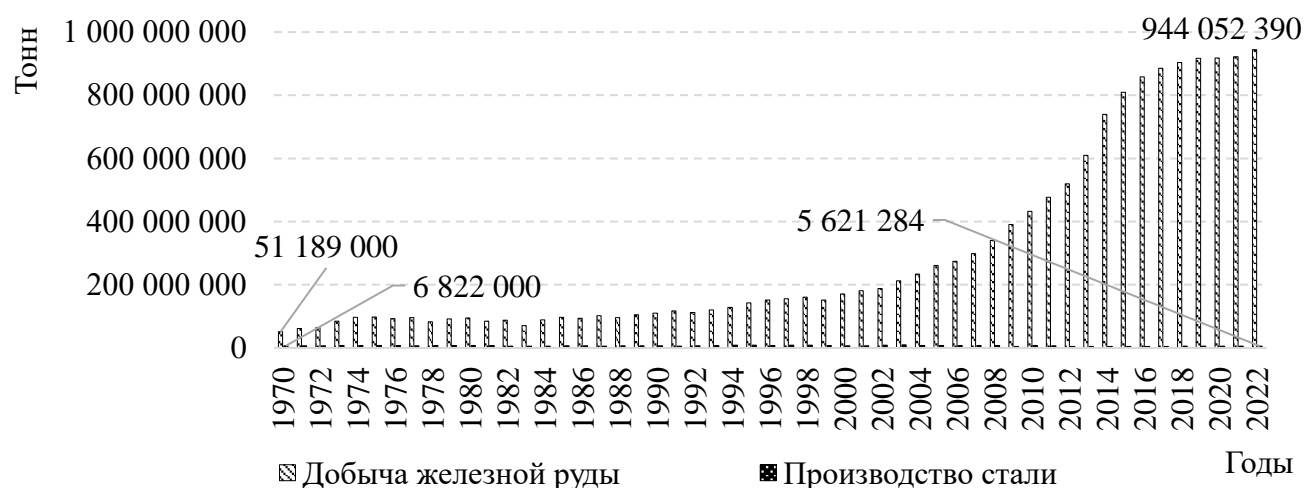


Рисунок 2.10 – Добыча железной руды и производство стали в Австралии

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].

Несмотря на развитую ресурсную базу и крупные запасы каменного угля (четвертое место в мире по запасам и добыче), динамика выплавки стали в Австралии характеризуется долгосрочной стагнацией. Если в 1970 году объем производства составлял 6,8 млн тонн, то в 2022 году – 5,6 млн тонн, что на 1,2 млн тонн ниже уровня начала периода [113]. Данная тенденция объясняется ориентацией экономики Австралии на экспорт сырья, а также сравнительно слабым развитием отраслей с высокой добавленной стоимостью и высоким внутренним спросом на сталь (судостроение, автомобилестроение, оборонная промышленность и др.). Соответствующая продукция преимущественно импортируется.

При этом в случае изменения конъюнктуры мирового рынка или необходимости расширения внутреннего производства Австралия обладает технологическим потенциалом для наращивания выплавки стали, в том числе благодаря доступу к передовым разработкам через компанию Rio Tinto (включая технологии HISmelt и др.).

По мере расширения экспортной модели развития к данному кластеру могут быть отнесены Бразилия и другие страны, ориентированные на добычу и экспорт железной руды при относительно ограниченном производстве стали. Второй кластер целесообразно определить как кластер стран с выраженной сырьевой специализацией.

Третий кластер включает шесть стран: Иран, Россию, США, Южную Корею и Японию.

В данной группе наибольшие объемы производства стали приходятся на Японию (рис. 2.11).

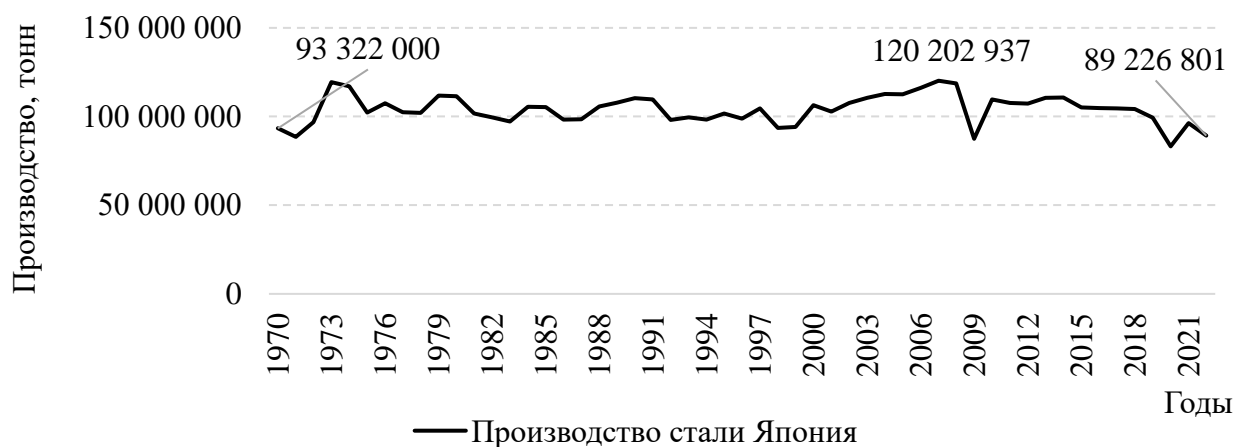


Рисунок 2.11 – Производство стали в Японии

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].

В 1990-х и 2000-х годах Япония занимала ведущие позиции в мировом производстве стали, однако впоследствии уступила лидерство Китаю. В настоящее время производство стали в Японии характеризуется стагнацией после достижения пикового значения в 2007 году. Добыча железной руды в Японии практически отсутствует, что обуславливает высокую зависимость сталелитейной

промышленности от импортного сырья. Основными поставщиками железной руды являются Австралия (49 %), Бразилия (34 %), Канада (8,09 %) и Южно-Африканская Республика (3,89 %) (рисунок 2.12).

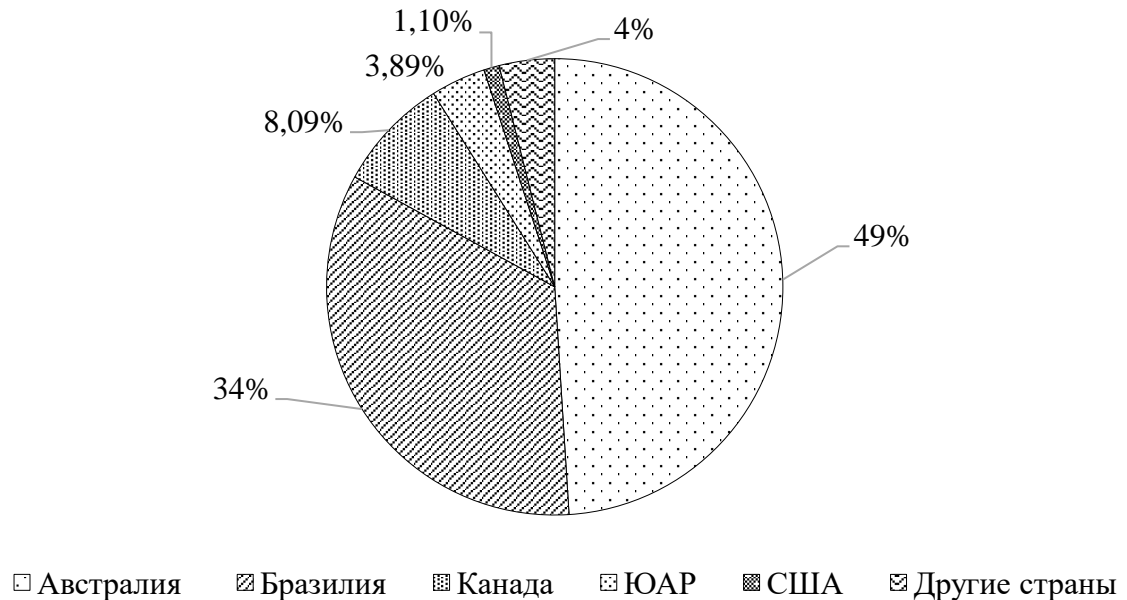


Рисунок 2.12 – Доля стран в экспорте железной руды в Японию, %

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных сайта TrendEconomy [111].

Следует отметить, что Япония является крупным экспортером металлопродукции. По итогам 2022 года прокат железа и стали обеспечил 1,47 % общего объема японского экспорта на сумму около 11 млрд долларов США [114]. Одновременно Япония располагает развитым сектором обрабатывающей промышленности, производящей продукцию с высокой добавленной стоимостью, которая является одним из крупнейших внутренних потребителей стали. В первую очередь это автомобильная промышленность: в 2022 году экспорт пассажирских автомобилей составил 11,5 % общего экспорта (86 млрд долларов США), а грузовых автомобилей – 1,32 % (9,91 млрд долларов США). В совокупности средства наземного транспорта сформировали 18,1 % японского экспорта (125 млрд долларов США).

Япония реализует модель глубокой переработки импортируемого сырья. При практически полном отсутствии собственной добычи железной руды страна

импортирует сырье, перерабатывает его в сталь и далее использует в производстве высокотехнологичной продукции, ориентированной как на внутренний рынок, так и на экспорт. Конкурентоспособность японской металлопродукции создается высоким качеством, технологичностью и эффективностью производственных процессов, что позволяет компенсировать более высокие сырьевые издержки по сравнению со странами, обладающими собственной ресурсной базой (США, Россия и др.).

Основным способом производства стали в Японии является кислородно-конверторный метод, доля которого составляет 73,8 % [115].

Второе место по объему производства стали в данном кластере занимают США. До 1970-х годов Соединенные Штаты являлись мировым лидером по производству стали, однако впоследствии уступили первенство СССР, а затем Китаю. В отличие от Японии, США располагают развитыми мощностями по добыче железной руды (рисунок 2.13).

По данному показателю страна входит в первую десятку мировых производителей, занимая десятое место. Следовательно, металлургическая система США характеризуется большей сырьевой самодостаточностью и сбалансированностью по сравнению с Японией, поскольку не испытывает сильной зависимости от импорта железной руды.

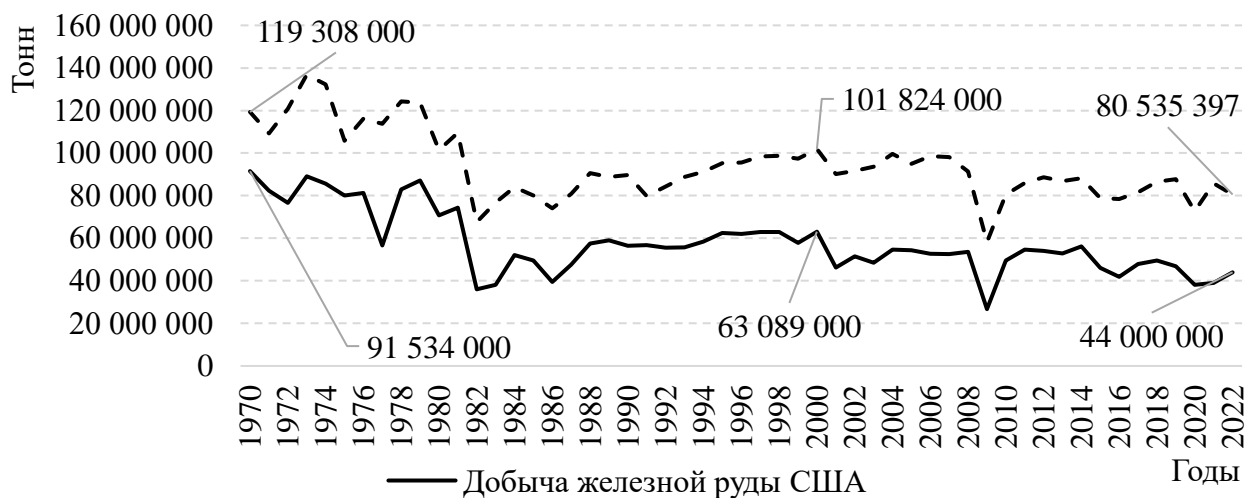


Рисунок 2.13 – Производство стали в США

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].

Основное направление использования производимой в США стали – внутреннее потребление в высокотехнологичных отраслях, включая автомобилестроение и оборонно-промышленный комплекс. При этом экспорт металлоемкой продукции остается высоким: по итогам 2023 года 7,57 % американского экспорта (152 млрд долларов США) приходилось на средства наземного транспорта, а 11,5 % (233 млрд долларов США) – на продукцию атомной и энергетической промышленности [116].

В отличие от стран, где преобладает кислородно-конверторный метод (например, Китая), в США основным способом выплавки стали являются электропечи. Доля стали, произведенной электропечным способом, составляет 68,3 % [115]. В качестве сырья активно используется импортируемый чугуны, преимущественно из Бразилии (65 %) и Украины (23 %), при общем объеме импорта около 2,2 млрд долларов США [117]. Такая структура обусловлена дисбалансом между внутренним производством стали и объемами добычи железной руды.

Модель производства стали в США отличается от китайской. Если Китай импортирует железную руду для последующей переработки в доменно-конверторном цикле, то США ориентируются на электроплавильные технологии, используя импортируемый чугуны и металлолом, что снижает экологическую нагрузку и повышает гибкость производства.

При этом, несмотря на значительный объем собственного производства, США остаются крупнейшим в мире импортером стали – 28,9 млн тонн, что соответствует 35,8 % внутреннего производства. Выявленная динамика указывает на высокую емкость внутреннего рынка и структурную зависимость от внешних поставок отдельных видов металлопродукции.

Третье место в рассматриваемом кластере занимает Россия, унаследовавшая развитую металлургическую промышленность от СССР. Россия располагает сырьевой базой, занимая шестое место в мире по добыче железной руды. Несмотря

на колебания объемов производства, в долгосрочной динамике выпуск стали имеет тенденцию к росту (рисунок 2.14).

Основным способом производства стали в России остается кислородно-конверторный метод [115]. Российские предприятия внедряют технологии прямого восстановления железа, такие как метод Midrex (АО «ОЭМК им. А.А. Угарова», АО «Лебединский ГОК») [118]. Однако доля России в мировом производстве железа прямого восстановления остается сравнительно небольшой: в 2024 году произведено 8 млн тонн (6 % мирового объема). Для сравнения, Индия обеспечила 36 % мирового производства, заняв первое место, а Иран – 25%, заняв второе место [115, 119].

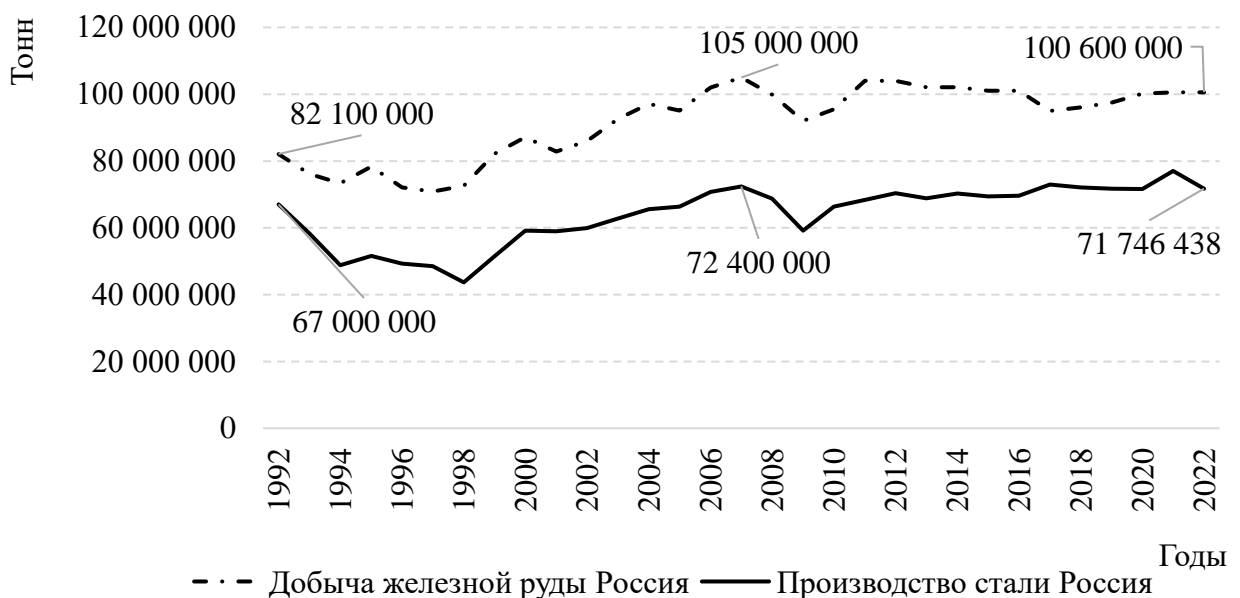


Рисунок 2.14 – Производство стали в России

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].

Россия обладает крупной сырьевой базой и значительными производственными мощностями, а также развитой системой внутренних отраслей – потребителей стали (в том числе судостроения), что создает предпосылки для формирования цепочек с высокой добавленной стоимостью внутри страны.

Вместе с тем, по экспертным оценкам, в 2024 году около 41,09 % произведенной стали поставлялось на экспорт (официальные данные закрыты) [120]. Отрасль является чувствительной к изменениям внешней

конъюнктуры и санкционным ограничениям. Структура экспорта 2021 года показывает ограниченную долю продукции с высокой добавленной стоимостью. Продукция атомной промышленности составляла 2,18 % (10,7 млрд долларов США), тогда как экспорт черных металлов – 5,86 % (28 млрд долларов США) [111]. Структура экспорта сохраняет сырьевую направленность модели.

В этих условиях приоритетным направлением развития металлургической промышленности в России является внедрение современных технологий выплавки стали и чугуна, а также развитие производств, ориентированных на выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью. Для российской металлургической промышленности важно диверсифицировать экспортные поставки с целью снижения рисков, связанных с внешними ограничениями.

Южная Корея, занимающая шестое место в мире по объему производства стали, также относится к третьему кластеру и занимает в нем четвертую позицию.

Как следует из рисунка 2.15, объемы производства стали в Южной Корее обнаруживают долгосрочную восходящую динамику. С 1970 года выпуск стали увеличился в 136,9 раза [121]. При этом страна осуществляет импорт готовой металлопродукции в размере 13,7 млн тонн [111], что составляет 20,8 % от объема внутреннего производства. Наблюдаемые результаты отражают высокую емкость внутреннего рынка и спрос на специализированные виды стали.

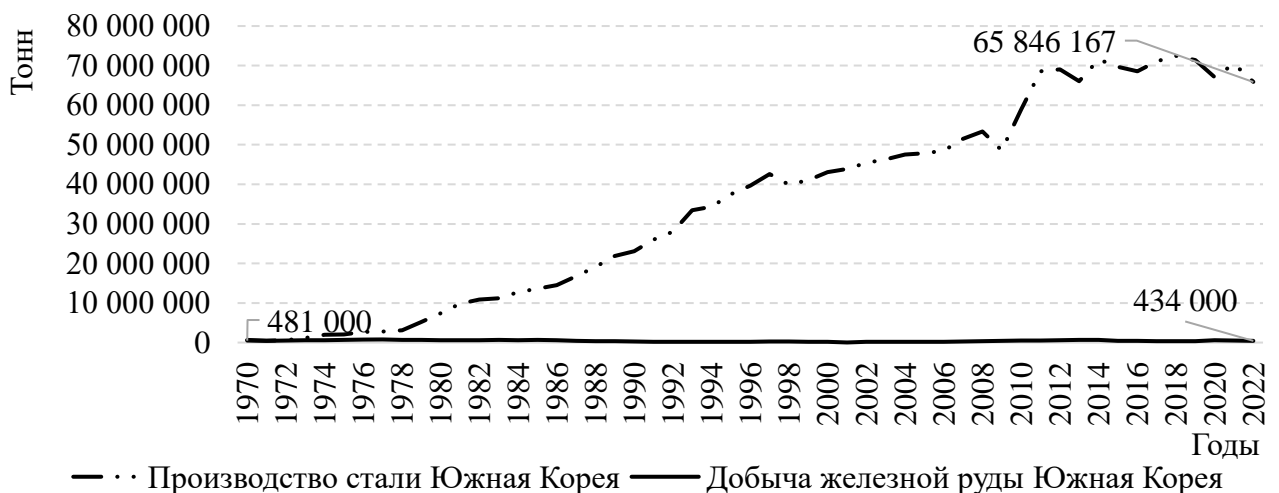


Рисунок 2.15 – Производство стали и добыча железной руды в Южной Корее

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].

Южная Корея практически не располагает собственной сырьевой базой: объем добычи железной руды составляет всего 434 тыс. тонн, что несопоставимо с объемом производства стали (65 846 167 тонн). Фактически страна является нетто-импортером железной руды. Экспорт корейской руды носит эпизодический характер и направлен преимущественно в Китай (14,3 млн долл. США в стоимостном выражении). География поставщиков железной руды для корейской металлургии достаточно диверсифицирована (рисунок 2.16). Основными экспортерами являются Австралия (61,9 %) и Бразилия (16,6 %), далее следуют ЮАР (8,3 %), Канада (7,9 %) и Чили (3,5 %) [122].

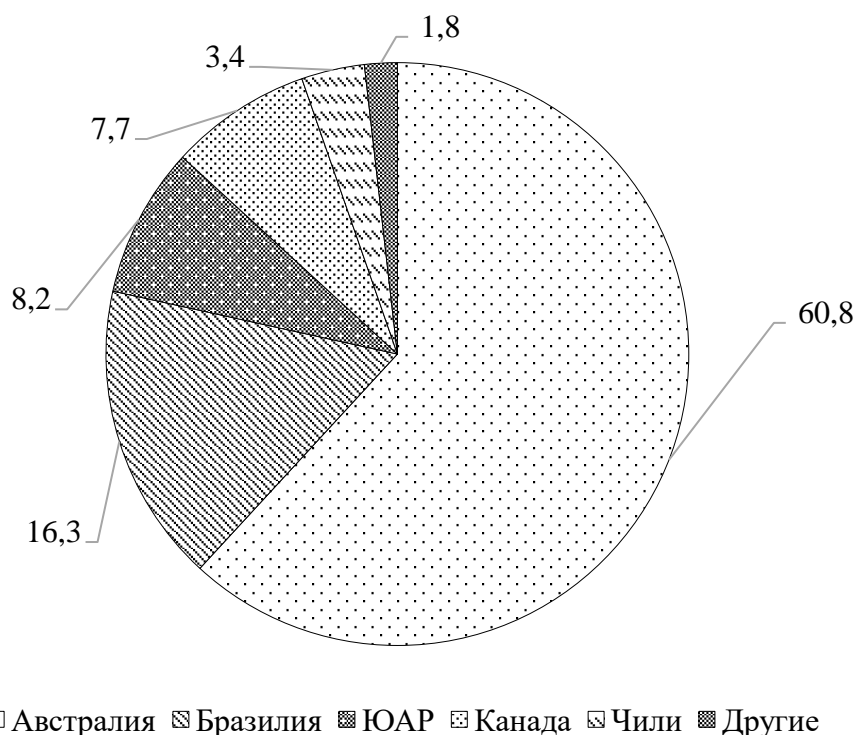


Рисунок 2.16 – Доля стран в экспорте железной руды в Южную Корею, %

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных сайта TrendEconomy [111].

Южная Корея обладает развитым промышленным комплексом, ориентированным на выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью и являющимся крупным потребителем стали. Так автомобилестроение по итогам 2022 года сформировало 7,56 % экспорта страны (51 млрд долл. США), а судостроение – 2,23 % (15,2 млрд долл. США) [123].

Страна реализует модель глубокой переработки импортируемого сырья. При отсутствии значительных запасов железной руды она импортирует сырье, перерабатывает его и производит конкурентоспособную продукцию машиностроения и судостроения, ориентированную на мировой рынок. Данная модель во многом сопоставима с японской и частично китайской, где определяющую роль играет технологическая переработка сырья и экспорт продукции с высокой добавленной стоимостью.

Иран по объему производства стали занимает пятое место в третьем кластере. По итогам 2024 года производство составило 31 млн тонн, что соответствует одиннадцатому месту в мировом рейтинге.

История металлургии в Иране имеет глубокие исторические корни, однако современная черная металлургия начала формироваться во второй половине XX века. Первым крупным промышленным объектом черной металлургии стал Исфаганский металлургический комбинат, построенный при техническом содействии СССР в 1973 году [124]. После периода спада, вызванного Исламской революцией и ирано-иракской войной, в стране была реализована программа развития черной металлургии, что позволило нарастить объемы производства и сформировать современную промышленную базу (рисунок 2.17).

По сравнению с 1974 годом объем производства стали в Иране увеличился более чем в 54 раза – с 567 тыс. тонн до 31 млн тонн. (рисунок 2.17) Добыча железной руды за аналогичный период выросла более чем в 100 раз. По объемам добычи Иран занимает пятое место в мире, а по запасам железной руды – седьмое.

Наблюдаемый дисбаланс между объемами добычи железной руды и производством стали указывает на экспортную ориентацию по сырьевому направлению, в том числе по поставкам железной руды и чугуна [125]. Структура отрасли сочетает развитую сырьевую базу с расширяющимся сталелитейным производством.

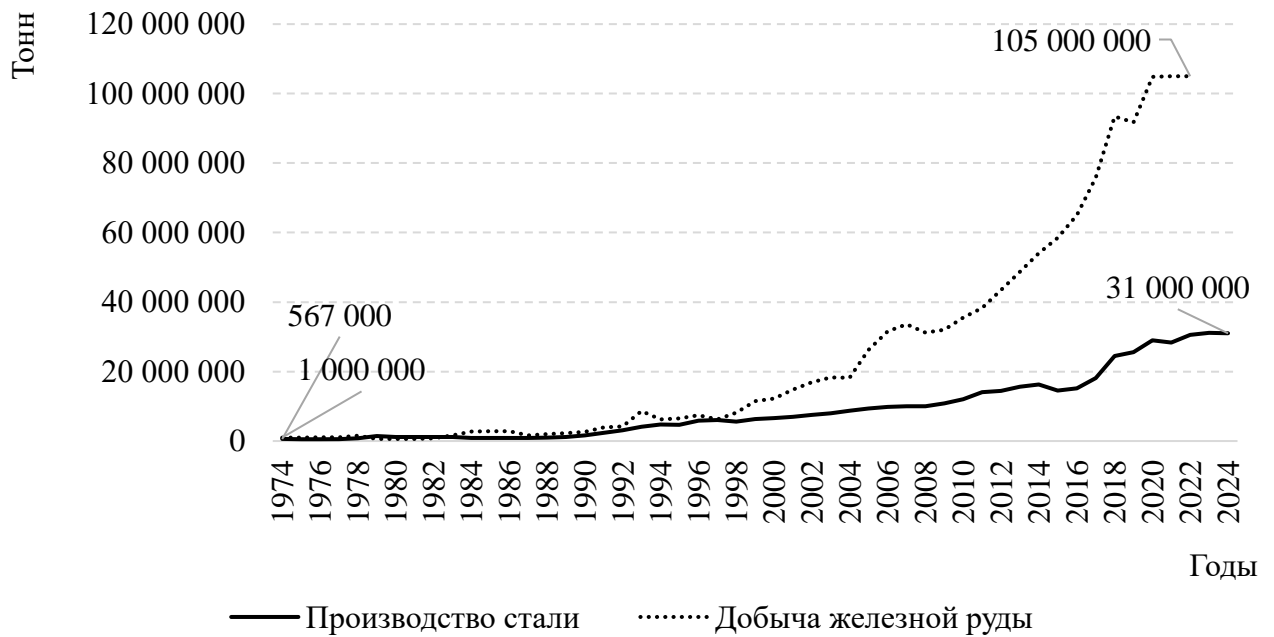


Рисунок 2.17 – Производство стали и добыча железной руды в Иране

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].

Подводя итоги анализа, следует отметить, что, несмотря на санкционные ограничения со стороны США [126], Великобритании [127] и ЕС [128], металлургическая промышленность Ирана имеет устойчивое развитие. Производство стали продолжает расти, при этом используется современная технологическая база: 92,1 % стали выплавляется в электропечах электродуговым методом [115]. Кроме того, более 90 % чугуна производится методом прямого восстановления [129]. Использование технологии прямого восстановления позволило Ирану занять второе место в мире по производству железа DRI – 33 млн тонн (25 % мирового объема) [119]. Вся стальная заготовка производится методом непрерывного литья, что позволяет относить Иран к числу стран с высокой технологической зрелостью отрасли [129]. Более 60 % произведенной стали потребляется на внутреннем рынке, что снижает зависимость от внешней конъюнктуры.

Наличие развитой сырьевой базы и современных технологий формирует предпосылки для сохранения высоких темпов роста производства стали и укрепления позиций Ирана на мировом рынке.

Четвертый кластер представлен Индией и Бразилией.

Индия является одним из наиболее динамично развивающихся центров мировой металлургии. В период с 2010 по 2024 год производство стали увеличилось с 70,7 млн тонн до 149,6 млн тонн, то есть более чем в 2 раза. Добыча железной руды также показывает устойчивый рост: с 1970 года объем добычи увеличился более чем в 8 раз – с 31,36 млн тонн до 252,3 млн тонн (рисунок 2.18).

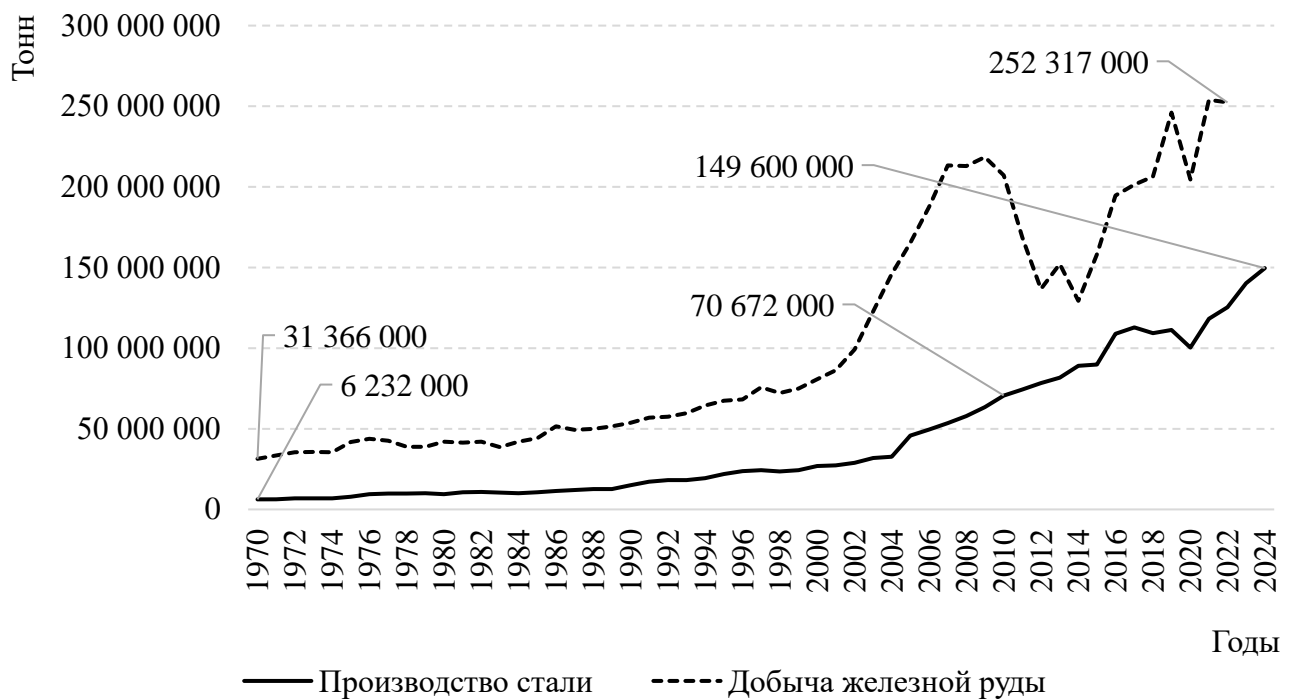


Рисунок 2.18 – Производство стали и добыча железной руды в Индии

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].

По объему производства стали Индия занимает второе место в мире после Китая – 149,6 млн тонн в 2024 году. Этот показатель в шесть раз ниже китайского, но в 1,78 раза превышает объем производства Японии, занимающей третье место.

Стратегические планы Индии носят амбициозный характер. В соответствии с National Steel Policy 2017 [130] к 2030 году предполагается доведение производства стали до 300 млн тонн в год [119]. Реализация данной цели поддерживается государственными инициативами Make in India и Atmanirbhar

Bharat, направленными на развитие национальной промышленности и снижение импортной зависимости.

В отличие от Китая, ориентированного на внешнюю экспансию, производство стали в Индии в первую очередь направлено на удовлетворение потребностей внутреннего рынка [119]. Предположение подтверждается изменением внешнеторгового баланса: по итогам 2024 года импорт стали увеличился на 20 %, тогда как экспорт сократился на 25 %.

Индия также является мировым лидером по производству железа прямого восстановления (DRI). Данный продукт отличается высоким качеством и низким содержанием примесей, что делает его эффективным сырьем для электродуговых печей. По данным World Steel Association, 56,4 % стали в Индии выплавляется электропечным способом [115].

Объем производства железа прямого восстановления в Индии в 2024 году достиг 51,5 млн тонн, что соответствует 34,42 % общего объема выплавки стали в стране. В мировом производстве DRI доля Индии составляет 36 % и обеспечивает ей первое место по данному показателю.

Индия выступает не только как динамично развивающийся производитель стали, но и как мировой лидер по внедрению технологий прямого восстановления железа. Потенциал дальнейшего роста индийской сталелитейной промышленности подтверждается уровнем среднегодового потребления стали – 77 кг на душу населения, что существенно ниже среднемирового показателя (240 кг). Значительный внутренний резерв спроса обосновывает возможность увеличения производства до запланированных 400 млн тонн в целях реализации государственной программы развития отрасли.

Бразилия является крупным производителем стали с объемом выпуска 33,7 млн тонн в 2024 году, что соответствует десятому месту в мировом рейтинге. В сегменте добычи железной руды страна занимает второе место в мире (403 млн тонн), уступая только Австралии (рисунок 2.19).

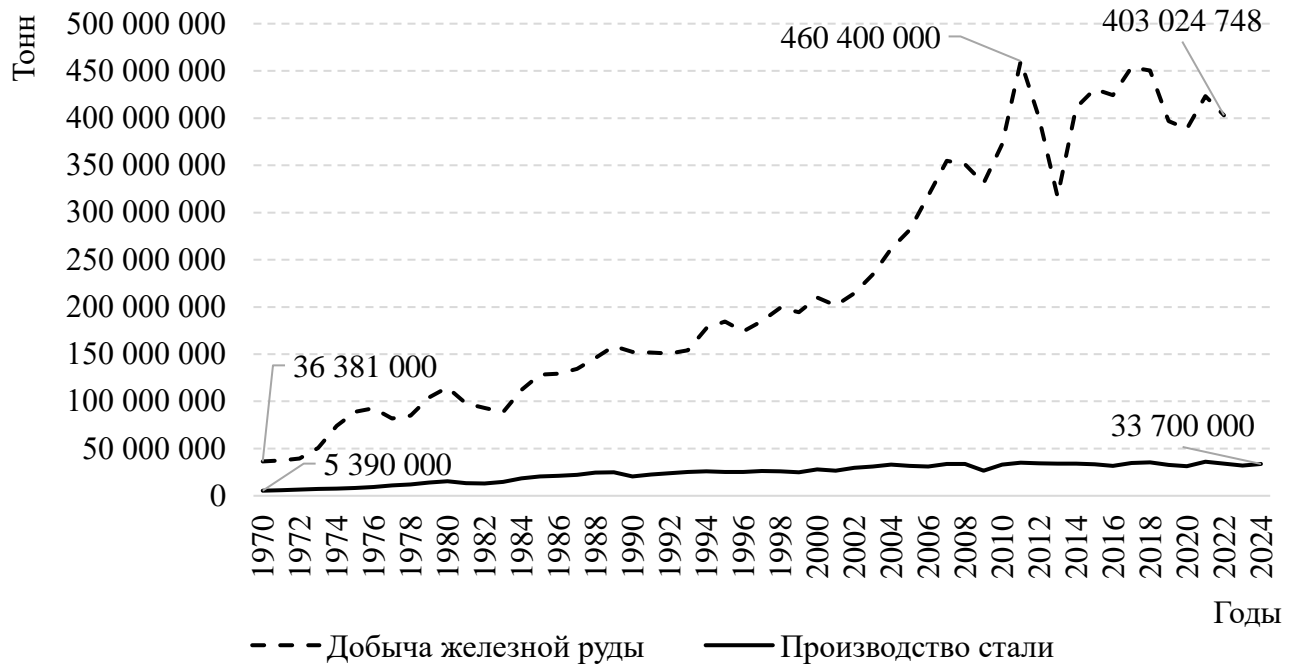


Рисунок 2.19 – Производство стали и добыча железной руды в Бразилии

Примечание – Составлено автором на основании данных Worldsteel [91], British Geological Survey [102], а также Statbase [103].

Китай выступает основным направлением экспорта бразильской железной руды, на которое приходится 64 % поставок. Учитывая стратегию Китая по диверсификации импортных источников, торговые противоречия с Австралией, а также развитие специализированного флота для перевозки бразильской руды, можно прогнозировать дальнейшее усиление торговых связей между Бразилией и Китаем. Дополнительным фактором конкурентоспособности выступает высокое качество бразильского сырья.

В отличие от динамично развивающейся добычи железной руды, производство стали в Бразилии на протяжении длительного времени сохраняется примерно на одном уровне (рисунок 2.20). Особенностью бразильской сталелитейной промышленности является использование древесного угля для выплавки высококачественного чугуна с минимальным содержанием примесей, который применяется в машиностроении, автомобилестроении, судостроении и других высокотехнологичных отраслях. Бразилия сочетает крупную сырьевую базу с ограниченным масштабом внутренней переработки, что формирует модель преимущественно сырьевого экспортера с частичной переработкой.

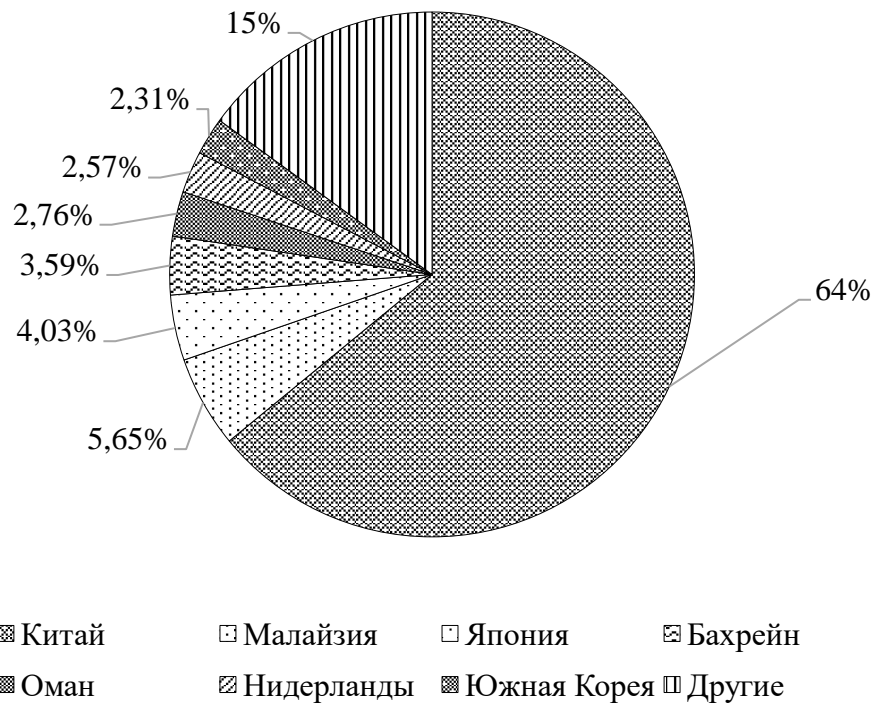


Рисунок 2.20 – Направления экспорта бразильской железной руды, %

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основе данных сайта TrendEconomy [111].

Пятый кластер объединяет 92 страны, среди которых наиболее значимыми по объему производства стали являются Германия (37,2 млн тонн, седьмое место в мире) и Турция (36,9 млн тонн, восьмое место). При этом ни Германия, ни Турция не обладают крупными запасами железной руды.

В Германии преобладает кислородно-конвертерный способ производства стали, тогда как в Турции ведущую роль играет электропечной метод. Несмотря на заметную роль в мировой металлургии, страны данного кластера не занимают лидирующих позиций ни в добыче железной руды, ни в масштабах производства стали, что указывает на их принадлежность к группе средних и малых производителей с различной степенью импортной зависимости.

Проведенная кластеризация выявила структурную неоднородность мировой металлургической системы, что позволяет выделить функциональные типы стран в глобальной цепочке создания стоимости: глобальный лидер, страны с выраженной сырьевой специализацией, крупные индустриальные производители,

страны со значительными объемами добычи и производства, а также страны с ограниченным участием в мировом металлургическом производстве.

Разработка научно обоснованного статистического подхода к кластеризации стран – участников мирового рынка стали и железной руды – обеспечивает более глубокое понимание их роли в глобальной металлургической системе, выявление устойчивых структурных позиций и формирование прогнозов трансформации мирового рынка в долгосрочной перспективе.

Проведенный статистический анализ динамики развития мировой металлургической промышленности и кластеризация стран – производителей стали и железной руды позволяют сформулировать ряд выводов.

Мировая металлургическая система носит выражено полицентричный характер с преобладанием азиатского центра, прежде всего Китая и Индии. Китай сформировал модель глобального производителя стали, сочетающую масштабное производство, технологическую модернизацию и активную внешнеэкономическую стратегию. Индия характеризуется моделью ускоренной индустриализации с опорой на внутренний спрос и развитие технологий прямого восстановления железа, что формирует долгосрочный потенциал роста.

Наблюдается институционально закрепленное разделение стран на функциональные типы в глобальной цепочке создания стоимости. Устойчивость позиций стран на мировом рынке определяется не только объемами производства стали, но и структурой технологического уклада (доля электропечного способа, развитие DRI), обеспеченностью сырьевой базой, диверсификацией экспортных потоков и уровнем развития металлоемких отраслей с высокой добавленной стоимостью.

Одновременно усиливается тренд экологической и технологической трансформации отрасли. Рост доли электропечного производства и прямого восстановления железа указывает на переход к менее углеродоемким моделям производства стали, формируя новые конкурентные преимущества для стран, активно внедряющих соответствующие технологии.

Полученные результаты имеют принципиальное значение для оценки стратегического потенциала металлургических предприятий Российской Федерации. Россия относится к группе крупных промышленных производителей, однако характеризуется высокой экспортной зависимостью и ограниченной долей продукции с высокой добавленной стоимостью в структуре экспорта.

2.2 Статистический анализ влияния макроэкономических факторов на производство стали: методологический подход

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статье: «Статистический анализ влияния макроэкономических факторов на мировое производство стали» [131].

Тест причинности по Грейнджеру представляет собой статистический инструмент проверки гипотезы о наличии направленной прогностической связи между временными рядами. В основе метода лежит принцип, установленный лауреатом Нобелевской премии Клайвом Грейнджером, согласно которому временной ряд X считается причиной временного ряда Y , в смысле Грейнджера, если включение лагированных значений X статистически значительно улучшает прогнозирование Y по сравнению с моделью, включающей только собственные лаги Y [132].

Следует подчеркнуть, что причинность по Грейнджеру не тождественна строгой каузальной связи в философском или экономическом смысле. Она доказывает наличие направленной прогностической зависимости, основанной на временном предшествовании переменных и их статистической значимости.

Метод применяется в экономических исследованиях для анализа взаимосвязей между основными макроэкономическими индикаторами. Так тест причинности по Грейнджеру используется при изучении связей между экспортом

и ВВП, инвестициями и экономическим ростом, динамикой цен и промышленным производством [133]. Это делает данный инструмент релевантным для анализа факторов, влияющих на объемы производства стали, как один из базовых показателей промышленной активности.

В экономических исследованиях тест Грейнджера активно используется при анализе финансовой и денежно-кредитной политики. Так, Л.Г. Гадий, Е.Д. Джаохадзе, А.М. Киюцевская и М.Е. Чембулатова применяют его для оценки факторов финансовой стабильности в деятельности Банка России [134]. Е.А. Леонтьева исследует влияние инструментов денежно-кредитной политики на широкий спектр макроэкономических показателей, включая рыночные процентные ставки [135], а А.А. Золотарев и А.Ю. Румянцева используют тест Грейнджера на основе VAR-моделей для анализа взаимосвязи между ключевой ставкой, инфляцией и разрывом выпуска [136].

Широкое распространение тест получил и в исследованиях динамики финансовых и товарных рынков. Е.А. Федорова и М.П. Лазарев применяют его для анализа влияния цен на нефть марки Brent на финансовый рынок России [137]. О.Н. Салманов исследует взаимосвязи между фондовыми рынками России, США и стран Европы, выявляя эффекты двунаправленной волатильности [138]. Р.А. Григорьев обобщает подходы к модификации классической модели Грейнджера при анализе временных рядов стоимости активов на мировых биржах, что отражает эволюцию методологического инструментария [139].

Корректность применения теста причинности по Грейнджеру предполагает предварительную проверку стационарности временных рядов. В статистике разработан ряд инструментов для выявления единичных корней, среди которых наиболее распространенными являются расширенный тест Дики – Фуллера (ADF) и тест Квятковского – Филлипса – Шмидта – Шина (KPSS).

Использование нестационарных временных рядов в регрессионном анализе приводит к ложной регрессии и статистически значимым, но экономически неправильным результатам. Разграничение стационарных и нестационарных

процессов необходимо для корректного построения моделей временных рядов и проведения теста причинности Грейнджера.

Тест ADF основан на нулевой гипотезе о наличии единичного корня [140, 141], тогда как тест KPSS формулирует нулевую гипотезу стационарности, что делает данные методы методологически комплементарными [142].

Р. Беккер и соавторы предложили модифицированный тест типа KPSS с учетом плавных структурных сдвигов [143]. Подходы на основе преобразований Фурье применяются при анализе финансовых временных рядов, включая данные стран БРИКС [144], расширяя используемый инструментальный аппарат.

Совместное использование тестов Дики – Фуллера и KPSS рассматривается как комплексный инструмент диагностики временных рядов. При этом в работах ученых отмечается, что размер и мощность тестов могут варьироваться в зависимости от характеристик выборки, длины временного ряда и выбранной спецификации модели [145, 146, 147].

В исследованиях ученых в финансовой сфере тест Дики – Фуллера также нашел применение, поскольку наличие единичных корней является типичным свойством данных [148, 149, 150].

Тест ADF представляет собой расширение классического теста Дики – Фуллера и включает лагированные значения зависимой переменной, учитывая авторегрессионные процессы более высокого порядка и снижая проблему автокорреляции остатков [151]. Нулевая гипотеза теста KPSS предполагает стационарность временного ряда вокруг детерминированного тренда [152].

Совместное применение этих тестов обеспечивает корректную диагностику временных рядов и повышает надежность последующего статистического анализа причинно-следственных взаимосвязей.

Методологический подход к анализу взаимосвязей между производством стали и основными макроэкономическими индикаторами представлен на рисунке 2.21.

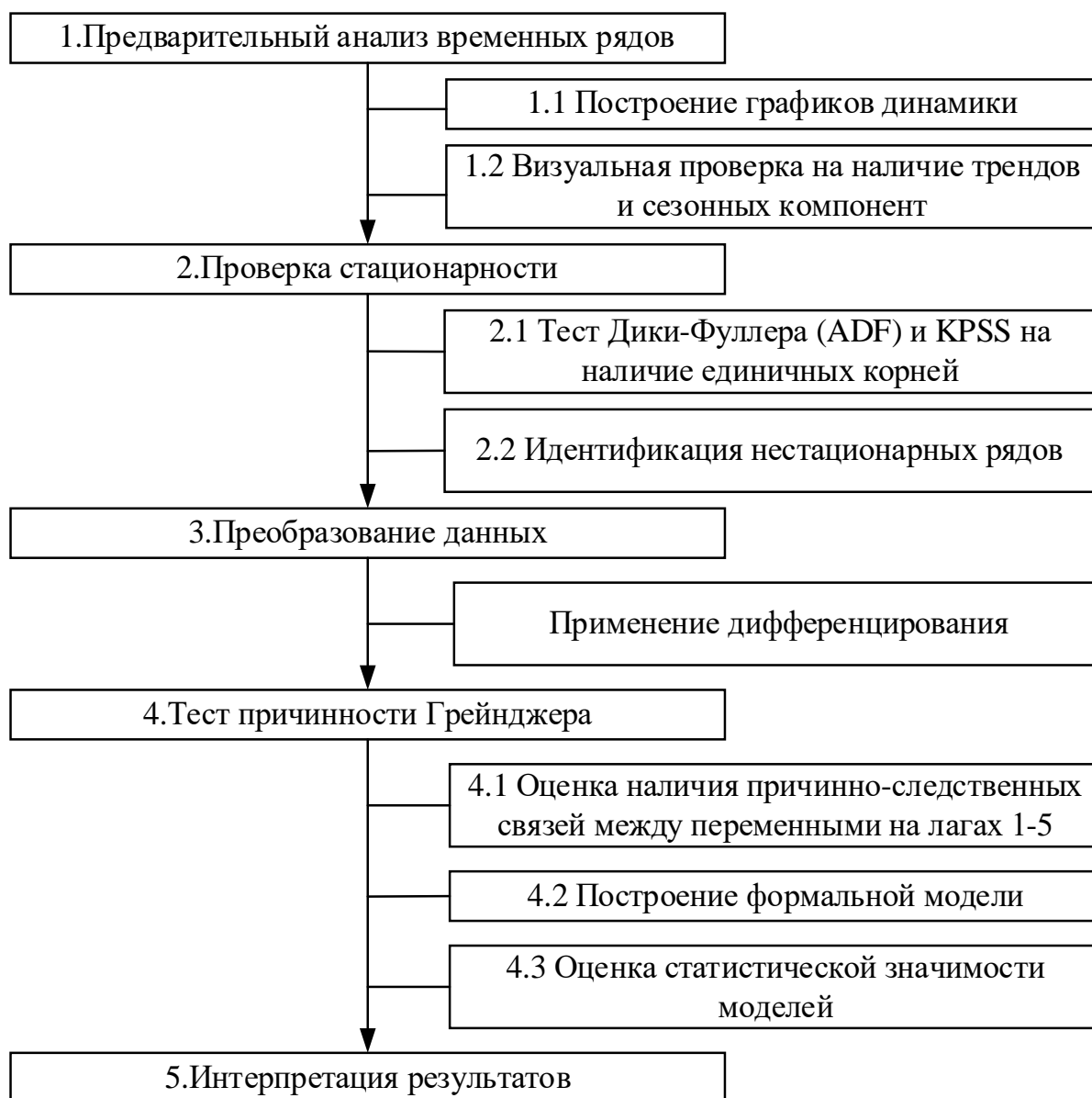


Рисунок 2.21 – Методологический подход к статистическому анализу взаимосвязей между производством стали и основными макроэкономическими индикаторами

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Применение данного методологического подхода позволило в ходе диссертационного исследования выявить направленность и устойчивость взаимосвязей между реальным производственным сектором и агрегированными макроэкономическими показателями.

Все расчеты выполнены в среде Wolfram Mathematica 13.3.0. Реализация осуществлялась на основе программы для ЭВМ (Свидетельство о государственной регистрации № 2025680128 «Программа для расчета теста причинности

Грейнджера», А.А. Курилова, Л.Д. Савенков). В исследовании были использованы годовые данные по мировому производству стали (в млн тонн) с сайта Всемирной ассоциации стали [153] и мировому ВВП (в долларах, агрегированно) с сайта Всемирного банка [154] за период с 2000 по 2023 год. Использование показателя ВВП на душу населения (GDP per capita, current US\$) [155] представляется менее релевантным для целей данного анализа, поскольку он характеризует уровень экономического благосостояния в расчете на одного человека и зависит от демографических факторов. Данный показатель целесообразен при исследовании уровня жизни или производительности, однако при анализе глобальных производственных и инвестиционных процессов, определяющих спрос на металлопродукцию, предпочтительным является использование агрегированного объема ВВП.

Как показано ранее (разд. 2.1), объемы мирового производства стали варьируются в диапазоне 850–1 890 млн тонн, иллюстрируя устойчивый рост до 2013 года, после чего наблюдаются колебания с признаками стагнации.

Динамика мирового ВВП (рисунок 2.22) характеризуется ростом с 33 898 млрд долл. США в 2000 году до 106 741 млрд долл. США в 2023 году при наличии краткосрочных спадов в периоды глобальных кризисов.

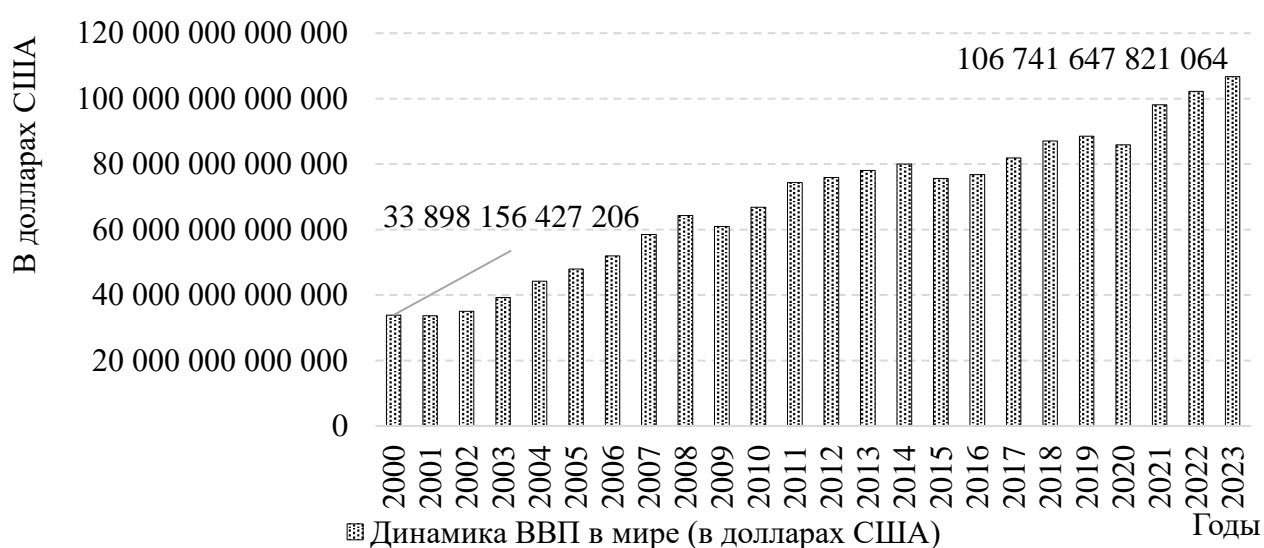


Рисунок 2.22 – Динамика мирового ВВП с 2000 по 2023 г.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [155].

Для оценки стационарности временных рядов применены тесты ADF и KPSS.

Результаты ADF-теста (таблицы 2.2 и 2.3) показывают:

- для мирового ВВП р-значения находятся в диапазоне 0,997–0,999 при всех порядках лагов, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу о наличии единичного корня;
- для мирового производства стали значения р варьируются от 0,003 до 0,866 в зависимости от лага, что указывает на нестабильность выводов и отсутствие устойчивой стационарности на уровне ряда.

Ряд ВВП является явно нестационарным, а ряд производства стали обладает признаками нестационарности.

Таблица 2.2 – Результаты теста Дики – Фуллера для показателей ВВП в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,998
2	0,999
3	0,999
4	0,998
5	0,998
6	0,997

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 2.3 – Результаты теста Дики – Фуллера для показателей объемов производства стали в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,501
2	0,061
3	0,342
4	0,003
5	0,343
6	0,866

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста KPSS (таблицы 2.4 и 2.5) подтверждают полученные выводы. Значения статистики на 1–3 лагах превышают критические значения уровня значимости 5%. На более высоких лагах значения снижаются, однако не формируют устойчивого подтверждения стационарности.

Таблица 2.4 – Результаты KPSS теста для показателей объемов производства стали в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,289
2	0,191
3	0,169
4	0,161
5	0,161
6	0,164
7	0,161
8	0,154
9	0,149
10	0,151
11	0,159

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 2.5 – Результаты KPSS-теста для показателей ВВП в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,251
2	0,157
3	0,128
4	0,113
5	0,105
6	0,103
7	0,105
8	0,112
9	0,123
10	0,140
11	0,163

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В связи с выявленной нестационарностью временных рядов для корректного применения теста причинности по Грейнджеру было выполнено их преобразование путем взятия первых разностей, что позволило привести данные к стационарному виду.

Результаты теста причинности по Грейнджеру для первых разностей мирового ВВП и мирового производства стали представлены в таблицах 2.6 и 2.7.

Таблица 2.6 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали в мире и мирового ВВП

Порядок лага	р-значение
1	0,277
2	0,358
3	0,604
4	0,800
5	0,802

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученные р-значения при проверке гипотезы о влиянии изменений мирового ВВП на изменения объемов производства стали превышают уровень значимости 0,05 при всех рассматриваемых лагах (от 1 до 5). Нулевая гипотеза об отсутствии причинной зависимости не отвергается, следовательно, статистически значимого прогностического влияния изменений мирового ВВП на динамику производства стали выявлено не было.

В процессе проверки альтернативной гипотезы, касающейся воздействия колебаний объемов стального производства на изменения мирового ВВП, была выявлена статистическая значимость на первом и втором лагах ($p = 0,010$ и $p = 0,035$ соответственно). При увеличении числа лагов значимость исчезает ($p > 0,05$), что подтверждает отсутствие устойчивой причинной зависимости, а также краткосрочном и нестабильном характере выявленной связи.

Таблица 2.7 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей мирового ВВП и объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,010
2	0,035
3	0,091
4	0,187
5	0,537

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты регрессионного анализа, лежащего в основе теста Грейнджера, представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Результаты регрессионного анализа с применением теста причинности Грейнджера по лагам для первых разностей мирового ВВП и объема мирового производства стали

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	p-значение
1	{65,544; 0,467; $-1,307 \cdot 10^{-11}$ }	{17,042; 0,247; $4,537 \cdot 10^{-12}$ }	0,010
2	{61,177; 0,611; $-0,576$; $-1,240 \cdot 10^{-11}$; $8,659 \cdot 10^{-12}$ }	{22,993; 0,287; 0,326; $4,758 \cdot 10^{-12}$; $5,992 \cdot 10^{-12}$ }	0,035
3	{76,846; 0,601; $-0,591$; $-0,242$; $-1,383 \cdot 10^{-11}$; $9,353 \cdot 10^{-12}$; $4,501 \cdot 10^{-13}$ }	{31,848; 0,350; 0,363; 0,455; $5,762 \cdot 10^{-12}$; $6,543 \cdot 10^{-12}$; $9,291 \cdot 10^{-12}$ }	0,091
4	{101,796; 0,347; $-0,576$; $-0,628$; $-0,292$; $-1,070 \cdot 10^{-11}$; $6,977 \cdot 10^{-12}$; $1,052 \cdot 10^{-11}$; $-3,442 \cdot 10^{-12}$ }	{41,216; 0,402; 0,400; 0,542; 0,490; $6,241 \cdot 10^{-12}$; $7,206 \cdot 10^{-12}$; $1,159 \cdot 10^{-11}$; $9,523 \cdot 10^{-12}$ }	0,188
5	{118,118; 0,172; $-0,632$; $-0,713$; $-0,515$; $-0,234$; $-9,133 \cdot 10^{-12}$; $6,622 \cdot 10^{-12}$; $1,115 \cdot 10^{-11}$; $2,190 \cdot 10^{-12}$; $1,172 \cdot 10^{-13}$ }	{61,909; 0,550; 0,486; 0,642; 0,730; 0,600; $7,835 \cdot 10^{-12}$; $8,383 \cdot 10^{-12}$; $1,371 \cdot 10^{-11}$; $1,477 \cdot 10^{-11}$; $1,140 \cdot 10^{-11}$ }	0,537
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.			

Предпочтительной является модель с лагом первого порядка, поскольку она характеризуется меньшим числом параметров и более низкими стандартными ошибками оценок, что повышает ее интерпретируемость и снижает риск переобучения при ограниченном объеме выборки.

Полученная регрессионная модель, описывающая зависимость первых разностей объемов мирового производства стали от первого приращения (разности) ВВП в мире, имеет вид:

$$\Delta Steel_t = 65,544 + 0,467 * \Delta GDPpc_t - 1,307 * 10^{-11} * \Delta GDPpc_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (2.1)$$

где

$\Delta Steel_t$ – первая разность объемов мирового производства стали в момент t ;

$\Delta GDPpc_t$ – первая разность мирового ВВП в момент времени t ($\Delta GDPpc_t = GDPpc_t - GDPpc_{t-1}$);

$\Delta GDPpc_{t-1}$ – первая разность мирового ВВП в предыдущем периоде (лаг 1);

ε_t – случайная ошибка модели.

Экономическая интерпретация модели указывает на наличие краткосрочной взаимосвязи между динамикой экономической активности и изменениями объемов производства стали. Однако полученные результаты не подтверждают

существование устойчивой долгосрочной направленной зависимости между рассматриваемыми показателями.

Снижение чувствительности между динамикой производства стали и мировым ВВП в долгосрочной перспективе является результатом структурной трансформации глобальной экономики – переход от индустриальной модели к постиндустриальной, когда сырьевые и базовые промышленные отрасли утрачивают основную роль в формировании макроэкономических показателей. Возрастающее значение сектора услуг, финансовых рынков и цифровой экономики приводит к ослаблению прямой зависимости агрегированного ВВП от динамики базовых индустриальных производств.

Далее была протестирована гипотеза о наличии статистически значимой взаимосвязи между объемом производства стали в Российской Федерации (млн тонн) и величиной валового внутреннего продукта Российской Федерации (в долларах США) за период 2000–2023 годов.

Динамика ВВП России представлена на рисунке 2.23. В 2000 году показатель составлял 259,7 млрд долл. США, после чего наблюдался устойчивый рост с выраженными пиками в 2008, 2013 и 2022 годах. Максимальные значения – свыше 2291 млрд долларов США – были зафиксированы в 2013 и в 2022 годах. Колебания показателя отражают влияние внешнеэкономической конъюнктуры, сырьевой зависимости и валютных факторов.

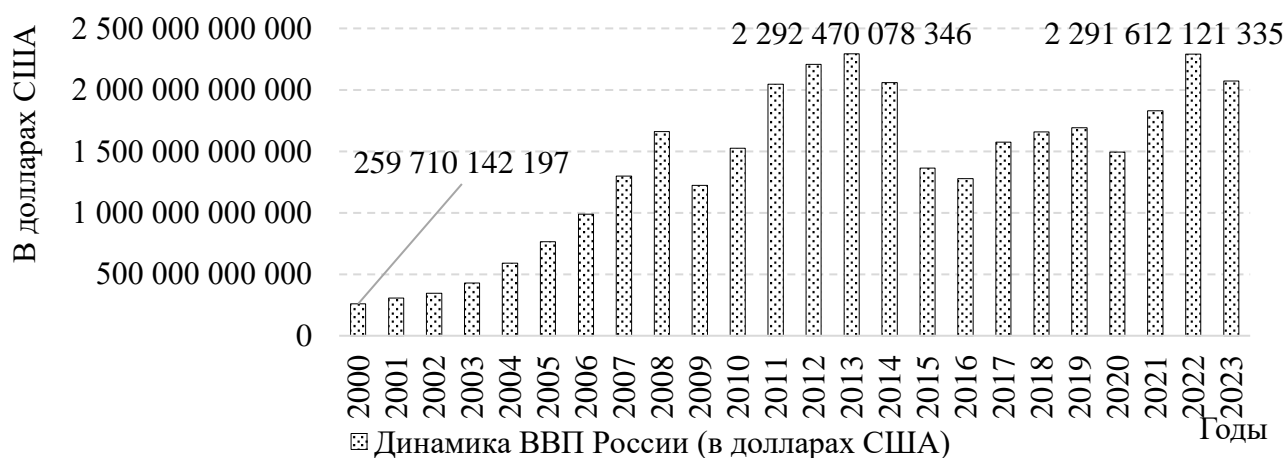


Рисунок 2.23 – Динамика ВВП России с 2000 по 2023 г.

Примечание – Составлено автором на основании данных World bank [155].

