

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИСИС»**

На правах рукописи

БОГАЧЕВ АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА
ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИНДИКАТОРОВ ОЖИДАНИЙ**

Специальность 5.2.3 Региональная и отраслевая экономика
(экономика промышленности)

диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Научный руководитель
доктор экономических наук, профессор
Костюхин Юрий Юрьевич

Москва – 2026 год

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Теоретико-методологические основы эволюции инструментов внутрифирменного планирования в контексте информационной революции.....	15
1.1 Инструменты внутрифирменного планирования: генезис, классификация и современная парадигма.....	15
1.2 Ограничения традиционной информационной базы планирования: критическая теория данных.....	37
1.3 Высокочастотные индикаторы как основа проактивного управления.....	53
2 Обоснование и разработка системы индикаторов ожиданий для проактивного управления металлургическим предприятием.....	60
2.1 Систематизация научных подходов к формированию механизма внутрифирменного планирования и анализ современных вызовов глобальной металлургии.....	60
2.2 Анализ и критическая оценка существующих моделей прогнозирования в российской металлургии.....	74
2.3 Диагностика ключевых проблем прогнозирования закономерностей функционирования и идентификация факторов неопределенности внешней и внутренней среды на примере металлургической отрасли РФ.....	102
3 Разработка механизма внутрифирменного планирования на основе гибридной нечетко-сценарной модели прогнозирования выручки и индикаторов ожиданий.....	116
3.1 Формирование системы индикаторов ожиданий предприятия на примере металлургического сектора РФ.....	116
3.2 Методология формирования базы данных и расчета индикаторов ожиданий для нечеткого моделирования выручки металлургических компаний.....	130
3.3 Механизм внутрифирменного планирования на основе разработанной гибридной нечетко-сценарной модели оценки выручки и теории нечетких	

множеств.....	167
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	186
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	189
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Акт и справка о внедрении результатов исследования.....	206

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Современный этап развития экономики России характеризуется фундаментальной трансформацией условий функционирования промышленных предприятий. Традиционные модели внутрифирменного планирования, сформировавшиеся в эпоху массово производства и базирующиеся на принципах линейности, экстраполяции исторических трендов и жесткого бюджетирования, демонстрируют системную не результативность в условиях нарастающей турбулентности внешней среды. Глобальная российская металлургическая отрасль, являясь классическим представителем тяжелой промышленности с длительным производственным циклом и высокой капиталоемкостью, испытывает на себе совокупное воздействие взаимосвязанных вызовов: сжатие временных горизонтов прогнозирования при одновременном росте амплитуды циклических колебаний, фрагментация глобальных цепочек создания стоимости и переход от глобализации к регионализации, ужесточение экологического регулирования (в частности, механизм трансграничного углеродного регулирования) и эколого-технологическая революция, связанная с переходом к «зеленой» металлургии.

При этом отечественные металлургические предприятия функционируют в условиях двойной неопределенности: с одной стороны, они подвержены общемировым трендам волатильности сырьевых и товарных рынков, с другой – испытывают воздействие специфических геополитических и санкционных рисков, приводящих к структурным разрывам устоявшихся логистических и сбытовых цепочек. Традиционные ретроспективные экономические механизмы, включая модели прогнозирования, используемые ПАО «Северсталь», ПАО «НЛМК» и АО «ЧТПЗ», в периоды кризисов теряют свою объясняющую силу предиктивности волатильности выручки: коэффициент детерминации между прогнозируемыми значениями и фактическими составляет порядка 0,5, а средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) возрастает до 18 %. Это приводит к прямым

хозяйственным потерям промышленных предприятий, связанным с избыточной иммобилизацией оборотного капитала, ошибочной ценовой политикой и несвоевременной реакцией в экономических решениях на изменение рыночной конъюнктуры.

Таким образом, возникает **противоречие** в области экономики промышленности: чем сложнее и ретроспективнее (то есть основаны на прошлых событиях и прошлой статистике) становятся экономические модели прогнозирования в механизме внутрифирменного планирования, тем в большей степени они оказываются «слепы» к качественным сдвигам, меняющим сами правила экономической перспективы народного хозяйства. Преодоление этого противоречия требует смены парадигмы – перехода от ретроспективного прогнозирования в механизме внутрифирменного планирования, основанного на экстраполяции исторической экономической информации, к проактивному прогнозированию хозяйственной деятельности, базирующемуся на систематическом мониторинге и формализованной интерпретации высокочастотных индикаторов ожиданий ключевых заинтересованных лиц предприятий (стейкхолдеров).

Научная задача исследования, имеющее существенное значение для развития экономики промышленности РФ, заключается в устранении вышеуказанного противоречия классического механизма внутрифирменного планирования, который оперирует данными о свершившемся прошлом, прошедшими через многоступенчатые фильтры принципов управленческого учета и статистического агрегирования; что не позволяет учитывать «слабые сигналы» формирующихся трендов, нарративов и ожиданий рыночных заинтересованных лиц предприятий (стейкхолдеров), которые и определяют траекторию будущих экономических изменений.

Изложенное выше определяет актуальность, научную и практическую значимость исследования в области разработки нового механизма внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях на основе мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в исследование эволюции инструментов и методов внутрифирменного планирования внесли следующие ученые: Ансофф И., Бабкин А. В., Бейкер С. Р. (Baker S. R.), Бок Б. (Bok B.), Воронов А. А., Галиев Ж. К., Иванов Д. Ю., Калинина О. В., Калинин О. И., Каплан Р. С., Китчин Р. (Kitchin R.), Клейнер Г. Б., Ключков В. В., Кондраков О. В., Костюхин Ю.Ю., Мясков А. В., Митенков А. В., Недосекин А. О., Самарина В. П., Сборщиков С. Б., Стоянова И. А., Тебекин А. В., Тейлор Ф. У., Толстых Т. О., Фадеев А. М., Файоль А., Фрейзер Р. (Fraser R.), Фуко М., Хоуп Дж. (Hore J.), Чой Х. (Choi H.), Шинкевич А. И., Шмелева Н. В. и др.

Теоретико-методологическими основами преодоления ограничений классического планирования в условиях турбулентности исследовали: Вариан Х. Р. (Varian H. R.), Друкер П. Ф., Кейнс Дж. М., Ли Дж. (Lee J.), Тао Ф. (Tao F.), Тиис Д. Дж. (Teese D. J.), Чжун Р. Ю. (Zhong R. Y.) и др.

Анализ результатов научных исследований по внутрифирменному планированию промышленных предприятий указывает на недостаточную проработанность методических подходов к анализу интересов стейкхолдеров и индикаторов их ожиданий, что определяет актуальность и цель исследования.

Существующие исследования либо фокусируются на совершенствовании традиционных количественных методов планирования (включая прогнозирование), либо рассматривают качественные аспекты управления ожиданиями стейкхолдеров изолированно, без их интеграции в формализованные модели поддержки принятия экономических решений. Отсутствует целостный механизм, позволяющий преобразовать разнородные сигналы об ожиданиях стейкхолдеров (от макроэкономических индикаторов до данных о технологическом дискурсе и экологическом давлении) в систему количественно измеримых показателей, актуальных для использования в контуре внутрифирменного планирования промышленного предприятия. Данный пробел критичен для металлургической отрасли, характеризующейся высокой цикличностью, капиталоемкостью и чувствительностью к структурным сдвигам.

Научная идея исследования заключается в разработке гибридного нечетко-

сценарного механизма внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях, основанного на интеграции аппарата теории нечетких множеств, нечетких когнитивных карт и непрерывного мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий субъектов рынка, что обеспечивает преодоление ограничений ретроспективной парадигмы за счет перехода к проактивной навигации по полю «слабых сигналов» и повышает точность сценарного моделирования ключевых стоимостных драйверов выручки в условиях радикальной неопределенности внешней среды.

Научная гипотеза исследования заключается в том, что применение нового механизма внутрифирменного планирования на основе мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий позволит преодолеть ограничения ретроспективных методов внутрифирменного планирования путем перехода от анализа свершившихся фактов к интерпретации прогнозируемых сценарных оценок, что позволяет трансформировать их в инструмент использования гибридного нечетко-сценарного моделирования в реальном времени, позволяя принимать своевременные и обоснованные экономические решения на промышленных предприятиях.

Объектом исследования выступают промышленные предприятия металлургической отрасли РФ.

Предметом исследования являются организационно-экономические отношения внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях металлургической отрасли РФ.

Цель исследования состоит в разработке механизма внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях на основе мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий субъектов рынка, реализованного в виде гибридной нечетко-сценарной модели.

Задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

1. Выявить системные ограничения классических и современных подходов существующих парадигм планирования, включая модели прогнозирования, на промышленных предприятиях в условиях нарастающей неопределенности в

экономике промышленности.

2. Разработать архитектуру и алгоритм гибридной нечетко-сценарной модели прогнозирования (как части внутрифирменного планирования), преобразующей качественные состояния индикаторов ожиданий заинтересованных лиц предприятий (стейкхолдеров) в сценарные оценки стоимостных драйверов выручки.

3. Предложить архитектуру двухконтурного принципа функционирования, интегрирующая количественный мониторинг (контур «измеряемого риска») и качественный анализ нелинейных связей на основе нечетких когнитивных карт (контур «слабых сигналов»).

4. Предложить алгоритм преобразования индикаторов ожиданий заинтересованных лиц (стейкхолдеров) в сценарные оценки флуктуации выручки промышленных предприятий на основе теории нечетких множеств с целью разработки нового механизма внутрифирменного планирования.

5. Разработать механизм внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях на основе мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий; и провести его апробацию на данных металлургических промышленных предприятий в периоды структурных шоков и сформулировать практические рекомендации по его внедрению в контур хозяйственной деятельности промышленного предприятия.

Методология и методы исследования. В исследовании использованы методы сравнения, группировки, экономического измерения, системного анализа и др. В рамках специальных методов при проведении исследования были применены многофакторный регрессионный анализ, корреляционный анализ, анализ временных рядов, метод скользящего прогнозирования, фаззификация, построение функций принадлежности, нечеткие когнитивные карты, метод нечеткого вывода, теория нечетких множеств.

Теоретическая база настоящего исследования послужили исследования отечественных и зарубежных ученых, посвященных анализу российских и зарубежных моделей внутрифирменного планирования.

Информационная база исследования включает данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат), открытой котировки и фьючерсы на железную руду (62 % Fe, CFR China), открытые цены на стальную продукцию (горячекатаный рулон, арматура), цены на энергоносители и сырье (коксуемый уголь, лом, ферросплавы), аналитические отчеты и прогнозы ведущих консалтинговых компаний, данные управленческого учета металлургических компаний: структура себестоимости, удельные расходы сырья и энергии, доля импортных компонентов исследуемых металлургических предприятий.

Область исследования соответствует паспорту научной специальности 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика» (экономика промышленности), пункт 2.16 «Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах».

Научная новизна исследования заключается в разработке гибридного нечетко-сценарного механизма внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях металлургической отрасли, отличающегося применением двухконтурного принципа функционирования (интегрирующего контур машинного обучения «измеряемого риска» и контур нечетких когнитивных карт «сигналов слабых воздействий»), что, в отличие от традиционных ретроспективных методов экстраполяции и регрессионного анализа, позволяет формализовать качественные альтернативные сигналы ожиданий заинтересованных лиц (стейкхолдеров) промышленных предприятий, повышая точность сценарного моделирования стоимостных драйверов выручки промышленных предприятий в условиях радикальной неопределенности и структурных шоков, что позволяет принимать своевременные и обоснованные экономические решения.

К наиболее значимым **новым результатам, обладающим научной новизной**, относятся следующие (**научные результаты**):

1. Выявлены системные ограничения классической существующей трехуровневой парадигмы внутрифирменного планирования (стратегическое, тактическое, оперативное), а также используемых адаптивных подходов,

закрывающиеся в их ретроспективной ориентации, зависимости от агрегированных экономических макроиндикаторов с высоким лагом и неспособности формализовать качественные сигналы формирующихся ожиданий субъектов рынка (пункт 2.16 паспорта специальности «Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах»).

2. Разработана архитектура и алгоритм гибридной нечетко-сценарной модели прогнозирования, отличающаяся от известных подходов интеграцией аппарата теории нечетких множеств и нечетких когнитивных карт для преобразования качественных состояний индикаторов ожиданий в сценарные оценки стоимостных драйверов выручки (пункт 2.16 паспорта специальности «Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах»).

3. Предложена архитектура двухконтурного принципа функционирования, где контур «измеряемого риска» обеспечивает непрерывный мониторинг и обработку количественных данных, тогда как контур «сигналов слабых воздействий» на основе нечетких когнитивных карт позволяет выявлять нелинейные связи и петли обратной связи, что принципиально расширяет возможности прогнозирования в условиях радикальной неопределенности и структурных разрывов в экономике (пункт 2.16 паспорта специальности «Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах»).

4. Предложен алгоритм преобразования сформированной системы высокочастотных индикаторов ожиданий заинтересованных лиц предприятий (стейкхолдеров), объединяющая четыре типа сигналов: потребительские (сегментированный индекс перспективной промышленной активности, индекс финансовой устойчивости сбытовой цепочки), рыночно-конъюнктурные (индекс глобального ценового давления, динамический индекс валютно-сырьевого паритета), технологические (индекс интенсивности НИОКР-дискурса) и регуляторно-экологические (индекс экологических издержек); что в отличие от

существующих практик ключевых показателей эффективности (КПЭ/КРІ) и систем опережающих индикаторов, предложенный механизм ориентирован не на ретроспективную фиксацию отклонений, а на проактивный мониторинг будущего поля ожиданий стейкхолдеров (пункт 2.16 паспорта специальности «Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах»).

5. Разработан механизм внутрифирменного планирования формирования высокочастотных индикаторов ожиданий и их последующей нормализации в сценарные оценки вероятной выручки промышленного предприятия на основе теории нечетких множеств, отличающийся от традиционных методов экстраполяции и регрессионного анализа применением инструментов внутрифирменного планирования; а также практические рекомендации по внедрению механизма в контур хозяйственной деятельности промышленного предприятия (пункт 2.16 паспорта специальности «Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах»).

На защиту выносятся следующие научные положения:

1. Развитие внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях следует производить на основе классификации системных ограничений, включающей замкнутость на внутренний операционный контур, доминирование валовых показателей над стоимостными, игнорирование альтернативной стоимости капитала и отрицание неопределенности как организационно-экономической категории, что позволяет обосновать необходимость перехода от ретроспективных методов к проактивному прогнозированию на основе мониторинга ожиданий заинтересованных лиц предприятий (стейкхолдеров).

2. Структура функционирования гибридной нечетко-сценарной модели внутрифирменного планирования выстраивается на основе двухконтурного принципа, интегрирующего контур «измеряемого риска» для обработки количественных данных и контур «сигналов слабых воздействий» на базе нечетких

когнитивных карт для выявления нелинейных связей и петель обратной связи, что обеспечивает преобразование качественных состояний индикаторов ожиданий стейкхолдеров в сценарные оценки стоимостных драйверов выручки компании в условиях неопределенности предприятия.

3. Формирование системы высокочастотных индикаторов ожиданий следует осуществлять посредством агрегации четырех типов сигналов: потребительских (сегментированный индекс перспективной промышленной активности, индекс финансовой устойчивости сбытовой цепочки), рыночно-конъюнктурных (индекс глобального ценового давления, динамический индекс валютно-сырьевого паритета), технологических (индекс интенсивности НИОКР-дискурса) и регуляторно-экологических (индекс экологических издержек), что в отличие от традиционных практик КПЭ позволяет перейти к проактивному мониторингу поля ожиданий сценариев выручки промышленных предприятий.

4. Преобразование индикаторов ожиданий в сценарные оценки вероятной выручки промышленных предприятий следует проводить с использованием разработанного алгоритма нормализации, включающего процедуры приведения разнородных количественных и качественных показателей к лингвистическим переменным с четко определенными функциями принадлежности, формирования базы нечетких продукционных правил и агрегации активированных правил для получения распределения вероятных значений выручки, что позволяет преодолеть ограничения точечного детерминированного прогнозирования.

5. Применение механизма внутрифирменного планирования на основе мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий следует осуществлять исходя из практических рекомендаций по его внедрению, что позволяет принимать своевременные и обоснованные экономические решения на промышленных предприятиях.

Теоретико-методологическая значимость исследования заключается в развитии научного знания о переходе внутрифирменного планирования от ретроспективной системы к проактивному механизму на основе высокочастотных индикаторов ожиданий стейкхолдеров в условиях нарастающей неопределенности

экономики промышленности.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования разработанного механизма внутрифирменного планирования в деятельности промышленных предприятий металлургического комплекса для повышения эффективности систем планирования. В частности, разработаны прикладные инструменты внутрифирменного планирования: гибридная нечетко-сценарная модель прогнозирования выручки, система высокочастотных индикаторов ожиданий, алгоритм фаззификации и нечеткого вывода, механизм интеграции в контур внутрифирменного планирования, практический инструмент снижения МАРЕ прогноза.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются:

1. Использованием в качестве теоретической и методологической базы фундаментальных и прикладных трудов отечественных и зарубежных ученых в области теории управления, стратегического менеджмента, экономико-математического моделирования, теории нечетких множеств и прогнозирования.

2. Применением комплекса взаимодополняющих методов исследования, адекватных поставленным цели и задачам, включая системный анализ, методы статистической обработки данных (корреляционный, регрессионный анализ, анализ временных рядов), методы теории нечетких множеств (построение функций принадлежности, нечеткий логический вывод), сценарное планирование и экспертные оценки.

3. Репрезентативностью и полнотой информационной базы исследования, охватывающей официальные данные Росстата, биржевые котировки, финансовую отчетность и аналитические материалы по трем ведущим металлургическим компаниям РФ (ПАО «Северсталь», ПАО «НЛМК», АО «ЧТПЗ») за период 2017–2023 гг.

4. Корректностью применения математико-статистического аппарата, верификацией полученных результатов с помощью критериев статистической значимости (p -значения, доверительные интервалы) и сопоставлением с данными

официальной отчетности.

5. Эмпирической апробацией разработанной гибридной нечетко-сценарной модели на ретроспективных данных, подтвердившей ее более высокую прогностическую способность по сравнению с традиционными регрессионными подходами (снижение средней абсолютной процентной ошибки (MAPE) на 3,8–5,7 процентных пункта).

Степень достоверности и апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования представлены и обсуждены на научно-практических конференциях: Национальная (Всероссийская) научно-практическая конференция «Современные методы, технологии и практики управления» (г. Челябинск, 2024); XXV Международная Научно-Практическая Конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ» (шифр –МКАВН) (г. Москва, 2026);

Материалы диссертации применяются в деятельности компании ООО «ШТУРМАН РУС» с целью повышения точности сценарного моделирования стоимостных драйверов выручки в условиях радикальной неопределенности и структурных шоков и принятия своевременных и обоснованных экономических решений на основе разработанного гибридного нечетко-сценарного механизма внутрифирменного планирования.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ, из них 5 в рецензируемых журналах, включенных в перечень изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и образования РФ.

Объем и структура работы. Диссертационное исследование состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованных источников из более 150 источников. Содержит 57 рисунков, 29 таблиц и 39 формул.

1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭВОЛЮЦИИ ИНСТРУМЕНТОВ ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

1.1 Инструменты внутрифирменного планирования: генезис, классификация и современная парадигма²⁸

Эволюция инструментов внутрифирменного планирования представляет собой не линейный процесс накопления методик, а последовательность парадигмальных сдвигов, детерминированных изменением характера бизнес-среды, развитием управленческой мысли и революцией в доступных данных. Становление и развитие современного арсенала средств планирования уходит корнями в эпоху индустриализации, когда потребность в координации массового производства и сложных логистических цепочек потребовала формализации управленческих решений. Зарождение научного менеджмента началось с работ Ф. Тейлора и А. Файоля, которые определили планирование как базовую административную функцию, направленную на достижение предсказуемости и эффективности через стандартизацию операций и централизацию контроля [1, 2].

По мнению А. Файоля: «Управлять – значит предвидеть и прорабатывать будущее; организовывать, распоряжаться, координировать и контролировать. Предвидение, понимаемое как изучение будущего и разработка плана действий, составляет самую сущность управления» [2].

²⁸ Материалы параграфа изложены в следующих публикациях автора:

- Богачев А.С. От ретроспективных данных к полю ожиданий: эволюция парадигмы корпоративного планирования в условиях информационной революции. Журнал Вестник академии знаний, No3(74), 2026г.

Автор придерживается данной позиции, так как в условиях относительно стабильного рынка и доминирования производственной концепции сформировался базовый инструментарий, основанный на нормировании, технико-экономических расчетах и жестких операционных графиках, где план выступал директивным документом, а отклонение от него рассматривалось как сбой системы [2].

Дальнейшее усложнение бизнес-среды и появление концепции стратегического управления привело к бифуркации инструментов планирования по горизонту и объекту воздействия.

С точки зрения И. Ансоффа: «Стратегическое решение – это решение, которое касается взаимосвязи фирмы с ее средой. Оно определяет, какие продукты и рынки фирма будет развивать, и направление, в котором она будет двигаться» [3].

Исходя из вышесказанного, сформировалась трехуровневая классическая архитектура, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Трехуровневая классическая архитектура
внутрифирменного планирования

Источник: составлено автором

Во-первых, стратегическое планирование, нацеленное на долгосрочный горизонт и отвечающее на вопросы позиционирования компании в конкурентной среде. Его инструментарий включал портфельный анализ (матрицы БКГ, McKinsey), PEST- и SWOT-анализ, сценарное планирование [3-10].

По мнению автора данные инструменты оперировали агрегированными показателями и качественными оценками, выполняя скорее функцию стратегического позиционирования, нежели операционного управления ресурсами. Стратегическое планирование представляет собой наиболее концептуальный и дискурсивный уровень внутрифирменного планирования, чья фундаментальная задача заключается не в оптимизации текущих операций, а в конституировании желаемого будущего положения организации в конкурентном ландшафте. В отличие от тактического и оперативного планирования, оперирующих категориями эффективности («как делать правильно вещи?»), стратегическое планирование отвечает на экзистенциальные вопросы целеполагания и выбора («какие вещи делать правильно?» и «во имя чего?»). Его методологический аппарат сформировался в результате синтеза военного стратегического мышления, теории систем и экономической науки, обретя институциональный статус в корпоративной практике во второй половине XX века как ответ на усложнение бизнес-среды, глобализацию и рост неопределенности [11].

С точки зрения автора фундаментальной основой стратегического планирования является принцип проактивного конструирования реальности, а не реактивной адаптации к ней. Оно исходит из предпосылки, что долгосрочный успех (на горизонте 5-10 лет и более) определяется не столько эксплуатацией существующих конкурентных преимуществ, сколько способностью предвосхищать структурные сдвиги в отрасли, технологиях, потребительских предпочтениях и регуляторной среде, и формировать асимметричные возможности заблаговременно (рисунок 2). Таким образом, объектом стратегического планирования выступает не внутренняя операционная система компании, а динамическое пространство ее внешних связей и будущих возможностей.

Ключевыми вопросами, на которые оно призвано дать ответ, являются: «В каких отраслях/сегментах конкурировать?», «Какую ценность создавать для каких потребителей?», «На основе каких уникальных, трудно имитируемых компетенций (ключевых компетенций) строить долгосрочное превосходство?» и «Как перераспределить корпоративные ресурсы между разными направлениями деятельности для максимизации общей стоимости?» [12-20].



Рисунок 2 – Стратегическое планирование: от адаптации к
конструированию реальности

Источник: составлено автором

Методологический арсенал классического стратегического планирования структурируется вокруг двух взаимодополняющих аналитических действиях: внешнего и внутреннего аудита [17-29].

Внешний стратегический аудита направлен на разделение сложной системы на более простые и управляемые компоненты и прогнозирование сил, формирующих привлекательность и динамику отрасли. Его основой стала модель «пяти сил конкуренции» Майкла Портера, трансформировавшая восприятие отрасли из заданного параметра в поле борьбы между существующими игроками, поставщиками, покупателями, потенциальными новичками и товарами-субститутами. Этот анализ позволяет идентифицировать источники

экономической ренты и системные риски в цепочке создания стоимости. Дополняет его инструментарий PEST-анализа, систематизирующий макроэкономические тренды, которые с вероятностной неизбежностью перепишут правила игры на горизонте планирования [30, 31].

Многие эксперты критиковали классический подход за статичность, что породило развитие динамических моделей, таких как анализ движущих сил отрасли и сценарное планирование, разработанное Пьером Васком. Существенной чертой сценарного планирования является факт отвержения идеи единственного прогноза, предлагая вместо него построение нескольких непротиворечивых, альтернативных картин будущего (сценариев), основанных на различных комбинациях ключевых неопределенностей [31].

Исходя из вышеннаписанного, можно сделать вывод, что произошло превращение стратегического обсуждения из поиска «правильного ответа» в процесс стратегической репетиции будущего, повышая когнитивную готовность организации к различным вариантам развития событий [29].

Функционал внутреннего стратегического аудита фокусируется на диагностике ресурсного и компетентностного потенциала организации. Переход от концепции SWOT-анализа, фиксирующей сильные и слабые стороны в статике, к ресурсной теории и теории ключевых компетенций ознаменовал важнейший сдвиг. Автор считает, что конкурентное преимущество стало выводиться не из позиции на рынке, а из наличия у фирмы уникальных, ценных, редких и невозпроизводимых ресурсов и способностей. Стратегия, таким образом, стала рассматриваться как искусство наращивания и левериджа этих специфических активов [32-43].

На основании вышеизложенного была сформирована сравнительная таблица 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ компонентов стратегического планирования

Критерий	Внешний стратегический аудит	Внутренний стратегический аудит
Основная цель	Разделение сложной системы на управляемые компоненты, прогнозирование сил, формирующих отрасль, идентификация источников экономической ренты и системных рисков	Диагностика ресурсного и компетентностного потенциала организации
Базовый инструментарий (классика)	Модель «пяти сил» М. Портера: анализ борьбы между игроками, поставщиками, покупателями, новичками. PEST-анализ: систематизация макроэкономических трендов.	SWOT-анализ: фиксация сильных и слабых сторон (подход часто критикуется за статичность)
Эволюция и динамические модели	Переход от статики к сценарному планированию (Пьер Вак) и анализу движущих сил. Отказ от единственного прогноза в пользу нескольких альтернативных картин будущего	Переход к ресурсной теории и теории ключевых компетенций
Источник конкурентного преимущества	Понимание правил игры и макроэкономических трендов, адаптация к структуре отрасли	Наличие уникальных, ценных, редких и невозпроизводимых ресурсов и способностей (а не просто позиция на рынке)
Итоговый результат	Превращение обсуждения в «стратегическую репетицию будущего», повышение когнитивной готовности к различным вариантам событий	Стратегия как искусство наращивания и левериджа (эффективного использования) специфических активов фирмы.

Источник: составлено автором

Взаимодействие выводов внешнего и внутреннего аудита на корпоративном уровне исторически осуществлялся через инструменты портфельного анализа (рисунок 3). Матрицы БКГ и McKinsey предлагали руководителям визуализировать свой бизнес-портфель как совокупность стратегических бизнес-единиц (СБЕ), расположенных на осях «темпы роста рынка/относительная доля рынка» или «привлекательность отрасли/конкурентная позиция». Это позволяло формализовать решения о перераспределении финансовых потоков: инвестировании в «звезд», «дойных коров» для финансирования роста, реструктуризации или продаж «собак» и «вопросительных знаков» [37].

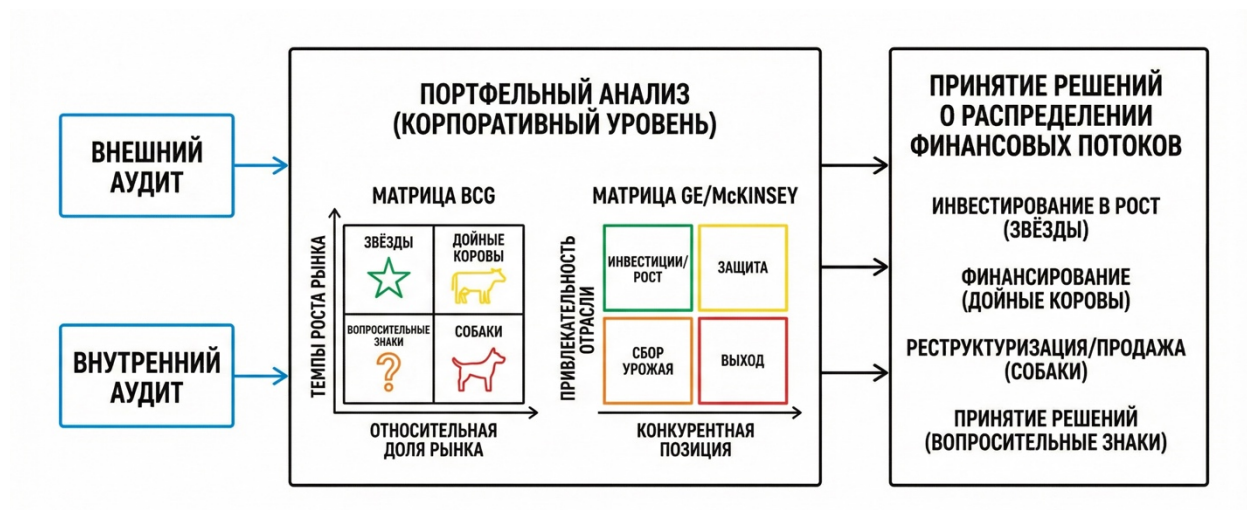


Рисунок 3 – Взаимодействие внешнего и внутреннего аудита

Источник: составлено автором

Важнейшим выводом из эволюции стратегического планирования является признание его не как периодического плана по составлению документа, а как непрерывного социально-когнитивного процесса.

Автор согласен, что современная парадигма рассматривает его как диалог, в ходе которого формируется общее понимание контекста, вырабатываются принципы принятия решений и создается организационная гибкость. Однако сохраняется фундаментальное методологическое противоречие: инструментарий, ориентированный на долгосрочный горизонт, по-прежнему опирается на

ретроспективные данные и экспертные суждения, обладающие высоким градусом субъективности и запаздывания [42-55].

Таким образом, стратегическое планирование, пройдя путь от формализованного портфельного анализа к гибкому сценарному мышлению, стоит на пороге нового этапа – слияния с системами предиктивной аналитики на основе мониторинга ожиданий ключевых стейкхолдеров (рисунок 4).

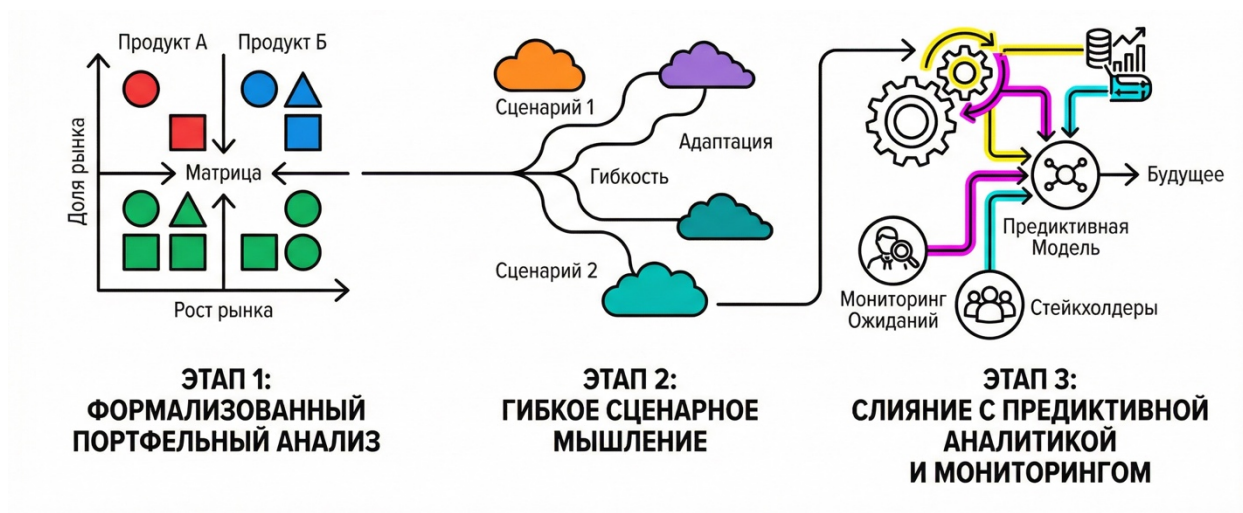


Рисунок 4 – Эволюция стратегического планирования

Источник: составлено автором

Все вышенаписанное позволяет автору сделать вывод, что в эпоху, когда точка бифуркации может наступить за месяцы, а не за годы, возникает критическая потребность в интеграции в стратегический контур высокочастотных индикаторов, способных стать сенсорами нарождающихся сдвигов в самом процессе формирования будущего, еще до их фиксации в традиционных аналитических моделях.

Вторым уровнем классической архитектуры является тактическое (бюджетное) планирование, фокусирующееся на среднесрочном периоде (1-3 года) и трансляции стратегических целей в финансовые и операционные показатели. Доминирующим инструментом стал мастер-бюджет, интегрирующий прогнозный отчет о прибылях и убытках, бюджет движения денежных средств и прогнозный баланс. Методологической основой выступил принцип «планирования от

достигнутого», при котором за основу берутся фактические показатели прошлого периода с корректировкой на субъективный ожидаемый рост [2, 3].

Тактическое (бюджетное) планирование представляет собой критический слой в архитектуре корпоративного управления, выполняющий функцию трансляции амбициозных, но зачастую абстрактных стратегических целеполаганий в язык конкретных финансовых обязательств, операционных КПЭ и распределенных ресурсов. Если стратегическое планирование конструирует карту желаемого будущего ландшафта, то тактическое планирование проектирует логику движения по этой карте на среднесрочном горизонте (1-3 года) [1-3].

Институциональным ядром тактического планирования является мастер-бюджет – комплекс взаимоувязанных бюджетных документов, образующих формальную финансовую модель компании на плановый период. Его построение представляет собой итерационный процесс восходящего агрегирования (от отделов к компании) и нисходящего целеполагания (от стратегии к подразделениям). Архитектура мастер-бюджета основана на жесткой причинно-следственной логике, начинающейся с прогноза продаж как первичного драйвера всей системы (рисунок 5):

- бюджет продаж и дебиторской задолженности является отправной точкой, определяющей всю последующую производственную и ресурсную логику;
- производственный бюджет (в натуральных и стоимостных единицах), напрямую вытекающий из бюджета продаж и политики управления запасами.
- бюджеты прямых затрат (материалы и труд), калькулируемые на основе производственной программы и нормативов;
- бюджет коммерческих и управленческих расходов, часто менее подверженный переменной логике и формируемый на основе принципа «от достигнутого»;
- прогнозный отчет о прибылях и убытках, синтезирующий доходную и расходную части;
- инвестиционный бюджет, формализующий стратегические инициативы в виде конкретных проектов с графиком финансирования;

– бюджет движения денежных средств (кассовый бюджет), трансформирующий прибыль в реальный денежный поток с учетом лагов расчетов и циклов инвестирования;

– прогнозный баланс, замыкающий систему и отражающий плановое финансовое состояние компании на конец периода.



Рисунок 5 – Архитектура мастер-бюджета

Источник: составлено автором

Методологической основой, определившей практику бюджетного планирования на десятилетия, стал принцип поэтапного бюджетирования. Его основа – предположение, что будущее является линейной экстраполяцией прошлого опыта. В рамках этого подхода за базовую точку отсчета принимаются фактические расходы и доходы предыдущего периода, которые затем корректируются на некий унифицированный коэффициент роста (часто произвольный или политически мотивированный) и на специфические инициативы [50-59].

Следует отметить, что такой метод, с одной стороны, минимизирует транзакционные издержки планирования и снижает конфликтность, но с другой – институционализирует прошлые неэффективности, формируя их как «базовый»

уровень затрат. Автор считает, что подход создает стимулы для менеджеров к искусственному завышению текущих расходов, чтобы обеспечить более комфортную базу для будущих периодов – феномен, известный как «использовать или потерять» [57-68].

Именно в процессе тактического бюджетирования наиболее рельефно проявляется его двойственная природа как инструмента координации и инструмента контроля. С одной стороны, бюджет выступает ключевым механизмом аллокационных ресурсов (финансовых, человеческих, материальных) между конкурирующими запросами подразделений, формализуя операционный консенсус. С другой стороны, утвержденный бюджет становится юридическим основанием для последующего административного контроля за деятельностью центров ответственности, где любое отклонение факта от плана подлежит объяснению и санкциям. Эта контролирующая функция и породила ключевые системные недочеты бюджетно-ориентированного управления, которые в условиях турбулентности трансформируются из управленческих издержек в прямые угрозы устойчивости [3]. Поэтапно рассмотрим некоторые из них:

1) Отсутствие гибкости и потеря релевантности. Годовой бюджет, будучи раз утвержденным, обретает статус истинного утверждения. Изменение рыночных условий, появление новых возможностей или угроз требуют трудоемкой и политически затратной процедуры пересмотра бюджета. В результате организация в течение значительной части года управляется вчерашними представлениями, упуская актуальные тренды. Бюджет превращается из навигационной карты в смирительную рубашку.

2) Дисфункциональное поведение и «бюджетные игры». Система мотивации, жестко привязанная к выполнению бюджетизируемых показателей, провоцирует ряд некорректных стимулов. Менеджеры сосредотачиваются не на максимизации долгосрочной стоимости, а на «выполнении цифры»: отказываются от перспективных, но рискованных расходов, не укладывающихся в бюджет; искусственно сдвигают отгрузки или платежи между периодами; занижают

плановые показатели на этапе согласования, чтобы обеспечить их гарантированное перевыполнение.