Результаты теста Дики–Фуллера для ряда показателей объема производства стали в России (таблица 2.9) позволили обнаружить неоднозначные результаты. При втором, третьем и четвертом порядках лагов наблюдаются статистически значимые результаты ($p < 0,05$). При увеличении числа лагов значения p достигают единицы, подтверждая необходимость учета трендовой компоненты.

Таблица 2.9 – Результаты теста Дики – Фуллера для показателей объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,050
2	0,007
3	$8,4 \cdot 10^{-9}$
4	$6,9 \cdot 10^{-16}$
5	1,000
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста ADF для ряда ВВП России (таблица 2.10) преимущественно указывают на нестационарность ($p > 0,05$), за исключением спецификации с шестым лагом. Однако единичный статистически значимый результат при высоком лаге не подтверждает устойчивую стационарность ряда.

Таблица 2.10 – Результаты теста Дики-Фуллера для показателей ВВП России

Порядок лага	р-значение
1	0,708
2	0,291
3	0,693
4	0,326
5	0,455
6	$4,79 \cdot 10^{-12}$

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Дополнительная проверка с использованием теста KPSS (таблицы 2.11 и 2.12) подтверждает вывод о нестационарности обоих временных рядов. Значения статистики превышают критические уровни на большинстве лагов, что указывает на отклонение от гипотезы стационарности.

Ряды показателей производства стали в России и ВВП России рассматриваются как интегрированные первого порядка и требуют перехода к первым разностям для корректного применения теста причинности по Грейнджеру.

Таблица 2.11 – Результаты теста KPSS для показателей объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,104
2	0,082
3	0,079
4	0,085
5	0,093
6	0,109
7	0,128
8	0,144
9	0,164
10	0,181
11	0,196

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 2.12 – Результаты теста KPSS для показателей ВВП России

Порядок лага	р-значение
1	0,367
2	0,212
3	0,163
4	0,140
5	0,128
6	0,122
7	0,121
8	0,123
9	0,131
10	0,142
11	0,157

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Тест причинности был проведен для первых разностей показателей при лагах от 1 до 5. Результаты проверки гипотезы о влиянии изменений объемов производства стали в России на изменения ВВП России представлены в таблице 2.13.

Во всех случаях полученные р-значения превышают уровень значимости 0,05. Минимальное значение наблюдается при лаге первого порядка ($p = 0,208$), однако оно также не является статистически значимым. Следовательно, оснований

для отклонения нулевой гипотезы об отсутствии грейнджеровской причинности не имеется [131]. Статистически значимая предсказательная зависимость изменений ВВП России от динамики производства стали в рассматриваемом периоде не выявлена.

Таблица 2.13 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей ВВП России и объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,208
2	0,622
3	0,861
4	0,961
5	0,967

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Наименьшее значение р-уровня наблюдается при лаге первого порядка ($p = 0,102$), однако оно превышает стандартный уровень статистической значимости ($p > 0,05$). Следовательно, оснований для отклонения нулевой гипотезы об отсутствии грейнджеровской причинности не имеется. Статистически значимая предсказательная зависимость между изменениями объемов производства стали в России и изменениями ВВП России на рассматриваемых лагах не выявлена. Результаты представлены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали в России и ВВП России

Порядок лага	р-значение
1	0,102
2	0,650
3	0,775
4	0,807
5	0,850

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Ни гипотеза о влиянии динамики производства стали на ВВП России, ни гипотеза о влиянии динамики ВВП на производство стали не подтверждаются тестами причинности по Грейнджеру при рассматриваемых лагах.

Отсутствие выявленной зависимости может быть обусловлено рядом структурных особенностей российской экономики. Во-первых, динамика ВВП России в значительной степени определяется факторами, не связанными непосредственно с выпуском стали: ценовой конъюнктурой на энергоносители, валютным курсом, инфляционными шоками, бюджетной и денежно-кредитной политикой, а также изменениями в потребительском спросе. Во-вторых, несмотря на экспортную важность металлургической отрасли, ее вклад в совокупный объем добавленной стоимости недостаточен для формирования статистически устойчивого эффекта на агрегированный показатель ВВП, который отражает результаты деятельности всех секторов экономики. В-третьих, производство стали в России во многом ориентировано на внешние рынки. Соответственно, его динамика определяется мировой конъюнктурой, строительными циклами и логистическими ограничениями, что не всегда синхронизируется с внутренней макроэкономической динамикой. Результаты тестирования подтверждают отсутствие устойчивой краткосрочной направленной зависимости между агрегированным ВВП России и производством стали.

Дополнительно был проведен анализ взаимосвязи между объемами мирового производства стали и долей населения мира, имеющего доступ к электроэнергии (%), по данным Всемирного банка [156].

Несмотря на ожидаемую взаимосвязь (расширение инфраструктуры требует металлоемкой продукции), анализ временных рядов показывает структурную независимость этих процессов.

На рисунке 2.24 представлена динамика показателя глобального уровня электрификации населения за 2000–2023 годы.

В 2000 году доля населения с доступом к электроэнергии составляла 78,22 %. В 2001–2003 годах показатель устойчиво увеличился до 79,96 %. В 2005–2007 годах уровень электрификации вырос с 80,7 % до 81,97 % за счет расширения энергетической инфраструктуры в развивающихся странах.

В 2008–2011 годах показатель увеличился с 82,67 % до 84,51 %. В 2012–2015 годах он достиг 86,92 % (с 84,94 %), имея постоянный ежегодный прирост. В 2016–

2019 годах темпы роста ускорились: уровень электрификации составил 88,93 % в 2017 году и 90,11 % в 2019 году, что связано с реализацией глобальных программ устойчивого развития и инициатив по обеспечению доступа к энергии.

В 2020–2023 годах прирост замедлился, однако положительная динамика сохранилась: показатель достиг 91,6 % к 2023 году. В то же время динамика мирового производства стали характеризуется иными фазами роста и стагнации, что указывает на отсутствие синхронности между расширением электроснабжения и объемами производства стали.

Полученные результаты показывают, что в условиях зрелой глобальной экономики базовые инфраструктурные процессы уже не выступают основным фактором спроса на сталь в мировом масштабе.

На рисунке 2.24 представлена динамика доли населения мира, имеющего доступ к электроэнергии (% от населения), с 2000 по 2023 год.



Рисунок 2.24 – Динамика доли населения мира, имеющего доступ к электроэнергии (% от населения), с 2000 по 2023 г.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [156].

Результаты теста Дики – Фуллера для временного ряда доли населения мира, имеющего доступ к электроэнергии, не подтверждают его устойчивую стационарность (таблица 2.15). В большинстве спецификаций р-значения

превышают уровень значимости 0,05, вследствие чего нулевая гипотеза о наличии единичного корня не отвергается. Статистически значимый результат при пятом лаге носит эпизодический характер и не формирует устойчивого вывода о стационарности ряда.

Таблица 2.15 – Результаты ADF-теста для показателей доли населения мира с доступом к электроэнергии

Порядок лага	р-значение
1	0,236
2	0,342
3	0,282
4	1
5	$8,589 \cdot 10^{-12}$
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Тест KPSS подтверждает полученные результаты. Значения статистики на малых лагах (например, 0,224 при лаге 1) превышают критические значения уровня значимости 5 %, что указывает на отклонение от гипотезы стационарности.

При увеличении числа лагов значения снижаются, однако остаются на уровнях, не позволяющих уверенно утверждать стационарность временного ряда (таблица 2.16).

Таблица 2.16 – Результаты теста KPSS для показателей доли населения мира с доступом к электроэнергии

Порядок лага	р-значение
1	0,224
2	0,147
3	0,120
4	0,106
5	0,101
6	0,102
7	0,106
8	0,114
9	0,125
10	0,139
11	0,158

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Ряд показателей доли населения мира с доступом к электроэнергии рассматривается как интегрированный первого порядка и требует перехода к первым разностям для проведения анализа причинности.

После дифференцирования временных рядов был проведен тест причинности по Грейнджеру на лагах от 1 до 5 в обоих направлениях.

Результаты проверки гипотезы о влиянии изменений объемов производства стали на изменения доли населения мира с доступом к электроэнергии (таблица 2.17) показывают, что все р-значения значительно превышают уровень значимости 0,05. Следовательно, нулевая гипотеза об отсутствии грейнджеровской причинности не отвергается.

Таблица 2.17 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объема производства стали и доли населения мира с доступом к электроэнергии

Порядок лага	р-значение
1	0,360
2	0,418
3	0,686
4	0,677
5	0,963

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Аналогичные результаты получены при проверке обратной зависимости (таблица 2.18). Ни при одном из рассматриваемых лагов не выявлено статистически значимой предсказательной связи.

Таблица 2.18 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей доли населения мира с доступом к электроэнергии и мирового объема производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,306
2	0,628
3	0,170
4	0,330
5	0,520

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Проведенный анализ не обнаружил направленной зависимости между динамикой мирового производства стали и динамикой уровня глобальной электрификации населения.

Несмотря на кажущуюся логическую взаимосвязь (развитие инфраструктуры требует металлоемкой продукции), статистический анализ выявил отсутствие устойчивой предсказательной зависимости. Данный результат может быть объяснен несколькими факторами.

Во-первых, современный этап электрификации в развивающихся странах часто реализуется посредством энергетических решений – солнечных панелей, автономных установок и микроэнергосетей, – которые характеризуются значительно меньшей металлоемкостью по сравнению с традиционными централизованными энергетическими проектами. Во-вторых, мировое производство стали определяется преимущественно глобальными инвестиционными циклами в строительстве, транспортной инфраструктуре, машиностроении и тяжелой промышленности, а также структурными изменениями в крупнейших экономиках (Китай, Индия). Бытовой уровень доступа к электроэнергии не является основным фактором совокупного спроса на сталь. В-третьих, доля электрифицированного населения в мире приближается к насыщению (более 91 %), что означает снижение вариативности показателя и ограничение его способности выступать фактором динамических изменений промышленного производства.

Аналогичный анализ, проведенный для временных рядов объемов производства стали в Российской Федерации и уровня электрификации населения России за 2000–2023 годы, также не выявил статистически значимой взаимосвязи между показателями. Несмотря на визуальную устойчивость и логическую связь данных процессов, статистическая проверка подтверждает их структурную независимость в рассматриваемом периоде.

Рисунок 2.25 иллюстрирует динамику уровня электрификации населения Российской Федерации в 2000–2023 годах.



Рисунок 2.25 – Динамика доли населения России с доступом к электроэнергии (% от населения)

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [156].

Рисунок 2.25 отражает динамику доли населения России с доступом к электроэнергии в 2000–2023 годах. В течение всего рассматриваемого периода показатель сохранялся на высоком уровне. В начале 2000-х годов он варьировался в диапазоне 97,8–98,0 %, после чего наблюдался постепенный рост. К 2010 году уровень электрификации превысил 98 %, а в 2012–2014 годах достиг значений, близких к 100 %, что указывает на практически полный охват населения электроэнергетической инфраструктурой.

Единственное сильное отклонение фиксируется в 2015 году, когда показатель снизился до 95,5 %. Однако уже в 2016 году произошло восстановление до уровня выше 99 %, и в последующие годы значения сохранились вблизи 100 %. В 2017–2023 годах колебания показателя минимальны и не выходят за пределы 99,8–100 % в связи с завершенностью процесса электрификации и высокой устойчивостью показателей достигнутого уровня.

Результаты ADF-теста для показателя доли населения России с доступом к электроэнергии (таблица 2.19) выявили, что при первых трех лагах p -значения статистически значимые, но с четвертого лага p -значения равны единице. Такая

чувствительность указывает на смешанные свойства ряда и возможное наличие структурного разрыва (вероятно, связанного с 2015 годом).

Таблица 2.19 – Результаты ADF-теста для показателя доли населения России с доступом к электроэнергии

Порядок лага	р-значение
1	0,004
2	$9,64952 \cdot 10^{-6}$
3	$5,141 \cdot 10^{-17}$
4	1,000
5	1,000
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста KPSS (таблица 2.20) показывают, что при малых лагах значения статистики близки к критическим уровням ($p \approx 0,039-0,047$), что не дает оснований уверенно утверждать стационарность ряда. При увеличении порядка лага р-значения возрастают (до 0,248 на одиннадцатом лаге), что подтверждает нестабильность характеристик ряда.

Таблица 2.20 – Результаты теста KPSS для показателя доли населения России с доступом к электроэнергии

Порядок лага	р-значение
1	0,039
2	0,040
3	0,047
4	0,062
5	0,079
6	0,107
7	0,141
8	0,177
9	0,104
10	0,229
11	0,248

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

При проверке гипотезы о влиянии показателей объемов производства стали в России на показатели доли населения с доступом к электроэнергии (таблица 2.21), полученные р-значения во всех случаях превышают стандартный уровень значимости 0,05.

Таблица 2.21 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и доли населения России с доступом к электроэнергии

Порядок лага	р-значение
1	0,173
2	0,240
3	0,553
4	0,678
5	0,698

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Следовательно, нулевая гипотеза об отсутствии грейнджеровской причинности не отвергается. Статистически значимых доказательств того, что динамика производства стали в России оказывает предсказательное влияние на уровень электрификации населения, не выявлено.

Проверка влияния первых разностей показателей доли населения России с доступом к электроэнергии на первые разности показателей производства стали в России выявила р-значения, представленные в таблице 2.22.

Все полученные значения превышают уровень значимости 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской причинности. Следовательно, статистически значимой предсказательной зависимости в обратном направлении также не выявлено.

Таблица 2.22 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей доли населения России с доступом к электроэнергии и объема производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,316
2	0,662
3	0,711
4	0,618
5	0,683

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Несмотря на логичную гипотезу о том, что расширение доступа к электроэнергии может сопровождаться развитием инфраструктуры и, как следствие, ростом спроса на сталь, эмпирические данные такую зависимость в России не подтверждают. Это объясняется рядом факторов.

Во-первых, уровень электрификации в России уже к началу рассматриваемого периода был предельно высоким и оставался практически неизменным.

Во-вторых, производство стали в России в большей степени определяется внешним спросом, экспортной конъюнктурой, динамикой мировых цен и макроэкономическими условиями, чем внутренними инфраструктурными показателями.

В-третьих, электрификация в России представляет собой завершённый и инерционный процесс, не формирующий дополнительных инвестиционных циклов, способных значительно влиять на динамику производства стали. Выявлено, что производство стали и уровень электрификации населения в России в 2000–2023 гг. являются структурно независимыми процессами.

Далее был проведен анализ взаимосвязи между объемом мирового производства стали и долей валового накопления основного капитала в ВВП (Gross Capital Formation, % of GDP) по данным Всемирного банка [157]. Рисунок 2.26 иллюстрирует динамику данного показателя за 2000–2023 гг.

В 2000 году доля валового накопления составляла 24,46%, после чего наблюдалось небольшое снижение до 23,03 % в 2002 году. В период до 2008 года показатель колебался в диапазоне 23–24 %. В 2008 году был зафиксирован пик – 25,38 %. Несмотря на мировой финансовый кризис, доля инвестиций в ВВП оставалась относительно высокой и в 2009–2011 годах и сохранялась на уровне около 25 %.

Начиная с 2012 года прослеживается умеренная восходящая тенденция, достигшая 27,41 % в 2022 году, с последующим незначительным снижением до 26,53 % в 2023 году.



Рисунок 2.26 – Динамика доли валового накопления основного капитала в ВВП в мире с 2000 по 2023 г.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [157].

При лагах 1–3 р-значения результатов ADF-теста (таблица 2.23) находятся ниже уровня значимости 0,05, что позволяет отвергнуть гипотезу о наличии единичного корня. Однако, начиная с четвертого лага р-значения равны 1,0, что указывает на чувствительность теста к спецификации лаговой структуры и неустойчивость полученных результатов. Тем самым проявляются неоднозначные свойства ряда и потенциальное наличие структурных сдвигов.

Таблица 2.23 – Результаты ADF-теста для показателя доли валового накопления основного капитала в ВВП в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,025
2	$1,004 \cdot 10^{-8}$
3	$1,037 \cdot 10^{-16}$
4	1,000
5	1,000
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста KPSS (таблица 2.24) также указывают на проблемы со стационарностью. При 1–3 лагах значения близки к критическим уровням (0,040–0,047), а начиная с четвертого лага значения статистики превышают критическое на уровне 5 %, подтверждая нестационарность ряда.

Таблица 2.24 – Результаты теста KPSS для показателя доли валового накопления основного капитала в ВВП в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,046
2	0,040
3	0,047
4	0,064
5	0,093
6	0,164
7	0,248
8	0,195
9	0,155
10	0,168
11	0,195

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В совокупности результаты двух тестов указывают на отсутствие устойчивой стационарности временного ряда доли валового накопления основного капитала в мировом ВВП и необходимость его преобразования (перехода к первым разностям) для корректного применения теста причинности по Грейнджеру.

Анализ причинно-следственной связи между первыми разностями показателей «Объемы производства стали в мире» и «Валовое накопление основного капитала (GCF, % от ВВП)» с использованием теста Грейнджера при лагах от 1 до 5 дал результаты, представленные в таблице 2.25.

Таблица 2.25 – Результаты теста Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и валового накопления основного капитала (GCF, % от ВВП)

Порядок лага	р-значение
1	0,000
2	0,001
3	0,026
4	0,155
5	0,352

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученные результаты указывают на статистически значимую грейнджеровскую причинность на лагах 1–3 ($p < 0,05$). Изменения в объеме мирового производства стали предшествуют и статистически объясняют краткосрочную динамику валового накопления капитала.

Проверка наличия обратной причинной связи ($GCF \rightarrow$ объемы производства стали) дала p -значения, представленные в таблице 2.26.

Таблица 2.26 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей показателей валового накопления основного капитала (GCF, % от ВВП) и объемов производства стали

Порядок лага	p -значение
1	0,002
2	0,023
3	0,114
4	0,231
5	0,300

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В данном случае статистически значимая зависимость выявлена на лагах 1–2, что показывает, что между переменными наблюдается двунаправленная краткосрочная грейнджеровская причинность.

Согласно результатам регрессионного анализа (таблица 2.27), статистически значимой является модель с лагом 1 ($p = 0,022$). Регрессионные модели на следующих лагах показывают снижение статистической значимости.

Таблица 2.27 – Результаты регрессионного анализа с применением теста причинности Грейнджера по лагам для первых разностей объема мирового производства стали и валового накопления основного капитала (GCF, % от ВВП)

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	p -значение
1	{-0,120; -0,594; 0,007}	{0,168; 0,294; 0,003}	0,022
2	{0,095; -0,651; 0,105; 0,007; -0,003}	{0,219; 0,310; 0,393; 0,003; 0,004}	0,093
3	{0,142; -0,879; 0,022; -0,345; 0,008; -0,004; 0,001}	{0,270; 0,348; 0,425; 0,395; 0,003; 0,004; 0,004}	0,132
4	{0,200; -0,960; -0,004; -0,212; -0,358; 0,008; -0,004; -0,001; 0,001}	{0,374; 0,397; 0,565; 0,460; 0,456; 0,003; 0,005; 0,005; 0,005}	0,263
5	{0,227; -0,933; -0,243; -0,449; -0,242; -0,851; 0,006; -0,003; 0,001; -0,003; 0,007}	{0,493; 0,425; 0,704; 0,582; 0,498; 0,536; 0,005; 0,006; 0,006; 0,006; 0,005}	0,671

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученная модель может быть записана следующим образом:

$$\Delta GCF_t = -0,120 - 0,594 * \Delta Steel_t + 0,007 * \Delta Steel_{t-1} + \epsilon_t, \quad (2.2)$$

где ΔGCF_t – первая разность валового накопления основного капитала (GCF, % от ВВП);

$\Delta Steel_t$ – первая разность объемов мирового производства стали в момент t ;

$\Delta Steel_{t-1}$ – первая разность объемов мирового производства стали в предыдущем периоде (лаг 1);

ϵ_t – случайная ошибка модели.

Статистическая значимость модели на первом лаге указывает на краткосрочную взаимосвязь между инвестиционной активностью и динамикой производства стали.

Аналогичный анализ (таблица 2.28) показывает, что модель с лагом 1 также является статистически значимой ($p = 0,020$).

Таблица 2.28 – Результаты регрессионного анализа с применением теста причинности Грейнджера по лагам для первых разностей валового накопления основного капитала (GCF, % от ВВП) и мирового производства стали

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	p-значение
1	{31,530; 0,553; -76,548}	{17,292; 0,290; 30,180}	0,020
2	{48,160; 0,527; -0,285; -73,320; 8,146}	{24,744; 0,348; 0,442; 35,064; 44,384}	0,145
3	{51,748; 0,592; -0,282; 0,060; -91,329; -0,178; -20,528}	{32,445; 0,377; 0,527; 0,481; 41,823; 51,162; 47,525}	0,222
4	{79,109; 0,660; -0,235; -0,440; 0,105; -116,248; -15,181; 9,205; -74,274}	{35,426; 0,324; 0,517; 0,462; 0,445; 37,590; 53,492; 43,608; 43,156}	0,082
5	{109,857; 0,177; -0,012; -0,377; -0,463; 0,523; -103,894; -70,318; -8,211; -50,040; -102,312}	{39,360; 0,375; 0,487; 0,457; 0,447; 0,406; 33,904; 56,200; 46,401; 39,718; 42,783}	0,062

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученная модель может быть представлена следующим образом:

$$\Delta Steel_t = 31,530 + 0,553 * \Delta GCF_t - 76,548 * \Delta GCF_{t-1} + \epsilon_t, \quad (2.3)$$

где $\Delta Steel_t$ – первая разность объемов мирового производства стали в момент t ;

ΔGCF_t – первая разность валового накопления основного капитала (GCF, % от ВВП);

ΔGCF_{t-1} – первая разность валового накопления основного капитала (GCF, % от ВВП) в предыдущем периоде (лаг 1);

ε_t – случайная ошибка модели.

Анализ результатов теста Грейнджера показывает наличие двусторонней краткосрочной зависимости между динамикой мирового производства стали и динамикой инвестиционной активности (GCF). Статистическая значимость сохраняется преимущественно на первом лаге, частично – на втором и третьем.

При увеличении числа лагов влияние утрачивает значимость, указывая на отсутствие устойчивой долгосрочной причинно-следственной связи. Рост инвестиционной активности стимулирует спрос на металлоемкую продукцию и сопровождается увеличением производства стали. В то же время рост производства стали может служить индикатором расширения производственных мощностей и инвестиционного цикла, предшествующего увеличению валового накопления капитала.

Показатели объемов производства стали и валового накопления основного капитала находятся в фазовой синхронизации в течении инвестиционного цикла и не выявляют устойчивой структурной зависимости в долгосрочном периоде.

Рассмотрим взаимосвязь между объемами производства стали в России и долей валового накопления основного капитала в ВВП (GCF, % от ВВП).

Рисунок 2.27 иллюстрирует динамику показателя доли валового накопления основного капитала в ВВП (GCF, % от ВВП) за период 2000–2023 годов. Наибольшие значения показателя наблюдаются в 2008 и 2023 годах, когда показатель превышает 25 %. Минимальное значение зафиксировано в 2000 году (18,69 %). Выявлены инвестиционные циклы российской экономики, включая предкризисный подъем 2006–2008 годов, спад 2009 года, последующее восстановление и адаптацию к внешним шокам.



Рисунок 2.27 – Динамика доли валового накопления основного капитала в ВВП в России (с 2000 по 2023 г.)

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [157].

По результатам ADF-теста (таблица 2.29) на лагах 1–4 р-значения меньше 0,05. Гипотеза о наличии единичного корня отвергается. На лагах 5 и 6 р-значения превышают 0,05, что отражает чувствительность результатов к спецификации модели и нестабильность свойств ряда.

Таблица 2.29 – Результаты ADF-теста для показателя доли валового накопления основного капитала в ВВП России

Порядок лага	р-значение
1	0,005
2	$9,475 \cdot 10^{-7}$
3	$0,902 \cdot 10^{-7}$
4	0,015
5	0,065
6	0,170

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста KPSS (таблица 2.30) показывают превышение критических значений на большинстве лагов. С учетом противоположных нулевых гипотез тестов ADF и KPSS полученные результаты указывают на смешанные свойства ряда и наличие трендовой компоненты или структурных сдвигов.

Таблица 2.30 – Результаты теста KPSS для показателя доли валового накопления основного капитала в ВВП в России

Порядок лага	р-значение
1	0,098
2	0,098
3	0,119
4	0,134
5	0,128
6	0,121
7	0,117
8	0,120
9	0,136
10	0,147
11	0,162

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

С учетом полученных результатов для дальнейшего анализа использованы первые разности показателей.

Проверка направленной зависимости первых разностей показателей «объем производства стали в России» → «валовое накопление основного капитала GCF (% от ВВП) России» дала следующие р-значения для лагов от 1 до 5, представленные в таблице 2.31.

Таблица 2.31 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объема производства стали в России и валового накопления основного капитала GCF (% от ВВП) России

Порядок лага	р-значение
1	0,031
2	0,043
3	0,294
4	0,474
5	0,722

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученные результаты выявляют наличие статистически значимой грейнджеровской причинности на лагах 1–2 ($p < 0,05$). При увеличении лага статистическая значимость зависимости исчезает, что указывает на краткосрочный

характер выявленной предсказательной связи. Следует отметить, что выраженность эффекта ниже по сравнению с результатами глобального анализа.

Проверка обратного направления первых разностей показателей «GCF (Россия) → объем производства стали (Россия)» показала р-значения, представленные в таблице 2.32. Во всех случаях р-значения превышают уровень значимости 0,05, что не дает оснований отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской причинности в данном направлении.

Таблица 2.32 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей показателей валового накопления основного капитала GCF и объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,117
2	0,074
3	0,149
4	0,289
5	0,417

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Во всех спецификациях р-значения превышают уровень значимости 0,05, поэтому нулевая гипотеза об отсутствии грейнджеровской причинности в направлении «GCF (Россия) → Объем производства стали» не отвергается.

В отличие от мировой выборки, где фиксировалась двусторонняя краткосрочная связь, для России выявляется асимметричная и слабая зависимость. Динамика производства стали статистически значимо предсказывает изменения GCF лишь на лагах 1–2 (см. таблицу 2.31), тогда как обратная направленность не подтверждается.

Как видно из таблицы 2.33, для всех спецификаций моделей значения р-уровня превышают 0,05, поэтому соответствующие регрессионные модели статистически незначимы. Следовательно, для данной регрессионной спецификации устойчивой предсказательной зависимости между первыми разностями рассматриваемых показателей не выявлено.

Таблица 2.33 – Результаты регрессионного анализа с применением теста причинности Грейнджера по лагам для первых разностей объемов производства стали в России и валового накопления основного капитала GCF (% от ВВП) России

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	p-значение
1	{0,190; -0,402; 0,102}	{0,447; 0,250; 0,147}	0,498
2	{0,136; -0,677; -0,752; 0,107; 0,285}	{0,424; 0,272; 0,256; 0,141; 0,163}	0,240
3	{0,186; -0,757; -1,017; -0,362; 0,031; 0,290; 0,012}	{0,445; 0,289; 0,319; 0,328; 0,144; 0,167; 0,189}	0,413
4	{0,300; -0,798; -1,167; -0,480; -0,281; 0,007; 0,288; -0,019; 0,071}	{0,531; 0,333; 0,405; 0,497; 0,386; 0,166; 0,196; 0,226; 0,210}	0,668
5	{0,432; -0,860; -1,205; -0,620; -0,297; -0,136; 0,032; 0,266; 0,006; 0,028; -0,018}	{0,672; 0,407; 0,528; 0,664; 0,714; 0,492; 0,220; 0,238; 0,294; 0,278; 0,265}	0,911

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Далее проведем анализ причинности по Грейнджеру между показателями мирового производства стали и долей экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта (по данным Всемирного банка [158]).

Динамика показателя доли экспорта руд и металлов за период 2000–2023 годов представлена на рисунке 2.28.



Рисунок 2.28 – Доля экспорта руд и металлов в структуре мирового товарного экспорта в мире (с 2000 по 2023 г.)

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [158].

В начале рассматриваемого периода доля экспорта руд и металлов составляла 3,04 % (2000 год). В 2001–2003 годах показатель снизился до 2,79–2,81 %, что отражает временное ослабление роли сырьевой группы в структуре мировой торговли.

С 2004 года наблюдается рост: в 2004–2006 годах доля увеличилась с 3,21 % до 4,11 %, а в 2007–2008 годах достигла 4,27–3,99 %. В 2009 году зафиксировано снижение до 3,49 %, что совпадает с периодом глобального финансового кризиса. В последующие годы показатель восстановился и в 2010–2011 годах увеличился до 4,26–4,43 %.

В 2012–2016 годах динамика стала более сдержанной: значения колебались в диапазоне 3,54–4,03 %, без выраженного тренда. В 2017–2020 годах наблюдается постепенное увеличение показателя до 4,28 %.

Наибольшее значение зафиксировано в 2021 году — 4,84 %, после чего в 2022–2023 годах показатель снизился до 4,21–4,03 % и оставался на данном уровне.

Динамика выявила цикличность мировой экономики: периоды роста доли руд и металлов совпадают с фазами расширения промышленного производства, тогда как снижение приходится на кризисные периоды и замедление глобальной экономической активности.

Результаты теста Дики – Фуллера (таблица 2.34) обнаруживают неоднозначную картину стационарности ряда доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта.

При отдельных лагах (2 и 4) р-значения оказываются ниже уровня значимости 5%, однако при других спецификациях (1, 3, 5 и 6 лаги) нулевая гипотеза о наличии единичного корня не отвергается.

Такая нестабильность результатов указывает на чувствительность теста к выбору лаговой структуры и не дает оснований для однозначного вывода о стационарности ряда на уровне.

Таблица 2.34 – Результаты ADF-теста для ряда показателей доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта

Порядок лага	р-значение
1	0,412
2	0,042
3	0,293
4	0,006
5	1,000
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Отсутствие устойчивой стационарности ряда подтверждается результатами теста KPSS (таблица 2.35). Уже на первом лаге значение статистики составляет 0,223, что превышает критический уровень значимости 5 %.

Таблица 2.35 – Результаты теста KPSS для ряда показателей доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта

Порядок лага	р-значение
1	0,223
2	0,141
3	0,119
4	0,110
5	0,105
6	0,106
7	0,110
8	0,117
9	0,130
10	0,147
11	0,169

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В связи с противоречивыми результатами тестов ADF и KPSS для дальнейшего анализа используются первые разности временных рядов.

Результаты теста Грейнджера для оценки направленного влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности доли экспорта руд и металлов (таблица 2.36) показывают, что на всех лагах р-значения превышают уровень значимости 0,05.

Таблица 2.36 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта

Порядок лага	р-значение
1	0,410
2	0,445
3	0,707
4	0,797
5	0,518

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Статистически значимая грейнджеровская причинность в данном направлении не выявлена. Иными словами, изменения объемов мирового производства стали не оказывают предсказательного воздействия на динамику доли руд и металлов в структуре мирового экспорта.

Структура мирового товарного экспорта определяется более широкими факторами – ценовой конъюнктурой сырьевых рынков, валютной динамикой, торговой политикой и структурой глобального спроса, – а не непосредственно динамикой производства стали.

Аналогичные результаты были получены при проверке гипотезы о наличии направленного влияния доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта на объем производства стали. Значения р-уровня при лагах 1–5 представлены в таблице 2.37.

Таблица 2.37 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта и объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,834
2	0,635
3	0,851
4	0,738
5	0,712

Примечание – Составлено автором в процессе исследования

Во всех случаях р-значения превышают уровень значимости 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской

причинности. Статистически значимая взаимосвязь в данном направлении также не выявлена.

Рисунок 2.29 отображает динамику доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта России за период 2000–2023 годов.

В 2000 году показатель составлял 9,14 %. В 2001–2003 годах наблюдалось снижение до 6,79 %, в связи с сокращением удельного веса данной товарной группы в экспортной структуре. В 2004–2007 годах произошел умеренный рост показателя до 8,14 % в связи с благоприятной конъюнктурой сырьевых рынков в данный период. В 2008–2009 годах на фоне глобального финансового кризиса доля резко сократилась до 5,46 %. В 2010–2014 годах динамика носила колебательный характер с минимумом 4,58 % в 2013 году и частичным восстановлением до 5,90 % в 2014 году. В 2015–2019 годах значения показателя удерживались в диапазоне 5,66–6,17 %. Рост показателей в 2020 году (8,64 %) может быть связан с ценовой конъюнктурой сырьевых рынков. В 2021 году показатель снизился до 7,40 %. В связи с отсутствием официальных данных за 2022–2023 годы значения были экстраполированы для формирования непрерывного временного ряда.



Рисунок 2.29 – Доля экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта в России с 2000 по 2023 г.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [158].

Результаты ADF-теста (таблица 2.38) показывают, что при всех лагах р-значения превышают 0,05, что указывает на наличие единичного корня и нестационарность ряда на уровне.

Таблица 2.38 – Результаты ADF-теста для ряда показателей доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта в России

Порядок лага	р-значение
1	0,483
2	0,638
3	0,881
4	0,914
5	0,924
6	0,861

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Тест KPSS подтверждает данный вывод: на первом лаге значение статистики составляет 0,416, что превышает критический уровень значимости 5%, а на последующих лагах остается высоким (таблица 2.39).

Таблица 2.39 – Результаты теста KPSS для ряда показателей доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта в России

Порядок лага	р-значение
1	0,416
2	0,260
3	0,203
4	0,172
5	0,154
6	0,144
7	0,138
8	0,137
9	0,139
10	0,146
11	0,156

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста Грейнджера для проверки влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности доли экспорта руд и металлов представлены в таблице 2.40.

Таблица 2.40 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и доли экспорта руд и металлов в России

Порядок лага	р-значение
1	0,569
2	0,981
3	0,991
4	0,986
5	0,994
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.	

Во всех спецификациях р-значения сильно превышают 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии причинности. Изменения в производстве стали не оказывают статистически значимого предсказательного влияния на долю экспорта руд и металлов в структуре внешней торговли России.

Структура экспортной корзины формируется под воздействием более широких макроэкономических факторов – ценовой динамики сырьевых рынков, валютного курса, внешнеторговых ограничений и структуры мирового спроса.

В случае обратного направления – влияния первых разностей доли экспорта руд и металлов на объемы производства стали – были получены следующие р-значения (таблица 2.41).

Таблица 2.41 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей экспорта руд и металлов и объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,015
2	0,041
3	0,067
4	0,194
5	0,473
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.	

Подтверждена статистически значимая грейнджеровская причинность на лагах 1–2 ($p < 0,05$). При увеличении лага статистическая значимость снижается, показывая краткосрочный характер выявленной зависимости. Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 2.42.

Модель с лагом 1 характеризуется наименьшим р-значением (0,015), что указывает на ее статистическую значимость и относительную простоту по сравнению с более высокими лаговыми спецификациями.

Таблица 2.42 – Результаты регрессионного анализа с применением теста причинности Грейнджера по лагам для первых разностей доли экспорта руд и металлов в России и объема производства стали в России

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	р-значение
1	{1,116; -0,389; 1,771}	{0,692; 0,195; 0,661}	0,015
2	{0,950; -0,284; -0,089; 1,663; -0,839}	{0,780; 0,243; 0,234; 0,730; 0,817}	0,042
3	{1,114; -0,427; -0,038; -0,302; 1,547; -0,930; -0,874}	{0,805; 0,254; 0,253; 0,246; 0,739; 0,865; 0,840}	0,067
4	{0,919; -0,494; -0,108; -0,291; 0,072; 1,799; -0,669; -0,549; -0,458}	{0,963; 0,336; 0,310; 0,279; 0,291; 0,868; 1,011; 1,000; 1,152}	0,194
5	{1,197; -0,487; -0,338; -0,467; 0,094; -0,264; 1,628; -0,471; -0,271; -0,730; -0,892}	{1,131; 0,381; 0,402; 0,346; 0,334; 0,325; 0,957; 1,188; 1,126; 1,353; 1,330}	0,473

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученная регрессионная модель может быть представлена следующим образом:

$$\Delta Steel_t = 1,116 - 0,389 * \Delta Export_t + 1,771 * \Delta Export_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (2.4)$$

где $\Delta Steel_t$ – первая разность объемов производства стали в России в момент t ;
 $\Delta Export_t$ – первая разность доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта в России в момент t ;
 $\Delta Export_{t-1}$ – первая разность доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта в России в предыдущем периоде;
 ε_t – случайная ошибка модели.

При использовании лага 2 модель включает большее число параметров и характеризуется более высоким р-значением (0,041), что указывает на снижение степени статистической устойчивости по сравнению со спецификацией с лагом 1. С учетом принципа парсимонии и более высокой статистической значимости для анализа краткосрочного влияния доли экспорта руд и металлов на объемы производства стали целесообразно использовать модель (2.4) с лагом 1.

Далее проведен анализ причинности по Грейнджеру между объемами производства стали в мире и долей импорта руд и металлов в структуре мирового товарного импорта (по данным World Bank [159]).

Рисунок 2.30 отражает динамику доли импорта руд и металлов в общем объеме мирового товарного импорта за период 2000–2023 гг.

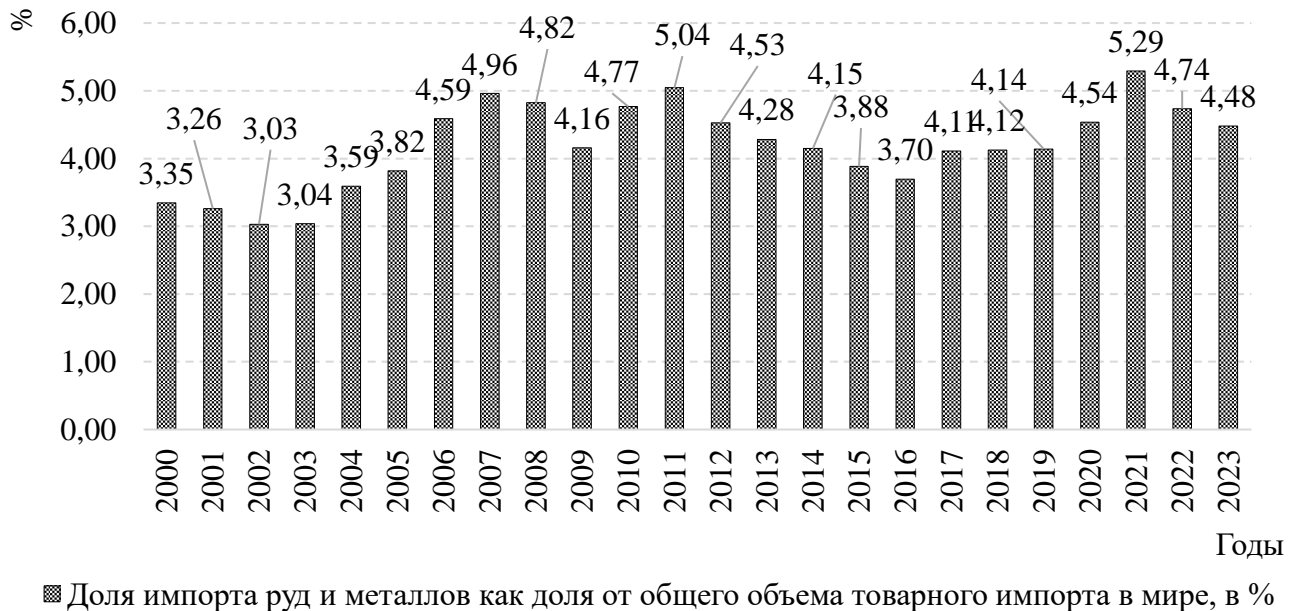


Рисунок 2.30 – Динамика доли импорта руд и металлов от общего объемов товарного импорта в мире

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [159].

В начале рассматриваемого периода показатель находился в диапазоне 3,26–3,35 %. В 2002 году зафиксировано снижение до 3,03 %, что соответствует одному из минимальных значений за весь интервал наблюдений. С 2003 года начинается устойчивый рост, и к 2008 году доля достигает 4,96 %, что совпадает с фазой активного расширения мировой промышленности.

В 2009 году на фоне глобального финансового кризиса показатель снижается до 4,16 %, однако уже в 2010 году наблюдается восстановление, а в 2014 году фиксируется локальный максимум – 5,04 %. В последующие годы доля колеблется в диапазоне 4–5 %, с пиковыми значениями в 2015 году (5,29 %) и 2020 году (4,74 %). Сохранение относительной устойчивости структуры мирового импорта подтверждается закреплением показателя к 2023 году на уровне 4,48 %.

Результаты теста ADF при лагах от 1 до 5 показали следующие р-значения, представленные в таблице 2.43.

На первом лаге р-значение (0,636) уже превышает 0,05 и указывает на наличие единичного корня и нестационарность ряда. Несмотря на снижение р-значения на одном из лагов, результаты не позволяют сделать вывод о стационарности уровня ряда.

Таблица 2.43 – Результаты теста ADF доли импорта руд и металлов в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,636
2	0,207
3	0,343
4	0,001
5	1,000
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.	

Дополнительно проведен тест KPSS, проверяющий нулевую гипотезу стационарности. Результаты которого представлены в таблице 2.44.

Таблица 2.44 – Результаты теста KPSS доли импорта руд и металлов в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,267
2	0,157
3	0,124
4	0,108
5	0,101
6	0,101
7	0,105
8	0,113
9	0,126
10	0,145
11	0,170
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.	

Значения статистики на малых лагах превышают критический уровень 5 %, что дополнительно подтверждает нестационарность ряда на уровнях. В связи с этим для дальнейшего анализа были использованы первые разности показателей.

Для оценки возможной направленной взаимосвязи между динамикой производства стали и долей импорта руд и металлов был проведен тест причинности Грейнджера при лагах 1–5 для первых разностей переменных.

Результаты проверки влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности доли импорта руд и металлов представлены в таблице 2.45.

Таблица 2.45 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и доли импорта руд и металлов в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,634
2	0,730
3	0,726
4	0,902
5	0,927

Примечание – Составлено автором в процессе исследования

Во всех спецификациях р-значения, превышающие 0,05, не позволяют отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской причинности. Следовательно, статистически значимая направленная зависимость между динамикой производства стали и долей импорта руд и металлов не выявлена. Изменения в объемах производства стали не оказывают систематического предсказательного воздействия на структуру мирового импорта руд и металлов. Вероятно, торговая структура формируется под воздействием более широких макроэкономических и ценовых факторов, тогда как динамика производства стали определяется внутренними производственными и инвестиционными процессами.

Аналогичный анализ направленного влияния первых разностей импорта руд и металлов на первые разности объемов производства стали дал результаты, представленные в таблице 2.46.

Во всех спецификациях р-значения превышают уровень значимости 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской

причинности. Следовательно, статистически значимая направленная зависимость между динамикой импорта руд и металлов и объемом производства стали в мире не выявлена [131].

Таблица 2.46 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей импорта руд и металлов и объемов производства стали в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,298
2	0,538
3	0,887
4	0,898
5	0,787

Примечание – Составлено автором в процессе исследования

Результаты тестов причинности и анализа стационарности фиксируют отсутствие между объемами производства стали и долей импорта руд и металлов в структуре мирового товарного импорта устойчивой предсказательной взаимосвязи. Несмотря на общую тенденцию к росту обоих показателей в рассматриваемый период, изменения одного из них не обладают статистически значимой способностью объяснять или прогнозировать изменения другого.

Отсутствие выявленной зависимости может быть обусловлено тем, что динамика производства стали определяется совокупностью факторов – внутренним и инвестиционным спросом, технологическими изменениями, промышленной политикой стран-производителей и глобальными производственными цепочками. В то же время структура мирового импорта руд и металлов формируется под влиянием конъюнктуры сырьевых рынков, ценовой динамики, внешнеторговых ограничений и макроэкономических циклов. Процессы не выявили прямой и синхронной связи для исследуемого временного интервала.

Следующим этапом проведен анализ взаимосвязи между объемом производства стали в России и долей импорта руд и металлов в структуре товарного импорта Российской Федерации (таблица 2.47 и 2.48).

На рисунке 2.31 отражена динамика доли импорта руд и металлов в общем объеме товарного импорта в России за период 2000–2023 гг.

В начале рассматриваемого периода показатель составлял 6,37 %, что является максимальным значением за весь анализируемый интервал. Уже к 2002 году доля сократилась до 4,78 %, после чего снижение продолжилось, достигнув минимального уровня 1,34 % в 2010–2011 годах.

С 2012 года наблюдается постепенное восстановление показателя доли импорта руд и металлов в структуре товарного импорта Российской Федерации, который достиг локального максимума 3,08 % в 2019 году. В 2020–2023 годах динамика характеризуется незначительными колебаниями вблизи 2,9 % и формированием относительно устойчивой структуры импорта по данной товарной группе.

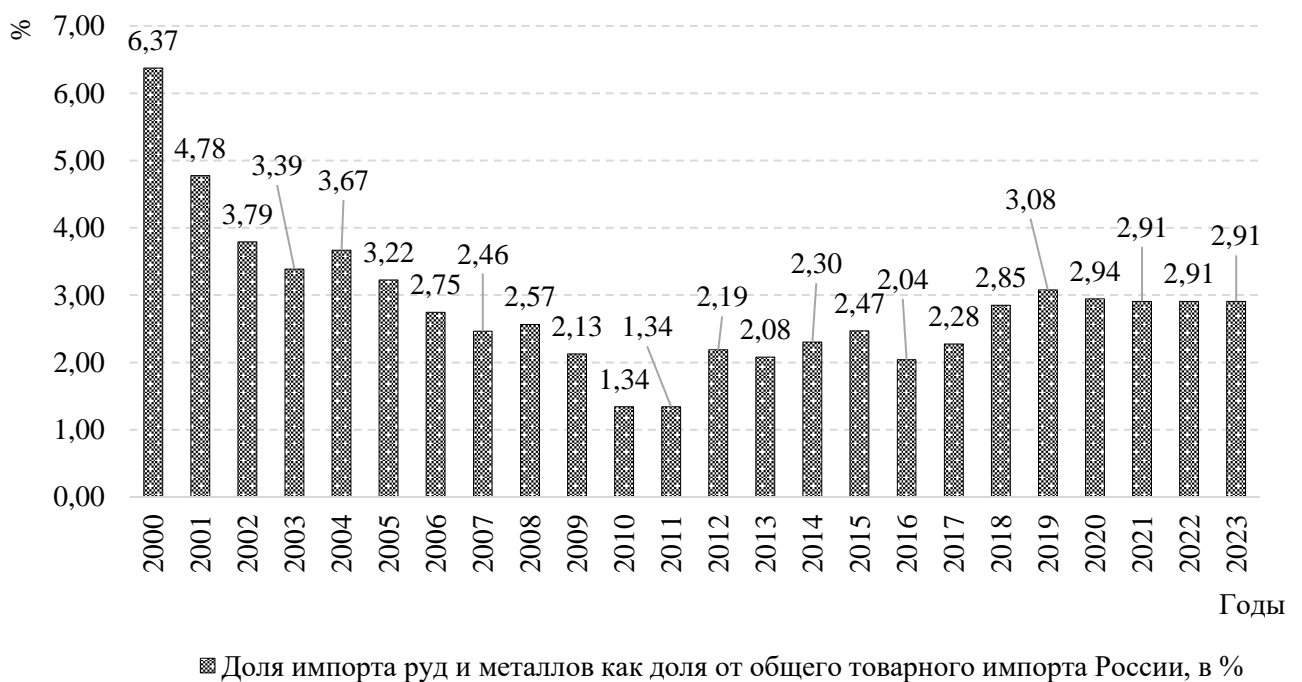


Рисунок 2.31 – Динамика доли импорта руд и металлов от общего объемов товарного импорта в России (2000–2023 гг.)

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [159].

Теста Дики–Фуллера выявил наличие единичного корня. На первом лаге р-значение составило 0,594, что превышает уровень значимости 0,05 и указывает на

нестационарность ряда. Аналогичные результаты получены и для других лаговых спецификаций (см. таблицу 2.47).

Таблица 2.47 – Результаты теста Дики – Фуллера показателей импорта руд и металлов в России

Порядок лага	р-значение
1	0,594
2	0,690
3	0,846
4	0,920
5	0,782
6	0,845

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученные результаты показывают нестационарность временного ряда доли импорта руд и металлов в России на уровнях. Аналогичные выводы были получены ранее для ряда объемов производства стали. Оба исследуемых показателя характеризуются нестационарностью и требуют приведения к стационарному виду посредством взятия первых разностей для корректности дальнейшего статистического анализа.

Результаты теста KPSS также подтверждают отсутствие стационарности на уровнях, особенно при малых лагах (см. таблицу 2.48).

Таблица 2.48 – Результаты теста KPSS показателей импорта руд и металлов в России

Порядок лага	р-значение
1	0,475
2	0,288
3	0,222
4	0,188
5	0,166
6	0,153
7	0,146
8	0,143
9	0,144
10	0,148
11	0,156

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

На первом лаге значение статистики KPSS (0,475) превышает уровень 5 %, что указывает на отклонение нулевой гипотезы о стационарности. Несмотря на постепенное снижение значений статистики при увеличении лага, ряд в целом имеет признаки нестационарности.

В связи с этим дальнейший анализ причинности осуществлялся для первых разностей исследуемых показателей.

Результаты проверки гипотезы о наличии статистически значимого влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности доли импорта руд и металлов представлены в таблице 2.49.

Таблица 2.49 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и импорта руд и металлов в России

Порядок лага	р-значение
1	0,064
2	0,187
3	0,193
4	0,311
5	0,008

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

На лагах 1–4 р-значения превышают уровень значимости 0,05, что не позволяет сделать вывод о наличии статистически значимой краткосрочной зависимости. Значение $p = 0,064$ на первом лаге приближается к пороговому уровню, однако формально не достигает статистической значимости.

Вместе с тем на пятом лаге р-значение составляет 0,008, что указывает на наличие статистически значимого отложенного эффекта. Данный результат позволяет предположить наличие среднесрочной (запаздывающей) взаимосвязи между динамикой производства стали и изменениями в структуре импорта. Однако выявленная зависимость требует дополнительной проверки на устойчивость и осторожной интерпретации с учетом экономической логики, объема выборки и особенностей лаговой структуры модели.

Аналогичный анализ направленного влияния первых разностей импорта руд и металлов на первые разности объемов производства стали представлен в таблице 2.50.

Во всех спецификациях р-значения превышают уровень значимости 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской причинности. Следовательно, статистически значимое направленное влияние импорта руд и металлов на объемы производства стали в России не выявлено [131].

Таблица 2.50 – Результаты теста Грейнджера для первых разностей импорта руд и металлов и объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,186
2	0,598
3	0,238
4	0,256
5	0,308

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В ходе анализа на базе российских показателей односторонняя зависимость проявляется только в направлении «объемы производства стали → доля импорта руд и металлов» и лишь на пятом лаге (см. таблицу 2.49).

Результаты регрессионного анализа (таблица 2.51) показывают статистическую значимость модели при лаге 5 ($p = 0,017$), предполагающую наличие запаздывающего эффекта, проявляющегося на горизонте пяти лет.

Таблица 2.51 – Результаты регрессионного анализа с применением теста причинности Грейнджера по лагам для первых разностей объема производства стали и импорта руд и металлов в России

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	р-значение
1	{-0,051; 0,355; 0,040}	{0,085; 0,155; 0,023}	0,101
2	{-0,084; 0,122; -0,005; 0,042; 0,033}	{0,091; 0,238; 0,193; 0,026; 0,029}	0,235
3	{-0,011; 0,203; -0,138; 0,147; 0,023; 0,027; -0,049}	{0,091; 0,238; 0,257; 0,186; 0,026; 0,029; 0,029}	0,187
4	{-0,006; 0,259; -0,036; 0,398; -0,051; 0,021; 0,037; -0,055; -0,013}	{0,097; 0,280; 0,275; 0,283; 0,206; 0,028; 0,030; 0,032; 0,033}	0,265
5	{0,036; 0,471; -0,326; 0,386; -0,541; 0,424; 0,051; 0,044; -0,079; 0,034; -0,027}	{0,067; 0,201; 0,199; 0,189; 0,210; 0,147; 0,021; 0,021; 0,022; 0,026; 0,023}	0,017

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Среднесрочный запаздывающий эффект подтверждается статистической значимостью, а изменения в динамике производства стали могут проявляться в структуре импорта через несколько лет.

Однако отсутствие значимости на лагах 1–4 указывает на отсутствие краткосрочной устойчивой зависимости.

Полученная регрессионная модель:

$$\begin{aligned} \Delta Import_t = & 0,036 + 0,471 * \Delta Import_{t-1} - 0,326 * \Delta Import_{t-2} + 0,386 * \\ & * \Delta Import_{t-3} - 0,541 * \Delta Import_{t-4} + 0,424 * \Delta Import_{t-5} + 0,051 * \\ & * \Delta Steel_{t-1} + 0,044 * \Delta Steel_{t-2} - 0,079 * \Delta Steel_{t-3} + 0,034 * \Delta Steel_{t-4} - \\ & - 0,027 * \Delta Steel_{t-5} + \varepsilon_t, \end{aligned} \quad (2.5)$$

где $\Delta Import_t$ – первая разность доли импорта руд и металлов в структуре товарного импорта в России в момент времени t ;

$\Delta Steel_t$ – первая разность объемов производства стали в России в момент времени t ;

$\Delta Import_{t-k}$, $\Delta Steel_{t-k}$ – лаговые значения соответствующих первых разностей, $i = 1, \dots, 5$;

ε_t – случайная ошибка модели.

Положительные коэффициенты при лаговых значениях $\Delta Steel_t$ означают, означают, что увеличение объемов производства стали в предшествующие периоды связано с ростом первой разности доли импорта руд и металлов. Отрицательные коэффициенты соответствуют обратной зависимости (снижение доли импорта при увеличении производства стали в соответствующих периодах).

Представленная в формуле 2.5 регрессионная модель влияния объемов производства стали в России на долю импорта руд и металлов в структуре товарного импорта в России используется для анализа зависимостей и прогнозирования показателей.

Полученные результаты показывают наличие отложенной зависимости между объемами производства стали и изменениями доли импорта руд и металлов в России. При этом взаимосвязь не является устойчивой на коротких временных интервалах и требует интерпретации с учетом возможных структурных и институциональных факторов.

Рассмотрим взаимосвязь между объемами производства стали в России и официальным обменным курсом (LCU per US\$, среднее за период) [160].

На рисунке 2.32 приведена динамика официального обменного курса рубля к доллару США за период 2000–2023 годов. В начале рассматриваемого периода курс находился на уровне около 28–31 руб. за доллар и характеризовался умеренными колебаниями. В 2004–2007 годах наблюдалось укрепление рубля: значение снизилось до 27,19 руб. за доллар.

С 2008 года ситуация изменилась, на фоне мирового финансового кризиса курс начал расти и в 2009 году составил 31,74 руб. за доллар. В 2010–2013 годах динамика оставалась относительно постоянной, значения находились в диапазоне 29–32 руб. за доллар.

Начиная с 2014 года происходит резкое ослабление рубля и в 2015 году курс увеличился до 60,94 руб. за доллар. В последующие годы сохраняется высокая волатильность (в 2016–2019 годах значения колебались в диапазоне 58–67 руб. за доллар).

В 2020–2023 годах наблюдается дальнейшее ослабление национальной валюты. После временного снижения в 2022 году до 68,48 руб. за доллар курс вновь вырос и в 2023 году достиг 85,16 руб. за доллар — максимального значения за весь рассматриваемый период.

Динамика официального обменного курса характеризуется переходом от низкой изменчивости начала 2000-х годов к периоду повышенной волатильности и устойчивой девальвации рубля в последующие годы.



Рисунок 2.32 – Динамика официального обменного курса (LCU per US\$, среднее за период), с 2000 по 2023 г.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [160].

Результаты теста Дики – Фуллера (таблица 2.52) подтверждают наличие единичного корня. На первом лаге р-значение составляет 0,752, что явно превышает уровень значимости 0,05 и указывает на нестационарность временного ряда на уровнях.

Таблица 2.52 – Результаты теста Дики – Фуллера для показателей официального обменного курса

Порядок лага	р-значение
1	0,752
2	0,596
3	0,816
4	0,645
5	0,764
6	0,134

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста KPSS (таблица 2.53) подтверждают данный вывод. На первых лагах значения статистики превышают критический уровень 5 % (0,427 на лаге 1; 0,254 – на лаге 2; 0,193 – на лаге 3).

Таблица 2.53 – Результаты теста KPSS для показателей официального обменного курса

Порядок лага	р-значение
1	0,427
2	0,254
3	0,193
4	0,164
5	0,147
6	0,138
7	0,134
8	0,133
9	0,137
10	0,144
11	0,155

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Временной ряд обменного курса, как и ряд объемов производства стали, является нестационарным на всех рассчитанных уровнях, что обосновывает использование первых разностей в дальнейшем анализе.

При проверке гипотезы о наличии статистически значимого влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности обменного курса получены р-значения, представленные в таблице 2.54.

Таблица 2.54 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и официального обменного курса

Порядок лага	р-значение
1	0,559
2	0,217
3	0,568
4	0,740
5	0,921
Примечание – Составлено автором в процессе исследования	

Во всех спецификациях р-значения превышают уровень значимости 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской причинности. Статистически значимая направленная зависимость между динамикой производства стали и обменным курсом не выявлена – изменения объемов производства стали не обладают предсказательной способностью в отношении динамики обменного курса в рассматриваемом временном интервале.

В обратном направлении при оценке возможного влияния первых разностей обменного курса на первые разности объемов производства стали получены результаты, представленные в таблице 2.55.

Таблица 2.55 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей обменного курса и объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,058
2	0,195
3	0,300
4	0,423
5	0,337
Примечание – Составлено автором в процессе исследования	

На первом лаге р-значение (0,058) приближается к пороговому уровню 0,05, однако формально не достигает статистической значимости. На последующих лагах значимость отсутствует.

Полученные результаты не подтверждают устойчивой направленной зависимости между динамикой обменного курса и объемами производства стали. Следовательно, в исследуемый период статистически значимая грейнджеровская причинность между рассматриваемыми показателями не установлена.

Далее была исследована взаимосвязь между объемом производства стали в мире и долей добавленной стоимости промышленности (включая строительство) в мировом ВВП (по данным Всемирного банка [161]) за период с 2000 по 2023 год [131]. Рисунок 2.33 иллюстрирует динамику доли промышленной добавленной стоимости в мировом ВВП. В начале рассматриваемого периода показатель находился в диапазоне 26,29–27,73 %, после чего в 2002 году снизился до 26,29 %, что является одним из минимальных значений за анализируемый интервал.



Рисунок 2.33 – Динамика доли добавленной стоимости промышленности (включая строительство) в мировом ВВП с 2000 по 2023 г.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [161].

Начиная с 2004 года наблюдается постепенное восстановление: к 2007–2008 годам доля промышленности достигает 27,74–28,07 %. В 2009 году, на фоне мирового финансового кризиса, фиксируется сокращение показателя до 26,55 %.

В 2010–2012 годах происходит восстановление до уровня 27,50–28,05 %, что связано с оживлением мировой промышленной активности. После 2013 года вновь прослеживается тенденция к снижению. К 2016 году доля уменьшается до 26,17 %, что может быть связано со структурными сдвигами в глобальной экономике и ростом сектора услуг.

В последующие годы динамика характеризуется умеренной волатильностью. В 2018 году показатель достигает 27,13 %, в 2020 году снижается до 26,00 % на фоне пандемии COVID-19, затем краткосрочно восстанавливается до 27,22 % в 2021–2022 годах, после чего вновь сокращается до 26,12 % в 2023 году.

Результаты теста Дики – Фуллера представлены в таблице 2.56. На первом лаге р-значение составляет 0,203, что превышает уровень значимости 0,05 и не позволяет отвергнуть гипотезу о наличии единичного корня.

Следует отметить, что на отдельных лагах (например, лаг 2 и лаг 5) р-значения оказываются ниже 0,05. Однако отсутствие устойчивой значимости при варьировании лаговой структуры не позволяет сделать вывод о стационарности ряда на уровнях. Результаты ADF указывают на вероятную нестационарность временного ряда.

Таблица 2.56 – Результаты теста Дики-Фуллера для показателей доли добавленной стоимости промышленности в мировом ВВП

Порядок лага	р-значение
1	0,203
2	0,031
3	0,208
4	0,119
5	0,000
6	0,120

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста KPSS (таблица 2.57) подтверждают вывод о нестационарности: уже на начальных лагах значения статистики превышают

критический уровень 5 % (например, 0,213 на первом лаге), что характерно для нестационарности ряда на уровнях.

Таблица 2.57 – Результаты теста KPSS для показателей доли добавленной стоимости промышленности в мировом ВВП

Порядок лага	р-значение
1	0,213
2	0,147
3	0,131
4	0,123
5	0,120
6	0,121
7	0,123
8	0,124
9	0,130
10	0,143
11	0,162

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Временной ряд доли промышленной добавленной стоимости, как и ранее рассмотренные макроэкономические показатели, характеризуется нестационарностью на уровнях, что обосновывает использование первых разностей в дальнейшем анализе причинности.

Для анализа возможной направленной взаимосвязи между объемом производства стали и долей добавленной стоимости промышленности в мировом ВВП был проведен тест причинности по Грейнджеру с лаговой структурой от 1 до 5.

Отметим, что р-значения, полученные при проверке гипотезы о наличии направленного влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности доли добавленной стоимости промышленности, представлены в таблице 2.58.

На первом и третьем лагах р-значения (0,039 и 0,036 соответственно) оказываются ниже уровня значимости 0,05, что формально указывает на наличие краткосрочной грейнджеровской причинности. Однако на остальных лагах статистическая значимость отсутствует, показывая нестабильность выявленного эффекта и ограниченный характер взаимосвязи [131].

Таблица 2.58 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей доли добавленной стоимости промышленности и объемов производства стали в мире

Порядок лага	р-значение
1	0,039
2	0,127
3	0,036
4	0,113
5	0,157

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Для дополнительной проверки устойчивости результатов был проведен регрессионный анализ с включением соответствующей лаговой структуры (таблица 2.59).

Таблица 2.59 – Результаты регрессионного анализа для первых разностей доли добавленной стоимости промышленности в мировом ВВП и объемов производства стали

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	р-значение
1	{24,546; 0,449; -65,116}	{20,059; 0,295; 31,620}	0,053
2	{65,506; 0,590; -0,833; -65,424; 70,617}	{27,089; 0,309; 0,384; 32,744; 39,251}	0,061
3	{50,344; 0,707; -0,904; 0,192; -76,391; 74,733; -42,442}	{45,442; 0,363; 0,421; 0,508; 37,716; 44,330; 52,108}	0,121
4	{89,888; 0,600; -0,934; -0,238; -0,201; 82,118; 70,248; 5,219; -31,144}	{73,051; 0,359; 0,519; 0,547; 0,576; 38,316; 49,960; 60,652; 56,355}	0,154
5	{108,279; 0,335; -1,384; -0,312; -0,778; 0,926; -71,027; 93,947; 47,843; 1,728; -106,750}	{123,278; 0,578; 0,630; 0,747; 0,844; 0,684; 50,026; 56,888; 85,196; 81,964; 71,806}	0,270

Примечание – Составлено автором в процессе исследования

Как следует из таблицы 2.59, во всех спецификациях р-значения моделей превышают уровень значимости 0,05. Следовательно, регрессионные оценки не подтверждают устойчивость выявленного в тесте Грейнджера краткосрочного эффекта.

Несмотря на формальное наличие статистической значимости на отдельных лагах в тесте причинности, регрессионный анализ не позволяет говорить о стабильной и экономически интерпретируемой зависимости между динамикой добавленной стоимости промышленности и объемами производства стали в мире.

Выявленный эффект носит эпизодический характер и не является устойчивым при расширении лаговой структуры модели.

При обратной проверке гипотезы о наличии направленного влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности доли добавленной стоимости промышленности в мировом ВВП были получены р-значения, представленные в таблице 2.60.

Таблица 2.60 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и доли добавленной стоимости промышленности в мировом ВВП

Порядок лага	р-значение
1	0,782
2	0,134
3	0,137
4	0,210
5	0,251
Примечание – Составлено автором в процессе исследования	

Во всех случаях р-значения превышают уровень значимости 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской причинности. Следовательно, статистически значимого направленного влияния динамики производства стали на долю промышленной добавленной стоимости в мировом ВВП выявлено не было.

Далее была исследована взаимосвязь между объемом производства стали в России и долей добавленной стоимости промышленности (включая строительство) в ВВП России за период 2000–2023 годов.

На рисунке 2.34 приведены данные о динамике показателей доли добавленной стоимости промышленности в ВВП России за период 2000–2023 годов. В начале периода показатель находился на относительно высоком уровне – около 33–34 %, после чего в 2002–2003 годах снизился до 29–29,1 % [131].