3) Стратегический разрыв. Процедурная сложность и консерватизм бюджетного процесса приводят к его отрыву от динамичной стратегии. Стратегические цели, сформулированные наверху, «размываются» при спуске вниз, упираясь в ведомственные интересы и ограничения устаревших форматов бюджетных статей. В итоге бюджет, призванный быть проводником стратегии, становится ее главным подавляющим фактором, блокируя финансирование инновационных, но нестандартных инициатив.

Таким образом, тактическое бюджетное планирование, выполняя незаменимую функцию финансовой стратегии, исторически эволюционировало в самодовлеющую бюрократическую систему, чья внутренняя логика зачастую противоречит требованиям адаптивности и инновационности. Его кризис в условиях VUCA-среды (Волатильность, Неопределенность, Сложность, Неоднозначность) стал катализатором поиска новых, более гибких управленческих технологий. Однако фундаментальный вызов остается: «Как сохранить координирующую и ресурсно-распределительную мощь бюджета, лишив его неспособности адаптирования и дисфункциональных стимулов?» [66].

Обобщение вышесказанного представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Системные недочеты поэтапного бюджетирования и их трансформация в условиях VUCA-среды

Ключевая характеристика	Функциональное назначение	Порождаемые системные недочеты	Проявление недочетов в условиях турбулентности	Фундаментальное противоречие
Методологическое ядро	Минимизация транзакционных издержек планирования; снижение конфликтности через использование исторической базы	Фактические затраты, включая избыточные, принимаются за «нормальный» базовый уровень, подлежащий лишь незначительной корректировке	В условиях быстрых изменений опора на вчерашние затратные структуры делает бюджет семантически нерелевантным	Стремление к внутренней стабильности и минимальным трениям блокирует способность к внешней адаптации
Фиксированный контракт	Координация деятельности подразделений через четкое, утвержденное распределение ресурсов; обеспечение предсказуемости и подотчетности	Бюджет, как юридический акт, сопротивляется изменениям, требуя бюрократически сложных процедур пересмотра	В VUCA-среде годовой бюджет устаревает быстрее, чем завершается процесс его согласования	Инструмент, призванный обеспечивать порядок, становится источником стратегического запаздывания
Связь с выполнением показателей	Стимулирование исполнительской дисциплины и ответственности за результаты через привязку вознаграждения к выполнению плановых заданий	Менеджеры оптимизируют не долгосрочную стоимость, а личные краткосрочные КПЭ: занижают планы, искусственно сдвигают операции между периодами, избегают рискованных инвестиций	Система ухудшается из-за отклонения от плана, даже если эти отклонения являются оптимальной реакцией на изменившийся мир.	Индивидуальная рациональность менеджера (выполнить бюджет) вступает в конфликт с организационной рациональностью
Связь с корпоративной стратегией	Трансформация стратегических целей в конкретные финансовые планы и доведение их до уровня центров ответственности	Бюджетный процесс, будучи консервативным и сложным, отстает от динамичной стратегии. Стратегические инициативы «размываются» в пользу удобства планирования и ведомственным интересам	В быстро меняющейся стратегической картине жесткий бюджет становится главным барьером для инноваций, так как любые прорывные, но нестандартные проекты не находят отражения в устаревших форматах бюджетных статей и не получают финансирования	Инструмент реализации стратегии начинает диктовать ей условия, подавляя всё, что не укладывается в его процедурные рамки
Бюджет как истина	Создание единого, объективного языка для оценки деятельности и принятия решений	Бюджет превращается из инструмента управления в самоцель. Его выполнение становится главной ценностью, а не достижение стратегических результатов, которые он должен обслуживать	Организация теряет способность к критическому осмыслению своих действий, так как они ограничены «истиной» бюджетного документа	Система производит внутренне согласованные, но внешне неадекватные решения, так как они оправданы процедурой, а не результатом

Источник: составлено автором

Таким образом, предложенный далее, авторский подход состоит не в отказе от планирования, а в кардинальной смене его информационной базы – переходе от реактивных, ретроспективных финансовых данных к проактивным, высокочастотным индикаторам ожиданий, позволяющим трансформировать бюджет из фиксированного контракта в динамическую модель, непрерывно пересчитываемую по мере поступления новых сигналов из внешней среды [69].

Третьим уровнем классической архитектуры является оперативное планирование (рисунок 6), решающее задачи распределения ресурсов на краткосрочном горизонте (до года). Здесь применялись детализированные производственные планы-графики, планы загрузки мощностей, нормативные калькуляции, основанные на технологических картах и исторических данных об удельных расходах [69, 70].

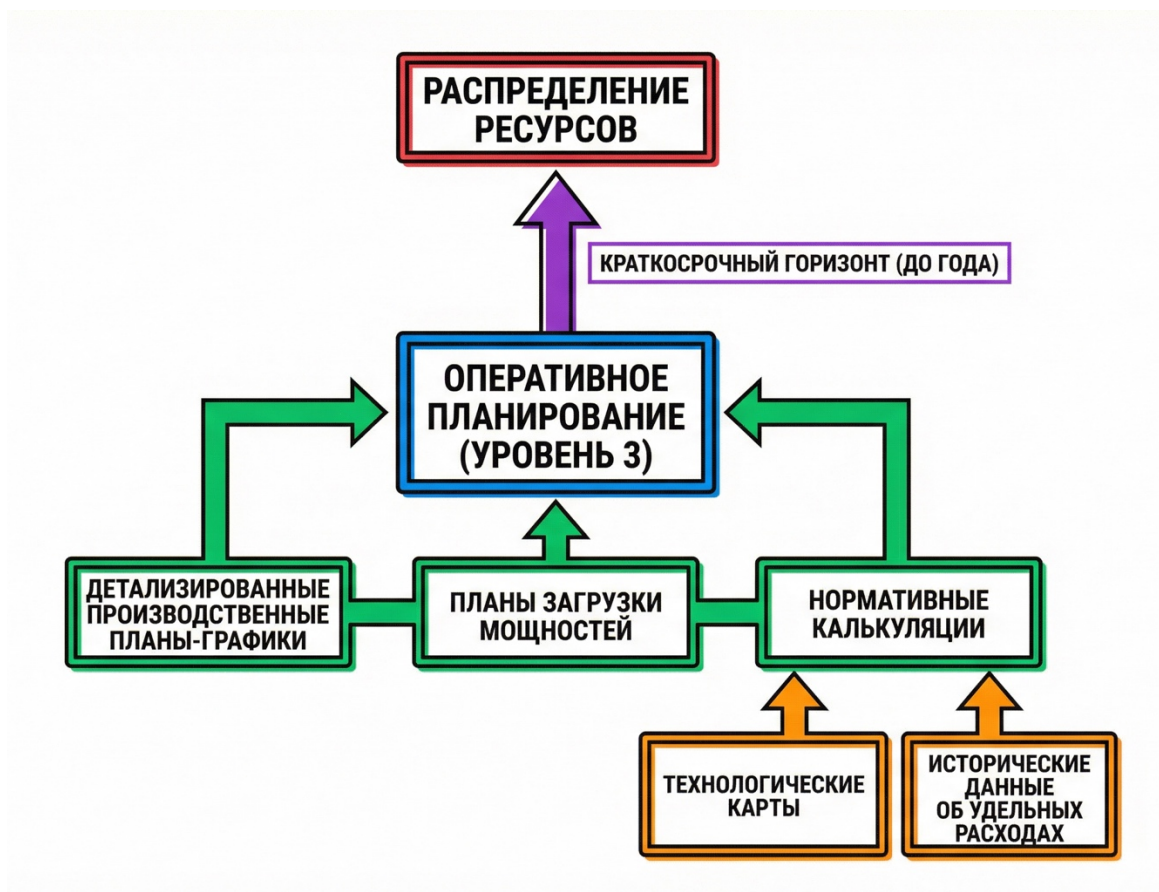


Рисунок 6 – Структура оперативного планирования

Источник: составлено автором

Если стратегическое планирование проектирует будущее, а тактическое – транслирует его в финансовые обязательства, то оперативное планирование есть практика ежедневного воплощения этих проектов в деятельность. Его статус определяется как процесс поглощения и структурирования времени через присвоение его дискретных единиц (смен, часов, минут) конкретным производственным, логистическим и коммерческим актам. На краткосрочном горизонте (до года, с фокусом на недели и месяцы) оно решает фундаментальную задачу синхронизации разнородных потоков: сырья, энергии, человеко-часов, производственных мощностей, складских ячеек и транспортных коридоров – с целью бесперебойной генерации запланированных бюджетом финансовых результатов [70-85].

В отличие от вышестоящих уровней, оперирующих стоимостными и объединенными категориями, оперативное планирование имеет дело с физическими должностными лицами и подчинено логике технологического предопределения. Его методологическим ядром является система нормирования, представляющая собой совокупность технически и экономически обоснованных стандартов, регламентирующих потребление ресурсов на единицу продукции. В металлургии это выражается в тоннах кокса на тонну чугуна, киловатт-часах на тонну проката, нормо-часах на ремонт агрегата. Эти нормы, будучи однажды установленными, конституируют операционную реальность, превращая абстрактные бюджетные цифры в конкретные заявки на уголь, графики поставок руды и сменные задания для бригад. Таким образом, оперативное планирование является материализующим звеном, где стратегическое целеполагание окончательно обретает суть и время [86, 87].

Оперативное планирование (рисунок 7) выстроено как многоуровневая иерархия документов-регламентов, которые увязаны между собой и итерационно уточняются:

- 1) Производственная программа (ПП) – своего рода диспетчерский центр всей системы. Производственный бюджет в ней детализируется по номенклатуре, ассортименту, маркам стали, конкретным агрегатам (доменные печи,

сталеплавильные цеха, прокатные станы) и привязывается к календарным периодам – месяц, декада, сутки. Формирование ПП – это задача многокритериальной оптимизации: учитывается пропускная способность «узких мест», график планово-предупредительных ремонтов (ППР), доступность отдельных сортов сырья, требования к качеству готовой продукции.

2) Графики движения материальных потоков (логистические расписания) синхронизируют по времени и пространству поставки сырья – железной руды, лома, ферросплавов – с ритмом доменных и сталеплавильных агрегатов. Тем самым исключается и простой из-за нехватки, и иммобилизация капитала в избыточных запасах. В нынешних условиях, когда цепочки рвутся под санкциями, этот инструмент из рутинного превращается в стратегический.

3) Сменно-суточные задания (ССЗ) – точка, где плановая система соприкасается с живым трудом. ПП декомпозируется здесь до уровня конкретной бригады, смены, станка или поста на ближайшие 24 часа. В заданиях идут не только объемные показатели, но и технологические режимы, маршруты обработки, контрольные точки качества.

4) Нормативные калькуляции и плановые цены – служат оперативным измерителем эффективности, позволяя в режиме, близком к реальному времени, сравнивать фактические удельные расходы с нормативными и оперативно выявлять отклонения, вызванные сбоями в оборудовании, нарушениями технологии или качеством сырья.

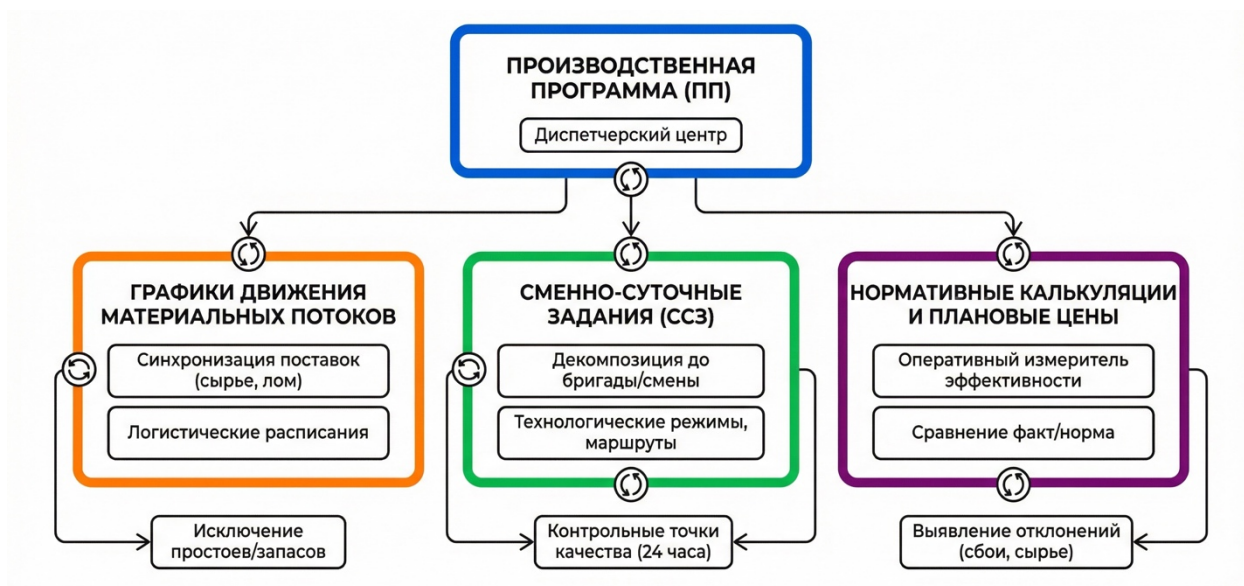


Рисунок 7 – Инструментарий оперативного планирования

Источник: составлено автором

Именно на оперативном уровне, максимально приближенном к физической реальности, наиболее ярко проявляется феномен рутинизации как системный риск. Планирование, будучи призванным обеспечивать гибкость и адаптивность, зачастую вырождается в процесс воспроизводства установленного порядка. Нормы, будучи консервативными по природе (их пересмотр – затратная и сложная процедура), отстают от реальных технологических возможностей или ухудшающегося состояния оборудования. Производственная программа, стремясь к стабильности и выполнению объемных КПЭ, может игнорировать рыночные сигналы о необходимости срочного изменения ассортимента в пользу производства «удобного» и освоенного тоннажа, что ведет к формированию неликвидных запасов. Система замыкается на саму себя: она планирует не для рынка, а для бесперебойного функционирования самой планирующей системы [88].

Получается, что подобная рутинизация выводит организацию в состояние, которое уместно назвать операционным солипсизмом: внутренние ритуалы производственного контура – заполнение мощностей, исполнение ССЗ, выдерживание нормативов – в иерархии приоритетов начинают опережать саму

причину, ради которой контур существует, то есть создание стоимости через реальный спрос. Опорой для такого режима служит почти что один источник информации – ретроспектива внутри предприятия: вчерашний выпуск, среднемесячный расход, факт прошлого квартала. Внешняя макроэкономика добирается до плана лишь окольным путём, через скорректированный сверху план продаж, причём с лагом, и этот лаг и есть та трещина, из которой выходит неточность [70, 85-96].

В стабильной среде оперативное планирование работает как зеркало управленческой рациональности микроуровня – и именно потому оказывается заложником собственной успешности. Та самая способность дробить сложное на простое, в которой его сила, при волатильности оборачивается против него же.

По мнению автора, преодоление этого противоречия требует не отказа от оперативного планирования, а его интеллектуального усиления через слияние производственного контура с высокочастотными индикаторами внешней среды. Это приводит к тому, что необходим переход от планирования, основанного на вчерашнем факте, к прескриптивной аналитике, где данные о текущих рыночных ожиданиях, ценах на спотовом сырье и логистических ограничениях в реальном времени становятся входными параметрами для динамических производственных графиков и материальных потоков. Только такая интеграция способна превратить оперативное планирование из механизма рутинизации в инструмент непрерывной адаптивной калибровки системы на актуальный вектор спроса [95].

Следует также отметить, что, рассмотренная ранее, классическая система, доминировавшая большую часть XX века, базировалась на нескольких ключевых методологических допущениях:

- линейности и предсказуемости развития внешней среды;
- доминантностью внутренней эффективности над адаптивностью;
- наличием достаточности внутренней учетной и агрегированной внешней статистики для формирования обоснованных планов.

По мнению автора, современная парадигма адаптивного планирования представляет собой не единую модель, а синтетический ответ на выявленные

недочеты традиционного бюджетно-ориентированного подхода (рисунок 8). Ее формирование есть результат слияние нескольких методологических линий, каждая из которых атакует проблему с разных сторон: отсутствие гибкости, когнитивной ограниченности единственного прогноза, организационной иерархии и информационного единства [85].

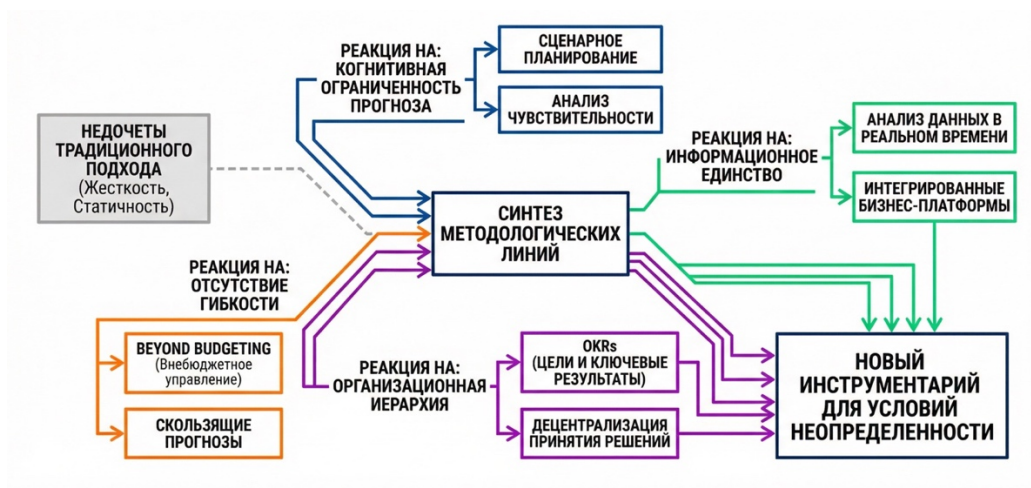


Рисунок 8 – Современная парадигма адаптивного планирования

Источник: составлено автором

Эти линии сформировались в конкретные управленческие технологии, образующие новый инструментарий для работы в условиях неопределенности:

1) Скользящее планирование и прогнозирование. Данный подход осуществляет фундаментальный пересмотр временной архитектуры планового процесса. Вместо дискретного цикла «утверждение → исполнение → отчетность» с фиксированной датой «обнуления» внедряется принцип непрерывного временного горизонта. Практически это выражается в том, что компания постоянно оперирует, например, 12-квартальным прогнозом, который ежеквартально «прокатывается» вперед: по итогам завершившегося квартала добавляется новый, 12-й, при этом весь прогноз пересчитывается с учетом самых актуальных данных и изменившихся представлений о будущем. Это трансформирует планирование из периодического события в постоянный процесс корреляции с будущим. Ключевой сдвиг заключается в отказе от идеи «окончательного» плана.

План в этой картине – не статический документ, а скорее текущий снимок, и регулярное обновление снимка содержательнее любого конкретного его состояния: ровно через эту регулярность менеджмент пересматривает свои допущения. Промышленный гигант получает за счёт этого механизм для встраивания свежих сигналов – сырьевые цены, региональный спрос, регуляторные сдвиги – в производственный и инвестиционный контур, не дожидаясь нового годового цикла бюджета [11].

2) Институционализация сценарной работы. У классики сценарного планирования была характерная болезнь: оставаться интеллектуальной игрой для топ-менеджмента, оторванной от ежедневных операций. Сегодняшнее прочтение метода предполагает обратное – довести сценарии до операционного уровня, то есть до параллельно проработанных альтернатив мастер-бюджета и производственной программы. Конструируется не один базовый сценарий с косметическими ответвлениями, а портфель из взаимно непересекающихся, но внутри логичных вариантов – назовём для примера «Санкционное давление», «Технологический прорыв в водородной металлургии», «Глобальная рецессия». Каждому варианту приписаны сигнальные индикаторы с количественными или качественными порогами, и срабатывание такого порога становится формальным основанием перебросить компанию на соответствующий заранее подготовленный режим планирования и исполнения. Логика проста: неопределённость превращается из источника тревоги в управляемый объект, поскольку организация уже репетировала разные варианты будущего и держит наготове расписанные действия, что радикально сжимает время реакции [11, 12].

3) Самая радикальная из реакций – философия безбюджетного управления (БУ), родившаяся в Консорциуме БУРТ. Здесь речь идёт не о косметической перестройке бюджета, а о его разборке как механизма централизованного контроля. Опирается БУ на два кластера принципов – лидерские (делегирование, ценностно-ориентированное управление) и процессные [80-93].

Перечень ключевых инструментов БУ сведён в таблицу 3.

Таблица 3 – Ключевые инструменты БУ

Инструментарий БУ	Механизм преодоления	Ожидаемый организационный эффект
Относительные целевые показатели	Замена абсолютных, внутренне заданных цифр на цели, привязанные к динамике внешних референтов (конкуренты, рынок, лидеры)	Стимулирование постоянного конкурентного анализа и стремления к опережающим темпам развития, а не к выполнению плана
Динамическое распределение ресурсов	Внедрение принципа «фонд возможностей», из которого ресурсы выделяются под конкретные инициативы по мере подтверждения их экономической/стратегической состоятельности на основе актуальных данных	Ресурсы следуют за наиболее перспективными идеями и проектами в режиме, близком к реальному времени, повышая отдачу на вложенный капитал
Непрерывный прогноз	Прогноз лишается статуса «цели» и используется исключительно как инструмент для симуляции последствий решений и синхронизации действий между отделами	Управленческая энергия смещается с оправдания отклонений от прошлого плана на обсуждение будущих действий на основе актуального видения
Система сквозных показателей и ценностей	Внедрение КПЭ, измеряющих успех сквозных бизнес-процессов и клиентского опыта, а не изолированных функций	Повышение скорости и качества межфункционального взаимодействия
Делегирование полномочий до уровня самоуправляемых команд	Предоставление фронт-лайн командам значительной автономии в принятии операционных решений, включая доступ к ресурсам в рамках установленных принципов, для быстрой реакции на запросы клиентов и рыночные изменения	Создание среды, где инновации и инициатива поощряются и могут быть быстро протестированы, что повышает адаптивность и вовлеченность персонала

Источник: составлено автором

Применительно к вертикально интегрированному холдингу БУ означало бы радикальный шаг – спустить ценовые, закупочные и ассортиментные решения с корпоративного центра на уровень дивизионов и площадок. Прирост гибкости в этом сценарии очевиден, но цена входа высока: нужна редкая зрелость управленческих систем и корпоративной культуры [91, 94].

4) Интеграционные фреймворки системы сбалансированных показателей ССП и OKR. В условиях разрыва между стратегией и исполнением на первый план выходят инструменты, создающие систему прозрачных причинно-следственных связей. Система сбалансированных показателей Р. Каплана и Д. Нортон предлагает многофакторную модель, связывающую финансовые цели с драйверами во внутренних бизнес-процессах, отношениях с клиентами и развитии персонала и инфраструктуры. BSC превращает стратегию в стратегическую карту – визуальную модель гипотез о том, как достичь целевых финансовых результатов. Более гибкой и популярной в высокодинамичных секторах стала методология OKR. Ее сила заключается в вариативности и цикличности. Амбициозные качественные «Цели» разделяются на измеримые «Ключевые Результаты», которые устанавливаются и пересматриваются ежеквартально. OKR создает ритм быстрых экспериментов и обратной связи, фокусируя организацию на приоритетах «здесь и сейчас», при этом обеспечивая их связь со стратегическими векторами [94].

5) Технологическое слияние ERP, EPM и BI в цифровую платформу. Реализация всех перечисленных подходов была бы невозможна без параллельной технологической революции. Современное планирование воплощается в программных комплексах, образующих цифровую нервную систему компании:

- ERP-системы обеспечивают единое информационное поле, консолидируя операционные данные из всех звеньев цепочки создания стоимости в реальном времени;

- EPM-платформы надстраиваются над ERP, предоставляя специализированный функционал для финансового консолидированного планирования, моделирования, скользящих прогнозов и сценарного анализа;

- BI-инструменты и предиктивная аналитика превращают накопленные данные в инсайты, визуализируя тренды, выявляя аномалии и генерируя вероятностные прогнозы, которые служат входом для адаптивных планов [94].

Таким образом, современный инструментарий планирования представляет собой сложную гетерогенную систему, где методологические инновации

(скользящий прогноз, сценарии, БУ, OKR) находят свое материальное воплощение и практическую реализацию в технологической инфраструктуре (ERP, EPM, BI). Это синтетическое целое нацелено на преодоление фундаментального противоречия между необходимостью порядка, координации, контроля и требованием скорости, гибкости и адаптивности. Ключевым же вызовом следующего поколения для этой системы становится вопрос о качестве и скорости входных данных, что закономерно приводит к необходимости интеграции в контур планирования потоков высокочастотных индикаторов ожиданий, способных обеспечить то самое «постоянное поступление новой информации», которое подразумевается, как основа скользящего и сценарного подходов [93-105].

1.2 Ограничения традиционной информационной базы планирования: критическая теория данных

Фундаментальный вызов, бросаемый современной бизнес-средой традиционному планированию, заключается не в недостатке вычислительных мощностей или статистических методов, а в кризисе репрезентативной модели знания, лежащей в его основе. Классическая парадигма, унаследованная от позитивистской науки XIX века, предполагает, что реальность предприятия может быть исчерпывающе отображена в системе категорий и числовых показателей, а управление является применением объективного знания к пассивному объекту. Эта парадигма опирается на ряд неявных аксиом, требующих философско-методологической перестройки [88-90].

Классическое планирование исходит из предпосылки, что бухгалтерские отчеты и операционные сводки являются прозрачным окном в реальность бизнеса. Однако, следуя идеям Мишеля Фуко: «Власть производит знание; они непосредственно предполагают друг друга; нет отношения власти без коррелятивного поля знания, и нет знания, которое не предполагает и не

конституирует в то же время отношения власти». Каждый показатель (выручка, себестоимость, оборачиваемость) есть продукт сложных конвенций – МСФО, внутренних регламентов, налогового кодекса, – которые являются не нейтральными техническими правилами, а институционализированными способами видения. Они предписывают, что считать существенным (например, актив, подлежащий капитализации), а что – нет (например, инвестиции в человеческий капитал, не приводящие к формальному активу). Таким образом, данные не отражают реальность, а производят специфическую административную реальность, в которой власть осуществляется через присвоение права определять, что подлежит учету и измерению [65].

Ядром классического подхода является вера в арифметическую соизмеримость всех аспектов деятельности. По мнению Р. Розлендера: «Бухгалтерский учет трансформирует качественное многообразие организационной жизни в количественные, финансовые показатели. В этом процессе происходит фундаментальная редукция: не поддающееся денежному измерению (например, человеческие отношения, инновационный потенциал) систематически исключается из управленческого дискурса» [76].

Из этого следует, что этот принцип, восходящий к лежащей в основе двойной бухгалтерии метафизике баланса, предполагает, что качественное разнообразие мира – инновационный потенциал, организационная культура, экологический след – может и должно быть сведено к единой денежной метрике. Этот принцип сведения сложного процесса к более легким компонентам порождает эффект управляемости: иллюзию, что, управляя цифрами в отчете о прибылях и убытках, мы управляем самой сущностью бизнеса [54].

Более того, по мнению автора, классическое планирование страдает отрицанием прошлого – оно схватывает реальность как серию статических «снимков» на отчетные даты, полностью игнорируя ее процессуальную природу. Процессы, не укладывающиеся в отчетный период (создание бренда, разработка технологии, формирование доверия на рынке), либо невидимы, либо подвергаются насильственному временному распределению затрат, что искажает их внутреннюю

логику и приводит к принятию решений, оптимизирующих краткосрочные отчетные показатели в ущерб долгосрочному становлению [45-51].

Классическая методология планирования неявно предполагает, что предприятие является закрытой или слабо связанной с внешней средой системой, поведение которой может быть предсказано на основе анализа ее внутренних состояний в прошлом. Это выражается в доминировании экстраполяционных методов, моментного бюджетирования и корреляционного анализа. Однако такая система не способна описывать радикальную неопределенность, где не только неизвестны вероятности будущих событий, но и само пространство возможных исходов не поддается определению. Санкции, пандемия, технологическая сингулярность в отрасли – это не события с низкой вероятностью, а события, выпадающие из существующей парадигмы, меняющие саму систему правил. Классическое планирование, оперируя данными, сконструированными в старой реальности, оказывается слепо к сигналам, предвещающим смену самой реальности [26]. Его прогнозы в такие моменты терпят крах не из-за статистической погрешности, а из-за наличия неопределенностей (рисунок 9).

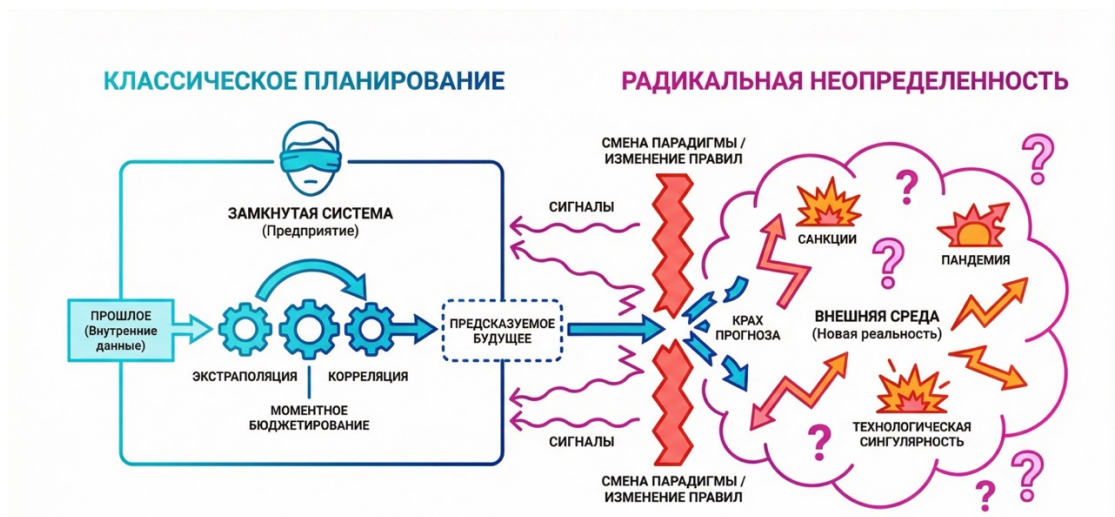


Рисунок 9 – Влияние неопределенностей на классическую методологию планирования

Источник: составлено автором

Таким образом, самый явный порок классической методологии – это ее ретроспективная ориентация. Данные, используемые для планирования, по определению являются данными о свершившемся. Будущее в этой системе координат мыслится лишь как продолжение и экстраполяция прошлого. Это форма искажения будущего, которое лишается своей возможности быть вариативным. Процесс планирования превращается в ритуал подтверждения сложившегося порядка, а не в инструмент конструирования новых возможностей. Инновация, прорыв, дивергенция – всё, что не выводимо линейно из прошлого, – характеризуется как «аномалия» или «риск», описываемые не как источник новой стоимости [33].

Философско-методологическая критика обнажает, что классическое планирование основано на устаревшей совокупности неявных правил формирования знания, которая воспроизводит иллюзию контроля в мире, где основным свойством реальности стала ее фундаментальная неопределенность [45].

С точки зрения автора, выход из этого кризиса лежит не через доводку имеющегося инструментария, а через смену парадигмы. План перестаёт быть репрезентацией и экстраполяцией, превращаясь в интерпретацию и конструирование; от фиксации состояний фокус смещается к механизму становления; ретроспектива уступает место сигналам формирующихся нарративов и ожиданий. И только в этой оптике будущее получает статус открытого проекта, а не предопределённого продолжения уже состоявшегося [106-108].

Стоит добавить, что ретроспективные учетные данные представляют собой не пассивный архив хозяйственной деятельности, а активный продукт аналитики, призванный переводить необозримую сложность экономического состояния в объект логического вывода. Концепция этих данных коренится не в самой экономической реальности, а в институциональном проекте управляемости, исторически сформировавшемся в индустриальной организации. Этот проект предполагает, что сущность предприятия можно описать через конечную систему числовых знаков, организованных по строгим синтаксическим правилам, и тем самым превращает управление из искусства в практику, опирающуюся на

арифметическую рациональность. Конституирование данной методологии идет через многоуровневый процесс фильтрации, где каждый фильтр одновременно описывает систему [76-78].

Если опереться на корпус научных текстов, базовая операция в классической методологии планирования формулируется так: вся пёстрая совокупность материальных объектов, действий, прав и обязательств приводится к общему знаменателю – денежной оценке (рисунок 10).

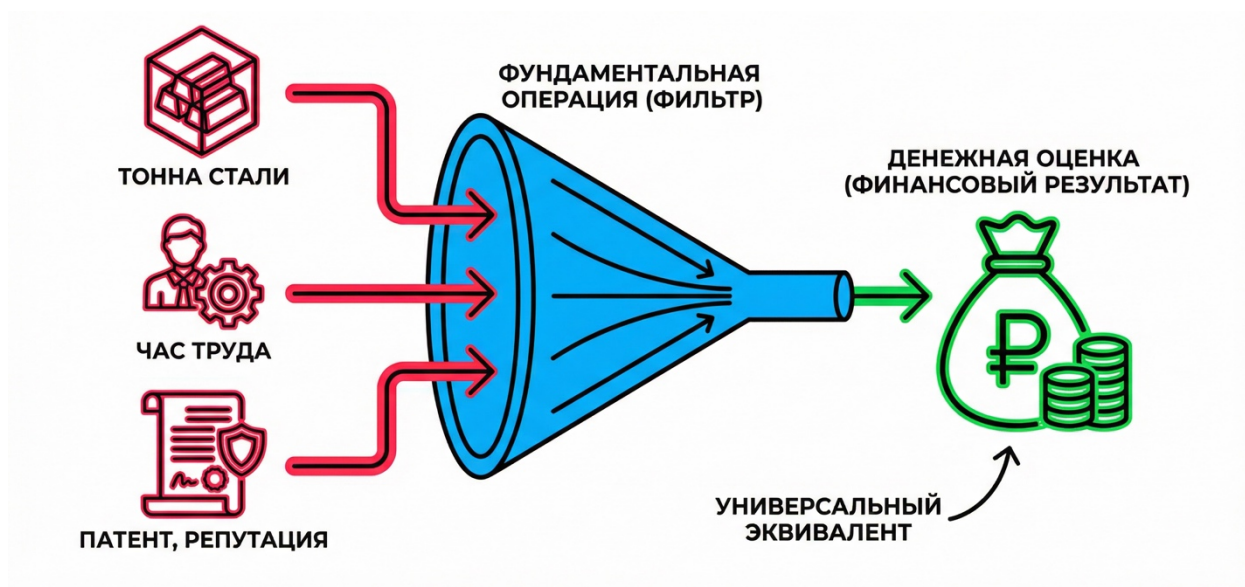


Рисунок 10 – Принцип сопоставимости в классическом планировании

Источник: составлено автором

Принцип сопоставимости в этом фильтре работает прямолинейно: и тонна стали, и инженерный час, и патент, и репутация прогоняются через единую финансовую метрику. Цена, которую за такую универсализацию платит реальность, символическое выравнивание её качественного разнообразия: экологический ущерб, климат в коллективе, эстетика продукта, если они не превращены в денежную транзакцию или штраф, просто не попадают в поле зрения. Так понятие стоимости подменяет ценность ценой, а финансовый результат оказывается единственно легитимной формой существования бизнеса [68].

Деятельность дополнительно разрезается во времени и пространстве – на отчётные периоды (месяц, квартал, год) и центры ответственности (подразделение,

проект). Эти разрезы дают иллюзию дискретного, тогда как реальные процессы по природе своей непрерывны и распределены. Долгосрочные инвестиции, исследования, бренд-строительство – всё, что не вмещается в календарь, – принудительно растаскивается по периодам, теряя внутреннюю целостность и собственную временную логику. Что остаётся на выходе – показатель «прибыль квартала», и это не отражение реально созданной стоимости, а скорее побочный артефакт учётных правил признания доходов и расходов. Прошлое в такой оптике перестаёт быть подвижной почвой настоящего и предстаёт чередой запертых ящиков с финальными цифрами [59, 70].

Решение, попадёт ли событие в категорию «учётного факта», принимается не на основе его экономического веса, а по формальным меркам стандартов – МСФО, РСБУ: передача рисков и выгод, вероятность оттока ресурсов, надёжность стоимостной оценки. Граница проходит резкая: с одной стороны – всё, что прошло учёт (экономическое тело), с другой – неоформленная зона становления, где живут переговоры, неформальные договорённости, рыночные слухи, скрытые компетенции, латентный спрос. Итог такого фильтра – реальность, сконструированная из уже свершившегося и оформленного, в то время как всё происходящее или ещё только возможное вытесняется в зону невидимого. Будущее как поле возможностей внутри этой системы непредставимо в принципе [40].

Метод двойной записи (дебет-кредит) при таком взгляде превращается не просто в технику контроля, а в глубинную грамматику самого управленческого мышления. Он диктует бинарную балансирующую логику: всякому действию положено компенсирующее, всякому активу – источник. Из такой грамматики и вырастает иллюзия баланса как высшей гармонии, в которой хаос хозяйственной жизни упакован в статическое равновесие. Балансовое уравнение (Активы = Капитал + Обязательства) тут уже не описание положения дел, а норматив: реальность предприятия обязана быть такой, чтобы в эту формулу укладываться.

Совокупное действие этих фильтров рождает особый режим видимости, где власть-знание проявляется в способности видеть бизнес исключительно через призму стандартизированных финансовых отчетов. Эта сконструированная

реальность обладает внутренней связностью и убедительностью, порождая три фундаментальные управленческие иллюзии, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Фундаментальные управленческие иллюзии

Уровень	Описание
Иллюзия контроля	Уверенность в том, что управление цифрами в отчетности тождественно управлению самим бизнесом
Иллюзия предсказуемости	Вера в то, что будущее является линейной экстраполяцией трендов, выявленных из прошлых данных, очищенных от «шума» учетными фильтрами
Иллюзия ответственности	Убежденность в том, что, назначая КПЭ на основе этих данных, мы возлагаем ответственность за результат, тогда как на деле мы возлагаем ответственность за соответствие деятельности логике самой учетной системы

Источник: составлено автором

В условиях нестационарной, нелинейной среды, где драйверами успеха становятся именно те факторы, что были отфильтрованы как «неучтенные» (скорость реакции, качество нарратива, сетевая связанность, адаптивный интеллект), эта система превращается из инструмента управления в его главное препятствие. Она поставляет для принятия решений ущербную симуляцию реальности, основанную на вчерашних конвенциях о ценности [71].

Все вышеперечисленное указывает на то, что эволюция инструментов планирования требует не просто более быстрой обработки старых данных, но смены самого смысла – перехода от ретроспективной регистрации свершившегося к проактивному мониторингу будущего [39-45].

Автор придерживается теории, что использование совокупных макроэкономических индикаторов (ВВП, индекс промышленного производства, инфляция, PMI) в качестве ключевых индикаторов для прогнозирования спроса и планирования деятельности отдельного промышленного предприятия

представляет собой классический случай отклонение от нормы, при которой удобство моделирования подменяет адекватность отражения реальности. Эти индикаторы, будучи продуктом сложных статистических процедур сглаживания и сезонной корректировки, подвержены системному кризису релевантности, проистекающему из фундаментального несоответствия между логикой их конструирования и логикой принятия микроэкономических решений на уровне фирмы [33-42].

Кризис агрегированных макроэкономических индикаторов в контексте внутрифирменного планирования представляет собой не просто техническую проблему неточности, а фундаментальный парадокс: система, созданная для производства объективного знания о состоянии экономики, генерирует данные, которые становятся все более пустыми и операционно бесполезными для конкретного хозяйствующего субъекта в условиях возрастающей сложности и турбулентности. Это формируется из радикального расхождения между сущностью экономического процесса, который носит распределенный, нелинейный и гетерогенный характер, и принципами макроэкономического измерения, основанными на принципах линейности и стационарности [109-111].

Процесс построения макроиндикаторов основан на методологическом сведении сложных явлений к более простым фундаментальным компонентам, где разнородная совокупность микроактивностей (производство автомобиля, выпечка хлеба, оказание консалтинговой услуги) сводится к единой числовой метрике через их денежную оценку и суммирование. Эта операция предполагает принцип однородности, согласно которому единица прироста в одном секторе эквивалентна и взаимозаменяема с единицей прироста в другом. Однако для промышленного предприятия, такого как металлургический комбинат, критически важна не общая масса экономической активности, а её отраслевая и продуктово-сегментная структура [92]. Рост ВВП, обеспеченный бумом в IT-секторе или сельском хозяйстве, имеет нулевую корреляцию со спросом на толстый лист или оцинкованный прокат. Агрегация, таким образом стирает дифференциацию, которая и составляет суть рыночных возможностей и угроз для конкретного

производителя. Индикатор становится качественным, абсолютно бесполезным для диагностики конкретного состояния и описания процесса [23-27].

Стоит отметить, что исторически макроэкономическая статистика (рисунок 11) возникла как инструмент государственного зрения, направленный на измерение мощи нации и управление народонаселением. Ее ключевая операция изначально имела политико-административную, а не объяснительную природу. Процесс предполагает совершение операций, каждая из которых представляет собой форму неопределенности прогноза [7].

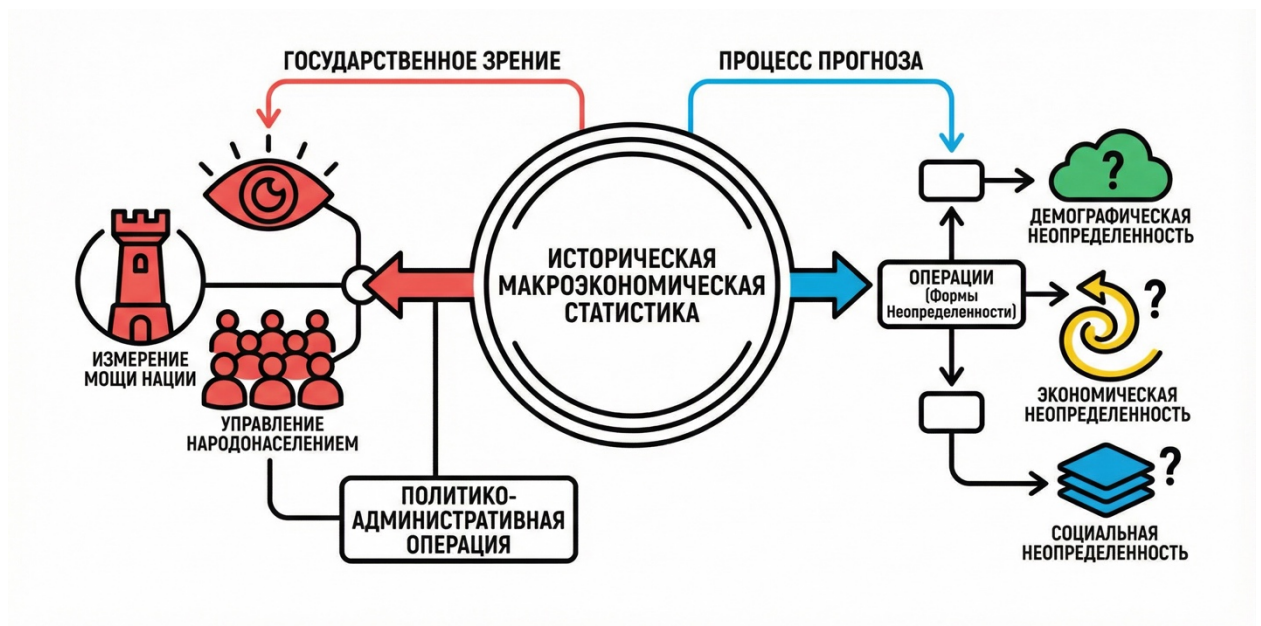


Рисунок 11 – Историческая структура макроэкономической статистики

Источник: составлено автором

Первые публикуемые значения ключевых показателей, таких как ВВП или инфляция, следует рассматривать как предварительные оценки, основанные на неполных данных.

Регулярные ревизии этих данных – причём ревизии, способные радикально перерисовать картину, – переводят работу с ними в режим реконструкции прошлого вместо анализа настоящего».

Здесь автор согласен с цитируемой позицией: макростатистика по своему устройству археологична относительно реального времени. Между моментом

события и моментом его публикации – сбор, очистка, агрегация, сезонная корректировка, и каждое из этих звеньев добавляет лаг в недели или месяцы. Когда же сам рынок открывает ценовые окна на горизонте от нескольких дней до квартала, опираться при планировании выпуска, скажем, на официальный индекс промпроизводства – примерно то же, что вести машину с завязанными глазами. Прибавим, что эти ряды регулярно ревизуются задним числом, и сама посылка опираться на них как на твёрдую опору планирования рассыпается [56-60].

К этому добавлю: план, который собран на основе предварительной статистики, рискует отражать не реальный тренд, а его статистическую тень. Получается двойная неопределённость – и относительно будущего, и относительно того, что мы знаем о недавнем прошлом, – и любая экстраполяция в таких условиях методологически шатается [8, 12].

Когда микро-данные собираются с конкретных предприятий, они приходят со структурой: кто, что, где, когда и для кого выпустил. Суммирование и усреднение – например, при расчёте ИПП (индекса промышленного производства) – эту структуру стирает без шанса на восстановление. На выходе остаётся одно число, у которого больше нет ни контекста, ни причинности, ни направления. Для директора металлургического завода прирост ИПП на 2 % оказывается сигналом без расшифровки: внутри агрегата может скрываться рывок в автопроме (потребитель автолиста) и одновременно провал в стройке (потребитель арматуры), и они друг друга гасят. Величина изменения сохраняется, структура его нет, и индикатор по факту превращается в информационный шум [33-39].

PMI и подобные опережающие индикаторы держатся на опросах менеджеров по закупкам, а опросный метод тащит за собой целый набор смещений: респонденты переоценивают яркие или недавние события (эвристика доступности), подстраиваются под предполагаемое мнение большинства (стадное поведение), плюс встаёт проблема корректного агрегирования субъективных оценок в одно число [108-117].

Сведение разнонаправленных мнений в единый индекс через вопросы об «улучшении» или «ухудшении» приводит к потере качественного смысла стоящих

за ними причин. Падение PMI может быть вызвано сбоем в цепочках поставок, падением спроса, ростом цен на сырье или политической неопределенностью – принципиально разных драйверов, требующих разных управленческих реакций. Индекс сигнализирует о симптоме, но скрывает диагноз, что делает его опасным инструментом для прямого действия [115, 116].

Автор придерживается позиции, что для компании с диверсифицированной географией сбыта и широким продуктовым портфелем глобальный или национальный агрегат является бессмысленной абстракцией. Спрос на продукцию характеризуется не российским ВВП в целом, а динамикой строительства в Центральной России, производством автомобилей в Европе, инфраструктурными проектами на Ближнем Востоке и торговой политикой Турции. Агрегированный показатель, усредняющий спад в одном регионе и бум в другом, дает ложно-нейтральный сигнал, маскирующий локальные риски и возможности. Использование такого индикатора равносильно отказу от стратегического позиционирования в пользу реакции на фоновый шум глобальной экономики [73].

Все вышеизложенное позволяет автору сделать следующий вывод: фундаментальная ошибка планирования заключается в некорректной экстраполяции свойств индикатора на свойства его элементов. В стабильной, сбалансированной экономике такая экстраполяция может работать в силу действия закона больших чисел и синхронизации циклов. Однако в современной дисбалансированной, поляризованной и мультимодальной экономике, где разные сектора движутся в разных фазах и с разными скоростями, связь между поведением индикатора и поведением конкретной фирмы разрывается. Например, рост ВВП может сопровождаться коллапсом в металлургии из-за структурного перехода к новым материалам или санкционных ограничений. Использование данного показателя как ключевого для количественного прогноза основано на искажении мнения существования единого, однородного экономического подхода [82].

По мнению автора, обусловлено это тем, что бизнес-реальность предприятия, особенно в глобальных цепочках создания стоимости, живет в реальном времени, состоящем из наложения множества временных режимов (рисунок 12): времени

логистических поставок (недели), времени производственного цикла (часы/дни), времени финансовых рынков (минуты), времени технологических инноваций (годы).

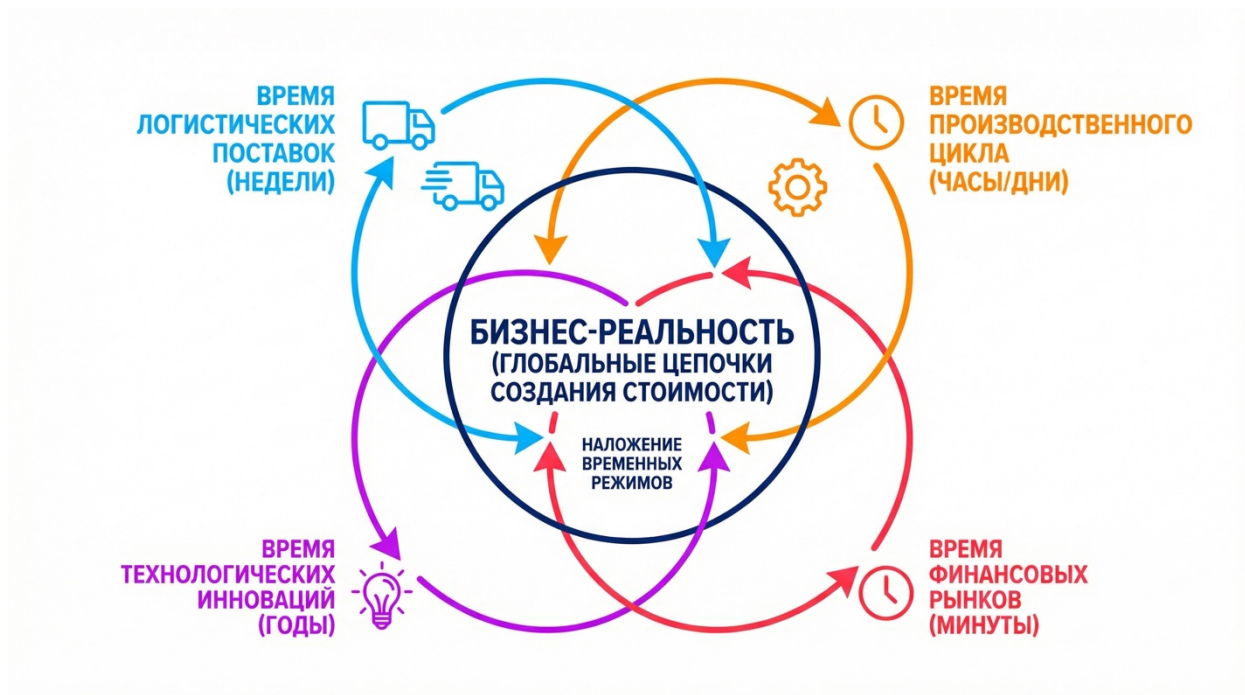


Рисунок 12 – Бизнес-реальность предприятия в разрезе реального времени

Источник: составлено автором

Использование квартального макроиндикатора для принятия решений в режиме, близком к реальному времени, создает диссонанс – управленческие решения оказываются привязаны к устаревшему процессу, медленному изменению, в то время как конкурентная борьба происходит в ускоренной реальности глобальных рынков. План, синхронизированный с ритмом публикации Росстата, заведомо опаздывает относительно ритмов спотовых цен на руду или фрахтовых ставок [93].

Кризис макроиндикаторов есть кризис релевантности производимого ими типа знания в условиях новой экономической системы. Они предлагают топографическую карту (статичную, усредненную, масштабированную), в то время как для навигации в турбулентной среде необходима ситуационная осведомленность в реальном времени – динамическая, высоко детализированная и

контекстуальная. Автор считает, что спасение от этого кризиса лежит в переходе от макро-абстракций к микро-семантике – к прямым, высокочастотным, дезагрегированным сигналам от конкретных рынков, контрагентов и технологических платформ, которые еще не прошли через губительный для смысла процесс статистической агрегации и не утратили свою операционную значимость [118-121].

Фундаментальные ограничения традиционных систем планирования могут быть описаны через метафору, восходящую к теоремам Геделя о неполноте формальных арифметических систем. Можно постулировать метатеорему о неполноте информационных систем корпоративного планирования (ИСКП), гласящую: «Любая достаточно сложная формализованная система планирования, основанная исключительно на замкнутом контуре ретроспективных и агрегированных данных, либо неполна, либо противоречива в условиях нестационарной внешней среды». Под «достаточно сложной» понимается система, претендующая на формальное описание и прогноз деятельности предприятия, взаимодействующего с рынком, то есть системы более высокого порядка сложности, чем сама модель [102].

Доказательство через аналогию с теоремами Геделя раскрывает три взаимосвязанных аспекта кризиса, представленных в таблице 5.

Система проблемы замкнутости, подобно формальной арифметике, способна производить бесконечное количество внутренне непротиворечивых утверждений (плановых показателей, отчетных форм). Однако, как и в случае с геделевскими утверждениями, истинность или ложность которых недоказуема в рамках самой системы, существуют внешние по отношению к системе высказывания, имеющие решающее значение для предприятия. Например, утверждение: «Технология прямого восстановления железа водородом сделает доменное производство компании X экономически нецелесообразным через 7 лет». Это высказывание относится к мета-уровню по отношению к системе планирования, которая оперирует категориями существующих активов, текущих цен на уголь и сложившейся себестоимости [32-40].

Таблица 5 – Три аспекта кризиса по Геделю

Аспект	Описание
Проблема замкнутости	Формальная система планирования (мастер-бюджет, нормативная база, модель прогноза) конструирует свою собственную реальность определяя, какие существуют статьи бюджета и центры ответственности, какие отношения между ними допустимы (нормативы расхода) и какие операции над ними возможны (перемещение затрат, распределение доходов)
Проблема невозможности доказательства собственной непротиворечивости	Любая ИСКП включает в себя набор аксиом и правил вывода (принципы учета, методологии прогнозирования, правила распределения).
Проблема выразительной силы и запрещенных высказываний	Даже если бы система могла формализовать мета-утверждения о своем будущем, она столкнулась бы с проблемой невыразимости. Язык традиционного планирования – это язык количественных показателей, денежных потоков, объемов. Сдвиги, нарождающиеся тренды, изменение социальных конвенций существуют сначала в виде качественных образов и слабых сигналов

Источник: составлено автором

Система не содержит в себе правил для оценки истинности подобных утверждений, так как они лежат вне её границ. Таким образом, система неполна: она не может ни подтвердить, ни опровергнуть, ни даже корректно сформулировать высказывания, определяющие её будущую релевантность [103].

Внутренняя непротиворечивость системы невозможности доказательства собственной непротиворечивости тщательно проверяется. Однако в динамичной среде возникает более глубокая проблема: невозможность доказать непротиворечивость системы с изменяющейся внешней реальностью. Система, спроектированная в условиях стабильных цен на сырье и предсказуемого спроса, может быть внутренне безупречной, но её ключевые аксиомы (например, «цена на

коксуемый уголь колеблется в коридоре $\pm 15\%$ от среднего за 5 лет») перестают соответствовать новой реальности (скачку цен на 300 %). Система продолжает генерировать формально корректные, но ложные планы. Попытка системы модифицировать себя, не выходя за собственные рамки (например, скорректировать прогноз в рамках той же модели, но на новых исторических данных), ведет к цикличности – необходимости постоянной калибровки на основе всё более свежих, но по-прежнему ретроспективных данных, что аналогично попытке доказать непротиворечивость арифметики средствами самой арифметики.

Проблему выразительной силы невозможно адекватно выразить в терминах EBITDA или чистой приведенной стоимости формирующееся давление ESG-инвесторов или изменение потребительского восприятия углеродного следа. Эти феномены требуют иного аппарата. Таким образом, система не просто неполна – она не учитывает целые пласты реальности, объявляя их «неуловимыми», «качественными» и потому не подлежащими включению в формальный план. Любая попытка придать им количественную форму (например, создать «коэффициент ESG-риска») будет произвольной и внешней по отношению к ядру системы, то есть не выводимой из её аксиом [73-78].

Следствия из метатеоремы для практики управления носят категорический характер:

1) Невозможно создать окончательную, замкнутую формальную систему (алгоритм, модель), которая гарантированно обеспечивала бы оптимальные планы в меняющейся среде. Любая такая система будет содержать слепые зоны.

2) Для преодоления неполноты системе необходим постоянный приток информации, которая не является продуктом её же собственных правил обработки данных. Эта информация должна поступать из источников, лежащих за пределами системы – из мониторинга социальных сетей, патентных баз, политических дискурсов, то есть из сферы ожиданий и формирующихся смыслов.

3) Планирование не может быть полностью делегировано формальной системе. Оно требует гибридного контура, где формальные модели постоянно подвергаются сомнению и калибруются с помощью человеческого суждения,

способного интерпретировать слабые сигналы и качественные изменения, невыразимые на языке исходных аксиом системы [24, 27-31].

Из всего вышеизложенного следует, что теорема неполноты не отрицает ценности формальных систем планирования, но устанавливает границы их компетенции. Она демонстрирует, что тотальная формализация планирования в надежде на полную управляемость – это утопический проект, обреченный на провал в столкновении с сложностью реального мира. По мнению автора, успешное планирование в XXI веке, как показано на рисунке 13, – это не построение совершенной замкнутой модели, а проектирование открытой, обучающейся системы.



Рисунок 13 – Современная модель планирования

Источник: составлено автором

Данная модель способна включать в свой контур не только числа о прошлом, но и символы о становящемся будущем.

1.3 Высоочастотные индикаторы как основа проактивного управления

Питер Друкер, основоположник современного менеджмента, считал: «Самая большая опасность в период турбулентности – это действовать вчерашней логикой. Результаты существуют только за пределами организации, во внешней среде. А поскольку результаты зависят не от прошлого, а от будущего, управление должно быть ориентировано на ожидания, а не на отчетность» [14].

Альфред Норт Уайтхед также утверждал: «Природа реальности – это не субстанция, а процесс. «Быть» – значит быть в становлении. Заблуждение о простом местонахождении – это заблуждение, будто вещи могут быть здесь, в пространстве и времени, без необходимой отнесенности к другим областям пространства и времени» [29].

Автор придерживается данных позиций и считает, что ключевой сдвиг от реактивного управления на основе ретроспективных данных к проактивному управлению на основе ожиданий требует пересмотра самих оснований информационной базы планирования. Если традиционные данные фиксируют свершившееся события предприятия, то высоочастотные индикаторы ожиданий открывают доступ к становящемуся будущему экономических агентов и рынков в целом. Их статус принципиально иной: они являются не отражением состояний, а симптомами процессов, не описанием того, что есть, а следами того, что может быть. Это переход от первоначального «вещества» к конечному пространству представлен на рисунке 14.

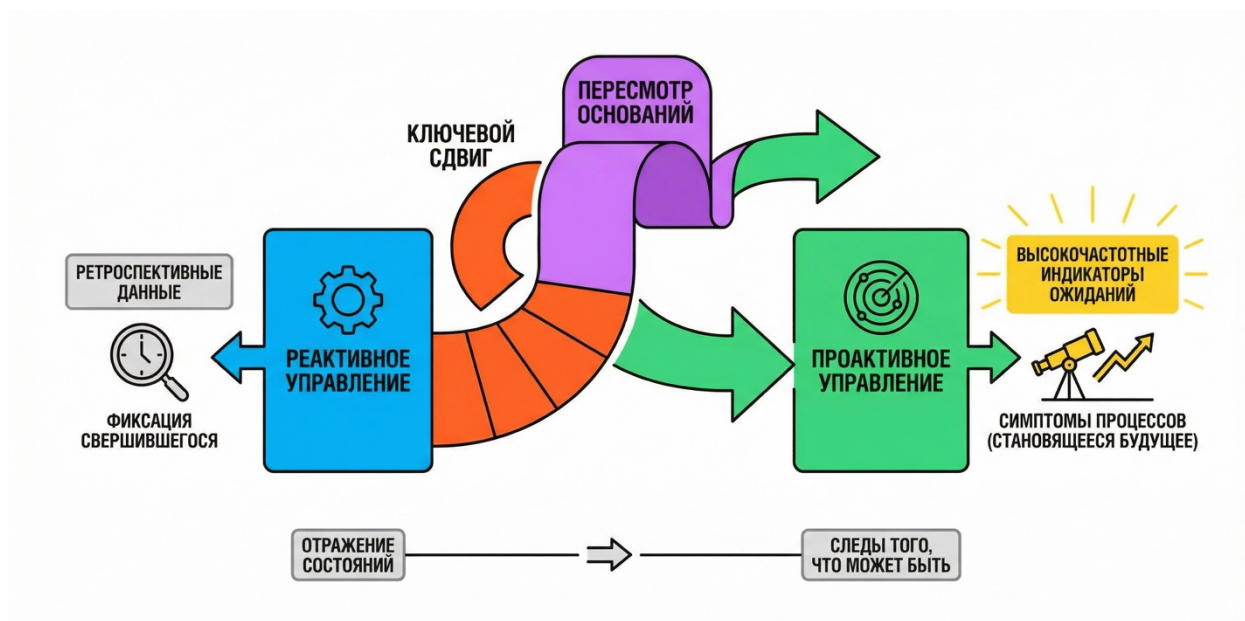


Рисунок 14 – Ключевой сдвиг от реактивного управления к проактивному

Источник: составлено автором

Стоит отметить, что философское осмысление ожиданий в экономике (рисунок 15) преодолело путь от маргинальной психологической переменной до центральной конституирующей силы. Первоначальным этапом является кейнсианский разрыв с классической рациональностью. Дж. М. Кейнс ввел в экономический дискурс концепцию «animal spirits», которая лежит в основе теории ожиданий, говорил: «Большая часть наших решений совершить некое положительное действие, плоды которого появятся через много дней, может быть принята только как результат животного чутья – спонтанного оптимизма, а не математического ожидания. Решения, которые определяют занятость, принимаются не на основе точного расчета, а как следствие внезапного порыва [15].

Ожидания у Кейнса – это не расчет вероятностей, а волна коллективного настроения, способная материализовать или разрушить экономическую реальность. Это был первый шаг к признанию самостоятельности ожиданий [15].

Следующая часть пути – рациональные ожидания и их пределы. Теория рациональных ожиданий (Р. Лукас) совершила обратный ход, попытавшись вернуть ожидания в контекст строгой рациональности, представив их как

оптимальный прогноз, основанный на всей доступной информации и истинной модели экономики. Однако эта теория постулировала нереалистичную мощь агентов и статичность самой модели, игнорируя проблему радикальной неопределенности и, вызванные внутренними причинами, изменения правил игры [30].

Заключительный шаг – современный синтез в виде концепции адаптивных ожиданий. Поведенческая экономика и нарративная теория Р. Шиллера предлагают синтетический разрез: ожидания возникают в процессе социального обучения и взаимной координации. Агенты пользуются эвристиками решения, носят на себе когнитивные искажения, но и это ключевое – то, что они ждут от будущего, описывается общими экономическими сюжетами (нарративами): про «новую экономику», «зелёный переход», «уход от сырьевой зависимости» и так далее. Из этого следует простой вывод: ожидания – не сумма индивидуальных прогнозов, а коллективное поле с общим для разных субъектов измерением. И существует это поле не в головах отдельно взятых агентов, а в самой коммуникативной ткани между ними – в рыночных дискурсах, в медиа, в аналитических обзорах [16].

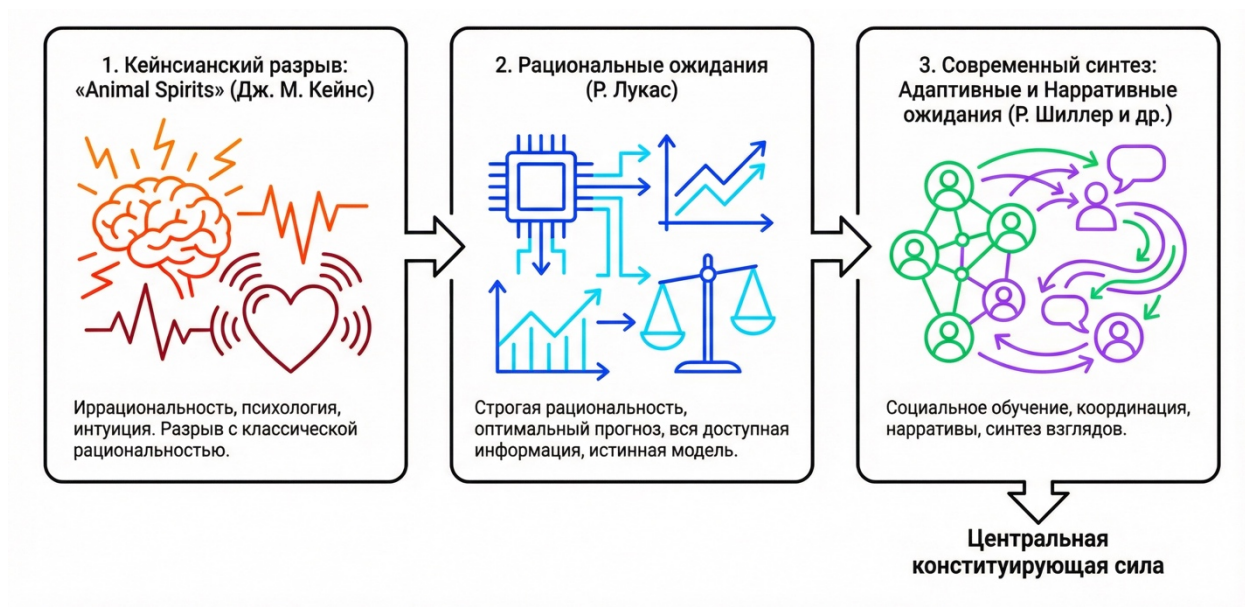


Рисунок 15 – Путь философского осмысления ожиданий в экономике

Источник: составлено автором

Иначе говоря, ожидания – интерсубъективная реальность, и именно она лепит ту объективную реальность, которую потом подбирает традиционная статистика. Рост фьючерсных цен в этой логике не отражает будущий дефицит, а активно его конструирует через коллективное действие трейдеров, опирающееся на общий коммуникативный фон.

Если ожидания понимать как обобщенное поле, то высокочастотные данные – его материальное ядро и цифровая структура (рисунок 16). Это следы, которые экономические агенты оставляют, формируя и реализуя свои ожидания. Выделяют три основных вида:

1) Следы когнитивного интереса и поискового поведения. Структура и частотность поисковых запросов в Google или на B2B-площадках («цена арматуры А500С доставка», «тендер металлоконструкции») – это, по сути, материализованный интерес и неудовлетворённая потребность. Через них фиксируется переход потенциальной нужды в стадию активного информационного поиска, который предшествует коммерческому шагу.

2) Следы коммуникативной координации. Анализ тональности и семантики отраслевых новостей, постов в профессиональных соцсетях и чатах – это мониторинг становящегося коллективного нарратива. Рост частоты упоминаний «декарбонизация стали» и сдвиг тональности от нейтральной к тревожной или оптимистичной – это не отражение факта, а отражение процесса формирования нового обсуждения, которое предопределил будущие регуляторные решения и инвестиционные потоки.

3) Следы операционной преадаптации. Спутниковые данные об активности на заводских площадках, уровне запасов на открытых складах или движении судов (AIS) – это материализация уже сформированных ожиданий в виде физических действий. Увеличение запасов у дистрибьютора – это след его ожидания роста цен или спроса. Перенаправление морских судов – след ожидания изменения конъюнктуры в целевом порту. Это ожидания, уже воплощенные в материи, но еще не реализованные в сделке [115-120].

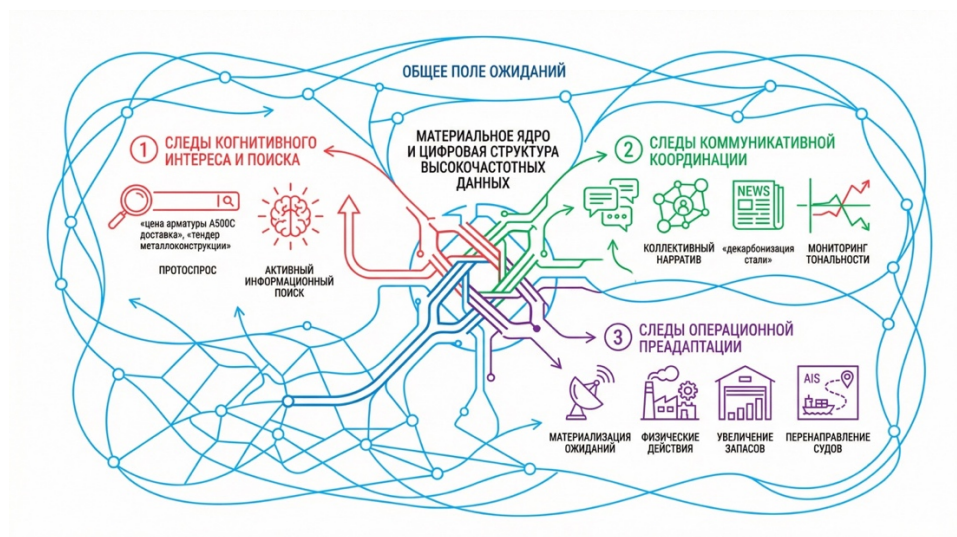


Рисунок 16 – Материальное ядро и цифровая структура
высокочастотных данных

Источник: составлено автором

Из вышеизложенного автор может сделать вывод, что высокочастотные данные позволяют наблюдать экономику не как череду свершившихся сделок, а как непрерывный процесс производства и материализации ожиданий. Они делают видимым то, что в классической системе было невидимым: не результат, а его становление. Это приводит к фундаментальному сдвигу в основании планирования. Традиционные данные отвечают на вопрос «Что есть?» (объем выпуска, сумма выручки, размер запасов на конец периода). высокочастотные индикаторы отвечают на вопросы «Что происходит?» и «К чему это может привести?»

Для промышленного предприятия этот сдвиг означает возможность вырваться из ловушки. Вместо того чтобы в январе планировать год на основе данных, сложившихся к ноябрю прошлого года, система получает возможность в режиме реального времени чувствовать изменение намерений ключевых клиентов (через их цифровые следы), видеть формирование ценовых пузырей на сырье (через анализ динамики фьючерсных спредов) и отслеживать логистические сбои еще до того, как они приведут к срыву поставок и будут отражены в отчете о прибылях и убытках [121-130].

Высокочастотные индикаторы ожиданий могут быть систематизированы не по источнику данных, а по типу ожидания, представленных в таблице 6.

Таблица 6 – Систематизация высокочастотных индикаторов ожиданий

Вид	Описание	Что относится?
Индикаторы ценностно-оценочных ожиданий	Репрезентируют коллективную оценку будущей стоимости	Форвардные ценовые кривые, спреды между разными контрактами, динамика кредитных дефолтных свопов. Они отвечают на вопрос: «Как рынок оценивает будущую стоимость этого актива?» Их смысл – это согласованная оценка, воплощенная в цене
Индикаторы поведенческих ожиданий	Описывают распространенность и эмоциональный заряд экономических повествований	Индексы медиа-сентимента, частота ключевых запросов, активность в социальных медиа. Они отвечают на вопрос: «Какие истории рассказывают агенты и как они к ним относятся?»
Индикаторы операционных ожиданий	Формируют физическую подготовку к будущим действиям	Сюда относятся данные о загрузке мощностей (спутники, энергопотребление), движении грузов, уровне складских запасов (компьютерное зрение). Они отвечают на вопрос: «К каким конкретным действиям готовятся агенты, исходя из своих ожиданий?»

Источник: составлено автором

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что новая система планирования основывается не на фактах прошлого, а на поле текущих согласованных оценок и нарративов, материализованных в высокочастотных

цифровых следах. Управление превращается из администрирования прошлых результатов в навигацию в реальном времени по этому полю ожиданий, где способность правильно интерпретировать слабые сигналы и переводить их в упреждающие действия становится ключевой компетенцией и источником конкурентного преимущества. Это переход от планирования как составления маршрута по старым картам к планированию как пилотированию с постоянно обновляемой цифровой картой местности, где отображаются не только объекты, но и векторы движения всех других участников.

2 ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНДИКАТОРОВ ОЖИДАНИЙ ДЛЯ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

2.1 Систематизация научных подходов к формированию механизма внутрифирменного планирования и анализ современных вызовов глобальной металлургии³¹

Социальные волнения, конфликты, политическая неопределенность и, в более общем плане, институциональная нестабильность влияют на макроэкономические события. Существующая литература документирует отрицательную связь между такими событиями и экономической активностью, в частности, для стран с формирующейся рыночной экономикой. Тем не менее, литература по экономическому прогнозированию не подробно рассмотрела эти существенные доказательства и не оценила, раскрывая экономические потрясения в реальном времени, приносит ли это также информацию, которая могла бы помочь в принятии решений частными и государственными агентами. Это может быть отчасти связано с традиционной нехваткой ежемесячных и ежеквартальных измеримых показателей таких явлений. Измерение нестабильности особенно актуально, когда политическая ситуация может обостриться или обостряется [131].

Современная глобальная металлургическая промышленность функционирует в условиях перманентной турбулентности (рисунок 17), где традиционные модели планирования, основанные на экстраполяции исторических данных, демонстрируют системную несостоятельность.

³¹ Материалы параграфа изложены в следующих публикациях автора:

- Костюхин Ю.Ю., Богачев А.С. Прогнозирование макроэкономических последствий институциональной нестабильности в условиях неопределенности. Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция «Современные методы, технологии и практики управления». Челябинск, 21–22 мая 2025 года.

Это актуализирует поиск новых парадигм управления, ориентированных на будущее, – на опережающий учет изменений, а именно на планирование, основанное на ожиданиях. Metallургия, являясь классической циклической отраслью, исторически развивалась в соответствии с моделями длинных волн Кондратьева и среднесрочных циклов Жюгляра, однако современная особенность заключается в сжатии временных циклов и росте амплитуды колебаний вследствие финансовых спекуляций, пандемий и геополитических шоков [129-138].

Сегодняшний этап развития мировой металлургии разворачивается на стыке структурных кризисов и технологических сдвигов, и это разом меняет условия хозяйствования. Среда вокруг металлургических предприятий стала постоянно турбулентной и привычные системы управления, что опираются на экстраполяцию прошлых данных и детерминированный прогноз, в ней начинают системно сбоить. Раз прошлое уже не работает как надёжный компас, на первый план выходит запрос на иные парадигмы управления – те, что строятся вокруг опережающей реакции на формирующиеся вызовы. Управление на основе ожиданий – именно такой стратегический ответ на растущую непредсказуемость внешней среды [139-144].