Рисунок 2.34 – Динамика доли добавленной стоимости промышленности (включая строительство) в ВВП России, 2000–2023 гг.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Worldbank [161].

В 2004–2007 годах наблюдалось восстановление. В 2008–2009 годах показатель вновь снизился до 31,2–30,8 %, что связано с последствиями глобального финансового кризиса 2008 года. В последующие годы устойчивой тенденции не наблюдалось. В 2010–2014 годах значения колебались в диапазоне 28,2–30,0 %. В 2015–2018 годах зафиксирован рост до 29,8–32,6 %, после чего в 2019–2021 годах показатель вновь варьировался в пределах 29,7–32,2 %. В 2022–2023 годах значения остаются на уровне около 30,6–32,1 %.

Динамика показателя доли добавленной стоимости промышленности (включая строительство) в ВВП России с 2000 по 2023 год характеризуется колебаниями в узком диапазоне без выраженного устойчивого тренда. Характерна зависимость промышленного сектора от циклических факторов и внешнеэкономической конъюнктуры.

Результаты теста Дики – Фуллера (таблица 2.61) указывают на отсутствие устойчивой стационарности ряда на уровнях. На первом лаге р-значение составляет 0,226, что превышает уровень значимости 0,05. Хотя на отдельных лагах (2 и 5) р-

значения ниже 0,05, отсутствие устойчивости результата при изменении лаговой структуры не позволяет сделать вывод о стационарности временного ряда.

Результаты теста KPSS (таблица 2.62) подтверждают вывод о нестационарности. Уже на первых лагах значения статистики превышают критический уровень 5 % (например, 0,228 на лаге один). В связи с отсутствием стационарности ряда необходимо использование первых разностей показателей в дальнейшем анализе причинности.

Таблица 2.61 – Результаты теста Дики – Фуллера для доли добавленной стоимости промышленности в ВВП России

Порядок лага	р-значение
1	0,226
2	0,006
3	0,381
4	0,416
5	0,037
6	0,416

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 2.62 – Результаты теста KPSS для доли добавленной стоимости промышленности в ВВП России

Порядок лага	р-значение
1	0,228
2	0,153
3	0,139
4	0,134
5	0,129
6	0,127
7	0,128
8	0,132
9	0,141
10	0,155
11	0,172

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста причинности по Грейнджеру для проверки влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности доли добавленной стоимости промышленности (включая строительство) в ВВП России представлены в таблице 2.63.

Во всех случаях р-значения значительно превышают стандартный уровень статистической значимости (0,05), что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии направленной зависимости. Следовательно, статистически значимого направленного влияния динамики производства стали на долю промышленной добавленной стоимости в ВВП России не выявлено [131].

Таблица 2.63 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и доли добавленной стоимости промышленности в ВВП России

Порядок лага	р-значение
1	0,350
2	0,865
3	0,864
4	0,886
5	0,957

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Аналогичная проверка была проведена для обратного направления – влияния первых разностей доли добавленной стоимости промышленности на первые разности объемов производства стали (таблица 2.64).

Таблица 2.64 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей доли добавленной стоимости промышленности в ВВП России и объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,356
2	0,282
3	0,260
4	0,066
5	0,060

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

На большинстве лагов р-значения превышают уровень значимости 0,05. На лагах 4 и 5 значения (0,066 и 0,060 соответственно) приближаются к пороговому уровню, однако формально не достигают статистической значимости.

В результате исследования устойчивой направленной зависимости между рассматриваемыми показателями в российской экономике не выявлено. Возможные слабые эффекты на более длительных лагах носят пограничный

характер и не позволяют говорить о статистически надежной причинно-следственной связи.

Далее был проведен анализ статистической взаимосвязи между динамикой производства стали в России и количеством корпоративных санкций, введенных в отношении страны за период 2000–2023 годов.

В анализ были включены ежегодные данные по объему производства стали в России (млн тонн) и числу корпоративных санкций, введенных в соответствующем году. Данные по санкциям получены из базы SanctionsExplorer [162]. Рисунок 2.35 показывает динамику числа корпоративных санкций, введенных в отношении России в рассматриваемый период. Начиная с 2014 года наблюдается резкий рост санкционной активности, который усиливается после 2016 года. Максимальные значения приходятся на 2021–2022 годы, что связано с обострением международной политико-экономической ситуации.



Рисунок 2.35 – Динамика числа корпоративных санкций в отношении России, 2000–2023 гг.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных SanctionsExplorer [162].

Результаты теста Дики – Фуллера для показателя числа корпоративных санкций представлены в таблице 2.65.

Полученные результаты носят неоднозначный характер. На отдельных лагах (2–4 и 6) р-значения ниже 0,05, что формально позволяет отвергнуть гипотезу о наличии единичного корня. Однако отсутствие устойчивости результатов при изменении лаговой структуры (например, значение 1,000 на лаге 5) не позволяет сделать однозначный вывод о стационарности ряда на уровнях.

Таблица 2.65 – Результаты теста Дики – Фуллера для показателя числа корпоративных санкций

Порядок лага	р-значение
1	0,050
2	0,007
3	$8,400 \cdot 10^{-9}$
4	$6,878 \cdot 10^{-16}$
5	1,000
6	0,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста KPSS представлены в таблице 2.66.

Таблица 2.66 – Результаты теста KPSS для показателя числа корпоративных санкций

Порядок лага	р-значение
1	0,223
2	0,153
3	0,140
4	0,140
5	0,144
6	0,152
7	0,156
8	0,158
9	0,161
10	0,165
11	0,172

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты KPSS указывают на отсутствие устойчивой стационарности на уровнях при малых лагах. На основе результатов тестов ADF и KPSS, для дальнейшего анализа причинности целесообразно использовать первые разности временного ряда.

В таблице 2.67 представлены р-значения, полученные при оценке влияния первых разностей объемов производства стали на первые разности числа корпоративных санкций.

Таблица 2.67 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и числа корпоративных санкций

Порядок лага	р-значение
1	0,055
2	0,190
3	0,276
4	0,395
5	0,514
Примечание – Составлено автором в процессе исследования	

На первом лаге р-значение составляет 0,055, что близко к уровню статистической значимости 0,05, однако формально не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской причинности. На последующих лагах р-значения намного превышают порог 0,05, что указывает на отсутствие устойчивой направленной зависимости. Статистически значимого влияния динамики производства стали на изменение числа корпоративных санкций на лагах 1–5 выявлено не было.

При проверке гипотезы о влиянии первых разностей количества корпоративных санкций на первые разности объемов производства стали были получены результаты, представленные в таблице 2.68.

Таблица 2.68 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей числа корпоративных санкций и объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,070
2	0,273
3	0,347
4	0,528
5	0,249
Примечание – Составлено автором в процессе исследования	

Результаты тестов Грейнджера не позволяют сделать вывод о наличии статистически подтвержденной причинно-следственной связи между

производством стали в России и корпоративными санкциями в рассматриваемом периоде.

Следует отметить, что р-значения на первом лаге в обоих направлениях оказываются близкими к 0,05, что может указывать на возможный краткосрочный эффект. Однако данный эффект носит пограничный характер и не является устойчивым при расширении лаговой структуры модели.

Отдельные периоды (например, 2014 и 2022 годы), характеризующиеся ростом как санкционной нагрузки, так и снижением производства связаны с кратковременными адаптационными реакциями экономики. Тем не менее, статистический анализ временных рядов не подтверждает наличие системной и устойчивой причинности.

Влияние санкционного фактора на динамику производства стали, если и присутствует, носит эпизодический и краткосрочный характер и не проявляется в виде значимой предсказательной зависимости.

Проведем анализ взаимосвязи между объемами производства стали в России и мировыми ценами на железную руду (данные получены с сайта Market Index [163]). На рисунке 2.36 представлена динамика цен на железную руду за период 2000–2023 годов. Изменения показателя характеризуют конъюнктуру сырьевого рынка.

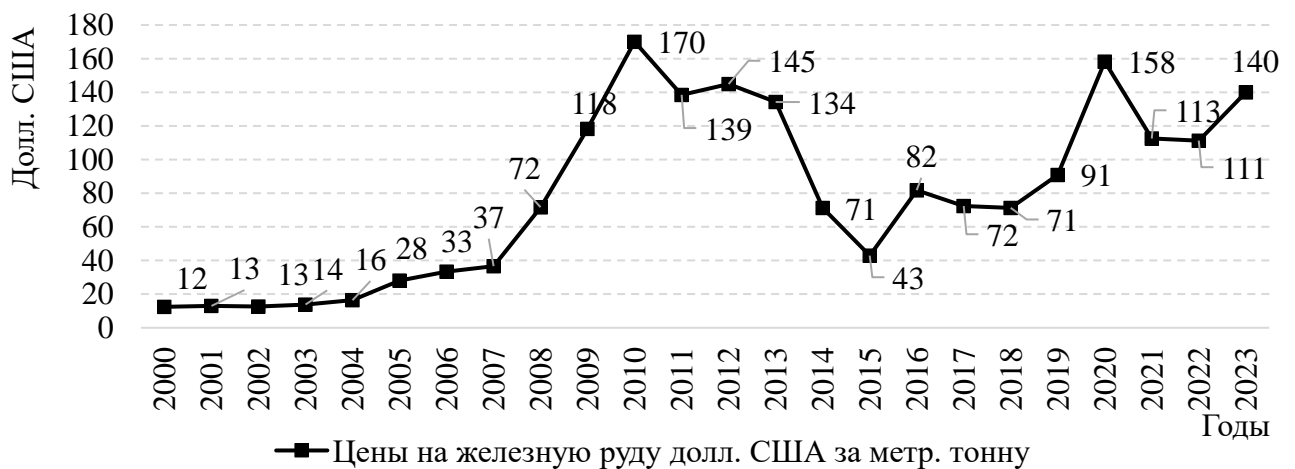


Рисунок 2.36 – Динамика мировых цен на железную руду за период с 2000 по 2023 г.

Примечание – Составлено автором в процессе исследования на основании данных Market Index [163].

В начале периода цены на железную руду остаются относительно низкими и не меняются сильно. Ускорение роста начинается с 2005 года: цена повышается примерно до 28 долл., а в 2006–2007 годах достигает 33–37 долл., что соответствует усилению глобального спроса со стороны быстрорастущих экономик и расширению металлургического производства. В 2008–2010 годах наблюдается резкое повышение цен (до порядка 170 долл. в 2010 году), после чего в середине 2010-х годов начинается фаза коррекции: в 2014–2015 годы стоимость снижается (примерно до 43 долл. в 2015 году). В 2016–2018 годах рынок восстановился и цены относительно стабилизировались. В 2020 году фиксируется очередной скачок, связанный с постпандемийным восстановлением и логистическими ограничениями; в 2021–2023 годах наблюдается корректировка и колебательная динамика цен.

Для оценки стационарности временного ряда цен на руду был применен ADF-тест. Полученные р-значения (таблица 2.69) выявили чувствительность результатов к выбору числа лагов: на лагах 1–4 нулевая гипотеза о единичном корне отвергается (или находится на границе отклонения на лаге 1), тогда как на лагах 5–6 р-значения равны 1,000, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу. ADF-тест дает неустойчивые результаты, и вопрос стационарности ряда не может считаться однозначно решенным только на его основе.

Таблица 2.69 – Результаты ADF-теста для показателей цен на железную руду

Порядок лага	р-значение
1	0,050
2	0,007
3	$8,3999 \cdot 10^{-9}$
4	$6,87821 \cdot 10^{-16}$
5	1,000
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Дополнительно был использован тест KPSS, проверяющий нулевую гипотезу стационарности. Значения статистики KPSS (таблица 2.70) превышают критический уровень на ранних лагах (например, 0,245 на лаге 1), что

свидетельствует в пользу нестационарности ряда. Динамический ряд показателей цен на железную руду обладает признаками нестационарности (на основе результатов ADF и KPSS) и для анализа причинности Грейнджера необходимо использовать первые разности показателей.

Таблица 2.70 – Результаты KPSS-теста для показателей цен на железную руду

Порядок лага	р-значение
1	0,245
2	0,145
3	0,113
4	0,099
5	0,094
6	0,097
7	0,106
8	0,118
9	0,134
10	0,156
11	0,181

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Данные р-значения, полученные при проверке гипотезы о наличии направленного влияния первых разностей объемов производства стали в России на первые разности цен на железную руду, представлены в таблице 2.71.

Таблица 2.71 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали в России и цен на железную руду

Порядок лага	р-значение
1	0,550
2	0,044
3	0,125
4	0,176
5	0,004

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

На лагах 2 и 5 р-значения оказываются ниже уровня значимости 0,05 (0,044 и 0,004 соответственно), что формально указывает на наличие грейнджеровской причинности на отдельных временных сдвигах. Наблюдается запаздывающий эффект, при котором изменения в объемах производства стали связаны с последующими изменениями цен на руду [131].

Однако на остальных лагах статистическая значимость отсутствует, что указывает на нестабильность выявленного эффекта и отсутствие устойчивой зависимости при варьировании лаговой структуры.

Для дополнительной проверки устойчивости результатов был проведен регрессионный анализ (таблица 2.72).

Таблица 2.72 – Результаты регрессионного анализа с применением теста причинности Грейнджера по лагам для первых разностей объемов производства стали в России и цен на железную руду

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	p-значения
1	{8,176;-0,072;-3,819}	{6,601;0,219;1,887}	0,057
2	{6,309;0,016;0,011;-3,309;1,770}	{7,991;0,269;0,255;2,321;2,533}	0,223
3	{5,005;0,005;0,036;0,112; -3,221;1,619;0,987}	{9,570;0,299;0,308;0,285;2,561;2,930; 2,902}	0,495
4	{7,803;-0,002;0,091;0,057;-0,175; -4,120;1,411;0,913;-1,951}	{12,093;0,336;0,359;0,371;0,371; 3,193;3,378;3,334;3,653}	0,660
5	{2,708;-0,062;0,213;-0,102;0,331; -0,801;-4,461;1,278;2,973;-0,347;4,573}	{8,700;0,227;0,239;0,258;0,288;0,249; 2,195;2,468;2,279;2,453;2,472}	0,225

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

По данным таблицы 2.72, во всех спецификациях регрессионных моделей р-значения уравнений превышают уровень значимости 0,05, что указывает на потерю статистической значимости при расширении лаговой структуры и оценке полной динамической модели.

Несмотря на формальное выявление грейнджеровской причинности на отдельных лагах (2 и 5), регрессионный анализ не подтверждает устойчивости данной зависимости. Выявленный эффект носит эпизодический характер и не может рассматриваться как устойчивая и экономически интерпретируемая причинно-следственная связь. Теоретически сталь не должна определять мировые цены на руду, поскольку Россия не является глобальным ценовым игроком по сравнению с Китаем.

В обратном направлении – при проверке гипотезы о наличии влияния первых разностей цен на железную руду на первые разности объемов производства стали в России – были получены следующие р-значения (таблица 2.73).

Таблица 2.73 – Результаты теста причинности на железную руду и объемов производства стали в России

Порядок лага	р-значение
1	0,118
2	0,352
3	0,580
4	0,675
5	0,706

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Во всех случаях значения превышают уровень статистической значимости 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии грейнджеровской причинности [131].

Следовательно, статистически значимого направленного влияния динамики цен на железную руду на объемы производства стали в России в рассматриваемом периоде выявлено не было.

Проведенный статистический анализ взаимосвязей между производством стали, валовым внутренним продуктом (ВВП), уровнем электрификации населения, валовым накоплением капитала, долей экспорта и импорта сырья, валютными курсами, корпоративными санкциями и ценами на сырьевые ресурсы был осуществлен как для мировой экономики, так и для экономики России за период 2000–2023 годов.

Результаты тестов на стационарность (ADF и KPSS) показали, что большинство временных рядов характеризуются нестационарностью на уровнях. В связи с этим дальнейшие процедуры – тесты причинности по Грейнджеру и регрессионное моделирование – проводились на стационарных преобразованиях, а именно на первых разностях исследуемых показателей.

В таблице 2.74 представлены результаты тестов причинности по Грейнджеру (на основе регрессионных моделей). «Да» означает наличие статистически значимой грейнджеровской причинности при уровне значимости $p < 0,05$; в скобках указаны лаги, на которых связь значима.

Результаты анализа указывают на слабую и нестабильную направленную взаимосвязь между динамикой производства стали и большинством рассмотренных макроэкономических показателей. В ряде показателей выявлялась

краткосрочная грейнджеровская причинность на отдельных лагах, однако такие эффекты не подтверждались как устойчивые при расширении лаговой структуры моделей.

Таблица 2.74 – Результаты тестов причинности по Грейнджеру (на основе регрессионных моделей)

Переменная 1	Переменная 2	Грейнджер : 1→2	Грейнджер : 2→1
Объемы производства стали (мир)	ВВП (мир)	Нет	Да (лаги 1–2)
Объемы производства стали (Россия)	ВВП (Россия)	Нет	Нет
Объемы производства стали (мир)	Доля населения с доступом к электроэнергии, % от населения (мир)	Нет	Нет
Объемы производства стали (Россия)	Доля населения с доступом к электроэнергии, % от населения (Россия)	Нет	Нет
Объемы производства стали (мир)	Доля валового накопления основного капитала (% от ВВП)	Да (лаг 1)	Да (лаг 1)
Объемы производства стали (Россия)	Доля валового накопления основного капитала (% от ВВП) (Россия)	Нет	Нет
Объемы производства стали (мир)	Доля экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта (мир)	Нет	Нет
Объемы производства стали (Россия)	Доля экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта (Россия)	Нет	Да (лаги 1–2)
Объемы производства стали (мир)	Доля импорта руд и металлов как доля от общего объема товарного импорта (мир)	Нет	Нет
Объемы производства стали (Россия)	Доля импорта руд и металлов как доля от общего товарного импорта (Россия)	Да (лаг 5)	Нет
Объемы производства стали (Россия)	Официальный обменный курс	Нет	Нет
Объемы производства стали (мир)	Доля добавленной стоимости промышленности (включая строительство) в мировом ВВП	Нет	Нет
Объемы производства стали (Россия)	Доля добавленной стоимости промышленности (включая строительство) в ВВП России	Нет	Нет
Объемы производства стали (Россия)	Число корпоративных санкций в отношении России	Нет	Нет
Объемы производства стали (Россия)	Мировая цена на руду	Нет	Нет
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.			

В работе был реализован комплексный статистический анализ взаимосвязей между объемами мирового и российского производства стали и основными макроэкономическими индикаторами в долгосрочной динамике за период 2000–

2023 годов. Исследование основано на инструментарии анализа временных рядов, включая тесты на стационарность (ADF, KPSS), тесты причинности по Грейнджеру и регрессионное моделирование с лаговой структурой.

Проведенный статистический анализ показывает, что производство стали как на мировом уровне, так и в российской экономике, имеет ограниченную предсказательную способность для большинства исследованных макроэкономических факторов на основе примененного методологического подхода.

Это подтверждает многофакторный и циклический характер функционирования отрасли и указывает на необходимость учета структурных и институциональных особенностей при интерпретации выявленных статистических взаимосвязей.

В работе Ф. Раваццо и Дж. Веспианьи мировое производство стали рассматривается как опережающий индикатор реальной экономической активности, позволяющий повысить точность прогнозирования ВВП по сравнению с традиционными авторегрессионными моделями [164]. Авторы показывают, что колебания объемов производства стали отражают более широкие экономические процессы, усиливая взаимосвязь между промышленной динамикой и макроэкономическим состоянием.

Исследование П. Пола и П. Митры, посвященное индийской экономике, также подтвердило наличие односторонней причинно-следственной связи по Грейнджеру, направленной от экономического роста к потреблению стали [165]. Авторы связывают выявленные закономерности с индустриализацией и инвестиционной активностью, что подтверждает роль металлургического сектора как индикатора экономического развития.

Полученные в настоящем исследовании результаты частично согласуются с указанными работами. Для мировой выборки была выявлена обратная грейнджеровская причинность от ВВП к объемам производства стали на первом и втором лагах, что соответствует гипотезе о чувствительности отрасли к фазам

экономического цикла. Однако устойчивой двусторонней связи, подобной обнаруженной в ряде зарубежных исследований, выявлено не было.

Аналогичные результаты представлены в исследовании И. Альсаеди и Г. Туларамы, использовавших VAR-моделирование для анализа взаимосвязей между потреблением электроэнергии, ВВП и пиковой нагрузкой в Саудовской Аравии [166]. Авторы обнаружили одностороннюю причинно-следственную связь от ВВП к потреблению электроэнергии, что подтверждает зависимость промышленной активности от энергетической обеспеченности.

В то же время приведенные в настоящей работе результаты анализа не выявили статистически значимой взаимосвязи между объемами производства стали и долей населения с доступом к электроэнергии как на мировом уровне, так и в России. Рассматриваемый показатель является индикатором инфраструктурного развития в целом, но не чувствителен к краткосрочной динамике промышленного производства.

Таким образом, сопоставление результатов настоящего исследования с данными имеющихся научных работ показывает, что производство стали действительно связано с макроэкономической динамикой, однако характер и устойчивость этих взаимосвязей различаются в зависимости от страны, структуры экономики и временного интервала анализа.

Полученные результаты могут быть использованы для выявления потенциальных опережающих индикаторов инвестиционной и промышленной активности, а также для формирования сценариев индустриального развития.

Осуществив статистический анализ влияния макроэкономических факторов на производство стали, далее целесообразно перейти к рассмотрению комплексного подхода к прогнозированию развития российского металлургического комплекса.

2.3 Комплексный статистический подход к прогнозированию развития металлургического комплекса

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статье: «Прогнозирование производства стали и мирового торгового баланса руды и металлов с использованием метода ARIMA» [167].

Модель авторегрессии интегрированного скользящего среднего (ARIMA) является одним из базовых инструментов прогнозирования временных рядов и альтернативой более сложным статистическим моделям благодаря относительной простоте, прозрачности спецификации и высокой интерпретируемости результатов. Применение ARIMA для анализа разнородных процессов — от прогнозирования макроэкономических показателей (инфляции) до моделирования динамики уровня преступности - показывает универсальность данного статистического инструмента как одного из базовых методов анализа временных рядов [168, 169]. Модель ARIMA (p, d, q) основана на использовании прошлых значений временного ряда и лагированных ошибок прогнозирования. Здесь p обозначает порядок авторегрессии, d – степень интегрирования (число разностей для достижения стационарности), q – порядок компоненты скользящего среднего. Корректный выбор параметров определяет способность модели адекватно отражать внутреннюю структуру временного ряда и обеспечивает точность прогноза.

Надежность прогнозирования требует статистической валидации результатов. Для оценки точности рассчитывается показатель средней абсолютной процентной ошибки, позволяющий сопоставить относительную величину отклонения прогнозных значений от фактических [170].

Практическая применимость метода авторегрессионной интегрированной модели скользящего среднего рассматривается в ряде отраслевых исследований металлургической промышленности. Л. Чжан использует ARIMA на основе гибридных подходов для прогнозирования импорта и экспорта стали и получает достоверные результаты при описании линейной составляющей динамики торговых потоков [171].

Исследование С. Рахмаван подтверждает прогнозные свойства модели ARIMA при анализе отраслевой нестабильности. Автор успешно применил аппарат ARIMA для оперативного моделирования и прогнозирования экспортной стоимости чугуна, железа и стали в условиях внешнего шока, вызванного пандемией COVID-19[172].

ARIMA-моделирование помогает выявить динамику производства стали в условиях цикличности отрасли и нестабильности внешней торговли, а также использовать прогнозы при оценке инвестиционной активности и принятии стратегических решений.

Ученый В. Романюк рассматривает задачу выбора оптимальной спецификации ARIMA на основе минимизации среднеквадратической ошибки (RMSE) и максимальной абсолютной ошибки и показывает, что модель дает надежные результаты на оптимальных для модели ARIMA временных рядах. По мнению автора, оптимальный ряд не должен быть слишком коротким, чтобы ряд был репрезентативным, и не должен быть слишком длинным, так как точность прогноза при его удлинении снижается [173].

Методологические основы применения ARIMA в статистическом анализе подробно разработаны в трудах отечественных ученых С.А. Айвазяна, В.С. Мхитаряна [174] и Г.Г. Канторовича [175], где рассматриваются вопросы идентификации структуры модели, оценки параметров и диагностики качества спецификации.

Практика применения ARIMA охватывает различные уровни анализа. На макроэкономическом уровне модель используется для анализа и прогнозирования динамики товарных и финансовых рынков (А.Д. Лебедева – цены на золото [176];

Н.Д. Трифонова и В.В. Карасев – доходность биржевых активов [177]; А.В. Трегуб и И.В.Трегуб – финансовые временные ряды [178]). На региональном уровне ARIMA применяется для прогнозирования индекса потребительских цен и внешнеторговых показателей (Е.Ю. Шабанова [179]; Ж.Г. Нурсултанова [180]). На микроэкономическом уровне модель применяется для анализа финансовых результатов предприятий и компаний (Г.Г. Мингазова [181]; З.П. Айдынов и соавторы [182]).

Работы ученых подтверждают прогностическую пригодность ARIMA-моделирования в различных секторах экономики. С учетом цикличности и чувствительности металлургической отрасли к внешним шокам применение ARIMA в анализе стратегического потенциала является методологически оправданным.

В исследовании разработана и апробирована методика прогнозирования основных статистических показателей развития мировой и российской сталелитейной промышленности на основе моделей временных рядов ARIMA. Методика ориентирована на формирование количественных ориентиров, которые могут использоваться в качестве сценарных предпосылок при статистическом анализе, оценке потенциала отрасли и разработке стратегических решений.

Этапы реализации методики прогнозирования представлены на рисунке 2.37 и включают следующие элементы:

1. Сбор и структурирование исторических данных. В исследовании использованы открытые данные Всемирной ассоциации стали, Всемирного банка, а также статистика мировых цен на железную руду за период 2000–2023 годов. Данные были приведены к сопоставимому виду и агрегированы по единым временным интервалам.

2. Предобработка временных рядов. Выполнялись логарифмирование показателей, выявление выбросов, а также дифференцирование рядов для достижения стационарности. Стационарность проверялась с использованием тестов ADF и KPSS.

3. Построение моделей ARIMA (p, d, q). Для каждого показателя подбиралась оптимальная спецификация модели на основе информационных критериев (AIC, BIC). Дополнительно проводилась диагностика остатков модели и оценка прогностической точности с использованием показателей MAE, MSE и RMSE.

4. Формирование прогнозных траекторий. Прогноз строился на горизонте 15 лет и позволил выявить долгосрочные тенденции развития показателей отрасли.

5. Интерпретация результатов. Полученные прогнозные значения используются для оценки устойчивости отрасли, ресурсной обеспеченности, экспортного потенциала и ценовой чувствительности, а также при построении сценариев стратегического развития предприятий металлургического комплекса России.

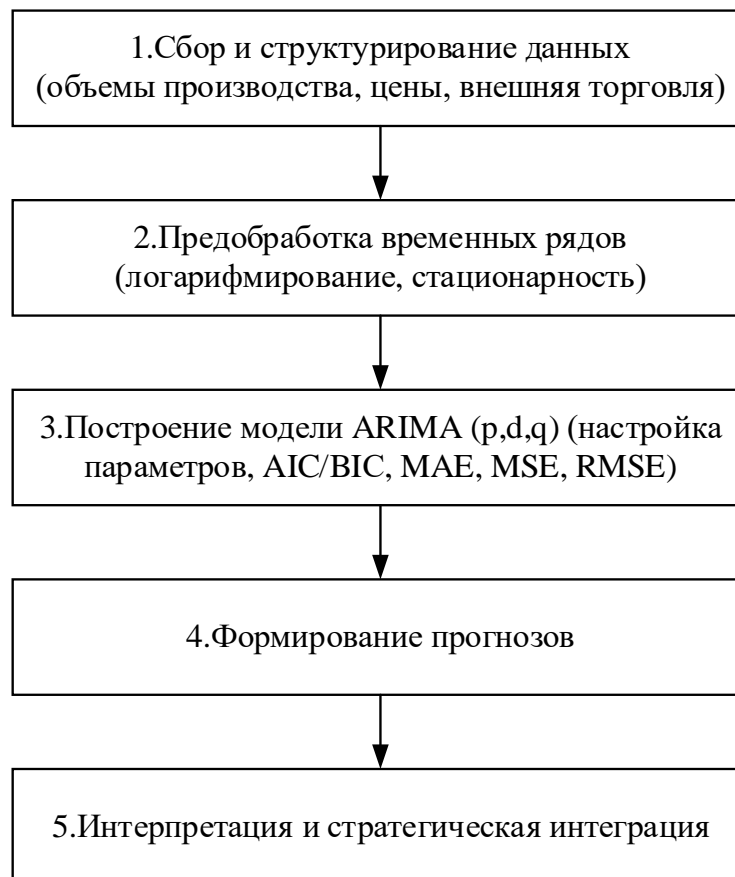


Рисунок 2.37 – Этапы методики прогнозирования основных статистических показателей развития сталелитейной мировой и российской промышленности

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Особенности предложенной методики прогнозирования основных статистических показателей развития сталелитейной мировой и российской промышленности заключаются в следующем:

- учет отраслевой специфики металлургического комплекса (высокая капиталоемкость, цикличность, волатильность сырьевых рынков, зависимость от внешнеторговой конъюнктуры и санкционных факторов);
- адаптивность модели к структуре конкретного временного ряда и индивидуальный подбор параметров ARIMA;
- интеграция количественного прогнозирования с качественными методами анализа, что повышает системность и обоснованность стратегических управленческих решений.

Прогнозирование всех показателей осуществлялось на основе данных, представленных в разд. 2.2 настоящей диссертации. Обработка данных и построение моделей выполнялись в программной среде Wolfram Mathematica 13.3.0 с использованием зарегистрированной программы для ЭВМ (Свидетельство о государственной регистрации программы № 2024669747, Российская Федерация. «Прогнозирование данных на основе модели ARIMA», № 2024668970, А.А. Курилова, Л.Д. Савенков).

Для прогнозирования мирового объема производства стали выбрана модель ARIMA (0,1,0). Спецификация соответствует интегрированному процессу первого порядка без авторегрессионной и скользящей компонент и отражает динамику ряда с устойчивым трендом и отсутствием выраженной автокорреляционной структуры в разностях. Модель описывает динамику как случайное блуждание с дрейфом.

Построенный прогноз на 15-летний горизонт (рисунок 2.38) продолжает положительный тренд. Ожидается прирост объема производства стали в мире на 15–25 млн тонн ежегодно и достижение уровня выше 2,1 млрд тонн к 2030-х году. Мировой сталелитейный сектор показывает рост за счет структурного спроса, индустриализации развивающихся стран и инфраструктурных проектов.

Значения показателей модели (Mean Absolute Error (MAE): 0,712; Mean Squared Error (MSE): 0,514; Root Mean Squared Error (RMSE): 0,717; AIC модели: –

140,568; ВІС модели: –130,946) указывают на достаточную точность прогнозных оценок.

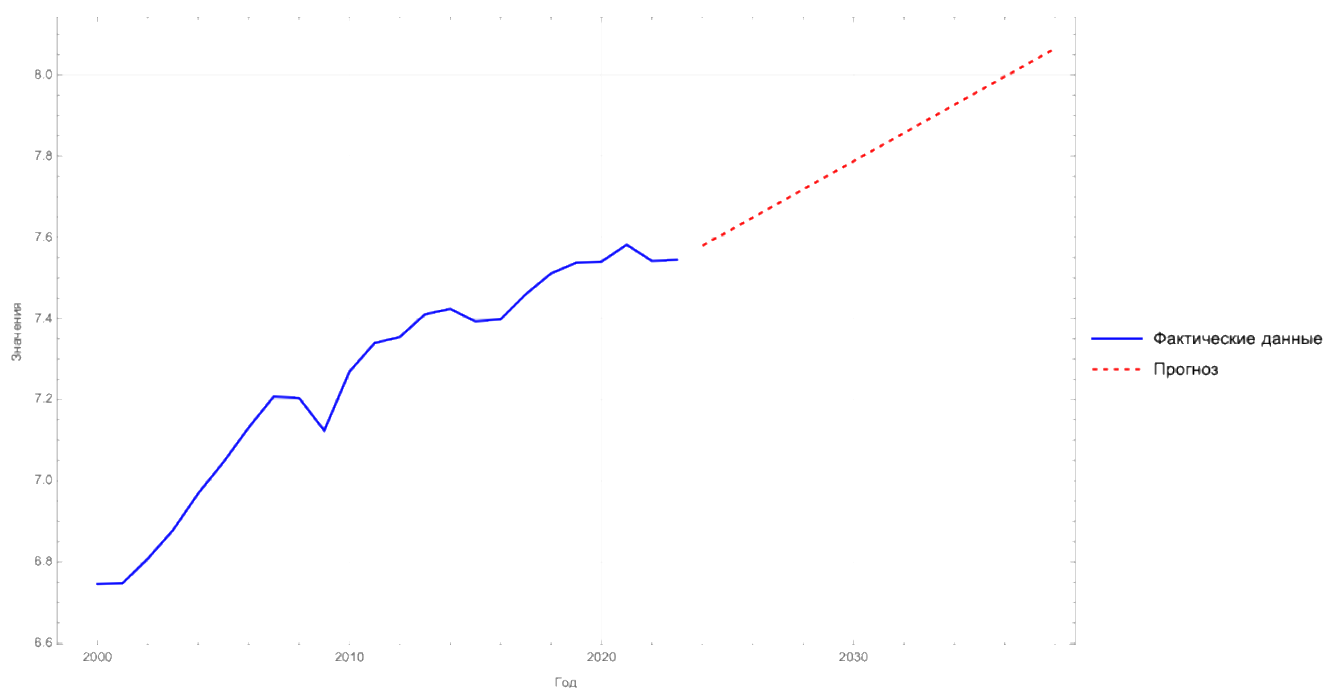


Рисунок 2.38 – График прогноза производства стали в мире, построенный с использованием метода ARIMA

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Динамика объемов производства стали в России (рисунок 2.39) за период с 2000 по 2023 год показывает умеренно волатильную траекторию развития отрасли, без резких изменений. Такая траектория характерна для зрелых промышленных экономик, адаптированных к колебаниям спроса и макроэкономическим вызовам.

В отличие от ряда показателей объема производства стали в мире, для временного ряда производства стали в России наилучшие результаты показала модель ARIMA (1,1,1). Выбранная модель включает компоненту интегрирования, авторегрессионную и скользящую составляющие. Такая спецификация учитывает необходимость дифференцирования ряда для достижения стационарности и наличие краткосрочной зависимости между текущими значениями показателя, его предыдущими уровнями и ошибками прогнозирования. Наблюдаемая динамика (рисунок 2.39) связана с внутренними процессами в российской сталелитейной

отрасли, в том числе с влиянием макроэкономических циклов, внутреннего спроса и экспортных ограничений.

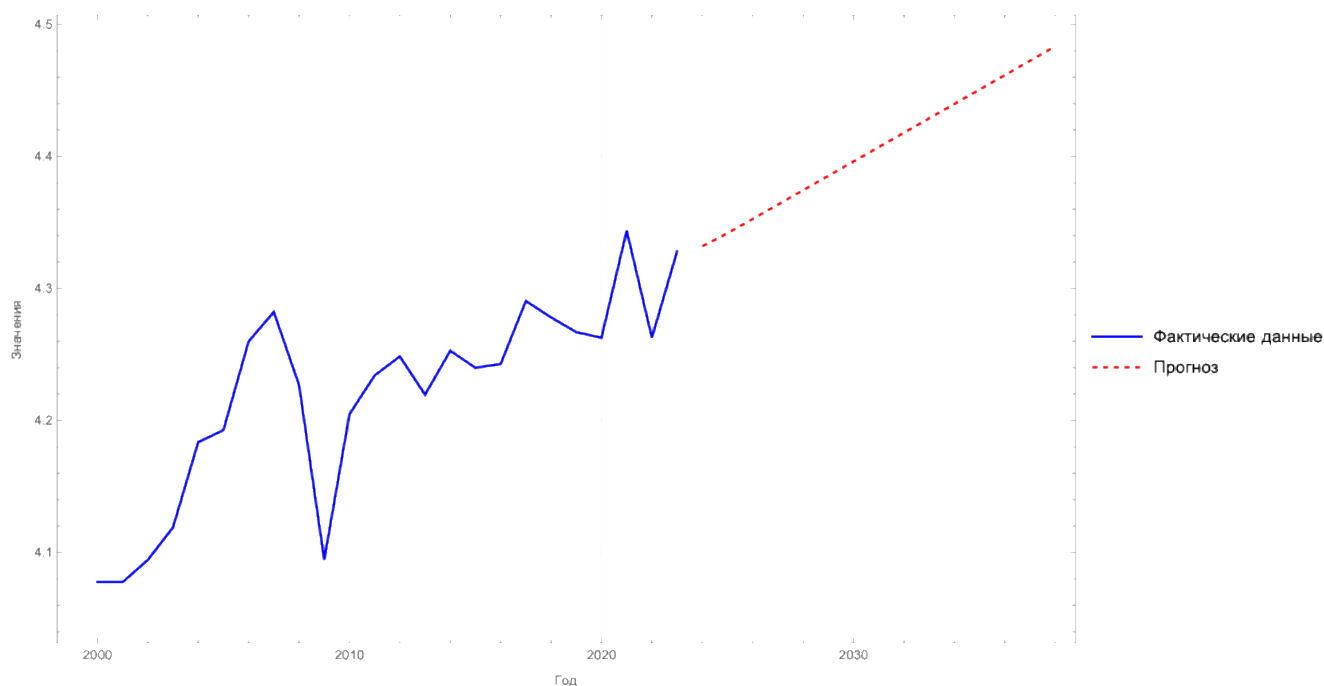


Рисунок 2.39 – График прогноза производства стали в России, построенный с использованием метода ARIMA

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Прогноз производства стали в России предполагает сохранение текущих объемов производства с умеренными колебаниями. Ожидаемые значения находятся в диапазоне 70–75 млн тонн в год и соответствуют текущему производственному потенциалу страны при условии сохранения существующей инфраструктурной базы и сохранения экспорта.

Низкие значения ошибок прогнозирования ($MAE = 0,223$; $MSE = 0,052$; $RMSE \approx 0,223$ в логарифмическом масштабе) и информационные критерии ($AIC = -138,52$ и $BIC = -133,782$) указывают на высокую точность модели и ее применимость для кратко- и среднесрочного анализа. При этом модель не включает внешние факторы и структурные изменения, что снижает точность прогноза при резких изменениях рыночной конъюнктуры.

Динамика российской сталелитейной промышленности остается инерционной, без признаков ускоренного роста в среднесрочной перспективе.

Цены на железную руду отличаются высокой волатильностью: от уровней ниже 15 долл. за тонну в начале периода до пиковых значений свыше 170 долл. в 2010-х и постпандемийный период. Среднее значение за анализируемый интервал составило 79 долл., медианное – 72 долл., при стандартном отклонении около 52 долл. (рисунок 2.40).

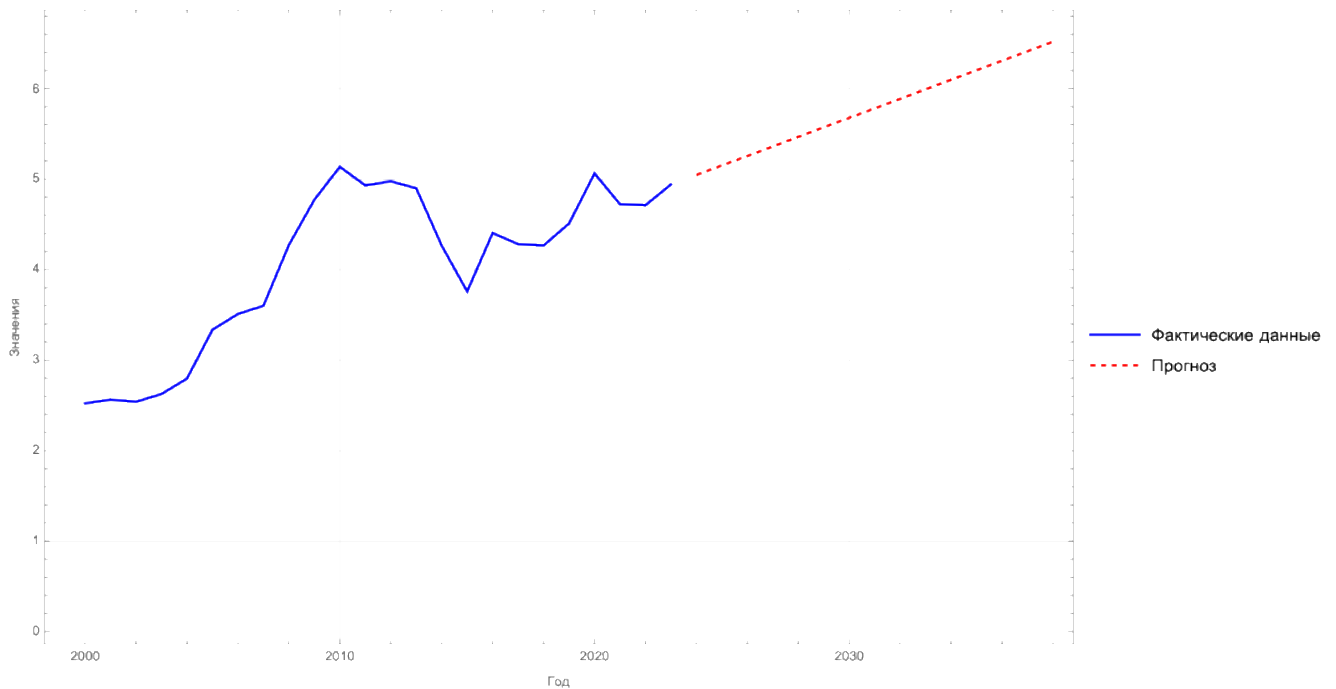


Рисунок 2.40 – Прогноз цен на железную руду, построенный с использованием модели ARIMA

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Изменение цен на железную руду обусловлено рядом факторов, включая глобальный спрос, динамику строительного сектора Китая и колебания сырьевых рынков. Для прогнозирования выбрана спецификация ARIMA (0,1,0), предполагающая отсутствие выраженной автокорреляции и повторяющихся паттернов в ряде.

Прогноз (рисунок 2.40) не демонстрирует выраженного тренда. Ожидаемые значения находятся в диапазоне 110–140 долл. за тонну и соответствуют сохранению текущей ценовой конъюнктуры.

Значения $MAE = 1,999$; $RMSE = 2,087$; $MSE = 4,354$, а также $AIC (-48,12)$ и $BIC (-41,6)$ указывают на приемлемое качество прогноза, характерное для высоковолатильных сырьевых рынков при простой структуре модели.

Долгосрочное прогнозирование цен на сырьевые товары связано с высокой неопределенностью, особенно при отсутствии в модели фундаментальных факторов спроса и предложения. Прогноз носит ориентировочный характер.

Доля импорта руд и металлов в структуре общего импорта России (рисунок 2.41) снижается – с более чем 6 % до около 2,9 %. Среднее значение показателя составило 2,87 %, медианное – 2,8 %, стандартное отклонение – около 1,06. Модель $ARIMA (0,1,0)$ выбрана, поскольку отсутствуют устойчивые зависимости между соседними наблюдениями и ослаблена трендовая компонента.

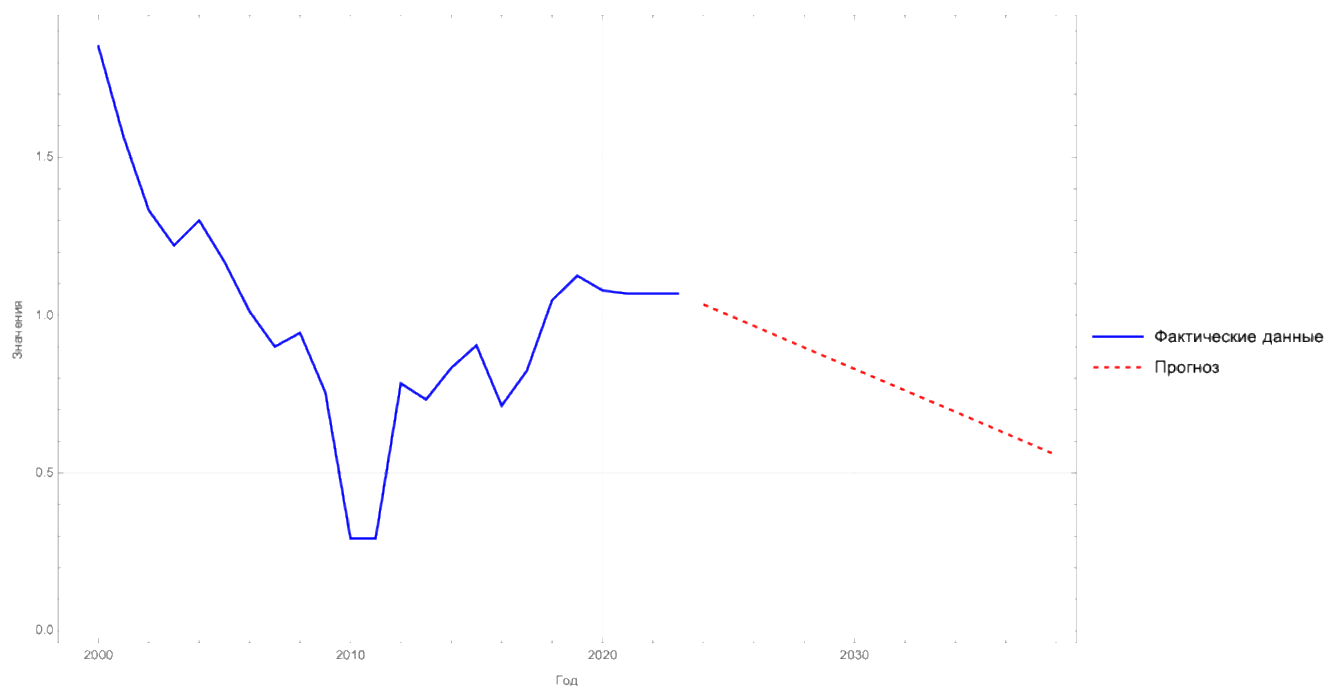


Рисунок 2.41 – Прогноз динамики доли импорта руд и металлов в структуре общего импорта России, построенный с использованием модели $ARIMA$

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Характеристики модели, включая среднюю абсолютную ошибку ($MAE = 0,31$), $RMSE = 0,36$, а также $AIC (-76,579)$ и $BIC (-71,96)$, указывают на применимость модели для анализа и прогнозирования. Динамика указывает на завершение процессов импортозамещения и снижение зависимости от внешних

поставок в данной товарной группе. Значительных структурных сдвигов в доле импорта руд и металлов в среднесрочной перспективе не ожидается. Вероятно, это связано с внутренними инвестициями в добывающий сектор, переориентацией логистических потоков и формированием базы сырьевого самообеспечения. Прогноз применим для стратегического планирования сырьевых балансов, разработки торгово-промышленной политики и анализа трансформации внешнеэкономической модели страны.

За период 2000–2023 гг. доля экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта России (рисунок 2.42) снизилась в первой половине периода с 9,14 % до уровней ниже 5,0 %, после чего сохранилась в диапазоне 6–7 % с отдельными локальными колебаниями. Среднее значение составило 6,55 %, медианное – 6,34 %, стандартное отклонение – 1,31.



Рисунок 2.42 – Прогноз динамики доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта в России, построенный с использованием модели ARIMA

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Прогноз строился на модели ARIMA (0,1,0), аналогичной модели, использованной для оценки динамики импорта. Спецификация предполагает отсутствие выраженных сезонных и автокорреляционных зависимостей при

тенденции сохранения текущего уровня в будущем. Построенный прогноз динамики доли экспорта руд и металлов в структуре товарного экспорта в России демонстрирует сохранение доли экспорта руд в структуре внешней торговли на уровне 7,4 % в течение пятнадцати лет.

Высокая точность модели (MAE – 0,181, MSE – 0,044, RMSE – 0,211; AIC – –87,133; BIC – –84,647) характеризует адекватность выбранной спецификации и хорошее соответствие прогнозной линии фактической динамике ряда. Прогноз не демонстрирует выраженного тренда, что соответствует консолидации экспортного сектора руд в текущих экономико-геополитических условиях. Динамика показателей доли экспорта руд и металлов остается стабильной, что связано с устойчивым спросом со стороны стран-партнеров и адаптацией экспортной политики к внешним ограничениям. Полученные оценки могут применяться при внешнеторговом прогнозировании, оценке логистических решений и стратегическом планировании в металлургической промышленности.

В отличие от описательных и корреляционных подходов, предложенная автором методика прогнозирования мировой и российской сталелитейной промышленности на основе модели ARIMA позволяет формировать сценарные траектории с учетом динамики показателей и их стохастической структуры.

Научная новизна предложенного подхода заключается в интеграции формализованного ARIMA-прогнозирования с отраслевой спецификой металлургического комплекса и последующим использованием полученных оценок в стратегическом и когнитивном моделировании. Методика предусматривает дифференцированный выбор параметров модели в зависимости от характера временной динамики и адаптирована к условиям отраслевой волатильности, экономико-политических циклов и неопределенности внешней среды, что позволяет корректно моделировать временные зависимости и прогнозировать динамику экономических показателей сталелитейной отрасли. Практическая значимость результатов состоит в формировании количественной базы для оценки инвестиционных решений, разработки внешнеторговой политики, планирования сырьевых балансов и анализа устойчивости отрасли к макроэкономическим и геополитическим шокам. Прогнозные траектории могут

использоваться как входные параметры при построении сценариев долгосрочного развития металлургического комплекса Российской Федерации.

Выводы по главе 2

1. Выявлены устойчивые мировые тенденции развития металлургической отрасли, характеризующиеся ростом спроса на продукцию черной металлургии.

2. Установлено, что мировое производство стали формирует устойчивую восходящую траекторию. Китай сохраняет лидирующее положение на мировом рынке, производя более половины мирового объема стали, что оказывает системное влияние на глобальную цепочку поставок черной металлургии и ценовую конъюнктуру.

3. Разработан научно обоснованный статистический подход к кластеризации стран – участников мирового рынка стали и железной руды, позволивший с применением методов многомерной статистической кластеризации выделить пять устойчивых кластеров стран, характеризующих межстрановую дифференциацию по масштабу и структуре металлургического производства: глобальный лидер, страны с выраженной сырьевой специализацией, крупные индустриальные производители, страны со значительными объемами добычи и производства, а также страны с ограниченным участием в мировом металлургическом производстве.

4. Разработан и апробирован методологический подход к статистическому анализу взаимосвязей между объемами мирового и российского производства стали и основными макроэкономическими индикаторами. Подход основан на применении тестов стационарности (ADF и KPSS), тестов причинности Грейнджера и построении регрессионных моделей на стационарных преобразованиях временных рядов.

5. Получена регрессионная модель, описывающая зависимость первых разностей объемов мирового производства стали от первой разности мирового валового внутреннего продукта, что подтверждает наличие краткосрочной взаимосвязи между промышленной динамикой и экономическим ростом.

6. Построена регрессионная модель влияния первой разности валового накопления основного капитала на динамику мирового производства стали, а также модель обратного воздействия, что позволяет выявить элементы двусторонней зависимости инвестиционной активности и промышленного производства.

7. Получена регрессионная модель, описывающая зависимость первых разностей объемов производства стали в России от динамики экспорта руд и металлов, что отражает внешнеторговую чувствительность отрасли.

8. Сформирована регрессионная модель влияния первых разностей объемов производства стали в России на первые разности доли импорта руд и металлов, что позволяет оценить взаимосвязь между внутренним производственным потенциалом и структурой импорта.

9. Разработана и реализована методика прогнозирования основных параметров развития мировой и российской сталелитейной промышленности на основе моделей ARIMA. В отличие от стандартной процедуры идентификации ARIMA-моделей, предложенная методика ориентирована на отраслевую адаптацию параметров и интеграцию результатов прогнозирования в систему стратегического и когнитивного анализа металлургического комплекса. Получены количественные прогнозные оценки динамики производства стали, цен на железную руду и внешнеторговых показателей, формирующие сценарную основу для комплексного анализа отрасли.

Глава 3 КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГНИТИВНЫХ И СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

3.1 Комплексный экономический анализ направлений устойчивого развития предприятий металлургической промышленности

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемых научных изданиях в соответствии с пунктом 11 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, ред. от 18.03.2023) в статьях: «Определение направлений стратегий устойчивого развития сталелитейной промышленности», «Развитие стратегического потенциала металлургических компаний России в контексте ресурсно-ориентированного подхода: современные тенденции и перспективы», «Управление рисками устойчивого развития иностранных металлургических предприятий», «Анализ рейтинговых оценок устойчивого развития предприятий металлургического комплекса» [183], [184], [185], [186].

Мир сталкивается с многочисленными и серьезными экологическими, социальными и экономическими проблемами. Для их решения в сентябре 2015 года Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций приняла резолюцию «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» с установлением 17 целей устойчивого развития (ЦУР) и 169 задач [187].

Металлургическая промышленность как высоко капитало-, ресурсо- и энергоемкий сектор экономики сталкивается с необходимостью снижения экологического воздействия, что подтверждается применением инструментов оценки жизненного цикла [188]. В условиях роста цен на энергоносители, ужесточения экологического регулирования и усиления глобальной конкуренции

предприятия отрасли сталкиваются с необходимостью решения задач повышения производственной эффективности и обеспечения экологической и социальной ответственности.

Система показателей устойчивости, разработанная Всемирной ассоциацией стали (World Steel Association), ориентирована на комплексную оценку деятельности предприятий в экономической, экологической и социальной плоскостях. Данные индикаторы позволяют осуществлять мониторинг параметров устойчивости и формируют методическую основу для интеграции принципов устойчивого развития в стратегию металлургических компаний [189].

Сталелитейная промышленность обладает значительным потенциалом развития, а системная оценка потенциала ее устойчивости является важной предпосылкой формирования благоприятного инвестиционного климата в отрасли [190]. Теоретико-методические положения анализа ESG-рисков металлургических компаний, разработанные и апробированные автором в ранее опубликованной работе [185], послужили основой для дальнейшей разработки интегративной методики комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности.

В работе автора «Определение направлений стратегий устойчивого развития сталелитейной промышленности» [183] был проведен статистический анализ устойчивого развития сталелитейной отрасли на страновом уровне. Для выявления структурных различий между странами применен метод кластерного анализа с использованием следующих показателей:

- капитализация сталелитейных компаний (по данным Disfold [191]);
- объем выплавки стали;
- объем добычи железной руды.

По результатам кластеризации выделены два устойчивых кластера стран. Первый кластер объединяет государства, оказывающие значительное влияние на мировую сталелитейную промышленность по совокупности производственных и финансовых показателей. Второй кластер включает одиннадцать стран с ограниченным производственным вкладом в глобальную металлургическую

систему. В их число входят Каймановы и Вирджинские острова, Израиль, Португалия и Греция. При этом часть стран, например, Каймановы и Вирджинские острова не осуществляют производство стали, но являются местом регистрации головных компаний крупных металлургических холдингов.

Выявленная структура кластеров обладает различиями в моделях участия стран в глобальной металлургической цепочке: от производственно-интегрированных экономик до финансово-административных центров. В связи с этим направления устойчивого развития сталелитейной отрасли должны дифференцироваться с учетом роли страны в мировой системе – для стран-производителей акцент делается на повышение экологической эффективности и ресурсосбережение при сохранении объемов выпуска, тогда как для стран, выполняющих функции финансовых и корпоративных центров, приоритетом выступает повышение прозрачности, инвестиционной устойчивости и корпоративной ответственности.

Страны первого кластера, с целью повышения аналитической точности и более детальной дифференциации их роли в мировой металлургической системе, были дополнительно разделены на пять групп. Оптимальное количество групп определено на основе метода «локтя».

Результаты статистической оценки корректности разбиения данных на группы представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты дисперсионного анализа (ANOVA)

Наблюдения	Между SS	Степени свободы (df)	Внутри SS	Степени свободы (df)	F-статистика	p-значение
Рыночная капитализация (на 1.07.2024) млн долл. США	30,7783	4	5,22165	32	47,1549	$5,63327 \cdot 10^{-13}$
Объемы производства стали в 2023 г, тонн	32,8223	4	3,17772	32	82,631	$2,22045 \cdot 10^{-16}$
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.						

Высокие значения F-статистики (47,15 и 82,63 соответственно) при р-значениях, стремящихся к нулю, подтверждают статистически значимые различия между выделенными группами по показателям рыночной капитализации и объемов производства стали. Это позволяет сделать вывод о корректности и обоснованности проведенной кластерной декомпозиции первого кластера.

Графическая интерпретация результатов разбиения представлена на рисунке 3.1.

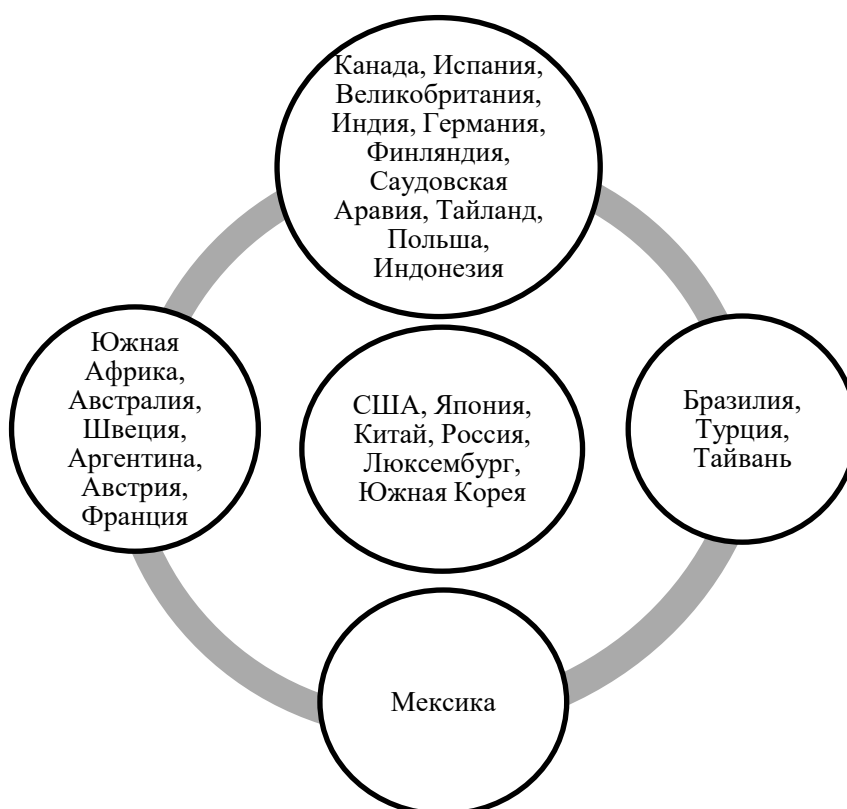


Рисунок 3.1 – Результаты разбиения первого кластера на дополнительные группы

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Первая группа включает страны – лидеры мировой сталелитейной отрасли. К ним относятся США, Япония, Китай, Россия и ряд других крупных производителей. Эти страны характеризуются высокими значениями рыночной капитализации металлургических компаний, значительными объемами производства стали и добычи железной руды, а также высокой степенью интеграции в глобальные производственные цепочки.

Для данной группы стратегический приоритет устойчивого развития заключается в сохранении технологического лидерства, повышении энергоэффективности, снижении углеродной интенсивности производства и внедрении экологически чистых технологий при сохранении конкурентных позиций на мировом рынке.

Во вторую–четвертую группы входят страны, обладающие потенциалом перехода в категорию лидеров отрасли в средне- и долгосрочной перспективе. Наибольшим потенциалом обладает Австралия, занимающая первое место в мире по добыче высококачественной железной руды, значительная часть которой экспортируется без глубокой переработки. Расширение участия Австралии в цепочке создания добавленной стоимости за счет развития собственного металлургического производства способно укрепить ее позиции и вывести страну в число ведущих игроков мирового рынка стали.

Стратегия устойчивого развития для стран данной категории должна быть ориентирована на увеличение объемов производства при сохранении экологического баланса и поддержании необходимого уровня экономической эффективности. Перспективы этих государств во многом зависят от динамики мирового рынка стали и глобального спроса, который, согласно существующим тенденциям, показывает долгосрочный рост. Тем самым возрастает значимость формирования устойчивых моделей развития сталелитейной промышленности в странах данной группы.

Пятую группу составляют страны с относительно низкими показателями капитализации и объемов выплавки стали. В их число входят новые или активно развивающиеся участники рынка, такие как Саудовская Аравия. Особого внимания заслуживает Индия. Несмотря на сравнительно невысокий показатель капитализации – около 17 долларов США в расчете на тонну выпускаемой стали, – страна обладает значительным производственным и сырьевым потенциалом, что создает предпосылки для ее ускоренного перехода в группу лидеров первого кластера.

Для стран данной группы приоритетным направлением устойчивого развития является поддержание баланса между темпами промышленного роста и экологической нагрузкой. В условиях ускоренной индустриализации целесообразным представляется формирование специализированных инвестиционных и экологических фондов, направленных на финансирование мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и обеспечению долгосрочной устойчивости отрасли.

В основе настоящего исследования лежат оценки устойчивого развития предприятий черной металлургии, сформированные ведущими российскими рейтинговыми агентствами. Используются данные и рейтинги, опубликованные на официальных сайтах агентств RAEX [192] и АО «Рейтинговое агентство АК&М» [193].

На основе указанных источников проведен анализ особенностей устойчивого развития предприятий металлургического комплекса.

ESG-рейтинг выступает важным инструментом информационной поддержки стратегических и тактических решений для различных групп заинтересованных сторон: инвесторов, финансовых институтов, деловых партнеров, органов государственной власти и общественного контроля. Такие рейтинги позволяют оценивать устойчивость бизнес-модели компании, учитывать нефинансовые риски, формировать устойчивые цепочки поставок, а также контролировать соответствие деятельности принципам устойчивого развития. Следует подчеркнуть, что ESG-рейтинг не является кредитным рейтингом и не подпадает под регулирование Банка России, поскольку отражает нефинансовые аспекты деятельности компании – экологические, социальные и управленческие факторы [186].

В рамках исследования рассматриваются две основные рейтинговые системы оценки устойчивого развития предприятий металлургического комплекса России. В первую очередь анализируется рейтинговая методология агентства RAEX.

Таблица 3.2 – Рейтинговая оценка предприятий металлургического комплекса (черная промышленность) в соответствии с методикой рейтинговой группы RAEX

Название предприятия	SG-рейтинг	E Rank	E-рейтинг	S Rank	S-рейтинг	G Rank	G-рейтинг
ПАО «НЛМК» (Новолипецкий металлургический комбинат)	AA	2	AA	5	AA	20	A
ПАО «Северсталь»	A	5	AA	4	AA	34	BBB
Магнитогорский металлургический комбинат (ПАО «ММК»)	BBB	39	B	7	A	52	BBB
ПАО «Ашинский метзавод»	CCC	96	C	77	CCC	81	B
ПАО «ТМК»	CC	108	C	109	CC	108	B
ПАО «Мечел»	CC	115	C	127	CC	101	B
Источник: raex-rr.com							

Таблица 3.2 содержит ESG-оценки предприятий металлургического комплекса по методологии RAEX. Оценивание проводится по трем направлениям:

- E (Environmental) – экологическая составляющая;
- S (Social) – социальная ответственность;
- G (Governance) – качество корпоративного управления.

Кроме того, в таблице представлен агрегированный показатель SG-рейтинг совокупной оценки социальной и управленческой компонент. Для каждого направления указываются буквенная оценка (от AAA до C) и числовой ранг, представляющий позицию компании относительно других участников рейтинга.

Для интерпретации показателей таблицы 3.2:

- SG-рейтинг – объединенный рейтинг по социальным и управленческим параметрам;
- E Rank / E-рейтинг – рейтинг и ранжирование компании по экологическим показателям;
- S Rank / S-рейтинг – рейтинг и ранжирование по социальным параметрам;
- G Rank / G-рейтинг – рейтинг и ранжирование по открытости управления на предприятиях металлургического комплекса.

Рассмотрим участвующие в рейтинге предприятия металлургического комплекса.

Для ПАО «НЛМК» (Новолипецкий металлургический комбинат) характерен высокий уровень устойчивого развития. Совокупный SG-рейтинг компании

соответствует уровню АА. По экологическим показателям предприятие занимает одну из лидирующих позиций (Е-рейтинг АА, ранг 2). Социальные показатели также находятся на высоком уровне. При этом рейтинг корпоративного управления несколько ниже – уровень А (ранг 20).

ПАО «Северсталь» имеет совокупный ESG-рейтинг уровня А. Высокая степень соответствия принципам устойчивого развития нашла проявление в оценках экологических и социальных показателей на уровне АА. В то же время корпоративное управление имеет рейтинг ВВВ, что характеризует средний уровень развития управленческих процедур по сравнению с лидерами отрасли.

ПАО «ММК» (Магнитогорский металлургический комбинат) относится к компаниям со средним уровнем ESG-развития. Совокупный SG-рейтинг составляет ВВВ. Экологическая компонента оценивается на уровне В, что ниже показателей отраслевых лидеров. При этом социальная составляющая имеет рейтинг А (достаточно высокий уровень социальной политики предприятия). Рейтинг корпоративного управления – ВВВ (ранг 52), что соответствует среднему уровню по выборке.

ПАО «Ашинский метзавод» характеризуется низкими показателями устойчивого развития (SG-рейтинг ССС). Аналогично невысокие оценки получены по экологическим и социальным параметрам. Прослеживается наличие значительного потенциала для улучшения качества нефинансового управления и развития практик устойчивого развития.

ПАО «ТМК» и ПАО «Мечел» имеют рейтинги уровня СС, что отражает сравнительно низкую оценку по ESG-компонентам. Для данных компаний характерны ограничения в области экологического менеджмента, социальной ответственности и корпоративного управления, что может повышать нефинансовые риски.

Компании с высокими рейтингами (ПАО «НЛМК», ПАО «Северсталь») показывают сбалансированное развитие по экологическим, социальным и управленческим направлениям, что формирует устойчивую основу для долгосрочной конкурентоспособности.

Компании со средними и низкими рейтингами обладают значительным потенциалом повышения эффективности ESG-политики, что требует системного развития экологического менеджмента, усиления социальной ответственности и совершенствования корпоративного управления.

Рассмотрим результаты рейтинговой оценки, представленной АО «Рейтинговое агентство АК&М».

Развитые стандарты прозрачности и ответственности перед акционерами, инвесторами и обществом характерны для ПАО «ММК», ПАО «НЛМК» и ПАО «Северсталь» и подтверждаются высоким уровнем раскрытия нефинансовой отчетности.

В рейтинге социальной эффективности в секторе черной металлургии ПАО «ММК» занимает второе место, незначительно опережая ПАО «Северсталь», находящуюся на третьей позиции. Однако в общем рейтинге крупнейших холдингов обе компании занимают более низкие позиции (ПАО «ММК» – 21-е место, ПАО «Северсталь» – 23-е место), что указывает на более высокую конкуренцию на межотраслевом уровне.

В рейтинге ответственности перед обществом ПАО «Северсталь» занимает более высокие позиции по сравнению с ПАО «ММК»: второе место против третьего в отраслевом сегменте и 16 место против 18 среди крупнейших холдингов, что указывает на более развитые практики корпоративной социальной ответственности.

В рейтинге углеродного следа ПАО «Северсталь», имея более последовательную политику декарбонизации и экологической модернизации, также опережает ПАО «ММК» как в черной металлургии (второе место против третьего), так и среди крупнейших холдингов (21-е место против 22-го) [186].

Методологической основой настоящего исследования выступает комплексный экономический анализ деятельности ведущих металлургических компаний России, базирующийся на изучении их стратегий устойчивого развития, нефинансовой отчетности и практик реализации ресурсно-ориентированного управления.

Ресурсно-ориентированный подход (Resource-Based View, RBV) в металлургическом секторе акцентирует внимание на эффективном управлении стратегическими ресурсами – производственными мощностями, сырьевой базой, технологическими компетенциями и человеческим капиталом – как источниками долгосрочного конкурентного преимущества. Данный подход особенно актуален для металлургической отрасли, характеризующейся высокой капиталоемкостью, ресурсной зависимостью, ужесточением экологических нормативных требований и необходимостью повышения операционной эффективности. В научной статье автора данного диссертационного исследования «Развитие стратегического потенциала металлургических компаний России в контексте ресурсно-ориентированного подхода: современные тенденции и перспективы» [184] представлен комплексный анализ стратегических направлений развития ведущих металлургических компаний России (ПАО «Северсталь», ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «НМЛК») с позиций ресурсно-ориентированной концепции.

Инвестиционная привлекательность металлургических компаний в современных условиях все в большей степени определяется их экологическими характеристиками. Исследования, анализирующие взаимосвязь между экологическими показателями (уровень выбросов CO₂, повторное использование воды и другие параметры) и финансовыми индикаторами эффективности (выручка, инвестиции в НИОКР), показывают, что компании с системно выстроенной экологической стратегией обладают более высокой инвестиционной привлекательностью [194]. Прослеживается тенденция к интеграции ресурсно-ориентированного подхода с практиками устойчивого развития, при которой стремление к максимизации прибыли сочетается с экологической ответственностью, формируя основу долгосрочной конкурентоспособности.

Важное значение приобретает стратегическая адаптивность металлургических компаний к внешним и внутренним факторам – волатильности мировых рынков, изменению нормативно-правовой базы, трансформации цепочек поставок. Современные исследования подчеркивают, что неблагоприятные макроэкономические и институциональные условия требуют разработки новых

стратегий, позволяющих эффективно использовать существующие ресурсы и развивать инновационные компетенции [195]. В российских металлургических компаниях ресурсно-ориентированный подход все чаще рассматривается как эффективный инструмент повышения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого роста в условиях нестабильной внешней среды. Он предполагает интегрированное управление материальными, технологическими и нематериальными ресурсами с целью создания долгосрочной ценности и минимизации экологических и экономических рисков.

Особую роль при использовании данного подхода играет цифровизация. Цифровые технологии трансформируют традиционные металлургические процессы, способствуя повышению производственной эффективности, оптимизации использования ресурсов и совершенствованию управленческих решений. А.Ю. Анисимов и соавторы отмечают, что цифровизация бизнес-процессов металлургических предприятий приводит к росту рентабельности и снижению операционных рисков, формируя устойчивые конкурентные преимущества на глобальном рынке [196]. Аналогичные выводы представлены в работах М.А. Чешева и Е.С. Замбрицкой, где подчеркивается, что цифровизация способствует повышению качества экономических ресурсов и усилению инновационного потенциала отрасли [197].

Экологическая составляющая в современных условиях все более интегрируется в ресурсно-ориентированный подход к управлению предприятиями. Н.А. Казакова и В.Г. Когденко подчеркивают, что экологическая безопасность становится самостоятельным конкурентным преимуществом. В условиях роста глобального спроса на устойчивые практики способность компаний оценивать и минимизировать экологические риски приобретает статус стратегического императива, напрямую влияющего на их положение на мировом рынке [198].

Основными компонентами ресурсно-ориентированного подхода являются производительность труда и инновационный потенциал. Повышение производительности в металлургическом секторе напрямую связано с внедрением инновационных технологий и совершенствованием управления ресурсами.

С.Б. Долженко и Д.С. Малышев подчеркивают, что современная ситуация в мировой ситуации стимулирует к переходу на интенсивную модель производительности труда [199]. О.А. Великая отмечает необходимость адаптации механизмов стратегического развития металлургических предприятий к современным рыночным условиям, включая санкционные ограничения и трансформацию глобальных цепочек поставок [200].

Предложенные автором в работе компоненты стратегического потенциала (финансово – экономический, организационно – управленческий, экологический, кадровый, производственно – технологический, инвестиционно-инновационный) и соответствующие частные показатели формируют основу для комплексного экономического и статистического анализа стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности.

В последние годы в российской металлургии наблюдается рост ресурсной эффективности. Наблюдается снижение экологической нагрузки и укреплении конкурентных позиций на мировом рынке. Предприятия отрасли инвестируют в экологические проекты, модернизацию оборудования, цифровые системы мониторинга и энергоэффективные технологии, хотя масштаб и эффективность этих инвестиций различаются между компаниями.

В глобальном контексте энергетический сектор находится в стадии структурной трансформации, связанной с необходимостью декарбонизации. При этом, как отмечается в ряде исследований, реализуемые дорожные карты зачастую формируются на макроуровне без учета специфики рыночных механизмов электроэнергетики [201]. Европейская стратегия достижения климатической нейтральности стимулирует разработку комплексных моделей декарбонизации промышленности [202]. Для металлургической промышленности России, являющейся одним из значимых источников выбросов CO₂, политика декарбонизации приобретает стратегическое значение. Крупнейшие компании реализуют программы по повышению энергоэффективности, развитию вторичной переработки, внедрению технологий улавливания и хранения углерода, а также расширению использования возобновляемых источников энергии, снижая

углеродную интенсивность производства и повышая экологическую устойчивость бизнеса.

Декарбонизация требует существенных инвестиционных ресурсов и технологической модернизации производственных процессов. Однако в долгосрочной перспективе такие преобразования способствуют снижению экологических рисков, повышению инвестиционной привлекательности и укреплению стратегической устойчивости предприятий.

В соответствии с Парижским соглашением 2015 года большинство стран приняли обязательства по достижению углеродной нейтральности к середине XXI века [203]. Концепция «чистого нуля» (net zero) стала ведущей парадигмой глобальной климатической политики [204]. Для металлургической отрасли это означает необходимость системной трансформации технологической базы и управленческих практик с целью обеспечения баланса между экономической эффективностью и экологической ответственностью.

3.2 Методика комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, ред. от 18.03.2023) в статье «Моделирование принципов устойчивого развития предприятий металлургического комплекса на основе теории нечетких когнитивных карт» [205].

Современная металлургическая промышленность находится в стадии структурной трансформации, обусловленной необходимостью перехода к экологически ориентированным моделям производства. Усиление международных экологических требований, распространение стандартов ESG, внедрение трансграничного углеродного регулирования и активизация государственной климатической политики требуют пересмотра стратегических приоритетов предприятий отрасли [205].

Актуальность приобретает разработка инструментов оценки и развития стратегического потенциала металлургических предприятий с учетом факторов устойчивого развития. При этом традиционные методы экономического анализа зачастую оказываются недостаточными для моделирования сложных, взаимозависимых и характеризующихся высокой степенью неопределенности процессов [205].

Методологической основой в работе является использование теории нечетких когнитивных карт (НКК) как инструмента анализа поведения сложной системы в ответ на изменение переменных. Подход позволяет интегрировать качественные экспертные оценки и количественные методы моделирования, обеспечивая формализацию взаимосвязей между факторами устойчивого развития и оценку их системного воздействия.

Теория нечетких когнитивных карт представляет собой метод моделирования сложных социально-экономических систем, характеризующихся неопределенностью и множественными причинно-следственными связями. НКК создаются в форме ориентированного графа, в котором вершины соответствуют основным концептам (переменным системы), а направленные дуги отражают причинные связи между ними. Весовые коэффициенты дуг характеризуют силу и направление влияния одного фактора на другой [206]. Применение НКК эффективно в условиях неполной информации и высокой вариативности данных, поскольку данный инструмент основан на принципах нечеткой логики и позволяет учитывать степень неопределенности экспертных оценок [207, 208]. НКК позволяют анализировать динамику системы при различных сценариях воздействия.

Современные исследования направлены на совершенствование базовой модели НКК для решения прикладных задач стратегического анализа. Д. Яковидис рассматривает развитие интуиционистских нечетких когнитивных карт как расширение классической модели [209].

НКК объединяет экспертные знания о функционировании социально-экономических систем и бизнес-процессов, не поддающиеся анализу

традиционными методами [210]. Принятие управленческих решений на основе пифагоровых НКК может оказаться эффективным при выборе жизнеспособных стратегий сдерживания отходов от электронного оборудования [211]. Данный подход, апробированный на задаче управления электронными отходами, потенциально может быть полезен и для анализа сложных экологических проблем в других отраслях, например в металлургии, однако требует дальнейшей адаптации и верификации.

В системе управления предприятиями нечеткие когнитивные карты используются для учета организационных, экономических и экологических факторов при разработке стратегических решений. Подход сочетает экспертные оценки с количественными данными и позволяет более полно отразить влияние различных факторов на результаты деятельности предприятия [212].

Важными свойствами НКК являются их адаптивность и способность сочетаться с другими инструментами анализа неопределенности. Научные исследования направлены на расширение базовой модели за счет включения элементов интуиционистской нечеткой логики и положений теории свидетельств Демпстера–Шафера [213], учитывая степень уверенности и неопределенности в экспертных оценках и повышая аналитическую гибкость модели.

НКК выступают в качестве когнитивного и аналитического инструмента, позволяющего визуализировать и количественно оценивать связи в динамичной стратегической среде. Моделирование петель обратной связи и структур влияния экологических факторов актуально в условиях многомерных рыночных процессов.

И. Перейра и соавторы показали, что комбинирование НКК с методами системной динамики позволяет анализировать влияние энергопотребления на устойчивость малых и средних предприятий [214]. М. Амели и соавторы применили НКК для анализа экспертных оценок достижения Целей устойчивого развития в условиях пандемии COVID-19 [215]. Л. Занон и соавторы использовали нечеткие когнитивные карты для анализа взаимосвязи между эффективностью цепочек поставок и инициативами в области экономики замкнутого цикла [216]. В

условиях внедрения принципов циркулярной экономики в операционные модели деятельности предприятий данный аспект приобретает особую значимость.

Методические возможности НКК также используются в финансово-экономическом анализе устойчивости. М. Зиоло и соавторы показали потенциал НКК при оценке устойчивости бизнес-моделей в различных секторах экономики, обосновывая их применимость для разработки адаптированных стратегий устойчивого развития с учетом отраслевой специфики [217].

Металлургическая отрасль находится в стадии трансформации, обусловленной совокупностью экономических и экологических вызовов. Одним из факторов долгосрочной устойчивости становится способность предприятий адаптироваться к требованиям низкоуглеродного развития и усилению климатического регулирования. Традиционные методы экономического анализа не в полной мере учитывают динамический характер взаимовлияний и высокую степень неопределенности внешней среды. Целесообразным является применение теории нечетких когнитивных карт, позволяющей моделировать взаимосвязи между стратегическими переменными и анализировать альтернативные сценарии развития.

Теория НКК дает возможность количественного и качественного моделирования факторов устойчивого развития в условиях неопределенности и многокритериальности. Подход интегрирует элементы когнитивного моделирования, системного и экономического анализа, а также инструментарий нечеткой логики и формализует сложные причинно-следственные связи для анализа их влияния на стратегический потенциал предприятий.

На первом этапе были идентифицированы направления, отражающие экологические аспекты стратегического потенциала предприятий металлургической отрасли. Концепты выбирались на основе анализа научной литературы, отчетов отраслевых компаний, ESG-рейтингов, а также с привлечением экспертов. Разработанная методика включает шесть взаимосвязанных концептов, характеризующих важные направления устойчивого развития предприятий металлургической промышленности России:

- ресурсную эффективность;
- экологическую устойчивость;
- зеленые (экологические) инновации;
- декарбонизацию;
- принцип чистого нуля (Net Zero);
- ESG-ориентированное управление.

Численные расчеты, статистический анализ данных и построение моделей осуществлялись с применением программного комплекса Wolfram Mathematica 13.3.0. Выбор данного инструментария обусловлен его широкими возможностями в области многомерного статистического анализа, а также высокой вычислительной производительностью.

Для построения матрицы весов использовались экспертные оценки с участием специалистов в области экономического анализа, стратегического планирования и управления производственными системами. Каждый эксперт заполнял анкету, в которой указывал силу и направление влияния между парами концептов по шкале от -1 до 1 с шагом $0,1$ (приложение А).

Методический подход основан на принципах системного анализа, когнитивного моделирования и элементов нечеткой логики и учитывает многокомпонентность процессов экологической трансформации отрасли.

Методика комплексного экономического анализа экологических аспектов предприятий металлургической промышленности России представлена далее.

1. Идентификация концептуальных элементов $C = \{C_1, C_2, \dots, C_6\}$.

Каждый концепт является узлом когнитивной карты, характеризующим состояние соответствующего экологического аспекта деятельности предприятия.

2. Определение структуры причинно-следственных связей.

На основе экспертных оценок формируется ориентированный граф, в котором дуги $i \rightarrow j$ описывают влияние концепта C_i на концепт C_j .

3. Квантификация влияний и формирование матрицы весов.

Каждой причинно-следственной связи присваивается весовой коэффициент w_{ij} , определяющий знак влияния (положительное/отрицательное) и интенсивность воздействия (от слабого до сильного).

Весовые коэффициенты определяются на основе экспертных оценок, представленных в исследовании, и нормируются в диапазоне $[-1;1]$.

Полученная матрица весов описывает структуру взаимодействий и используется в моделировании динамики экологических изменений:

$$W = [w_{ij}]_{6 \times 6}. \quad (3.1)$$

4. Нормализация и функция активации.

Комплексная процедура обработки экспертных оценок включала:

- медианное агрегирование для проверки устойчивости к выбросам и экстремальным оценкам;
- коэффициент согласия экспертов (Кендалла) – при этом уровень согласованности экспертов поддерживался не ниже 0,7, что соответствует высокой степени согласия.

Для проверки надежности модели использовались процедуры:

1. Структурная валидация – проверка логики и согласованности причинно-следственных связей между концептами.

2. Дополнительно проводилась проверка на устойчивость модели путем добавления шума ($\pm 5\%$) в значения весов. Было выявлено, что такие изменения не приводят к существенной трансформации поведения системы.

В исследовании применяется сигмоидальная функция вида:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-5(x-0,5)}}, \quad (3.2)$$

Использование сигмоидальной функции обусловлено нелинейным характером эколого-экономических взаимодействий в металлургии, где даже малые технологические изменения могут сильно влиять на снижение выбросов или рост ресурсной эффективности.

Эволюция экологической системы моделируется по формуле:

$$A(t + 1) = f(A(t) + A(t)W), \quad (3.3)$$

где $A(t)$ – вектор размерности 1×6 ;

W – матрица 6×6 ;

$f(\cdot)$ – покомпонентно применяемая функция активации.

Моделирование в диапазоне $t = 1 \dots 10$ позволяет оценить скорость реакции системы на воздействия. Итерации продолжаются до достижения стационарного состояния или устойчивой динамической конфигурации.

Когнитивная карта (рисунок 3.2) показывает систему прямых и опосредованных взаимосвязей, характерных для экологического управления в металлургии.

Приоритетную роль играет ресурсная эффективность – способность предприятия снижать потребление сырья и энергоресурсов. Она влияет на экологическую устойчивость (0,6) и связана со снижением выбросов и оптимизацией производственных процессов. Кроме того, ресурсная эффективность соотносится с принципами «чистого нуля» и ESG-подходами, задавая ориентацию на сокращение углеродного следа.

Экологическая устойчивость выступает своего рода интегратором изменений. Она связана с зелеными инновациями (0,7), декарбонизацией (0,4) и ESG-подходами (0,3). Ужесточение экологических требований стимулирует внедрение технологий и изменение корпоративных практик. Обратные связи указывают на многоконтурный характер системы.

Зеленые инновации в данной структуре не формируют исходящих связей и зависят от других факторов. Они возникают под влиянием декарбонизации, ESG-инициатив и требований к экологической устойчивости. Такая конфигурация соответствует практике российских металлургических предприятий, где инновации чаще внедряются в рамках стратегических программ.

Декарбонизация играет системообразующую роль. Она влияет на ресурсную эффективность (0,3), экологическую устойчивость (0,4), зеленые инновации (0,3), принцип «чистого нуля» (0,6) и ESG-управление (0,2). Реализация этих процессов связана с модернизацией оборудования, переходом на низкоуглеродные источники энергии и внедрением цифрового мониторинга.

Ориентир на достижение нулевого баланса выбросов формирует новую парадигму функционирования металлургических предприятий, требующую глубоких структурных реформ. Принцип чистого нуля (Net Zero) обладает обратными и прямыми связями и стимулирует факторы ресурсной эффективности (0,2), устойчивости (0,5), инноваций (0,6), декарбонизации (0,7) и ESG-управления (0,4).

ESG-ориентированное управление служит институциональной рамкой, объединяющей экономические, экологические и социальные аспекты устойчивого развития. В модели оно воздействует на экологическую устойчивость (0,2), зеленые инновации (0,5), декарбонизацию (0,3), принцип чистого нуля (0,2) и ресурсную эффективность. ESG-подходы задают стратегическую логику развития, формируя долгосрочные инвестиционные приоритеты и систему корпоративной отчетности, ориентированную на снижение экологических рисков и повышение прозрачности.

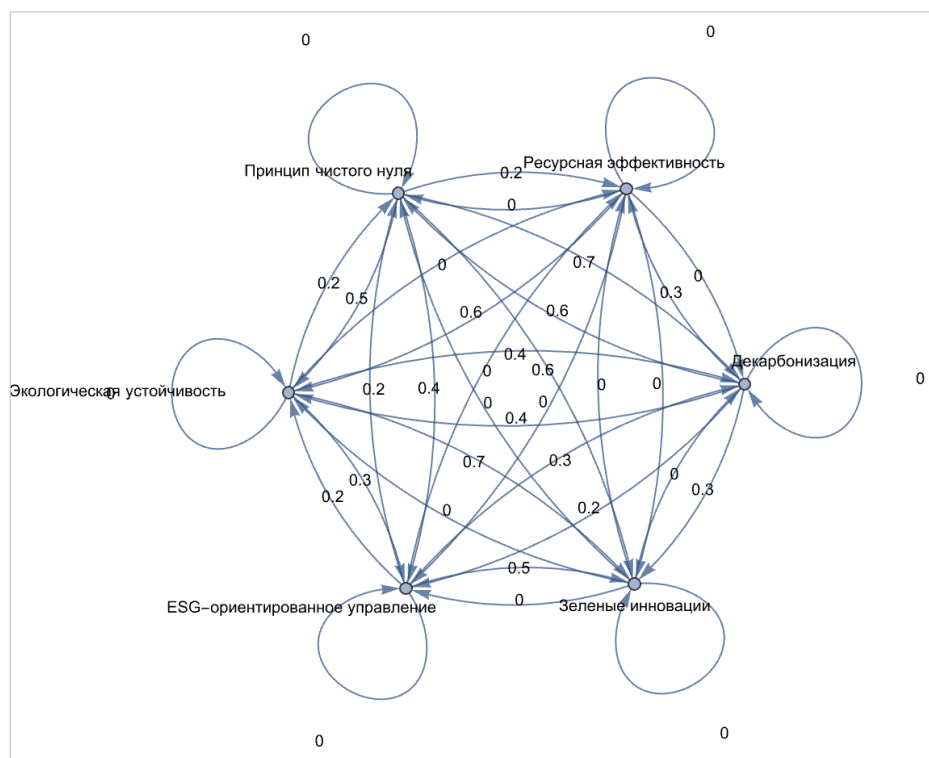


Рисунок 3.2 – Когнитивная карта экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Тепловая карта матрицы весов влияния W (рисунок 3.3) показывает, какие связи между показателями оказываются сильнее, а какие – слабее. Цвет отражает интенсивность: светлые области соответствуют слабому влиянию, более темные – сильному. По карте видно, где сосредоточены основные взаимосвязи и какие элементы играют приоритетную роль в экологической трансформации предприятия.

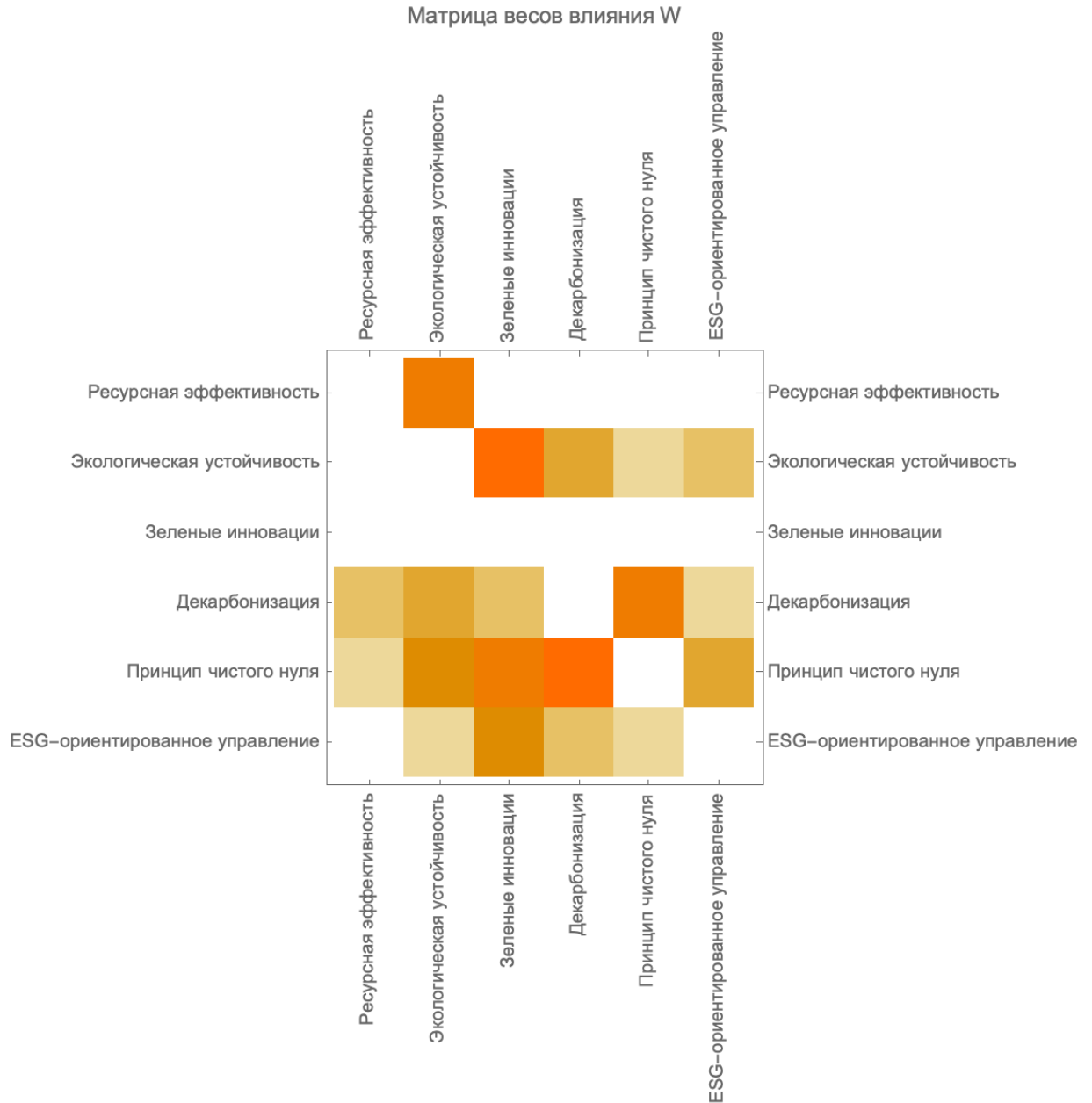


Рисунок 3.3 – Тепловая карта матрицы весов влияния концептов устойчивого развития

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Для анализа устойчивости системы к внешним изменениям рассмотрены три сценария, различающиеся начальными условиями и весами связей.

Сценарий 1 – активная поддержка. Государство инвестирует в зеленые технологии и поддерживает инновации. В результате усиливается влияние декарбонизации, а технологическое развитие ускоряется.

Сценарий 2 – медленный переход. Отрасль адаптируется постепенно. Экологические факторы играют меньшую роль, изменения происходят точечно, без системного эффекта, что сдерживает рост показателей.

Сценарий 3 – экологический кризис. Усиление внешнего давления (например, природные катастрофы или санкции) требует быстрых решений. В этих условиях декарбонизация становится приоритетным фактором и начинает определять другие направления развития.

В первом сценарии (рисунок 3.4) наблюдается стремительная и согласованная динамика роста значений всех концептов. Уже после двух итераций модель демонстрирует почти полное насыщение и выход системы на высокий уровень устойчивости. Выраженное ускорение характерно для концептов «Экологическая устойчивость», «Зеленые инновации» и «Принцип чистого нуля». Декарбонизация выступает в этом сценарии основным фактором изменений, рост ее значений транслируется на технологическое обновление, инициативы Net Zero и ESG-ориентированное управление.

Полученная динамика описывает ситуацию, при которой государственные и корпоративные меры по снижению выбросов углекислого газа носят выраженный приоритетный характер. Характерен комплексный мультипликативный эффект на всю систему устойчивого развития предприятия металлургической промышленности.

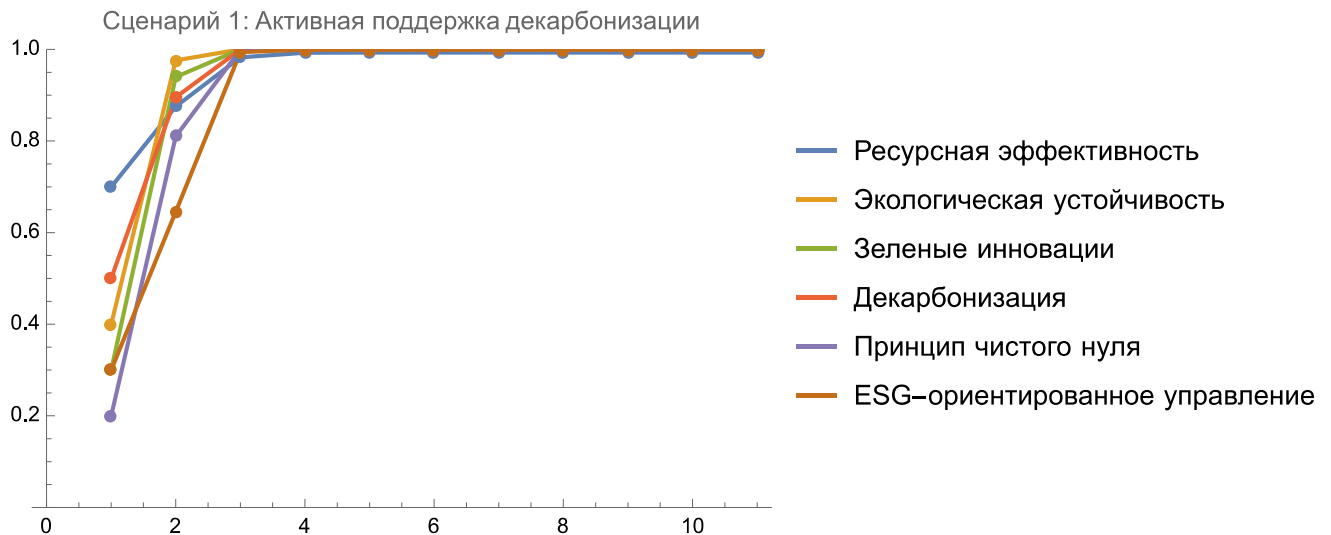


Рисунок 3.4 – Сценарий 1: Активная поддержка декарбонизации

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Во втором сценарии (рисунок 3.5) также наблюдается устойчивый рост переменных, однако скорость достижения высокого уровня значительно ниже по сравнению с первым сценарием. Ослабление влияний, связанных с технологическими инновациями и декарбонизацией, приводит к постепенному насыщению системы. Наиболее чувствительными оказываются концепты «Технологическое обновление» и «Экологическая ответственность», значения которых растут медленнее и достигают устойчивого уровня лишь после нескольких итераций.

Предприятия металлургической промышленности двигаются в направлении экологической модернизации, но ограничиваются постепенными, эволюционными изменениями, например, вследствие недостатка инвестиций или низкой готовности к внедрению передовых технологий.

Сценарий 2 показывает уязвимость системы к недостаточной интенсивности «зеленых факторов», что снижает эффект ESG-инструментов и ограничивает потенциал инновационного развития.

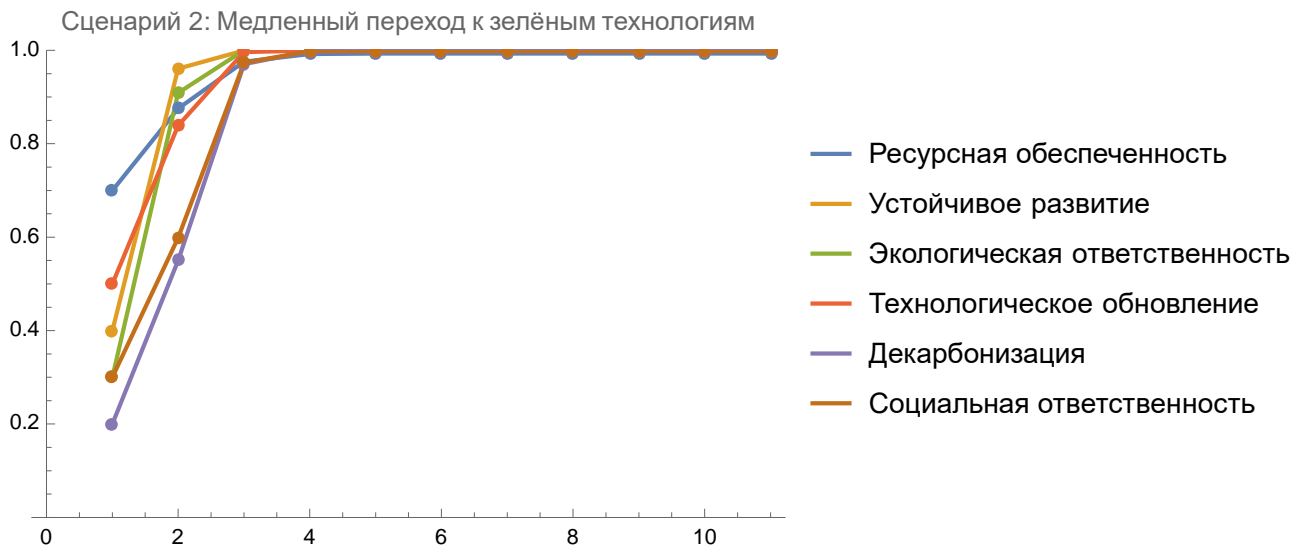


Рисунок 3.5 – Сценарий 2: Медленный переход к зеленым технологиям

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Третий сценарий (рисунок 3.6) моделирует состояние, при котором предприятие сталкивается с сильным внешним экологическим давлением или кризисом, отраженным в повышенных начальных значениях концепта «Принцип чистого нуля». В результате в системе происходит рост значений экологических концептов уже на первой–второй итерации. Особенно быстро увеличиваются показатели «Декарбонизации» и «Принципа чистого нуля» с связи с форсированным принятием экологических мер в условиях угрозы или ужесточения внешнего регулирования.

Система достигает состояния высокой устойчивости даже при кризисном характере сценария, однако механизмы этого роста различаются по источникам воздействия и скорости адаптации системы. Если в первом сценарии движущей силой выступали управленческие инициативы, то в сценарии 3 рост обусловлен внешним давлением, вынуждающим предприятие металлургической промышленности России ускоренно адаптироваться.

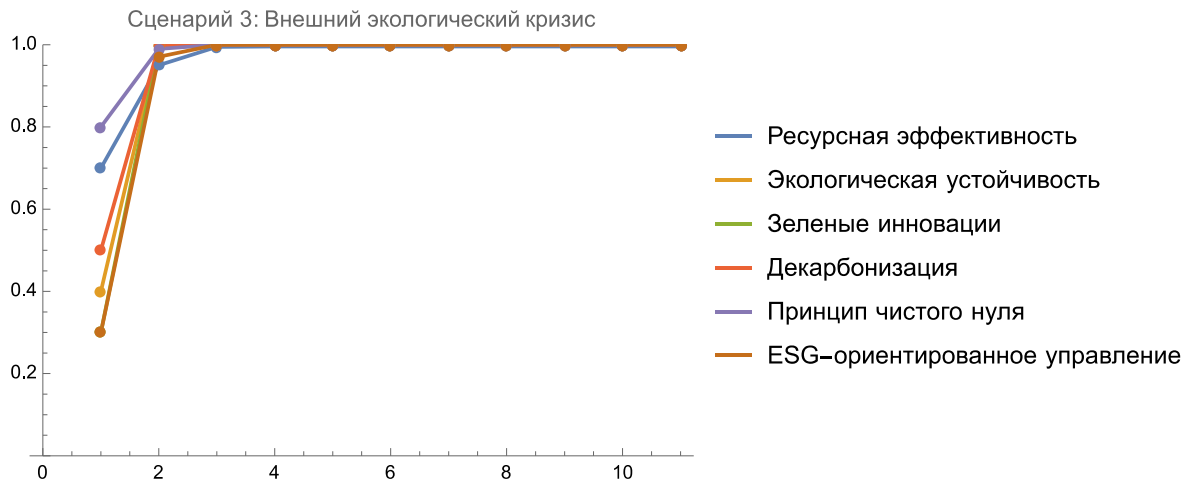


Рисунок 3.6 – Сценарий 3: Внешний экологический кризис

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Анализ трех сценариев показывает (таблица 3.3), что FCM-модель формирует устойчивую динамику и приводит систему к состоянию экологической зрелости при различных исходных условиях. При этом скорость изменений и механизмы перехода заметно различаются.

Сценарий 1 характеризуется наибольшей эффективностью и управляемостью, устойчивость достигается быстро за счет активной поддержки декарбонизационных и инновационных процессов. Сценарий 2 носит умеренный и инерционный характер, рост устойчивости сохраняется, однако его темпы ограничены слабой технологической динамикой. Сценарий 3 является кризисным, система стабилизируется быстро, но за счет вынужденных, а не стратегических преобразований.

Таблица 3.3 – Сравнительная характеристика сценариев развития предприятий металлургической промышленности

Характеристика	Сценарий 1: Активная поддержка декарбонизации	Сценарий 2: Медленный переход к зеленым технологиям	Сценарий 3: Внешний экологический кризис
Интенсивность связей	Высокая и системная	Умеренная, разреженная	Высокая, но неравномерная
Центральный фактор	Декарбонизация	Экологическая устойчивость	Принцип «чистого нуля»
Роль инноваций	Основная	Ограниченная	Вспомогательная
Роль ESG-управления	Модератор	Слабый участник	Механизм стабилизации
Устойчивость системы	Высокая	Средняя	Низкая → адаптивная перестройка

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Проведенный анализ подтверждает значимость FCM-моделирования для поддержки управленческих решений. Варьирование весовых коэффициентов позволяет идентифицировать точки стратегического воздействия и оценивать эффективность альтернативных сценариев экологического развития предприятия.

Предложенная методика комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности может применяться не только в научных исследованиях, но и в практической деятельности в сфере стратегического и управленческого анализа. Методика позволяет оценить адаптацию стратегий устойчивого развития с учетом отраслевых и институциональных рисков, выявляемых в ходе сценарного моделирования.

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты согласуются с выводами Е. Папагеоргиу о том, что нечеткие когнитивные карты позволяют моделировать причинно-следственные структуры социально-экономических систем и могут использоваться при разработке стратегий, ориентированных на принципы циркулярной экономики [218]. По мнению У. Озесми и С. Озесми применение НКК расширяет возможности экологического моделирования за счет учета абстрактных переменных и сложных механизмов обратной связи [219].

Результаты сценарного моделирования в настоящем исследовании показали, что максимальный рост стратегического потенциала достигается при интеграции принципов устойчивого развития в бизнес-модель предприятия.

Анализ показал, что методика экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургического комплекса обеспечивает реализацию сценарного подхода к прогнозированию траекторий устойчивости и выявлению стратегических рисков отраслевой трансформации с использованием инструментария нечетких когнитивных карт.

В отличие от традиционных методов экономического анализа, основанных на линейных зависимостях и статических оценках, предложенный подход

учитывает многоконтурные обратные связи, нелинейность влияний и сценарную вариативность развития системы.

3.3 Статистический анализ влияния мирового производства стали на выбросы парниковых газов

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статье: «Влияние мирового производства стали на выбросы парниковых газов: анализ и перспективы» [220].

Статистические оценки показывают, что на производство стали приходится приблизительно 7 % мировых выбросов CO₂, что составляет около 2,6 миллиарда тонн в год. П. Феннелл и соавторы подчеркивают, что без перехода к технологиям с более низким уровнем выбросов вклад сталелитейной отрасли в выбросы углерода останется существенным, особенно с учетом продолжающегося роста спроса на сталь в развивающихся странах [221].

Сталелитейная промышленность относится к числу углеродоемких отраслей. Данные интегрированных металлургических предприятий показывают, что производство стали сопровождается значительными выбросами парниковых газов, преимущественно вследствие использования угля в доменных печах [222]. Большая доля выбросов формируется на стадиях переработки сырья и в основном в энергоемких производственных процессах, основанных на применении ископаемого топлива.

Вопрос взаимосвязи экономических факторов и динамики выбросов CO₂ является предметом широкого круга эмпирических исследований. Так, панельный анализ А. Касмана и И. Думана выявил статистически значимую зависимость между экономическим ростом, потреблением энергии и увеличением выбросов CO₂ в странах Европейского союза [223].

Исследование И. Рена и соавторов, посвященное китайской сталелитейной промышленности, указывает на наличие двусторонней причинно-следственной связи между экономическим ростом, выбросами углерода и притока прямых иностранных инвестиций [224].

Дополнительные эмпирические подтверждения зависимости между промышленной активностью и динамикой выбросов представлены в исследованиях К. Замана. Рост энергопотребления в промышленных секторах Пакистана имеет причинно-следственную связь с увеличением уровня загрязнения окружающей среды [225]. Этот факт указывает на прямую связь между энергоемкими отраслями, включая производство стали, и объемами углеродных выбросов. Аналогичные выводы содержатся в работе Т. Ксинфа и соавторов, подчеркивающих необходимость внедрения низкоуглеродных технологий на сталелитейных предприятиях для снижения экологической нагрузки [226].

Для проведения исследования были собраны данные о мировом производстве стали (с сайта Всемирной Ассоциации стали (World Steel Association) и выбросах углекислого газа, метана и оксида азота (база данных Всемирного банка (World Bank) за период с 2000 по 2020 год (CO₂ emissions (kt)) [227], «Methane emissions (kt of CO₂ equivalent)» [228], Nitrous oxide (N₂O) emissions (thousand metric tons of CO₂ equivalent)» [229].

Предварительный анализ динамики показателей выявляет замедление роста и частичное снижение выбросов CO₂ после 2018 года. Реализация международной климатической политики и усиление декарбонизационных инициатив характерны для данного периода экономики.

Для оценки взаимосвязи между мировым производством стали и выбросами парниковых газов использован коэффициент корреляции Пирсона. В ходе работы были построены регрессионные модели, где объем производства стали рассматривался как объясняющая переменная, а выбросы углекислого газа, метана и оксида азота — как зависимые показатели. Приведение выбросов к CO₂-эквиваленту позволило сопоставлять климатическое воздействие парниковых газов на основе единой измерительной базы.

Выявлена высокая положительная корреляция (0,98) между мировым производством стали и выбросами углекислого газа за период 2000–2020 год:

$$y = 1,58519 * 10^7 + 10807,7 * x, \quad (3.5),$$

где y – объем выбросов CO₂;

x – объем мирового производства стали.

Коэффициент при x , равный 10807,7, показывает прирост выбросов при увеличении производства на одну единицу, а $R^2=0,96$ указывает на высокую объясняющую способность модели.

Результаты дисперсионного анализа (ANOVA) представлены в таблице 3.4. и указывают на статистическую значимость модели. Низкое значение p ($1,852 \cdot 10^{-14}$) позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии зависимости, а высокий показатель F-статистики (424,557) указывает на ее объясняющую способность.

Таблица 3.4 – Статистические результаты ANOVA для регрессии выбросов CO₂ на основе объемов производства стали

	Между SS	Степени свободы (df)	Внутри SS	F-статистика	p-значение
x	$2,699 \cdot 10^{14}$	1	$2,699 \cdot 10^{14}$	424,557	$1,852 \cdot 10^{-14}$
Ошибка (Error)	$1,208 \cdot 10^{13}$	19	$6,356 \cdot 10^{14}$		
Общее (Total)	$2,819 \cdot 10^{14}$	20			

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Анализ показателя «Methane emissions (kt of CO₂ equivalent)», отражающего выбросы метана, приведенные к эквиваленту CO₂, выявил коэффициент корреляции и коэффициент детерминации, равные 0,99.

В результате регрессионного анализа получено следующее уравнение:

$$y = 5,933 * 10^6 + 1337,63 * x, \quad (3.6)$$

где y – выбросы метана;

x – объем производства стали.

Статистические результаты анализа ANOVA указывают на надежность оценок (таблица 3.5). Показатели объема мирового производства стали оказывают заметное влияние на показатели выбросов метана в мире.

Таблица 3.5 – Статистические результаты ANOVA для регрессии выбросов метана на основе объемов производства стали

	Между SS	Степени свободы (df)	Внутри SS	F-статистика	p-значение
x	$4,134 \cdot 10^{12}$	1	$4,134 \cdot 10^{12}$	1423,222	$2,495 \cdot 10^{-19}$
Ошибка (Error)	$5,519 \cdot 10^{10}$	19	$2,904 \cdot 10^9$		
Общее (Total)	$4,189 \cdot 10^{12}$	20			

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Показатель «Nitrous oxide emissions (thousand metric tons of CO₂ equivalent)» характеризует объем выбросов оксида азота (N₂O), выраженных в тысячах метрических тонн в пересчете на эквивалент углекислого газа. Между объемом производства стали и выбросами оксида азота также выявлена высокая корреляция (0,99) и полученное регрессионное уравнение имеет вид:

$$y = 1,967 \cdot 10^6 + 551,165 \cdot x, \quad (3.7)$$

где y – выбросы оксида азота;

x – объем мирового производства стали.

Около 98 % вариации выбросов объясняется изменением объемов производства стали.

Результаты дисперсионного анализа подтверждают адекватность модели данным и ее пригодность для прогнозирования выбросов оксида азота (таблица 3.6) и указывают на наличие устойчивой связи между анализируемыми показателями.

Таблица 3.6 – Статистические результаты ANOVA для регрессии выбросов оксида азота на основе объемов производства стали

	Между SS	Степени свободы (df)	Внутри SS	F-статистика	p-значение
x	$7,018 \cdot 10^{11}$	1	$7,018 \cdot 10^{11}$	875,84	$2,332 \cdot 10^{-17}$
Ошибка (Error)	$1,523 \cdot 10^{10}$	19	$8,013 \cdot 10^8$		
Общее (Total)	$7,171 \cdot 10^{11}$	20			

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Для дополнительной оценки экологической эффективности отрасли проанализирована динамика показателей объемов мирового производства стали и

средней углеродной интенсивности (выбросов CO₂ на тонну стали) за период 2007–2023 гг. Данные об углеродной интенсивности получены из базы данных Statista (Average carbon dioxide (CO₂) emissions intensity of steel production worldwide from 2007 to 2023).

Показатель средней углеродной интенсивности характеризуется умеренными колебаниями, что указывает на ограниченные темпы технологической декарбонизации отрасли в рассматриваемом периоде.

Статистически значимая взаимосвязь между исследуемыми переменными подтверждается значениями p ($p=0,003$), t -статистики (3,497) и отображена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Оценки коэффициентов регрессии, стандартные ошибки и статистики для модели углеродной интенсивности

	Оценка (Estimate)	Стандартная ошибка (Standard Error)	T-статистика (t-Statistic)	p-значение (P-Value)
I	1,565	0,078	20,144	$2,844 \cdot 10^{-12}$
x	0,0001	0,00005	3,497	0,003

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Статистическая значимость выявленной зависимости обосновывается низкими p -значения для обоих коэффициентов.

Дополнительно проведен дисперсионный анализ (ANOVA) для регрессии между объемами мирового производства стали и уровнем средней углеродной интенсивности, результаты которого представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Статистические результаты ANOVA для регрессии между объемами мирового производства стали и уровнем средней углеродной интенсивности

	Между SS	Степени свободы (df)	Внутри SS	F-статистика	p-значение
x	0,02	1	0,02	12,227	0,003
Ошибка (Error)	0,025	15	0,002		
Общее (Total)	0,046	16			

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Значение F-статистики (12,227) и p-значение (0,003) указывают на статистическую значимость регрессии.

По данным 2007–2023 годов наблюдается положительная статистически значимая зависимость между ростом объемов производства стали и увеличением средней углеродной интенсивности. Увеличение выпуска в условиях сохранения традиционных технологических укладов сопровождается ростом углеродной нагрузки на единицу продукции, требуя ускорения технологической модернизации и внедрения низкоуглеродных решений в отрасли.

Далее был проведен анализ взаимосвязи между мировым объемом производства стали и выбросами углекислого газа (CO₂) с использованием тестов причинности Грейнджера. Предварительно выполнена проверка стационарности временных рядов с применением теста Дики – Фуллера (ADF) и теста KPSS.

Результаты ADF-теста для ряда объемов производства стали представлены в таблице 3.9. При большинстве спецификаций лаговой структуры нулевая гипотеза о наличии единичного корня не отвергается на уровне значимости 5 %.

Таблица 3.9 – Результаты теста на стационарность (ADF) для ряда мирового производства стали

Порядок лага	p-значение
1	0,327
2	0,011
3	0,066
4	0,1769*10 ⁻¹⁰
5	0,000
6	0,748

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Согласно результатам ADF-теста (таблица 3.10), ряд выбросов CO₂ характеризуется наличием единичного корня: во всех спецификациях p-значения превышают 0,05.

Оба рассматриваемых ряда в уровнях характеризуются нестационарностью.

Таблица 3.10 – Результаты теста на стационарность (ADF) для показателей выбросов CO₂

Порядок лага	р-значение
1	0,996
2	0,976
3	0,996
4	0,995
5	0,998
6	0,998

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Дополнительно проведен тест KPSS, нулевая гипотеза которого предполагает стационарность ряда. Результаты для ряда показателей мирового объема производства стали и выбросов углекислого газа представлены в таблице 3.11 и 3.12 и указывают на наличие трендовой компоненты, подтверждающей необходимость применения дифференцирования.

Таблица 3.11 – Результаты теста KPSS для ряда показателей объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,205
2	0,141
3	0,132
4	0,133
5	0,141
6	0,152

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 3.12 – Результаты теста KPSS для показателей объемов выбросов CO₂

Порядок лага	р-значение
1	0,375
2	0,244
3	0,197
4	0,173
5	0,159
6	0,152

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Для того чтобы временные ряды стали стационарными, были вычислены первые разности с учетом результатов обоих тестов.

После преобразования рядов был проведен тест причинности Грейнджера. Результаты для первых разностей представлены в таблице 3.13

Таблица 3.13 – Результаты теста Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и выбросов CO₂

Порядок лага	р-значение
1	0,002
2	0,008
3	0,019
4	0,065
5	0,031

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Статистически значимая причинно-следственной зависимости (в смысле Грейнджера) обнаружена на лагах 1, 2, 3 и 5 (при уровне значимости 5 %). Прошлые значения приростов производства стали обладают прогностической способностью в отношении изменений выбросов углекислого газа.

Результаты теста Грейнджера в обратном направлении (от выбросов CO₂ к производству стали) представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Результаты теста Грейнджера для первых разностей выбросов CO₂ и объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,174
2	0,405
3	0,925
4	0,921
5	0,167

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Во всех случаях р-значения превышают 0,05, и нулевая гипотеза об отсутствии причинности сохраняется. Статистически значимая причинно-следственная связь от выбросов CO₂ к производству стали не выявлена.

Дополнительно был проведен анализ устойчивости регрессионных моделей для первых разностей показателей (таблица 3.15).

Совокупные модели для лагов 1–5 являются статистически значимыми ($p < 0,05$). Наиболее устойчивой оказалась модель с лаговой структурой 5 периодов, для которой получено минимальное р-значение. Стандартные ошибки указывают на приемлемую точность оценок.

Таблица 3.15 – Коэффициенты, стандартные ошибки и р-значения для модели влияния первых разностей объемов производства стали на выбросы углекислого газа по периодам

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	р-значение
1	{167291; 1,834; -13951,400}	{246020; 0,642; 5572,600}	0,024
2	{240753; 1,942; 0,372; -14970,700; -6695,140}	{285322; 0,624; 0,765; 5236; 6317,210}	0,023
3	{336786; 1,269; 0,305; 1,878; -12101,200; -7539,180; -17142,100}	{287575; 0,694; 0,750; 0,717; 5435,360; 6044,350; 5983,110}	0,011
4	{569474; -0,247; -0,551; 3,848; 0,886; -3123,870; -4536,610; -33434,300; -9764,650}	{185141; 0,524; 0,540; 0,603; 0,563; 3654,320; 4384,170; 4907,420; 4948,740}	0,001
5	{859051; 0,620; -0,552; 4,183; -0,059; -0,866; -10111,600; -2406,090; -36243,900; -514,653; 3417,250}	{68527,100; 0,290; 0,131; 0,140; 0,597; 0,246; 1492,920; 957,592; 1368,990; 5307,110; 2115,830}	0,000
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.			

Включение более длинной лаговой структуры позволяет учитывать инерционные эффекты и отложенное влияние производственной динамики на экологические показатели.

Итоговая регрессионная модель для первых разностей выбросов CO₂ имеет вид:

$$\begin{aligned} \Delta CO2_t = & 859051 + 0,620 * \Delta CO2_{t-1} - 0,552 * \Delta CO2_{t-2} + 4,183 * \\ & * \Delta CO2_{t-3} - 0,059 * \Delta CO2_{t-4} - 0,866 * \Delta CO2_{t-5} - 10111,6 * \Delta Steel_{t-1} - \\ & - 2406,09 * \Delta Steel_{t-2} - 36243,9 * \Delta Steel_{t-3} - 514,653 * \Delta Steel_{t-4} + \\ & + 3417,25 * \Delta Steel_{t-5} + \varepsilon_t, \end{aligned} \quad (3.8)$$

где $\Delta CO2_t$ – первая разность выбросов CO₂ в момент времени t ($\Delta CO2_t = CO2_t - CO2_{t-1}$);

$\Delta Steel_t$ – первая разность объемов мирового производства стали с лагом k ;

$\Delta CO2_{t-k}$, $\Delta Steel_{t-k}$ – лаговые значения соответствующих первых разностей, $k = 1, \dots, 5$;

ε_t – случайная ошибка модели.

Анализ выявил наличие краткосрочного и среднесрочного влияния изменений объемов производства стали в мире на динамику выбросов углекислого газа, а также зависимость экологической нагрузки от производственной активности в мировой металлургии.

Для оценки влияния показателей объемов мирового производства стали и выбросов метана по данным Всемирного банка предварительно была проведена проверка стационарности временных рядов с использованием тестов Дики – Фуллера (ADF) и KPSS (таблица 3.16).

Таблица 3.16 – Результаты теста Дики-Фуллера для показателей объемов выбросов метана

Порядок лага	р-значение
1	0,822
2	0,355
3	0,783
4	0,808
5	0,673
6	0,974

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Заметим, что р-значения, превышающие уровень значимости 0,05, не позволяют отвергнуть нулевую гипотезу о наличии единичного корня во всех рассмотренных спецификациях. Следовательно, ряд показателей выбросов метана является нестационарным в уровнях.

Результаты теста KPSS представлены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Результаты теста KPSS для объемов выбросов метана

Порядок лага	р-значение
1	0,316
2	0,211
3	0,179
4	0,164
5	0,156
6	0,154

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученные значения подтверждают наличие трендовой компоненты и указывают на необходимость предварительного преобразования данных для устранения нестационарности.

Результаты теста Грейнджера для первых разностей в направлении «Сталь → Метан» представлены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Результаты теста Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и выбросов метана

Порядок лага	р-значение
1	0,383
2	0,449
3	0,128
4	0,121
5	0,258

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Во всех случаях р-значения превышают 0,05, что не позволяет отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии причинности. Следовательно, изменения объемов производства стали не обладают статистически значимой прогностической способностью в отношении изменений выбросов метана.

Таблица 3.19 показывает результаты теста причинности Грейнджера между первыми разностями выбросов метана и производства стали (показатели для лагов 1–5).

Таблица 3.19 – Результаты теста Грейнджера для первых разностей выбросов метана и объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,620
2	0,232
3	0,139
4	0,095
5	0,252

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

По данным таблицы 3.19, все р-значения превышают 0,05, в связи с чем объем метана не обладает прогностической способностью в отношении производства стали в данной выборке при всех лагах. Статистически значимая взаимосвязь между метаном и будущей динамикой производства стали не выявлена.

В рассматриваемом периоде не выявлено статистически значимой динамической причинности между изменениями объемов мирового производства стали и изменениями выбросов метана. В отличие от выбросов CO₂, для которых была установлена односторонняя причинная связь, динамика метана не выявила

устойчивой зависимости от производственной активности в сталелитейной отрасли.

Для анализа взаимосвязи между объемом производства стали и объемом выбросов оксида азота по данным Всемирного банка проведем анализ с использованием тестов Дики – Фуллера и KPSS для проверки стационарности (таблица 3.20).

Таблица 3.20 – Результаты теста Дики – Фуллера для объемов выбросов оксида азота

Порядок лага	р-значение
1	0,079
2	$7,604 \cdot 10^{-7}$
3	$1,764 \cdot 10^{-15}$
4	1,000
5	1,000
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты ADF-теста выявили, что при лагах 2 и 3 р-значения ниже 0,05. Однако при лагах 4–6 р-значения равны 1, что указывает на невозможность отклонения гипотезы о нестационарности.

Ряд показателей выбросов оксида азота имеет признаки трендовой нестационарности и требует дополнительной проверки.

Результаты теста KPSS для ряда показателей объемов выбросов оксида азота представлены в таблице 3.21.

Таблица 3.21 – Результаты теста KPSS для объемов выбросов оксида азота

Порядок лага	р-значение
1	0,107
2	0,089
3	0,104
4	0,131
5	0,159
6	0,176

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Показатели KPSS для оксида азота (например, 0,176) также выявили наличие тренда в ряду показателей. Ряд показателей оксида азота не является стационарным и требует дифференцирования.

Результаты теста причинности Грейнджера после дифференциации представлены в таблицах 3.22 и 3.23.

Таблица 3.22 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и выбросов оксида азота

Порядок лага	р-значение
1	0,406
2	0,076
3	0,209
4	0,220
5	0,395

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Отсутствию статистически значимой причинно-следственной зависимости в направлении «Сталь → N₂O» во всех случаях подтверждается р-значениями, превышающими уровень значимости 0,05. Следовательно, изменения объемов производства стали не обладают прогностической способностью в отношении изменений выбросов оксида азота.

Таблица 3.23 – Результаты теста Грейнджера для первых разностей объемов выбросов оксида азота и объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,674
2	0,642
3	0,386
4	0,734
5	0,741

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

При проверке обратной связи, все р-значения также превышают 0,05 (таблица 3.23). Взаимная динамическая связь между первыми разностями выбросов оксида азота и объемами производства стали на лагах 1-5 не выявлена.

Для анализа взаимосвязи между объемом производства стали и уровнем средней углеродной интенсивности производства стали за период 2007–2023 годов

предварительно проведена проверка стационарности временных рядов с использованием тестов Дики – Фуллера (ADF) и KPSS, после чего выполнен тест причинности Грейнджера. Результаты теста ADF для объемов производства стали представлены в таблице 3.24.

Таблица 3.24 – Результаты теста Дики – Фуллера (ADF) для объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,339
2	0,030
3	0,003
4	1,000
5	1,000
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Несмотря на наличие статистически значимых значений при отдельных лагах, для ряда характерны признаки трендовой нестационарности, что требует применения дифференциации.

Результаты теста ADF для уровня средней углеродной интенсивности представлены в таблице 3.25.

Таблица 3.25 – Результаты теста Дики – Фуллера (ADF) для уровня средней углеродной интенсивности

Порядок лага	р-значение
1	0,340
2	0,002
3	1,000
4	1,000
5	1,000
6	1,000

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Полученные значения также указывают на наличие единичного корня в ряде, что подтверждает необходимость дифференциации.

Результаты теста KPSS для объемов производства стали представлены в таблице 3.26.

Таблица 3.26 – Результаты теста KPSS для объемов производства стали (с 2007 по 2023 г.)

Порядок лага	р-значение
1	0,130
2	0,099
3	0,103
4	0,115
5	0,146
6	0,198

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста KPSS для уровня средней углеродной интенсивности представлены в таблице 3.27.

С учетом результатов обоих тестов временные ряды были приведены к стационарному виду посредством взятия первых разностей.

Таблица 3.27 – Результаты KPSS теста для уровня средней углеродной интенсивности производства

Порядок лага	р-значение
1	0,106
2	0,077
3	0,08
4	0,103
5	0,157
6	0,237

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и уровня средней углеродной интенсивности представлены в таблице 3.28.

Таблица 3.28 – Результаты теста причинности Грейнджера для первых разностей объемов производства стали и уровня средней углеродной интенсивности

Порядок лага	р-значение
1	0,050
2	0,003
3	0,012
4	0,014

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Анализ показывает статистически значимую причинно-следственную зависимость (в смысле Грейнджера) на лагах 2–4. На лаге 1 значение находится на границе уровня значимости.

Результаты теста Грейнджера в обратном направлении («Углеродная интенсивность → Сталь») представлены в таблице 3.29.

Таблица 3.29 – Результаты теста Грейнджера для первых разностей уровня средней углеродной интенсивности и объемов производства стали

Порядок лага	р-значение
1	0,782
2	0,868
3	0,437
4	0,483

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Уровень углеродной интенсивности не оказывает статистически значимого влияния на объемы производства стали, поэтому можно сделать вывод о наличии односторонней причинно-следственной зависимости. Производство стали обладает предсказательной способностью в отношении динамики углеродной интенсивности, тогда как обратная взаимосвязь статистически не подтверждается.

При оценке модели с различными лаговыми структурами в ходе регрессионного анализа большинство коэффициентов оказываются статистически незначимыми ($p > 0,05$) (таблица 3.30).

Таблица 3.30 – Коэффициенты, стандартные ошибки и р-значения для модели влияния первых разностей объемов производства стали на уровень средней углеродной интенсивности

Лаг	Коэффициенты	Стандартные ошибки	р-значение
1	{0,014; -0,150; -0,000}	{0,013; 0,317; 0,000}	0,446
2	{-0,001; 0,035; 0,040; -0,000; 0,000}	{0,022; 0,350; 0,334; 0,000; 0,000}	0,187
3	{-0,039; -0,327; 0,423; 0,158; 0,000; 0,000; 0,001}	{0,025; 0,269; 0,289; 0,289; 0,000; 0,000; 0,000}	0,059
4	{-0,002; 0,056; 0,444; -0,253; -0,389; 0,000; 0,000; 0,000; -0,000}	{0,027; 0,334; 0,279; 0,271; 0,220; 0,000; 0,000; 0,000; 0,000}	0,122

Примечание – Составлено автором в процессе исследования

Представленные в таблице 3.30 коэффициенты, стандартные ошибки и р-значения для модели влияния первых разностей объемов производства стали на уровень средней углеродной интенсивности выявили отсутствие устойчивой лаговой регрессионной зависимости.

Результаты анализ частично согласуются с исследованием Д. Сюй и др., выявивших взаимосвязь между выбросами углерода и экономическим ростом в сталелитейном секторе [230]. Данные результаты подтверждают, что расширение производственной деятельности сопровождается усилением экологической нагрузки.

И. Рен и соавторы, используя модель стохастического воздействия, выявили двустороннюю причинно-следственную связь между прямыми иностранными инвестициями, экономическим ростом и выбросами углерода в китайской сталелитейной промышленности [224].

В данном диссертационном исследовании предложен методологический подход к статистической оценке стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности с учетом экологических факторов, основанный на выявлении причинно-следственных и лаговых взаимосвязей между объемами производства стали и выбросами парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O), включая показатель углеродной интенсивности (CO_2 на 1 тонну стали). Установлена статистически значимая предсказательная связь между динамикой производства стали и выбросами CO_2 на лагах 1–5, что позволило обосновать включение экологических индикаторов в структуру оценки стратегического потенциала.

Разработанная модель динамической регрессии с распределенными лагами расширяет инструментарий количественной оценки экологических последствий промышленного роста.

Выводы по главе 3

1. По результатам анализа ESG-рейтингов металлургических предприятий установлена дифференциация компаний по уровню устойчивого развития.

Лидирующие позиции занимает ПАО «НЛМК» с высокими показателями по экологическим и управленческим параметрам. Компании среднего уровня представлены ПАО «ММК», тогда как ПАО «ТМК» и ПАО «Мечел».

2. Разработана интегративная методика комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности, основанная на моделировании взаимосвязи шести концептов: ресурсной эффективности, экологической устойчивости, зеленых инноваций, декарбонизации, принципа «чистого нуля» и ESG-управления.

Применение инструментария нечетких когнитивных карт позволило выявить системные зависимости между концептами и определить драйверы трансформации отрасли. Сценарное моделирование показало, что активная политика декарбонизации обеспечивает устойчивый рост стратегического потенциала, тогда как при низком уровне экологических инициатив динамика показателей остается инерционной.

3. Разработан методологический подход к статистической оценке стратегического потенциала металлургической промышленности с учетом экологических факторов, основанный на комплексном корреляционно-регрессионном и причинно-следственном анализе взаимосвязей между объемами мирового производства стали и выбросами парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O), включая показатель углеродной интенсивности.