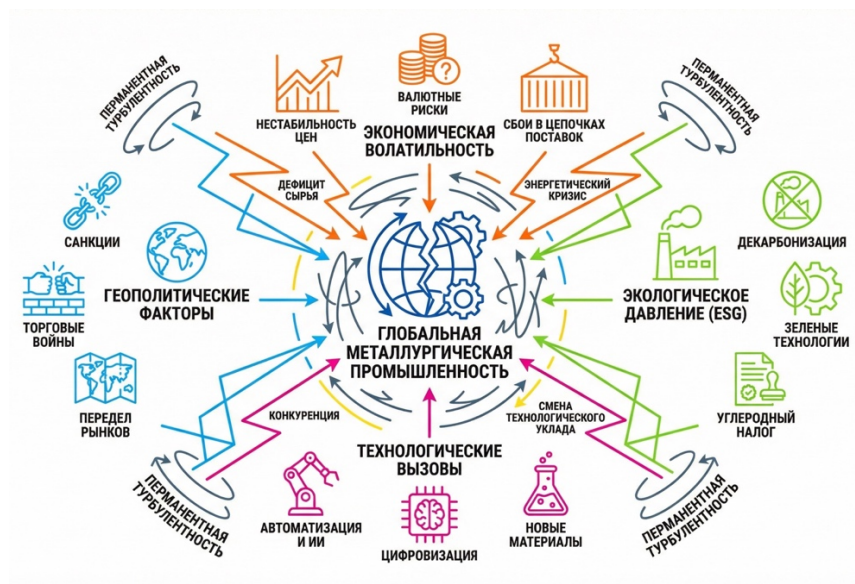


Рисунок 17 – Функционирование современной глобальной металлургической промышленности в условиях перманентной турбулентности

Источник: составлено автором

Главный из таких вызовов – переход от глобализации к регионализации и фактической деглобализации цепочек создания стоимости. Закрытые экономические блоки несут конкретные риски для экспортно-ориентированных моделей вроде той, по которой работает ПАО «НЛМК». Из этого следует прямая практическая задача: оценивать ожидания относительно новых логистических коридоров, тарифных барьеров и валютных режимов.

Заметный пласт регуляторного давления приходит со стороны ESG-повестки. «Зелёный курс» ЕС, и прежде всего механизм CBAM (углеродный корректировочный налог), переводит экологические требования из категории репутационных в категорию прямых финансовых издержек и условий доступа к капиталу. Управление при этом обязано смотреть не только на действующие нормативы, но и на то, чего инвесторы и регуляторы будут ждать завтра.

Технологические тренды, такие как переход к «зеленой» металлургии (Green Steel) на основе электродуговых печей (EAF) и прямого восстановления железа (DRI), требуют оценки не сегодняшней, а ожидаемой будущей стоимости технологий и спроса на экологичную продукцию. Цифровая трансформация и внедрение технологий Industry 4.0 (AI, IoT, цифровые двойники) смещают конкуренцию в плоскость скорости принятия решений на основе данных, при этом данных о прошлом становится недостаточно – необходимы предиктивные модели, основанные на ожиданиях выхода из строя оборудования и колебаниях спроса [29-31].

Изменение структуры спроса, обусловленное сдвигами в потребительских секторах (автомобилестроение – переход на электродвигатели, строительство – новые материалы), требует оценки не только текущих заказов, но и ожиданий и инвестиционных планов ключевых клиентов. Гиперконкуренция и перенакопление мощностей в мире, особенно в связи с доминированием Китая, повышают значимость способности предвидеть действия конкурентов, их планы по расширению или сокращению мощностей [30].

Совокупность этих вызовов формирует среду «глубокой неопределенности», где стандартные вероятностные модели прогнозирования дают сбой.

Единственным источником конкурентного преимущества становится способность предприятия к опережающей адаптации. Это, в свою очередь, требует смещения фокуса управления с анализа данных на работу с показателями – индикаторами ожиданий всех участников рынка (стейкхолдеров). Таким образом, внешняя среда напрямую диктует необходимость разработки нового механизма управления, основанного на комплексной оценке индикаторов ожиданий [30].

Металлургическая промышленность исторически развивалась в соответствии с циклическими закономерностями, теоретическое осмысление которых представлено в работах Н.Д. Кондратьева (длинные волны), С. Кузнеца (строительные циклы) и К. Жюгляра (среднесрочные циклы). Однако современные формы отраслевой динамики заключаются в качественном сохранении характера цикличности: наблюдается сжатие временных промежутков между фазами циклов при одновременном увеличении амплитуды колебаний. Данный феномен стал причиной наложения финансовых спекуляций на сырьевых рынках, пандемических нарушений цепочек поставок, а также геополитических шоков, отношений с торговыми войнами и санкционными ограничениями [12-16].

Согласно данным Всемирной ассоциации стали (рисунок 18), волатильность цен на стальную продукцию в 2020-2023 гг. следовала за историческими максимумами, превысив показатели финансового кризиса 2008-2009 гг. [145].



Рисунок 18 – Волатильность цен на стальную продукцию (2008-2023 гг.)

Источник: составлено автором согласно данным

Всемирной ассоциации стали [145]

Для экспортно-ориентированных компаний, таких как ПАО «Северсталь», динамичная волатильность создает дополнительные проблемы в области планирования производственных программ и хеджирования ценовых рисков. Традиционные системы бюджетирования, основанные на средних ценах периода, работают с систематическим отставанием и не позволяют своевременно реагировать на рыночные колебания [33].

Кардинальным вызовом для глобальной металлургии стал переход от модели гиперглобализации к регионализации экономических процессов и фрагментации глобальных цепочек создания стоимости. Формирование замкнутых экономических блоков (USMCA, RCEP, European Green Deal) создает дополнительные риски для компаний с экспортно-ориентированной бизнес-моделью. По данным ОЭСР, уровень фрагментации мировой торговли сталью увеличился на 35 % за период 2018-2023 годов, при этом тарифные и нетарифные барьеры стали ключевым фактором конкурентного позиционирования экспортеров [27-29].

Для российских металлургических компаний, включая ПАО «Северсталь», требуется фундаментальный пересмотр логистических схем, поиска новых рынков и развития внутренней добавленной стоимости. Критическая оценка наблюдения и прогнозирования изменений в торговой политике основных стран-импортеров, оценка ожидаемой эволюции тарифных и нетарифных барьеров. Управленческие решения должны основываться не на текущем торговом режиме, а на ожидаемых изменениях в нормативно-правовой среде.

Повестка дня в области окружающей среды, социальной сферы и управления (ESG) трансформируется из вторичного фактора корпоративной репутации в первичный фактор конкурентоспособности и финансовой устойчивости. Европейский «зеленый курс» и, в частности, механизм «Механизма регулирования углеродных границ» (СВАМ), создают принципиально новые условия для торговли между ЕС и третьими странами. Согласно расчетам Брейгеля (рисунок 19), затраты на выбросы углерода для российских экспортеров стали могут составить 15-25 % от себестоимости продукции к 2030 году [33-34].

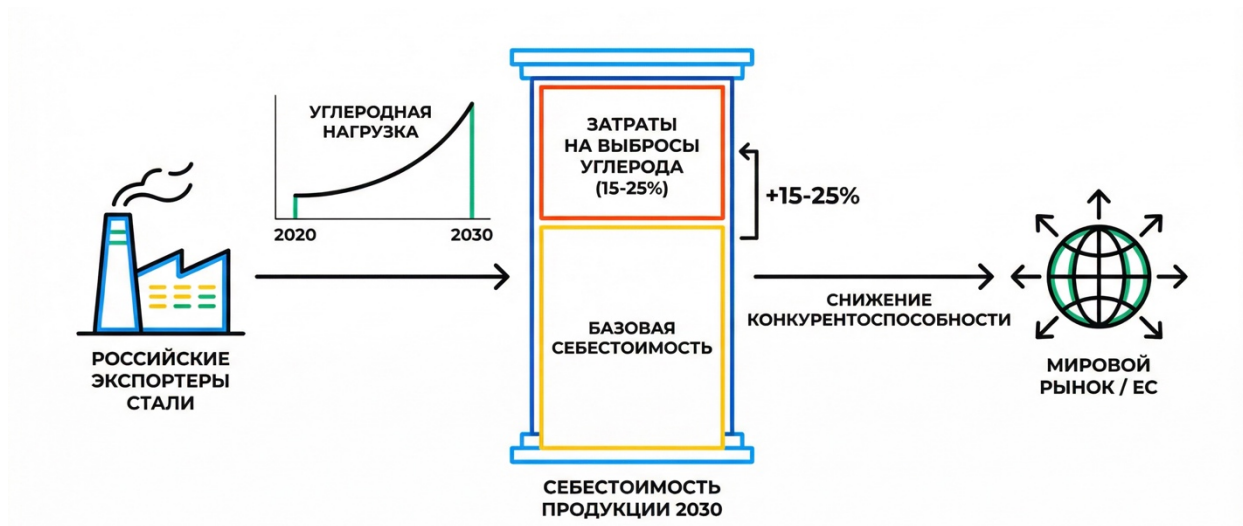


Рисунок 19 – Влияние углеродного налога на российских экспортеров стали к 2030 году

Источник: составлено автором

Данный вызов требует от металлургических компаний фундаментального пересмотра инвестиционных стратегий и технологических парадигм. Переход к низкоуглеродистой металлургии (зеленой стали) посредством внедрения водородных технологий DRI, EAF и CCUS связан с капиталоемкостью и технологической неопределенностью. Принятие инвестиционных решений невозможно без прогнозирования будущих цен на выбросы углерода, оценки ожиданий инвесторов и регулирующих органов относительно темпов декарбонизации, анализа ожидаемой динамики производства экологически чистой стали [35].

Четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) приносит в металлургическую промышленность прорывные технологии: искусственный интеллект, промышленный Интернет вещей, цифровые двойники, передовую робототехнику. По данным McKinsey, внедрение прогнозного обслуживания на основе искусственного интеллекта может сократить время простоев на 30-40 %, а использование цифровых двойников для оптимизации работы доменной печи позволяет снизить энергопотребление на 10-15 % (рисунок 20).



Рисунок 20 – Прогнозируемые результаты внедрения прогнозного обслуживания в металлургическую промышленность РФ

Источник: составлено автором

Однако цифровая трансформация порождает и новые вызовы: риски кибербезопасности, потребность в высококвалифицированных кадрах, быстрое устаревание технологий. Критическое значение знания способность предвидеть технологические тенденции, оценивать ожидания поставщиков технологий, прогнозировать сроки коммерциализации прорывных технологий (например, прямого восстановления водорода).

Структурные изменения в потребительском секторе фундаментально меняют структуру спроса на металлопродукцию. Переход автомобильной промышленности на электромобили снижает спрос на обычные марки стали при одновременном росте производства электротехнических сталей. Строительный сектор все больше ориентируется на экологически чистые строительные материалы и принципы экономики замкнутого цикла [36].

Данные тенденции требуют от металлургических компаний гибкости в управлении портфелем продукции, способности предвидеть изменение предпочтений клиентов. Традиционное прогнозирование продаж на основе исторических заказов становится обоснованным – необходима интеграция

ожиданий ключевых клиентов в систему планирования производства [30-32].

Глобальная сталелитейная промышленность характеризуется постоянным избытком производственных мощностей (особенно в Китае) и усилением конкуренции. По данным Всемирной ассоциации производителей стали, глобальные показатели использования остаются ниже 80 % по результатам последних достижений. В данных условиях конкурентное преимущество смещается от лидерства по издержкам до способности быстро адаптироваться к изменениям рынка, предугадывать действия конкурентов, внедрять инновации в продукты и процессы [35].

В сумме всё это образует среду «глубокой неопределённости», и привычное вероятностное прогнозирование в ней работает с ограниченной отдачей. Устойчивым источником конкурентного преимущества здесь становится организационная способность подстраиваться на опережение. А это, в свою очередь, означает фундаментальную смену управленческой парадигмы – от реактивного режима на исторических данных к проактивному режиму на сигналах ожиданий стейкхолдеров [35, 37].

По мнению автора, формирование системы внутрифирменного планирования (рисунок 21), которая опирается на постоянный мониторинг и анализ индикаторов ожиданий, превращается в стратегическую цель для металлургических компаний. Такая система обязана собирать количественные и качественные сигналы со стороны всех ключевых стейкхолдеров – клиентов, поставщиков, конкурентов, регуляторов, инвесторов, сотрудников. Только в этом целостном виде удаётся уменьшить информационную асимметрию и принимать рациональные управленческие решения в условиях фундаментальной неопределённости [38].



Рисунок 21 – Система внутрифирменного планирования на основе индикаторов ожиданий

Источник: составлено автором

Модели оценки ожиданий в российской металлургии, как показывает практика ПАО «Северсталь», прошли путь от линейных прогнозов к комплексным системам. Их сила – умение собирать разнородные данные в условиях «нормальной» волатильности. А вот фундаментальный минус – структурная привязка к ретроспективным паттернам, что делает их хрупкими в эпоху геоэкономических разрывов и технологических трансформаций. Инвестиции в повышение точности через большие данные, ИИ и альтернативные источники – это не просто статья расходов, а стратегическая необходимость. Прогнозирование при таком вложении из вспомогательной аналитической функции превращается в источник конкурентного преимущества: компания не только подстраивается под изменения, но и сама формирует будущий спрос через инновационные продукты и сервисы. В долгосрочной перспективе именно качество управленческих ожиданий станет одним из ключевых активов, определяющих конкурентоспособность металлургических компаний на глобальном рынке, который всё больше фрагментируется и теряет предсказуемость.

Развитие аналитической мысли применительно к промышленным предприятиям складывалось как поступательная смена парадигм, и двигало её усложнение и нарастающая непредсказуемость внешнего контура. Если проследить эту траекторию, становится виден переход от детерминированных моделей к вероятностным, а от них к парадигмам, специально заточенным под работу с неопределённостью. Ниже – системный разбор этого пути и аргументация в пользу методологической ценности управления, выстроенного на индикаторах ожиданий.

Исторически первые системы управления промышленными предприятиями строились на принципах научного менеджмента Ф. Тейлора и административной школы А. Файоля. В стабильной среде эти подходы работали и опирались на жёсткое планирование и контроль по нормативам, выведенным эмпирически. Но как только динамика рынков выросла, и конкуренция обострилась, проявилось их базовое ограничение: на экзогенные шоки они адекватно реагировать не умели. Ответом стало развитие методологии прогнозирования.

До конца XX века в управленческой практике господствовало классическое прогнозирование, которое условно распадается на две большие линии – экстраполяцию и каузальное (причинно-следственное) моделирование. Линия экстраполяции включает скользящие средние, экспоненциальное сглаживание моделей Брауна и Хольта, а также декомпозицию временных рядов на тренд, сезонность и цикличность. Объединяет всё это одна посылка – прошлое продолжается в будущем, и закономерности из ретроспективы сохранятся вперёд. Плюсы метода – дешевизна реализации и понятная интерпретация. Главный минус – систематический промах на изломе тренда, поскольку качественные изменения внешней среды моделью просто не считаются. В сегодняшней турбулентности это даёт хронический отстающий отклик управления.

Каузальное моделирование – это многофакторный регрессионный анализ, эконометрические модели, методы машинного обучения – претендовало на снятие этого ограничения. Его философия идентифицировала устойчивые причинно-следственные связи между набором независимых переменных

(макроэкономические показатели, отраслевые индексы) и результирующими параметрами деятельности предприятия (спрос, цены). Подход частично учёл многомерность влияющих факторов. Тем не менее он столкнулся с собственными методологическими проблемами: мультиколлинеарность, требование стационарности данных, а главное – невозможность корректно включить в формальные модели качественные, слабоформализуемые факторы вроде настроений рыночных агентов, доверия инвесторов или планов конкурентов. В результате эти критически важные аспекты часто оставались за рамками анализа или учитывались экспертно, что снижало объективность управленческих решений.

Осознание ограниченности чисто количественных экстраполяционных и каузальных методов подтолкнуло развитие качественных и гибридных подходов. Заметным достижением стало сценарное планирование, пионером которого выступила компания Shell под руководством П. Шварца. Этот подход решительно отверг идею единственного предопределённого будущего и предложил вместо этого разрабатывать несколько альтернативных, внутренне непротиворечивых сценариев развития событий. Сила его – в способности подготовить организацию к разным, в том числе маловероятным и негативным, вариантам будущего, развивая адаптационный потенциал. На практике, впрочем, сценарное планирование часто оставалось стратегическим упражнением, слабо связанным с оперативным контуром управления и принятием повседневных решений. Сценарии бывали слишком глобальными и оторванными от конкретных, измеримых индикаторов, которые можно было бы отслеживать в реальном времени.

Параллельно развивались концепции стратегического управления с акцентом на адаптивность и гибкость. Теория «возникающей стратегии» Г. Минцберга противопоставила классическому стратегированию идею о том, что успешная стратегия часто складывается постепенно как реакция на непредвиденные события и открывающиеся возможности. Отсюда потребовались организационные механизмы для постоянного обучения и быстрой коррекции курса. Управление по целям выросло в систему OKR, которая через частые пересмотры ключевых

результатов сохраняет гибкость и фокус на приоритетах. Но эти подходы, решая проблему адаптивности, оставляли открытым вопрос о первичном источнике сигналов для коррекции: на основании каких данных формируются цели и оцениваются результаты? Ответом часто оставались те же запаздывающие отчётные данные.

Принципиально новый поворот в управленческой мысли задаёт концепция антихрупкости Н.Н. Талеба. Антихрупкость – это уже не способность системы держать удар, а способность извлекать из ударов выгоду и за счёт них становиться сильнее. Применительно к предприятию речь о такой архитектуре управления и процессов, которой волатильность не вредна, а полезна. Эта философия требует от управленца сдвига - перестать только реагировать на уже произошедшее и научиться заранее различать формирующиеся возможности и угрозы.

Современная теория управления обогащается концепцией проактивной адаптации, которая предполагает не приспособление к изменениям, а активное формирование желаемой среды. В этом контексте индикаторы ожиданий становятся инструментом сценарного моделирования будущего, позволяя предприятию не только предвидеть изменения, но и влиять на их содержание.

Таким образом, управление на основе индикаторов ожиданий представляет собой закономерный синтез и развитие рассмотренных подходов:

1) От экономики ожиданий оно заимствует теоретическое понимание роли прогноза как драйвера экономического поведения.

2) От концепции опережающих индикаторов – измерительный аппарат и понимание того, что субъективные оценки могут быть количественно измерены и использованы для прогноза.

3) От теории заинтересованных сторон – объект управления, поскольку ожидания формируются всеми группами стейкхолдеров: потребителями, инвесторами, поставщиками, сотрудниками, регуляторами.

4) От адаптивного и антихрупкого подходов – конечную цель: создание высокочувствительной системы управления, способной не просто реагировать на изменения, а формировать желаемое будущее.

Подход снимает ограничения предыдущих методов, давая целостный механизм для непрерывного мониторинга, количественной оценки и встраивания качественных стейкхолдерских ожиданий в формальные модели поддержки решений – и в этом методологический прорыв для управления в условиях глубокой неопределённости. Сцепка машинного обучения с поведенческой экономикой открывает дорогу к предиктивным моделям нового типа – таким, где учтены человеческий фактор и когнитивные особенности принятия решений.

Формирование механизма оценки эффективности в капиталоемких отраслях, и металлургия здесь характерный пример, прошло сложную эволюцию – её определили и развитие экономической науки, и рост вычислительных мощностей. Эта эволюция – переход от управления по отклонениям на основе исторических данных к построению предиктивных систем, стремящихся минимизировать неопределённость будущего.

Классическая ретроспективная парадигма, доминировавшая в советской и ранней постсоветской металлургии, по сути своей замкнутая кибернетическая система с отрицательной обратной связью, и горючим для неё служили исторические, уже зафиксированные данные. Философски она опиралась на детерминизм: будущее как линейное продолжение прошлых трендов, а главная управленческая задача – сжать отклонения от утверждённого плана. На «Северстали» 1990-х - середины 2000-х годов эту парадигму можно проследить в полном технологическом и методологическом цикле.

Система базировалась на строгой иерархии отчетных периодов и принципе «планирование от достигнутого». Годовой производственно-финансовый план (ПФП) формировался методом «приростного бюджетирования». За основу брались фактические показатели предшествующего года (реже – двух лет), к которым применялись корректировки на субъективные ожидания топ-менеджмента и директивные указания отраслевых министерств (в советский период) или совета директоров. Например, если в 1998 году «Северсталь» произвела 7,4 млн. тонн стали, то план на 1999 год мог быть установлен на уровне 7,6-7,8 млн. тонн (рост 2,7-5,4 %) без глубокого анализа конъюнктуры рынков сбыта. Ключевыми

входными данными были внутренние технико-экономические нормы: расход кокса на тонну чугуна (в 90-е годы – 520-550 кг), выход годного проката (82-84 %), средняя плановая себестоимость. Внешние факторы (мировые цены, курс валют) если и учитывались, то по фиксированным, часто устаревшим нормативным коэффициентам.

Ежеквартально и ежемесячно происходило сведение фактических результатов. Создавался массив отчетности, включавший тысячи показателей: от тоннажа выплавленной стали по маркам до удельного расхода электроэнергии в кВт*ч/т. Анализ сводился к вычислению абсолютных и относительных отклонений факта от плана ($\Delta = \text{Факт} - \text{План}$). Например, если в июле 2002 года плановый объем производства сортового проката был установлен на уровне 450 тыс. тонн, а фактический составил 432 тыс. тонн, фиксировалось отрицательное отклонение в - 18 тыс. тонн или -4 %. Поиск причин велся ретроспективно и замыкался на внутренние производственные факторы: простои оборудования (анализировался коэффициент использования времени – КИВ), нарушения в поставках сырья, брак. Внешние рыночные причины (внезапное расторжение договора экспортной поставки, падение спроса) рассматривались как форс-мажор, а не системный фактор.

Управленческое воздействие осуществлялось через административные решения, направленные на ликвидацию выявленных отклонений в следующем плановом периоде. Если в I квартале фиксировался перерасход кокса, то во II квартале спускалась директива по его экономии, усиливался контроль за соблюдением технологического режима доменной плавки. Критический системный дефект заключался в лаговой структуре всей цепи:

1) Фактические данные за месяц становились доступны для анализа к 10-15 числу следующего месяца.

2) Проведение планерок, подготовка аналитических записок занимала еще 5-7 дней.

3) Принятое решение (например, скорректировать график ремонтов) вступало в силу только в следующем месяце, а его полный производственный

эффект ощущался через 2-3 месяца.

Таким образом, реакция системы на изменение внешних условий запаздывала на 60-90 дней, что в условиях рыночной волатильности было катастрофически долго.

2.2 Анализ и критическая оценка существующих моделей прогнозирования в российской металлургии²⁶

В металлургической отрасли РФ модели оценки индикаторов ожиданий являются ключевым инструментом для прогнозирования спроса, ценовой динамики и планирования производства. Модели оценки индикаторов ожиданий в РФ представляют собой синтез количественных и качественных методов, нацеленных на формирование опережающих сигналов. Эти модели интегрируют макроэкономические данные, отраслевые тенденции и внутреннюю статистику предприятий.

ПАО «Северсталь» использует модели, связывающие спрос на сталь с ВВП России и ключевых стран-импортеров (например, Китай, ЕС) (рисунок 21). Например, эластичность спроса на сталь от ВВП РФ оценивается в 1,2–1,5: рост ВВП на 1 % приводит к увеличению спроса на 1,2–1,5 %.

Для прогнозирования цен на сталь (например, горячекатаный рулон) применяются уравнения, включающие индекс промышленного производства (ИПП), курс рубля и мировые цены на железную руду (среднегодовые цены на руду в 2023 году — \$120–130/т).

²⁶ Материалы параграфа изложены в следующих публикациях автора:

- Костюхин Ю. Ю., Богачев А. С. Управление инвестиционной привлекательностью предприятия в период высокой волатильности рынка на основе прогнозирования ожиданий. Экономика промышленности. 2024;17(1):20–28.

Коэффициент детерминации (R^2) таких моделей достигает 0,75–0,85, но в периоды кризисов падает до 0,5–0,6. ПАО «Северсталь» использует системы одновременных уравнений, где переменными выступают:

- 1) Объем спроса на ключевую продукцию (листовой прокат, сортовой прокат, трубы).
- 2) Цены реализации на внутреннем и внешнем рынках (с поправкой на логистику).
- 3) Оптимальный уровень загрузки мощностей (в диапазоне 85-95 %).

В модели включаются переменные с разной лаговой структурой:

- 1) Макроэкономические индикаторы: Рост ВВП РФ (лаги 1-2 квартала, коэффициент эластичности спроса 1,3), индекс промышленного производства (корреляция 0,78), инфляция и ключевая ставка ЦБ РФ (влияют на инвестиционные проекты потребителей с лагом 3-6 месяцев).

- 2) Отраслевые драйверы: Динамика вводов жилья (1 кв. м нового жилья генерирует ~50-60 кг спроса на сталь) и инфраструктурных проектов (1 км дороги – до 200 т металлоконструкций). В 2023 году госзаказ в строительстве обеспечил до 25 % спроса на металлопрокат в РФ. ПАО «Северсталь» внедряет системы анализа данных с рынков недвижимости и автопрома. Например, корреляция между вводом жилья в РФ (в млн. м²) и спросом на арматуру составляет 0,8–0,9. В 2023 году при вводе 90 млн. м² жилья потребление арматуры оценивалось в 12–13 млн. т. по отрасли.

- 3) Внешнеторговые и ценовые факторы: Мировые цены на железорудный концентрат (Fe 62 % CFR China) и коксующийся уголь (за период 2020-2023 гг. их вклад в дисперсию себестоимости составил ~65 %). После 2022 года резко возросло влияние цен на альтернативные маршруты логистики: так, стоимость доставки проката в страны Ближнего Востока и Азии выросла на 35–40 % относительно докризисных поставок в ЕС.

В 2015-2019 гг. точность подобных моделей, измеренная через MAPE (среднюю абсолютную процентную ошибку), держалась на уровне 4,2 % для спроса и 6,8 % для цен. После 2020 года показатели поднялись соответственно до

11,5 % и 18,3 %, и это явный признак того, что объяснительная сила традиционной регрессии стала проседать (рисунок 22).

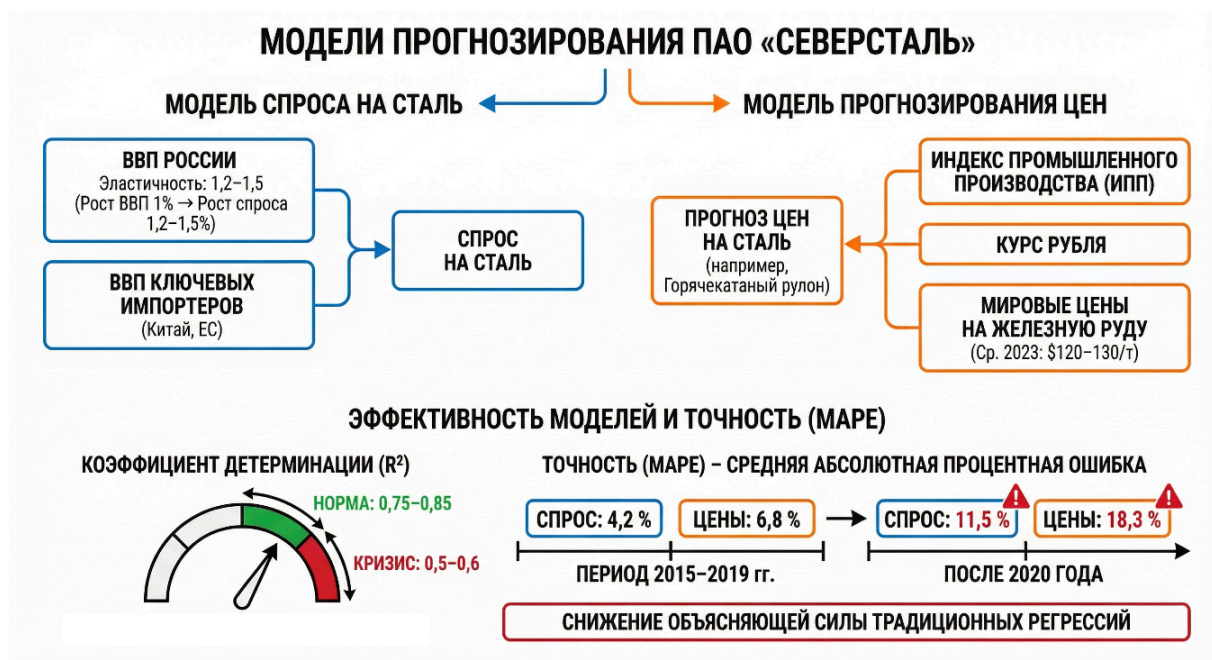


Рисунок 22 – Модели прогнозирования ПАО «Северсталь» и их точность

Источник: составлено автором

Опираясь на систему опережающих индикаторов – индекс деловой активности PMI и сигналы финансовых рынков – компания формирует агрегированный «Индекс металлургических ожиданий» (ИМО), куда входит:

1) Взвешенный PMI стран-потребителей с ключевыми весами: Китай – 40 %, Турция – 15 %, СНГ – 15 %. Если сводный индекс держится ниже 48 пунктов два месяца подряд, с вероятностью 83 % это предвещает падение экспортных заказов на 8–12 % уже в следующем квартале.

2) Информация по запасам у конечных потребителей. Отслеживаются складские остатки у крупных дистрибьюторов и машиностроителей – и через прямые показатели, и через косвенные маркеры вроде объёмов перевалки в портах. Сверхнормативный запас более чем на 20 % – сигнал к коррекции закупок через 2–3 месяца.

3) Котировки фьючерсов и спреды. Анализу подвергаются ценовая кривая на

стальные заготовки на Шанхайской бирже (SHFE) и спред между спотом и трёхмесячным контрактом. Когда контанго (фьючерсы выше спота) держится выше \$15/т, рынок, как правило, ждёт роста спроса.

Для экспертной составляющей и сценарной работы ПАО «Северсталь» регулярно опрашивает крупных клиентов (порядка 200 респондентов) на предмет планируемых закупок. Из ответов собирается «индекс уверенности потребителей», и коррелирует он с фактическим спросом с лагом 1-2 квартала при коэффициенте корреляции 0,7. Поверх этой базы выстраиваются три сценария: базовый (прирост спроса на 2-3 %), консервативный (просадка на 1-2 %) и стрессовый (просадка на 5-7 %).

В дополнение к этому идут панельные опросы более чем 300 контрагентов – строительных холдингов, автопроизводителей, выпускающих ТНП. Результаты пересчитываются в «Net Expectation Index» (NEI), где значения выше +15 % указывают на оптимистичный настрой. Перед кризисом 2022 года, в квартале накануне, NEI обвалился с +12 % до -25 %.

Дальше на этой основе раскручивается детализированное сценарное планирование. Формируется 4-5 сценариев, и каждому через метод Монте-Карло присваивается вероятность. К примеру, на 2024 год базовый вариант (вероятность 50 %) предполагает стагнацию внутреннего спроса на уровне +0,5 %; консервативный (30 %) – его сокращение на 3 %; инновационный (20 %) – рост на 4 % за счёт импортозамещения в смежных отраслях.

Сводный алгоритм работы ИМО в контуре сценарного планирования отражён на рисунке 23.

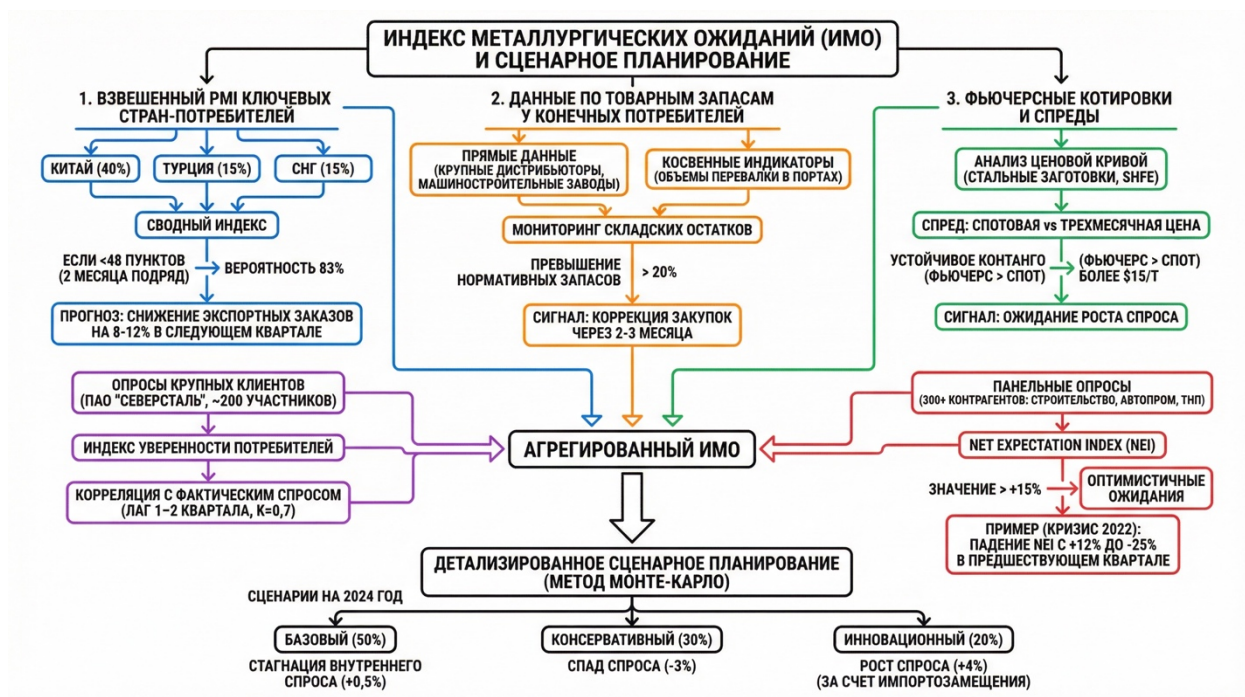


Рисунок 23 – Алгоритм использования ИМО для сценарного планирования ПАО «Северсталь»

Источник: составлено автором

1) Модели сочетают макроэкономические показатели (ВВП, ИПП) с оперативными данными компании (портфель заказов, складские запасы). «Северсталь» благодаря этому быстро адаптируется: например, при падении ИПП РФ на 0,8 % в 2022 году компания сократила производство на 3 % заранее и избежала накопления излишков.

2) В периоды относительной стабильности (2017-2019 гг.) погрешность прогнозов спроса не превышала 3-5 %, что позволяло оптимизировать логистику и запасы – экономия на издержках хранения до 1,5 % годовой выручки.

3) Учёт региональных особенностей – например, зависимость от экспорта в ЕС до 2022 года – помогал калибровать модели. До 2022 года 25 % продукции «Северстали» уходило в ЕС, и цены коррелировали с EU PMI ($R^2 = 0,8$).

Однако несмотря на сложность, модели демонстрируют критически важные уязвимости, недостатки и системные ограничения. Модели, калиброванные на данных 2000-х годов, оказались неспособны адекватно оценить последствия структурного разрыва торговых связей. Так, доля экспорта в выручке «Северстали»

до 2022 года составляла около 45 %, из которых более половины приходилось на «недружественные» страны. Санкционный разрыв привел к одномоментной потере ключевых рынков, а переориентация на новые регионы (Турция, Африка, ЮВА) потребовала 12-18 месяцев и сопровождалась падением средневзвешенной цены реализации на 8-12 % из-за возросшей логистики и ценовой конкуренции (рисунок 24). Модели, основанные на принципе «прошлое определяет будущее», не заложили вероятность такого структурного сдвига.

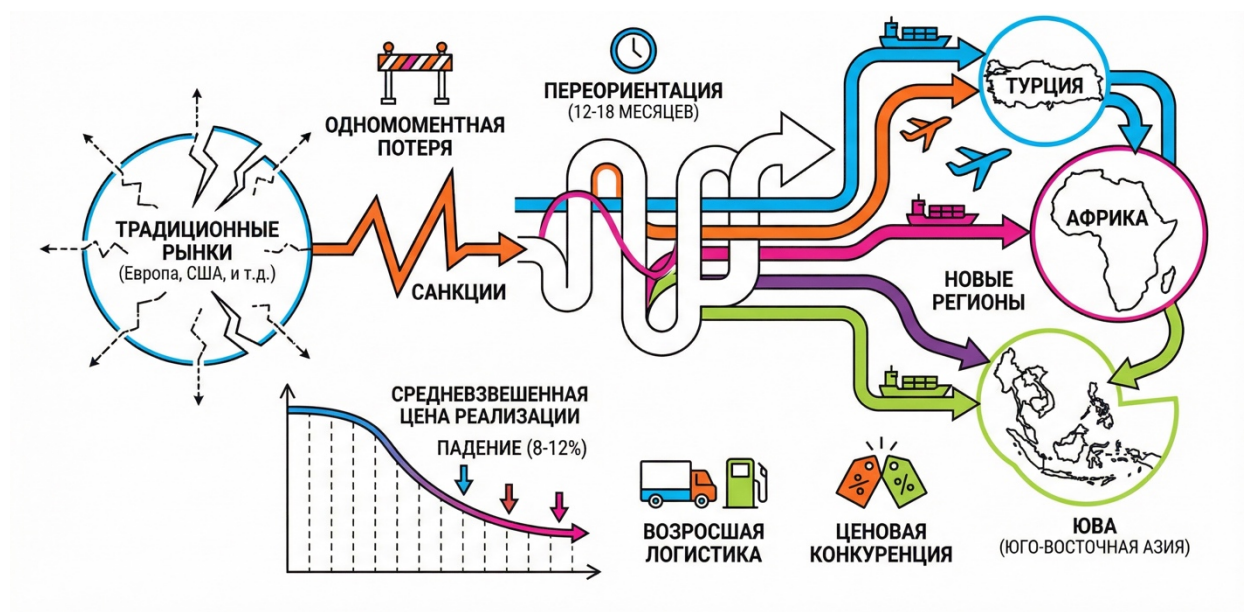


Рисунок 24 – Потеря ключевых рынков из-за санкционного разрыва

Источник: составлено автором

Ключевые данные Росстата (по строительству, машиностроению) публикуются с лагом 4-6 недель. В условиях высокой волатильности это делает реактивность системы недостаточной. Например, в IV квартале 2022 года резкое замедление темпов ввода нежилых помещений (на 24 %) было отражено в отчетности лишь в феврале 2023, когда коррекция производства уже была неизбежна. Компании приходится опираться на косвенные «теневые индикаторы» (потребление электроэнергии промышленными кластерами, трафик грузового транспорта), точность которых на 15-20 % ниже.

Дополнительно к вышеперечисленному можно выделить фундаментальную

проблему современных прогнозных систем в металлургии, включая модели, используемые ПАО «Северсталь», которая заключается в их преимущественной ориентации на количественные, исторически наблюдаемые ценовые и объемные переменные. При этом критически важный пласт качественных, структурных и нарождающихся неценовых факторов риска остается вне рамок формализованного учета, что создает систематическую ошибку прогнозирования, особенно в средне- и долгосрочных горизонтах. Данные факторы не просто добавляют «шум», они способны кардинально менять экономику всего бизнеса.

Стоит отметить, что экологический императив как драйвер капитальных затрат и операционной трансформации объясняется тем, что существующие современные модели, опираясь на исторические тренды капитальных вложений (CAPEX в размере 8-12 % от выручки), не содержат корректных механизмов для оценки влияния стремительно ужесточающегося экологического законодательства.

Требования национального проекта «Экология» и ассимилированных норм ЕС (для экспортно-ориентированных активов) предполагают не единовременные затраты, а запуск многолетней программы технологического перевооружения. Например, для достижения целевых показателей по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу (снижение на 20 % к 2030 году от уровня 2022-го) требуется не просто модернизация фильтров, а пересмотр всей технологической цепочки: от агломерационного производства (где внедрение технологии selective catalytic reduction для снижения выбросов диоксида азота NOx стоит €50-70 млн. на одну установку) до коксохимических заводов. Прогнозная совокупная стоимость перехода отрасли на принципы НДТ к 2030 году, оцениваемая в \$2-3 млрд., распределяется крайне неравномерно. Для компании с устаревшими активами (например, отдельными переделами, построенными в 60-70-х годах) доля затрат может достигать 25-30 % от годовой выручки в пиковые годы инвестиционного цикла, что не заложено в стандартных DCF-моделях, использующих CAPEX.

Регуляторные риски уже трансформируются в прямые финансовые. В рамках инициатив ЕС, таких как Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), с 2026 года

импорт стали в ЕС будет облагаться фактической углеродной пошлиной. Для российской стали с высокой углеродоемкостью (в среднем 2,1-2,3 тонн CO₂ на тонну стали против 1,4-1,6 тонн у современных электродуговых производств в ЕС) это создает дополнительное фискальное бремя. При текущей цене углеродных квот в EU ETS в ~80 евро за тонну CO₂, потенциальная доплата может составить $(2,2 - 1,5) * 80 = 56$ евро за тонну проката, или 10-15 % от его стоимости. Существующие прогнозные модели, использующие исторические ценовые спреды между регионами, не способны адекватно инкорпорировать этот нелинейный регуляторный фактор, который делает экспорт традиционной доменной стали в Европу экономически нецелесообразным.

Давление со стороны конечных потребителей перестало быть исключительно репутационным и превратилось в конкретный коммерческий критерий, слабо формализуемый в классических отраслевых моделях.

Формирование «зеленой» премии и углеродного дисконта в значительной степени влияет на деятельность компании. Крупные автопроизводители (Volkswagen, Mercedes-Benz), стремящиеся к углеродной нейтральности своих цепочек поставок (Score 3), уже внедряют системы аудита и сертификации «зеленой» стали. Производители, способные документально подтвердить низкий углеродный след (через использование лома, ВИЭ, технологий улавливания углерода), получают премию к цене. Например, контракты на поставку «зеленого» проката для автопрома в 2023-2024 гг. заключались с премией в 80-150 евро за тонну (4-7 % к базовой цене). Обратная сторона – риск углеродного дисконта для традиционной стали. Это означает не падение абсолютной цены, а ее отставание от динамики рынка. Модели, прогнозирующие цены на основе баланса спроса и предложения первичной стали, не учитывают сегментацию рынка на «зеленый» и «коричневый» товар, что ведет к завышению прогнозов для производителей без четкой декарбонизационной стратегии.

Климатическая повестка также диктует пересмотр логистики (рисунок 25). Компании начинают рассчитывать и декларировать углеродный след всей цепочки поставок, включая транспортировку. Это создает преимущество для локальных

производителей или поставщиков, использующих «зеленый» транспорт. Для российской стали, поставляемой в Азию длинным морским плечом, этот фактор становится дополнительным негативным аргументом в конкурентной борьбе с локальными азиатскими производителями.



Рисунок 25 – Пересмотр логистики поставки российской стали
в контексте климатической повестки

Источник: составлено автором

К тому же существует угроза обесценения существующих активов и сдвиг центров производства. Наиболее фундаментальный и наименее формализуемый в текущих моделях риск связан с технологической революцией, способной изменить саму парадигму отрасли.

Массовое внедрение электродуговых печей (ЭДП), работающих на металлоломе, снижает значение локации рядом с месторождениями железной руды и коксующегося угля. Производство становится мобильным и тяготеет к центрам генерации лома (индустриальные регионы с высокой степенью износа инфраструктуры) и дешевой электроэнергии. Для российской металлургии, исторически построенной вокруг сырьевых баз Урала и Сибири, это представляет стратегический вызов. Текущие модели, оценивающие конкурентоспособность

через показатели себестоимости добычи сырья и логистики к доменным печам, могут в одночасье устареть, если себестоимость производства на ЭДП (зависящая в основном от цены лома и электроэнергии) опустится ниже \$350 за тонну сляба. В 2023 году в отдельных регионах с доступом к дешевому газу и обилию лома (например, Ближний Восток, Турция) эта планка уже была достигнута.

Прямое восстановление железа (DRI) с использованием «зеленого» водорода – это не эволюция, а революция, обещающая производство стали с близкими к нулю выбросами. Промышленное внедрение ожидается к 2030-2035 гг. Для компании, чья рыночная капитализация сегодня основана на оценке запасов руды и угля, это создает риск стремительного обесценения этих активов. Современные модели дисконтирования денежных потоков, закладывающие срок жизни рудников в 30-50 лет, становятся некорректными, если спрос на железорудное сырье для доменных печей начнет структурно снижаться через 10-15 лет. Учет этого риска требует не корректировки коэффициента дисконтирования на несколько процентов, а разработки принципиально новых сценариев с альтернативной структурой издержек и карты активов.

Отсутствие учета представленных ранее неценовых факторов делает любые, даже самые сложные, количественные модели в металлургии, по сути, ретроспективными. Они могут достаточно точно экстраполировать прошлое в ближайшее будущее, но оказываются «слепы» в отношении сил, перекраивающих отраслевую карту. Для нивелирования этого системного недостатка необходима разработка параллельных сценарно-стратегических рамок, где количественные прогнозы подвергаются стресс-тестированию на предмет устойчивости к регуляторным шокам, климатическим требованиям и технологическим прорывам. Только синтез точной эконометрики и глубокого качественного анализа структурных рисков позволит строить по-настоящему устойчивые и антихрупкие модели управления ожиданиями в XXI веке.

Следовательно, возникает вопрос о возможности повышения точности прогнозов как не академическая, а прямая экономическая задача. Повышение точности прогнозов в капиталоемкой и низкорентабельной металлургической

отрасли – это не затраты на ИТ-инфраструктуру, а прямые инвестиции в операционную эффективность и финансовую устойчивость. Данный тезис подкрепляется многоуровневым анализом финансовых потоков, демонстрирующим каскадный эффект от снижения среднеквадратической ошибки прогноза. На примере вертикально-интегрированного холдинга масштаба ПАО «Северсталь» (выручка 2023 года: 678 млрд руб., EBITDA ~25%) проиллюстрируем экономическую механику.

Декомпозиция эффекта от повышения точности на 1 процентный пункт включает в себя:

1) Оптимизация логистических издержек.

Логистический комплекс металлургического предприятия включает мультимодальные перевозки (ж/д, морские, автомобильные) и сеть дистрибьюторских и при заводских складов. Неточный прогноз приводит к негативному сценарию оверстаффинга запасов и формированию избыточного страхового запаса готовой продукции для компенсации ошибки прогноза.

Согласно модели Уилсона и принципам «бережливого производства», оптимальный запас обратно пропорционален квадратному корню из точности прогнозирования (σ). Эмпирика отрасли (анализ отчётов ПАО «НЛМК» и Металлоинвеста) показывает, что при MAPE (средняя абсолютная процентная ошибка) в 12 % доля логистических издержек в выручке в среднем составляет 10,5 %. Снижение MAPE до 11 % позволяет сократить страховой запас на 4-5 %, что напрямую уменьшает затраты на складирование (аренда, амортизация, охрана – около 1,5 % от стоимости запаса) и потери от иммобилизации (упущенная выгода). Расчёт для выручки 678 млрд. руб.: 10,5 % – это примерно 71 млрд руб. общих логистических издержек. Их операционная составляющая, чувствительная к точности, оценивается в 60 %, или 42,6 млрд руб. Сокращение на 0,75 % от этой суммы (консервативная оценка, подтверждённая симуляцией Монте-Карло в логистических пакетах AnyLogic) даёт экономию в 0,32 млрд. руб. (0,047 % от выручки). Дополнительно снижаются коммерческие расходы на срочные (аварийные) перевозки, которые при ошибке прогноза выше 10 % растут

экспоненциально.

2) Снижение стоимости обслуживания оборотного капитала.

Оборотный капитал (ОК) металлурга – это 25-35 % от выручки: запасы сырья, НЗП, готовая продукция и дебиторская задолженность. Цикл оборота денежных средств (Cash Conversion Cycle, CCC) критически зависит от точности прогноза спроса и производства.

При $МАРЕ = 12\%$ средний цикл хранения готовой продукции на складе составляет 18-22 дня. Снижение ошибки до 11 % позволяет сократить этот период на 1,2-1,5 дня за счет перехода от «выталкивающей» (push) системы производства, основанной на прогнозе, к «вытягивающей» (pull), ориентированной на конкретные заказы.

Для компании с объемом готовой продукции на балансе ~100 млрд. руб. (исходя из оборачиваемости запасов в 6-7 раз) сокращение цикла на 1,5 дня высвобождает: $(100 \text{ млрд. руб.} / 365 \text{ дней}) * 1,5 \text{ дня} = 0,41 \text{ млрд руб.}$ Средневзвешенная стоимость капитала (WACC) для российской металлургии составляет 10-12 % (данные оценщиков АКРА, Эксперт РА). Таким образом, ежегодная экономия на стоимости обслуживания капитала составит $0,41 * 0,11 = 0,045 \text{ млрд руб.}$ Косвенный эффект – повышение кредитного рейтинга и снижение процентных ставок по займам за счет улучшения показателей ликвидности (Quick Ratio, Cash Ratio).

3) Повышение маржинальности через прецизионное ценовое позиционирование.

Это наиболее значимый и сложно квантифицируемый компонент. Точный прогноз позволяет:

а) Минимизировать продажи в периоды просадки цен «на склад». При ошибке прогноза компания вынуждена продавать излишки на спотовом рынке в моменты низких цен, принимая дисконт. Исследование ценовых рядов на горячекатаный рулон (HRC) на рынке РФ за 2019-2023 гг. (данные Metal Bulletin, now Argus Media) показывает, что волатильность в отдельные месяцы достигала 25 %. Способность точно предсказать момент снижения спроса на 1-2 месяца

вперед позволяет заранее сократить производство и увеличить долю продаж по долгосрочным контрактам с фиксированной ценой.

б) Оптимизировать продуктовый микс. Прогнозирование регионального и продуктового спроса позволяет гибко перераспределять ресурсы между высокомаржинальными (например, оцинкованный прокат для автопрома) и низкомаржинальными (сортовая арматура) товарами. Экономическое моделирование, проведенное Boston Consulting Group для металлургического сектора (отчет «Pricing for Value in Metals», 2022), демонстрирует, что повышение точности прогноза спроса на 1 п.п. приводит к росту средней реализационной цены на 0,3-0,5 % за счет оптимизации портфеля заказов.

4) Совокупный маржинальный эффект. Для ПАО «Северсталь» с валовой прибылью ~170 млрд. руб. рост реализации на 0,9 % (средневзвешенная оценка от указанных факторов) дает дополнительную прибыль: $170 \text{ млрд. руб.} \cdot 0,009 = 1,53 \text{ млрд. руб.}$ Даже консервативная оценка в 0,8 % дает 1,36 млрд. руб.

Современные методы (машинное обучение, интеграция альтернативных данных, система нечетких множеств) позволяют повысить точность существующих моделей (MAPE ~12 %) до уровня 7-8 % в горизонте 2-3 лет. Потенциал улучшения в данном случае составит 4-5 п.п. Эффект: $1,725 \text{ млрд. руб./п.п.} \cdot 5 \text{ п.п.} = 8,625 \text{ млрд. руб.}$ годовой экономии/доп. прибыли. Эта цифра соответствует указанному диапазону 7-10 млрд. руб. и составляет 5-6 % от годовой EBITDA компании (~150-160 млрд. руб.).

Оценка инвестиционной привлекательности проекта модернизации систем прогнозирования в свою очередь формируется на основе:

1) Развертывание комплексной системы на базе ML-алгоритмов и интеграции внешних данных оценивается в 0,8-1,2 млрд. руб. единовременно (по аналогии с проектами «Цифровая Фабрика» в ГК «Михайловский ГОК» и «ТМК2data»).

2) Годовые расходы на поддержку, лицензии и команду Data Science – 0,2-0,3 млрд. руб.

3) Финансовый анализ: Простой срок окупаемости (PP) = CAPEX / Годовой

эффект = 1,0 млрд руб. / 8,6 млрд руб. = 0,12 года (~1,5 месяца). Дисконтированный срок окупаемости (DPP) при WACC=11 % также не превышает 2 месяцев.

4) Внутренняя норма доходности (IRR) такого проекта в классическом понимании стремится к бесконечности, и это делает его не просто привлекательным, а стратегически обязательным. Для сравнения, IRR традиционных проектов по модернизации стана горячей прокатки редко переваливает за 15-20 %.

Инвестиции в точность прогнозов работают и как инструмент хеджирования операционных рисков – это сложно оценить напрямую, но это критически важно.

При резком падении спроса (как в 2020 и 2022 гг.) компания с низкой точностью прогноза несёт прямые убытки от списания неликвидных запасов. В кризисные годы по отрасли этот показатель доходил до 2-3 % от выручки. Повышение точности позволяет сократить потенциальные потери на 30-40 %.

Способность точно прогнозировать потребности ключевых клиентов повышает их лояльность и долю долгосрочных контрактов, а это стабилизирует денежные потоки и снижает волатильность выручки. Эффект прямой – падает коэффициент бета в модели CAPM, и стоимость капитала компании потенциально снижается.

Таким образом, целесообразность инвестиций в повышение точности моделей оценки ожиданий в металлургии подтверждается не эмпирическими умозаключениями, а строгим финансовым моделированием. Эффект носит мультипликативный характер, затрагивая ключевые статьи операционных расходов и доходов. Проекты данной категории обладают аномально высокой доходностью и ультракоротким сроком окупаемости, что ставит их в приоритет над многими традиционными капитальными проектами. В условиях усиления глобальной волатильности и фрагментации рынков такие инвестиции трансформируются из инструмента оптимизации в стратегический актив, обеспечивающий выживаемость и конкурентное преимущество. Отказ от них эквивалентен сознательному завышению операционных издержек и принятию на себя неоправданных рыночных рисков.

Приоритетные направления модернизации (рисунок 26) также включают внедрение гибридных моделей (ИИ + эконометрика): использование алгоритмов машинного обучения (градиентный бустинг, рекуррентные нейронные сети) и математические модели, например, система нечетких множеств для анализа неструктурированных данных – новостных потоков, отчетов конкурентов, социальных медиа. Опыт зарубежных компаний (POSCO, Nippon Steel) показывает, что это позволяет на 25-30 % улучшить прогнозирование в точках перелома тренда.

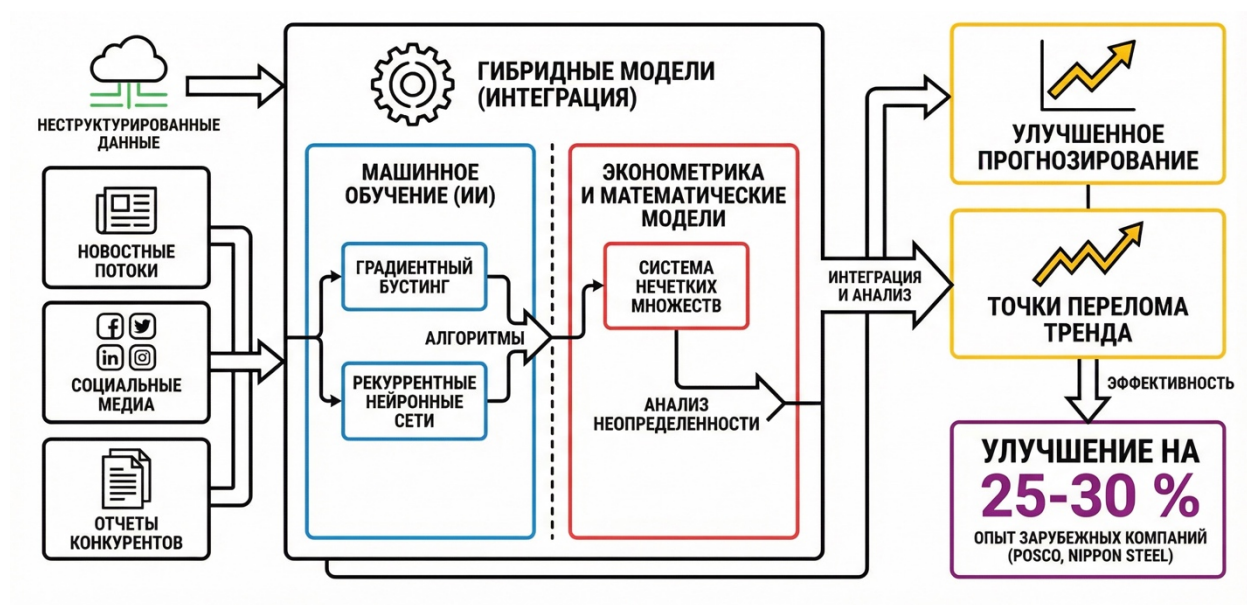


Рисунок 26 – Приоритетные направления развития
внутрифирменного планирования

Источник: составлено автором

Дополнительно положительное влияние оказывает разработка агент-ориентированных моделей, имитирующих поведение ключевых игроков цепочки (от производителя сырья до конечного потребителя). Это позволяет проводить стресс-тесты на уникальные события, постоянное обновление априорных вероятностей сценариев по мере поступления новых данных, что делает планирование адаптивным, а не реактивным.

Финансовые и операционные результаты компании в период господства

данной парадигмы ярко иллюстрируют ее ограниченность.

В Период азиатского кризиса 1997-1998 гг. мировые цены на сталь упали на 30-40 %. Ретроспективная система «Северстали», ориентированная на выполнение внутреннего плана по тоннажу, не смогла оперативно перестроиться. В 1998 году компания, стремясь выполнить производственную программу, нарастила выпуск до 7,4 млн. тонн против 7,1 млн. тонн в 1997 году. Однако это привело не к росту выручки, а к катастрофическому накоплению неликвидных запасов и падению маржи.

Уровень готовой продукции на складах к концу 1998 года превысил нормативный в 2,3 раза, достигнув объема, эквивалентного 45-дневному объему продаж. Стоимость хранения и иммобилизованный капитал в этих запасах оценивались в \$120-150 млн. (при годовой выручке компании около \$2,2 млрд.). Компания была вынуждена реализовывать излишки на внутреннем рынке по демпинговым ценам, что усугубило кризис неплатежей. Чистый убыток за 1998 год составил около \$300 млн.

Даже в благоприятных условиях, период роста 2003-2004 гг., система демонстрировала неэффективность. Резкий рост спроса и цен на сталь в Китае привел к скачку мировых цен на стальной прокат на 60 % в 2004 году. «Северсталь», управляемая по принципу «от достигнутого», оказалась не готова к столь стремительному изменению. Ее производственные планы и логистика были сформированы под контракты, заключенные в конце 2003 года по ценам, оказавшимся в 1,5 раза ниже спотовых к середине 2004 года.

Анализ отчетности показывает, что рентабельность по EBITDA «Северстали» в 2004 году составила 29 %, в то время как у мировых конкурентов (например, Arcelor), активно использовавших фьючерсные рынки и динамическое ценообразование, этот показатель превышал 35 %. Консервативная оценка упущенной выручки из-за негибкой системы планирования и контрактации составляет 8-12 % от годового объема, что в денежном выражении эквивалентно \$400-600 млн. Общий анализ ретроспективной системы планирования ПАО «Северсталь» представлен на рисунке 27.

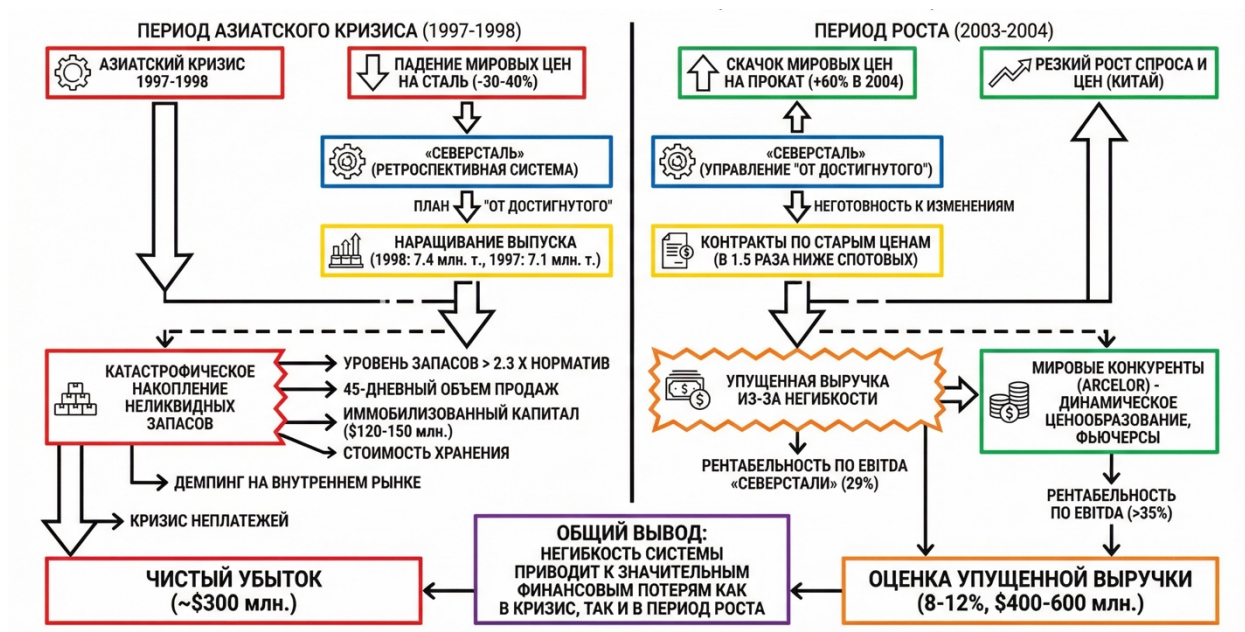


Рисунок 27 – Анализ неэффективности ретроспективной системы планирования
ПАО «Северсталь»

Источник: составлено автором

Системные пороки классической ретроспективной парадигмы представляют собой не случайные недостатки, а закономерные следствия ее архитектурных принципов, формирующие устойчивые патологические циклы в управлении капиталоемким производством. На примере ПАО «Северсталь» периода 1990-х – середины 2000-х годов эти пороки могут быть декомпозированы на четыре взаимосвязанных блока, каждый из которых порождал конкретные экономические потери, измеряемые в процентах от выручки и долях рыночной капитализации [25].

Замыкание на внутренний операционный контур и концептуальная слепота к экзогенным шокам является корневым. Управленческая система была сконструирована как замкнутый кибернетический контур с единственной обратной связью – сравнением фактических внутренних технико-экономических показателей (ТЭП) с плановыми. Внешняя среда (рынок) рассматривалась не как интегрированный объект управления, а как источник «возмущающих воздействий», которые надлежало компенсировать за счет внутренней оптимизации [22-24].

Вся система отчетности и мотивации «Северстали» была заточена под внутренние КПЭ: коэффициент использования времени (КИВ) оборудования, удельный расход условного топлива, выход годного. Например, высшее руководство получало премии за выполнение плана по тоннажу выплавки стали, даже если этот металл затем складировался, не находя сбыта. В 2000 году, на фоне начала восстановления спроса после дефолта 1998-го, система продолжала работать в «антикризисном» режиме, ориентированном на сокращение переменных издержек. Это привело к хроническому недоинвестированию в ремонты и модернизацию, что позднее вылилось в волнообразные простои. Финансовый эффект: Анализ показывает, что в период 1999-2001 гг. совокупные потери от внеплановых остановок агрегатов, вызванных отложенными ремонтами, составили около 4 % от годового объема производства, или примерно 300-350 тыс. тонн стали. В денежном выражении по упущенной выручке (при средней цене \$250/т) это \$75-87 млн. ежегодно. Система не могла сопоставить эти потери с гипотетическими затратами на своевременный капремонт, так как последние жестко нормировались и сокращались для «выполнения плана по себестоимости».

Парадигма унаследовала от плановой экономики фундаментальную метрику успеха – валовой выпуск в натуральном выражении (тонны, штуки). Это порождало искаженные стимулы на всех уровнях – от рабочего стана до генерального директора. Экономическая эффективность (рентабельность, денежный поток) была вторичным, часто формальным показателем [33].

Планы для производственных цехов «Северстали» формировались в тоннах, без обязательной детализации по ассортименту и маркам стали, пользующимся максимальным спросом. Это вело к перекосу в сторону производства наиболее «технологически удобной», но не всегда высокомаржинальной продукции. Например, в начале 2000-х годов сохранялась аномально высокая доля обычного углеродистого проката в портфеле, в то время как мировой рынок демонстрировал устойчивый спрос на прокат с покрытиями и высокопрочные сорта. Сравнительный анализ структуры выпуска «Северстали» и ее европейских аналогов (например, ThyssenKrupp) за 2003-2005 гг. показывает, что разница в

средней цене реализации за тонну составляла \$80-120. При объеме продаж в 9-10 млн. тонн годовые потери потенциальной выручки из-за неоптимального продуктового микса достигали \$800 млн. – \$1,2 млрд. Система, не имевшая в своем ядре механизма динамической максимизации маржи (*margin-driven planning*), интерпретировала рост физического выпуска как абсолютный успех, маскируя структурную неэффективность.

В рамках парадигмы не существовало концепции альтернативной стоимости капитала (WACC). Оборотные и внеоборотные активы рассматривались как данность, а их финансирование – как техническая функция казначейства. Это приводило к хронической сверхнормативной иммобилизации средств [36].

Нормативы по запасам сырья и готовой продукции на «Северстали» рассчитывались исходя из технологических циклов и «страховых» соображений, но без учета финансовых издержек на их содержание. В результате к 2002 году величина чистого оборотного капитала компании достигала 35-40 % от годовой выручки, что в 1,5-2 раза превышало показатель эффективных западных компаний. Капитал был заморожен в виде:

- избыточных запасов кокса и руды «на случай сбоев»;
- гигантских остатков готовой продукции на распределительных складах;
- просроченной дебиторской задолженности по бартерным и вексельным схемам расчетов 1990-х годов.

При WACC для компании в тот период на уровне 15 % (высокие страновые и операционные риски) и объеме избыточного оборотного капитала в \$1,2-1,5 млрд., ежегодные альтернативные издержки (упущенная доходность) составляли \$180-225 млн. Эти средства могли быть направлены на досрочное погашение дорогих кредитов или ускоренную модернизацию. Система же, не владея языком стоимости капитала, оценивала большие запасы как признак «прочности» и «надежности», а не как симптом управленческой несостоятельности.

Парадигма детерминизма и тотального отрицания неопределенности как управленческой категории базировалась на допущении о принципиальной познаваемости и планируемости будущего. Неопределенность трактовалась как

временное незнание, устраняемое сбором большего объема данных о прошлом. Аппарат вероятностного мышления, сценарного планирования и управления рисками отсутствовал [5-10].

Все планы, включая инвестиционные, составлялись в единственном варианте («оптимальный план»). Например, программа модернизации коксохимического производства в конце 1990-х годов рассчитывалась исходя из единственного прогноза цен на уголь и сталь. Когда в 2001 году произошло неожиданное (для системы) падение цен на стальной прокат на 20 %, экономика всего инвестиционного проекта была разрушена. Проект не имел «запасных» сценариев действий при различной рыночной конъюнктуре. Такая детерминистская логика вела к принятию стратегических решений с гигантским риском. Анализ крупных инвестиционных проектов «Северстали» того периода показывает, что фактическая внутренняя норма доходности (IRR) в 60 % случаев отклонялась от плановой более чем на 10 процентных пунктов вниз. В абсолютном выражении совокупные потери акционерной стоимости от реализации проектов с отрицательной скорректированной на риск доходностью за период 1995-2005 гг. экспертно оцениваются в \$1,5-2 млрд. Компания систематически переплачивала за активы и недооценивала риски, потому что ее управленческий менталитет отрицал саму возможность принципиально иного будущего.

Системные пороки ретроспективной парадигмы представляли собой единый патологический комплекс, где замыкание на внутренний контур порождало культ валовых показателей, который, в свою очередь, делал невидимой стоимость капитала, а детерминистская картина мира не позволяла осознать порочность этого круга [33-37]. На примере «Северсталь» это выражалось не в разовых ошибках, а в перманентной «утечке» стоимости: ежегодные совокупные потери от перечисленных пороков в пиковые периоды достигали 15-20 % от потенциальной EBITDA. Эта «стоимость неэффективности» и стала главным драйвером последующей управленческой революции в компании, включавшей внедрение системы сбалансированных показателей (BSC), переход к бюджетированию, ориентированному на результат (RBF), и создание специализированной функции

риск-менеджмента. Преодоление данных пороков потребовало не усовершенствования старой системы, а ее демонтажа и построения новой философии управления, признающей открытость системы, примат денежного потока над тоннажем и неопределенность в качестве ключевого объекта управления.

Переход от классической ретроспективной парадигмы к парадигме оперативной аналитики и опережающих индикаторов ознаменовал в истории ПАО «Северсталь» фундаментальный сдвиг от управления по отклонениям к управлению по сигналам. Эта трансформация, наиболее активная в период 2005-2015 годов, была не эволюционным улучшением, а революционной перестройкой управленческого контура, направленной на преодоление ключевой уязвимости – запаздывающей реакции на рыночные изменения. Новая парадигма базировалась на принципе: будущее не определяется исключительно внутренними процессами, а формируется под воздействием внешних макро- и отраслевых сил, динамику которых можно измерять и проецировать с опережением.

В отличие от замкнутой системы «план-факт», новая архитектура представляла собой открытую сеть, интегрирующую внешние потоки данных в реальном или квази-реальном времени. Ее ядром стал Единый аналитический центр (ЕАЦ), созданный на «Северстали» в середине 2000-х годов. Его задача – не составление отчетов о прошлом, а фильтрация, агрегация и интерпретация сигналов о будущем.

Ключевым нововведением стало систематическое использование показателей с отрицательным лагом, то есть тех, чья динамика изменяется раньше, чем изменяется целевая переменная (спрос, цены на сталь). Это потребовало перепрограммирования всего цикла планирования. Если раньше план на следующий год формировался в IV квартале текущего, то теперь появился скользящий 18-месячный прогноз, ежеквартально обновляемый на основе свежих данных индикаторов.

Система была выстроена по трехуровневому принципу, где каждый уровень определял конкретные управленческие действия, представленные в таблице 7.

Таблица 7 – Трехуровневая система прогнозирования ПАО «Северсталь»

Уровень	Ключевые показатели	Описание
Макроуровень (горизонт 6-18 месяцев)	Индексы деловой активности (PMI) Китая, ЕС, США и РФ	Падение сводного PMI ниже 48 пунктов в течение двух месяцев подряд автоматически инициировало сценарий «осторожное инвестирование» – заморозку непрофильных CAPEX и ужесточение контроля за дебиторской задолженностью
Отраслевой уровень (горизонт 3-9 месяцев)	Статистика по вводу жилья, производству автомобилей, инфраструктурным тендерам	Был выявлен и формализован коэффициент: 1 млн. кв. м нового жилья в РФ генерирует спрос на ~48 тыс. тонн сортового проката с лагом в 4 месяца. Данные Росстата о падении темпов ввода на 10 % г/г служили прямым сигналом для отдела продаж на пересмотр портфеля заказов на соответствующий период
Рыночно-ценовой уровень (горизонт 1-4 месяца)	Котировки фьючерсов на железную руду (62 % Fe, CFR China) на Сингапурской бирже (SGX), спреды между ценами на стальной лом и чугуна	Эмпирически установлено, что рост цен на руду на \$10/т с вероятностью 75 % через 6-8 недель приводил к росту цен на горячекатаный рулон (HRC) в Европе на \$15-25/т. Это позволяло отделу продаж «Северстали» проводить заблаговременные переговоры с клиентами о корректировке цен

Источник: составлено автором

Финансовая эффективность новой парадигмы наиболее ярко проявилась в период двух кризисов – 2008-2009 и 2014-2015 годов, где она позволила существенно смягчить падение.

На этапе антикризисного управления в 2008-2009 гг. классическая система, сфокусированная на внутренних показателях, которая в III квартале 2008 года фиксировала рекордные объемы производства и отгрузок. Парадигма опережающих индикаторов дала сигнал гораздо раньше.

В июле 2008 PMI в Китае упал ниже 50 пунктов (до 48,4). Для «Северстали», к тому времени уже активно экспортирующей в Азию, это был красный флаг. Август-сентябрь 2008 – резкое (на 35 %) падение фьючерсов на стальной лом в США и Турции. Одновременно начался коллапс индекса Baltic Dry, отражающего ставки фрахта сухогрузов.

Уже в сентябре 2008 года, за месяц до обвального падения спроса, на основе этой комбинации сигналов были запущены:

1) Досрочный вывод на плановый ремонт одной из доменных печей на Череповецком комбинате (сокращение потенциального выпуска на 15 %).

2) Агрессивное хеджирование валютных рисков и фиксация цен на часть сырья через форвардные контракты.

3) Приоритетная отгрузка продукции по долгосрочным контрактам с фиксированной ценой в ущерб спотовым продажам.

В IV квартале 2008 года мировой спрос на сталь рухнул на 20 %. Компании, работавшие в старой парадигме (ряд российских и украинских предприятий), столкнулись с катастрофическим ростом запасов и кассовыми разрывами. ПАО «Северсталь» благодаря упреждающим действиям сократила выпуск стали в IV квартале 2008 года на 28 % кв/кв, что почти точно совпало с падением спроса. Это предотвратило накопление избыточных запасов, оцениваемых в 500-700 тыс. тонн, с потенциальными потерями на хранении и последующем демпинге в \$80-120 млн. Сохранённый денежный поток стал критическим ресурсом для последующего выхода из кризиса.

Резкая девальвация рубля в конце 2014 года создала двоякий эффект: рост рублевой выручки от экспорта и скачок инфляционных издержек внутри страны.

В данный период ключевую роль сыграл не прямой ценовой сигнал, а индикатор макроэкономических ожиданий – ежемесячные опросы Института Гайдара об индексе предпринимательской уверенности в строительстве. Его обвал с +5 до -25 пунктов в ноябре 2014-го предупредил о грядущем сворачивании частных строительных проектов в РФ в I-II кварталах 2015 года.

Аналитический центр «Северстали» смоделировал сценарий перетока металла с внутреннего на экспортный рынок из-за выгодного курса и параллельного сокращения внутреннего спроса. Были приняты решения:

1) Заблаговременная аренда дополнительных складских мощностей в портах Усть-Луга и Санкт-Петербурга для формирования экспортных партий.

2) Корректировка графика производства в сторону марок стали,

востребованных на ближневосточном и турецком рынках.

Пока внутреннее потребление стали в РФ в 2015 году сократилось на 4,5 %, экспорт «Северстали» вырос на 18 % в натуральном выражении. Оперативная переориентация потоков позволила удержать загрузку мощностей на уровне 89 % (отраслевое среднее – около 83 %) и получить дополнительную экспортную выручку около \$300 млн. – за счёт более выгодного курса и грамотной логистики.