4. Установлена статистически значимая зависимость между динамикой производства стали и выбросами углекислого газа, подтвержденная результатами регрессионного анализа и тестов причинности Грейнджера.

Разработана динамическая регрессионная модель прогнозирования выбросов CO_2 на основе первых разностей объемов производства стали, позволяющая учитывать отложенные экологические эффекты промышленного роста и расширяющая инструментарий количественной оценки стратегического потенциала металлургической промышленности.

Глава 4 МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО И СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

4.1 Методика комплексного экономического анализа принципов оценки стратегического потенциала предприятий на основе нечетких когнитивных карт

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статье: «Моделирование принципов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России» [231].

Принципы оценки стратегического потенциала носят многогранный характер и охватывают широкий спектр применения в методиках и подходах, позволяющих компаниям анализировать свои ресурсы, компетенции и возможности развития.

Одним из значимых подходов к оценке стратегического потенциала является концепция «анализа стратегической позиции» И. Ансофф подчеркивал необходимость оценки стратегического и финансового потенциала компании через призму адаптации к внешним изменениям [232]. Это согласуется с современными трендами стратегического менеджмента, согласно которым оценка должна быть ориентирована не столько на текущее рыночное положение, сколько на будущие возможности роста, потенциал и адаптивность организации [233].

В условиях технологических изменений металлургической отрасли принципы оценки стратегического потенциала приобретают первостепенное

значение для предприятий, ориентированных на формирование устойчивого конкурентного преимущества.

Как отмечалось в главе 1, стратегический потенциал организации целесообразно рассматривать как объект комплексного экономического и статистического анализа в контексте ее ресурсной базы и динамических способностей. При этом большое значение имеет оценка синергетического эффекта, формируемого за счет качественного управления ресурсами. Такой подход выявляет взаимосвязь стратегического согласования и повышения операционной эффективности, а также стимулирования инновационной активности.

Взаимосвязь принципов формирует итеративный процесс стратегического управления, в рамках которого оценочные процедуры должны сохранять гибкость и адаптивность к изменяющимся рыночным условиям и технологическим трансформациям.

Принципы оценки стратегического потенциала оказывают важное влияние на способность организации использовать свои ресурсы в условиях циркулярной экономики и реализации концепции устойчивого развития. Современные организации все чаще внедряют устойчивые практики, соответствующие данным принципам. Это приводит к получению ими конкурентных преимуществ при достижении экологических и экономических целей.

Интеграция предлагаемых в исследовании принципов оценки стратегического потенциала, представленных в таблице 4.1, способствует формированию стратегий, обеспечивающих соответствие внутренним целям развития, и внешним экологическим и институциональным требованиям.

Таблица 4.1 – Принципы оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности

№	Принцип	Содержание	Практическая интерпретация
1	Единство и целостность	Согласованность целей и задач оценки стратегического потенциала	Увязка стратегических целей с показателями оценки
2	Сбалансированность	Согласование приоритетов, ресурсов и сроков реализации	Баланс между целями, ресурсами и временными ограничениями
3	Результативность и эффективность	Оценка достижения целей и соотношения результатов и затрат	Анализ KPI и ресурсной отдачи
4	Ресурсная обеспеченность	Обеспечение стратегических целей необходимыми ресурсами	Оценка достаточности финансовых, трудовых и технологических ресурсов
5	Измеряемость целей	Количественная оценка целей с использованием методов анализа	Применение показателей и моделей
6	Системность	Учет взаимосвязи всех элементов предприятия	Анализ взаимного влияния факторов
7	Динамичность	Учет изменения показателей во времени	Анализ трендов и динамики
8	Учет внешней среды	Анализ внешних факторов (конкуренция, технологии, институты)	Учет рыночных и институциональных условий
9	Перспективность	Анализ будущих траекторий развития	Прогнозирование и сценарный анализ
10	Устойчивое развитие	Учет экономических, экологических и социальных аспектов	ESG-подход
11	Экологическая ответственность	Снижение экологической нагрузки	Внедрение ресурсосберегающих технологий
12	Инновации и технологическое обновление	Внедрение новых технологий	Оценка инновационной активности
13	Социальная ответственность	Учет социальных факторов	Политика труда и социальные программы
Примечание – Составлена автором в процессе исследования.			

Традиционные методы экономического анализа часто оказываются недостаточными для моделирования сложных, взаимозависимых и неопределенных процессов, характерных для современной производственной системы предприятий металлургической промышленности. В качестве альтернативного инструментария в исследовании использован метод нечетких когнитивных карт, сочетающий в себе качественные экспертные оценки и

количественное моделирование. Метод формализует систему взаимосвязей между элементами стратегического потенциала и моделирует воздействия изменений, что делает его релевантным для анализа сложных и слабо формализуемых систем [205].

Так, А.С. Федулов в исследовании, посвященном нечетким реляционным когнитивным картам, описывает возможные типы когнитивных карт и анализирует основные проблемы формирования моделей на их основе [234].

Системный анализ в условиях высокой степени неопределенности с использованием нечетких когнитивных карт рассматривается в работе А.В. Заграновской. Автором разработаны методологические подходы к оценке деятельности организаций и предприятий на основе данного инструментария [235].

Прогнозирование внешнеэкономической деятельности Российской Федерации с применением гибридных моделей на основе нечетких когнитивных карт и деревьев решений представлено в исследованиях С.А. Ярушева, А.Н. Аверкина и соавторов [236].

Моделирование продовольственной безопасности с использованием нечетких когнитивных карт, с учетом объемов экспорта в условиях импортозамещения, осуществлено в работах А.Ф. Рогачева, Е.В. Мелиховой и Т.В. Плещенко. Авторы также рассматривают различные инструменты нечеткого когнитивного моделирования [237].

А.П. Ротштейн в исследовании, посвященном анализу надежности систем, рассматривает различные методы многофакторного моделирования, включая регрессионный анализ, и указывает на его ограничения, прежде всего необходимость большого объема экспериментальных данных. В качестве альтернативного инструмента автор предлагает использование нечетких когнитивных карт для анализа надежности сложных систем [238].

Методика моделирования плохо структурированных систем раскрывается в работе А.Ф. Оськина и Д.А. Оськина, где предложен алгоритм модификации процедуры формирования нечеткой когнитивной карты Коско [239].

Проблематика управления рисками с использованием математической модели на основе нечетких когнитивных карт и концепции информационной

системы для ее реализации рассматривается в статье Э.Р. Диваевой и М.А. Николаевой. В исследовании представлен подход к параметрической идентификации нечетких когнитивных карт, что расширяет возможности их практического применения [240].

Автором предложена методика комплексного экономического анализа принципов оценки стратегического потенциала на основе нечетких когнитивных карт, которая включает последовательность этапов, обеспечивающих формализацию экспертных представлений об этих принципах и их взаимовлиянии.

Данная методика основывается на принципах системного анализа, теории графов и нечеткой логики, что позволяет моделировать сложные слабоструктурированные процессы, характерные для металлургической отрасли.

Предлагаемая методика.

1. Идентификация концептуальных переменных.

На первом этапе осуществляется выделение набора принципов оценки стратегического потенциала металлургического предприятия. В результате формируется множество концептов $C = \{C_1, C_2, \dots, C_{13}\}$.

Каждый концепт рассматривается как узел когнитивной карты, отражающий состояние соответствующего принципа оценки стратегического потенциала предприятия.

2. Определение структуры причинно-следственных связей.

На втором этапе устанавливаются причинно-следственные зависимости между концептами. Каждая связь формируется на основе экспертных оценок и анализа стратегических документов.

Результатом анализа на основе метода нечетких когнитивных карт является создание ориентированного графа, в котором дуги $i \rightarrow j$ обозначают влияние концепта C_i на концепт C_j .

3. Квантификация влияний и формирование матрицы весов.

Причинно-следственные связи между концептами определяются на основе весов w_{ij} , показывающих направление влияния (положительное или отрицательное) и его интенсивность.

Совокупность таких связей формирует матрицу весов когнитивной карты:

$$W = [w_{ij}]_{13 \times 13}, \dots \dots \dots (4.1)$$

где W – матрица весов когнитивной карты;

w_{ij} – вес влияния i -го концепта на j -й концепт;

$i, j = 1, \dots, 13$ – номера концептов системы.

Следует отметить, что результаты модели чувствительны к выбору весов и экспертных оценок.

4. Нормализация и выбор функции активации.

Динамика модели задается через нелинейную функцию активации. В расчетах используется сигмоидальная функция, которая ограничивает значения переменных в диапазоне (0;1).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-5(x-0,5)}}, \dots \dots \dots (4.2)$$

Такое ограничение значений позволяет избежать скачков в динамике и делает модель менее чувствительной к случайным колебаниям входных параметров.

Использование сигмоидальной функции обусловлено нелинейным характером взаимодействий между принципами оценки стратегического потенциала на предприятиях металлургической промышленности.

5. Задание начальных условий.

Для имитационного анализа задается начальный вектор активации:

$$A(0) = \{a_1(0), a_2(0), \dots, a_{13}(0)\}, \dots \dots \dots (4.3)$$

где $a_i(0) \in [-1; 1]$ – начальный уровень активации i -го концепта.

6. Итеративное обновление состояния карты.

Динамика системы задается выражением:

$$A(t + 1) = f(A(t) + A(t)W), \dots \dots \dots (4.4)$$

где $A(t)$ – вектор состояний системы на шаге t ;

W – матрица весов причинно-следственных связей;

$f(\cdot)$ – сигмоидальная функция активации.

Итерационный процесс моделирования принципов оценки основан на серии итераций $t = 1 \dots 10$ и продолжается до достижения стационарного состояния или квазиустойчивой траектории.

Для построения матрицы весов использовались экспертные оценки с участием специалистов в области экономического анализа, стратегического планирования и управления производственными системами. Каждый эксперт заполнял анкету, в которой указывал силу и направление влияния между принципами оценки стратегического потенциала по шкале от -1 до 1 с шагом $0,1$ (приложение Б).

Построенная когнитивная карта представляет собой ориентированный взвешенный граф, отражающий структуру взаимосвязей между принципами оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России. Узлы графа обозначают концептуально значимые элементы, определяющие способность металлургических компаний к устойчивому функционированию и развитию в условиях высокой технологической, экологической и рыночной турбулентности. Каждое ориентированное ребро графа соответствует причинно-следственной связи между принципами оценки стратегического потенциала. Веса связей, определенные матрицей взаимодействий, характеризуют силу и направленность этих эффектов: положительные значения – усиливающее воздействие, отрицательные – сдерживающее.

Для полученного графа характерна высокая плотность межузловых взаимодействий, указывающая на системную взаимозависимость факторов, определяющих стратегические возможности металлургических предприятий.

Когнитивная карта принципов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности представлена на рисунке 4.1.

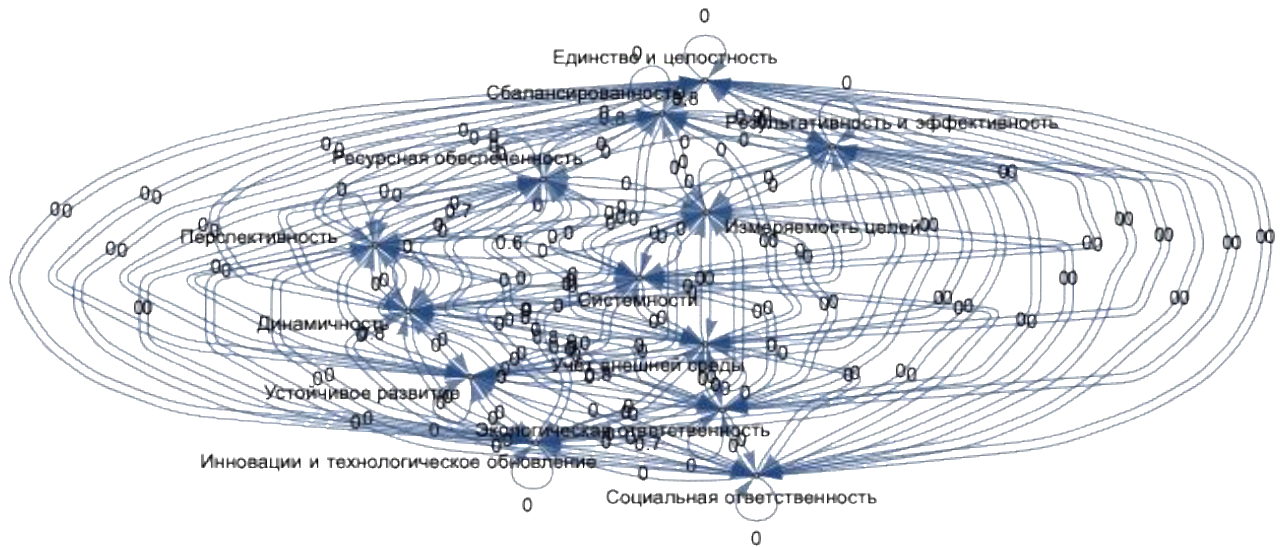


Рисунок 4.1 – Когнитивная карта принципов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Когнитивная карта принципов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности выявляет несколько устойчивых уровней. Цепочка принципов «Ресурсная обеспеченность → Комплексность → Устойчивое развитие → Экологическая ответственность» подтверждает экологически ориентированную стратегию металлургических предприятий, где ресурсная база и технологическая структура напрямую формируют воздействие на окружающую среду.

Вторая цепочка рассматриваемых принципов «Системность управления → Инновации → Социальная ответственность» выявляет взаимосвязь технологической модернизации с социальными обязательствами предприятий, что соответствует стандартам ESG.

Перекрестные связи образуют сетевую структуру, отображая сложный характер стратегического развития предприятий металлургической отрасли.

В результате анализа графа (рисунок 4.1) выделены четыре функциональных кластера, определенные на основе плотности и интенсивности связей между концепциями.

Управленческий кластер, включающий принципы единства и целостности, сбалансированности, эффективности и системности, определяет характер внутренней координации управленческих решений. В условиях металлургической отрасли, где необходима синхронизация инвестиционных и технологических процессов, согласованность управленческих механизмов определяет способность предприятий к реализации стратегических изменений. Влияние принципов управленческого кластера во многом зависит от качества институциональной среды и может снижаться при высокой степени организационной инерции.

Принципы, связанные с обеспеченностью ресурсами, перспективностью развития, динамичностью и технологическими инновациями входят в ресурсно-технологический кластер и связаны с возможностями перехода предприятий металлургической промышленности к энергоэффективным и низкоуглеродным технологиям. Принципы данного кластера формируют основу технологического роста и определяют конкурентоспособность предприятий.

Влияние принципов устойчиво-экологического кластера носит неоднозначный характер – они снижают регуляторные риски, но могут приводить к росту издержек и снижению краткосрочной эффективности. В то же время принципы устойчивого развития и экологической ответственности способствуют долгосрочной устойчивости деятельности и укреплению общественной легитимности металлургических компаний.

Социально-внешний кластер, включающий принципы учета внешней среды, социальной ответственности и измеримости стратегических целей, показывает уровень включенности предприятий металлургической промышленности России в социально-экономическую структуру регионов и их зависимость от внешних факторов, включая глобальный спрос и санкционные ограничения.

В работу вводится понятие сценарной чувствительности принципов оценки стратегического потенциала предприятия как характеристики, отражающей изменчивость их влияния под воздействием внешних факторов. Сценарная чувствительность позволяет выделить устойчивые и уязвимые элементы стратегического потенциала и определить, какие принципы требуют

управленческой поддержки в неблагоприятных условиях (например, экологический кризис, технологическое отставание), а какие способны активироваться самостоятельно.

Матрица весов формируется на основе показателей интенсивности взаимосвязей между концептами, основанными на экспертных оценках и логике системной устойчивости [231]. Разработаны три альтернативных сценария, имитирующие различные условия развития предприятий металлургической промышленности (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Сценарии, имитирующие различные условия развития металлургических предприятий

Сценарии	Краткое описание
1. Умеренный импульс	Базовая стратегическая траектория при стабильной среде. Умеренные значения активации большинства принципов (0,4)
2. Акцент на инновации	Цифровизация, технологический переход, импортозамещение. Высокая активация инноваций, средняя – остальных (0,8, 0,3-0,4)
3. Экологический кризис	Экологические вызовы и санкционное давление. Высокая активация экологии, умеренная – устойчивости и социальной ответственности (0,85, 0,4)
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.	

Сценарный подход учитывает прямые и опосредованные взаимодействия предложенных в диссертационном исследовании принципов оценки стратегического потенциала и позволяет анализировать их чувствительность к изменениям начальных условий.

Результаты моделирования концептов подтверждают методологическую состоятельность подхода и его применимость в задачах аналитической диагностики. Результаты моделирования показывают устойчивость структуры связей между принципами при варьировании сценарных параметров, что указывает на воспроизводимость полученных оценок. Методика позволяет оценивать относительную значимость элементов и прогнозировать их эволюцию в зависимости от сценарных условий, обеспечивая основу для управленческих решений, направленных на укрепление стратегического потенциала промышленных

предприятий. Особенно это актуально в условиях институциональной нестабильности и технологических изменений [231].

Когнитивная карта служит инструментом формализации принципов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России, позволяя обосновывать стратегические управленческие решения на основе комплексного моделирования.

Симуляции принципа «Единство и целостность» (рис. 4.2), характеризующего интеграцию стратегических усилий, согласованность целей и устойчивость организационной модели, выявили различия в динамике его развития в зависимости от исходного уровня активации и преобладающих внешних стимулов. При начальном значении, соответствующем умеренному импульсу стратегической целостности, наблюдается устойчивый рост значения индикатора с последующей стабилизацией на высоком уровне. В отличие от этого, при сценариях слабой инициализации – вне зависимости от специфики внешнего воздействия (инновационного или экологического) – система имеет нисходящую траекторию, быстро переходя к устойчивому равновесию на низких значениях. Прослеживаются нелинейные эффекты в распространении управленческих принципов, что подчеркивает важность их ранней активации.

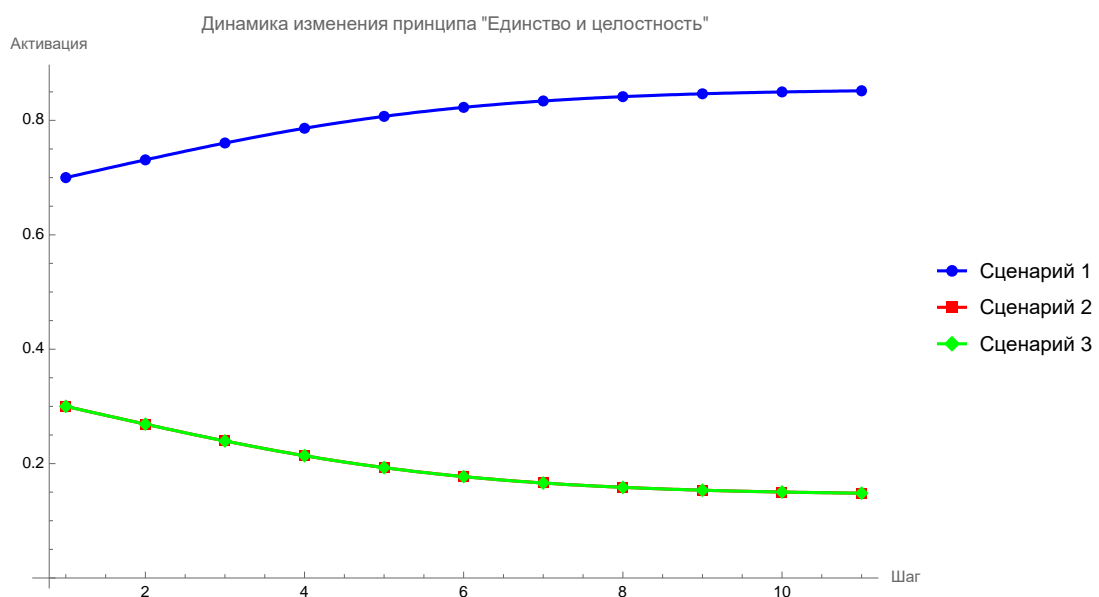


Рисунок 4.2 – Динамика изменения принципа «Единство и целостность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты численного моделирования принципа сбалансированности (рисунок 4.3) выявили внутреннюю устойчивость и быстрое выравнивание динамики на высоких уровнях. Даже при сравнительно низкой начальной активации (в сценариях 2 и 3), соответствующей неблагоприятным условиям, значение индикатора за несколько итераций приближается к 0,95, показывая наличие в системе положительных контуров обратной связи, усиливающих роль сбалансированности в условиях стратегической неопределенности.

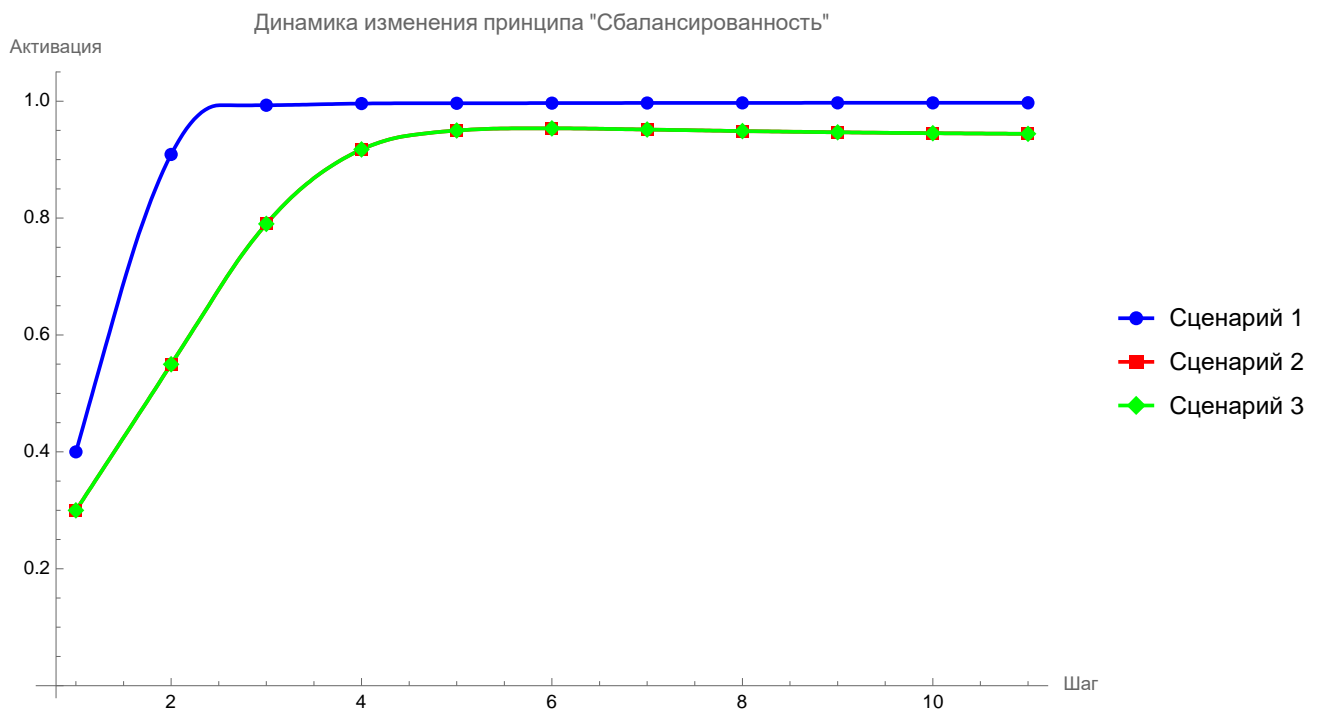


Рисунок 4.3 – Динамика изменения принципа «Сбалансированность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Принцип сбалансированности проявил наименьшую расходимость между сценариями среди всех рассматриваемых принципов, подтверждая его универсальность и высокую синергетическую роль в системе стратегических ориентиров.

Принцип «Результативность и эффективность» характеризует степень целевой направленности процессов и соответствие достигнутых результатов поставленным задачам.

Сценарный анализ (рисунок 4.4) показывает, что даже при умеренном старте (0,4 в сценарии 1) показатель результативности достигает предельных значений уже к третьему шагу моделирования. При менее благоприятных начальных условиях (сценарии 2 и 3, значение 0,3) траектория показывает стремительный рост и практически идентичный выход на уровень 0,998 уже к четвертому шагу. Прослеживается наличие в системе положительной обратной связи, обеспечивающей воспроизводимость и закрепление высокой результативности вне зависимости от начальной среды.



Рисунок 4.4 – Динамика изменения принципа «Результативность и эффективность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Динамика изменения принципа (рисунок 4.4) показывает, что результативность и эффективность в структуре стратегического потенциала усиливают влияние других элементов и проявляются даже при низком уровне управленческого фокуса. Кроме того, незначительные различия между сценариями показывают универсальность и устойчивость данного принципа в различных сценарных условиях [231].

Результаты моделирования подтверждают важность включения данного принципа в качестве одного из опорных при построении систем анализа и оценки стратегического потенциала предприятий, особенно в капиталоемких отраслях, таких как металлургия, где соотношение затрат и результатов критично для устойчивого развития.

Принцип ресурсной обеспеченности характеризует наличие и доступность ресурсов, необходимых для реализации стратегических целей предприятия. В условиях металлургической отрасли данный принцип является приоритетным, поскольку ресурсные ограничения – будь то сырьевые, энергетические или кадровые – напрямую определяют уровень стратегического потенциала.

Сценарное моделирование (рисунок 4.5) выявило, что при наличии даже умеренного начального импульса (Сценарий 1, значение 0,4) принцип характеризуется стремительным возрастанием, достигая уровня 0,99 уже на втором шаге моделирования. Поведение принципа указывает на высокую чувствительность и способность к самоподдержке, подтверждая актуальность интеграции ресурсной базы во внутренние контуры системы управления. Это подтверждает правильность выбора ресурсного подхода для количественной оценки стратегического потенциала [231].

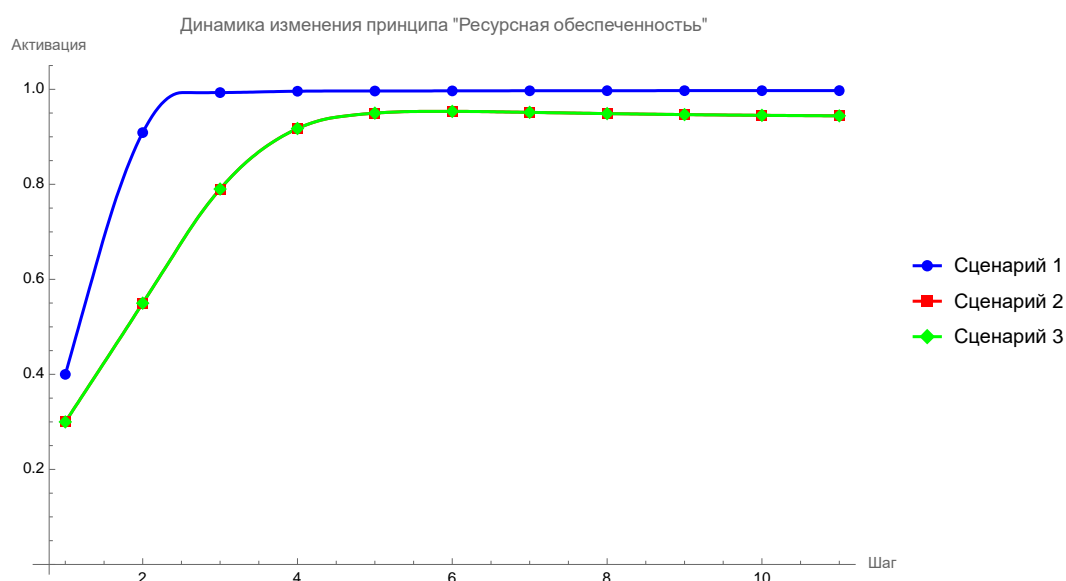


Рисунок 4.5 – Динамика изменения принципа «Ресурсная обеспеченность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Сценарии с более низкой инициализацией (сценарии 2 и 3, 0,3) также приводят к нарастанию значений с последующей сходимостью на уровне 0,94–0,95. Характерно наличие потенциала ресурсной устойчивости, который может быть активирован даже при неблагоприятных начальных условиях [231].

Результаты моделирования принципа измеряемости целей с использованием нечеткой когнитивной карты выявили его ограниченную устойчивость и низкую чувствительность к изменению исходных условий в разных сценариях (рисунок 4.6).

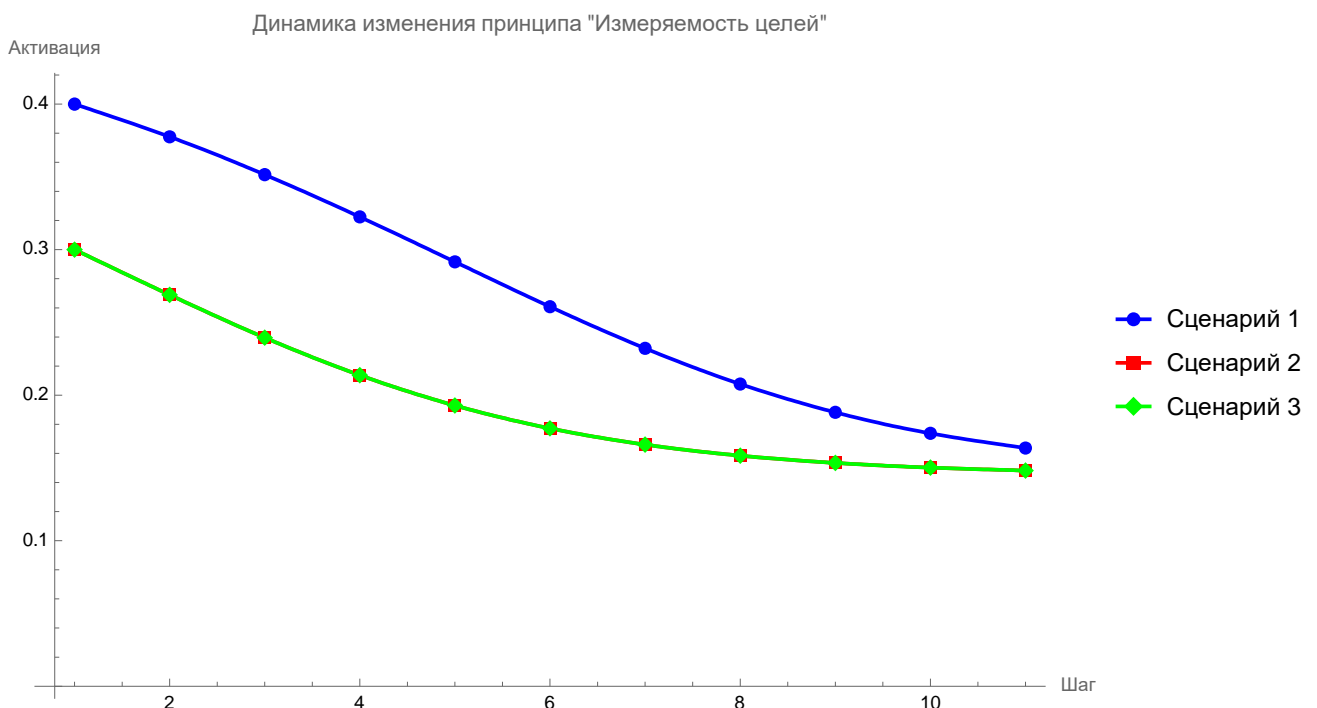


Рисунок 4.6 – Динамика изменения принципа «Измеряемость целей»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Во всех трех сценариях траектория активации показывает монотонное снижение значений, начиная с 0,4 (или 0,3) и достигая равновесного состояния на уровнях около 0,16–0,14 к десятому шагу моделирования.

Отсутствие сценарной дифференциации подчеркивает структурную пассивность показателя, что связано с тем, что в условиях внешней неопределенности и ресурсных ограничений предприятия больше склонны фокусироваться на выживании и адаптации, нежели на точной формализации и

измерении стратегических задач. Это предполагает необходимость усиления методической базы комплексного экономического анализа и разработки инструментов, повышающих вес и значимость измеряемости в системе управления.

Принцип «Перспективности» отражает ориентацию экономического анализа на будущие состояния системы, в том числе через применение бэккастинга – подхода, предполагающего проектирование траекторий развития, исходя из желаемого долгосрочного результата. В контексте металлургической отрасли, характеризующейся высокой капиталоемкостью, длительными инвестиционными циклами и чувствительностью к глобальным рыночным трендам, этот принцип становится особенно значимым. Он позволяет формировать сценарные ориентиры, фокусируясь не только на адаптации к текущим условиям, но и на формировании устойчивых и технологически прогрессивных производственных систем.

Как видно из рисунка 4.7, для динамики активации принципа перспективности выявлен рост уже на первых шагах моделирования, достигая высоких значений (более 0,99) к третьему-четвертому шагу. Подтверждена высокая степени интеграции принципа в архитектуру аналитической системы анализа стратегического потенциала и его центральная роль в когнитивной структуре модели.

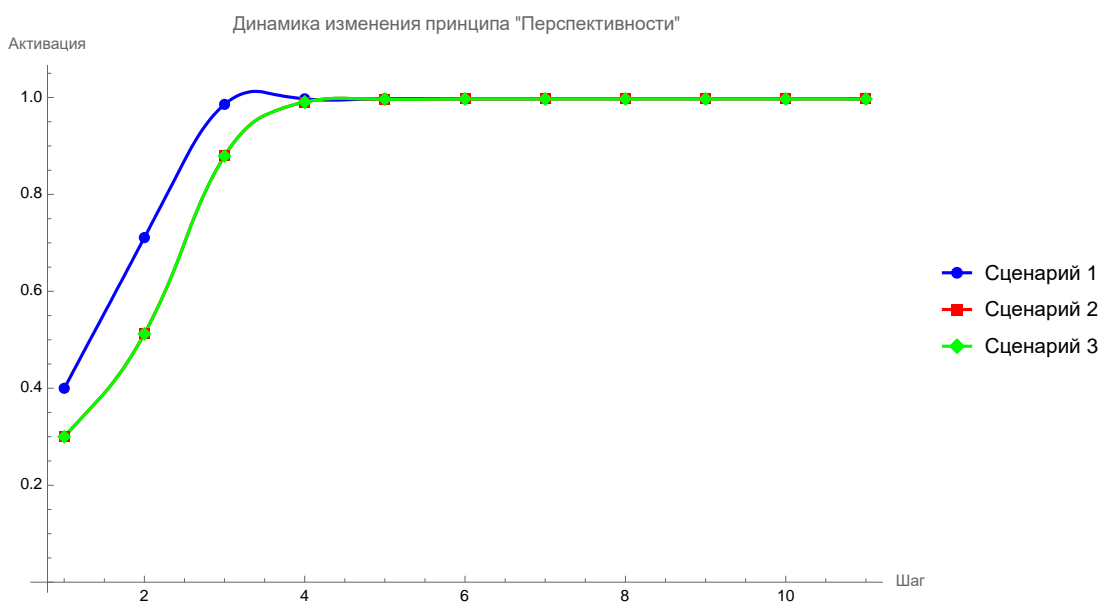


Рисунок 4.7 – Динамика изменения принципа «Перспективность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Высокая активация принципа в разных условиях указывает на его трансверсальное значение в формировании стратегического потенциала. Предприятия отрасли, действующие в условиях технологической трансформации и климатической повестки, нуждаются в стратегических инструментах, обеспечивающих долгосрочную устойчивость и способность к технологическим прорывам. Бэккастинговый подход позволяет интегрировать идеи декарбонизации, цифровизации, а также ресурсной диверсификации в стратегическое мышление на уровне корпоративного управления.

Результаты численного моделирования принципа системности (рисунок 4.8) показали, что этот принцип склонен к поддержанию высоких уровнях активации.

Динамика имеет S-образную кривую роста за счет действия положительных обратных связей, способствующих ускоренному развитию принципа системности после преодоления определенного порогового значения.

Принцип динамичности характеризует способность организации адаптироваться к изменениям внешней среды и проактивно трансформировать свои стратегические подходы.

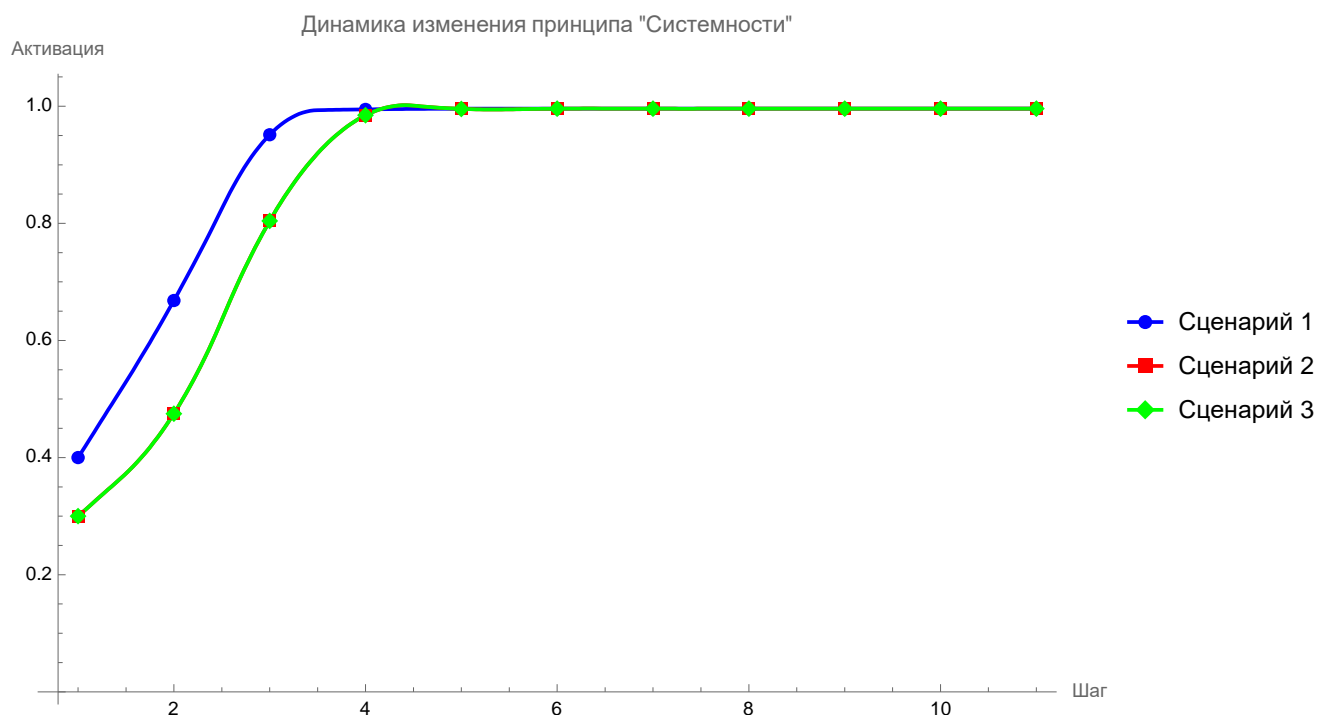


Рисунок 4.8 – Динамика изменения принципа «Системность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В отличие от других принципов оценки стратегического потенциала, моделирование принципа «Динамичность» (рисунок 4.9) показывает устойчивое снижение уровня активации во всех сценариях. Прослеживаются отрицательные обратные связи в системе, ограничивающие развитие данного принципа при взаимодействии с другими элементами стратегического потенциала.

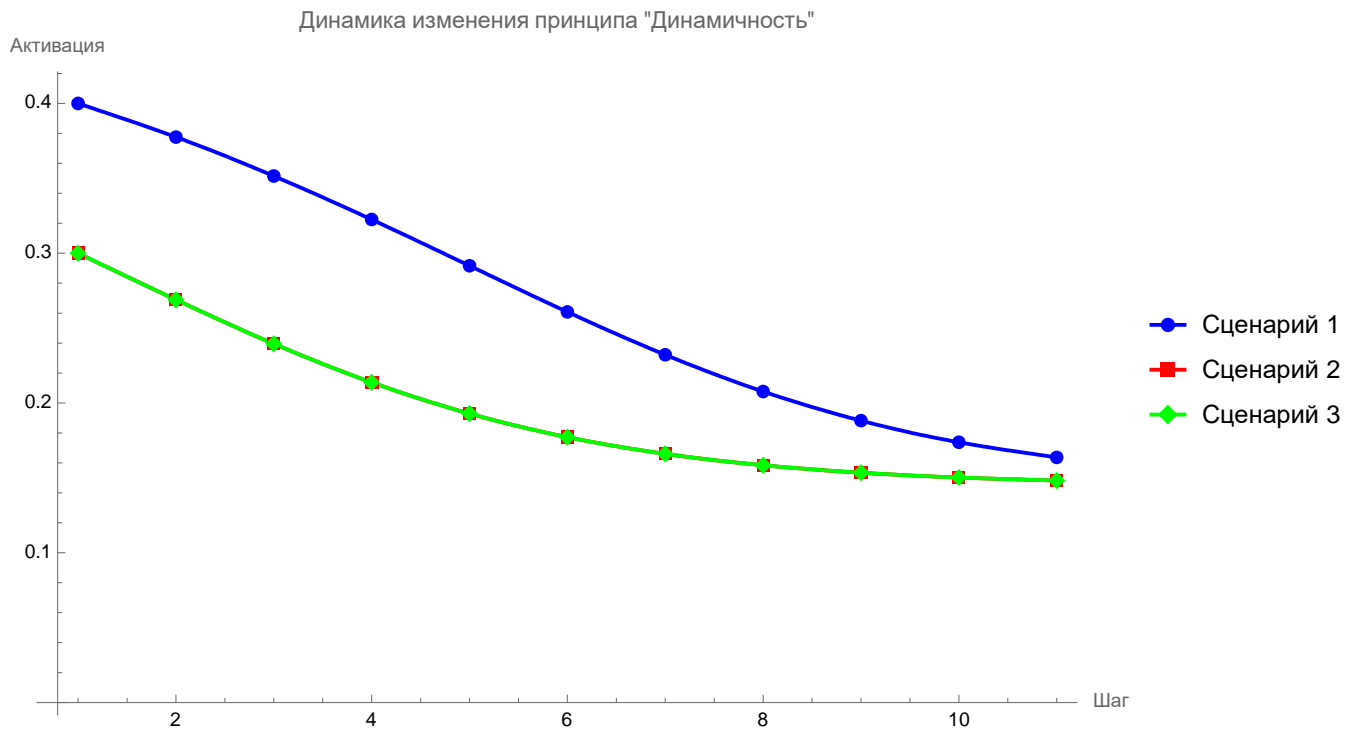


Рисунок 4.9 – Динамика изменения принципа «Динамичность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В первом сценарии (синяя линия) при начальной активации 0,4 значение снижается до 0,164 к десятому шагу моделирования. В сценариях 2 и 3 (зеленые линии) при более низкой начальной активации (0,3) значение концепта также снижается до 0,148 по мере приближения системы к равновесному состоянию. При этом сохраняется минимально необходимый уровень динамичности даже при неблагоприятных условиях.

При общей тенденции к снижению разрыв между сценарием 1 и сценариями 2–3 сохраняется на всем интервале моделирования, что выявляет зависимость конечного состояния от начальных условий.

Моделирование принципа «Учет внешней среды» (рисунок 4.10) показывает тенденцию к устойчивому снижению активации во всех сценариях. Динамика связана с действием компенсаторных механизмов и отрицательных обратных связей.

Существует пороговый минимальный уровень значимости фактора учета внешней среды, при снижении ниже которого эффективность функционирования системы ограничивается. Разрыв между сценариями со временем сокращается. В системе формируется общий аттрактор – устойчивое состояние, к которому она стремится независимо от начальных условий. Формируется баланс между внутренними и внешними факторами в долгосрочной перспективе.

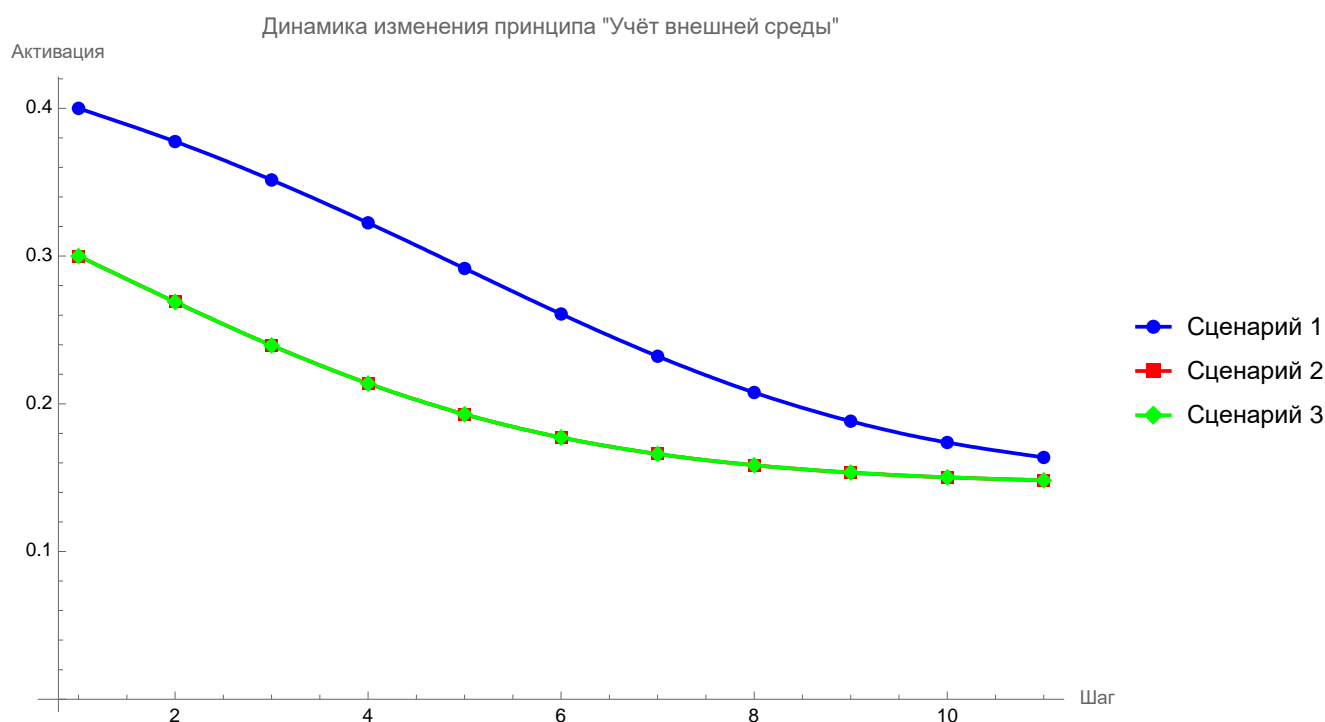


Рисунок 4.10 – Динамика изменения принципа «Учет внешней среды»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Принцип «Устойчивое развитие» отражает способность организации к долгосрочному сбалансированному росту с учетом экономических, социальных и экологических аспектов деятельности.

Как видно из рисунка 4.11 принцип устойчивого развития быстро достигает высоких значений и остается на уровне около 0,998. По всем трем сценариям

схожая S-образная кривая роста, различающаяся лишь скоростью достижения зоны насыщения.

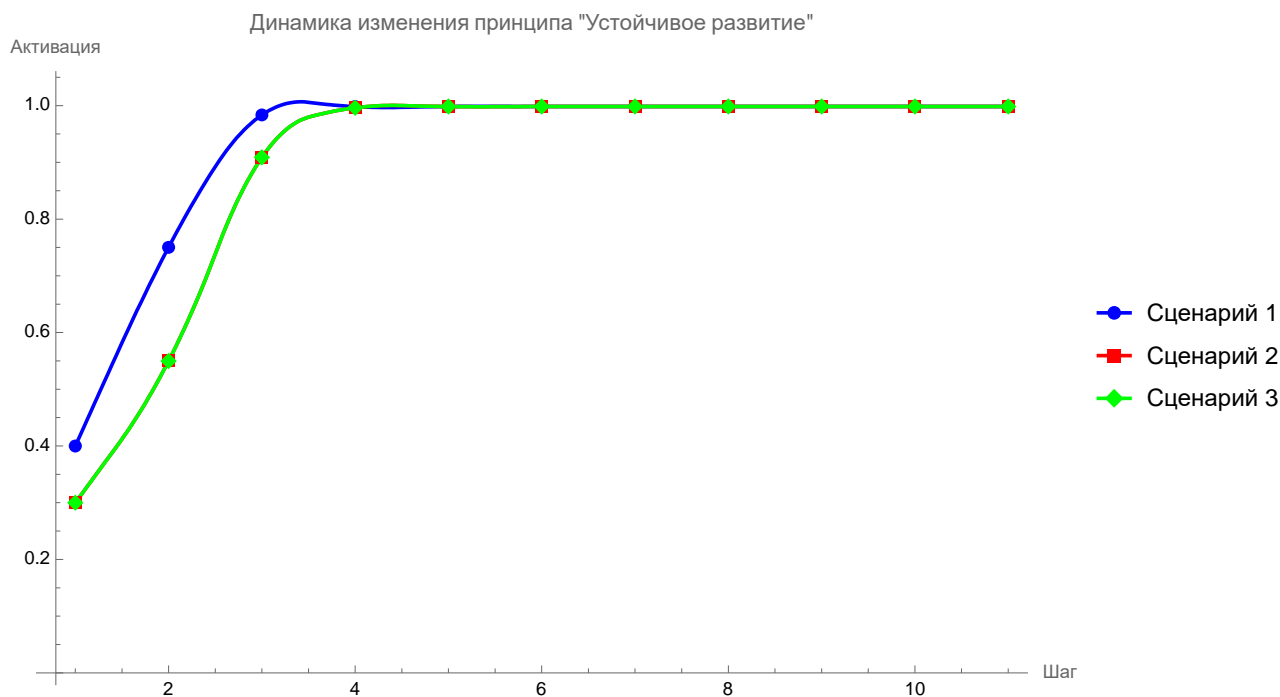


Рисунок 4.11 – Динамика изменения принципа «Устойчивое развитие»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В сценарии 1 (синяя линия) выявлена динамика роста, при которой значение 0,983 уже достигается на втором шаге и стабилизируется около 0,998 к третьему шагу. Сценарии 2 и 3 (зеленые линии), имеющие более низкую начальную активацию (0,3), показывают несколько замедленную, но устойчивую тенденцию роста значений принципа «Устойчивое развитие».

Достижение максимального уровня уже на 2–3 шаге обусловлено положительными обратными связями, обеспечивающими самоусиление принципа. После достижения зоны насыщения (значения выше 0,99) все сценарии сохранились на достигнутом уровне с минимальными флуктуациями.

Для принципа «Экологическая ответственность» (рисунок 4.12) характерна конвергенция всех сценариев, несмотря на разницу в начальных условиях.

К десятому шагу все сценарии формируют практически одинаковые значения (около 0,998 для сценария 1 и 0,998 для сценариев 2 и 3), подтверждая робастность

и универсальность рассматриваемого принципа [231]. Принцип демонстрирует способность к самоактивации и является важным элементом при формировании концептуально-методологического подхода к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала организации.

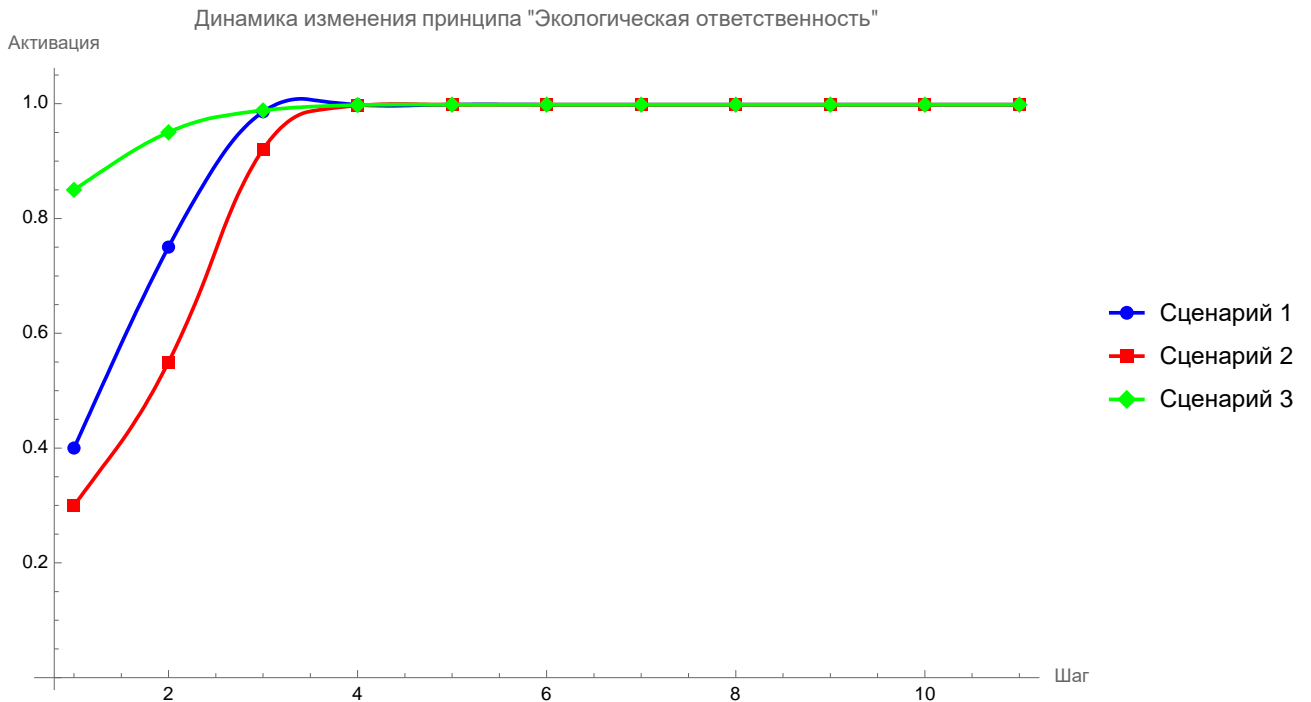


Рисунок 4.12 – Динамика изменения принципа «Экологическая ответственность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

На рисунке 4.13 значения активации принципа «Инновации и технологическое обновление» растут и стабилизируются во всех сценариях, несмотря на различия в начальных условиях. Значимость инновационной составляющей в структуре стратегического потенциала подтверждается достижением 0,998 значений уже к 4–5 шагу моделирования.

Значения показателей принципа «Инновации и технологическое обновление» в Сценарии 2 (красная линия), имеющие высокий начальный уровень активации (0,8) представлены более плавной траекторией роста и ранним выходом на стационарный уровень по сравнению с другими сценариями. Даже при высоких стартовых значениях система продолжает усиливаться до достижения предельного уровня [231].

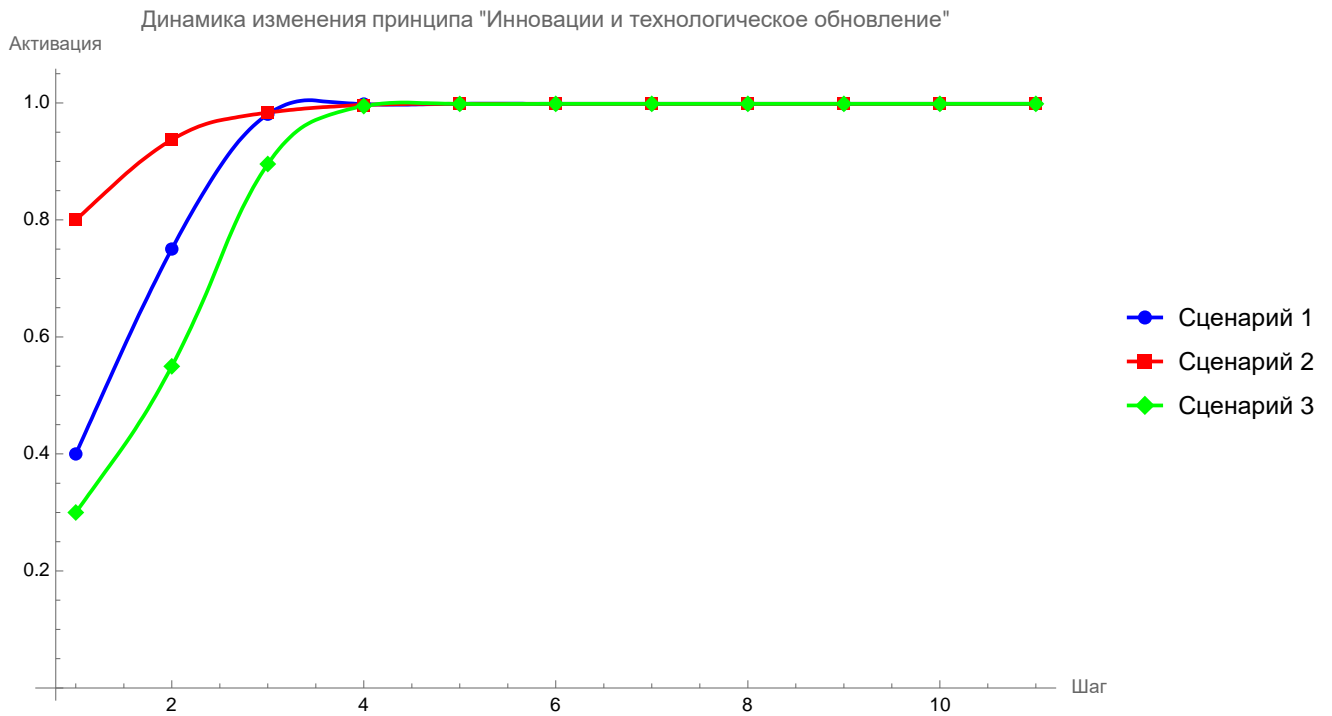


Рисунок 4.13 – Динамика изменения принципа «Инновации и технологическое обновление»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Выявленные в системе положительные обратные связи характеризуют ускоренный рост инновационного потенциала даже при неблагоприятных стартовых условиях.

Для системы характерен «эффект прорыва», при котором даже слабые инновационные импульсы способны быстро задействовать и активизировать совокупный инновационный потенциал.

Принцип «Инновации и технологическое обновление» представляет собой высокодинамичный, самоусиливающийся элемент стратегического потенциала, сохраняющий способность к быстрой адаптации независимо от начальных условий. Данный принцип может рассматриваться как один из драйверов развития предприятия в современных условиях трансформационной экономики, обеспечивающий конкурентное преимущество и устойчивость предприятий металлургической промышленности в долгосрочной перспективе [57].

Результаты численного моделирования принципа «Социальная ответственность» (рисунок 4.14) имеют высокую конвергенцию всех сценариев к максимальным значениям активации.



Рисунок 4.14 – Динамика изменения принципа «Социальная ответственность»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Высокие темпы роста характерны для сценария 2, где значение 0,99 достигается уже ко второму шагу. В сценарии 1 рост более умеренный и значение 0,98 достигает к третьему шагу. При той же начальной активации сценарий 3 демонстрирует более плавную динамику в связи с влиянием ограничивающих факторов системы.

Принцип социальной ответственности, интегрированный в стратегическую систему, становится устойчивым и самоподдерживающимся элементом. Консолидированные результаты сценарного моделирования принципов стратегического потенциала представлены в приложении В к таблице В.6.

Матрица весов взаимовлияния концептов, разработанная на основе синтеза экспертных оценок и логики системной устойчивости, позволила выявить неочевидные закономерности в динамике стратегического потенциала при

различных сценариях развития. Проведенное моделирование показало, что системная поддержка устойчивого развития способна ускорить достижение высоких значений по критериям комплексности и системности уже к четвертой итерации, тогда как кризисный сценарий требует дополнительных этапов адаптации.

При этом обнаружен парадоксальный эффект снижения принципов динамичности и чувствительности к внешней среде при укреплении внутренней структуры предприятия, что требует дополнительных механизмов в управленческой практике.

Введенное понятие сценарной чувствительности позволяет проводить дополнительную стратификацию стратегических принципов по степени их устойчивости и уязвимости, а также использовать эти данные при проектировании адаптивных стратегий развития предприятий в условиях нестабильной внешней среды.

Разработанная методика комплексного экономического анализа принципов оценки стратегического потенциала предприятий, основанная на нечетких когнитивных картах, позволяет формализовать взаимосвязи между принципами и провести сценарный экономический анализ, прогнозируя устойчивость развития предприятий в условиях экологических и институциональных трансформаций. Методика может быть применена как диагностический и прогнозный инструмент в стратегическом анализе и управлении промышленными предприятиями, в том числе в металлургической отрасли.

Анализ и моделирование реализации стратегического потенциала предприятий металлургической отрасли на основе данных принципов позволит повысить результативность и эффективность их деятельности. Достижение поставленных целей и задач с учетом изменяющихся условий внешней среды и факторов риска, при четком понимании ответственности каждого из менеджеров и стейкхолдеров, обеспечит сбалансированное развитие и целостность системы управления компанией.

4.2 Методология комплексного экономического анализа стратегического потенциала предприятий металлургического комплекса на основе сбалансированной системы показателей

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемых научных изданиях согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статьях: «Методология экономического анализа предприятий металлургической промышленности на основе модели сбалансированной системы показателей», «Стратегические направления предприятий металлургической промышленности в рамках циркулярной экономики» [241], [242].

Сбалансированная система показателей (Balanced Scorecard, BSC) – это инструмент стратегического управления, способный обеспечить интеграцию ESG-стратегий в деятельность предприятий сталелитейной отрасли путем увязки операционных показателей с результатами устойчивого развития.

Интеграция сбалансированной системы показателей с принципами устойчивого развития отражает необходимость выхода за рамки финансовых индикаторов и перехода к комплексной оценке эффективности, включающей экологические, социальные и управленческие аспекты деятельности [243, 244, 245].

Включение конкретных индикаторов, таких как темпы сокращения отходов, уровень переработки сырья, показатели энергоэффективности и социального воздействия, дает возможность предприятиям объективно оценивать степень соответствия принципам циркулярной экономики. При этом приоритетной задачей становится трансформация ESG-обязательств в конкретные управленческие решения и измеримые показатели [246].

Внедрение в систему стратегического управления принципов ESG рассматривается как необходимое условие долгосрочной устойчивости сталелитейной промышленности и расширяет доступ к инструментам устойчивого

финансирования, включая «зеленые облигации», играющие значительную роль в финансировании перехода к моделям циркулярной экономики [247]. Дополнительно участие предприятий в механизмах добровольного регулирования – отраслевых стандартах и инициативах по раскрытию нефинансовой информации – усиливает корпоративное управление и способствует повышению экологической результативности отрасли за счет внедрения инновационных технологий и практик ответственного потребления [248].

Современные исследования подтверждают, что включение ESG-индикаторов в структуру BSC повышает результативность компании за счет формирования структурированного подхода к оценке инициатив в области устойчивого развития и их влияния на бизнес-показатели [249, 250].

Проблематика применения сбалансированной системы показателей в металлургической отрасли отражена в работах российских исследователей. М.В. Кузнецова и Е.Г. Зиновьева провели оценку рисков металлургических предприятий на примере ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» с использованием BSC. По результатам исследования предложена методика комплексной оценки рисков, охватывающая различные аспекты деятельности металлургических предприятий [251].

Система сбалансированных показателей ОАО «Уральская Сталь», а также стратегическая карта деятельности предприятия разработаны А.В. Ловкой и А.С. Измайловой [252].

В качестве инструмента стратегического и оперативного управления предприятиями металлургической отрасли BSC рассматривается в исследованиях Е.Н. Елисеевой и Н.В. Шмелевой [253].

А.М. Колмыков, исследуя вопросы экономики и управления народным хозяйством, обосновывает использование сбалансированной системы показателей как основы совершенствования деятельности металлургического предприятия и повышения эффективности управленческих процессов [254].

Вопросы внедрения системы коэффициентов эффективности на основе BSC в Заполярном филиале ОАО «ГМК «Норильский никель» рассматриваются в работе А.А. Тихоновой [255].

Обновленный подход к системе показателей, характеризующих деятельность металлургических холдингов, и индикативная система показателей конкурентно-стратегического механизма рассмотрены в работе Л.В. Юрьевой [256].

Повышение эффективности управления качеством металлургических предприятий с использованием сбалансированной системы показателей рассматривается в исследованиях А.М. Песина, В.М. Салганика и Г.А. Бережной [257]. Аналогичный подход к совершенствованию системы управления качеством с учетом существующих ограничений предложен в работе Г.А. Ледневой [258].

Несмотря на значительный вклад представленных исследований в развитие инструментов стратегического и операционного управления металлургическими предприятиями, большинство работ ориентировано преимущественно на совершенствование отдельных элементов системы показателей – управления качеством, оценки рисков или формирования стратегических карт. При этом вопросы интеграции экологических факторов, принципов циркулярной экономики и ESG-ориентированного управления в единую систему оценки стратегического потенциала остаются недостаточно разработанными.

В существующих исследованиях ограниченно представлены механизмы увязки BSC с инструментами комплексного экономического и статистического анализа, что снижает возможности количественной оценки стратегических эффектов и прогнозирования долгосрочной устойчивости предприятий.

Актуальна разработка методологически целостной модели комплексного экономического анализа системы показателей оценки стратегического потенциала предприятий металлургического комплекса с учетом экологической трансформации отрасли.

Структура BSC, адаптированная с учетом аспектов устойчивого развития формирует сбалансированную систему показателей устойчивого развития (Sustainability Balanced Scorecard, SBSC). Объединение устойчивых ключевых

показателей (sustainability KPIs) в структуре SBSC направлено на интеграцию экономических, социальных и экологических аспектов в операционную стратегию компании и формирование системного подхода к оценке её устойчивости [259].

SBSC является структурированным инструментом оценки эффективности в контексте устойчивого развития. Она модифицирует традиционную BSC путем встраивания показателей устойчивости в ее базовые перспективы: финансовую, клиентскую, внутренних бизнес-процессов, а также обучения и развития. SBSC повышает прозрачность в отношении экологического и социального воздействия и ответственность перед заинтересованными сторонами [243, 244, 260, 261, 262].

Практика применения SBSC подтверждает ее применимость в различных секторах, включая возобновляемую энергетику, где инструмент используется для оценки организационной результативности в условиях высокой институциональной и нормативной сложности. Происходит переход к устойчивым моделям развития, реализуемым не только в условиях государственного регулирования, но и на основе корпоративной инициативы [263].

Структура SBSC предусматривает механизмы взаимодействия с заинтересованными сторонами и обратной связи и повышает релевантность показателей устойчивого развития, поскольку позиции и ожидания стейкхолдеров выявляют направления совершенствования, которые могут не отражаться в традиционных финансовых индикаторах [243, 264]. Исследования подтверждают, что согласование корпоративных стратегий с Целями устойчивого развития ООН посредством SBSC способствует укреплению репутации компаний и позиционированию их как ответственных участников социально-экономической системы [260, 265].

Для предприятий остается актуальной задача обеспечения того, чтобы показатели, сформированные в системе SBSC, не ограничивались формальным соответствием требованиям, а стимулировали инновации и развитие устойчивых бизнес-практик. В условиях возрастающего давления со стороны инвесторов, потребителей и регулирующих органов, предъявляющих повышенные требования к экологическим, социальным и управленческим аспектам деятельности компаний

[262, 266], данная задача актуальна. Внедрение SBSC способствует улучшению показателей корпоративной устойчивости за счет эффективного контроля и управления с учетом экологического и социального воздействия [267, 268]. Учет показателей устойчивого развития в системе стратегического управления усиливает взаимодействие с заинтересованными сторонами и повышает общую операционную эффективность. Это подтверждается выявленной положительной корреляцией между использованием SBSC и ростом результативности компаний в различных отраслях [269, 270].

Формирование системы SBSC позволяет компаниям соответствовать нормативным требованиям и усиливать свои конкурентные преимущества [266, 271]. Согласование бизнес-стратегий с принципами устойчивого развития способствует эффективному позиционированию организаций на рынке, где корпоративная ответственность и устойчивые практики приобретают все большую значимость, а также обеспечивает удовлетворение запросов экологически ориентированных потребителей [265, 272, 273].

Внедрение принципов циркулярной экономики на промышленных предприятиях связано с преодолением системных барьеров, включая преобладание линейных моделей хозяйствования и недостаточную вовлеченность заинтересованных сторон [274]. Использование BSC способствует интеграции инициатив в области циркулярной экономики в общую стратегию развития организации.

Циркулярная экономика ориентирована на минимизацию отходов и максимизацию использования ресурсов, что напрямую соотносится с целями ESG. Предприятия сталелитейной промышленности могут внедрять интегрированные модели оценки эффективности, включающие ESG-индикаторы с акцентом на принципы циркулярной экономики. Разработка и применение таких моделей, как показано на примере сталелитейной отрасли ряда стран, позволяет комплексно оценивать уровень устойчивости и выявлять препятствия для её повышения [275].

Актуальность принципов циркулярной экономики для предприятий металлургической промышленности, а также стратегические направления их

реализации в российских условиях раскрыты в работе автора «Стратегические направления предприятий металлургической промышленности в рамках циркулярной экономики» [242].

Использование цифровых решений для мониторинга и анализа показателей, связанных с целями экономики замкнутого цикла, расширяет возможности оптимизации ресурсов и согласования деятельности предприятий с принципами устойчивого развития. Простое применение инструментов принятия решений на основе данных не позволяет компаниям эффективно управлять инициативами в области циркулярной экономики. Менеджменту необходимо организовывать техническое обучение персонала по проектированию экологически чистой продукции и реализовывать образовательные стратегии для клиентов в области применения циркулярной экономики [276].

По сути, синергия принципов сбалансированной системы показателей и экономики замкнутого цикла создает надежную основу для организаций, стремящихся к устойчивому развитию. Этот подход подчеркивает необходимость для организаций не только фокусироваться на экономической рентабельности, но и учитывать экологические и социальные аспекты, что позволяет проводить более комплексную оценку эффективности и добиваться значительных улучшений в результатах устойчивого развития [274, 277, 278].

Для проведения комплексного экономического анализа деятельности предприятий металлургического комплекса в рамках циркулярной экономики на основе сбалансированной системы показателей предлагается использовать следующие перспективы, представленные ниже. Наряду с классическими перспективами BSC – финансовой, клиентской, внутренних бизнес-процессов, а также обучения и развития – требуется адаптация модели с учетом целей устойчивого развития. Автором предлагается дополнить традиционную структуру BSC отдельной перспективой ESG.

Совокупность взаимосвязанных перспектив позволяет обеспечить достижение стратегических целей предприятия, а также согласование стратегических и тактических управленческих решений [241].

Предложенный подход соответствует Целям устойчивого развития ООН, в частности целям 9 (Индустриализация, инновации и инфраструктура), 12 (Ответственное потребление и производство), 13 (Борьба с изменением климата) и 17 (Партнерство в интересах устойчивого развития) [241].

Для повышения прикладной применимости разработанной модели сбалансированной системы показателей в рамках циркулярной экономики целесообразно разграничивать стратегические и операционные уровни КРІ. Стратегические индикаторы (например, уровень сокращения выбросов, доля вторичных ресурсов, возврат на инвестиции в инновации) могут использоваться на уровне корпоративного управления и долгосрочного планирования. В то время как операционные (тактические) показатели – такие как время производственного цикла, процент переработки конкретных видов отходов или часы обучения сотрудников в области устойчивости – служат инструментами мониторинга и контроля на уровне подразделений и бизнес-процессов. Подобное разграничение обеспечивает интеграцию модели в существующую систему КРІ предприятий и формирует иерархически согласованную структуру целей, показателей и результатов [241].

В целях адаптации концепции сбалансированной системы показателей к требованиям устойчивого развития и принципам циркулярной экономики предложена расширенная модель BSC. Разработанная модель интегрирует элементы ESG-ориентированного подхода в традиционную структуру BSC и дополняет ее пятой – экологической (устойчивой) перспективой [241].

На рисунке 4.15 представлена авторская модель сбалансированной системы показателей в рамках циркулярной экономики:

- финансовая перспектива трансформируется за счет снижения издержек, повышения энергоэффективности и оптимизации затрат посредством повторного использования ресурсов и минимизации отходов;
- клиентская перспектива включает формирование имиджа экологически ответственного производителя и способность привлекать потребителей, ориентированных на принципы устойчивого развития;

- перспектива внутренних процессов акцентирует внимание на внедрении технологий переработки, экологизации производственных циклов и цифровизации учета материальных потоков;
- перспектива обучения и развития предполагает формирование экологической корпоративной культуры, развитие компетенций в области устойчивого производства и вовлечение персонала в экологические инициативы;
- интегрированная ESG-перспектива агрегирует результаты по всем направлениям, включая показатели выбросов, раскрытие нефинансовой отчетности, взаимодействие с заинтересованными сторонами и соответствие международным стандартам устойчивости [241].

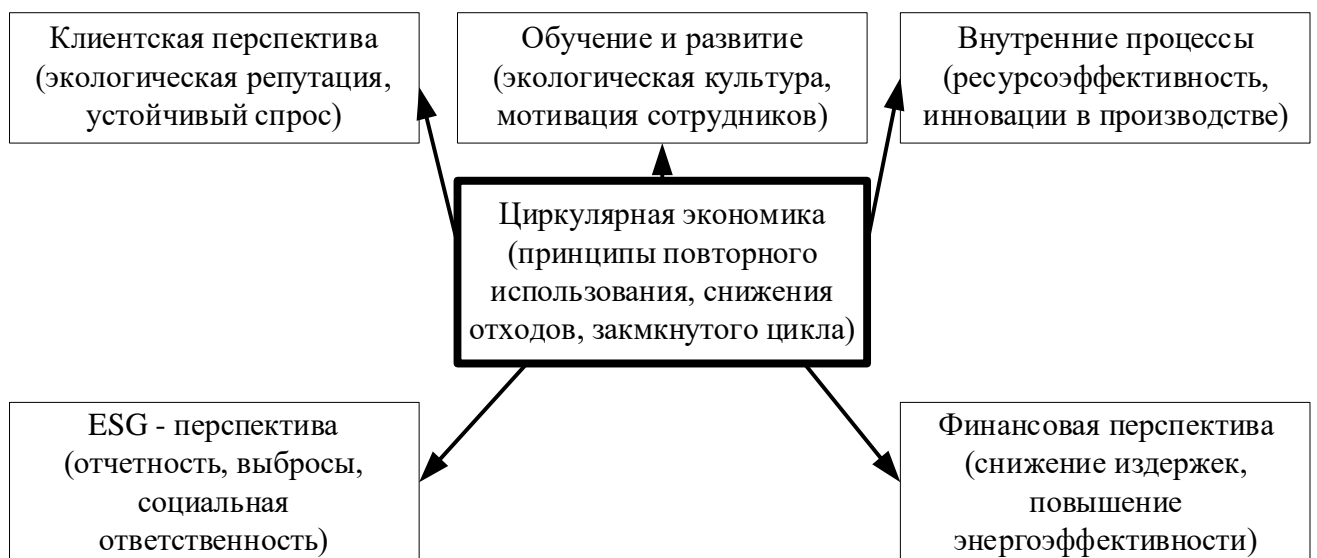


Рисунок 4.15 – Модель сбалансированной системы показателей в рамках циркулярной экономики

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Предложенная модель BSC с учетом циркулярной экономики направлена на формирование целевой карты устойчивого стратегического развития предприятий металлургической промышленности, ориентированной на достижение долгосрочной экологической и экономической результативности. Модель может служить инструментальной основой для оценки целесообразности внедрения

циркулярных решений и формирования «зеленой» конкурентоспособности предприятий металлургического комплекса [241].

Формирование стратегических направлений развития предприятий металлургического комплекса в рамках циркулярной экономики и применение расширенной модели BSC на основе пяти перспектив создают методологическую основу для принятия комплексных стратегических и тактических управленческих решений.

Целесообразно реализовывать методологию комплексного экономического анализа на основе метода бэккастинга. В отличие от классического форкастинга, предполагающего экстраполяцию текущих трендов, бэккастинг основывается на формировании целевого устойчивого состояния в будущем (например, достижение замкнутости материальных потоков, углеродной нейтральности или экологически ориентированного продуктового портфеля) и последующем построении обратной логики управленческих действий, необходимых для достижения заданных параметров развития.

Применение бэккастинга позволяет:

- связать долгосрочные цели устойчивого развития с текущими инвестиционными и организационными решениями;
- иерархизировать KPI по степени их приоритетности для достижения конечной цели;
- формировать поэтапную карту трансформации, согласующую ESG-ориентированные шаги с перспективами BSC;
- отслеживать прогресс по текущим показателям;
- превентивно выстраивать стратегию циркулярной трансформации, исходя из долгосрочных ориентиров.

Методология комплексного экономического анализа предприятий металлургического комплекса, основанная на расширенной модели сбалансированной системы показателей, дополненной ESG-перспективой и подходом бэккастинга, базируется на логике стратегического планирования «от будущего к настоящему», в отличие от классического прогнозирования. Поэтапная

система КРІ-индикаторов и целевых ориентиров устойчивого развития, интегрированных в стратегическое и операционное планирование представлена ниже.

1. Определение целевого устойчивого состояния в будущем (2030–2040) по каждой из пяти перспектив BSC: финансовой, клиентской, внутренних процессов, обучения и развития, а также ESG.

2. Формулирование стратегических КРІ первого уровня, количественно отражающих достижение долгосрочных целей по каждой перспективе.

3. Разработка тактических (операционных) мероприятий второго уровня, направленных на реализацию стратегических целей.

4. Согласование вертикали целей и показателей для создания преемственности между уровнем стратегического управления и операционной реализацией циркулярных решений.

Предложенная методология (рисунок 4.16) обеспечивает статистически обоснованное управление целевыми показателями с учетом требований циркулярной экономики и институциональной среды. Согласованная структура стратегических и операционных показателей формирует единую систему управления, ориентированную на достижение долгосрочных целей устойчивого развития [241].



Рисунок 4.16 – Методология комплексного экономического анализа предприятий металлургического комплекса, основанная на расширенной модели BSC, дополненной ESG-перспективой

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Метод бэккастинга, интегрированный в систему BSC–ESG, позволяет увязать цели устойчивого развития с бизнес-метриками, формируя реалистичную и управляемую траекторию циркулярной трансформации металлургических

предприятий [241]. Этапы интеграции бэккастинга в систему предприятий металлургического комплекса России представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Этапы интеграции бэккастинга в систему экономического анализа предприятий металлургического комплекса России

Период	Цели	Промежуточные шаги	Конечный результат
2023–2030	Формирование основ устойчивого производства, снижение отходов, повышение энергоэффективности	Внедрение LCA-анализа, обучение сотрудников, сертификация по ISO	Первоначальное снижение выбросов, начало применения вторичных ресурсов
2030–2035	Устойчивое производство, максимальное использование вторичных материалов, экологическая сертификация	Разработка новых технологий переработки, увеличение доли возобновляемых источников энергии	Преимущество экопродукции, углеродная нейтральность в некоторых аспектах
2035–2040	Углеродная нейтральность, масштабирование циркулярной экономики	Применение замкнутых циклов, внедрение промышленного симбиоза	Полное использование переработанных материалов, углеродная нейтральность
2040–2050	Полная циркулярная экономика, достижение устойчивого будущего	Замкнутые циклы, углеродно-нейтральное производство, 100 % использование возобновляемых ресурсов	Циркулярная экономика, минимальное воздействие на экологию
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.			

Для практической реализации методологии комплексного экономического анализа предприятий металлургического комплекса на основе бэккастинга целесообразно выделить поэтапную структуру трансформации, ориентированную на достижение целей устойчивого развития в горизонте 2040–2050 годов (таблица 4.3). Предлагаемые фазы иллюстрируют последовательный переход от текущего состояния предприятий к модели циркулярной экономики.

Предложенная методология обеспечивает возможность статистически обоснованного управления целевыми показателями с учетом требований циркулярной экономики и институциональной среды. Включение бэккастинга в систему BSC–ESG формирует структурированную вертикаль целей и показателей, позволяя синхронизировать стратегические ориентиры устойчивого развития с

операционными управленческими решениями и обеспечить долгосрочную устойчивость металлургических предприятий [241].

4.3 Методика формирования статистических индексов для оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статье: «Методика формирования индексов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности» [57].

Методы формирования интегральных показателей широко применяются в социально-экономических исследованиях. Так, Е.А. Макарова, Е.Ш. Закиева и В.Е. Тараканова осуществили анализ производственного потенциала регионов с использованием метода главных компонент и деревьев решений, что позволило выявить скрытые структурные зависимости в системе показателей [279].

Применение метода главных компонент в анализе рынка ипотечного кредитования рассматривается в работе Е.О. Кузнецовой и В.А. Титова, где метод используется для снижения размерности исходных данных и выявления факторов динамики рынка [280].

С.А. Айвазян, М.Ю. Афанасьев и А.В. Кудров исследовали систему из восьми индикаторов основных направлений регионального развития, а также проанализировали взаимосвязи между ними. По результатам исследования были оценены параметры модели взаимосвязи индикатора качества условий жизни субъектов РФ с характеристиками уровня их социально-экономического развития [281].

Т.В. Жгун, а также А.В. Липатов и Д.Д. Лемешова рассматривают применение метода главных компонент при формировании интегральных характеристик качества жизни субъектов РФ. Авторы обосновывают использование данного метода для построения объективных агрегированных показателей, отражающих структурные изменения в социально-экономических системах [282, 283].

Вопросам определения весовых коэффициентов при построении индексов посвящено исследование К.К. Логинова, в котором анализируется формирование индекса экономической безопасности региона (на примере Омской области) и обосновываются подходы к расчету весов отдельных показателей [284].

И.А. Макарова в исследовании подтверждает необходимость учета свойств методов формирования композитных индексов для выбора подходов, наиболее соответствующих задачам управления цифровизацией [285].

Анализ главных компонент представляет собой многомерный статистический метод, позволяющий преобразовать таблицу данных типа «объект–переменная» в систему новых переменных – главных компонент. Главные компоненты являются линейными комбинациями исходных переменных и формируются так, чтобы последовательно объяснять максимальную долю общей дисперсии. В результате достигается упрощение структуры данных при сохранении их характеристик [286, 287].

Метод РСА основан на решении задачи собственных значений и собственных векторов ковариационной (или корреляционной) матрицы. Полученные компоненты являются некоррелированными между собой и упорядочиваются по величине объясняемой дисперсии, что делает РСА адаптивным инструментом анализа многомерных данных [288]. Такой подход повышает интерпретируемость результатов без существенной потери информации [289].

Анализ главных компонент – это многомерный метод, который анализирует таблицу данных, в которой наблюдения описываются несколькими взаимосвязанными количественными зависимыми переменными [287]. РСА является одним из самых распространенных методов упорядочения и сокращения

размерности многомерных массивов данных в различных научных дисциплинах [290, 291]. Визуализация главных компонент и анализ их нагрузок позволяют выявить сходства и различия между объектами наблюдения, а также определить исходные переменные, оказывающие наибольшее влияние на формирование первых компонент [292].

Метод PCA используется для выявления повторяющихся закономерностей в сложных наборах данных с минимальной потерей информации. Он основан исключительно на внутренней структуре исходных данных и не требует предварительного задания функциональной зависимости между переменными. Математическая модель формируется на основе ковариационной (или корреляционной) матрицы и зависит от природы самих данных [293].

Исходные переменные преобразуются в новый набор ортогональных (некоррелированных) переменных – главных компонент, каждая из которых представляет собой линейную комбинацию исходных показателей. Главные компоненты упорядочиваются по величине объясняемой дисперсии, что позволяет ограничиться несколькими первыми компонентами для адекватного представления структуры данных [294]. Теоретической основой PCA является разложение ковариационной матрицы по собственным значениям и собственным векторам. Собственные значения отражают долю дисперсии, объясняемую каждой компонентой, а собственные векторы формируют базис нового факторного пространства [66].

Преобразование коррелированных показателей в систему некоррелированных компонент облегчает выявление скрытой структуры данных и основных направлений вариации [295, 296]. При этом интерпретация главных компонент может представлять определенную сложность, поскольку они являются агрегированными линейными комбинациями исходных переменных [66].

В социально-экономических исследованиях PCA активно применяется для построения индексов и агрегирования совокупностей показателей. Одним из известных примеров является методология построения индексов уровня жизни (wealth indices) на основе данных об активах домохозяйств, что особенно

востребовано в исследованиях социального неравенства в здравоохранении [297]. Метод используется для сокращения числа исходных переменных и формирования агрегированного показателя, позволяющего ранжировать и сравнивать объекты наблюдения. Так, в работе [298] страны ранжируются на основе главных компонент, полученных из динамических характеристик устойчивости.

Аналогичный подход применяется при формировании интегральных индексов устойчивого развития [299, 300], а также при выявлении скрытых макроэкономических факторов, где с помощью РСА из множества исходных переменных выделяются несколько обобщающих факторов. Факторные нагрузки при этом показывают вес каждой исходной переменной в формировании этих факторов [301]. Анализ главных компонент представляет собой методологически обоснованный инструмент формирования статистических индексов, позволяющий объективизировать процедуру агрегирования показателей, снизить размерность данных и выявить скрытые факторы, определяющие структуру стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности.

В отличие от традиционного составного индекса, где веса показателей задаются экспертным путем, метод РСА формирует веса автоматически на основе статистической структуры данных. Главные компоненты представляют собой линейные комбинации исходных переменных, построенные так, чтобы последовательно максимизировать объясняемую дисперсию. РСА позволяет выявить скрытые взаимосвязи и латентную структуру данных, которые могут быть неочевидны при использовании ручного взвешивания показателей.

Первая главная компонента (PC_1) представляет собой линейную комбинацию всех исходных переменных и объясняет наибольшую долю общей дисперсии. Первая компонента – это не отдельная переменная, а направление в многомерном пространстве признаков, определяемое набором весовых коэффициентов, максимизирующих вариацию данных.

Вторая компонента (PC_2) объясняет следующую по величине долю дисперсии и является ортогональной (некоррелированной) по отношению к первой компоненте. Аналогично формируются последующие компоненты (PC_3 , PC_4 и т.д.),

каждая из которых объясняет оставшуюся вариацию при условии ортогональности ко всем предыдущим компонентам.

В общем виде k -я главная компонента определяется как:

$$PC_1 = a_{1k} * x_1 + a_{2k} * x_2 + a_{nk} * x_n, \quad (4.5)$$

где a_{jk} – коэффициенты (факторные нагрузки), определяемые методом PCA;

x_n – стандартизированные исходные переменные.

Главные компоненты упорядочены по убыванию объясняемой дисперсии и являются взаимно некоррелированными, что обеспечивает их независимость и интерпретацию каждой компоненты как отдельного направления вариации данных.

Разработанная методика статистической оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России основана на применении PCA для агрегирования шести частных потенциалов: организационно-управленческого, финансово-экономического, кадрового, инвестиционно-инновационного, производственно-технологического и экологического.

Алгоритм формирования интегрального индекса включает следующие этапы.

1. Стандартизация исходных показателей и построение главных компонент.

После стандартизации переменных определяется k -я главная компонента:

$$XPC_k = \sum_{i=1}^n a_{ik} \cdot X_i, \quad (4.6)$$

где XPC_k – k -я главная компонента;

a_{ik} – элементы собственного вектора (факторные нагрузки);

X_i – стандартизированные исходные показатели.

2. Определение доли объясняемой дисперсии.

Для каждой компоненты рассчитывается собственное значение, которое отражает вклад компоненты в общую дисперсию системы показателей:

$$\lambda_k = Var(XPC_k). \quad (4.7)$$

3. Определение весов компонент.

Вес каждой компоненты определяется пропорционально объясняемой дисперсии:

$$w_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^m \lambda_k}, \quad (4.8)$$

где m – число отобранных компонент.

4. Формирование интегрального индекса.

Интегральный индекс стратегического потенциала рассчитывается как взвешенная сумма главных компонент:

$$I_1 = w_1 * XPC_1 + w_2 * XPC_2 + \dots + w_m * XPC_m. \quad (4.9)$$

Первая главная компонента показывает основное направление вариации стратегических характеристик предприятий и может аккумулировать вклад нескольких показателей, совместно формирующих базовую структуру стратегического потенциала.

Разработанная методика оценки стратегического потенциала основана на использовании количественного статистического подхода с применением метода анализа главных компонент и системы индексной диагностики, охватывающей шесть основных направлений развития предприятия. Метод анализа главных компонент позволяет: сократить размерность исходных данных; выделить наиболее значимые компоненты, объясняющие дисперсию наблюдаемых индексов потенциалов. Веса компонент присваиваются эндогенно на основе их вклада в общую дисперсию.

Каждая группа показателей, входящая в структуру соответствующего потенциала, предварительно нормализуется и агрегируется в частный индекс по шкале от -1 до $+1$ на основе результатов анализа главных компонент. Нормализация обеспечивает сопоставимость показателей и корректность последующего агрегирования.

На следующем этапе на основе полученных частных обобщающих индексов формируется интегральный индекс стратегического потенциала предприятия. Методика предполагает поэтапное объединение системы показателей в единый индикатор, характеризующий стратегическое положение компании в отрасли на конкретный момент времени.

Алгоритм реализации методики включает следующие этапы:

1. Анализ структуры потенциалов и формирование системы показателей по каждому из шести направлений.

2. Построение шести частных обобщающих индексов потенциалов на основе анализа главных компонент.

3. Формирование интегрального индекса стратегического потенциала на основе агрегирования полученных частных индексов.

Для оценки взаимосвязей между переменными рассчитывается ковариационная матрица, из которой извлекаются собственные значения и собственные векторы – основные элементы РСА. Вклад каждой компоненты в общую дисперсию определяется на основе соответствующего собственного значения, а кумулятивная доля объясненной дисперсии используется для обоснования числа включаемых компонент.

Выбор метода анализа главных компонент для формирования интегральных индексов стратегического потенциала обусловлен рядом его преимуществ.

Во-первых, РСА устраняет проблему мультиколлинеарности между исходными показателями, неизбежную при анализе взаимосвязанных аспектов деятельности предприятия, и снижает размерность данных при сохранении основной части исходной информации.

Во-вторых, метод обеспечивает статистически объективное определение весов показателей на основе их вклада в объясняемую дисперсию, что снижает субъективизм, характерный для экспертных процедур взвешивания.

В-третьих, формирование ортогональных (некоррелированных) компонент облегчает интерпретацию результатов и выявляет латентные факторы, определяющие структуру стратегического потенциала.

Преимуществом разработанной методики является возможность включения в анализ как относительных (коэффициентов, удельных показателей), так и абсолютных (стоимостных, объемных, натуральных) индикаторов. Данный результат достигается за счет предварительной стандартизации данных и обеспечивает комплексность оценки и учет не только эффективности

использования ресурсов, но и масштаб деятельности предприятия, его ресурсную базу и производственные мощности.

Применение метода главных компонент является методологически обоснованным даже при минимальном количестве показателей в отдельных блоках (от трех переменных). Метод выявляет латентную структуру взаимосвязей между показателями и выполняет их оптимальное линейное преобразование с сохранением максимальной доли исходной дисперсии, что обеспечивает статистическую корректность интегральной оценки независимо от размерности исходного набора переменных в каждом функциональном блоке.

Каждый частный индекс стратегического потенциала формируется с использованием метода анализа главных компонент. Далее представлена последовательность расчета главных компонент и формирования соответствующих индексов для каждого частного потенциала.

1.1. Частный обобщающий индекс финансово-экономического потенциала

1. Финансово-экономический потенциал включает систему показателей, характеризующих результативность, прибыльность и финансовую устойчивость предприятия.

2. Исходные показатели:

X_1 – выручка, млрд руб.;

X_2 – операционная прибыль, млрд руб.;

X_3 – EBITDA, млрд руб.;

X_4 – чистая прибыль, млрд руб.;

X_5 – операционный денежный поток, млрд руб.;

X_6 – свободный денежный поток (FCF), млрд руб.;

X_7 – рентабельность EBITDA, к-нт;

X_8 – чистая рентабельность, %;

X_9 – ROE, к-нт;

X_{10} – ROA, к-нт.

После стандартизации данных метод главных компонент выделяет компоненты, объясняющие наибольшую вариацию данных (4.6). Доля объясняемой дисперсии определяется по формуле (4.7), веса компонент – по формуле (4.8).

Частный обобщающий индекс финансово-экономического потенциала рассчитывается как линейная комбинация главных компонент с соответствующими весами (формула 4.9).

1.2. Частный обобщающий индекс организационно-управленческого потенциала

Организационно-управленческий потенциал отражает эффективность структуры затрат и управленческих решений.

Исходные показатели:

Y_1 – операционные расходы, млрд руб.;

Y_2 – себестоимость продукции, млрд руб.;

Y_3 – расходы на персонал, млрд руб.;

Y_4 – процентные расходы, млрд руб.

Применение PCA для расчета главных компонент:

$$YPC_k = \sum_{i=1}^n b_{ik} \cdot Y_i. \quad (4.10)$$

Вес компоненты для организационно-управленческого потенциала рассчитывается по формуле (4.8).

Формирование частного индекса:

$$I_2 = w_1 * YPC_1 + w_2 * YPC_2 + \dots + w_m * YPC_m. \quad (4.11)$$

1.3. Частный обобщающий индекс производственно-технологического потенциала

Исходные показатели:

Z_1 – производство стали, млн т;

Z_2 – производство продукции, млн т;

Z_3 – продажи стали, млн т.

1. Применение PCA для выделения главных компонент:

$$ZPC_k = \sum_{i=1}^k c_{ik} \cdot Z_i. \quad (4.12)$$

2. Вес компоненты рассчитывается по формуле (4.8).

3. Формирование частного индекса:

$$I_3 = w_1 * ZPC_1 + w_2 * ZPC_2 + \dots + w_m * ZPC_m. \quad (4.13)$$

1.4. Частный обобщающий индекс экологического потенциала

Исходные показатели:

W_1 – общий объем выбросов парниковых газов, млн т.;

W_2 – общее потребление энергии компанией, млн ГДж;

W_3 – общий объем водопотребления, млн м³;

W_4 – валовый объем выбросов загрязняющих веществ, тыс. т.

1. Применение PCA:

$$WPC_k = \sum_{i=1}^k d_{ik} \cdot W_i. \quad (4.14)$$

2. Вес компоненты рассчитывается по формуле (4.8).

3. Формирование частного индекса:

$$I_4 = w_1 * WPC_1 + w_2 * WPC_2 + \dots + w_m * WPC_m. \quad (4.15)$$

1.5. Частный обобщающий индекс инвестиционно-инновационного потенциала

Исходные показатели:

P_1 – CAPEX, млрд руб.;

P_2 – R&D/CAPEX, к-нт;

P_3 – CAPEX/Выручка, к-нт.

1. Применение PCA:

$$PPC_k = \sum_{i=1}^k e_{ik} \cdot P_i. \quad (4.16)$$

2. Вес компоненты рассчитывается по формуле (4.8).

3. Формирование индекса:

$$I_5 = w_1 * PPC_1 + w_2 * PPC_2 + \dots + w_m * PPC_m. \quad (4.17)$$

1.6. Частный обобщающий индекс кадрового потенциала.

Исходные показатели:

Q_1 – персонал, чел.;

Q_2 – производительность труда, млн руб./чел./год;

Q_3 – расходы/чел/год, тыс. руб.

1. Применение PCA:

$$QPC_k = \sum_{i=1}^k f_{ik} \cdot Q_i. \quad (4.18)$$

2. Вес компоненты рассчитывается по формуле (4.8).

3. Формирование индекса:

$$I_6 = w_1 * QPC_1 + w_2 * QPC_2 + \dots + w_m * QPC_m. \quad (4.19)$$

Интеграция индексов и формирование обобщающего показателя.

После того как каждый частный обобщающий индекс стратегического потенциала рассчитан, они объединяются в интегральный обобщающий показатель на основе анализа главных компонент путем расчета взвешенной суммы (формула 4.20):

$$ИСП_t = w_1 * I_1 + w_2 * I_2 + w_3 * I_3 + w_4 * I_4 + w_5 * I_5 + w_6 * I_6. \quad (4.20)$$

где $ИСП_t$ – обобщающий индекс стратегического потенциала для предприятия t;

I_i – частный индекс для i -го потенциала;

w_i – вес для каждого индекса.

Автором разработана интегральная методика статистической оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России, основанная на применении метода анализа главных компонент для агрегирования шести частных потенциалов: организационно-управленческого, финансово-экономического, кадрового, инвестиционно-инновационного, производственно-технологического и экологического. Методика обеспечивает количественную диагностику структуры стратегического потенциала, а также выделение уязвимых элементов, критичных с точки зрения управленческого воздействия. Универсальность предложенной методики заключается в ее адаптивности и масштабируемости. В состав каждого из частных обобщающих индексов потенциалов могут быть включены дополнительные показатели, отражающие как специфику конкретного предприятия или отрасли, так и

изменяющиеся условия внешней среды. Это расширяет аналитический инструментарий без изменения базовой структуры модели.

Выводы по главе 4

1. В условиях ускоренной цифровой трансформации, усложнения институциональной среды и роста требований к устойчивому развитию принципы оценки стратегического потенциала приобретают системообразующее значение. Их корректная формализация и количественная интерпретация являются необходимым условием обеспечения долгосрочного конкурентного преимущества предприятий металлургической промышленности.

2. Введено авторское понятие сценарной чувствительности принципов оценки стратегического потенциала предприятия, определяемое как характеристика степени их изменчивости под воздействием факторов внешней среды. Понятие расширяет инструментарий комплексного экономического анализа и обеспечивает дифференциацию принципов по уровню устойчивости и управляемости.

3. На основе разработанной итерационной модели с применением теории нечетких когнитивных карт проведен комплексный экономический анализ принципов оценки стратегического потенциала («Единство и целостность», «Сбалансированность», «Результативность и эффективность», «Ресурсная обеспеченность», «Измеряемость целей», «Перспективность», «Системность», «Динамичность», «Учет внешней среды», «Устойчивое развитие», «Экологическая ответственность», «Инновации и технологическое обновление», «Социальная ответственность») на основе трех сценариев развития.

Моделирование позволило выявить, что принципы оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности с высокой устойчивостью (сбалансированность, результативность, системность, устойчивое развитие, экологическая и социальная ответственность) характеризуются быстрой стабилизацией на максимальных уровнях активации (0,99+) независимо от начальных условий.

Принципы с низкой устойчивостью (измеряемость целей, динамичность, учет внешней среды) требуют целенаправленного управленческого воздействия в связи с зависимостью от исходных параметров и тенденций к снижению уровня активации.

Принцип перспективности обладает трансверсальной ролью, обеспечивая достижение максимальной активации во всех сценариях, что подтверждает методологическую обоснованность применения бэккастингового подхода в стратегическом управлении металлургических предприятий.

4. Предложена методика статистической оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России на основе двухуровневого применения метода анализа главных компонент. Методика обеспечивает агрегирование системы показателей шести частных потенциалов (организационно-управленческого, финансово-экономического, кадрового, инвестиционно-инновационного, производственно-технологического и экологического) в единый интегральный показатель.

Предложенный подход позволяет осуществлять количественную диагностику структуры стратегического потенциала, выявлять уязвимые элементы и определять направления управленческого воздействия. Методика отличается адаптивностью и масштабируемостью, что обеспечивает возможность включения дополнительных показателей без изменения базовой логики модели.

5. Обоснована целесообразность интеграции метода бэккастинга в систему BSC–ESG для совершенствования методологии комплексного экономического анализа предприятий металлургического комплекса. Разработана расширенная модель сбалансированной системы показателей, дополненная ESG-перспективой и ориентированная на стратегическое планирование «от будущего к настоящему».

Предложена поэтапная система KPI-индикаторов и целевых ориентиров устойчивого развития, интегрированных в стратегическое и операционное планирование в условиях циркулярной трансформации. Методология обеспечивает статистически обоснованное управление целевыми показателями с учетом требований устойчивого развития и институциональных ограничений [241].

Глава 5 СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНДЕКСОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

5.1 Статистический анализ частных обобщающих индексов стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемых научных изданиях согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статье: «Оценка инновационно-инвестиционного потенциала предприятий металлургического комплекса России», «Статистическая оценка экологического потенциала предприятий металлургической промышленности России» [302], [295].

В ряде предыдущих исследований автором был проведен анализ эффективности деятельности предприятий металлургического комплекса России. Например, в статье «Сравнительная оценка эффективности деятельности компании металлургического комплекса России» [296] была проведена оценка восьми компаний металлургической промышленности за период с 2016 по 2021 год на основе показателей рентабельности и эффективности. В работе «Кластерный анализ предприятий металлургического комплекса России» [303] был осуществлен кластерный анализ на основе 12 показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятий, а также определены основные факторы, влияющие на их результаты. В статье «Анализ проблем управления на предприятиях металлургического комплекса России» [304] исследовались проблемы управления с использованием кластерного анализа на основе показателей ROA, ROE, P/E, «Рентабельность чистая», «Рентабельность EBITDA». Эти работы позволили выявить изменения в управлении и финансовых показателях предприятий металлургического комплекса в период с 2016 по 2023 годы, что стало основой для

формирования частных обобщающих индексов стратегического потенциала, представленных в данном разделе.

Проведено формирование частных обобщающих индексов стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России на основе анализа главных компонент. Расчеты были осуществлены на основе данных компаний черной металлургической промышленности – ПАО «Ашинский метзавод», ПАО «Северсталь», ПАО «Трубная металлургическая компания» (ПАО «ТМК»), ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ММК), ПАО «Мечел» и ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» (НЛМК) [305, 306, 307, 308, 309, 310, 311] за пятилетний период с 2019 по 2023 год. Информационную базу исследования составили бухгалтерская финансовая отчетность, а также отчеты по устойчивому развитию, датасеты по показателям устойчивого развития, опубликованные на официальных сайтах. Все расчеты были произведены на основе программного обеспечения Wolfram Mathematica 13.3.0. Реализация кода осуществлялась на основе программы для ЭВМ (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025684332 «Анализ главных компонент (РСА)» (А.А. Курилова, Л.Д. Савенков).

Выбор отчетности, составленной на основе международных стандартов (МСФО) как основного источника данных для расчета частных обобщающих индексов потенциалов обеспечивает сопоставимость показателей между предприятиями, что важно для межфирменного анализа и построения интегральных оценок. По сравнению с российскими стандартами бухгалтерского учета (РСБУ), отчетность МСФО отличается более высокой прозрачностью и детализацией раскрытия информации, что расширяет возможности анализа финансово-экономического состояния, инвестиционной активности и структуры активов компаний. Дополнительным преимуществом является то, что металлургические предприятия, присутствующие на международных рынках капитала, в обязательном порядке публикуют отчетность по МСФО, обеспечивая доступность и надежность исходных данных.

Вклад в дисперсию показывает, какую часть общей дисперсии объясняет каждая компонента. Кумулятивный вклад отображает нарастающее объяснение дисперсии при добавлении новых компонент. PCA ищет такие линейные комбинации переменных, которые максимизируют дисперсию. Если несколько исходных переменных имеют отрицательную корреляцию между собой, то это может привести к получению отрицательных весов для этих переменных в главных компонентах.

Распределение дисперсии главных компонент показателей финансово-экономического потенциала предприятий металлургической промышленности России за 2019–2023 гг. представлено в таблицах 5.1–5.5.

Таблица 5.1 – Распределение дисперсии главных компонент показателей финансово-экономического потенциала предприятий в 2019 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	5,151	51,51	51,51
2	4,150	41,50	93,01
3	0,554	5,54	98,55
4	0,124	1,24	99,79
5	0,016	0,16	99,95
6	0,006	0,05	100,00
7	0,000	0,00	100,00
8	0,000	0,00	100,00
9	0,000	0,00	100,00
10	0,000	0,00	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2019–2020 гг. структура дисперсии отличается высокой концентрацией в первых двух компонентах финансово-экономического потенциала, совокупный вклад которых превышает 93–96 % (табл. 5.1–5.2). Распределение указывает на определяющее влияние ограниченного набора факторов, преимущественно связанных с базовыми показателями эффективности – выручкой, прибылью и масштабом деятельности. Усиление концентрации в 2020 году, вероятно, связано со снижением финансовых различий между предприятиями в условиях кризисного периода, когда особое значение приобретают показатели финансовой устойчивости.

Таблица 5.2 – Распределение дисперсии главных компонент показателей финансово-экономического потенциала предприятий в 2020 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	5,078	50,78	50,78
2	4,574	45,74	96,52
3	0,295	2,95	99,47
4	0,036	0,36	99,83
5	0,016	0,16	99,99
6	0,001	0,01	100,00
7	0,000	0,00	100,00
8	0,000	0,00	100,00
9	0,000	0,00	100,00
10	0,000	0,00	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2021 году вклад в дисперсию первой и второй компоненты индекса финансово-экономического потенциала был сопоставим и составил 31,35 % и 30,28 % соответственно (табл. 5.3). Вклад третьей компоненты увеличился до 22,64 %, подтверждая важность дополнительных факторов для анализа. Кумулятивный вклад первых трех компонент составил 84,27 % (см. таблицу 5.3).

Таблица 5.3 – Распределение дисперсии главных компонент показателей финансово-экономического потенциала предприятий в 2021 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	3,135	31,35	31,35
2	3,028	30,28	61,63
3	2,264	22,64	84,27
4	1,555	15,55	99,82
5	0,015	0,15	99,97
6	0,003	0,03	100,00
7	0,000	0,00	100,00
8	0,000	0,00	100,00
9	0,000	0,00	100,00
10	0,000	0,00	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2022–2023 гг. формируется более дифференцированная модель распределения дисперсии (табл. 5.4–5.5). Несмотря на частичное восстановление роли первой компоненты, высокий вклад сохраняется за последующими факторами, что указывает на усложнение структуры финансовых различий и снижение зависимости от ограниченного числа показателей (см. таблицу 5.4).

Таблица 5.4 – Распределение дисперсии главных компонент показателей финансово-экономического потенциала предприятий в 2022 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	3,968	39,68	39,68
2	2,524	25,24	64,92
3	2,439	24,39	89,31
4	0,740	7,40	96,71
5	0,305	3,05	99,76
6	0,024	0,24	100,00
7	0,000	0,00	100,00
8	0,000	0,00	100,00
9	0,000	0,00	100,00
10	0,000	0,00	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.5 – Распределение дисперсии главных компонент показателей финансово-экономического потенциала предприятий в 2023 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	4,763	47,63	47,63
2	1,797	17,97	65,60
3	1,718	17,18	82,78
4	1,162	11,62	94,40
5	0,538	5,38	99,78
6	0,023	0,23	100,00
7	0,000	0,00	100,00
8	0,000	0,00	100,00
9	0,000	0,00	100,00
10	0,000	0,00	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты анализа показывают, что в течение рассматриваемого периода произошел переход от относительно простой и концентрированной структуры финансово-экономического потенциала к более сложной модели. Усиливается межфирменная неоднородность и возрастает роль специфики стратегий развития предприятий, особенно в посткризисный период.

Оценка организационно-управленческого потенциала предприятий металлургической промышленности России за 2019–2023 гг. выявляет структуру факторов, определяющих особенности управления, организационных процессов и внутренней координации деятельности предприятий (табл. 5.6–5.10).

В период с 2019 по 2023 гг. структура организационно-управленческого потенциала характеризуется высокой степенью концентрации (табл. 5.6–5.10). Уже на начальном этапе анализа основная часть дисперсии приходится на первую компоненту, тогда как вклад остальных факторов остается незначительным. Различия между предприятиями в большей степени определяются одним фактором, связанным с уровнем управленческой эффективности и зрелостью организационной структуры.

Таблица 5.6 – Распределение дисперсии главных компонент показателей организационно-управленческого потенциала предприятий в 2019 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	3,616	90,41	90,41
2	0,270	6,76	97,17
3	0,096	2,41	99,58
4	0,017	0,42	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2020–2021 гг. концентрация дисперсий в индексах организационно-управленческого потенциала усиливается. Доля первой компоненты сохраняется на высоком уровне, кумулятивный вклад первых двух компонент дает основную вариацию данных. Такая конфигурация указывает на высокую однородность предприятий с точки зрения организационно-управленческих характеристик и ограниченную роль дополнительных факторов.

Таблица 5.7 – Распределение дисперсии главных компонент показателей организационно-управленческого потенциала предприятий в 2020 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	3,766	94,16	94,16
2	0,160	4,01	98,17
3	0,042	1,05	99,22
4	0,031	0,78	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.8 – Распределение дисперсии главных компонент показателей организационно-управленческого потенциала предприятий в 2021 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	3,761	94,03	94,03
2	0,212	5,30	99,33
3	0,026	0,66	99,99
4	0,000	0,01	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В последующие годы (2022–2023 гг.) структура практически не изменяется. Основная часть вариации по-прежнему сосредоточена в первой компоненте, а влияние остальных факторов остается минимальным. Колебания вкладов в дисперсию не приводят к сильным сдвигам в общей конфигурации распределения дисперсии (табл. 5.9–5.10).

Таблица 5.9 – Распределение дисперсии главных компонент показателей организационно-управленческого потенциала предприятий в 2022 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	3,768	94,20	94,20
2	0,194	4,84	99,03
3	0,031	0,78	99,82
4	0,007	0,18	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.10 – Распределение дисперсии главных компонент показателей организационно-управленческого потенциала предприятий в 2023 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	3,785	94,63	94,63
2	0,178	4,44	99,07
3	0,034	0,86	99,93
4	0,003	0,07	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Организационно-управленческий потенциал предприятий металлургической промышленности характеризуется высокой степенью концентрации и относительной устойчивостью во времени. В отличие от финансово-экономического потенциала, его структура практически не меняется, характеризуя сформировавшиеся и слабо изменяющиеся управленческие практики в отрасли.

Полученные результаты оценки инвестиционно-инновационного потенциала предприятий металлургической промышленности России за 2019–2023 гг. представлены в таблицах 5.11–5.15.

В 2019 году структура дисперсии инвестиционно-инновационного потенциала характеризуется выраженной неравномерностью. Ни одна из компонент не занимает ведущего положения, при этом существенная доля вариации приходится на вторую компоненту (табл. 5.11).

Таблица 5.11 – Распределение дисперсии главных компонент показателей инвестиционно-инновационного потенциала предприятий в 2019 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	1,915	63,84	63,84
2	0,969	32,30	96,14
3	0,116	3,87	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2020–2021 гг. происходит перераспределение значимости компонент, возрастает роль третьей компоненты, а совокупный вклад первых двух факторов становится менее выраженным (табл. 5.12–5.13). При этом вторая компонента сохраняет важное влияние (см. таблицу 5.12).

Таблица 5.12 – Распределение дисперсии главных компонент показателей инвестиционно-инновационного потенциала предприятий в 2020 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	1,167	38,91	38,91
2	1,019	33,95	72,86
3	0,814	27,14	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Начиная с 2022 года структура дисперсии упрощается, основная часть вариации концентрируется в первых двух компонентах (табл. 5.14–5.15). Это указывает на сокращение разнообразия инвестиционных и инновационных стратегий и усиление роли ограниченного числа основных факторов.

Таблица 5.13 – Распределение дисперсии главных компонент показателей инвестиционно-инновационного потенциала предприятий в 2021 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	1,329	44,31	44,31
2	0,845	28,17	72,48
3	0,826	27,52	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.14 – Распределение дисперсии главных компонент показателей инвестиционно-инновационного потенциала предприятий в 2022 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	1,553	51,78	51,78
2	1,447	48,22	100,00
3	0,000	0,00	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.15 – Распределение дисперсии главных компонент показателей инвестиционно-инновационного потенциала предприятий в 2023 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	1,820	60,68	60,68
2	1,180	39,32	100,00
3	0,000	0,00	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

За 2019–2023 гг. наблюдается переход от многокомпонентной и неоднородной структуры инвестиционно-инновационного потенциала к более устойчивой и упорядоченной модели, в которой первые две компоненты объясняют основную часть дисперсии. Снижается вклад третьей компоненты в связи со уменьшением изменчивости факторов, определяющих инвестиционную и инновационную активность предприятий.

Результаты оценки кадрового потенциала предприятий металлургической промышленности России представлены в таблицах 5.16–5.20.

В 2019–2020 гг. структура дисперсии кадрового потенциала характеризуется высокой концентрацией в первых двух компонентах, совокупный вклад которых превышает 98 % (табл. 5.16–5.17). При этом основная нагрузка приходится на первую компоненту, что указывает на преобладание ограниченного набора

факторов, связанных с эффективностью использования трудовых ресурсов и затратами на персонал (см. таблицу 5.16).

Таблица 5.16 – Распределение дисперсии главных компонент показателей кадрового потенциала предприятий в 2019 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,039	67,95	67,95
2	0,928	30,93	98,88
3	0,033	1,11	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.17 – Распределение дисперсии главных компонент показателей кадрового потенциала предприятий в 2020 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	1,989	66,30	66,30
2	0,968	32,26	98,56
3	0,043	1,44	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2021 году наблюдается временное перераспределение доли компонент, снижается суммарный вклад первых двух факторов и возрастает роль третьей компоненты. Общая структура остается близкой к предыдущим периодам, а различия между предприятиями по-прежнему определяются первыми двумя факторами (см. таблицу 5.18).

Таблица 5.18 – Вклад в дисперсию главных компонент показателей кадрового потенциала предприятий в 2021 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	1,945	64,82	64,82
2	0,862	28,73	93,55
3	0,194	6,45	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Начиная с 2022 года вновь усиливается концентрация дисперсии, возрастает вклад первой компоненты, а влияние третьей снижается до незначительных

значений (табл. 5.19–5.20). В 2022–2023 гг. структура стабилизируется, и распределение вкладов практически не изменяется.

Таблица 5.19 – Распределение дисперсии главных компонент показателей кадрового потенциала предприятий в 2022 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,111	70,35	70,35
2	0,811	27,03	97,38
3	0,079	2,63	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.20 – Распределение дисперсии главных компонент показателей кадрового потенциала предприятий в 2023 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,096	69,86	69,86
2	0,833	27,78	97,64
3	0,071	2,36	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2019–2023 гг. структура кадрового потенциала остается устойчивой и слабо изменяется. Основные различия между предприятиями исследуемого периода формируются под влиянием одних и тех же факторов, тогда как роль дополнительных характеристик остается ограниченной. Сохраняется сложившаяся кадровая модель управления в металлургической отрасли, без выраженных структурных сдвигов в рассматриваемый период.

Распределение дисперсии главных компонент показателей производственно-технологического потенциала предприятий металлургической промышленности России за 2019–2023 гг. представлено в таблицах 5.21–5.25.

Структура дисперсии производственно-технологического потенциала характеризуется высокой степенью концентрации в первой компоненте (табл. 5.21–5.25). Ее вклад превышает 98 %, тогда как влияние остальных факторов остается минимальным. Такие значения указывают на преобладание одного фактора, определяющего различия между предприятиями в производственно-технологической сфере.

Таблица 5.21 – Распределение дисперсии главных компонент показателей производственно-технологического потенциала предприятий в 2019 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,966	98,88	98,88
2	0,023	0,76	99,64
3	0,011	0,36	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования

Таблица 5.22 – Распределение дисперсии главных компонент показателей производственно-технологического потенциала предприятий в 2020 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,974	99,13	99,13
2	0,013	0,44	99,57
3	0,013	0,43	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.23 – Распределение дисперсии главных компонент показателей производственно-технологического потенциала предприятий в 2021 г.

Компонента	Веса компонент	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,969	98,95	98,95
2	0,024	0,81	99,76
3	0,007	0,24	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.24 – Распределение дисперсии главных компонент показателей производственно-технологического потенциала предприятий в 2022 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,956	98,53	98,53
2	0,035	1,17	99,70
3	0,009	0,30	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.25 – Распределение дисперсии главных компонент показателей производственно-технологического потенциала предприятий в 2023 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,958	98,60	98,60
2	0,029	0,96	99,55
3	0,014	0,45	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Существенных изменений в распределении дисперсии показателей индекса производственно-технологического потенциала не происходит.

Колебания вкладов второстепенных компонент не приводят к сдвигам в общей структуре, значения первой компоненты сохраняют определяющую роль, концентрируя практически всю вариацию данных. Это подтверждает устойчивый характер производственно-технологической модели развития предприятий в металлургической отрасли.

Оценка экологического потенциала предприятий металлургической промышленности основана на учете комплекса факторов, включая уровень выбросов загрязняющих веществ, потребление ресурсов и индикаторы управления экологическими рисками.

В 2019–2020 гг. структура дисперсии экологического потенциала характеризуется ведущей ролью первой компоненты при сохранении вклада третьей компоненты (табл. 5.26–5.27). При этом в 2020 году усиливается концентрация, увеличивается доля первой компоненты и увеличивается кумулятивный вклад первых двух факторов (см. таблицу 5.27).

Таблица 5.26 – Распределение дисперсии главных компонент показателей экологического потенциала предприятий в 2019 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,346	58,66	58,66
2	1,253	31,33	89,99
3	0,388	9,71	99,70
4	0,012	0,29	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования

Таблица 5.27 – Распределение дисперсии главных компонент показателей экологического потенциала предприятий в 2020 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,843	71,07	71,07
2	0,845	21,12	92,19
3	0,310	7,74	99,93
4	0,003	0,07	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2021 году структура становится более сбалансированной, снижается вклад первой компоненты и усиливается роль четвертой (табл. 5.28), происходит расширение набора факторов, формирующих экологический потенциал, и усложнение его внутренней структуры (см. таблицу 5.28).

Таблица 5.28 – Распределение дисперсии главных компонент показателей экологического потенциала предприятий в 2021 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,491	62,28	62,28
2	1,184	29,59	91,87
3	0,300	7,50	99,37
4	0,025	0,62	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В последующие годы (2022–2023 гг.) сохраняется схожее соотношение вкладов компонент, при котором первая остается ведущей, а третья и четвертая выполняют вспомогательную роль (табл. 5.29–5.30). Незначительные колебания значений не приводят к изменениям общей конфигурации распределения дисперсии (см. таблицу 5.29).

Таблица 5.29 – Распределение дисперсии главных компонент показателей экологического потенциала предприятий в 2022 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,400	59,99	59,99
2	1,254	31,34	91,33
3	0,337	8,42	99,75
4	0,010	0,24	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.30 – Распределение дисперсии главных компонент показателей экологического потенциала предприятий в 2023 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,352	58,81	58,81
2	1,307	32,68	91,49
3	0,329	8,23	99,72
4	0,011	0,28	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Распределение дисперсий показателей экологического потенциала предприятий металлургической промышленности за 2019–2023 гг. меняется мало, что говорит о сохранении основных направлений, формирующих экологический профиль предприятий. Наибольшее влияние на вариацию показателей по-прежнему оказывают факторы, связанные с выбросами загрязняющих веществ, а также с потреблением воды и энергии, которые определяют основные различия в уровне экологического потенциала. За рассматриваемый период структура экологического потенциала сохраняет относительную устойчивость.

Графическая визуализация полученных индексов шести частных потенциалов рассматриваемых предприятий металлургической промышленности России с 2019–2023 года представлена в приложении Г.

За рассматриваемый период устойчивые позиции в организационно-управленческой сфере занимают ПАО «НЛМК» и «Северсталь». Значения индекса ПАО «НЛМК» варьируются в узком диапазоне (0,23–0,32), что указывает на систему управления с высокой степенью формализации и прозрачности процедур.

Для ПАО «Северсталь» в 2022 году характерен рост индекса организационно-управленческого потенциала до 0,81, после чего остаётся на высоком уровне. Подобная динамика может быть обусловлена внутренними преобразованиями, включая реструктуризацию и внедрение цифровых решений.

Компания «ММК» удерживает положительные значения индекса организационно-управленческого потенциала без резких колебаний, тогда как для ПАО «Мечел» и «ТМК» свойственны более выраженные изменения показателей по годам. ПАО «Ашинский метзавод», несмотря на ограниченный масштаб, постепенно улучшает позиции, увеличивая значение индекса с 0,11 до 0,22.

Высокие значения финансово-экономического потенциала отмечаются у ПАО «Северсталь», ПАО «ММК», ПАО «НЛМК» и ПАО «ТМК». В 2020 году показатели этих компаний превышают уровень 1,4, что соответствует высокому уровню ликвидности, рентабельности и эффективности использования капитала. «ММК» сохраняет устойчивые позиции и выделяется как один из самых основных участников по данному критерию.

Иная динамика наблюдается у ПАО «Ашинский метзавод». Значения индекса финансово-экономического потенциала изменяются — от 1,06 в 2020 году

до отрицательных значений в 2021 году ($-0,17$), указывая на нестабильность финансового положения. ПАО «Мечел» удерживает умеренно положительные показатели без резких отклонений, но его показатели остаются ниже уровня ведущих компаний отрасли.

Высокие значения индексов кадрового потенциала наблюдаются у ПАО «Мечел», «НЛМК» и «ТМК» (индексы в диапазоне $0,75-0,91$). Такие показатели соответствуют высокому уровню производительности труда, квалификации персонала и эффективностью кадровой политики.

ПАО «Северсталь» в течении исследуемого периода сохраняет положительные значения индекса кадрового потенциала, однако в 2020 году происходит заметное снижение. Этот период совпадает с пандемийными ограничениями и сопровождался изменениями в численности и структуре занятости. ПАО «Ашинский метзавод» на протяжении всего рассматриваемого периода удерживает свои позиции. Значения его индекса кадрового потенциала находятся в диапазоне $0,66-0,76$, несмотря на ограниченный масштаб деятельности. По рассматриваемому показателю лидирующие позиции занимают ПАО «Мечел» и ПАО «НЛМК».

Инвестиционно-инновационный потенциал характеризуется выраженной дифференциацией между компаниями. К 2023 году ПАО «Ашинский метзавод», ПАО «НЛМК» и ПАО «Северсталь» улучшают показатели индекса инвестиционно-инновационного потенциала, достигая уровня $0,30-0,37$, что соответствует активизации инвестиционной деятельности и развитию инновационных направлений. На этом фоне для ПАО «Мечел» характерно снижение, значения индекса инвестиционно-инновационного потенциала на протяжении всего периода остаются в отрицательной зоне и варьируются от $-0,22$ до $-0,49$.

Для ПАО «Северсталь» характерна смена траектории – после отрицательных значений в 2019–2020 гг. наблюдается последующее улучшение показателей. ПАО «ММК» и ПАО «ТМК» формируют группу с относительно постоянными, но умеренными значениями индексов без резких колебаний. По итогам 2023 года лидирующие позиции занимают ПАО «НЛМК» и ПАО «Ашинский метзавод»,

тогда как ПАО «Мечел» остается в группе с наименьшими значениями индекса инвестиционно-инновационного потенциала.

По индексам производственно-технологического потенциала лидирующие позиции занимают компании ПАО «ТМК» и ПАО «Северсталь». Высокие значения индекса производственно-технологического потенциала (0,91–1,00) ПАО «ТМК» соответствуют высокой загрузке мощностей и производственной эффективности.

Динамика индексов ПАО «Северсталь» менее равномерна. В 2022 году наблюдается снижение показателя (–0,85), после чего в 2023 году наблюдается его восстановление. Траектория может быть связана с внутренними изменениями в производственной структуре или воздействием внешних факторов. ПАО «ММК», ПАО «Мечел» и ПАО «НЛМК» формируют группу со средними значениями индекса производственно-технологического потенциала (0,30–0,65), без выраженных колебаний на протяжении периода. ПАО «Ашинский метзавод» остается в наименее благоприятной позиции: значения индекса остаются отрицательными во все годы.

Индексы экологического потенциала предприятий металлургической промышленности России характеризуются наибольшей неоднородностью среди рассматриваемых направлений. В 2020–2022 гг. ПАО «НЛМК» и ПАО «Мечел» улучшают значения индекса, при этом наиболее заметный рост у ПАО «Мечел» в 2022 году (0,39), что совпадает с активизацией экологических мероприятий. В то же время ПАО «Северсталь» и ПАО «ТМК» на протяжении всего периода сохраняют отрицательные значения показателей (до –0,32 и –0,15 соответственно), формируя более сдержанную экологическую динамику. Для экологической деятельности ПАО «ММК» и ПАО «Ашинский метзавод» не характерна выраженная траектория, значения индексов экологического потенциала находятся вблизи нулевого уровня. В совокупности самые сильные позиции занимают ПАО «НЛМК» и ПАО «Мечел», тогда как ПАО «Северсталь» и ПАО «ТМК» остаются в нижней части распределения.

5.2 Реализация методики статистического анализа показателей стратегического потенциала с применением метода анализа главных компонент

Настоящий раздел диссертации как один из основных результатов диссертации частично опубликован в рецензируемом научном издании согласно пункту 11 Положения о присуждении ученых степеней Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней» в статье: «Методика формирования индексов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности» [57].

Разработанная методика оценки стратегического потенциала базируется на интеграции количественного подхода с применением метода анализа главных компонент и системы индексной диагностики, охватывающей шесть направлений развития предприятия.

Для формирования индекса стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России за период с 2019 по 2023 годы был использован метод главных компонент (таблицы 5.31–5.35).

Эмпирическая оценка компонент индекса стратегического потенциала основана на рассмотренных и рассчитанных выше частных обобщающих индексах производственно-технологического, финансово-экономического, организационно-управленческого, кадрового, инвестиционно-инновационного и экологического потенциалов за 5 лет, с 2019 по 2023 год.

В 2019 году первая компонента объясняла 80,40 % дисперсии, что указывает на определяющее влияние факторов, связанных с организационным управлением и экономической устойчивостью предприятий. Вклад второй компоненты составил 10,20 %, а третья компонента добавила 5,43 %.

Таблица 5.31 – Распределение дисперсии главных компонент показателей стратегического потенциала предприятий в 2019 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	4,824	80,40	80,40
2	0,612	10,20	90,60
3	0,326	5,43	96,03
4	0,127	2,11	98,14
5	0,101	1,68	99,82
6	0,15	0,18	100

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Кумулятивный вклад первых трех компонент в индекс стратегического потенциала составил 96,03 % (см. таблицу 5.31).

Сравнительный анализ результатов главных компонент показателей стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности за 2020–2023 гг. показывает преобладание первой компоненты в 2020–2021 гг., когда ее вклад превышал 81 % дисперсии (81,63 % и 81,94 % соответственно). При этом кумулятивная доля первых трех компонент оставалась высокой – более 94 % (см. таблицы 5.32–5.33).

Таблица 5.32 – Распределение дисперсии главных компонент показателей стратегического потенциала предприятий в 2020 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	4,898	81,63	81,63
2	0,534	8,90	90,53
3	0,227	3,79	94,32
4	0,200	3,33	97,65
5	0,137	2,28	99,93
6	0,004	0,07	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица 5.33 – Распределение дисперсии главных компонент показателей стратегического потенциала предприятий в 2021 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	4,916	81,94	81,94
2	0,676	11,26	93,20
3	0,283	4,72	97,92
4	0,101	1,68	99,60
5	0,022	0,37	99,97
6	0,001	0,02	99,99

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2022 году наблюдается изменение структуры стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России. Вклад первой компоненты снизился до 41,17 %, тогда как вклад второй составил 24,32 %, а третья обеспечивала долю дисперсии в размере 18,05 % (см. таблицу 5.34).

Таблица 5.34 – Распределение дисперсии главных компонент показателей стратегического потенциала предприятий в 2022 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	2,470	41,17	41,17
2	1,459	24,32	65,49
3	1,083	18,05	83,54
4	0,441	7,35	90,89
5	0,409	6,82	97,71
6	0,138	2,30	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

В 2023 году структура стратегического потенциала частично возвращается к исходной модели. Кумулятивная доля первых двух компонент составляет 83,40 % (см. таблицу 5.35).

Таблица 5.35 – Распределение дисперсии главных компонент показателей стратегического потенциала предприятий в 2023 г.

Компонента	Собственное значение	Вклад в дисперсию (%)	Кумулятивный вклад (%)
1	4,478	74,64	74,64
2	0,526	8,76	83,40
3	0,367	6,11	89,51
4	0,359	5,99	95,50
5	0,252	4,20	99,70
6	0,019	0,31	100,00

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

На основе рассчитанных индексов стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России проводится рейтинговая оценка и анализ межгодовой и межфирменной динамики (таблица 5.36). Все индексы находятся в диапазоне $[-1;1]$ в связи с нормализованными значениями факторов. Несмотря на отрицательные значения, их сравнение следует проводить внутри отрасли, поскольку это обеспечивает более точную оценку положения предприятия относительно конкурентов и выявление его сильных и слабых сторон.

Отрицательные значения индексов не обязательно указывают на негативные результаты, а выступают индикаторами для более глубокого анализа в контексте отраслевых стандартов и тенденций.

Таблица 5.36 – Индексы стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России

Компания	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	2023 год
ПАО «ММК»	0,29	0,15	-0,21	-0,29	-0,08
ПАО «НЛМК»	0,25	0,29	-0,06	-0,38	-0,17
ПАО «ТМК»	0,20	0,08	0,09	-0,44	-0,29
ПАО «Мечел»	0,28	0,04	-0,15	-0,48	-0,42
ПАО «Ашинский метзавод»	0,01	0,37	0,23	-0,06	0,10
ПАО «Северсталь»	0,31	0,20	-0,09	0,14	-0,15
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Относительно благоприятную динамику показала компания ПАО «ММК», чей индекс стратегического потенциала, несмотря на последовательное снижение с 0,29 (2019 год) до -0,08 (2023 год), остается ближе к нулевой границе и указывает на сохраняющуюся сбалансированность внутренних ресурсов и стратегических приоритетов.