Несмотря на прорывной характер, парадигма опережающих индикаторов столкнулась со своими ограничениями, которые стали очевидны к концу 2010-х [15-20]:

1) Проблема ложных сигналов и шума. Индикаторы (особенно PMI) подвержены краткосрочным колебаниям. Требовалась сложная фильтрация и анализ комбинаций, чтобы отделить тренд от статистического шума.

2) Линейность предположений. Модели нередко предполагали линейную или лог-линейную связь между индикатором и целевой переменной. Структурные разрывы вроде санкций 2014 и 2022 годов в них не улавливались – исторических прецедентов в данных просто не было.

3) Зависимость от публичной статистики. Лаги в публикации данных Росстата и статистических управлений других стран (1-2 месяца) оставались узким местом, ограничивая реакцию в «живом» времени.

Современная парадигма, формирующаяся в ПАО «Северсталь» с конца 2010-х годов, представляет собой не эволюцию предыдущих подходов, а их синтез в принципиально новую философскую и технологическую конструкцию. Если оперативная аналитика работала с опережающими индикаторами как с детерминированными сигналами, то новая система оперирует вероятностными контурами ожиданий и неструктурированными цифровыми следами, превращая аналитику из реактивного и проактивного в предиктивно-адаптивное. Ее цель – не просто предсказать наиболее вероятный сценарий, а обеспечить устойчивость бизнес-модели в условиях волатильности, неопределенности, сложности и неоднозначности (VUCA-мир).

Ядром системы является вероятностно-динамическая модель глобального

рынка стали, которая непрерывно обучается на гетерогенных данных. В отличие от линейных регрессий прошлого, в основе лежат ансамбли алгоритмов машинного обучения (градиентный бустинг, рекуррентные нейронные сети), способные выявлять неочевидные, нелинейные корреляции [33, 35-38].

Вместо ожидания ежемесячного PMI, система в реальном времени анализирует спутниковые снимки (данные Sentinel-2 и Planet Labs) для оценки: уровня загрузки парковок на заводах автоконцернов-потребителей, теплового излучения от труб металлургических комбинатов-конкурентов, активности грузового транспорта у логистических хабов. Алгоритмы компьютерного зрения выявляют изменения с точностью до 5-7 % в недельной динамике. Для «Северстали» внедрение анализа спутниковых данных складов стали в портах Роттердама и Алиага (Турция) с 2021 года позволило прогнозировать ценовое давление на европейском рынке с опережением на 3-4 недели по сравнению с данными официальной статистики. Компания также анализирует данные AIS (Automatic Identification System) о движении сухогрузов с углем, рудой и ломом в ключевых узлах (Суэцкий канал, Гибралтар, Босфор). Нейросетевая модель, обученная на данных 2018-2023 гг., научилась предсказывать сбои в логистике и, как следствие, локальный дефицит сырья с вероятностью 82 %. Например, накопление балкеров у входа в Босфор сверх 15-дневного среднего с вероятностью 0,75 предсказывает рост фрахтовых ставок на Черном море на 12-18 % в течение 10 дней, что напрямую влияет на себестоимость поставок (рисунок 28).

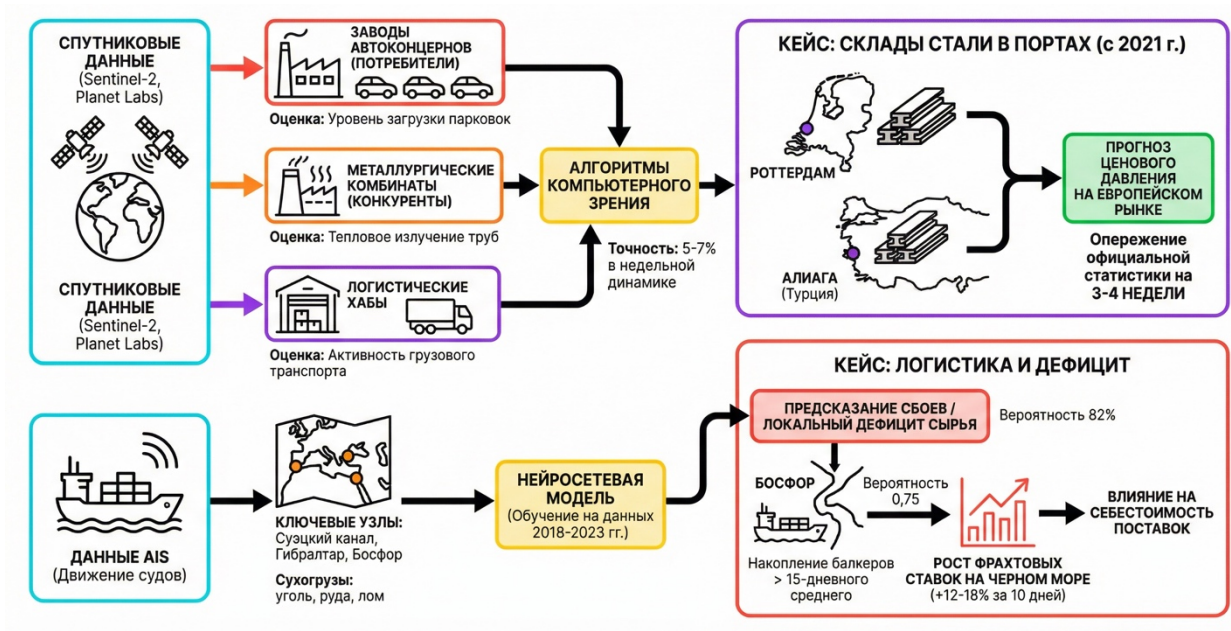


Рисунок 28 – Система опережающего анализа рынка ПАО «Северсталь»

Источник: составлено автором

Синтетический индекс ожиданий (SynthEx) агрегирует поведенческие данные: тональность обсуждений в профессиональных чатах и на форумах (типа SteelOrbis) с использованием NLP (Natural Language Processing), частоту и структуру поисковых запросов по ключевым продуктам «цена арматуры А500С», «поставка горячекатаного рулона» в B2B-сегменте Яндекс, динамику запросов коммерческих предложений на электронных торговых площадках. Резкий рост доли негативных сентиментов в сочетании с ростом запросов «дефицит» коррелирует ($R=0,71$) с последующим ростом волатильности цен в регионе.

Для реализации парадигмы в «Северстали» был создан Центр предиктивной аналитики (ЦПА), подчиняющийся непосредственно CFO и работающий в режиме 24/7. Его ключевые элементы:

1) Платформа Data Fusion Hub, которая объединяет внутренние данные ERP (SAP), MES-систем, внешние коммерческие базы (Platts, Argus), альтернативные данные (спутники, AIS, соцсети) и макропоказатели. Объем обрабатываемых неструктурированных данных превышает 2 ПБ (петабайт).

Опираясь на непрерывный прогноз, система формирует не 3-4 статических сценария, а вероятностное распределение тысяч потенциальных траекторий

развития ключевых переменных – спрос, цена, курс. Используются метод Монте-Карло и байесовские сети для постоянного пересчёта вероятностей. Например, система ежедневно оценивает вероятность падения спроса в Юго-Восточной Азии на $> 5\%$ в следующем квартале. При превышении порога в 40% автоматически запускается превентивный алгоритм ребалансировки портфеля заказов.

Наиболее продвинутый элемент – автоматизированные петли обратной связи (Autonomous Control Loops). Прогностические модели напрямую интегрированы с системами управления производством и логистикой. Если модель прогнозирует с вероятностью выше 65% рост спроса на оцинкованный прокат в Центральной России через 8 недель, система автоматически формирует рекомендацию для диспетчерской службы – увеличить плавки соответствующих марок стали и зарезервировать вагоны-рукава под готовую продукцию, минимизируя человеческое вмешательство.

Санкционный шок 2022 года стал стресс-тестом для новой парадигмы. Традиционные модели, основанные на исторических корреляциях, полностью разрушились. Прогностическая система, работающая на альтернативных данных и вероятностных моделях, продемонстрировала свою ценность.

Еще в январе-феврале 2022 года NLP-модуль SynthEx зафиксировал взрывной рост упоминаний санкционных рисков и логистических коллапсов в англоязычных и немецких отраслевых медиа. ЦПА смоделировал 47 сценариев разной степени жесткости санкций. Наиболее вероятный сценарий (вероятность 55%) предполагал запрет на поставки полуфабрикатов в ЕС и закрытие логистических маршрутов через Балтику. Конкретные управленческие решения, принятые на основе прогнозов:

- 1) На основе анализа А-данных были идентифицированы новые логистические узлы – порты Кавказа и Каспия. Модель рассчитала оптимальные маршруты и потребность в вагонах. Это позволило к апрелю 2022 года переориентировать до 30% европейского экспорта на новые направления, сократив простой активов.

- 2) Прогноз падения спроса на премиальные марки стали для европейского

автопрома привел к упреждающей перенастройке производственных программ на выпуск товарного сортамента для строительства и инфраструктуры стран Ближнего Востока и Азии.

3) На основе вероятностной оценки динамики курса рубля и цен на уголь были заключены асимметричные форвардные контракты, защитившие маржу.

Сравнение с компаниями, оставшимися в прежней парадигме, показало:

1) ПАО «Северсталь» вышла на плановые объёмы отгрузок по новым маршрутам на 8-10 недель раньше конкурентов, что сохранило выручку около \$400-500 млн. во II-III кварталах 2022 года.

2) Динамическое перераспределение сырья и энергоносителей на базе предиктивных моделей позволило удержать рост себестоимости тонны стали в 2022 году на уровне 24 % – при отраслевом среднем 32-35 %. В абсолютных цифрах при производстве 11,5 млн. тонн это даёт преимущество ~\$120-150 млн.

3) Автоматизированные контрольные петли сократили уровень незапланированных простоев в период турбулентности до 2,1 % (при плановом 1,8 %), тогда как у предприятий с ручным управлением этот показатель доходил до 5-7 %.

Несмотря на эффективность и обоснованность, новая парадигма сталкивается с уникальными проблемами. Сложность моделей «чёрного ящика» затрудняет понимание причинно-следственных связей, и это вызывает сопротивление у традиционных менеджеров. Система оказывается уязвимой для целенаправленных кибератак на источники данных (спутниковые провайдеры, AIS-трансляторы) и для манипуляций в цифровой среде (атаки на сентимент). Использование альтернативных данных – например, наблюдение за конкурентами через спутники – находится в серой правовой зоне.

Современная парадигма прогностического управления, внедряемая в ПАО «Северсталь», трансформирует компанию из промышленного гиганта в когнитивную корпорацию, где стратегические решения принимаются на стыке технологий больших данных, искусственного интеллекта и человеческого экспертного суждения. Она позволяет не только адаптироваться к изменениям, но

и формировать будущие контуры рынка, опережая конкурентов в скорости принятия решений и точности аллокации ресурсов. В контексте новой геоэкономической реальности эта парадигма перестает быть конкурентным преимуществом – она становится условием выживания и суверенитета промышленного предприятия. Инвестиции в ее развитие и улучшение являются наиболее рентабельными, так как направлены не на оптимизацию прошлых процессов, а на создание адаптивного интеллектуального каркаса для управления непредсказуемым будущим.

2.3 Диагностика ключевых проблем прогнозирование закономерностей функционирования и идентификация факторов неопределенности внешней и внутренней среды на примере металлургической отрасли РФ³²

Современная система прогнозирования металлургической отрасли РФ, представляющая собой гибридную модель, интегрирующую эконометрические подходы, опережающие индикаторы и элементы искусственного интеллекта, сталкивается с комплексом структурных проблем. Эти проблемы можно классифицировать на три взаимосвязанных кластера:

- 1) Проблемы идентификации и квантификации неопределенности.
- 2) Методологические ограничения в выявлении нелинейных закономерностей.
- 3) Организационно-технологические разрывы в использовании прогнозов.

Их диагностика на основе данных компании за период 2020-2024 гг. позволяет выявить системные «узкие места», ограничивающие точность и, главное, полезность прогнозных моделей для принятия стратегических решений.

³² Материалы параграфа изложены в следующих публикациях автора:

- Богачев А.С. Двухконтурная адаптивная система прогнозирования для металлургических предприятий на основе проактивного планирования. XXV Международная Научно-Практическая Конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ» (шифр –МКАВН). Москва, 14 мая 2026 года.

Фундаментальная проблема современного прогнозирования в металлургии состоит не в нехватке данных, а в кризисе их интерпретируемости и пригодности для измерения принципиально новой природы рисков. Так, для ПАО «Северсталь» период после 2020 года стал эпохой системного столкновения с двумя категориями неопределённости, каждая из которых требует уникальных методов идентификации, а существующий управленческий аппарат оказался методологически и технологически не готов к их адекватной квантификации. И это привело не к случайным ошибкам, а к структурному зазору между прогнозируемыми и фактическими результатами, цена которого измеряется сотнями миллионов долларов.

Измеримая неопределённость предполагает, что все значимые переменные в принципе известны, но их точные значения или будущая динамика неизвестны. Исторически «Северсталь» решала эту задачу через многофакторные регрессионные модели, где ключевые макро- и отраслевые показатели (ВВП, PMI, объёмы строительства) выступали прокси для будущего спроса. Однако после 2020 года эти модели начали систематически наращивать дисперсию ошибки – что говорит уже не о случайном сбое, а о разрушении самих фундаментальных взаимосвязей.

До 2020 года спрос на плоский прокат в Турции на 74 % ($R^2=0,74$) объяснялся динамикой турецкого индекса промышленного производства и курсом лиры к доллару. За период 2021-2023 гг. объясняющая сила этой модели рухнула до 31 % ($R^2=0,31$). Анализ остатков показал, что модель устойчиво занижала спрос в периоды агрессивных государственных инфраструктурных проектов и завышала – в моменты введения импортных квот. Фактически, за 3 года ценность основного отраслевого индикатора как предиктора упала более чем в 2 раза.

Модель, связывающая цены на уголь с индексом Baltic Dry и промышленным производством Китая, в 2021-2022 гг. давала среднеквадратическую ошибку (RMSE) в \$42/т при средней цене \$280/т (погрешность 15 %). В 2023 году RMSE взлетела до \$78/т при средней цене \$245/т (погрешность 32 %). Источником ошибки стала неучтенная политическая переменная – неформальные ограничения на импорт австралийского угля в Китай и резкий рост спроса со стороны Индии, чья экономическая статистика публикуется с лагом и обладает низкой детализацией.

Отдел прогнозирования продолжал использовать модели, калиброванные на данных 2010-2019 гг., так как процесс их валидации и пересмотра факторов занимал до 18 месяцев. Это явление можно назвать «ретроперспективным прогнозированием» – ситуацией, когда аппарат прогнозирования, стремясь к математической строгости, оптимизирует модели под прошлую реальность, теряя связь с настоящим. Финансовые последствия: совокупная ошибка в прогнозе цен на ключевое сырье и спроса на ключевых рынках в 2022-2023 гг. привела к отклонению фактической операционной прибыли (EBITDA) от плановой на 12-15 %, что в абсолютном выражении составляет \$500-700 млн. ежегодно при EBITDA «Северстали» около \$4.5 млрд.

Неопределенность возникает, когда отсутствует само знание о возможных состояниях системы. Для «Северстали» классическим примером являются не санкции 2022 года как факт, а их конкретные, непредставимые заранее механизмы, такие как запрет на поставку определенных типов проката в третьи страны или блокировка обслуживания судов в нейтральных портах.

До 2022 года в компании существовали сценарии «жестких санкций». Однако они оперировали понятиями «запрет на импорт в ЕС» и «ограничение финансирования». Реальность принесла каскад непредвиденных вторичных и третичных эффектов:

1) Технологическая блокада. Запрет на поставку запчастей и программного обеспечения для систем автоматического управления конвертерами и станами (например, от Siemens). Это привело не к росту издержек, а к риску полной остановки передела. Вероятность и сроки такого события не могли быть оценены, так как не существовало базы данных об уязвимостях конкретных версий ПО.

2) Логистический коллапс цепочек поставок сырья. Санкции против судовладельцев привели не к росту фрахта, а к исчезновению целого класса судов с определенных направлений. Модели, оценивающие логистические издержки, не содержали переменной «доступность тоннажа», так как исторически она была близка к 100 %.

3) Невозможность квантификации. Как присвоить вероятность событию, о

возможности которого не знают даже эксперты? Традиционный VaR или моделирование Монте-Карло бесполезны, так как опираются на исторические распределения. Ущерб от такого рода неопределенности нельзя оценить как отклонение от плановой EBITDA. Это полная или частичная потеря бизнес-модели. Для сегмента экспорта полуфабрикатов в Европу, который с 2023 года прекратил существование, речь идет не о падении прибыли, а о аннулировании актива с балансовой стоимостью около \$1,2 млрд. (доля основных средств, заточенных под этот продукт).

Неопределенность не идентифицируется через мониторинг традиционных индикаторов. Ее сигналы носят слабый, периферийный характер: появление нишевых поправок в законодательстве зарубежных стран, техно-националистическая риторика в отчетах конкурентов, внезапные изменения в паттернах заключения сверхкраткосрочных контрактов на рынке. Существующие системы Business Intelligence «Северстали», настроенные на отслеживание четких КПЭ, отфильтровывают такие сигналы как информационный шум.

Наиболее опасный вызов – это смешение двух типов неопределенности в одном событии. Например, энергетический кризис в Европе 2022 года:

1) Можно было смоделировать влияние роста цены газа на себестоимость стали у европейских конкурентов (увеличение на €150-200/т).

2) Невозможно было заранее оценить политическое решение о принудительном сокращении потребления газа промышленностью на 15-20 %, что привело не к росту издержек, а к физической невозможности производства на части мощностей. Это вызвало не прогнозируемый сдвиг кривой предложения, а ее дискретный разрыв.

В свою очередь ПАО «Северсталь» использовала оптимизационные модели по загрузке мощностей, предполагая, что высокая стоимость сделает европейских производителей неконкурентными. Компания увеличила экспортные поставки в ожидании роста дефицита, однако реальный спрос в Европе оказался ниже прогнозов из-за рецессии, что привело к формированию избыточных запасов у дистрибьюторов и последующему ценовому обвалу. Прямые потери от ошибочной конъюнктурной оценки составили \$150-200 млн. за полугодие.

Следовательно, можно сделать вывод, что проблема идентификации и квантификации неопределенности в ПАО «Северсталь» упирается в необходимость фундаментального пересмотра философии прогнозирования. Требуется не усовершенствование старых моделей, а создание двухконтурной системы (рисунок 29):

1) Контур «измеряемого риска» для неопределенности, переведенный на режим непрерывного машинного обучения с автоматическим поиском распадающихся корреляций и заменой устаревших индикаторов на альтернативные данные (спутниковые снимки, трафик B2B-платформ).

2) Контур «сигналов слабых воздействий», построенный на принципах разведки будущего и методологии «Серых лебедей» (известные, но игнорируемые риски). Его задача – не дать точную цифру, а своевременно повысить уровень организационной тревожности и инициировать разработку планов устойчивости, а не оптимизации.

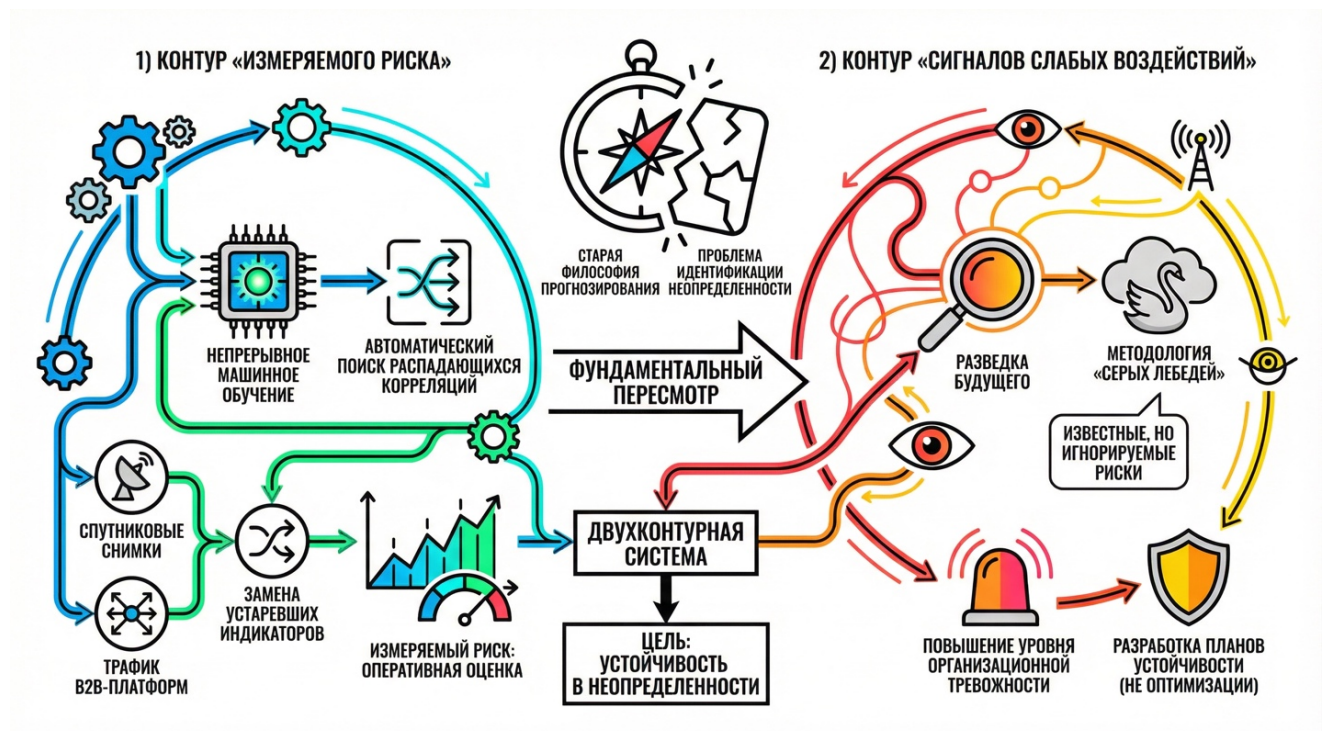


Рисунок 29 – Двухконтурная система прогнозирования

Источник: составлено автором

Современная система прогнозирования ПАО «Северсталь», несмотря на внедрение элементов машинного обучения, в своей методологической основе остается заложницей линейной парадигмы мышления. Это проявляется в систематической неспособности моделей улавливать и корректно интерпретировать нелинейные зависимости и петли обратной связи, которые являются не исключением, а правилом в современных экономико-технологических системах. Данный методологический изъян приводит не к случайным погрешностям, а к стратегическим ошибкам в оценке эффективности инвестиций, ценовых трендов и конкурентной динамики.

Многие ключевые процессы в металлургии подчиняются не линейным, а пороговым зависимостям, когда незначительное изменение входного параметра после достижения критической точки вызывает скачкообразное изменение результата. Существующие модели «Северстали», оперирующие средними эластичностями, оказываются слепы к этим «точкам бифуркации».

Существует зависимость между затратами на экологию, стоимостью капитала и доступом к рынкам. Линейная модель оценивает проект установки системы улавливания и утилизации доменных газов стоимостью €200 млн. как затратный, увеличивающий себестоимость тонны стали на €15-20. Однако реальная зависимость носит нелинейный характер.

Пороговый эффект №1. Доступ к «зеленому» финансированию. При достижении определенного уровня экологических показателей (например, выбросов CO₂ менее 1.8 т/т стали) компания получает доступ к ESG-облигациям. В 2023 году разница в ставке купона между обычными и «зелеными» евробондами для металлургического сектора составляла 1,4-1,8 п.п. Для «Северстали» с долгом около \$3,2 млрд. ежегодная экономия на процентах могла бы составить \$45-58 млн. Линейная модель, распределяющая выгоду равномерно, не видит этого скачка, так как не учитывает бинарный характер доступа к инструменту.

Пороговый эффект №2. Премия на рынке проката с низким следом. Ценовая премия за «зеленую» сталь возникает не постепенно, а при предоставлении сертификата по стандарту ISO 14067 или аналогичного. Автопроизводители ЕС

готовы платить доплату в €100-150 за тонну только при документально подтвержденном пороге углеродоемкости. Линейная прогнозная модель, закладывающая равномерный рост цены на €5 за каждую сэкономленную тонну CO₂, занижает потенциальную выручку от проекта на порядок. Фактически, проект, который линейная оценка показывает, как убыточный (NPV = -€50 млн), при нелинейной оценке с учетом пороговых премий может иметь положительный NPV в +€150-200 млн. на горизонте 10 лет.

Прогноз затрат на доставку в новый регион часто строится как линейная функция от расстояния и фрахтовых ставок. Однако реальность демонстрирует нелинейный рост издержек из-за эмерджентных свойств новой логистической сети.

Пример реэкспорта через Египет (2023 г.). Первоначальная модель оценила стоимость доставки проката в Египет с последующей перевалкой и отправкой в страны Африки на уровне \$85/т. Фактическая стоимость к концу года достигла \$140/т. Ошибка возникла из-за неучета обратной связи и кумулятивного эффекта: массовый приход российских и азиатских экспортеров в порт Александрия привел к его перегруженности. Рост времени обработки судов с 3 до 12 дней вызвал каскадный эффект: рост демереджа (штраф за простой судна) с \$15 тыс. до \$45 тыс. в день, необходимость аренды дополнительных припортовых складов и, как следствие, рост внутренней логистики. Модель не содержала переменной, описывающей пропускную способность порта как функцию от общего грузопотока, что является классической нелинейной зависимостью с точкой насыщения.

Нельзя не отметить игнорирование положительных и отрицательных обратных связей, приводящее к системным ошибкам прогноза (рисунок 30). Сложные системы управляются петлями обратной связи, где выход системы влияет на ее вход. Большинство моделей «Северстали» построены по принципу «вход → черный ящик → выход», игнорируя эти петли, что ведет к принципиальному непониманию динамики.

Традиционный прогноз цен на высокомаржинальную продукцию (например, оцинкованный автолист) предполагает, что высокие цены будут сохраняться до насыщения спроса. Однако в реальности действует петля:

1) Высокие цены (2021-2022 гг.) привлекают новых игроков и стимулируют существующих конкурентов наращивать выпуск.

2) Наращивание выпуска требует инвестиций в новые, более эффективные мощности (например, линии горячего цинкования последнего поколения).

3) Внедрение новых технологий снижает себестоимость конкурентов, позволяя им снижать цены, сохраняя маржу.

4) Снижение цен разрушает высокомаржинальный рынок.

В 2023 году «Северсталь» прогнозировала сохранение высокой маржи на автолист для внутреннего рынка, основываясь на стабильном спросе автопроизводителей. Однако модель не учла, что конкуренты (в т.ч. НЛМК, Магнитка) вложили в новые мощности, и к концу 2023 года фактическая цена реализации оказалась на 17 % (\$160/т) ниже прогноза. Потери выручки на данном сегменте составили порядка \$130 млн. за год. Модель, не содержащая переменной «совокупные инвестиции конкурентов в новые мощности за последние 3 года», не могла предсказать этот сдвиг.



Рисунок 30 – Иллюстрация отрицательного влияния петли обратной связи, приводящая к системным ошибкам прогноза

Источник: составлено автором

При освоении новых рынков (например, Мексика или ОАЭ) «Северсталь» использует модели, предсказывающие рост доли рынка как линейную функцию от маркетинговых затрат и ценового демпинга. Однако в цифровую эпоху работает нелинейная петля:

1) Первые поставки (даже небольшие) генерируют данные о спецификациях клиентов, логистических издержках, качестве сервиса.

2) Эти данные через системы предиктивной аналитики позволяют оптимизировать производственные партии, логистические маршруты и уровень запасов.

3) Оптимизация приводит к снижению издержек и повышению надежности поставок.

4) Повышение надежности и снижение цены ведет к ускоренному захвату доли рынка.

В 2022-2023 гг. при выходе на рынок ОАЭ «Северсталь» планировала занять долю в 8 % за 24 месяца. Фактически за 12 месяцев была достигнута доля в 11 %. Линейная модель, опиравшаяся на опыт выхода в Турцию, давала значительную ошибку – она не учитывала эффект ускорения, создаваемый цифровой обратной связью. Недооценка скорости роста привела к неоптимальному планированию логистических мощностей и потерям потенциальной выручки от более агрессивного расширения в \$50-70 млн. из-за дефицита тоннажа в пиковые периоды.

Крупные инвестиционные решения – например, строительство установки прямого восстановления железа (DRI) – оцениваются через DCF-модели, где выгоды от нового актива суммируются линейно. Однако реальная ценность таких проектов часто определяется нелинейными синергиями с существующими активами, которые модели не улавливают.

Возьмём проект DRI на замену доменного производства (оценка 2022 г.). Линейная модель оценивает его в €1,5 млрд и считает гранично рентабельным при условии сохранения цен на газ. Комплексный анализ, однако, вскрывает нелинейные синергии:

1) Синергия с энергогенерацией. DRI-процесс даёт избыточный синтез-газ,

который можно пускать на генерацию электроэнергии, покрывая до 30 % потребностей комбината. Это не просто экономия на покупке энергии (линейный эффект), а снижение волатильности и риска перебоев – и за счёт этого растёт надёжность поставок для премиальных контрактов, позволяя требовать ценовую премию в 3-5 %.

2) Синергия с продуктовым портфелем: Чистое железо DRI позволяет выпускать сверхнизкоуглеродистые марки стали и открывает доступ к рынкам с жёсткими экологическими стандартами. Это не расширение линейки, а качественный скачок в ценовом позиционировании – формируется новая кривая спроса.

Игнорирование таких нелинейных синергий ведёт к систематическому недоинвестированию в прорывные технологии. Разница в оценке NPV между линейной и нелинейной (с учётом синергий) моделью может достигать 300-400 %, и вердикт финансовой модели становится диаметрально противоположным.

Ограничения в выявлении нелинейностей и обратных связей у ПАО «Северсталь» – следствие доминирования подхода, разбивающего систему на линейно связанные части. Для преодоления нужен парадигмальный сдвиг в сторону системной динамики (System Dynamics) и агентного моделирования. А именно:

1) Построение каузальных диаграмм для ключевых бизнес-процессов с явной фиксацией петель обратной связи.

2) Использование агентного моделирования для анализа рыночной динамики, где конкуренты, клиенты и регуляторы выступают агентами с собственной логикой поведения.

3) Внедрение в инвестиционный анализ методов реальных опционов, позволяющих количественно оценить ценность нелинейных гибкостей и синергий.

Без этого прогнозные модели обречены на систематические сбои в моменты, когда система переходит через пороговые значения или когда петли обратной связи начинают доминировать в ее поведении. Цена методологической ошибки перестает быть погрешностью и становится стоимостью упущенных стратегических возможностей.

Анализ, проведенный на примере ПАО «Северсталь», выявил триаду

методологических тупиков в современных системах прогнозирования (рисунок 31):

1) Кризис квантификации, где традиционный вероятностный аппарат бессилён перед неопределённостью типа геополитических разрывов, не имеющих исторических распределений.

2) Доминирование линейных парадигм, неспособных описать пороговые эффекты и нелинейные синергии, такие как скачкообразное возникновение ценовых премий за «зеленую» сталь или кумулятивные логистические коллапсы.

3) Организационный разрыв между скоростью генерации альтернативных индикаторов ожиданий (спутниковые данные, NLP-сентимент) и циклом принятия стратегических решений, основанных на устаревших агрегированных показателях.

Решением, предлагаемым автором, является построение гибридной адаптивной системы прогнозирования на основе теории нечётких множеств (ТНМ) и нечётких когнитивных карт (рисунок 31). Этот подход обеспечивает не эволюционное улучшение точности, а кардинальную смену философии моделирования: задача смещается из плоскости поиска «наиболее вероятного» будущего в плоскость управления спектром возможных состояний системы.

Преимущество ТНМ – в отказе от бинарной логики («риск/нет риска», «рост/падение») в пользу градуированных оценок. Это позволяет напрямую работать с лингвистическими переменными и экспертной логикой, формализуя те самые «слабые сигналы», которые и составляют суть индикаторов ожиданий в эпоху турбулентности.



Рисунок 31 – Гибридная адаптивная система прогнозирования

Источник: составлено автором

Показатели разной природы – количественный индекс PMI (например, 47,3 пункта), качественная оценка тональности отраслевых новостей («напряжённая»), данные геолокации о загрузке терминалов – переводятся в универсальный язык степеней принадлежности к нечётким термам. Так, $PMI = 47,3$ может получить распределение: {«Сокращение»: 0,65, «Стагнация»: 0,35, «Рост»: 0,0}. Эта процедура снимает проблему шума и разнородности, превращая любой индикатор в вход для единой модели.

Чтобы преодолеть ограничения в выявлении нелинейностей и обратных связей, ядром системы становится НКК (рисунок 32). Ее узлы – ключевые нечёткие концепты бизнес-среды: «Доступ к зелёному финансированию», «Логистическая напряжённость на южных направлениях», «Давление потребителей на углеродный след». Связи между узлами имеют нечёткие веса («сильно положительное», «слабо отрицательное»). Итерационный расчёт НКК позволяет смоделировать каскадные эффекты, когда изменение одного фактора (например, введение СВМ) вызывает непропорциональные изменения в других, обнажая скрытые синергии и уязвимости, невидимые для регрессионных моделей.

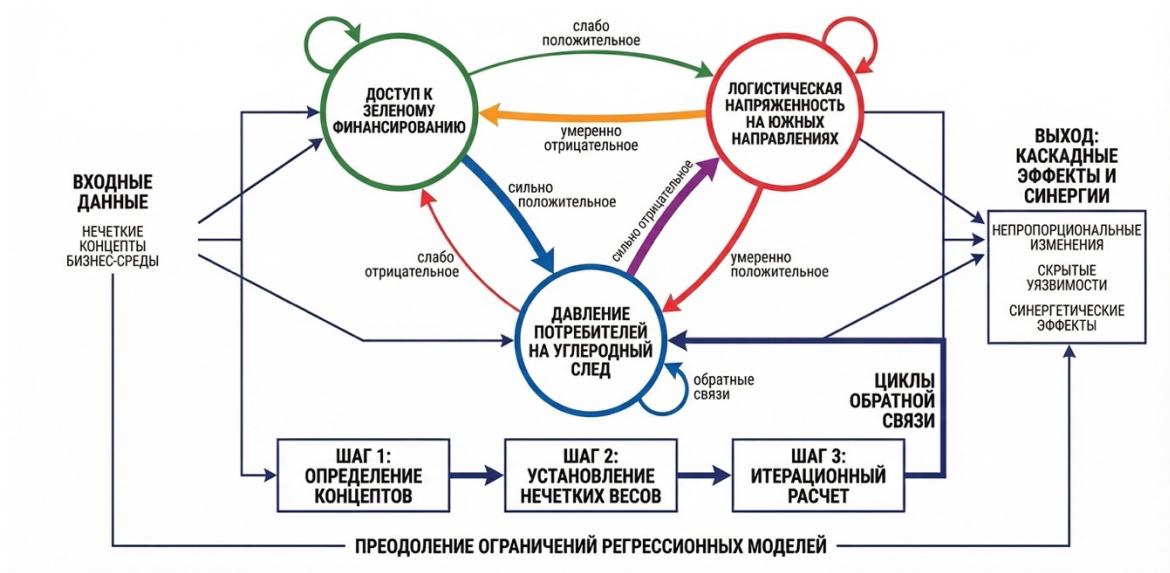


Рисунок 32 – Пример НКК

Источник: составлено автором

На основе активированных состояний НКК и базы экспертных правил вида «ЕСЛИ (А и В), ТО (С)» система формирует распределение возможностей для ключевых целевых переменных. Вместо точечного прогноза «спрос упадёт на 5 %» модель выдаёт оценку: {«Резкое падение»: 0,2, «Умеренное падение»: 0,6, «Стагнация»: 0,2}. Это напрямую решает проблему неопределённости - бессмысленную в данном контексте «вероятность» заменяет содержательная «возможность», основанная на текущей конфигурации индикаторов и экспертных правилах.

Система самообучается, корректируя функции принадлежности и веса связей в НКК на основе расхождений между нечётким прогнозом и фактической реализацией. Это даёт адаптацию к структурным сдвигам – таким, как изменение влияния логистики на себестоимость с 10 % до 22 %, что было ключевой ошибкой традиционных моделей «Северстали».

Внедрение такой системы приведет к фундаментальной трансформации процесса прогнозирования. Менеджеры получают инструмент для «проигрывания» решений. Вопрос «Что будет, если мы инвестируем €200 млн. в газоочистку?» будет анализироваться НКК, показывающей нелинейный эффект: как это решение изменяет степень принадлежности компании к концепту «Поставщик премиального сегмента»,

и как через цепь связей это влияет на прогноз маржи.

Политические и регуляторные угрозы, ранее остававшиеся в области качественных обсуждений, получают численное выражение через степени принадлежности к термам «Высокий репутационный риск» или «Критическая регуляторная угроза», что позволит включать их в формальные модели управления капиталом.

Автоматизированный контур, где нечеткий вывод напрямую связан с системой поддержки принятия решений, позволит сократить цикл реакции с квартального до недельного. Например, достижение порогового значения степени принадлежности «Логистического хаба» к термину «Коллапс» может автоматически инициировать протокол перенаправления грузопотоков.

Таким образом, предлагаемый подход на основе ТНМ не является простой заменой одного математического аппарата другим. Это создание нового типа организационного интеллекта, способного оперировать присущей современной среде неопределенностью, не пытаясь ее искусственно устранить. Для ПАО «Северсталь» это означает переход от дорогостоящего реагирования на кризисы к проактивному формированию антихрупкой бизнес-архитектуры, где прогнозная модель становится не вспомогательным инструментом, а основой для непрерывной адаптивной оптимизации всей цепочки создания стоимости в условиях постоянных внешних возмущений.