Для рассчитанных индексов ПАО «НЛМК» и ПАО «Северсталь» характерно устойчивое снижение до -0,17 и -0,15 соответственно. Динамика является результатом отставания темпов стратегической трансформации по сравнению с изменениями внешней среды, в том числе санкционного давления и технологических вызовов. У компании ПАО «НЛМК» на фоне высоких значений индексов производственно-технологического и кадрового потенциалов проявились низкие значения инвестиционно-инновационного и экологического, что отражается на обобщающем индексе стратегического потенциала.

К уязвимым предприятиям по итогам пятилетнего периода следует отнести ПАО «Мечел» и ПАО «ТМК». Индекс стратегического потенциала ПАО «Мечел» снизился с 0,28 до -0,42 и указывает на недостаточную состоятельность в области стратегического реагирования, особенно в инвестиционно-инновационном и экологическом направлениях. У ПАО «ТМК» индекс снижается до -0,29, фиксируя устойчивый тренд снижения стратегических возможностей.

Индексы стратегического потенциала ПАО «Ашинский метзавод», показывают высокую вариативность – от минимального уровня 0,01 в 2019 году до пикового значения 0,37 в 2020 году, но в 2023 году остаются положительными (0,10). Анализ показывает наличие гибкой управленческой структуры и высокую чувствительность к стратегическим корректировкам при ограниченных исходных ресурсах.

Полученные результаты подтверждают наличие отраслевого кризиса стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России в 2021–2023 годах, сопровождающегося общей тенденцией к снижению интегральных значений по всем компаниям [57]. Необходимость реформирования отраслевых стратегий смещается в сторону приоритетов производственно-технологической модернизации и экологической устойчивости как наиболее чувствительных к институциональным и макроэкономическим изменениям.

В ходе анализа были рассчитаны коэффициенты корреляции между полученными значениями индексов стратегического потенциала и темпами роста основных финансовых показателей – EBITDA, стоимости предприятия (EV) и рыночной капитализации (Capitalization) – с лагом в один период для рассматриваемых в исследовании шести ведущих российских металлургических компаний. Лаговая корреляция между показателями позволяет оценить, насколько индекс предсказывает долгосрочную конкурентоспособность компании.

Полученные коэффициенты корреляции представлены в таблице 5.37.

Значимые положительные корреляции выявлены у ПАО «Северсталь», ПАО «ММК», ПАО «НЛМК» и ПАО «Ашинский металлургический завод», где значения коэффициентов превышают 0,8–0,9, что по статистическим стандартам указывает на сильную связь между индексами стратегического потенциала и показателями стоимости компании.

Лаг в один период логически оправдан, так как стратегические решения реализуются и дают результат не мгновенно, а в среднем в течение 1–2 лет. В то же время наблюдаются и отрицательные корреляции (у ПАО «ТМК») и слабые

корреляции (ПАО «Мечел»), что может быть следствием сбоя в реализации стратегии, структурных изменений в отрасли, либо влияния внешних факторов.

Таблица 5.37 – Коэффициенты корреляции между значениями индекса стратегического потенциала и темпами роста финансовых показателей компаний

Компания	Темпы роста EBITDA	Темпы роста EV	Темпы роста капитализации
ПАО «Северсталь»	0,47	0,10	0,10
ПАО «ТМК»	-0,80	-0,70	-0,95
ПАО «ММК»	0,40	0,99	0,98
ПАО «Мечел»	-0,15	0,23	0,23
ПАО «НЛМК»	0,90	0,85	0,84
ПАО «Ашинский метзавод»	0,75	0,54	0,81
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.			

Результаты анализа позволяют утверждать, что разработанный индекс стратегического потенциала может рассматриваться как полноценная статистическая модель, обладающая признаками опережающего индикатора устойчивости и долгосрочной конкурентоспособности. Высокая корреляция между значениями индекса и последующим ростом стоимости компании у ряда предприятий металлургической отрасли подтверждает его прикладную ценность для стратегической диагностики, комплексного экономического анализа и оценки реализации корпоративной стратегии.

5.3 Прогнозирование динамики индексов стратегического потенциала металлургических компаний России на основе сценарного анализа

Проведем сравнительный анализ прогнозных значений обобщающих индексов стратегического потенциала ведущих металлургических компаний России (ПАО «Ашинский метзавод», ПАО «Мечел», ПАО «ММК», ПАО «НЛМК», ПАО «Северсталь», ПАО «ТМК») по трем сценариям.

Прогнозирование основано на шести частных обобщающих индексов стратегического потенциала: организационно-управленческий, финансово-экономический, кадровый, инвестиционно-инновационный, производственно-технологический и экологический.

Сценарные различия в динамике частных компонентов стратегического потенциала обобщены в таблице 5.38.

Таблица 5.38 – Сценарные изменения потенциалов стратегического потенциала

Потенциал	Умеренное развитие	Инновационный сценарий	Сценарий экологического кризиса
Организационно-управленческий	Постепенное улучшение за счет цифровизации и повышения прозрачности	Рост вследствие внедрения проектного управления и цифровых платформ	Снижение эффективности из-за перераспределения ресурсов на антикризисные меры
Финансово-экономический	Относительная стабильность и умеренный рост за счет оптимизации затрат	Увеличение за счет инвестиций, господдержки и роста добавленной стоимости	Снижение прибыли, усиление штрафной нагрузки и падение инвестиционной привлекательности
Кадровый	Сохранение текущих тенденций с постепенным ростом компетенций	Рост за счет переквалификации и привлечения специалистов	Отток кадров, снижение мотивации и усиление социальных рисков
Инвестиционно-инновационный	Реализация отдельных проектов с ограниченным риском	Активизация инвестиций в НИОКР и технологическое обновление	Сокращение инвестиционной активности и приостановка НИОКР
Производственно-технологический	Частичная модернизация и обновление оборудования	Интенсивная автоматизация и внедрение цифровых технологий	Вынужденные остановки и дополнительные издержки на экологическую адаптацию
Экологический	Постепенное соответствие нормативам	Развитие ESG-подходов и экологических технологий	Ухудшение показателей вследствие роста выбросов и экологических рисков
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.			

Особенно чувствительными к смене сценария являются индексы инвестиционно-инновационного и производственно-технологического потенциалов, тогда как кадрового и организационно-управленческого демонстрируют более инерционную динамику.

На основе представленных в приложении Д частных обобщающих индексов стратегического потенциала по сценариям 1 (умеренный), 2 (инновационный) и

3 (экологический кризис) за период 2026–2030, можно провести оценку эффективности каждого сценария по среднему индексу по компаниям и по динамике рангов.

Частота лидирования компаний (1–3 ранги) представлена в таблице 5.39.

Таблица 5.39 – Результаты сценарного анализа предприятий металлургической промышленности России по частоте лидирования компаний

Сценарий	Компаний в ТОП-3 чаще всего (сумма за 5 лет)
Сценарий 1	ТМК (5), ПАО «Мечел» (5), ПАО «ММК» (4)
Сценарий 2	ТМК (5), ПАО «Мечел» (5), ПАО «ММК» (4)
Сценарий 3	ТМК (5), ПАО «Мечел» (5), ПАО «ММК» (5)
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.	

ПАО «ТМК» и ПАО «Мечел» лидируют во всех сценариях, но только в сценарии 3 все три компании неизменно входят в тройку лучших за все годы.

Аутсайдером является компания ПАО «Ашинский метзавод» (таблица 5.40).

Таблица 5.40 – Результаты сценарного анализа «отстающих» предприятий металлургической промышленности России

Компания	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
ПАО «Ашинский метзавод»	6 место	6 место	6 место
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.			

Сценарий «Умеренное развитие» предполагает сохранение текущей динамики без заметного ускорения процессов модернизации. Индекс финансово-экономического потенциала высокий у большинства компаний металлургической промышленности (1,00–1,21), за исключением ПАО «Мечел» (0,83), что возможно связано с низкой инвестиционной активностью. Для большинства субъектов индекс кадрового потенциала находится в диапазоне 0,83–0,90, однако ПАО «ММК» отстает (0,24). Индекс экологического потенциала отрицателен у всех компаний. Минимальное значение зафиксировано у ПАО «Северсталь» (–0,30), что связано с повышенными экологическими рисками и слабой выраженностью природоохранных мероприятий при умеренном уровне государственного давления.

Результаты анализа по сценарию «Акцент на инновации» показывают, что в условиях технологических преобразований, инвестиций в НИОКР и цифровой трансформации формируются высокие прогнозные значения частных индексов. Индекс финансово-экономического потенциала достигает максимальных значений у ПАО «ММК» (1,33), ПАО «НЛМК» и ПАО «Северсталь» (по 1,27), что указывает на высокую степень капитализации и адаптивности компаний к условиям инновационной экономики. Индекс инвестиционно-инновационного потенциала находится в положительной зоне у большинства компаний (0,44–0,51), в то время как для ПАО «Мечел» зафиксировано отрицательное значение (–0,15), связанное с ограниченной инвестиционной активностью или сдержанном характере стратегии.

Рассчитанный индекс производственно-технологического потенциала на основе моделирования второго сценария самый высокий у ПАО «ТМК» (1,15). Индекс экологического потенциала, несмотря на общий тренд на устойчивое развитие, остается неоднородным: от положительных значений (ПАО «Мечел» – 0,11) до отрицательных (ПАО «Северсталь» – (–0,16)), что требует корректировки стратегий ESG предприятий черной металлургии России.

Несмотря на рост большинства индексов, инновационный сценарий не устраняет структурную слабость экологического компонента. При этом значения частных индексов стратегического потенциала остаются более высокими по сравнению с другими сценариями. Переход к высокотехнологичной модели производства требует интеграции экологических стратегий.

Относительная устойчивость в среднесрочном периоде характерна для частных индексов предприятий металлургической промышленности России при реализации сценария «Экологический кризис».

Прогнозные значения обобщающих индексов стратегического потенциала по компаниям на период 2026–2030 годов представлены в соответствии со сценариями в таблицах 5.41–5.43.

В условиях первого сценария значения индексов остаются преимущественно отрицательными для большинства компаний. Кратковременное улучшение фиксируется в 2028 году, однако в последующие периоды положительная

динамика не сохраняется. Устойчивую положительную траекторию сохраняет индекс стратегического потенциала ПАО «Ашинский метзавод», чьи показатели остаются в положительной зоне на протяжении всего горизонта прогнозирования. Индексы стратегического потенциала ПАО «ТМК», ПАО «Мечел» и ПАО «ММК» характеризуются колебаниями без выраженного восходящего тренда. Индексы стратегического потенциала ПАО «Северсталь» и ПАО «НЛМК» удерживают отрицательные значения.

Таблица 5.41 – Результаты сценарного анализа предприятий металлургической промышленности России (сценарий 1)

Ранг	Компания	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
1	ПАО «ТМК»	-0,28	-0,26	0,09	-0,26	-0,27
2	ПАО «Мечел»	-0,20	-0,20	-0,15	-0,20	-0,20
3	ПАО «ММК»	-0,15	-0,14	-0,21	-0,13	-0,15
4	ПАО «Северсталь»	-0,10	-0,09	-0,09	-0,09	-0,10
5	ПАО «НЛМК»	-0,09	-0,08	-0,06	-0,08	-0,09
6	ПАО «Ашинский метзавод»	0,29	0,28	0,23	0,28	0,30

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Во втором сценарии (таблица 5.42) динамика оказывается более сдержанной. Для большинства компаний фиксируется постепенное снижение значений индекса стратегического потенциала. Это особенно заметно для ПАО «Мечел», ПАО «ММК» и ПАО «НЛМК», где отрицательная динамика усиливается к 2030 году. ПАО «ТМК» сохраняет устойчиво низкие значения индекса стратегического потенциала без признаков улучшения. Компания ПАО «Ашинский метзавод» единственная показывает положительные значения индекса с 2026 года на протяжении всех пяти лет.

Таблица 5.42 – Результаты сценарного анализа предприятий металлургической промышленности России (сценарий 2)

Ранг	Компания	2026 год	2027год	2028 год	2029 год	2030 год
1	ПАО «ТМК»	-0,28	-0,28	-0,30	-0,29	-0,30
2	ПАО «Мечел»	-0,20	-0,21	-0,23	-0,23	-0,24
3	ПАО «ММК»	-0,15	-0,16	-0,18	-0,18	-0,18
4	ПАО «Северсталь»	-0,10	-0,12	-0,12	-0,12	-0,13
5	ПАО «НЛМК»	-0,09	-0,10	-0,12	-0,12	-0,13
6	ПАО «Ашинский метзавод»	0,29	0,29	0,30	0,27	0,26

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Третий сценарий («Экологический кризис») формирует другую траекторию развития. Как видно из таблицы 5.43, для большинства компаний характерен постепенный рост значений индекса стратегического потенциала и переход от отрицательных к близким к нулю или положительным значениям. ПАО «Мечел» и ПАО «ТМК» сохраняют отрицательные значения с постепенным улучшением.

Таблица 5.43 – Результаты сценарного анализа предприятий металлургической промышленности России (сценарий 3)

Ранг	Компания	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
1	ПАО «ТМК»	-0,28	-0,25	-0,18	-0,15	-0,10
2	ПАО «Мечел»	-0,20	-0,18	-0,13	-0,11	-0,06
3	ПАО «ММК»	-0,15	-0,12	-0,06	-0,02	0,03
4	ПАО «Северсталь»	-0,10	-0,08	-0,03	0,01	0,05
5	ПАО «НЛМК»	-0,09	-0,08	-0,03	0,00	0,05
6	ПАО «Ашинский метзавод»	0,29	0,27	0,24	0,23	0,24

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Исходя из проведенных расчетов, самым результативным оказался сценарий, моделирующий условия экологического кризиса. В его условиях отчетливо проявляются эффекты трансформационных мер, связанных с развитием циркулярной экономики, технологической адаптацией и изменением бизнес-моделей. Внешние ограничения выступают фактором, ускоряющим пересмотр стратегических приоритетов и формирование более устойчивых моделей развития. Выявленные тренды сценариев на 2026–2030 гг представлены в таблице 5.44.

Таблица 5.44 – Тренды сценариев на 2026–2030 гг

Сценарий	Тренд (2026–2030)	Характеристика
Сценарий 1: Умеренный импульс	Стабильно низкий с флуктуациями	Колебания без устойчивой траектории роста
Сценарий 2: Инновационный	Слабый рост, остается в «минусе»	Стабильная, но медленная положительная динамика
Сценарий 3: Экологический кризис	Уверенный рост и выход в положительные значения	Сценарий с выходом в устойчивый рост

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Результаты анализа обеспечивают сравнительное сопоставление индексов стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности

России и учет сценарных условий при разработке долгосрочных стратегий развития.

Разработанный инструментарий обеспечивает комплексную количественную оценку стратегического потенциала и может быть адаптирован для анализа других отраслей и уровней экономической системы. Его применение расширяет возможности стратегического планирования в условиях неопределенности и усиливающихся технологических и экологических вызовов.

Практическое значение исследования заключается в создании инструментария для количественной и сценарной оценки стратегического потенциала металлургических предприятий в целях принятия обоснованных управленческих, инвестиционных и регуляторных решений в условиях неопределенности, технологических и экологических вызовов. Результаты сопоставления, представленные в приложении Е, указывают на то, что разработанный инструментарий соответствует приоритетам государственной промышленной политики Российской Федерации, включая повышение конкурентоспособности металлургической промышленности, развитие экспортного потенциала, внедрение экологически ориентированных механизмов управления и совершенствование стратегического планирования отраслевого развития.

Предлагаемые в диссертации методики и методологические подходы, включая сценарный анализ, прогнозирование с использованием моделей ARIMA и анализа главных компонент, а также интеграцию экологических и инновационных факторов, в совокупности обеспечивают комплексное воздействие на стратегический потенциал металлургических предприятий и находят отражение в расчетах прогнозных индексов. Данный подход способствует повышению точности экономического и статистического анализа деятельности предприятий в условиях неопределенности и трансформации внешней среды. Предложенные решения направлены на оптимизацию стратегического планирования и укрепление позиций предприятий в условиях технологических и экологических вызовов.

Выводы по главе 5

1. Структура стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России неоднородна и развивается по различным траекториям. Финансово-экономический и инвестиционно-инновационный потенциалы в период с 2019 по 2023 год характеризуются усложнением структуры и ростом роли дополнительных факторов. Производственно-технологический и организационно-управленческий потенциалы остаются относительно стабильными с высокой концентрацией ограниченного числа параметров. Инвестиционно-инновационный потенциал характеризуется выраженной дифференциацией между компаниями. Индексы экологического потенциала предприятий металлургической промышленности России характеризуются наибольшей неоднородностью среди рассматриваемых направлений.

2. Результаты рейтинговой оценки предприятий металлургической промышленности показали наличие отраслевого кризиса в 2021–2023 годах, сопровождающегося общей тенденцией к снижению значений индексов по всем компаниям. Межфирменный анализ выявляет неоднородность, при которой одни компании характеризуются устойчивостью или восстановлением (ПАО «Ашинский метзавод»), для других характерно стратегическое снижение (ПАО «Мечел», ПАО «ТМК»). Необходимость реформирования отраслевых стратегий смещается в сторону производственно-технологической модернизации и экологической устойчивости.

3. Из трех сценариев («умеренный», «инновационный» и «экологический кризис») сценарий экологического кризиса обеспечивает высокую устойчивость и рост стратегического потенциала для большинства предприятий металлургической промышленности России. В его условиях наиболее выражены эффекты трансформационных мер, связанных с развитием циркулярной экономики, технологической адаптацией и изменением бизнес-моделей.

4. Индекс стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности может рассматриваться как полноценная статистическая модель, обладающая признаками опережающего индикатора устойчивости и долгосрочной

конкурентоспособности. Рассчитанная в ходе диссертационного исследования высокая корреляция между значениями индекса и показателями роста стоимости компании (ЕВITDA, стоимость предприятия (EV) и рыночная капитализация (Capitalization)) с лагом в один период у ряда предприятий металлургической отрасли подтверждает его прикладную ценность для стратегической диагностики и комплексного экономического анализа.

5. Индексы стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности служат основой для формирования целевых сценариев устойчивого развития предприятий и отрасли в целом.

На основе этих сценариев, с применением подхода бэккастинга, предприятия могут осуществлять обратное проектирование стратегических траекторий, включая разработку модели сбалансированной системы показателей, дополненной ESG-компонентами. Индексы стратегического потенциала служат метрологической базой для построения КPI-индикаторов, отражающих как текущую устойчивость, так и целевые ориентиры развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании разработан концептуально-методологический подход к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России в условиях глобальных экономических, институциональных и экологических трансформаций.

Основным теоретическим результатом исследования стало обоснование стратегического потенциала как объекта комплексного экономического и статистического анализа. В отличие от традиционных трактовок, рассматривающих его преимущественно как совокупность ресурсов или конкурентных преимуществ, стратегический потенциал представлен как динамическая, системная и многомерная характеристика предприятия, отражающая его способность к адаптации, устойчивому развитию и обеспечению долгосрочной конкурентоспособности. Разработана структурная типология стратегического потенциала, включающая шесть взаимосвязанных компонентов: финансово-экономический, организационно-управленческий, инвестиционно-инновационный, производственно-технологический, кадровый и экологический.

На методологическом уровне сформирована система универсальных и отраслевых статистических индикаторов, позволяющих перейти от концептуального описания к количественной операционализации стратегического потенциала. Разработана интегральная методика статистической оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности на основе двухуровневого применения метода анализа главных компонент, обеспечивающая объективное взвешивание показателей и агрегирование системы показателей частных потенциалов в единый интегральный индекс.

Важным научным результатом является разработка методологического инструментария анализа внешних факторов развития отрасли. Проведена кластеризация стран – участников мирового рынка стали и железной руды, что позволило выявить устойчивую структуру глобального металлургического

пространства. Установлены причинно-следственные и лаговые взаимосвязи между объемами производства стали и основными макроэкономическими индикаторами, включая валовое накопление капитала, а также выявлены закономерности взаимодействия производства стали и экологических показателей (выбросы CO₂, CH₄, N₂O). Полученные результаты позволили интерпретировать динамику производства стали как опережающий индикатор инвестиционной активности и как фактор экологической нагрузки.

Разработана методика прогнозирования основных показателей развития мировой и российской сталелитейной промышленности на основе моделей временных рядов ARIMA, адаптированная к условиям отраслевой волатильности и институциональной неопределенности. Прогнозные оценки формируют количественную основу для стратегического планирования и сценарного анализа.

Особое внимание в исследовании уделено экологической трансформации отрасли. Разработана методика комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития предприятий металлургической промышленности с использованием инструментария нечетких когнитивных карт.

Введено понятие сценарной чувствительности принципов оценки стратегического потенциала, отражающее степень их изменчивости оценки под воздействием факторов внешней среды. Это позволило дифференцировать устойчивые и уязвимые элементы стратегической системы предприятия и повысить обоснованность сценарного анализа.

Методологическим развитием исследования стала интеграция инструментария сбалансированной системы показателей с ESG-перспективой и подходом бэккастинга. Разработана расширенная модель BSC–ESG, обеспечивающая стратегическое планирование «от будущего к настоящему» и формирование поэтапной системы KPI-индикаторов устойчивого развития. Данная модель формирует управляемую траекторию циркулярной трансформации предприятий металлургического комплекса.

На основе эмпирических данных за 2019–2023 гг. проведена апробация интегральной методики оценки стратегического потенциала предприятий

металлургической промышленности России, построены прогнозные сценарии на 2026–2030 гг. Полученные индексы стратегического потенциала обладают прикладной значимостью как инструмент стратегической диагностики и количественной оценки устойчивости предприятий в условиях усиления экологических ограничений и институциональных изменений.

Научное приращение исследования заключается:

- в теоретическом обосновании стратегического потенциала как самостоятельной категории комплексного экономического и статистического анализа;
- разработке его структурной типологии;
- формировании системы универсальных и отраслевых индикаторов;
- интеграции методов многомерной статистики, анализа временных рядов и когнитивного моделирования в единую аналитическую систему;
- введении категории сценарной чувствительности;
- создании интегрального статистического индекса стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности.

Методическое приращение состоит в разработке многоуровневого инструментария диагностики, прогнозирования и сценарного моделирования стратегического потенциала, обеспечивающего учет экономических, экологических и институциональных факторов.

Практическая значимость результатов определяется возможностью их применения:

- для стратегической диагностики предприятий металлургической отрасли;
- для разработки управленческих решений в условиях экологической трансформации;
- при формировании отраслевых и региональных программ устойчивого развития;
- при интеграции ESG-факторов в систему стратегического управления промышленными предприятиями.

Стратегический потенциал в диссертационной работе представлен не только как агрегированный количественный индекс, но как динамическая и сценарно чувствительная система, отражающая адаптивность предприятий металлургической промышленности к глобальным экономическим, институциональным и экологическим трансформациям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Результаты библиографического поиска по словосочетанию «strategic potential of the enterprise» // OpenAlex : [открытый сервис поиска научных публикаций, открытая и свободная наукометрическая база]. – URL: https://openalex.org/works?filter=title_and_abstract.search:strategic+potential+of+the+enterprise,type:types/article,language:languages/en&group_by=publication_year,open_access.is_oa,primary_topic.id,authorships.institutions.lineage,type,authorships.count (дата обращения: 24.12.2024). – Текст : электронный.
2. Давтян, В. Стратегический потенциал транспортного коридора «Армения–Иран–Индия» / В. Давтян, Н. Маргарян. – Текст : непосредственный // Россия и новые государства Евразии. – 2024. – № 1. – С. 99-112.
3. Назаренко, Т. С. Стратегический потенциал программного и проектного управления в цифровой трансформации отраслей национальной экономики России / Т. С. Назаренко, И. В. Новикова. – Текст : непосредственный // Экономика промышленности. – 2023. – Т. 16. – № 3. – С. 284-298.
4. Сабина, А. Л. Цифровая трансформация региональной экономики как стратегический потенциал ее развития / А. Л. Сабина, С. А. Измалкова, И. В. Сычева. – Текст : непосредственный // Economic Analysis: Theory and Practice. – 2019. – Т. 18. – № 6. – С. 999-1013.
5. Кострюкова, О. Н. Стратегический потенциал развития туристско-рекреационной сферы региона: проблемы и направления изучения / О. Н. Кострюкова. – Текст : непосредственный // Проблемы современной экономики. – 2011. – С. 268-272.
6. Шелкоплясова, Г. С. Стратегический потенциал как основа стратегического выбора региональной социально-экономической системы / Г. С. Шелкоплясова, С. В. Исламова. – Текст : непосредственный // Экономические и гуманитарные исследования регионов. – 2013. – № 1. – С. 111-120.

7. Кириллова, А. Н. Стратегический потенциал и ключевые факторы развития жилищно-коммунального хозяйства / А. Н. Кириллова. – Текст : непосредственный // Международный научно-технический журнал. – 2018. – № 3. – С. 12-16.

8. Баранова, Н. А. Стратегический потенциал агропромышленного комплекса / Н. А. Баранова. – Текст : непосредственный // Проблемы агрорынка. – 2016. – № 4. – С. 23-28.

9. Логинов, Е. Л. Стратегический потенциал субъектов регионального холдинга / Е. Л. Логинов, А. Д. Екутеч, Т. Д. Екутеч. – Текст : непосредственный // Региональная экономика: теория и практика. – 2007. – Т. 15. – № 54. – С. 26-33.

10. Arefieva, O. V. The Strategic Resources of Ensuring the Economic Potential in the Context of Integration-Diversification Development of Enterprise / O. V. Arefieva, S. T. Piletska, D. V. Zabolotna. – Text : direct // Business Inform. – 2020. – Vol. 11, № 514. – Pp. 398-404.

11. Vovk, O. Enterprise Development Potential Management: A Strategic Approach / O. Vovk, A. Dudik. – Text : direct // Economic Scope. – 2020.

12. Результаты библиографического поиска по словосочетанию «dynamic capabilities» // OpenAlex : [открытый сервис поиска научных публикаций, открытая и свободная наукометрическая база]. – URL: https://openalex.org/works?page=1&filter=title_and_abstract.search:dyna mic+capabilities,type:types/article&group_by=publication_year,open_access.is_oa,primary_topic.id,authorships.institutions.lineage,type,authorships.countries,language,authorships.author.id&id=wUFXtRBjH94Six8no8upfL (дата обращения: 24.12.2024). – Текст : электронный.

13. Teece, D. J. Dynamic Capabilities and Strategic Management / D. J. Teece, G. Pisano, A. Shuen. – Text : direct // Knowledge and Strategy. – London, 1999. – Pp. 77-115.

14. Helfat, C. E. Know-how and Asset Complementarity and Dynamic Capability Accumulation: The Case of R&D / C. E. Helfat. – Text : direct // Strategic Management Journal. – 1997. – Vol. 18, № 5. – Pp. 339-360.

15. Dynamic Capabilities and Performance: Strategy, Structure and Environment / R. Wilden, S. P. Gudergan, B. B. Nielsen, I. Lings. – Text : direct // Long Range Planning. – 2013. – Vol. 46, № 1–2. – Pp. 72–96.

16. Barreto, I. Dynamic Capabilities: A Review of Past Research and an Agenda for the Future / I. Barreto. – Text : direct // Journal of Management. – 2010. – Vol. 36, № 1. – Pp. 256-280.

17. Martins, M. S. Inovações tecnológicas e indústria 4.0 na siderurgia / M. S. Martins, G. M. de Paula, M. dos R. A. Botelho. – Text : direct // Revista Brasileira de Inovação. – 2021. – Vol. 20. – Article number e021006.

18. Miles, R. E. Organizations: New Concepts for New Forms / R. E. Miles, C. C. Snow. – Text : direct // California Management Review. – 1986. – Vol. 28, № 3. – Pp. 62-73.

19. Dynamic marketing capabilities, foreign ownership modes, sub-national locations and the performance of foreign affiliates in developing economies / Z. Konwar, N. Papageorgiadis, M. F. Ahammad [et al.]. – Text : direct // International Marketing Review. – 2017. – Vol. 34, № 5. – Pp. 674-704.

20. Завгородняя, Ю. В. Управление стратегическим потенциалом предприятий сельского хозяйства : специальность 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика (экономика агропромышленного комплекса (АПК)) (экономические науки)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Завгородняя Юлия Валентиновна ; Донецкий государственный университет. – Донецк, 2024. – 285 с. – Текст : непосредственный.

21. Климова, П. А. Социально-экономический потенциал предприятия: стратегический аспект / П. А. Климова. – Текст : непосредственный // ГОУ ВПО «ДонАУиГС». Менеджер. – 2018. – Т. 4, № 86. – С. 119-124.

22. Ключева, Е. Ю. Стратегический потенциал организации как основа повышения ее конкурентоспособности / Е. Ю. Ключева, Я. Э. Нагаева. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. – 2013.

23. Анташкиева, Т. Стратегический потенциал предприятия индустрии гостеприимства как средство достижения конкурентоспособности /

Т. Анташкиева. – Текст : непосредственный // Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. – 2012. – Т. 4. – С. 335-337.

24. Коновалова, Н. В. Теоретический анализ понятия «стратегический потенциал» в стратегическом менеджменте / Н. В. Коновалова. – Текст : непосредственный // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2017.

25. Квочкина, В. И. Стратегический потенциал управления оборотным капиталом организации / В. И. Квочкина, А. Н. Квочкин, С. М. Свиридова. – Текст : непосредственный // Наука и образование. – 2022.

26. Артамонов, Б. В. Стратегический потенциал предприятия и его основные составляющие / Б. В. Артамонов. – Текст : непосредственный // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 202. – С. 5-9.

27. Марабаева, Л. В., Горин И.А. Подходы к структуризации стратегического потенциала промышленного предприятия / Л. В. Марабаева, И. А. Горин. – Текст : непосредственный // Инновационные технологии в кооперативном образовательном процессе. – 2016.– С. 204-208.

28. Романцов, А. Н. Стратегический потенциал производственной организации: содержание и необходимость управления / А. Н. Романцов. – Текст : непосредственный // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2014. – Т. 2, № 27. – С. 97-99.

29. Булгакова, Л. Н. Стратегический потенциал устойчивого социально-экономического развития региона: сущность, показатели, оценка взаимосвязей / Л. Н. Булгакова, Д. А. Дурдыева. – Текст : непосредственный // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2013. – С. 1-12.

30. Лукиных, М. И. Стратегический потенциал организации / М. И. Лукиных. – Текст : непосредственный // Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. – 2018. – Т. 8, № 3А. – С. 118-125.

31. Меньшенина, А. О. Стратегический потенциал предпринимательской организации / А. О. Меньшенина, Г. С. Мерзликина. – Текст : непосредственный //

Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2010. – Т. 3, № 13.

32. Ветрова, Е. Н. Управление стратегической конкурентоспособностью судостроительного комплекса: теоретические и методологические аспекты : монография / Е. Н. Ветрова ; Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов. – Санкт-Петербург : Издательство СПбГУЭФ, 2012. – 192 с. – ISBN 978-5-7310-2905-6. – Текст : непосредственный.

33. Коренная, К. А. Основы эффективного управления промышленными предприятиями в современных условиях / К. А. Коренная, А. В. Голлай, О. В. Логиновский. – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 161-170.

34. Одинцов, Б. Е. Алгоритмическое встраивание бюджетов в стратегическое управление предприятием / Б. Е. Одинцов. – Текст : непосредственный // Управленческие науки. – 2019. – Т. 9. – № 2. – С. 14-22.

35. Mazur, B. Bridging Sustainable Human Resource Management and Corporate Sustainability / B. Mazur, A. Walczyna. – Text : direct // Sustainability (Switzerland). – 2020. – Vol. 12, № 21. – Pp. 1-21.

36. Романова, О. А. Стратегический вектор развития металлургии России в условиях новой реальности / О. А. Романова, Д. В. Сиротин. – Текст : непосредственный // Известия Уральского государственного горного университета. – 2022. – Т. 3, № 67. – С. 133-145.

37. Müller, J. M. What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability / J. M. Müller, D. Kiel, K. I. Voigt. – Text : direct // Sustainability (Switzerland). – 2018. – Vol. 10, № 1. – Article number 247.

38. Васильева, В. В. Стратегический потенциал организации: вопросы диагностики и управления / В. В. Васильева. – Текст : непосредственный // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2011. – № 1. – С. 106-123.

39. Васильева, В. В. Стратегический потенциал организации через призму ресурсного подхода к стратегии / В. В. Васильева. – Текст : непосредственный // Государственное управление. Электронный вестник. – 2009. – № 20. – С. 1-6.

40. Алексеев, С. Б. Стратегический инновационный потенциал торгового предприятия / С. Б. Алексеев. – Текст : непосредственный // Вестник института экономических исследований. – 2016. – № 3. – С. 46-52.

41. Овсянников, С. В. Стратегический потенциал вузов в системе управления устойчивым экономическим развитием предприятий / С. В. Овсянников. – Текст : непосредственный // Территория науки. – 2014. – № 3. – С. 12-18.

42. Москалькова, О. А. Стратегический потенциал развития транснациональной корпорации / О. А. Москалькова, Е. В. Сумина. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы экономических наук. – 2013. – № 32. – С. 244-248.

43. Tervonen, P. Development of Environmental Management: A Case Study of Steel Production / P. Tervonen, H. Naapasalo, S. Juntunen. – Text : direct // International Journal of Sustainable Economy. – 2010. – Vol. 2, № 2. – Pp. 144-163.

44. Жулина, Е. Г. Стратегический потенциал региона и его инновационность / Е. Г. Жулина. – Текст : непосредственный // Бизнес и стратегии. – 2018. – Т. 1, № 10. – С. 16-22.

45. Цуцкарев, В. К. Стратегический потенциал предприятия по наземному обслуживанию рейсов бизнес-авиации / В. К. Цуцкарев. – Текст : непосредственный // *π-Economy*. – 2022. – Т. 15, № 6. – С. 71-84.

46. Ладонько, Л. С. Стратегический потенциал предприятия: формирование и оценка / Л. С. Ладонько, М. В. Ганжа. – Текст : непосредственный // Науковий вісник Полісся. – 2015. – Т. 2, № 2. – С. 109-114.

47. Мартыненко, О. В. Стратегический потенциал и текущая конкурентоспособность ведущих секторов российского машиностроения / О. В. Мартыненко. – Текст : непосредственный // Экономика: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 39. – С. 41-48.

48. World Population Prospects, 2024 / Department of Economic and Social Affairs, Population Division // United Nations : сайт. – URL: <https://population.un.org/wpp/> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

49. The 17 Goals / Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development // United Nations : сайт. – URL: <https://sdgs.un.org/goals> (дата обращения: 19.01.2024). – Текст : электронный.

50. Склепович, М. В. Стратегический потенциал изменений организации сектора государственного управления / М. В. Склепович, К. З. Склепович. – Текст : непосредственный // Экономический вестник ДонГТИ. – 2021. – № 9. – С. 67-77.

51. Латышев, Д. В. Стратегический потенциал метода SWOT-анализа в маркетинговой деятельности образовательного учреждения / Д. В. Латышев. – Текст : непосредственный // Научный журнал «Вестник по педагогике и психологии Южной Сибири». – 2017. – № 1. – С. 63-74.

52. Richnák, P. Impact and Potential of Sustainable Development Goals in Dimension of the Technological Revolution Industry 4.0 within the Analysis of Industrial Enterprises / P. Richnák, H. Fidlerová. – Text : direct // Energies. – 2022. – Vol. 15, № 10. – Article number 3697.

53. Fateeva, O. A Systematic Approach to Evaluating the Strategic Potential of Agricultural Enterprises / O. Fateeva, E. Muratova, E. Ivanova. – Text : direct // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 113. – Article number 05001.

54. Faizova, S. Prospects for Improving the Methodology of Strategic Enterprise Management / S. Faizova, M. Ivanova, T. Pozhuieva. – Text : direct // Baltic Journal of Economic Studies. – 2018. – Vol. 4, № 5. – Pp. 371-378.

55. Великая, Е. Г. Стратегический потенциал и рентабельность организации / Е. Г. Великая, В. В. Чурко. – Текст : непосредственный // Вектор науки ТГУ. Серия: Экономика и управление. – 2014. – Т. 2, № 17. – С. 7-9.

56. Савенков, Л. Д. Концептуально-методологические подходы к комплексному экономическому и статистическому анализу стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности / Л. Д. Савенков. –

Текст : непосредственный // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 11, № 11 (164). – С. 47-55.

57. Савенков, Л. Д. Методика формирования индексов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Теория и практика общественного развития. – 2025. – № 10 (210). – С. 182-189.

58. Савенков, Л. Д. Эволюция метода бэккастинга: семантический кластерный анализ и его роль в устойчивом развитии промышленности / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2024. – № 235. – С. 192-197.

59. Мерзликина, Г. Л. Оценка экономической состоятельности предприятия : монография / Г. Л. Мерзликина, Л. С. Шаховская. – Волгоград : Волгоградский гос. техн. ун-т, 1998. – 265 с. – Текст : непосредственный.

60. Петров, П. А. Формирование единой методологии контроллинга стратегического потенциала промышленного предприятия / П. А. Петров. – Текст : непосредственный // Научный вестник Уральской академии государственной службы: политология, экономика, социология, право. – 2011. – № 3 (16). – С. 128-137.

61. Яблочкина, Е. А. Развитие методических основ формирования механизма управления экономическим потенциалом строительного предприятия : специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (строительство)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Яблочкина Елена Анатольевна ; Тюменский государственный архитектурно-строительный университет. – Тюмень, 2006. – 167 с. – Текст : непосредственный.

62. Grynko, T. Assessment of the Financial Potential of the Enterprise in Strategic Management / T. Grynko, T. Hviniashvili, I. Konev. – Text : direct // Actual Problems of Economics. – 2023. – Vol. 1, № 267. – Pp. 40-48.

63. Бородин, А. И. Экономико-математическая модель оценки потенциала предприятия / А. И. Бородин. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева. – 2012. – № 4 (44). – С. 198-203.

64. Васильева, Н. А. Методические подходы к оценке стратегического потенциала промышленного предприятия / Н. А. Васильева. – Текст : непосредственный // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2011. – № 1 (35). – С. 49-53.

65. Башелутсков, П. П. Комплексный мониторинг стратегического потенциала предприятия / П. П. Башелутсков. – Текст : непосредственный // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2006. – № 10. – С. 111-115.

66. Principal Component Analysis: A Natural Approach to Data Exploration / F. L. Gewers, G. R. Ferreira, H. F. De Arruda [et al.]. – Text : direct // ACM Computing Surveys. – 2022. – Vol. 54, № 4. – Article number 70.

67. Tang, Y. Enterprise Financial Strategy and Performance Management Analysis Based on Principal Component Analysis / Y. Tang, S. H. Aldulaimi. – Text : direct // Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. – 2023. – Vol. 8, № 1. – Pp. 1265-1276.

68. Валько, Д. В. Методический инструментарий оценки стратегического потенциала организации / Д. В. Валько. – Текст : непосредственный // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. – 2015. – № 3 (10). – С. 66-73.

69. Лагунова, Е. В. Стратегический потенциал компании и его оценка / Е. В. Лагунова. – Текст : непосредственный // Проблемы управления. – 2007. – № 6. – С. 40-44.

70. Kaplan, R. S. The Balanced Scorecard – Measures That Drive Performance / R. S. Kaplan, D. P. Norton. – Text : direct // Harvard Business Review. – 1992. – Vol. 70, № 1. – Pp. 71-79.

71. Кузнецова, С. А. Стратегический менеджмент : учеб.-метод. пособие / С. А. Кузнецова, В. Д. Маркова. – Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2004. – 78 с. – Текст : непосредственный.

72. Плеханов, А. Г. Управление стратегическим потенциалом строительных организаций : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Плеханов Александр Георгиевич ; Государственный университет управления. – Москва, 2011. – 39 с. – Текст : непосредственный.

73. Карпова, М. В. Оценка стратегического потенциала организации / М. В. Карпова, Н. В. Рознина, И. С. Лушникова. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы современной экономики. – 2019. – № 5.

74. Иванова, О. В. Методика расчета стратегического потенциала промышленного предприятия / О. В. Иванова. – Текст : непосредственный // Инновации. – 2007. – № 5 (103). – С. 86-88.

75. Dreborg, K. H. Essence of Backcasting / K. H. Dreborg. – Text : direct // Futures. – 1996. – Vol. 28, № 9.

76. Bibri, S. E. A Methodological Framework for Futures Studies: Integrating Normative Backcasting Approaches and Descriptive Case Study Design for Strategic Data-Driven Smart Sustainable City Planning / S. E. Bibri. – Text : direct // Energy Informatics. – 2020. – Vol. 3, № 1. – Article number 31.

77. Bibri, S. E. Backcasting in Futures Studies: A Synthesized Scholarly and Planning Approach to Strategic Smart Sustainable City Development / S. E. Bibri. – Text : direct // European Journal of Futures Research. – 2018. – Vol. 6.

78. Robinson, J. B. Futures under Glass: A Recipe for People Who Hate to Predict / J. B. Robinson. – Text : direct // Futures. – 1990. – Vol. 22. – Pp. 820-842.

79. Broman, G. I. A Framework for Strategic Sustainable Development / G. I. Broman, K.-H. Robèrt. // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 140. – Pp. 17-31.

80. Vergragt, P. J. Sustainable technology development in the Netherlands: the first phase of the Dutch STD programme / P. J. Vergragt, G. van Grootveld. – Text: direct // Journal of Cleaner Production. – 1994. – Vol. 2, № 3-4. – Pp. 133-137.

81. Zwikael, O. A General Framework for Gauging the Performance of Initiatives to Enhance Organizational Value / O. Zwikael, J. Smyrk. – Text : direct // British Journal of Management. – 2012. – Vol. 23, № S1. – S6-S22.

82. Xue, R. Optimising Product Development in Industry by Alignment of the ISO/IEC 15288 Systems Engineering Standard and the PMBoK Guide / R. Xue, C. Baron, P. Esteban. – Text : direct // International Journal of Product Development. – 2017. – Vol. 22, № 1. – P. 65-80.

83. Bryson, J. M. Strategic Planning for Public and Nonprofit Organizations: A Guide to Strengthening and Sustaining Organizational Achievement / J. M. Bryson. – 5th Ed. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2018. – 544 p. – Text : direct.

84. Galli, B. J. How Statistical Analysis Tools Can Be Used to Effectively Plan and Execute a Strategic Plan for an Organization / B. J. Galli. – Text : direct // International Journal of Applied Industrial Engineering. – 2021. – Vol. 8, № 1. – Pp. 1-16.

85. Савенков, Л. Д. Оценка динамики производства стали странами мира на основе их группировки / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2024. – № 10 (240). – С. 17-27.

86. Стратегия развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года : утверждена приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 5 мая 2014 года № 839 // ГАРАНТ.РУ : информационно-правовой портал. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70595824> (дата обращения: 15.12.2025). – Текст : электронный.

87. Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2022 года № 4260-р : (в редакции от 21 октября 2024 года) // Правительство России : сайт. – URL: <http://government.ru/docs/all/145440/> (дата обращения: 15.12.2025). – Текст : электронный.

88. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» : постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 328 : (в редакции от 29 декабря 2025 года) // КонсультантПлюс : справочная правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162176/ (дата обращения: 15.01.2026). – Текст : электронный.

89. Энциклопедический словарь по металлургии. В 2 томах. Том 1. А – О / Российская академия наук, Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова, Международный союз металлургов ; гл. ред. Н. П. Лякишев ; редкол.: С. В. Колпаков [и др.]. – Москва : Интермет Инжиниринг, 2000. – 411 с. – Текст : непосредственный.

90. Production of Pig Iron Worldwide from 2009 to 2019 (in thousand metric tons) // Statista : The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies. – URL: <https://www.statista.com/statistics/1168624/pig-iron-production-worldwi-de/> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

91. World Steel in Figures 2022 // World Steel Association : сайт. – URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures-2022/> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

92. Доничев, О. А. Кластерный анализ как инструмент оценки социально-экономического развития регионов / О. А. Доничев, Н. Л. Красюкова, Д. Ю. Фраймович. – Текст : непосредственный // Экономический анализ: теория и практика. – 2011. – № 47 (254). – С. 39-45.

93. Овсянникова, Р. В. Кластерный анализ в оценке уровня и качества жизни населения субъектов РФ / Р. В. Овсянникова. – Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2018. – № 1 (159). – С. 38-45.

94. Петрыкина, И. Н. Применение кластерного анализа для типологизации муниципальных образований / И. Н. Петрыкина, М. И. Солосина, И. Н. Щепина. – Текст : непосредственный // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2017. – № 4. – С. 154-164.

95. Пискун, Е. И. Экономическое развитие регионов Российской Федерации. Факторно-кластерный анализ / Е. И. Пискун, В. В. Хохлов. – Текст : непосредственный // Экономика региона. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 363-376.

96. Протасов, Ю. М. Кластеризация регионов РФ по уровню их социально-экономического развития / Ю. М. Протасов, В. М. Юров. – Текст : непосредственный // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2022. – № 2. – С. 95-103.

97. Неслухов, Д. С. Использование кластерного и регрессионного анализа в изучении экономической деятельности судостроительных и судоремонтных предприятий / Д. С. Неслухов. – Текст : непосредственный // Науковедение. – 2016. – Т. 8, № 4 (35). – С. 71.

98. Бобков, А. Л. Верификация модели эволюции производственной структуры металлургических предприятий Чешской Республики с использованием кластерного анализа / А. Л. Бобков. – Текст : непосредственный // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2022. – Т. 19, № 3 (123). – С. 43-51.

99. The Use of Cluster Analysis in Entrepreneurship Research: Review of Past Research and Future Directions / M. Crum, T. Nelson, J. de Borst, P. Byrnes. – Text : direct // Journal of Small Business Management. – 2022. – Vol. 60, № 4. – Pp. 961–1000.

100. The Path to Digital Maturity: A Cluster Analysis of the Retail Industry in an Emerging Economy / M. R. Pinto, P. K. Salume, M. W. Barbosa, P. R. de Sousa. – Text : direct // Technology in Society. – 2023. – Vol. 72. – P. 102191.

101. Ljungkvist, T. A Taxonomy of Ecopreneurship in Small Manufacturing Firms: A Multidimensional Cluster Analysis / T. Ljungkvist, J. Andersén. – Text : direct // Business Strategy and the Environment. – 2021. – Vol. 30, № 2. – Pp. 1374-1388.

102. British Geological Survey (BGS) : сайт. – URL: <https://www.bgs.ac.uk/> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

103. Statbase : Каталог статистики и мировых данных : сайт. – URL: <https://statbase.ru> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

104. Primetals Technologies : сайт. – URL: <https://www.primetals.com> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

105. Криворучко, А. Jackshaft: промышленные печи + экологичные технологии / А. Криворучко. – Текст : непосредственный // Промышленные страницы Сибири. – 2020. – Т. 8 (151). – С. 28-29.

106. Shandong Molong : официальный сайт. – URL: <http://molonggroup.com/en/> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

107. Goodman, N. J. The HIs melt Technology: From Australia to China... and Back Again? / N. J. Goodman. – Text : direct // Iron Ore 2019 : Conference Proceedings, Perth, 22–24 July 2019. – Carlton, 2019. – P. 3–13.

108. USGS : Science for a changing world : сайт / U.S. Geological Survey. – URL: <https://www.usgs.gov/> (дата обращения: 18.01.2024). – Текст : электронный.

109. Железные руды мира // NEDRADV : бизнес-портал. – URL: <https://nedradv.ru/nedradv/ru/ratings?rubric=b8ce6228fc2b2cdbdf8b61cdf58f9aef> (дата обращения: 19.01.2024). – Текст : электронный.

110. General Administration of Customs of the People’s Republic of China : сайт. – URL: <http://english.customs.gov.cn/> (дата обращения: 19.01.2024). – Текст : электронный.

111. TrendEconomy : Open Data Portal. – URL: <https://trendeconomy.com> (дата обращения: 20.01.2024). – Текст : электронный.

112. China Iron and Steel Association : сайт. – URL: <https://www.chinaisa.org.cn/gxportal/xfgl/portal/index.html> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

113. Кондратьев, В. Б. Горная промышленность Австралии: состояние и перспективы / В. Б. Кондратьев. – Текст : непосредственный // Горная промышленность. – 2022. – № 1. – С. 91-102.

114. Годовая статистика международной торговли товарами. Япония : все товары, 2012–2023 // TrendEconomy : сайт. – URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/Japan/TOTAL> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

115. World Steel in Figures 2024 // World Steel Association : сайт. – URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2024/> (дата обращения: 15.01.2024). – Текст : электронный.

116. Годовая статистика международной торговли товарами. США : все товары, 2012–2023 // TrendEconomy : сайт. – URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/UnitedStatesOfAmerica/TOTAL> (дата обращения: 02.02.2024). – Текст : электронный.

117. Годовая статистика международной торговли товарами. США : товары группы 7201 «Чугун переделный и зеркальный в чушках, болванках или прочих первичных формах», 2012–2023 // TrendEconomy : сайт. – URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/UnitedStatesOfAmerica/7201> (дата обращения: 02.02.2024). – Текст : электронный.

118. MIDREX : сайт / Midrex Technologies, Inc. – URL: <https://www.midrex.com> (дата обращения: 27.01.2024). – Текст : электронный.

119. Чепига, В. Чем интересна индийская модель металлургии : Специфика, вызовы и перспективы / В. Чепига // PRO METALL : информационный портал о металлургии и металлургах. – URL: https://www.prometall.info/analitika/chem_interesna_indiyskaya_model_metallurgii (дата обращения: 28.01.2024). – Текст : электронный.

120. Будрис, А. Падение и лихорадка: что ждет российский экспорт металлов / А. Будрис // Forbes : сайт. – URL: <https://www.forbes.ru/biznes/528181-padenie-i-lihoradka-cto-zdet-rossijskij-eksport-metallov> (дата обращения: 28.01.2024). – Текст : электронный.

121. Мировая сталелитейная промышленность в цифрах, 2022 // World Steel Association : сайт. – URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2022/> (дата обращения: 29.01.2024). – Текст : электронный.

122. Годовая статистика международной торговли товарами. Южная Корея : товары группы 2601 «Руды и концентраты железные, включая обожженный пирит», 2011–2022 // TrendEconomy : сайт. –

URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/Korea/2601> (дата обращения: 15.02.2024). –

Текст : электронный.

123. Годовая статистика международной торговли товарами. Южная Корея : все товары, 2011–2022 // TrendEconomy : сайт. –

URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/Korea/TOTAL> (дата обращения: 17.02.2024). –

Текст : электронный.

124. Мамедова, Н. Иранская черная металлургия — состояние и проблемы / Н. Мамедова. – Текст : непосредственный // Мировое и национальное хозяйство. – 2012. – № 1 (20).

125. Годовая статистика международной торговли товарами. Иран : товары группы 2601 «Руды и концентраты железные, включая обожженный пирит», 2003–2018 // TrendEconomy : сайт . – URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/Iran/2601> (дата обращения: 27.02.2024). – Текст : электронный.

126. Office of Foreign Assets Control : A Part of Treasury's Office of Terrorism and Financial Intelligence // U.S. Department of the Treasury : сайт. – URL: <https://ofac.treasury.gov/> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

127. GOV.UK. Office of Financial Sanctions Implementation : Part of HM Treasury : сайт. – URL: <https://www.gov.uk/government/organisations/office-of-financial-sanctions-implementation> (дата обращения: 01.01.2024). – Текст : электронный.

128. Аналог OFAC в Европе // OhMySwift : сайт / ИП А. Н. Авраменко. – URL: <https://art.ohmyswift.io/finance/analog-ofac-v-evrope> (дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

129. Белокуров, Д. Стальной прорыв: как растет иранская металлургия / Д. Белокуров // GMK CENTER : сайт. – URL: <https://gmk.center/opinion/stalnoj-proryv-kak-rastet-iranskaya-metallurgiya/> (дата обращения: 22.01.2024). – Текст : электронный.

130. The Gazette of India : extraordinary : Part 2, Section 3, Sub-section (i). – 2017. – 9 May (№ 358). – 36 p. – URL: <https://steel.gov.in/national-steel-policy-nsp-2017> (дата обращения: 22.01.2024). – Текст : электронный.

131. Савенков, Л. Д. Статистический анализ влияния макроэкономических факторов на мировое производство стали / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Общество: политика, экономика, право. – 2025. – № 10 (147). – С. 261-267.

132. Marwala, T. Causal, Correlation and Automatic Relevance Determination Machines for Granger Causality / T. Marwala. – Text : direct // Causality, Correlation and Artificial Intelligence for Rational Decision Making / T. Marwala. – Singapore, 2015. – Chapter 7. – С. 125-145.

133. Jordaan, A. C. Export and Economic Growth in Namibia: A Granger Causality Analysis / A. C. Jordaan, J. H. Eita. – Text : direct // South African Journal of Economics. – 2007. – Vol. 75, № 3. – Pp. 540-547.

134. Ценовая и финансовая стабильность: возможно ли противоречие между этими целями Банка России / Л. Г. Гадий, Е. Д. Джаохадзе, А. М. Киюцевская, М. Е. Чембулатова. – Текст : непосредственный // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2020. – Т. 47, № 3. – С. 67-83.

135. Леонтьева, Е. А. Моделирование влияния кредитно-денежной политики на макроэкономические показатели (на примере России) : специальность 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Леонтьева Елена Анатольевна; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. – Москва, 2010. – 165 с. – Текст : непосредственный.

136. Золотарев, А. А. Оценка влияния ключевой ставки на уровень инфляции с применением векторных авторегрессионных моделей / А. А. Золотарев, А. Ю. Румянцева. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2025. – № 70. – С. 40-67.

137. Федорова, Е. А. Влияние цены на нефть на финансовый рынок России в кризисный период / Е. А. Федорова, М. П. Лазарев. – Текст : непосредственный // Финансы и кредит. – 2014. – № 20 (596). – С. 14-22.

138. Салманов, О. Н. Установление волатильности между фондовыми рынками России и развитых стран / О. Н. Салманов. – Текст : непосредственный // Управление финансовыми рисками. – 2020. – Т. 2. – С. 92-107.

139. Григорьев, Р. А. Грейнджеровская причинность для мировых бирж: множество решений / Р. А. Григорьев. – Текст : непосредственный // Terra Economicus. – 2019. – Т. 17, № 3. – С. 146-168.

140. Kapetanios, G. Testing for Strict Stationarity in Financial Variables / G. Kapetanios. – Text : direct // Journal of Banking & Finance. – 2009. – Vol. 33, № 12. – Pp. 2346-2362.

141. Showalter, S. Validating Weak-Form Market Efficiency in United States Stock Markets with Trend Deterministic Price Data and Machine Learning : Preprint submitted to Journal of Finance and Data Science / S. Showalter, J. Gropp // arXiv : платформа для обмена результатами исследований / Cornell University. – URL: <https://arxiv.org/abs/1909.05151> (дата обращения: 22.01.2024). – Текст : электронный.

142. Application of Modern Tests for Stationarity to Single-Trial MEG Data / L. Kipiński, R. König, C. Sielużycki, W. Kordecki. – Text : direct // Biological Cybernetics. – 2011. – Vol. 105, № 3–4. – Pp. 183-195.

143. Becker, R. A Stationarity Test in the Presence of an Unknown Number of Smooth Breaks / R. Becker, W. Enders, J. Lee. – Text : direct // Journal of Time Series Analysis. – 2006. – Vol. 27, № 3. – Pp. 381-409.

144. Güriş, B. The Validity of Purchasing Power Parity in the BRICS Countries / B. Güriş, M. Tıraşoğlu. – Text : direct // Prague Economic Papers. – 2018. – Vol. 27, № 4. – Pp. 417-426.

145. Bawdekar, A. A. Sensitivity Analysis of Stationarity Tests' Outcome to Time Series Facets and Test Parameters / A. A. Bawdekar, B. R. Prusty, K. Bingi. – Text : direct // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – Vol. 2022. – Pp. 1-24.

146. Xiao, Z. Testing Covariance Stationarity / Z. Xiao, L. R. Lima. – Text : direct // Econometric Reviews. – 2007. – Vol. 26, № 6. – Pp. 643-667.

147. Müller, U. K. Size and Power of Tests for Stationarity in Highly Autocorrelated Time Series / U. K. Müller. – Text : direct // Journal of Econometrics. – 2005. – Vol. 128. – Pp. 195–213.

148. Aí, H. T. Are the Non-Stationarities in Global Market Shares of Top Automotive Nations of the World Same? / H. T. Aí, M. I. Subhani, S. Prachyangprecha. – Text : direct // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 244. – Article number 08016.

149. Ribeiro, M. B. An Econometric Analysis of Private-Sector Investment in Brazil / M. B. Ribeiro, J. R. Teixeira. – Text : direct // CEPAL Review. – 2001. – № 74. – Pp. 153-166.

150. Bawdekar, A. A. Selection of Stationarity Tests for Time Series Forecasting Using Reliability Analysis / A. A. Bawdekar, B. R. Prusty. – Text : direct // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – Vol. 2022. – Pp. 1-8.

151. Testing for Nonlinearity of Streamflow Processes at Different Timescales / W. Wang, J. K. Vrijling, P. H. A. J. M. Van Gelder, J. Ma. – Text : direct // Journal of Hydrology. – 2006. – Vol. 322, № 1–4. – Pp. 247-268.

152. Lu, Z. Stationarity Testing of Accumulated Ethernet Traffic / Z. Lu, M. Li, W. Zhao. – Text : direct // Mathematical Problems in Engineering. – 2013. – Vol. 2013. – Article number 217213.

153. World Steel Association : сайт. – URL: <https://worldsteel.org> (дата обращения: 20.03.2024). – Текст : электронный.

154. GDP (current US\$) : Data // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.world-bank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD> (дата обращения: 14.02.2024). – Текст : электронный.

155. GDP per capita (current US\$) : Data // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD> (дата обращения: 14.05.2024). – Текст : электронный.

156. Access to electricity (% of population) – World : Data // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=1W> (дата обращения: 14.02.2024). – Текст : электронный.

157. Gross capital formation (% of GDP) : Data // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NE.GDI.TOTL.ZS> (дата обращения: 16.02.2024). – Текст : электронный.

158. Ores and metals exports (% of merchandise exports) : Data // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.MMTL.ZS.UN> (дата обращения: 14.02.2024). – Текст : электронный.

159. Ores and metals imports (% of merchandise imports) : Data // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/TM.VAL.MMTL.ZS.UN> (дата обращения: 14.02.2024). – Текст : электронный.

160. Official exchange rate (LCU per US\$, period average) : Data // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.FCRF> (дата обращения: 14.02.2024). – Текст : электронный.

161. Industry (including construction), value added (% of GDP) : Data // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.ZS> (дата обращения: 24.02.2024). – Текст : электронный.

162. SanctionsExplorer : сайт. – URL: <https://sanctionsexplorer.org> (дата обращения: 19.02.2024). – Текст : электронный.

163. Iron Ore (Fe) : Commodity : Today's Spot Price & Charts // Market Index : сайт. – URL: <https://www.marketindex.com.au/iron-ore> (дата обращения: 08.02.2025). – Текст : электронный.

164. Ravazzolo, F. World Steel Production: A New Monthly Indicator of Global Real Economic Activity / F. Ravazzolo, J. Vespignani. – Text : direct // Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'économique. – 2020. – Vol. 53, № 2. – Pp. 743-766.

165. Paul, P. Revisiting Economic Growth and Steel Consumption: Evidence from India / P. Paul, P. Mitra // The Indian Economic Journal. – 2024. – Vol. 72, № 3. – Pp. 427-441.

166. Alsaedi, Y. The Relationship Between Electricity Consumption, Peak Load and GDP in Saudi Arabia: A VAR Analysis / Y. Alsaedi, G. Tularam. – Text : direct // Mathematics and Computers in Simulation. – 2020. – Vol. 175. – Pp. 164-178.

167. Савенков, Л. Д. Прогнозирование производства стали и мирового торгового баланса руды и металлов с использованием метода ARIMA / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2024. – № 7 (237). – С. 37-43.

168. Mariati, N. P. A. M. Inflation Value Forecasting Post COVID-19 in Denpasar Using ARIMA / N. P. A. M. Mariati, L. P. E. Setiawati, N. L. P. S. Dewi. – Text : direct // International Journal of Application on Economics and Business. – 2023. – Vol. 1, № 3. – Pp. 1165-1169.

169. Maxwell, O. On Modeling Murder Crimes in Nigeria / O. Maxwell, I. U. Chinedu, A. C. Ifeanyi, N. Chukwudike C. – Text : direct // Scientific Journal of Research & Reviews. – 2019. – Vol. 2, № 1. – Pp. 1-6.

170. Albarr, H. Hybrid Autoregressive Integrated Moving Average–Support Vector Regression for Stock Price Forecasting / H. Albarr, R. Kusumawati. – Text : direct // Jurnal Matematika Sains dan Teknologi. – 2023. – Vol. 24, № 2. – Pp. 1-17.

171. Zhang, L. Prediction of Liaoning Province Steel Import and Export Trade Based on Deep Learning Models / L. Zhang. – Text : direct // Expert Systems. – 2024. – Vol. 42, № 1. – Article number 13615.

172. Rakhmawan, S. Forecasting the Export Value of Iron and Steel During the COVID-19 Pandemic / S. Rakhmawan. – Text : direct // Jurnal Dinamika Ekonomi Pembangunan. – 2022. – Vol. 4, № 3. – Pp. 196-210.

173. Romanuke, V. ARIMA Model Optimal Selection for Time Series Forecasting / V. Romanuke. – Text : direct // Maritime Technical Journal. – 2022. – Vol. 224, № 1. – Pp. 28-40.

174. Айвазян, С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики = Applied statistics and essentials of econometrics : учебник для студентов экономических специальностей вузов / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян ; Государственный университет Высшая школа экономики. – Москва : ЮНИТИ, 1998. – 1022 с. – ISBN 5-238-00013-8. – Текст : непосредственный.

175. Канторович, Г. Г. Анализ временных рядов / Г. Г. Канторович. – Текст : непосредственный // Экономический журнал ВШЭ. – 2002. – № 1.

176. Лебедева, А. Д. Прогнозирование цены на золото на основе ARIMA-модели / А. Д. Лебедева. – Текст : непосредственный // Бухгалтерский учет, анализ, аудит и статистика: информационные инструменты достижения целей устойчивого развития экономики : материалы междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 2023. – Ростов-на-Дону : АзовПринт, 2023. – С. 181-185.

177. Трифонова, Н. Д. Прогнозирование доходности ценных бумаг в портфеле Блэка–Литтермана на основе моделей CAPM, ARIMA-GARCH и Хольта / Н. Д. Трифонова, В. В. Карасев. – Текст : непосредственный // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем (АМУР-2019) : сб. науч. тр., Симферополь–Судак, 2019. – Симферополь–Судак : ИП Корниенко А. А., 2019. – С. 390-393.

178. Трегуб, А. В. Методика построения модели ARIMA для прогнозирования динамики временных рядов / А. В. Трегуб, И. В. Трегуб. – Текст : непосредственный // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 179-183.

179. Шабанова, Е. Ю. Прогнозирование инфляции: подход на основе ARIMA-моделей на примере Томской области / Е. Ю. Шабанова. – Текст : непосредственный // Глобальные тенденции в науке и технике: новые горизонты : сб. статей междунар. науч.-практ. конф., Москва, 2024. – Москва : ЦДПО «Цифровая академия», 2024. – С. 339-345.

180. Нурсултанова, Ж. Г. Прогнозирование экспорта товаров Казахстана на основе модели ARIMA: оценка и перспективы / Ж. Г. Нурсултанова. – Текст : непосредственный // Экономические исследования. – 2025. – № 3.

181. Мингазова, Г. Г. Прогнозирование финансовых результатов ОАО «АИКБ „Татфондбанк“» на основе модели ARIMA (p, d, q) / Г. Г. Мингазова. – Текст : непосредственный // Институциональные и инфраструктурные аспекты развития экономики : сб. статей междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 23 мая 2015 г. / ред. А. А. Сукиасян. – Уфа : Аэтерна, 2015. – С. 88-90.

182. Айдынов, З. П. Основы прогнозирования временных рядов на основе метода ARIMA / З. П. Айдынов, Н. С. Нуркашева, Р. А. Карабасов. – Текст : непосредственный // Статистика, учет и аудит. – 2019. – № 4 (75). – С. 184-191.

183. Савенков, Л. Д. Определение направлений стратегий устойчивого развития сталелитейной промышленности / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Транспортное дело России. – 2024. – № 6. – С. 42-46.

184. Савенков, Л. Д. Развитие стратегического потенциала металлургических компаний России в контексте ресурсно-ориентированного подхода: современные тенденции и перспективы / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2024. – № 241. – С. 326-335.

185. Савенков, Л. Д. Управление рисками устойчивого развития иностранных металлургических предприятий / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Вестник МГПУ. Серия: Экономика. – 2025. – № 1 (43). – С. 34-42.

186. Савенков, Л. Д. Анализ рейтинговых оценок устойчивого развития предприятий металлургического комплекса / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2024. – № 237. – С. 222-228.

187. Gratzner, G. Mountain Forests and Sustainable Development: The Potential for Achieving the United Nations' 2030 Agenda / G. Gratzner, W. S. Keeton. – Text : direct // Mountain Research and Development. – 2017. – Vol. 37, № 3.

188. Ahmad, S. Environmental Life Cycle Assessment – A Successful Tool for Sustainable Development in Steel Industries / S. Ahmad, A. S. Patel. – Text : direct // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). – 2012. – Vol. 2, № 4. – Pp.1068-1072.

189. Fărcean, I. Sustainable Development Indicators in the Steel Industry / I. Fărcean, G. Proștean, A. Socalici. – Text : direct // Journal of Physics: Conference Series. – 2023. – Vol. 2540, № 1. – Article number 012045.

190. Xu, J. Sustainability Assessment of Steel Industry in the Belt and Road Area Based on DPSIR Model / J. Xu, Q. Yu, X. Hou. – Text : direct // Sustainability (Switzerland). – 2023. – Vol. 15, № 14.

191. Top 100 Largest Companies in the World by Market Cap 2026 // DISFOLD : сайт. – URL: <https://disfold.com/world/companies/>_(дата обращения: 17.01.2024). – Текст : электронный.

192. RX. Rating Review : сайт рейтинговой группы RAEX. – URL: <https://raex-rr.com> (дата обращения: 12.04.2024). – Текст : электронный.

193. АК&М : рейтинговое агентство : сайт. – URL: <https://akmrating.ru> (дата обращения: 12.04.2024). – Текст : электронный.

194. The Interdependence of Environmental Activities and Investment Attractiveness: Finances of Russian Metallurgy / L. I. Chernikova, D. A. Egorova, K. S. Melikhov, A. I. Yashchenko. – Text : direct // Finance: Theory and Practice. – 2023. – Vol. 27, № 4. – Pp. 42-53.

195. Varamezov, L. Strategic Aspects of Development of the Bulgarian Metallurgical Industry / L. Varamezov, I. Pantaleeva, K. Vranchev. – Text : direct // SPM. – 2022. – Vol. 1, № 1. – Pp. 60-69.

196. Anisimov, A. Y. Digitalization of Business Processes of a Metallurgical Enterprise as a Sustainable Development Direction / A.Y. Anisimov, M. A. Plakhotnikova, A. A. Grabsky. – Text : direct // Surgut State University Journal. – 2023. – Vol. 11, № 4. – Pp. 6-15.

197. Чешев, М. А. Цифровизация бизнес-процессов металлургического производства как инструмент повышения качества экономических ресурсов / М. А. Чешев, Е. С. Замбржицкая. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 9 (170). – С. 452-458.

198. Kazakova, N. A. Analysis of Factors Influencing the Level of Environmental Risks of Ferrous Metallurgy Companies / N. A. Kazakova, V. G. Kogdenko. – Text : direct // Chernye Metally. – 2021. – Pp. 69–75.

199. Dolzhenko, S. B. Analysis of the Level and Dynamics of Labor Productivity of Metallurgical Enterprises / S. B. Dolzhenko, D. S. Malyshev. – Text : direct // Herald of Omsk University. Series: Economics. – 2022. – Vol. 20, № 4. – Pp. 48-63.

200. Velikaya, O. A. A Strategic Development Mechanism to Improve the Competitiveness and Sustainability of Metallurgical Enterprises / O. A. Velikaya. – Text : direct // Vestnik Universiteta. – 2024. – № 6. – Pp. 55-61.

201. Generation and Transmission Expansion Planning Model for the Electricity Market with Decarbonization Policies / Y. Du, X. Shen, D. M. Kammen [et al.]. – Text : direct // Advances in Applied Energy. – 2024. – Vol. 13. – Article number 100162.

202. Madurai Elavarasan, R. State-of-the-Art Sustainable Approaches for Deeper Decarbonization in Europe – An Endowment to Climate Neutral Vision / R. Madurai Elavarasan, R. Pugazhendhi, M. Irfan [et al.]. – Text : direct // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Vol. 159.

203. Turner, K. The Need for a Net Zero Principles Framework to Support Public Policy at Local, Regional and National Levels / K. Turner, A. Katris, J. Race. – Text : direct // Local Economy. – 2020. – Vol. 35, № 7.

204. Johnstone, I. Net-Zero Norm Entrepreneurship: Principles and Prospects in the U.S. / I. Johnstone. – Text : direct // SSRN Electronic Journal. – 2022.

205. Савенков, Л. Д. Моделирование принципов устойчивого развития предприятий металлургического комплекса на основе теории нечетких когнитивных карт / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2025. – № 10 (252). – С. 60-68.

206. Fuzzy Cognitive Maps in Systems Risk Analysis: A Comprehensive Review / E. Bakhtavar, M. Valipour, S. Yousefi [et al.]. – Text : direct // Complex & Intelligent Systems. – 2021. – Vol. 7, № 2. – Pp. 621-637.

207. Papageorgiou, E. I. A Fuzzy Inference Map Approach to Cope with Uncertainty in Modeling Medical Knowledge and Making Decisions / E. I. Papageorgiou. – Text : direct // Intelligent Decision Technologies. – 2011. – Vol. 5, № 3. – Pp. 219-235.

208. Fuzzy Cognitive Map Applications in Medicine over the Last Two Decades: A Review Study / I. D. Apostolopoulos, N. I. Papandrianos, N. D. Papathanasiou, E. I. Papageorgiou. – Text : direct // Bioengineering. – 2024. – Vol. 11, № 2. – P. 139.

209. Iakovidis, D. K. Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Making / D. K. Iakovidis, E. Papageorgiou. – Text : direct // IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine. – 2011. – Vol. 15, № 1. – Pp. 100-107.

210. Kok, J. de. Application of Fuzzy Sets and Cognitive Maps to Incorporate Social Science Scenarios in Integrated Assessment Models: A Case Study of Urbanization in Ujung Pandang, Indonesia / J. de Kok, M. Titus, H. G. Wind. – Text : direct // Integrated Assessment. – 2000. – № 1. – Pp. 177-188.

211. Pythagorean Fuzzy Cognitive Maps in Making Optimal Decisions on Feasible Strategies for Inhibiting Electronic Waste / F. X. E. Deepak, R. Priya, W. Merline [et al.]. – Text : direct // I3CAC 2021 : Proceedings of the First International Conference on Computing, Communication and Control System, Bharath University, Chennai, India, 7–8 June 2021 / Eds.: M. Sundhararajan, B. Karthik . – Gent, 2021. – Pp. 1-7.

212. Xirogiannis, G. Fuzzy Cognitive Maps in Business Analysis and Performance-Driven Change / G. Xirogiannis, M. Glykas. – Text : direct // IEEE Transactions on Engineering Management. – 2004. – Vol. 51, № 3. – Pp. 334-351.

213. Jia, Z. An Extended Intuitionistic Fuzzy Cognitive Map via Dempster–Shafer Theory / Z. Jia, Y. Zhang, X. Dong. – Text : direct // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – Pp. 23186-23196.

214. Pereira, I. P. C. A Fuzzy Cognitive Mapping–System Dynamics Approach to Energy-Change Impacts on the Sustainability of Small and Medium-Sized Enterprises / I. P. C. Pereira, F. A. F. Ferreira, L. F. Pereira [et al.]. – Text : direct // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 256. – P. 120154.

215. COVID-19 and Sustainable Development Goals (SDGs): Scenario Analysis through Fuzzy Cognitive Map Modeling / M. Ameli, Z. Shams Esfandabadi, S. Sadeghi [et al.]. – Text : direct // Gondwana Research. – 2023. – Vol. 114. – Pp. 138-155.

216. Zanon, L. G. Relations between Supply Chain Performance and Circular Economy Implementation: A Fuzzy Cognitive Map-Based Analysis for Sustainable Development / L. G. Zanon, A. C. Bertassini, T. F. A. C. Sigahi [et al.]. – Text : direct // Business Strategy & Development. – 2024. – Vol. 7, № 2.

217. Environmental, Social, Governance Risk versus Cooperation Models between Financial Institutions and Businesses. Sectoral Approach and ESG Risk Analysis / M. Ziolo, I. Bąk, K. Cheba [et al.]. – Text : direct // *Frontiers in Environmental Science*. – 2023. – Vol. 10. – Article number 1077947.

218. Fuzzy Cognitive Map-Based Sustainable Socio-Economic Development Planning for Rural Communities / K. Papageorgiou, P. K. Singh, E. Papageorgiou [et al.]. – Text : direct // *Sustainability*. – 2019. – Vol. 12, № 1. – Article number 305.

219. Özesmi, U. Ecological Models Based on People's Knowledge: A Multi-Step Fuzzy Cognitive Mapping Approach / U. Özesmi, S. L. Özesmi. – Text : direct // *Ecological Modelling*. – 2004. – Vol. 176, № 1–2. – Pp. 43-64.

220. Савенков, Л. Д. Влияние мирового производства стали на выбросы парниковых газов: анализ и перспективы / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // *Экономические науки*. – 2024. – № 233. – С. 342-347.

221. Fennell, P. Cement and Steel – Nine Steps to Net Zero / P. Fennell, J. Driver, C. Bataille, S. J. Davis. – Text : direct // *Nature*. – 2022. – Vol. 603, № 7902. – Pp. 574-577.

222. Kim, J. Decarbonizing the Iron and Steel Industry: A Systematic Review of Sociotechnical Systems, Technological Innovations, and Policy Options / J. Kim, B. K. Sovacool, M. Bazilian [et al.]. – Text : direct // *Energy Research & Social Science*. – 2022. – Vol. 89. – P. 102565.

223. Kasman, A. CO₂ Emissions, Economic Growth, Energy Consumption, Trade and Urbanization in New EU Member and Candidate Countries: A Panel Data Analysis / A. Kasman, Y. S. Duman. – Text : direct // *Economic Modelling*. – 2015. – Vol. 44. – Pp. 97-103.

224. Ren, Y.-S. FDI, Economic Growth, and Carbon Emissions of the Chinese Steel Industry: New Evidence from a 3SLS Model / Y.-S. Ren, N. Apergis, C. Ma [et al.]. – Text : direct // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2021. – Vol. 28, № 37. – Pp. 52547-52564.

225. Zaman, K. Decomposing the Linkages between Energy Consumption, Air Pollution, Climate Change, and Natural Resource Depletion in Pakistan / K. Zaman,

I. Abdullah, M. Ali. – Text : direct // Environmental Progress & Sustainable Energy. – 2017. – Vol. 36, № 2. – Pp. 638-648.

226. Xinfu, T. Carbon Emission Reduction in China's Iron and Steel Industry through Technological Innovation: A Quadrilateral Evolutionary Game Analysis under Government Subsidies / T. Xinfu, L. Shuai, W. Yonghua [et al.]. – Text : direct // Frontiers in Environmental Science. – 2025. – № 12.

227. CO₂ Emissions (kt) // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT> (дата обращения: 12.03.2024). – Текст : электронный.

228. Methane Emissions (kt of CO₂ Equivalent) // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.METH.KT.CE> (дата обращения: 12.03.2024). – Текст : электронный.

229. Nitrous Oxide (N₂O) Emissions (Thousand Metric Tons of CO₂ Equivalent) // World Bank Group : сайт. – URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.NOXE.KT.CE> (дата обращения: 12.03.2024). – Текст : электронный.

230. Xu, D. Consumption-Driven Carbon Emission Reduction Path and Simulation Research in Steel Industry: A Case Study of China / D. Xu, E. Liu, W. Duan, K. Yang. – Text : direct // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, № 20. – P. 13693.

231. Савенков, Л. Д. Моделирование принципов оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 10, № 10 (164). – С. 70-83.

232. Bonelli, M. I. Ansoff's Strategic Posture Analysis of Small Businesses in Henan Province, China, Post COVID-19 / M. I. Bonelli. – Text : direct // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 253. – P. 03085.

233. Kamkankaew, P. Current Trends in Strategic Management: A Comparative Analysis of SWOT and SOAR Approaches / P. Kamkankaew. – Text : direct // RMUTT Global Business Accounting and Finance Review. – 2023. – Vol. 7, № 2. – Pp. 63-78.

234. Федулов, А. С. Нечеткие реляционные когнитивные карты / А. С. Федулов. – Текст : непосредственный // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2005. – № 1. – С. 120-132.

235. Заграновская, А. В. Системный анализ на основе нечетких когнитивных карт / А. В. Заграновская. – Текст : непосредственный // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2018. – № 4(100). – С. 152-160.

236. Гибридные модели прогнозирования показателей внешнеэкономической деятельности РФ на основе нечетких когнитивных карт и деревьев решений / С. А. Ярушев, А. Н. Аверкин, В. М. Савинова [и др.]. – Текст : непосредственный // Мягкие измерения и вычисления. – 2023. – Т. 62, № 1. – С. 5-19.

237. Рогачев, А. Ф. Нечеткое когнитивное моделирование продовольственной безопасности с учетом экспорта в условиях импортозамещения : препринт / А. Ф. Рогачев, Е. В. Мелихова, Т. В. Плещенко. – Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. – 40 с. – Текст : непосредственный.

238. Ротштейн, А. П. Нечеткие когнитивные карты в анализе надежности систем / А. П. Ротштейн. – Текст : непосредственный // Надежность. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 24-31.

239. Оськин, А. Ф. Применение нечетких когнитивных карт для моделирования плохоструктурированных систем / А. Ф. Оськин, Д. А. Оськин. – Текст : непосредственный // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2017. – № 4. – С. 15-20.

240. Диваева, Э. Р. Использование аппарата нечетких когнитивных карт для идентификации и оценки информационных рисков / Э. Р. Диваева, М. А. Николаева. – Текст : непосредственный // Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS'2016) : Proceedings of the 4th International Conference, Ufa, 17–19 May 2016. – Т. 3. – Уфа : Уфимский государственный авиационный технический университет, 2016. – С. 14-19.

241. Савенков, Л. Д. Методология экономического анализа предприятий металлургической промышленности на основе модели сбалансированной системы показателей / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2025. – № 10 (251). – С. 192-201.

242. Савенков, Л. Д. Стратегические направления предприятий металлургической промышленности в рамках циркулярной экономики / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2024. – № 238. – С. 220-226.

243. Formulating key performance indicators for an integrated enterprise management system using a sustainable development balanced scorecard / I. Chmutova, X. Guo, Q. Zhang [et al.]. – Text : direct // Development Service Industry Management. – 2024. – № 2. – Pp. 270-278.

244. Chalmeta, R. Developing a business intelligence tool for sustainability management / R. Chalmeta, M. Ferrer Estevez. – Text : direct // Business Process Management Journal. – 2023. – Vol. 29, № 8. – Pp. 188-209.

245. Oliveira, H. C. Sustainability-Balanced Scorecard for an Energy Company: Case Study / H. C. Oliveira, I. Sousa, S. Bastos // The Nexus of Corporate Sustainability Management, Accounting, and Auditing / A. Monteiro, A. P. Borges, E. Vieira. – Hershey, 2024. – Chapter 2. – Pp. 31-48. – Text : direct.

246. Садченко, О. Integration of ESG principles in production: opportunities for sustainable development, circular economy and marketing / О. Садченко, І. Гайворонська, В. Шмагіна. – Текст : непосредственный // Сталий розвиток економіки. – 2025. – № 1 (52). – С. 262-268.

247. The role of green bonds and sustainable finance in accelerating circular economy transition / F. R. Azhari, R. S. N. Fauziah, Dewangga, A. Yuli. – Text : direct // The International Conference on Sustainable Economics Management and Accounting Proceeding. – 2025. – Vol. 1. – Pp. 3543-3553.

248. Equity, technological innovation and sustainable behaviour in a low-carbon future / B. K. Sovacool, P. Newell, S. Carley, J. Fanzo. – Text : direct // Nature Human Behaviour. – 2022. – Vol. 6, № 3. – Pp. 326-337.

249. The implementation of ESG indicators in the balanced scorecard – case study of LGOs / S. Garefalakis, E. Angelaki, K. Spinthiropoulos [et al.]. – Text : direct // Risks. – 2025. – Vol. 13, № 8. – P. 154.

250. Samiun, A. A. Evaluation of corporate sustainability performance through the integration of ESG and balanced scorecard in manufacturing companies in Surabaya / A. A. Samiun, U. O. Damau. – Text : direct // West Science Accounting and Finance. – 2024. – Vol. 2, No 2. – Pp. 321-328.

251. Оценка рисков металлургического предприятия с использованием системы сбалансированных показателей / М. В. Кузнецова, Е. Г. Зиновьева, Н. С. Шкурко, О. А. Ивачева. – Текст : непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 10 (171). – С. 1043-1049.

252. Ловкая, А. В. Управление металлургическим предприятием с использованием системы сбалансированных показателей (на примере ОАО «Уральская Сталь») / А. В. Ловкая, А. С. Измайлова. – Текст : непосредственный // Наука и производство Урала. – 2015. – № 11. – С. 152-155.

253. Елисеева, Е. Н. Построение сбалансированной системы показателей как инструмента стратегического и оперативного управления предприятием металлургии / Е. Н. Елисеева, Н. В. Шмелева. – Текст : непосредственный // Экономика промышленности. – 2017. – Т. 10, № 4. – С. 359-366.

254. Колмыков, А. М. Совершенствование организации и управления металлургическими предприятиями с использованием метода «Система сбалансированных показателей» : специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» (Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами – промышленность) : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Колмыков Алексей Михайлович ; Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского. – Брянск, 2004. – 226 с. – Текст : непосредственный.

255. Тихонова, А. А. Сбалансированная система показателей как фактор финансовой эффективности металлургических компаний / А. А. Тихонова. – Текст : непосредственный // Дайджест-финансы. – 2006. – № 5 (137). – С. 39-44.

256. Юрьева, Л. В. Особенности формирования системы сбалансированных показателей для холдингов металлургической отрасли / Л. В. Юрьева. – Текст : непосредственный // Вестник ИПБ (Вестник профессиональных бухгалтеров). – 2014. – № 1. – С. 26-35.

257. Песин, А. М. Повышение эффективности управления качеством в металлургии с использованием сбалансированной системы показателей с учетом ограничений / А. М. Песин, В. М. Салганик, Г. А. Бережная. – Текст : непосредственный // Управление большими системами : Материалы VIII Всероссийской школы-конференции молодых ученых, Магнитогорск, 25–27 мая 2011 года / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН ; редкол.: Д. А. Новиков (гл. ред.) [и др.]. – Магнитогорск, 2011. – С. 365-368

258. Леднева, Г. А. Повышение эффективности управления качеством в металлургии с использованием сбалансированной системы показателей с учетом ограничений : специальность 05.02.23 «Стандартизация и управление качеством продукции (металлургия)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Леднева Галина Андреевна ; Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2008. – 139 с. – Текст : непосредственный..

259. Eifert, A. Challenges and how to overcome them in the formulation and implementation process of a sustainability balanced scorecard (SBSC) / A. Eifert, C. Julmi. – Text : direct // Sustainability. – 2022. – Vol. 14, № 22. – P. 14816.

260. Šukutytė, I. Tvarumo subalansuotų rodiklių sistemos kūrimas: atvejo analizė / I. Šukutytė, R. Sakalauskaitė, V. Zaicaitė. – Text : direct // Būhalterinės apskaitos teorija ir praktika. – 2025. – Vol. 31. – Pp. 1-16.

261. Pereira, I. Public sector sustainability in the balanced scorecard – a Portuguese city council case / I. Pereira, H. C. Oliveira. – Text : direct // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 208. – P. 06017.

262. Philemon, M. Assessing the use of sustainability balanced scorecard as an environmental management accounting tool by firms in Nigeria / M. Philemon. – Text :

direct // International Journal of Management Science and Business Analysis Research. – 2025. – Vol. 7, № 7.

263. A study on balanced scorecard and its impact on sustainable development of renewable energy organizations: a mediating role of political and regulatory institutions / M. Rafiq, S. Maqbool, J. M. Martins [et al.]. – Text : direct // Risks. – 2021. – Vol. 9, № 6. – P. 110.

264. Глинская, О. С. Сбалансированная система показателей как инструмент реализации стратегии устойчивого развития кооперации / О. С. Глинская, Р. В. Калиничева, И. С. Джарарах. – Текст : непосредственный // Бизнес. Образование. Право. – 2022. – № 4 (61).

265. Quesado, P. Integrating sustainability goals into the balanced scorecard: a bibliometric analysis of the sustainability balanced scorecard / P. Quesado, H. Costa Oliveira, R. Silva. – Text : direct // Measuring Business Excellence. – 2025. – Vol. 29, № 2. – Pp. 352-367.

266. Yang, F. ESG management and corporate sustainability based on balanced scorecard / F. Yang. – Text : direct // International Business & Economics Studies. – 2024. – Vol. 6, № 4. – P. 39.

267. Dong, X. Strategic linkages to ESG performance: the role of performance measurement system and psychological empowerment / X. Dong, S. Son, T. Roh. – Text : direct // Business Strategy and the Environment. – 2025. – Vol. 34, № 4. – Pp. 4372-4391.

268. Fernández-González, R. Environmental strategy and the petroleum industry: a sustainability balanced scorecard approach / R. Fernández-González, F. Puime-Guillén, J. E. Vila-Biglieri. – Text : direct // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. – 2023. – Vol. 13, № 2. – Pp. 763-774.

269. Construction and application of carbon performance evaluation index system for Chinese industrial enterprises from the perspective of low-carbon transition / L. Wang, L. Chen, P. Gao, C. Li. – Text : direct // Journal of International Development. – 2025. – Vol. 37, № 3. – Pp. 736-757.

270. Jassem, S. Sustainability balanced scorecard architecture and environmental performance outcomes: a systematic review / S. Jassem, Z. Zakaria, A. Che Azmi. – Text : direct // *International Journal of Productivity and Performance Management*. – 2022. – Vol. 71, № 5. – Pp. 1728-1760.

271. Mio, C. Performance measurement tools for sustainable business: a systematic literature review on the sustainability balanced scorecard use / C. Mio, A. Costantini, S. Panfilo. – Text : direct // *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*. – 2022. – Vol. 29, № 2. – Pp. 367-384.

272. Corsi, K. Role and implementation of sustainability management control tools: critical aspects in the Italian context / K. Corsi, B. Arru. – Text : direct // *Accounting, Auditing & Accountability Journal*. – 2021. – Vol. 34, № 9. – Pp. 29-56.

273. Paziienza, M. Why corporate sustainability is not yet measured / M. Paziienza, M. de Jong, D. Schoenmaker. – Text : direct // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15, № 7. – P. 6275.

274. Circular economy to enhance sustainability of small and medium-sized enterprises / P. K. Dey, C. Malesios, D. De [et al.]. – Text : direct // *Business Strategy and the Environment*. – 2020. – Vol. 29, № 6. – Pp. 2145-2169.

275. Sustainability evaluation of the steel industry in belt and road countries using an ESG-MI and obstacle analysis framework / B. Ren, Q. Wang, H. Ge [et al.]. – Text : direct // *Scientific Reports*. – 2025. – Vol. 15, № 1. – P. 36615.

276. Fenisa, D. The role of big data in circular supply chain practices and corporate sustainability performance / D. Fenisa, W. Santosa. – Text : direct // *Widya Cipta: Jurnal Sekretari dan Manajemen*. – 2024. – Vol. 8, № 1. – Pp. 40-45.

277. Supply chain management in the era of circular economy: the moderating effect of big data / M. Del Giudice, R. Chierici, A. Mazzucchelli, F. Fia№ – Text : direct // *The International Journal of Logistics Management*. – 2021. – Vol. 32, № 2. – Pp. 337-356.

278. Ho, Y.-H. Circular economy implementation and sustainability performance of the textile industry in an emerging economy / Y.-H. Ho, C.-Y. Lin. – Text : direct //

International Journal of Clothing Science and Technology. – 2024. – Vol. 36, № 5. – Pp. 887-906.

279. Макарова, Е. А. Интеллектуальный анализ производственного потенциала регионов: метод главных компонент и деревья решений / Е. А. Макарова, Е. Ш. Закиева, В. Е. Тараканова. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы экономической теории: развитие и применение в практике российских преобразований : VII Междунар. науч.-практ. конф. / Уфимский государственный авиационный технический университет [и др.] ; редкол.: И. В. Дегтярева (отв. ред.) [и др.]. – Уфа, 2018. – С. 196-200.

280. Кузнецова, Е. О. Метод главных компонент в анализе рынка ипотечного кредитования / Е. О. Кузнецова, В. А. Титов. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 3-2. – С. 330-331.

281. Айвазян, С. А. Интегральный индикатор качества условий жизни / С. А. Айвазян, М. Ю. Афанасьев, А. В. Кудров. – Текст : непосредственный // Цифровая экономика. – 2019. – № 1 (5). – С. 43-56.

282. Жгун, Т. В. Построение интегральной характеристики качества жизни субъектов Российской Федерации с помощью метода главных компонент / Т. В. Жгун. – Текст : непосредственный // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 214-235.

283. Жгун, Т. В. Применение метода главных компонент для построения объективных показателей изменения качества систем / Т. В. Жгун, А. В. Липатов, Д. Д. Лемешова. – Текст : непосредственный // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2015. – Т. 11, № 2. – С. 446-455.

284. Логинов, К. К. Вычисление весовых коэффициентов в интегральном индексе экономической безопасности региона на примере Омской области / К. К. Логинов. – Текст : непосредственный // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2020. – № 1 (39). – С. 186-194.

285. Макаров, И. А. Композитные индексы для управления цифровизацией: методы формирования / И. А. Макаров. – Текст : непосредственный // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2024. – № 3. – С. 81-109.

286. Principal component analysis / M. Greenacre, P. J. F. Groenen, T. Hastie [et al.]. – Text : direct // Nature Reviews Methods Primers. – 2022. – Vol. 2, № 1. – P. 100.

287. Abdi, H. Principal component analysis / H. Abdi, L. J. Williams. – Text : direct // WIREs Computational Statistics. – 2010. – Vol. 2, № 4. – Pp. 433-459.

288. Jolliffe, I. T. Principal component analysis: a review and recent developments / I. T. Jolliffe, J. Cadima. – Text : direct // Philosophical Transactions. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 2016. – Vol. 374, № 2065. – Article number 20150202.

289. Salih Hasan, B. M. A review of principal component analysis algorithm for dimensionality reduction / B. M. Salih Hasan, A. M. Abdulazeez. – Text : direct // Journal of Soft Computing and Data Mining. – 2021. – Vol. 2, № 1. – Pp. 20-30.

290. Camargo, A. PCAtest: testing the statistical significance of principal component analysis in R / A. Camargo. – Text : direct // PeerJ. – 2022. – Vol. 10. – P. e12967.

291. Dorabiala, O. Ensemble principal component analysis / O. Dorabiala, A. Y. Aravkin, J. N. Kutz. – Text : direct // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – Pp. 6663-6671.

292. Principal components analysis / D. Groth, S. Hartmann, S. Klie, J. Selbig. – Text : direct // Methods in Molecular Biology. – 2013. – Vol. 930. – Pp. 527-547.

293. Beattie, J. R. Exploration of principal component analysis: deriving principal component analysis visually using spectra / J. R. Beattie, F. W. L. Esmonde-White. – Text : direct // Applied Spectroscopy. – 2021. – Vol. 75, № 4. – Pp. 361-375.

294. Jolliffe, I. T. Principal component analysis / I. T. Jolliffe. – 2nd Ed. – New York : Springer, 2004. – XXIX, 487 p. – (Springer Series in Statistics). – Text : direc.

295. Савенков, Л. Д. Статистическая оценка экологического потенциала предприятий металлургической промышленности России / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Транспортное дело России. – 2025. – № 5. – С. 14-16.

296. Савенков, Л. Д. Сравнительная оценка эффективности деятельности компаний металлургического комплекса России / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2024. – № 231. – С. 192-197.

297. Vyas, S. Constructing socio-economic status indices: how to use principal components analysis / S. Vyas, L. Kumaranayake. – Text : direct // Health Policy and Planning. – 2006. – Vol. 21, № 6. – Pp. 459-468.

298. Hosseini, H. M. Dynamic sustainability assessment of countries at the macro level: a principal component analysis / H. M. Hosseini, S. Kaneko. – Text : direct // Ecological Indicators. – 2011. – Vol. 11, № 3. – Pp. 811-823.

299. Abou-Ali, H. Integrated paradigm for sustainable development: a panel data study / H. Abou-Ali, Y. M. Abdelfattah. – Text : direct // Economic Modelling. – 2013. – Vol. 30. – Pp. 334-342.

300. Assessing energy sustainability of rural communities using principal component analysis / H. Doukas, A. Papadopoulou, N. Savvakis [et al.]. – Text : direct // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16, № 4. – Pp. 1949-1957.

301. Fifield, S. G. M. Macroeconomic factors and share returns: an analysis using emerging market data / S. G. M. Fifield, D. M. Power, C. D. Sinclair. – Text : direct // International Journal of Finance & Economics. – 2002. – Vol. 7, № 1. – Pp. 51-62.

302. Савенков, Л. Д. Оценка инновационно-инвестиционного потенциала предприятий металлургического комплекса России / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2025. – № 5 (246). – С. 316-322.

303. Савенков, Л. Д. Кластерный анализ предприятий металлургического комплекса России / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2024. – № 3 (233). – С. 40-48.

304. Савенков, Л. Д. Анализ проблем управления на предприятиях металлургического комплекса России / Л. Д. Савенков. – Текст : непосредственный // Экономические науки. – 2024. – № 234. – С. 371-375.

305. ПАО «ММК». Консолидированная отчетность // Центр раскрытия корпоративной информации : сайт / Интерфакс-ЦРКИ. – URL: <https://www.e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=9&type=4> (дата обращения: 24.10.2024). – Текст : электронный.

306. amet : Публичное акционерное общество «Ашинский металлургический завод» : официальный сайт / ПАО «Ашинский метзавод». – URL: <https://www.amet.ru> (дата обращения: 29.10.2024). – Текст : электронный.

307. Магнитогорский металлургический комбинат : официальный сайт / ПАО «ММК». – URL: <https://mmk.ru> (дата обращения: 29.10.2024). – Текст : электронный.

308. МЕЧЕЛ : сайт / ПАО «Мечел». – URL: <https://mchel.ru> (дата обращения: 29.10.2024). – Текст : электронный.

309. НЛМК : официальный сайт Группы НЛМК / ПАО «НЛМК». – URL: <https://nlmk.com/> (дата обращения: 29.10.2024). – Текст : электронный.

310. Северсталь : сайт / ПАО «Северсталь». – URL: <https://severstal.com> (дата обращения: 29.10.2024). – Текст : электронный.

311. ТМК. Трубная металлургическая компания : сайт / ПАО «ТМК». – URL: <https://www.tmk-group.ru> (дата обращения: 29.10.2024). – Текст : электронный.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А.1 – Матрица весов (Эксперты база)

Факторы влияния	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6
Ресурсная обеспеченность	0	0,6	0	0	0	0
Устойчивое развитие	0	0	0,7	0,4	0,2	0,3
Экологическая ответственность	0	0	0	0	0	0
Технологическое обновление	0,3	0,4	0,3	0	0,6	0,2
Декарбонизация	0,2	0,5	0,6	0,7	0	0,4
Социальная ответственность	0	0,2	0,5	0,3	0,2	0

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица А.2 – Матрица весов (Сценарий 1)

Факторы влияния	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6
Ресурсная обеспеченность	0	0,6	0	0	0	0
Устойчивое развитие	0	0	0,7	0,4	0,2	0,3
Экологическая ответственность	0	0	0	0	0	0
Технологическое обновление	0,3	0,4	0,3	0	0,9	0,2
Декарбонизация	0,2	0,8	0,85	0,9	0	0,5
Социальная ответственность	0	0,2	0,5	0,3	0,2	0

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица А.3 – Матрица весов (Сценарий 2)

Факторы влияния	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6
Ресурсная обеспеченность	0	0,6	0	0	0	0
Устойчивое развитие	0	0	0,7	0,4	0,2	0,3
Экологическая ответственность	0	0	0	0	0	0
Технологическое обновление	0,3	0,4	0,3	0	0,4	0,2
Декарбонизация	0,2	0,3	0,4	0,4	0	0,3
Социальная ответственность	0	0,2	0,5	0,3	0,2	0

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Таблица А.4 – Матрица весов (Сценарий 3)

Факторы влияния	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6
Ресурсная обеспеченность	0	0,6	0	0	0	0
Устойчивое развитие	0	0	0,7	0,4	0,2	0,3
Экологическая ответственность	0	0,8	0	0,6	0	0,5
Технологическое обновление	0,3	0,4	0,3	0	0,9	0,3
Декарбонизация	0,3	0,9	0,9	0,9	0	0,6
Социальная ответственность	0	0,2	0,5	0,3	0,3	0
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.						

Приложение Б

Таблица Б.1 – Матрица экспертной оценки принципов оценки стратегического потенциала

Наименование принципа	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6	Эксперт 7	Эксперт 8	Эксперт 9	Эксперт 10	Эксперт 11	Эксперт 12	Эксперт 13	Эксперт 14	Эксперт 15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
П1. Принцип единства и целостности	0,0	0,5	0,7	0,6	0,4	0,5	0,8	0,6	0,6	0,7	0,4	0,3	0,9	0,5	0,6
П2. Принцип разграничения полномочий	0,5	0,0	0,6	0,7	0,8	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,5
П3. Принцип сбалансированности	0,7	0,6	0,0	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7
П4. Принцип результативности и эффективности	0,6	0,7	0,5	0,0	0,6	0,8	0,7	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	0,9	0,7	0,6
П5. Принцип ответственности участников	0,4	0,8	0,6	0,6	0,0	0,7	0,6	0,7	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7	0,5
П6. Принцип прозрачности	0,5	0,4	0,7	0,8	0,7	0,0	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6
П7. Принцип реалистичности	0,8	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,0	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7
П8. Принцип ресурсной обеспеченности	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7	0,0	0,6	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7
П9. Принцип измеряемости целей	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,6	0,0	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6
П10. Принцип соответствия показателей целям	0,7	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,7	0,5	0,7	0,0	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
П11. Программно-целевой принцип	0,4	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,0	0,6	0,7	0,8	0,7
П12. Принцип устойчивого развития	0,3	0,8	0,5	0,6	0,7	0,5	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,0	0,9	0,6	0,8
П13. Принцип экологической ответственности	0,9	0,5	0,7	0,9	0,6	0,6	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,0	0,6	0,5
П14. Принцип инноваций и технологического обновления	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,8	0,6	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6	0,0	0,7
П15. Принцип социальной ответственности	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,5	0,7	0,0
<p>Примечания</p> <p>1 Составлено автором в процессе исследования.</p> <p>2 Значения показывают степень взаимосвязи между принципами, где 0 – отсутствие влияния, 1 – максимальное влияние.</p>															

Приложение В

Таблица В.1 – Результаты сценарного моделирования принципов стратегического потенциала

Принцип	Устойчивость	Чувствительность	Вывод
Единство и целостность	Умеренная	Умеренная	Высокая Зависит от начальных условий
Сбалансированность	Высокая	Низкая	Быстрая стабилизация (0,95+)
Результативность и эффективность	Высокая	Низкая	S-кривая, максимум к шагу 3–4
Ресурсная обеспеченность	Высокая	Низкая	Инерционна, структурно устойчива
Измеряемость целей	Низкая	Низкая	Монотонное снижение (0,14–0,16)
Перспективность	Высокая	Низкая	Трансверсальна, 0,99+ к шагу 3–4
Системность	Высокая	Низкая	S-кривая, фундаментальна
Динамичность	Низкая	Высокая	Тенденция к снижению
Учет внешней среды	Низкая	Высокая	Экспоненциальное затухание
Устойчивое развитие	Высокая	Низкая	Сильные системные связи, стабилизация 0,998
Экологическая ответственность	Высокая	Низкая	Конвергенция к 0,998
Инновации и технообновление	Высокая	Низкая	«Эффект прорыва» даже при 0,3
Социальная ответственность	Высокая	Низкая	Конвергенция к 0,997 к шагу 4
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.			

Приложение Г

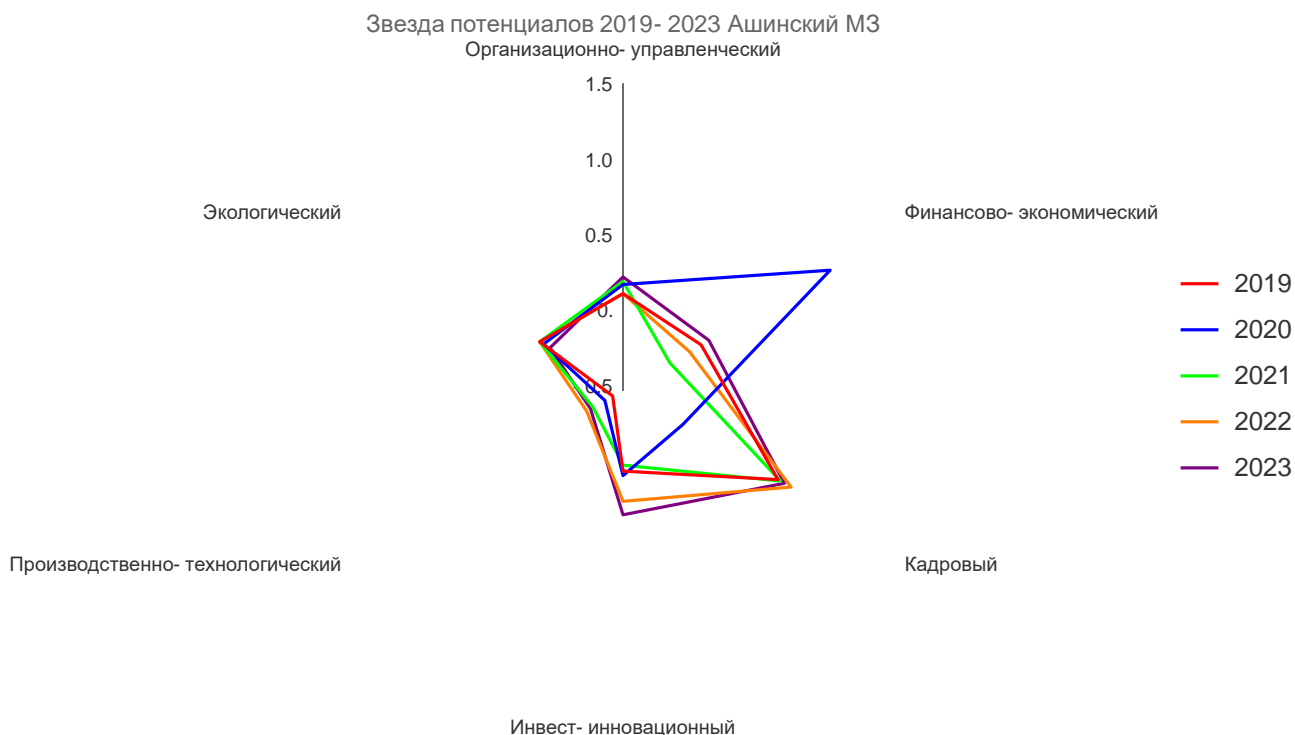


Рисунок Г.1 – Звезда потенциалов: ПАО «Ашинский метзавод»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

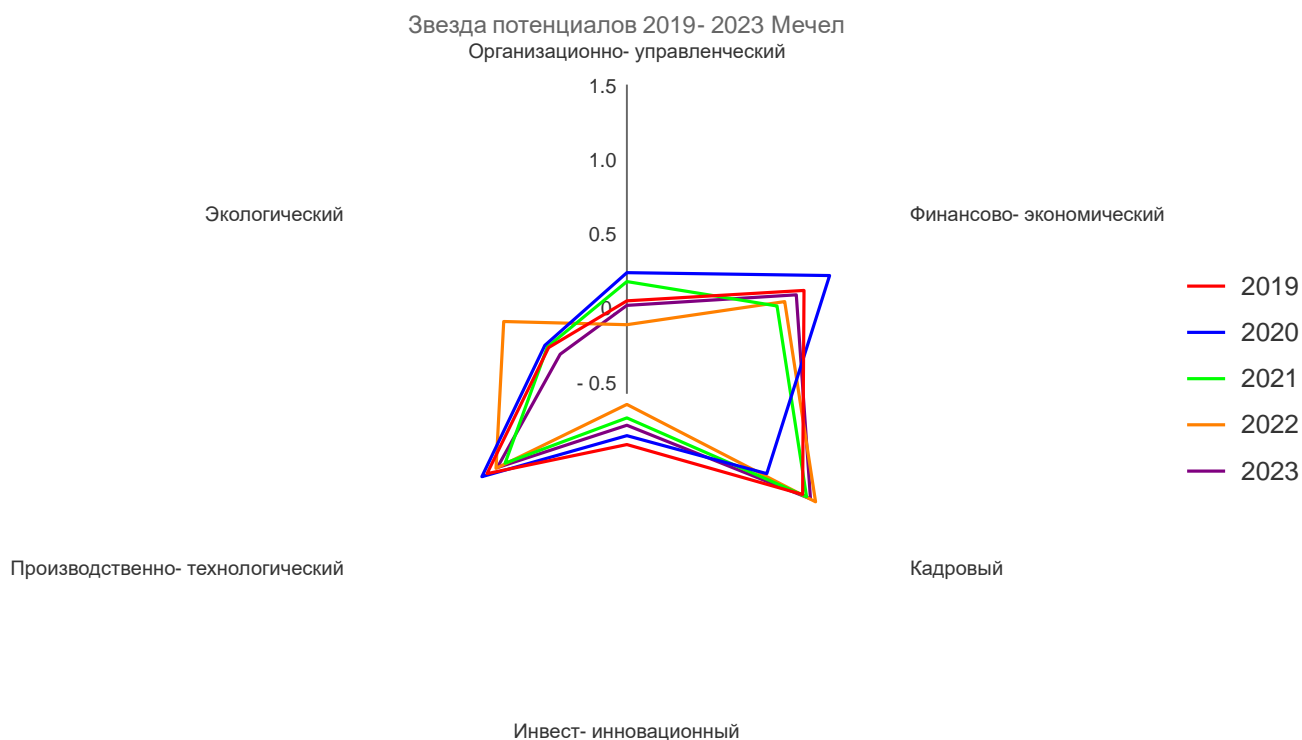


Рисунок Г.2 – Звезда потенциалов: ПАО «Мечел»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

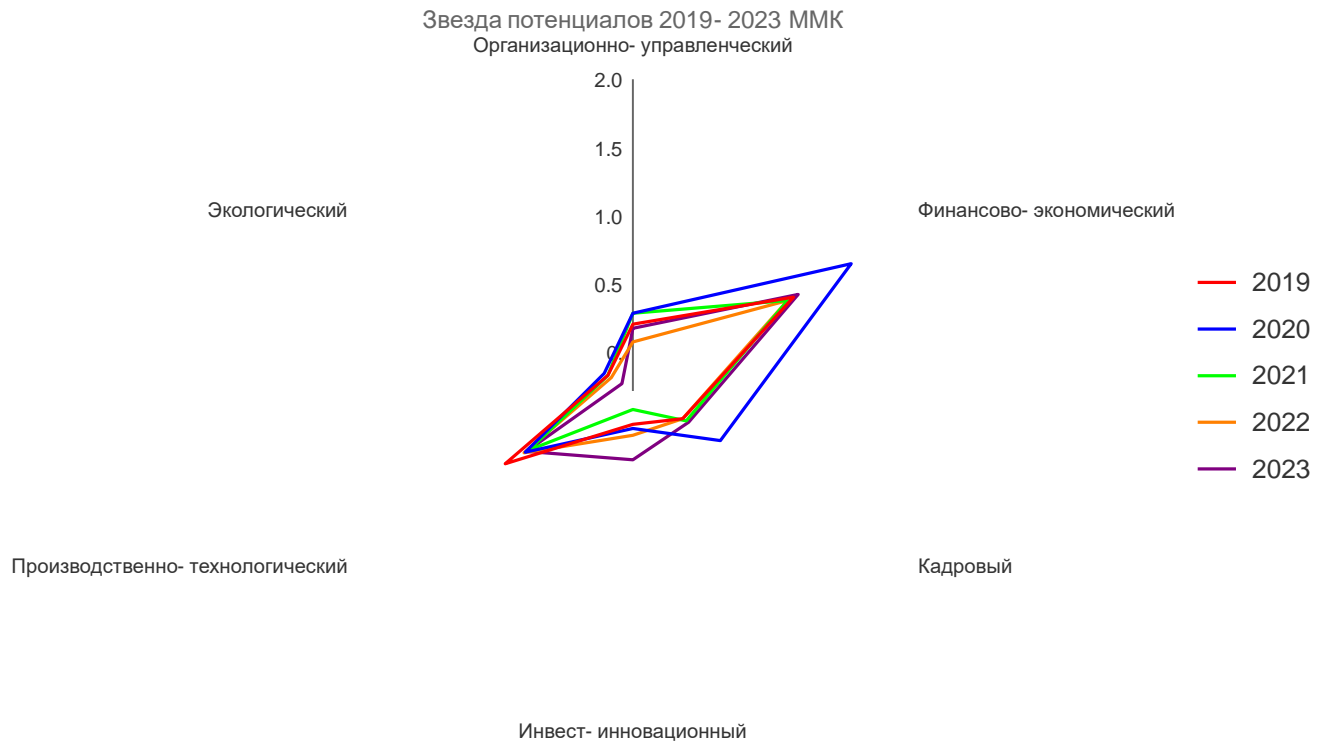


Рисунок Г.3– Звезда потенциалов: ПАО «ММК»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

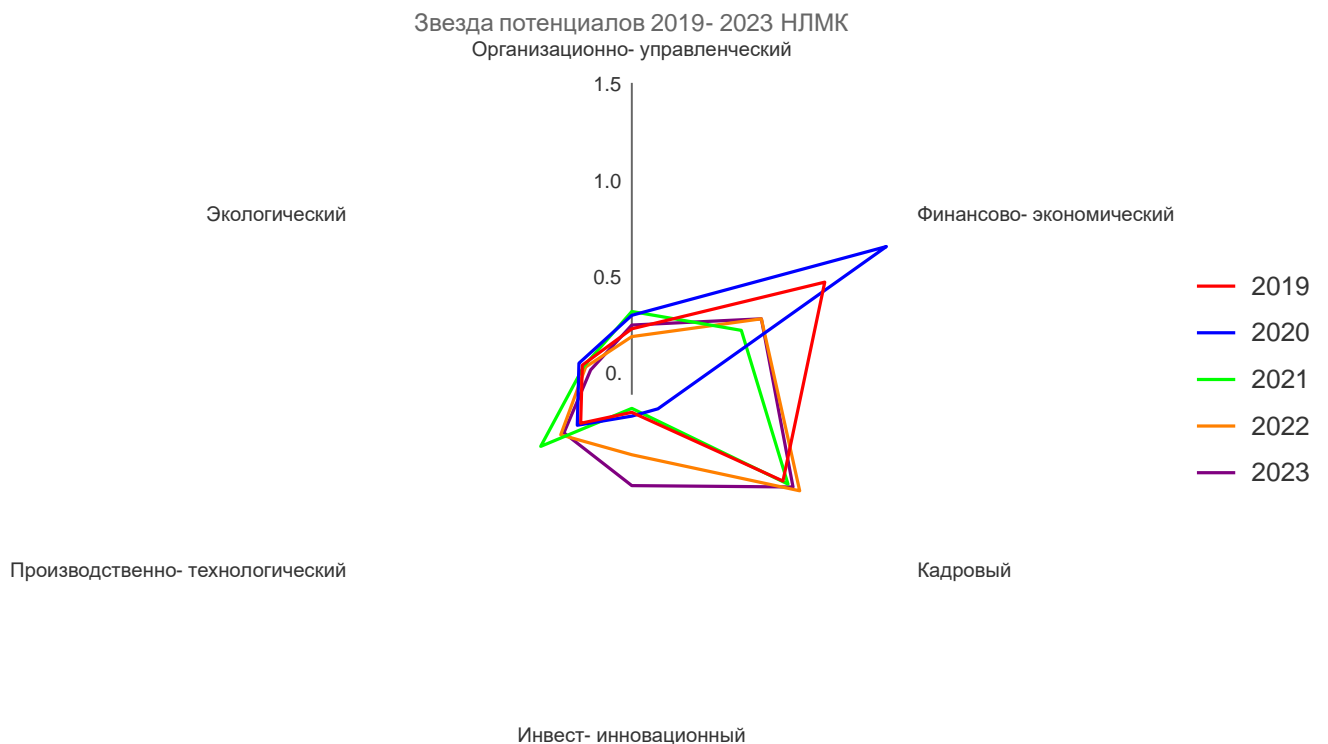


Рисунок Г.4 – Звезда потенциалов: ПАО «НЛМК»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.



Рисунок Г.5– Звезда потенциалов: ПАО «Северсталь»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

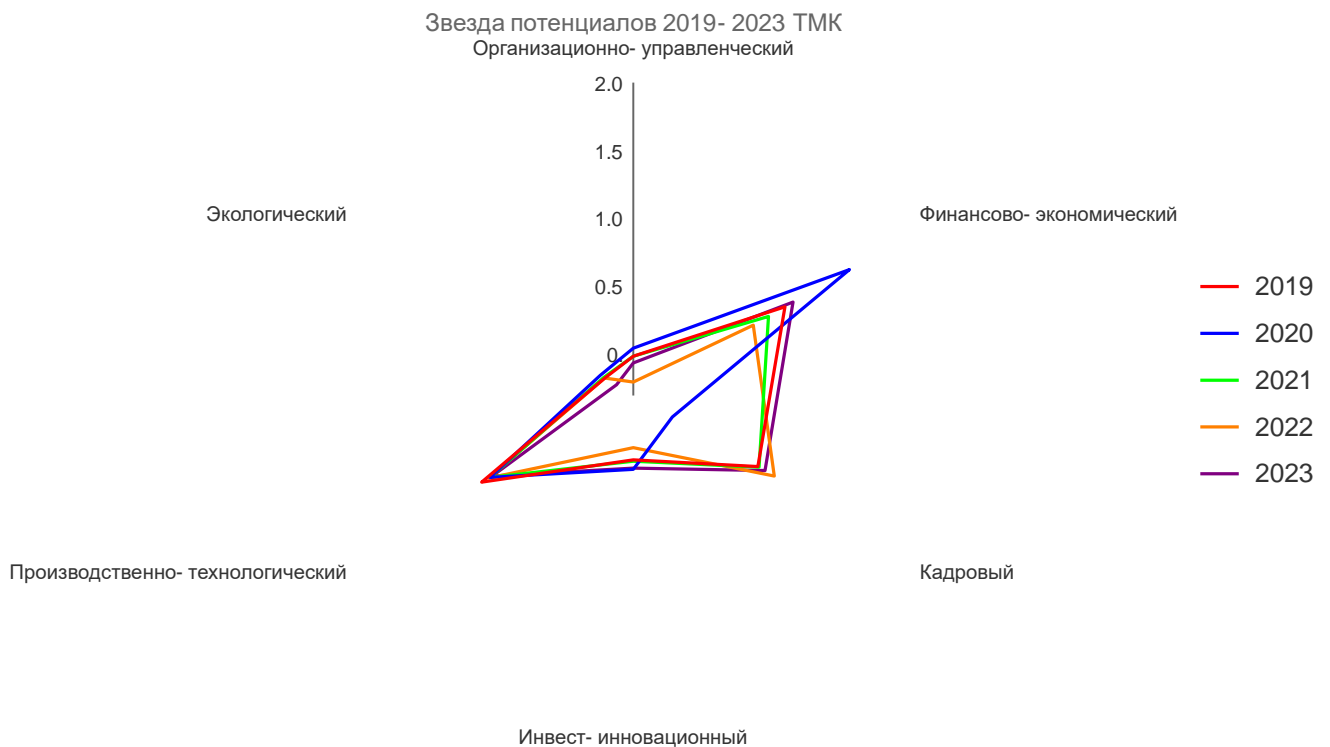


Рисунок Г.6 – Звезда потенциалов: ПАО «ТМК»

Примечание – Составлено автором в процессе исследования.

Приложение Д

Таблица Д.1 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для ПАО «Ашинский метзавод» на 2026–2030 годы по сценарию «Умеренное развитие»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26
Финансово-экономический	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21
Кадровый	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75
Инвестиционно-инновационный	0,30	0,315	0,33	0,345	0,36
Производственно-технологический	–0,28	–0,27	–0,26	–0,25	–0,24
Экологический	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.2 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для ПАО «Ашинский метзавод» на 2026–2030 годы по сценарию «Акцент на инновации»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34
Финансово-экономический	0,13	0,18	0,23	0,28	0,33
Кадровый	0,71	0,75	0,79	0,83	0,87
Инвестиционно-инновационный	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Производственно-технологический	–0,28	–0,22	–0,16	–0,10	–0,04
Экологический	0,03	0,07	0,11	0,15	0,19
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.3 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для ПАО «Ашинский метзавод» на 2026–2030 годы по сценарию «Экологический кризис»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
Финансово-экономический	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05
Кадровый	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63
Инвестиционно-инновационный	0,30	0,295	0,28	0,275	0,26
Производственно-технологический	–0,28	–0,31	–0,34	–0,37	–0,40
Экологический	0,03	–0,02	–0,07	–0,12	–0,17
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.4 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «Мечел» на 2026–2030 годы по сценарию «Умеренное развитие»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Финансово-экономический	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83
Кадровый	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
Инвестиционно-инновационный	–0,35	–0,335	–0,32	–0,305	–0,29
Производственно-технологический	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48
Экологический	–0,05	–0,045	–0,04	–0,035	–0,03
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.5 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «Мечел» на 2026–2030 годы по сценарию «Акцент на инновации»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,02	0,05	0,08	0,11	0,14
Финансово-экономический	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
Кадровый	0,86	0,90	0,94	0,98	1,02
Инвестиционно-инновационный	-0,35	-0,30	-0,25	-0,20	-0,15
Производственно-технологический	0,44	0,50	0,56	0,62	0,68
Экологический	-0,05	-0,01	0,03	0,07	0,11
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.6 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «Мечел» на 2026–2030 годы по сценарию «Экологический кризис»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,02	0,01	0,00	-0,01	-0,02
Финансово-экономический	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67
Кадровый	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78
Инвестиционно-инновационный	-0,35	-0,38	-0,41	-0,44	-0,47
Производственно-технологический	0,44	0,41	0,38	0,35	0,32
Экологический	-0,05	-0,10	-0,15	-0,20	-0,25
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.7 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «ММК» на 2026–2030 годы по сценарию «Умеренное развитие»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22
Финансово-экономический	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21
Кадровый	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24
Инвестиционно-инновационный	0,24	0,255	0,27	0,285	0,30
Производственно-технологический	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67
Экологический	-0,18	-0,175	-0,17	-0,165	-0,16
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.8 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «ММК» на 2026–2030 годы по сценарию «Акцент на инновации»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30
Финансово-экономический	1,13	1,18	1,23	1,28	1,33
Кадровый	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36
Инвестиционно-инновационный	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44
Производственно-технологический	0,63	0,69	0,75	0,81	0,87
Экологический	-0,18	-0,14	-0,10	-0,06	-0,02
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.9 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «ММК» на 2026–2030 годы по сценарию «Экологический кризис»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
Финансово-экономический	1,13	1,11	1,09	1,07	1,05
Кадровый	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12
Инвестиционно-инновационный	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12
Производственно-технологический	0,63	0,60	0,57	0,54	0,51
Экологический	-0,18	-0,23	-0,28	-0,33	-0,38
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.10 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «НЛМК» на 2026–2030 годы по сценарию «Умеренное развитие»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26
Финансово-экономический	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15
Кадровый	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83
Инвестиционно-инновационный	0,31	0,325	0,34	0,355	0,37
Производственно-технологический	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56
Экологический	-0,12	-0,115	-0,11	-0,105	-0,10
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.11 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «НЛМК» на 2026–2030 годы по сценарию «Акцент на инновации»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34
Финансово-экономический	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27
Кадровый	0,79	0,83	0,87	0,91	0,95
Инвестиционно-инновационный	0,31	0,36	0,41	0,46	0,51
Производственно-технологический	0,52	0,58	0,64	0,70	0,76
Экологический	-0,12	-0,08	-0,04	0,00	0,04
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.12 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «НЛМК» на 2026–2030 годы по сценарию «Экологический кризис»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
Финансово-экономический	1,07	1,05	1,03	1,01	0,99
Кадровый	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71
Инвестиционно-инновационный	0,31	0,28	0,25	0,22	0,19
Производственно-технологический	0,52	0,49	0,46	0,43	0,40
Экологический	-0,12	-0,17	-0,22	-0,27	-0,32
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.13 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «Северсталь» на 2026–2030 годы по сценарию «Умеренное развитие»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
Финансово-экономический	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15
Кадровый	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84
Инвестиционно-инновационный	0,25	0,265	0,28	0,295	0,31
Производственно-технологический	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60
Экологический	-0,32	-0,315	-0,31	-0,305	-0,30
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.14 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «Северсталь» на 2026–2030 годы по сценарию «Акцент на инновации»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26
Финансово-экономический	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27
Кадровый	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96
Инвестиционно-инновационный	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Производственно-технологический	0,56	0,62	0,68	0,74	0,80
Экологический	-0,32	-0,28	-0,24	-0,20	-0,16
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.15 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «Северсталь» на 2026–2030 годы по сценарию «Экологический кризис»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
Финансово-экономический	1,07	1,05	1,03	1,01	0,99
Кадровый	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72
Инвестиционно-инновационный	0,25	0,22	0,19	0,16	0,13
Производственно-технологический	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44
Экологический	-0,32	-0,37	-0,42	-0,47	-0,52
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.16 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «ГМК» на 2026–2030 годы по сценарию «Умеренное развитие»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	-0,06	-0,05	-0,04	-0,03	-0,02
Финансово-экономический	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15
Кадровый	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87
Инвестиционно-инновационный	0,25	0,265	0,28	0,295	0,31
Производственно-технологический	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95
Экологический	-0,15	-0,145	-0,14	-0,135	-0,13
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.17 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «ТМК» на 2026–2030 годы по сценарию «Акцент на инновации»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	–0,06	–0,03	0,00	0,03	0,06
Финансово-экономический	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27
Кадровый	0,83	0,87	0,91	0,95	0,99
Инвестиционно-инновационный	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Производственно-технологический	0,91	0,97	1,03	1,09	1,15
Экологический	–0,15	–0,11	–0,07	–0,03	0,01
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Таблица Д.18 – Сводная таблица полученных прогнозных индексов для компании ПАО «ТМК» на 2026–2030 годы по сценарию «Экологический кризис»

Частный обобщающий индекс потенциалов	2026 год	2027 год	2028 год	2029 год	2030 год
Организационно-управленческий	–0,06	–0,08	–0,10	–0,12	–
Финансово-экономический	1,07	1,05	1,03	1,01	0,99
Кадровый	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75
Инвестиционно-инновационный	0,25	0,22	0,19	0,16	0,13
Производственно-технологический	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79
Экологический	–0,15	–0,20	–0,25	–0,30	–0,35
Примечание – Составлено автором в процессе исследования.					

Приложение Е

Таблица Е.1 – Соответствие результатов диссертационного исследования положениям стратегических и программных документов Российской Федерации

№ п/п	Пункт научной новизны	Задачи стратегии развития черной металлургии России на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года ¹ :	Задачи стратегии развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 года ² :	Задачи государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» ³ :
1	2	3	4	5
1	Концептуальная модель исследования стратегического потенциала, система универсальных и отраслевых статистических индикаторов	3 - Повышение конкурентоспособности металлородукции - Снижение ресурсоемкости производства - Координация развития отрасли с другими секторами экономики	4 - Создание условий для реализации потенциала внутреннего спроса на продукцию металлургического комплекса - Удержание позиции российских компаний на зарубежных рынках	5 - Расширение производства современной высокотехнологичной промышленной продукции - Опережающее создание инновационной инфраструктуры для развития традиционных и новых отраслей промышленности
2	Научно обоснованный статистический подход к кластеризации стран – участников мирового рынка стали и железной руды	3 - Укрепление и защита позиций России на мировом рынке металлопродукции - Уменьшение зависимости от импорта	4 - Удержание позиции российских компаний на зарубежных рынках - Обеспечение сырьевой безопасности российской металлургической отрасли	5 Стимулирование экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью с учетом ограничений Всемирной торговой организации, снятие регуляторных барьеров и формирование паритетных условий для вывода на рынок инновационной продукции
3	Методологический подход к статистическому анализу взаимосвязей между объемами мирового и российского производства стали и ключевыми макроэкономическими индикаторами	3 - Стимулирование внутреннего спроса на металлопродукцию; удовлетворение спроса для реализации инвестиционных проектов - Координация развития с инфраструктурными программами	4 Создание условий для реализации потенциала внутреннего спроса на продукцию металлургического комплекса	5 Расширение производства современной высокотехнологичной промышленной продукции.

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5
4	Методика прогнозирования статистических ключевых показателей развития сталелитейной промышленности	- Удовлетворение спроса на металлопродукцию - Увеличение производства высокотехнологичной продукции - Координация планов развития отрасли	- Создание условий для реализации потенциала внутреннего спроса на продукцию металлургического комплекса - Удержание позиции российских компаний на зарубежных рынках	- Расширение производства современной высокотехнологичной промышленной продукции; опережающее создание инновационной инфраструктуры для развития традиционных и новых отраслей промышленности
5	Интегративная методика комплексного экономического анализа экологических аспектов устойчивого развития	- Снижение негативного воздействия на окружающую среду - Повышение энергоэффективности - Сокращение выбросов парниковых газов	Стимулирование развития экологических технологий производства металлургической продукции, а также технологий производства металлургической продукции из вторичного сырья	Расширение производства современной высокотехнологичной промышленной продукции; опережающее создание инновационной инфраструктуры для развития традиционных и новых отраслей промышленности
6	Методологический подход к статистической оценке стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности с учетом экологических факторов	- Снижение выбросов вредных веществ - Содействие сохранению климата - Повышение энергоэффективности металлургического производства	Стимулирование развития экологических технологий производства металлургической продукции, а также технологий производства металлургической продукции из вторичного сырья	Расширение производства современной высокотехнологичной промышленной продукции
7	Методика комплексного экономического анализа принципов оценки стратегического потенциала предприятий на основе инструментария нечетких когнитивных карт	- Повышение конкурентоспособности - Координация планов отраслевого развития	- Создание условий для реализации потенциала внутреннего спроса на продукцию металлургического комплекса - Удержание позиции российских компаний на зарубежных рынках	Опережающее создание инновационной инфраструктуры для развития традиционных и новых отраслей промышленности
8	Методология комплексного экономического анализа предприятий	- Увеличение производства высокотехнологичной продукции	- Стимулирование развития экологических технологий производства металлургической	- Расширение производства современной высокотехнологичной промышленной продукции

Окончание таблицы Е.1

1	2	3	4	5
	металлургического комплекса, основанная на расширенной модели BSC, дополненной ESG-перспективой и подходом бэккастинга	- Снижение ресурсоемкости - Разработка инновационных технологий - Повышение конкурентоспособности	продукции, а также технологий производства металлургической продукции из вторичного сырья - Создание условий для реализации потенциала внутреннего спроса на продукцию металлургического комплекса	- Стимулирование экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью с учетом ограничений Всемирной торговой организации, снятие регуляторных барьеров и формирование паритетных условий для вывода на рынок инновационной продукции
9	Интегральная методика статистической оценки стратегического потенциала предприятий металлургической промышленности России на основе PCA	- Повышение конкурентоспособности металлопродукции - Стимулирование внутреннего спроса - Координация планов отраслевого развития - Снижение ресурсоемкости производства	- Создание условий для реализации потенциала внутреннего спроса на продукцию металлургического комплекса - Удержание позиции российских компаний на зарубежных рынках - Обеспечение сырьевой безопасности российской металлургической отрасли	
Примечание – Составлено автором на основе анализа научных результатов автора и следующих документов:				
¹ Стратегия развития черной металлургии Российской Федерации на 2014–2020 годы и на перспективу до 2030 года : приказ Минпромторга РФ от 05.05.2014 № 839. URL: http://www.minpromtorg.gov.ru (дата обращения: 15.12.2025).				
² Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года : распоряжение Правительства РФ от 28.12.2022 № 4260-р. URL: https://www.government.ru (дата обращения: 15.12.2025).				
³ О Государственной программе Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» : постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 328 (ред. действующая). URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 15.12.2025).				