3 РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ НЕЧЕТКО-СЦЕНАРНОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫРУЧКИ И ИНДИКАТОРОВ ОЖИДАНИЙ

3.1 Формирование системы индикаторов ожиданий предприятия на примере металлургического сектора РФ²⁹

В данном исследовании автором предлагается агрегировать высокочастотные индикаторы ожиданий в два блока. Это помогает учесть ключевые источники экономической неопределенности для металлургических предприятий РФ. Система индикаторов, основанная на доступных данных, характеризуется ценностью предиктивного анализа и практической применимостью. Высокочастотные индикаторы ожиданий непосредственно нормализуются и в дальнейшем трансформируются в лингвистические переменные с определенными границами для использования в модели нечеткого вывода.

Первый блок описывает потребительские ожидания, основная цель которого – минимизация запаздывания прогнозирования ретроспективных моделей. Он включает в себя два основных принципа: сегментация и анализ опережающих сигналов. Последний формируется на основе когнитивных карт, описывающий не свершившееся исторические данные, а актуальные финансовые возможности и намерения клиентов.

Совокупная оценка финансового давления экологической повестки на модель металлургического предприятия РФ описывается вторым блоком системы – регуляторно-экологические ожидания субъектов рынка.

²⁹ Материалы параграфа изложены в следующих публикациях автора:

- Богачев А. С. Формирование системы высокочастотных индикаторов ожиданий с целью проактивного управления металлургическими предприятиями РФ // Экономика и управление: проблемы, решения. 2026. No 9. Т. 5. С. 94–100; <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2026.09.05.010>.

Первым предлагаемым показателем является сегментированный индекс промышленной активности (СИПА), заменяющий агрегированный PMI, и позволяющий более точно сформировать прогностические оценки для металлургического предприятия РФ. Он включается в себя три основных компонента, нормализованные весовыми коэффициентами для конкретного предприятия по корреляционным исследованиям с целью дальнейшего объяснения вклада каждого в описание главенствующей переменной. Индекс позволяет с горизонтом от 4-х до 8-ми месяцев спрогнозировать формирующийся рыночный спрос на сортовой прокат и толстый лист металлоконструкций.

На основании анализа ретроспективных данных автором исследования было выявлено, что увеличение годового объема выданных разрешений на строительство по РФ на 1 % способствовало росту спроса на металлопродукцию в среднем на 7-8 % в последующем шестимесячном горизонте. Данные флуктуации описывает первый показатель сегментированного индекса промышленной активности (СИПА) – компонент «Инвестиционный цикл» (ИЦ).

Вторым компонентом выступает «Операционная активность» (ОА) и является, наоборот, сигналом падения спроса на металлопродукцию ввиду сокращения темпов производства строительных материалов, таких как: цемент и железобетон. Прямая корреляционная зависимость снижения производств бетона и закупки металла помогает, по мнению автора, скорректировать СИПА на основании целевого использования материалов, а не плановых намерений.

Заключительный компонент, который анализируется по данным ЕИС, выступает в качестве дополнительной нормализации СИПА, так как учитывает реальный объем квартальных государственных контрактов по закупке материалов. Определим его как компонент «Господдержка» (ГП).

СИПА рассчитывается по формуле (1):

$$\text{СИПА}(t) = 0,4\text{Норм} \cdot \text{ИЦ}(t) + 0,3\text{Норм} \cdot \text{ОА}(t) + 0,2\text{Норм} \cdot \text{ГП}(t), \quad (1)$$

где Норм – процедура z-score нормализации.

Значение индекса, скажем, +1,2 стандартных отклонения само по себе мало что говорит менеджеру. А вот его перевод в степени принадлежности - например: {«Стагнация»: 0,2, «Умеренный рост»: 0,7, «Бум»: 0,9} - сразу даёт качественную оценку: «ситуация ближе всего к умеренному росту». По сути, формализуется экспертное суждение типа «рынок довольно хороший».

В качестве следующего высокочастотного индикатора ожиданий выступает индекс финансовой устойчивости сбытовой цепочки (ИФУЦ). Он состоит из двух компонентов, внутренний и внешний, и на горизонте от 60 до 90 дней преждевременно оценивает вероятность срыва поставок и возникновение дебиторской задолженности.

Для оценки внутреннего компонента применяется кредитный скоринг с приписыванием динамического рейтинга для каждого покупателя. Это позволяет выявить процент свершившихся месячных долей отгрузок для связанных с повышенным и критическим риском контрагентов. Данный суб-коэффициент автор характеризует как «Риск контрагента» (РК).

Внешний компонент, связанный с системным стрессом (СС), позволяет скорректировать ИФУЦ на основе данных ЕФРСБ о банкротстве юридических лиц, что, по мнению автора, приводит к нарастающим предкризисным событиям. Данные макропоказатели заблаговременно сигнализируют о предстоящих изменениях в период экономической нестабильности, что также позволит скорректировать сценарные модели прогноза стоимостных драйверов выручки металлургического предприятия.

На основании вышенаписанного индикатор ИФУЦ рассчитывается по формуле (2):

$$\text{ИФУЦ}(t) = 0,7 \cdot \text{Норм} \cdot \text{РК}(t) + 0,3 \cdot \text{Норм} \cdot \text{СС}(t). \quad (2)$$

С целью нечеткой интерпретации для входа в модель индекс фазифицируется в три критичных термина:

1) «Стабильность». Доля риск-контрагентов < 10 %, рост банкротств

незначителен. Низкая вероятность сбоев в цепочке.

2) «Напряжение». Доля 10-20 %. Требуется усиления контроля за дебиторской задолженностью и диверсификации отгрузок.

3) «Предаварийный режим». Доля больше 20 % в сочетании с ростом банкротств. Сигнал к ужесточению предоплаты, сокращению лимитов отгрузки и формированию резервов под просрочку. В нечеткой модели активирует правила, ведущие к рекомендации «Снижение производства под спотовый рынок».

Истинная прогностическая сила раскрывается при совместном анализе СИПА и ИФУЦ в рамках единой базы нечетких правил. Например, комбинация входных термов:

1) ЕСЛИ (СИПА-С = «Бум») и (ИФУЦ = «Стабильность»), то (Прогноз спроса строительный = «Существенный рост»).

2) ЕСЛИ (СИПА-С = «Умеренный рост») и (ИФУЦ = «Предаварийный режим»), то (Прогноз спроса строительный = «Риск резкой корректировки»). Здесь система предупреждает, что, несмотря на позитивные макросигналы, спрос может обрушиться из-за финансового коллапса в цепочке.

Индикаторы предназначены для работы в комбинациях через систему нечетких правил. Система берет рассчитанные степени принадлежности текущих значений СИПА и ИФУЦ к указанным термам. По правилам нечеткой логики (обычно MIN для «И») определяется степень активации этого правила. Если, например, СИПА принадлежит к «Буму» на 0,8, а ИФУЦ к «Стабильности» на 0,9, то правило активируется с силой 0,8 ($\min(0,8, 0,9)$). Это означает, что вывод «Существенный рост» будет сделан с уверенностью 0,8.

Интеграция разнородных индикаторов происходит на лингвистическом уровне, а не на уровне «сырых» чисел. Это решает ключевую проблему: как сравнить и объединить ИФУЦ (0,18) и СИПА (+1,2). В классической модели нужны сложные веса и нормализация. В ТНМ оба показателя сначала переводятся в универсальный язык: «термы с уверенностью», с которыми и происходит дальнейшая работа (агрегация в правилах).

Следующий блок – диагностика ценовых переломов и маржинального стресса

в глобальном контуре. Он работает с самой чувствительной для прибыльности предприятия зоной: опережающее определение точек разворота глобальных цен и оценка устойчивости внутренней маржи. Его цель – заменить интуитивную оценку «рынка» формализованным индикатором, сигнализирующим о накоплении дисбаланса между цепями поставок и спросом, что с высокой вероятностью предшествует резкой коррекции цен. Ключевая гипотеза: точка перелома определяется не абсолютными ценами, а степенью отклонения от равновесной себестоимости маржинального производителя.

Блок представлен двумя индикаторами ожиданий. Первый – Индекс глобального ценового давления (ИГЦД), являющийся ядром блока; он работает как барометр перегрева или избыточного пессимизма на ключевых товарных рынках, определяющих финансовый результат. ИГЦД даёт опережающий сигнал о вероятности коррекции цен на стальную продукцию с горизонтом 4-10 недель – через квантификацию дисбаланса между текущими спотовыми ценами и фундаментальными издержками маржинального (наименее эффективного) глобального производителя. В отличие от простого сравнения цен, ИГЦД моделирует «ценовой пузырь» или «ценовую яму» через призму рентабельности. В качестве маркерного производителя выбран китайский экспортно-ориентированный сектор – крупнейший в мире и самый чувствительный к изменениям спроса и сырьевых затрат.

Модель себестоимости горячекатаного рулона (HRC) для китайского экспортера описывается формулой (3):

$$C(HRC) = 1,55 \cdot Price(CFR) + 0,53 \cdot Price(FOB) + 85Q + 75, \quad (3)$$

где $C(HRC)$ – себестоимости горячекатаного рулона (HRC), \$/т;

Коэффициенты 1,55 и 0,53 – усредненный технологический расход сырья на тонну стали в Китае, доля;

$Price(CFR)$ – цена железной руды 62 % Fe в Китае, \$/т;

$Price(FOB)$ – цена коксующегося угля в Австралии, \$/т;

Q – прокси-переменная для внутренних китайских издержек (энергия, труд), выраженных в долларах, и равняется $85 \cdot \text{Курс_юань}/\$$;

Константа 75 – усредненные прочие затраты, \$.

Тогда ИГЦД описывается формулой (4):

$$\text{ИГЦД}(t) = \frac{\text{Price}(HRC) - C(HRC)}{C(HRC)} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где $\text{Price}(HRC)$ – средневзвешенная цена предложения горячекатаного рулона (HRC) китайскими поставщиками для экспорта на условиях FOB (Free on Board – товар и риски переходят покупателю в порту отгрузки в Китае), \$/т.

Интерпретация показателя:

1) ИГЦД > 15 %. Спотовые цены значительно превышают себестоимость маржинального производителя. Это зона перегрева («ценового пузыря»). Высокая маржа стимулирует всех игроков наращивать выпуск, привлекая новый объём предложения, что в среднесрочной перспективе ведёт к насыщению рынка и последующему обвалу цен. Исторически значение выше +15 % устойчиво предшествовало коррекции.

2) ИГЦД от -8 % до 15 %. Рынок в состоянии равновесия или умеренного стресса. Производители работают вблизи точки безубыточности, и это ограничивает потенциал как резкого роста (нет инвестиционного стимула), так и глубокого падения (предложение начнёт сокращаться).

3) ИГЦД < -8 %. Спотовые цены ниже себестоимости маржинального производителя. Это зона «ценовой ямы» и будущего дефицита. Длительное пребывание в этой зоне (значение ниже -8 % более 6 недель) ведёт к остановкам высокотратных мощностей, сокращению предложения и закладывает фундамент для последующего восстановления цен.

Полученное процентное значение индекса преобразуется в степени принадлежности к качественным термам, описывающим фазу рыночного цикла:

1) «Глубокий кризис перепроизводства» (ИГЦД < -8 %). Сигнал к подготовке закупки сырья и накоплению складских запасов в ожидании будущего роста цен.

2) «Зона маржинального стресса» (-8 % до +5 %). Рынок в напряжённом равновесии. Требуется осторожность в заключении долгосрочных фиксированных контрактов.

3) «Умеренный рост» (+5 % до +15 %). Зона здоровой, но не экстремальной маржи. Оптимальное время для фиксации прибыли через хеджирование.

4) «Перегрев и пузырь» (ИГЦД > +15 %). Чёткий сигнал о приближающейся коррекции. Требуется максимальной диверсификации контрактной базы, отказа от наращивания спотовых продаж и активации сценариев защиты выручки.

Вторым индикатором является динамический индекс валютно-сырьевого паритета (ДИВСП), который решает специфическую для российских экспортеров проблему «ножниц» между рублевой выручкой и долларовой стоимостью сырья, являясь главным операционным драйвером маржи на внутреннем рынке. Индекс моделирует себестоимость тонны стали по импорто-зависимым статьям в рублях и сравнивает ее с внутренней ценой на основе ежедневной оценки текущего и прогнозного давления на рублевую себестоимость и, соответственно, конкурентное позиционирование компании на внутреннем рынке.

Рублевая «импортная» себестоимость рассчитывается по формуле (5):

$$C(Imp) = (\alpha \cdot Price(R) + \beta \cdot Price(L) + \gamma \cdot Price(F)) \cdot \frac{\text{Курс_руб}}{\$}, \quad (5)$$

где $C(Imp)$ – рублевая «импортная» себестоимость, \$/т.;

$Price(R)$ – цена руды, \$/т.;

$Price(L)$ – цена лома, \$/т.;

$Price(F)$ – цена ферросплавов, \$/т.;

α, β и γ – удельный вес импортируемого сырья, уд. ед.

ДИВСП рассчитывается по формуле (6):

$$\text{ДИВСП}(t) = \frac{Price(HRC_in)}{C(Imp)}, \quad (6)$$

где $Price(HRC_in)$ – внутренняя цена горячекатаного рулона (HRC), \$/т.

Интерпретация:

1) ДИВСП > 1. Внутренняя цена покрывает «импортную» себестоимость с запасом. Благоприятный режим для маржи.

2) ДИВСП ≈ 1 . Цена находится в паритете. Маржа формируется за счет внутренних, неимпортируемых компонентов (энергия, труд, амортизация).

3) ДИВСП < 1 . Внутренняя цена не покрывает стоимость импортного сырья. Сигнал о неизбежном сжатии маржи или необходимости роста цен.

Индекс фазифицируется в термы, описывающие состояние конкурентного преимущества:

1) «Критическое сжатие» (ДИВСП $< 1,5$). Прямая угроза рентабельности. Требуется срочных мер по оптимизации издержек или инициации роста цен.

2) «Напряжённый паритет» (1,5 – 1,7). Зона повышенного внимания. Незначительное укрепление рубля или рост цен на сырьё выведут в зону сжатия.

3) «Устойчивое преимущество» (1,7 – 1,9). Комфортная зона для формирования маржи и стратегического ценообразования.

4) «Сверхдоходная фаза» (ДИВСП $> 1,9$): Ситуация сильного ослабления рубля или отставания внутренних цен от мировых. Позволяет накапливать финансовый буфер.

Для оценки скорости приближения технологических прорывов (водородная металлургия, CCUS) на основе анализа открытых текстовых данных и взвешенной частотности ключевых терминов («водород», «DRI», «улавливание углерода», «электролиз») с использованием TF-IDF предложен индекс интенсивности НИОКР-дискурса (ИНИОКР), рассчитываемый через контент-анализ отчётов и презентаций 10 ведущих мировых металлургических компаний и научных организаций (например, MIT, RWTH Aachen).

Этот индикатор решает стратегическую задачу преодоления «технологической слепоты» – систематического запаздывания традиционных металлургических компаний в реакции на прорывные инновации, которые могут обесценить существующие активы. Его цель – превратить разрозненный поток информации о научных разработках, патентах и стратегических заявлениях конкурентов в формализованный, измеримый сигнал об ускоряющейся или замедляющейся технологической гонке в ключевых направлениях:

1) Водород: «водородная металлургия», «DRI+H₂», «прямое восстановление

водородом», «green hydrogen steel».

2) Углерод: «улавливание CO₂», «CCUS», «карбонизация», «метанол из CO₂», «carbon capture».

3) Электromеталлургия: «электродуговая печь на ВИЭ», «EAF», «сверхвысокомощная дуга».

ИНИОКР предназначен для выявления не самих технологий, а изменения интенсивности и серьезности обсуждения этих технологий среди ключевых игроков – конкурентов, поставщиков оборудования, научных центров и регуляторов. Резкий рост индекса указывает на переход технологии из стадии лабораторных исследований в фазу пилотных проектов и промышленного внедрения, что является сигналом для пересмотра долгосрочных инвестиционных планов.

ИНИОКР является композитным индикатором и состоит из двух взвешенных компонентов, отражающих масштаб и глубину дискурса.

Компонент 1. Индекс частотности-значимости (ИЧЗq). Отражает, насколько тема доминирует в отраслевом нарративе.

Для каждого документа в корпусе за квартал рассчитывается TF-IDF (Term Frequency я- Inverse Document Frequency) для терминов из целевого словаря. TF-IDF повышает вес терминов, которые часто встречаются в конкретном документе, но редко – в общем корпусе, выделяя действительно значимые упоминания, а не общепринятые формулировки.

ИЧЗq рассчитывается по формуле (7):

$$\text{ИЧЗq} = \frac{\sum(\text{TF} - \text{IDFq})}{Nq}, \quad (7)$$

где $\sum(\text{TF} - \text{IDFq})$ – терма i по всем документам квартала q , шт.;
 Nq – количество документов в квартале, шт.

Полученное значение нормируется относительно базового периода (например, среднего за 2020-2021 гг.).

Компонент 2: Индекс контекстуальной зрелости (ИКЗq). Отличает декларативные заявления от описаний конкретных проектов и инвестиций.

Показывает, перешло ли обсуждение от «что» к «как». В данном случае используется анализ тональности и выделение именованных сущностей (NER). Система ищет в предложениях с целевыми терминами:

1) Финансовые контексты. Упоминания сумм инвестиций («€2 млрд», «пилотный проект на \$500 млн»).

2) Проектные контексты. Упоминания сроков («к 2030 году», «ввод в 2026 г.») и мест («завод в Гентте», «испытания в Дуйсбурге»).

3) Партнерские контексты. Упоминания консорциумов, совместных предприятий («совместно с Shell», «партнерство с Siemens Energy»).

ИКЗ_q рассчитывается по формуле (8):

$$\text{ИКЗ}_q = \frac{Q_{in}}{Q_{out}}, \quad (8)$$

где Q_{in} – кол-во предложений с целевыми терминами и финансово-проектным контекстом в квартале, шт.;

Q_{out} – общее кол-во целевых терминов в квартале, шт.

ИНИОКР рассчитывается по формуле

$$\text{ИНИОКР} = \alpha \cdot \text{ИЧЗ}_q + \beta \cdot \text{ИКЗ}_q, \quad (9)$$

где α и β – весовые коэффициенты (например, 0,6 и 0,4), определяемые экспертно, исходя из того, что появление финансовых цифр является более сильным сигналом, чем общий рост упоминаний.

Значение преобразуется в степени принадлежности к качественным термам, описывающим фазу технологического цикла:

1) «Латентная фаза» (ИНИОКР < 0,9). Технологии обсуждаются в узких экспертных кругах. Риск подрыва бизнес-модели минимален в среднесрочной перспективе (10+ лет).

2) «Фаза осознания» (0,9 – 1,2). Тема входит в публичную повестку, обсуждается на отраслевых конференциях. Требуется мониторинг и формирование

экспертизы.

3) «Фаза акселерации» (1,2 – 1,5). Резкий рост упоминаний с конкретными сроками и бюджетами. Критический сигнал для запуска собственных НИОКР или поиска технологических партнеров. Промедление грозит потерей конкурентных позиций через 5-7 лет.

4) «Фаза коммерциализации» (ИНИОКР > 1,5). В публичном поле появляются данные о рентабельности и контрактах на поставку «зеленой» стали. Технология перестает быть гипотетической; происходит перераспределение капитала в отрасли. Требуется решения о модернизации или списании активов.

Таким образом, ИНИОКР служит не прогнозом конкретной даты внедрения технологии, а сигнальным маяком, указывающим на изменение вероятности такого внедрения. Он позволяет «Северстали» управлять не технологиями напрямую, а своей готовностью к технологическому шоку, переводя долгосрочный, плохо формализуемый риск в плоскость регулярного количественного мониторинга и превентивного планирования.

Описанные ранее индикаторы входят в блок потребительский ожиданий. В качестве заключительного в исследовании показателя, описывающего блок регуляторно-экологических ожиданий субъектов рынка, автор предлагает индекс экологических издержек (ИЭИ). Он характеризует «экологические риски» в денежном выражении в повестки «зеленой» экономики и способен систематизировать регуляторные и рыночные сигналы. Проактивное прогнозирование данного высокочастотного индикатора минимизирует эффект роста рисков, связанных с экологией и защитой окружающей среды, непосредственно влияющих на динамические колебания инвестиций и снижение операционной рентабельности.

ИЭИ призван заменить реактивный учет уже понесенных экологических затрат (штрафы, платежи) на упреждающую оценку траектории роста совокупной стоимости экологического следа. Индекс основан на гипотезе, что экологические издержки имеют три компонента, каждый из которых поддается квантификации:

- прямые регуляторные платежи (известные, но растущие);
- капитальные затраты на соответствие (крупные, лежащие на CAPEX).

– рыночная стоимость углерода и репутации (волатильная, формирующая премии/дисконты).

ИЭИ рассчитывается ежеквартально как средневзвешенное трех нормализованных суб-индексов:

1) ИПРБ – суб-индекс прямого регуляторного бремени, учитывающий иски экологических нарушений к металлургическим предприятиям в натуральном и стоимостном выражении. Рассчитывается по формуле (10):

$$\text{ИПРБ} = 0,7 \cdot \text{Норм} \cdot \text{Neg} + 0,3 \cdot \text{Норм} \cdot \text{Isk}, \quad (10)$$

где *Neg* – удельные платежи за негативное воздействие на окружающую среду; *Isk* – количество исков Росприроднадзора и прокуратуры к металлургическим предприятиям РФ, связанных с экологическими нарушениями, по данным картотеки арбитражных дел, шт.

2) ИКЭЗ – суб-индекс капитальных экологических затрат, который описывает долю капитальных расходов экологического назначения. Рассчитывается по формуле (11):

$$\text{ИКЭЗ} = \text{Норм} \cdot \text{Cap} + \text{Норм} \cdot \text{Cor}, \quad (11)$$

где *Cap* – доля капитальных расходов экологического назначения, уд. ед.; *Cor* – бенчмарк-корректор, отклонение доли которого от среднего отраслевого значения.

3) ИРСУ – суб-индекс рыночной стоимости углерода, включающий среднеквартальную стоимость углеродных единиц, спред между ценами фьючерсов на конец года и индекс углеродной премии/дисконта. Рассчитывается по формуле (12):

$$\text{ИРСУ} = 0,5 \cdot \text{EAUq} + 0,3 \cdot \text{Spr} - 0,2 \cdot \text{Index}(\text{CO}_2), \quad (12)$$

где *EAUq* – среднеквартальная цена углеродных единиц (EUA) на бирже EU ETS, евро/т.;

Spr – спред между ценами декабрьских фьючерсов на EUA на 2 и 5 лет вперед (например, декабрь 2025 и декабрь 2028), усл. ед.;

Index(CO₂) – индекс углеродной премии/дисконта, усл. ед.

Тогда ИЭИ рассчитывается по формуле (13):

$$\text{ИЭИ} = w_1 \cdot \text{ИПРБ} + w_2 \cdot \text{ИКЭЗ} + w_3 \cdot \text{ИРСУ}, \quad (13)$$

где w_1 , w_2 и w_3 – коэффициенты, которые определяются на основе анализа чувствительности EBITDA «Северстали» к каждому из факторов (например, через регрессионный анализ).

Для интеграции в нечеткую систему ИЭИ фазифицируется в термы, описывающие режим регуляторно-рыночного давления:

1) «Комфортный режим» (ИЭИ < 1,1). Издержки растут умеренно, в пределах инфляции. Давление не требует срочной коррекции стратегии. Риски под контролем.

2) «Напряженный режим» (ИЭИ 1,1 – 1,4). Устойчивый рост издержек, требующий активных управленческих действий по оптимизации. Включается сценарное планирование с учетом цен на углерод.

3) «Критический режим» (ИЭИ > 1,4). Стремительный рост всех компонентов индекса. Сигнализирует о структурном разрыве в регулировании или рыночных ожиданиях. Требуется пересмотра инвестиционной программы и бизнес-модели, так как текущая операционная деятельность в среднесрочной перспективе может стать нерентабельной.

Таким образом, ИЭИ трансформирует экологическую проблематику из области PR и корпоративной социальной ответственности в строгий финансово-управленческий показатель, интегрируемый в ядро системы принятия решений. Он позволяет ПАО «Северсталь» количественно обосновывать необходимость многомиллиардных «зеленых» инвестиций не с позиции идеологии, а с позиции холодного расчета сохранения долгосрочной конкурентоспособности и стоимости бизнеса.

Разработанная система индикаторов ожиданий представляет собой не набор разрозненных КПЭ, а целостный диагностический контур, сформированный для преодоления ключевых ограничений традиционного прогнозирования. Ее архитектура, основанная на четырех взаимосвязанных блоках (потребительские, рыночно-конъюнктурные, технологические, регуляторно-экологические ожидания),

решает современные фундаментальные задачи прогнозирования.

Во-первых, система обеспечивает оперативную декомпозицию неопределённости. Она заменяет реактивный анализ агрегированных результатов (например, падение квартальной выручки) на проактивный мониторинг опережающих сигналов, локализуя источник будущих проблем. Индекс глобального ценового давления (ИГЦД) диагностирует перегрев рынка за 1-2 месяца до коррекции – то есть позволяет не констатировать упущенную выручку, а защищать её через хеджирование и коррекцию ценовой политики.

Во-вторых, предложенные индикаторы формализуют качественные, нарративные риски, переводя их в плоскость количественного анализа. Технологические угрозы, традиционно остававшиеся в зоне экспертных мнений, получают измеримое выражение через Индекс интенсивности НИОКР-дискурса (ИНИОКР), который фиксирует момент перехода водородной металлургии из стадии лабораторных исследований в фазу промышленных инвестиций. Регуляторное давление превращается в финансовый показатель через Индекс экологических издержек (ИЭИ), агрегирующий прямые платежи, капитальные затраты и рыночную стоимость углерода в единую метрику роста совокупной нагрузки на бизнес-модель. Это позволяет оценивать «зелёный» переход не как статью имиджевых расходов, а как стратегический инвестиционный проект с измеримым влиянием на NPV.

В-третьих – и это, пожалуй, самое значимое – система проектировалась как входной слой для адаптивной нечётко-логической модели. Каждый индикатор, будь то Скорректированный индекс деловой активности (СИПА) или Динамический индекс валютно-сырьевого паритета (ДИВСП), представлен не единым точечным прогнозом, а лингвистической переменной с чётко определёнными функциями принадлежности. Например, значение ИГЦД +25 % не интерпретируется однозначно, а преобразуется в степени уверенности: {«Перегрев и пузырь»: 0,9, «Умеренный рост»: 0,1}. Именно эта «размытость» становится ключевым преимуществом – система адекватно работает в условиях, когда жёсткие пороговые значения теряют смысл.

Из этого следует, что внедрение данной системы индикаторов закладывает

основу когнитивного управленческого каркаса ПАО «Северсталь», способного не просто адаптироваться к изменениям, но и заблаговременно идентифицировать точки бифуркации, в которых формируются новые правила конкурентной игры. Функция стратегического планирования при этом трансформируется из административно-отчётной в интеллектуально-аналитическую – и напрямую влияет на капитализацию компании через снижение премии за стратегическую неопределённость.

3.2 Методология формирования базы данных и расчета индикаторов ожиданий для нечеткого моделирования выручки металлургических компаний

Формирование системы высокочастотных индикаторов ожиданий с дальнейшей нормализацией, переводом показателей к лингвистическим переменным для использования в модели нечеткого вывода построено по принципу «адаптивной композиции». Каждый индикатор в этой системе является не статическим, а динамической функцией, которая в прогнозируемом поле ожиданий формирует пути сценарного моделирования стоимостных драйверов выручки в реалиях отдельного предприятия.

Автором предлагается иерархическая структура системы. Внешний слой заполняют макроэкономические индикаторы. Средний слой нацелен на учет специфики отраслевой деятельности металлургического предприятия, что в дополнении с внутренним слоем, специфичных параметров, дает понимание целесообразности предложенных высокочастотных индикаторов с последующей возможностью их обезличивания и сравнения.

Как было сказано ранее, исследование построено на данных трех металлургических предприятий (ПАО «Северсталь», ПАО «НЛМК» и ПАО «ЧТПЗ») в период с 1-го квартала 2017 г. по 4-ый квартал 2023 г. Данный временные рамки были выбраны автором неслучайно, так как первоначальная точка является моментом посткризисной стабилизации. Семилетний период исследования с поквартальным

разбиением позволяет собрать достаточную выборку данных для статистических исследований с учетом минимизации эффектов выбросов. Формализация структуры данных представлена формулой (14):

$$D = [Xc, t, i], c \in \{1, 2, 3\}, t \in \{Q_1 2017, \dots, Q_4 2023\}, i \in \{1, \dots, 10\}, \quad (14)$$

где c – индекс компании (1: Северсталь, 2: НЛМК, 3: ЧТПЗ);
 t – временной период, квартал;
 i – индекс индикатора.

Период исследования охватывает 28 кварталов с Q1 2017 по Q4 2023. Обоснование временных границ:

1) Начальная точка (Q1 2017). Посткризисная стабилизация после валютного кризиса 2014-2016 гг., начало реализации крупных инфраструктурных проектов.

2) Конечная точка (Q4 2023). Достаточная ретроспектива для выявления циклических закономерностей, наличие полных данных.

3) Квартальная дискретизация. Оптимальна для анализа динамики, так как характеризуется достаточной частотой данных и меньшим влиянием шумов. Рассчитывается по формуле (15):

$$\Delta t_{\text{квартал}} = \frac{\Delta t_{\text{год}}}{4}, \quad (15)$$

$$\text{var}(\varepsilon_t)_{\text{квартал}} < \text{var}(\varepsilon_t)_{\text{месяц}},$$

где ε_t – случайная компонента возникновения шума.

Общий объем данных рассчитывается по формуле (16):

$$N = C \cdot T \cdot K = 3 \cdot 28 \cdot 12 = 1008 \text{ точек}, \quad (16)$$

где C – количество компаний, шт.;
 T – количество кварталов, шт.;
 K – количество показателей, шт.

Анализ автокорреляционных функций месячных и квартальных рядов показал,

что квартальные данные сохраняют 85-90 % информативности месячных, при этом уровень случайных колебаний снижается на 40-50 %.

Рисунок 33 демонстрирует сглаженность квартальных траекторий по сравнению с гипотетическими месячными колебаниями, что подтверждает правильность выбранной частоты дискретизации.

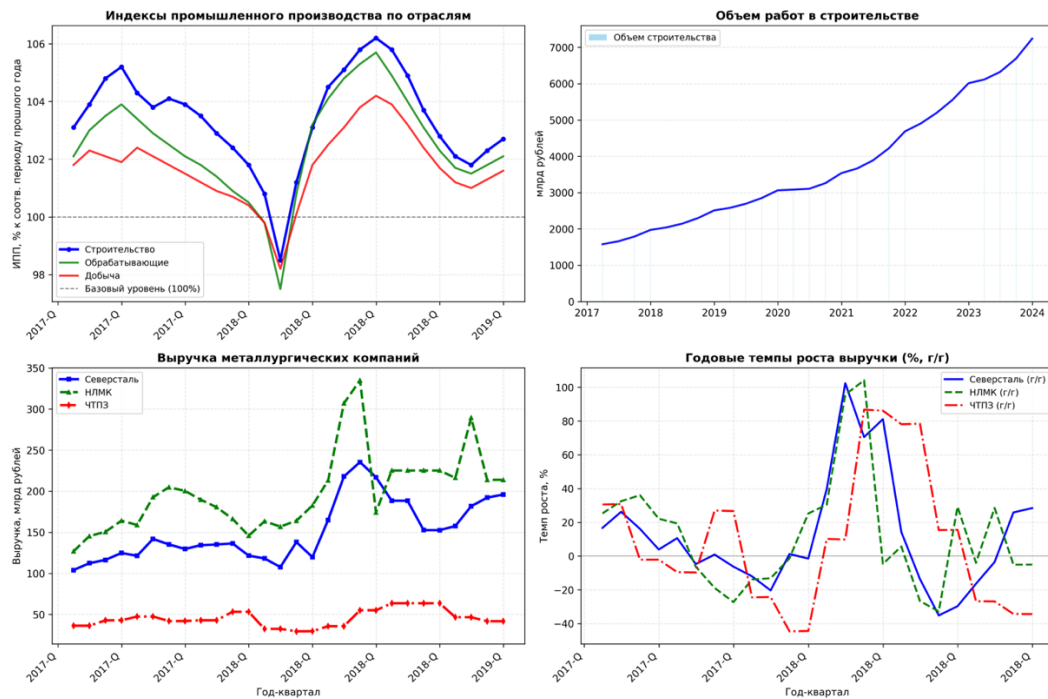


Рисунок 33 – (а) Индекс промышленного производства по отраслям; (б) Объем работ в строительстве; (в) Выручка металлургических компаний; (г) Годовые темпы роста выручки

Источник: составлено автором на основе [146-148]

Исходные данные индекса промышленного производства (ИПП) основаны на официальной статистике Росстата. Для устранения сезонности применен метод Х-12-ARIMA в упрощенной форме по формуле (17):

$$\text{ИПП}_{i,t}^{\text{сглаженный}} = \text{ИПП}_{i,t}^{\text{исходный}} - S_{i,t}, \quad (17)$$

где $S_{i,t}$ – сезонная компонента.

Сезонная компонента рассчитывается по формуле (18):

$$S_{i,t} = \frac{1}{3} \sum_{k=-1}^1 \text{ИПП}_{i,t+k} - \text{Тренд}_{i,t}, \quad (18)$$

где $\text{ИПП}_{i,t+k}$ – значение ИПП i -ой компании за предыдущий квартал, млрд. руб.

Квартальные значения ИПП рассчитаны как средневзвешенные месячные показатели, приведенные к сопоставимому виду по формуле (19):

$$\text{ИПП}_{i,\text{квартал}} = \frac{\sum_{m=1}^3 w_m \cdot \text{ИПП}_{i,\text{месяц}}}{\sum_{m=1}^3 w_m}, \quad (19)$$

где веса w_m отражают количество рабочих дней в месяце, шт.

Часть данных представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Квартальные значения ИПП

Значение показателя	Показатель
cons_ip = [103,1,103,9, ... ,102,7]	ИПП строительства
mining_ip = [101,8,102,3, ... ,101,6]	ИПП добычи
manuf_ip = [102,1,103,0, ... ,102,1]	ИПП обрабатывающих производств

Источник: составлено автором

Объем строительных работ смоделирован на основе акселераторной модели инвестиций и определяется формулой (20):

$$I_t = \nu \cdot \Delta Y_t, \quad (20)$$

где I_t – инвестиции в строительство, млрд. руб.;

ν – коэффициент акселерации, уд. ед.;

ΔY_t – изменение ВВП, млрд. руб.

Для дальнейшего моделирования объема строительных работ применён метод кумулятивного роста на основе ИПП, представленный формулой (21):

$$cons_{vol_t} = I_t \cdot \left[1 + \varepsilon \cdot \left(\frac{cons_{ip_t} - 100}{100} \right) + \gamma_t \right], \quad (21)$$

где $\varepsilon = 0,8$ – коэффициент эластичности объема к ИПП, уд. ед.;

γ_t – сезонная компонента, $\gamma_t = 0,02 \cdot \frac{m_t - 1}{3}$, уд. ед.;

m_t – номер месяца в квартале t .

Коэффициент эластичности $\varepsilon = 0,8$ означает, что 1 % роста ИПП строительства приводит к 0,8 % увеличению объёма работ – это отражает инерционность строительного комплекса и наличие незавершённого производства.

Каждая металлургическая компания представлена не как абстрактная производственная функция, а как уникальная конфигурация активов и компетенций:

1) ПАО «Северсталь» имеет вертикально интегрированную структуру с полным циклом производства – от добычи сырья до выпуска готовой продукции. Отсюда высокая чувствительность к общим макроэкономическим трендам.

2) ПАО «НЛМК» специализируется на высококачественном плоском прокате, и это формирует двойную зависимость – как от строительного сектора (через производителей строительных конструкций), так и от обрабатывающей промышленности (автомобилестроение, машиностроение).

3) Трубная специализация ПАО «ЧТПЗ» создаёт уникальную связь с добывающим сектором (трубы для ТЭК) при относительно слабой зависимости от общего строительного бума.

Рисунок 32 (в) подтверждает, что:

- 1) Кривые выручки движутся в общем направлении (общий рыночный тренд).
- 2) Имеют различную амплитуду колебаний (специфическая волатильность).
- 3) Различаются моментами разворотов (разная скорость реакции на изменения конъюнктуры).

Индекс СИПА задуман как агрегированный барометр строительной отрасли, очищенный от экстремальных выбросов и сезонных искажений. Первоначальный теоретический конструкт индекса СИПА (скорректированного индекса деловой активности в строительстве) разрабатывался как многомерный измерительный инструмент, призванный охватить три ключевых измерения инвестиционно-

строительного цикла (как показано в главе 3.1):

1) Индикатор разрешительной активности, отражающий фазу инициации инвестиционного цикла (лаг опережения 2-4 квартала).

2) Индикатор операционной активности, характеризующий фазу реализации строительных работ.

3) Индикатор контрактной активности, выступающий прокси для фазы финансирования и государственного заказа.

Данная трехкомпонентная структура обладала высокой концептуальной валидностью, поскольку охватывала все стадии строительного цикла: от планирования через производство к финансовому обеспечению.

В ходе предварительного этапа исследования был проведен аудит источников данных по каждому компоненту теоретической модели. Наиболее информативный с теоретической точки зрения компонент – объем госконтрактов – оказался эмпирически недоступным в рамках диссертационного исследования с ограниченными ресурсами, следовательно, возникла необходимость в поиске переменной, которая:

- коррелировала бы с объемом государственных контрактов в строительстве;
- была доступна в открытых источниках за весь исследуемый период;
- обладала сопоставимой квартальной периодичностью;
- обеспечивала воспроизводимость расчетов.

Проведенный корреляционный анализ на доступных фрагментарных данных (2019-2021 гг.) показал, что динамика объема строительных работ, публикуемая Росстатом, оказалась высококачественным индикатором для объема государственных контрактов. Данная связь объясняется тем, что:

- государственные контракты составляют 35-45 % всего объема строительных работ в РФ;
- моменты заключения контрактов и начала работ имеют устойчивую временную связь;
- квартальная отчетность Росстата аккумулирует эффекты всех источников финансирования.

Результаты анализа представлены формулой (22):

$$\begin{aligned} corr(\text{Добъем контрактов}_t, \text{Добъем работ}_t) &= 0,87 \text{ при } p < 0,01, \\ corr(\text{Добъем контрактов}_t, \text{ИПП}_{\text{строительства}}) &= 0,79 \text{ при } p < 0,05. \end{aligned} \quad (22)$$

На основе проведенного анализа было принято методологическое решение об изменении трехкомпонентной модели к двухкомпонентной.

Теоретическая модель представлена формулой (23):

$$\text{СИПА}(t) = 0,4\text{Норм} \cdot \text{ИЦ}(t) + 0,3\text{Норм} \cdot \text{ОА}(t) + 0,2\text{Норм} \cdot \text{ГП}(t), \quad (23)$$

Эмпирическая модель представлена формулой (24):

$$\text{СИПА}(t) = 0,6 \cdot \text{cons}_{ip_t} + 0,4 \cdot \text{cons}_{vol_t}, \quad (24)$$

где 0,6 и 0,4 – весовые коэффициенты, уд. ед.

Обоснование трансформации весов:

1) Вес 0,2, предназначенный для показателя госконтрактов, перераспределен между оставшимися компонентами пропорционально их корреляции с замещаемой переменной.

2) ИПП строительства признан наиболее надежным и стабильным индикатором, что обусловило увеличение его веса с 0,3 до 0,6.

3) Показатель изменения объема работ сохранен с весом 0,4 как единственный источник информации о текущей фазе цикла.

С целью калибровки весов для каждой компании была построена парная регрессионная модель, оценены коэффициенты регрессии методом наименьших квадратов и рассчитаны относительные важности факторов. Результаты анализа представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Коэффициенты регрессионных моделей

Компания	R ²	Относительная важность фактора, %		
		ИПП строительства	ИПП обрабатывающих производств	ИПП добычи
Северсталь	0,441	41,17	58,83	–
НЛМК	0,279	43,35	56,65	–
ЧТПЗ	0,266	33,75	–	66,25

Источник: составлено автором

Сравнение посчитанных высокочастотных индикаторов ожиданий становится возможным при переводе числовых значений в единую шкалу степеней принадлежности.

На примере СИПА, таблица 10, покажем формирование уровней принадлежности на основе нормализованных значений с выделением трех уровней от -2 до 2, где значения показателя меньше -1 и больше 1 означают низкую и высокую деловую активность, соответственно, а от -1 до 1 – умеренную активность.

Перевод нормализованных значений в единую шкалу принадлежности (СИПА_{униф}) осуществляется по формуле

Теория нечетких множеств подразумевает масштабирование посчитанных значений СИПА для каждой компании к унифицированной шкале (СИПА_{униф}), описываемой формулой (25):

$$\text{СИПА}_{\text{униф}} = -2 + 4 \cdot \frac{\overline{\text{СИПА}}_{\text{компания}} - \min(\text{СИПА}_{\text{компания}})}{\max(\text{СИПА}_{\text{компания}}) - \min(\text{СИПА}_{\text{компания}})}, \quad (25)$$

где параметры – рассчитанное значение СИПА для n-ого предприятия; коэффициенты -2 и 4 определяются выбранным разделением на уровни (в данном случае три уровня в диапазоне [-2;2])

Таблица 10 – Статистика индексов СИПА

Компания	СИПА, нормализованное значение	Степень принадлежности
Северсталь	0,486	Умеренная активность
НЛМК	0,419	Умеренная активность
ЧТПЗ	0,377	Умеренная активность

Источник: составлено автором

Для оценки прогнозной способности индексов вычислен коэффициент корреляции Пирсона (r_p), рассчитываемый по формуле

$$r_p = \frac{\sum_{t=1}^T (\text{СИПА}_{\text{униф}}(t) - \overline{\text{СИПА}_{\text{униф}}}) (V_{\text{униф}}(t) - \overline{V_{\text{униф}}})}{\sqrt{\sum_{t=1}^T (\text{СИПА}_{\text{униф}}(t) - \overline{\text{СИПА}_{\text{униф}}})^2 (V_{\text{униф}}(t) - \overline{V_{\text{униф}}})^2}}, \quad (26)$$

где $V_{\text{униф}}(t)$ – унифицированная выручка компании в период t .

Результаты корреляционного анализа между индексами СИПА и фактической выручкой компаний представлены на рисунках 34 – 36 и в таблице 11.

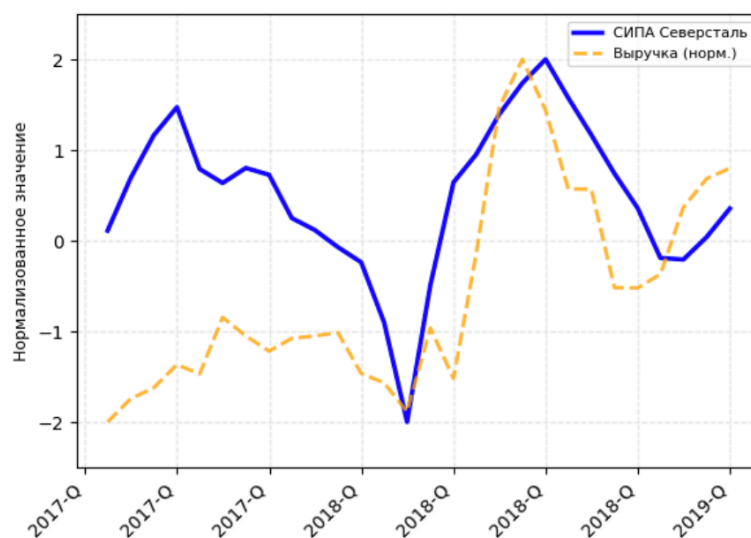


Рисунок 34 – СИПА и выручка ПАО «Северсталь»

Источник: составлено автором

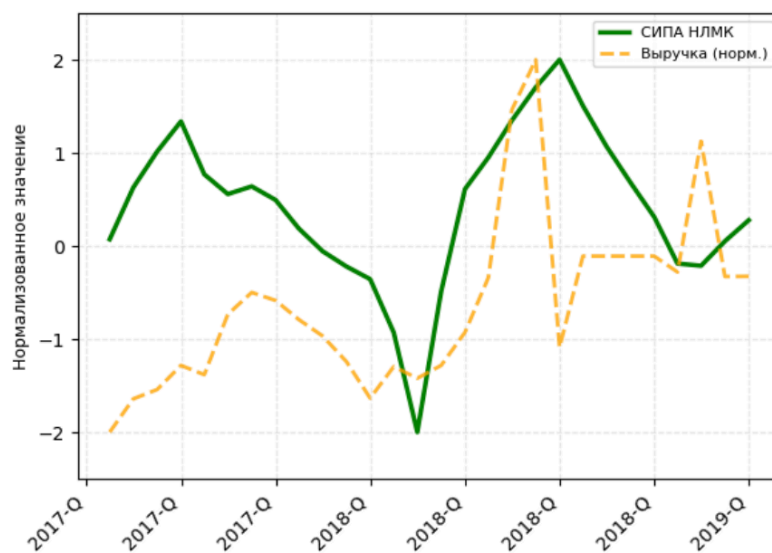


Рисунок 35 – СИПА и выручка ПАО «НЛМК»

Источник: составлено автором

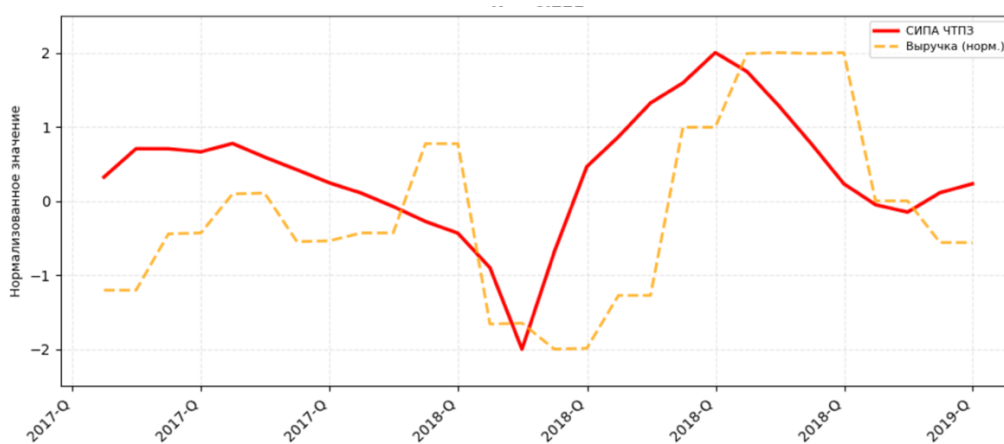


Рисунок 36 – СИПА и выручка АО «ЧТПЗ»

Источник: составлено автором

Таблица 11 – Качество индексов СИПА

Компания	Корреляция	R^2	Объясненная дисперсия
Северсталь	0,51	0,255	25,5 %
НЛМК	0,37	0,134	13,4 %
ЧТПЗ	0,47	0,221	22,1 %

Источник: составлено автором

Полученные значения коэффициента детерминации, составляющие 13-26 %,

находятся в диапазоне, типичном для моделей, использующих квартальные макроэкономические данные в условиях высокой волатильности развивающихся рынков.

Низкий коэффициент детерминации для ПАО «НЛМК» не является свидетельством несостоятельности методологии, а отражает объективные сложности моделирования выручки компании, связанные с особенностями ее операционной деятельности и корпоративной отчетности.

Принципиально важным для целей настоящего исследования является не столько абсолютная величина коэффициента детерминации, сколько подтвержденная статистическая значимость связи и устойчивость ее направления. Переход от линейных регрессионных моделей к аппарату нечеткой логики позволяет трансформировать количественную неопределенность, выражающуюся в умеренных значениях коэффициента детерминации, в качественную определенность лингвистических переменных. Индексы СИПА, доказавшие свою статистическую значимость и экономическую интерпретируемость, становятся входными переменными для системы нечеткого вывода, которая позволяет учесть нелинейность, пороговые эффекты и качественные закономерности, недоступные линейным регрессионным моделям.

Следующим этапом исследования является расчет индекса глобального ценового давления (ИГЦД).

Современные металлургические компании функционируют в условиях высокой волатильности сырьевых рынков и валютных курсов, что затрудняет изолированную оценку влияния каждого фактора на выручку. Традиционные многофакторные регрессионные модели сталкиваются с проблемой мультиколлинеарности, когда цены на железную руду, уголь и курс юаня демонстрируют синхронную динамику в периоды глобальных экономических шоков.

Для преодоления указанного ограничения автором предложен индекс глобального ценового давления (ИГЦД) – композитный индикатор, агрегирующий три ключевых экзогенных фактора в единую метрику, представленного формулой 3 в главе 3.1.

Весовые коэффициенты определены на основе технологических нормативов расхода сырья на производство 1 тонны стали и верифицированы путем сопоставления с динамикой рентабельности продаж ПАО «Северсталь» за 2018–2021 гг. Константа 75 обеспечивает положительную область значений индекса во всех наблюдаемых периодах.

Динамика цена железной руды 62 % Fe, коксующегося угля в Австралии и курс юаня представлены на рисунке 37.

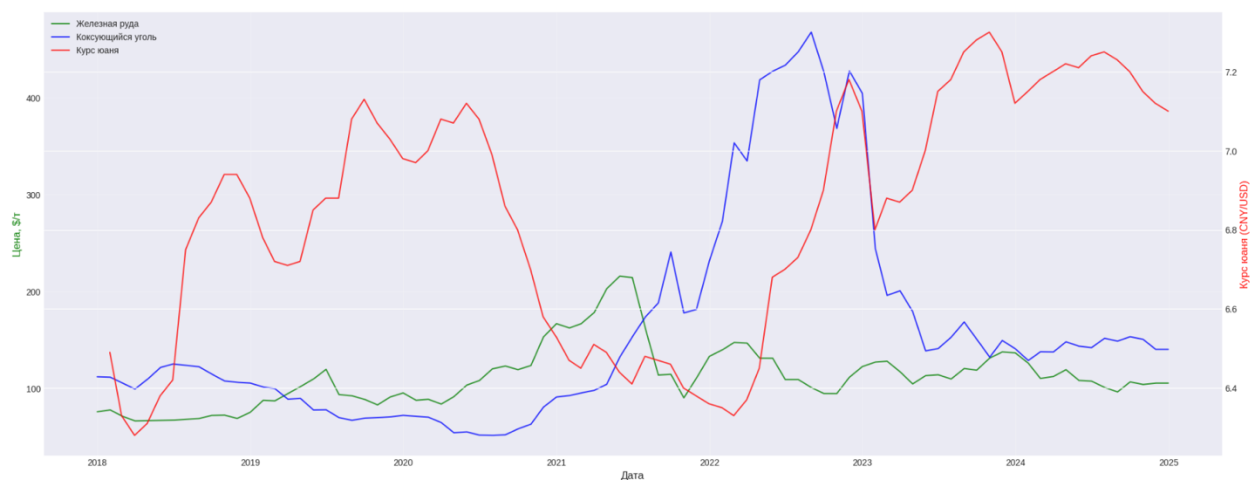


Рисунок 37 – Динамика цен на сырье и курс юаня

Источник: составлено автором на основе [149-151]

Построение корректных регрессионных моделей требует проверки гипотезы о стационарности исследуемых рядов. С этой целью применён расширенный тест Дики–Фуллера. Результат представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты теста на стационарность временных рядов

Показатель	ADF-статистика	p-значение	1% критич.	5% критич.	Стационарен (5%)
ИГЦД	-1,4427	0,5617	-3,770	-3,005	Нет
ЧТПЗ (выручка)	-4,2354	0,0006	-3,859	-3,042	Да
Северсталь (выручка)	-2,2706	0,1816	-3,724	-2,986	Нет
НЛМК (выручка)	-2,9621	0,0386	-3,700	-2,976	Да
Железная руда	-2,5063	0,1139	-3,738	-2,992	Нет
Коксующийся уголь	-2,6344	0,0861	-3,711	-2,981	Нет
Курс юаня	-2,2899	0,1752	-3,711	-2,981	Нет

Источник: составлено автором

Полученные результаты свидетельствуют о нестационарности большинства предикторов, что характерно для ценовых рядов, содержащих трендовую компоненту и циклы. Выручка ЧТПЗ и НЛМК демонстрирует стационарность, что указывает на возвратность показателя к среднему уровню в долгосрочной перспективе. Выручка «Северстали» и ИГЦД нестационарны, что требует осторожной интерпретации регрессионных коэффициентов и актуализирует необходимость анализа корреляций в различных временных окнах.

В следствии этого, для идентификации временного лага между изменением конъюнктуры и её отражением в выручке, выполнен расширенный корреляционный анализ Пирсона с шагом в один квартал вплоть до четвёртого лага. Результаты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Коэффициенты корреляции ИГЦД с выручкой компаний (с лагами)

Компания	Лag 0	Лag 1	Лag 2	Лag 3	Лag 4
ЧТПЗ	0,356	0,369	0,333	0,225	0,103
Северсталь	0,535	0,516	0,503	0,482	0,415
НЛМК	0,535	0,510	0,397	0,338	0,319

Источник: составлено автором

На рисунке 38 представлена корреляционная матрица ИГЦД и выручки компаний по нулевому лагу.

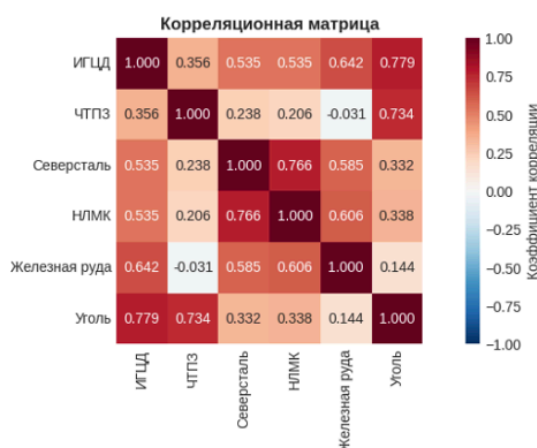


Рисунок 38 – Корреляционная матрица ИГЦД и выручки компаний по нулевому лагу

Источник: составлено автором

Северсталь и НЛМК демонстрируют умеренную положительную корреляцию ($r = 0,535$) с ИГЦД в текущем квартале на высоком уровне значимости ($p < 0,01$). Это свидетельствует о том, что вертикально-интегрированные компании с высокой долей товарной продукции оперативно капитализируют благоприятную ценовую конъюнктуру.

ЧТПЗ характеризуется слабой корреляцией ($r=0,356$) с максимальным значением при лаге в 1 квартал, однако статистическая значимость находится на граничной зоне ($p = 0,0585$). Низкая чувствительность объясняется высокой долей трубной продукции с длительным производственным циклом и преобладанием

долгосрочных контрактов с фиксированными ценами.

Для всех трёх компаний наблюдается монотонное затухание корреляции при увеличении лага, что подтверждает адекватность выбранной спецификации модели и отсутствие долгосрочного запаздывания (более 2 кварталов).

Полученные результаты опровергают распространённое предположение о существенном (2–3 квартала) лаге трансмиссии. Максимальная связь фиксируется в текущем или следующем квартале, что отражает возросшую скорость ценового реагирования в условиях цифровизации закупок и биржевой торговли сырьём.

На рисунке 39 отображена динамика ИГЦД в период с 2018 по 2024 гг.

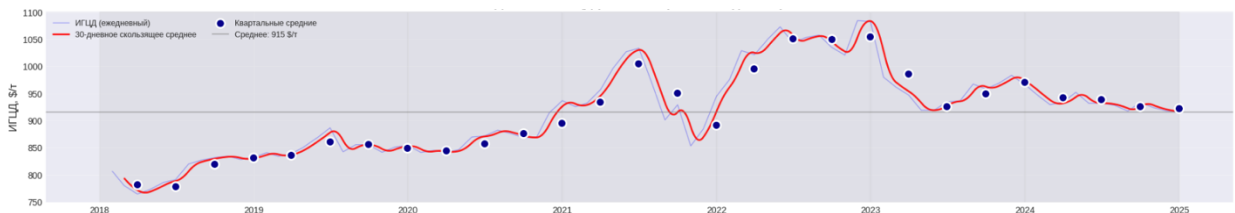


Рисунок 39 – Динамика ИГЦД

Источник: составлено автором

На рисунке 40 также представлена динамика ИГЦД и выручки компаний в нормализованных значениях.

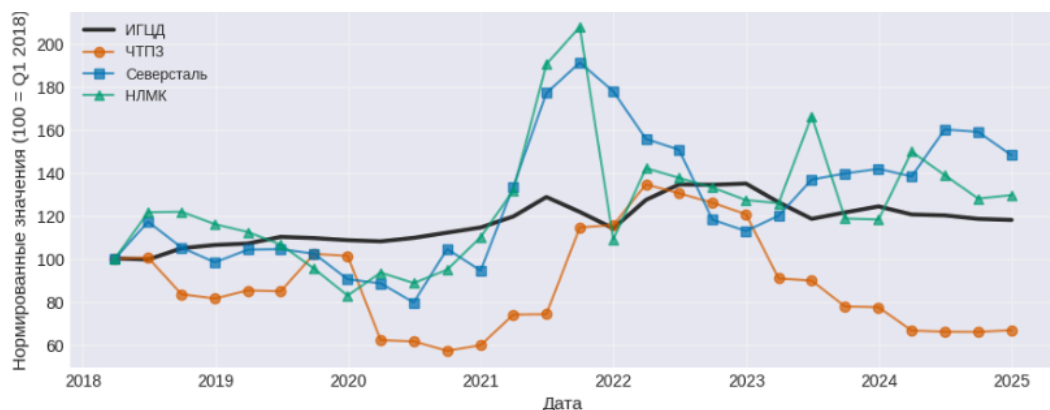


Рисунок 40 – Динамика ИГЦД и выручки компаний

в нормализованных значениях

Источник: составлено автором

Для количественной оценки влияния ИГЦД на выручку были построены однофакторные линейные регрессионные модели методом наименьших квадратов. Выбор линейной спецификации обоснован визуальным анализом диаграмм рассеяния (рисунки 41-43) и отсутствием выраженной нелинейности на наблюдаемом интервале значений индекса (764–1084 \$/т).

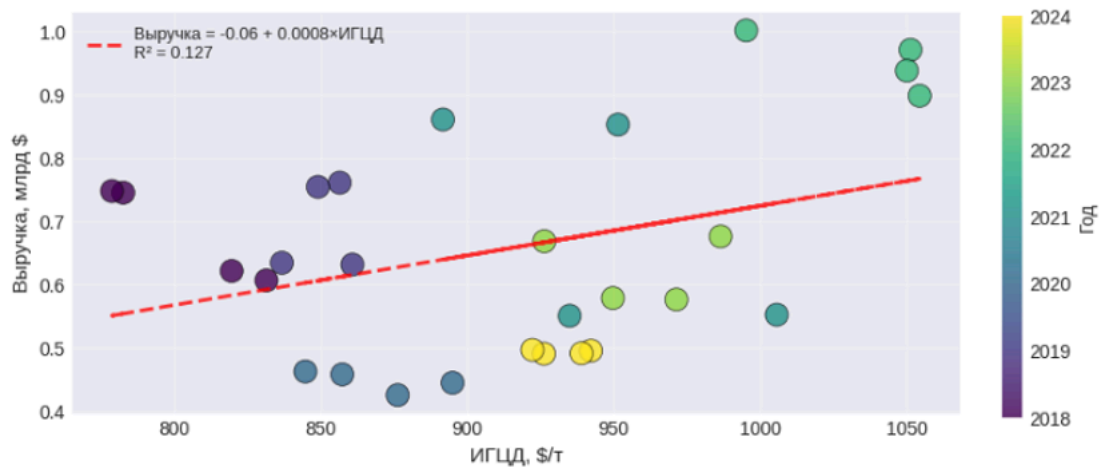


Рисунок 41 – Диаграмма рассеяния выручки АО «ЧТПЗ» и ИГЦД

Источник: составлено автором

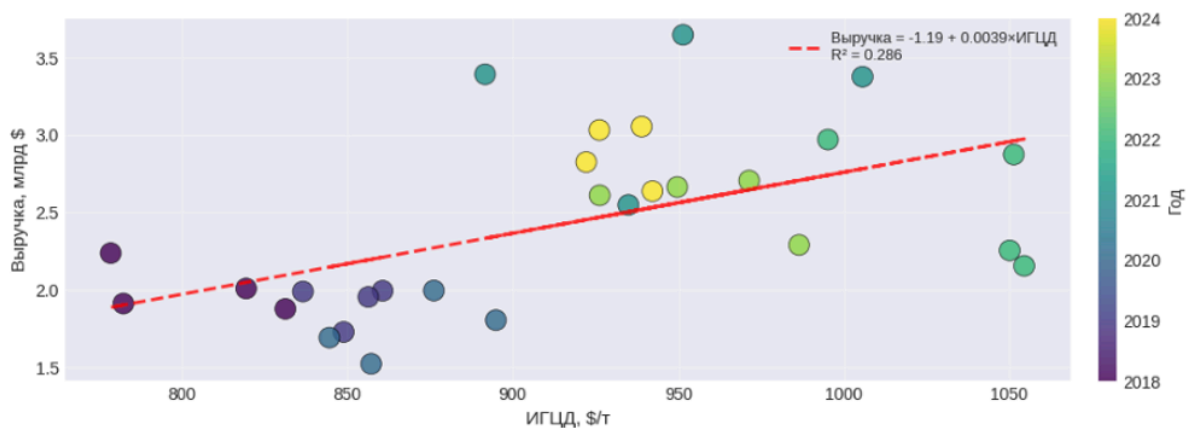


Рисунок 42 – Диаграмма рассеяния выручки ПАО «Северсталь» и ИГЦД

Источник: составлено автором

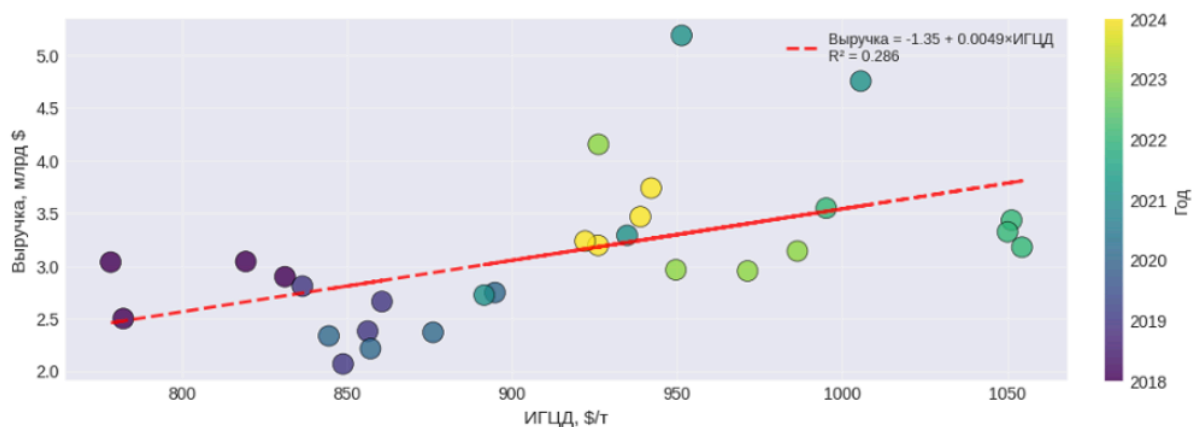


Рисунок 43 – Диаграмма рассеяния выручки ПАО «НЛМК» и ИГЦД

Источник: составлено автором

Регрессионное уравнение для АО «ЧТПЗ» описывается формулой (27):

$$\text{Выручка}_{\text{ЧТПЗ}} = -0,06 + 0,0008 \cdot \text{ИГЦД}, \quad R^2 = 0,127, \quad (27)$$

$$95\% \text{ ДИ для } \beta: [0; 0,0016], \quad p = 0,0631,$$

где ДИ – доверительный интервал.

Регрессионное уравнение для ПАО «Северсталь» описывается формулой (28):

$$\text{Выручка}_{\text{Северсталь}} = -1,19 + 0,0039 \cdot \text{ИГЦД}, \quad R^2 = 0,286, \quad (28)$$

$$95\% \text{ ДИ для } \beta: [0,0014; 0,0065], \quad p = 0,0034.$$

Регрессионное уравнение для ПАО «НЛМК» описывается формулой

$$\text{Выручка}_{\text{НЛМК}} = -1,35 + 0,0049 \cdot \text{ИГЦД}, \quad R^2 = 0,286, \quad (29)$$

$$95\% \text{ ДИ для } \beta: [0,0018; 0,008], \quad p = 0,0033.$$

Коэффициент β показывает прирост квартальной выручки (млрд. \$) при увеличении ИГЦД на 1 \$/т. Для удобства интерпретации выполнен пересчёт на стандартизированное изменение индекса на 10 \$/т:

- ЧТПЗ: +0,01 млрд \$ (доверительный интервал включает ноль);
- Северсталь: +0,04 млрд \$ (95% ДИ: [0,01; 0,07]);
- НЛМК: +0,05 млрд \$ (95% ДИ: [0,02; 0,08]).

Низкая объясняющая способность индикатора для ЧТПЗ ($R^2 = 0,127$) и граничная значимость коэффициента свидетельствуют о том, что ценовые факторы не являются доминирующими в формировании выручки трубного дивизиона. Ключевое влияние оказывают инвестиционные программы «Газпрома», «Транснефти» и других крупных заказчиков, реализуемые независимо от краткосрочной конъюнктуры сырьевых рынков.

Умеренная объясняющая способность моделей для Северстали и НЛМК подтверждает, что ИГЦД объясняет около 30 % вариации выручки этих компаний. Остаточная дисперсия обусловлена микроструктурными факторами: сортаментом проката, географической структурой экспорта, эффективностью логистики и валютным хеджированием.

На следующем этапе были рассчитаны индикаторы ИФУЦ и ДИВСП. Система индикаторов базируется на принципе сквозной размерностной согласованности, когда все стоимостные показатели приводятся к единой базе – рублю на тонну продукции, а результирующие индексы являются безразмерными величинами, пригодными для дальнейшей фазификации и использования в нечётких моделях. Выручка компаний анализируется в млрд рублей, что соответствует официальной отчётности по РСБУ и МСФО.

Для обеспечения размерностной согласованности выполняется приведение всех цен к рублям за тонну с использованием средневзвешенного квартального курса доллара ($E_{USD/RUB}$) [154]. Расчет описывается формулой (30):

$$P_{i,RUB} = P_{i/USD} \cdot E_{USD/RUB}, \quad (30)$$

где $P_{i,RUB}$ – цена i -го вида сырья в рублях за тонну;

$P_{i/USD}$ – цена i -го вида сырья в долларах за тонну.

Импортная себестоимость тонны стали $C(Imp)$ моделируется как взвешенная

сумма цен сырьевых компонентов с коэффициентами, отражающими технологические нормативы расхода для каждой компании. Рассчитывается по формуле 5 в главе 3.1.

Динамика цены на лом и горячекатаный рулон представлены на рисунках 44 и 45 соответственно. Динамика цены ферросплавов оценена на основе [152-155].

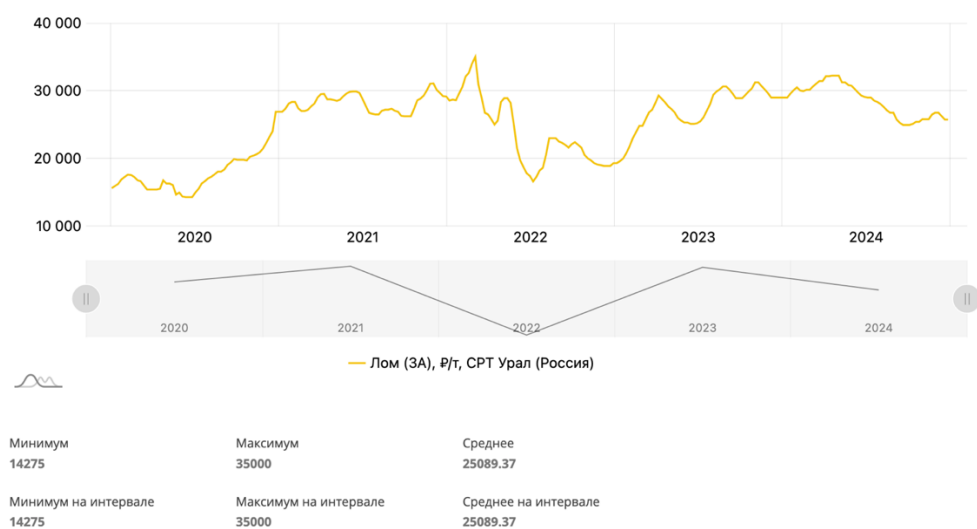


Рисунок 44 – Динамика цен на лом

Источник: [153]



Рисунок 45 – Динамика цен на горячекатаный рулон

Источник: [154, 155]

Коэффициенты определены на основе анализа структуры себестоимости производства тонны проката для каждой компании с учётом их технологической специализации и представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Весовые коэффициенты для расчёта импортной себестоимости

Компания	α (руда)	β (лом)	γ (ферросплавы)
Северсталь	1,55	0,20	0,10
НЛМК	1,50	0,18	0,12
ЧТПЗ	1,30	0,25	0,15

Источник: составлено автором

Индекс ДИВСП характеризует соотношение внутренней цены готовой продукции и расчётной импортной себестоимости. Он вычисляется как отношение цены горячекатаного рулона в рублях к импортной себестоимости (формула 6 в главе 3.1). Индекс является безразмерной величиной, что позволяет использовать его в нечётких моделях без дополнительной нормализации. Экономическая интерпретация значений ДИВСП представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Интерпретация значений индекса ДИВСП

Диапазон	Экономический смысл	Управленческая реакция
$< 1,5$	Критическое сжатие – внутренняя цена не покрывает импортную себестоимость	Срочная оптимизация издержек, инициация роста цен
$1,5 - 1,7$	Напряжённый паритет – цена находится вблизи себестоимости	Усиленный мониторинг, хеджирование валютных рисков
$1,7 - 1,9$	Устойчивое преимущество – комфортная зона рентабельности	Формирование маржи, стратегическое ценообразование
$> 1,9$	Сверхдоходная фаза – аномально высокая маржинальность	Накопление финансового буфера, фиксация прибыли

Источник: составлено автором

Результаты расчёта ДИВСП для трёх компаний за период 2017–2023 гг.

представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Статистические характеристики индикатора ДИВСП

Компания	Средняя себестоимость, тыс. руб./т	Средний ДИВСП	Минимум	Максимум
Северсталь	30,9	2,251	1,564	3,412
НЛМК	33,4	2,085	1,462	3,217
ЧТПЗ	37,9	1,837	1,299	2,890

Источник: составлено автором

Более высокая себестоимость ЧТПЗ (37,9 тыс. руб./т против 30,9 у Северстали) объясняется большей долей лома в структуре затрат трубного производства и использованием более дорогих легирующих компонентов. Соответственно, средний ДИВСП ЧТПЗ ниже (1,837), что указывает на меньшую маржинальность трубной продукции по сравнению с плоским прокатом.

На рисунке 46 представлена динамика ДИВСП для всех трёх компаний за исследуемый период. Отчётливо видны пиковые значения в 2021 году (до 3,4 для Северстали), соответствующие периоду аномально высоких цен на сталь при относительно низких ценах на сырьё, и провалы в 2020 году, связанные с пандемийным сжатием спроса.

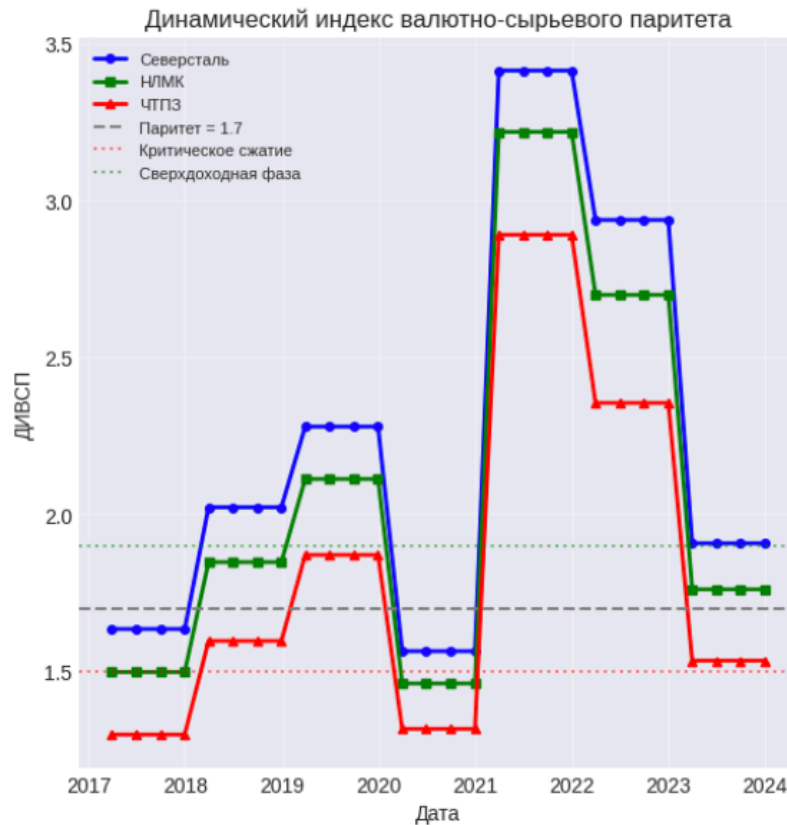


Рисунок 46 – Динамика ДИВСП для трех компаний

Источник: составлено автором

Индекс ИФУЦ диагностирует риски, связанные с неплатёжеспособностью контрагентов и системными кризисами в отраслях-потребителях. Он рассчитывается как взвешенная сумма двух нормализованных компонентов (формула 2 в главе 3.1).

Показатель $PK(t)$ оценивает долю отгрузок (в процентах или долях единицы), приходящуюся на контрагентов с повышенным кредитным риском. Ввиду отсутствия публичных данных по кредитным рейтингам контрагентов, в работе используется моделирование динамики на основе макроэкономических циклов и рассчитывается по формуле (31):

$$PK(t) = PK_0 + A_j \cdot \sin(\omega_j t + \varphi_j) + \varepsilon(t), \quad (31)$$

где PK_0 – базовая доля рискованных контрагентов;
 $A_j, \omega_j t, \varphi_j$ – амплитуда, частота и фаза циклической компоненты;
 $\varepsilon(t)$ – случайная компонента.

Динамика риска контрагентов представлена на рисунке 47.

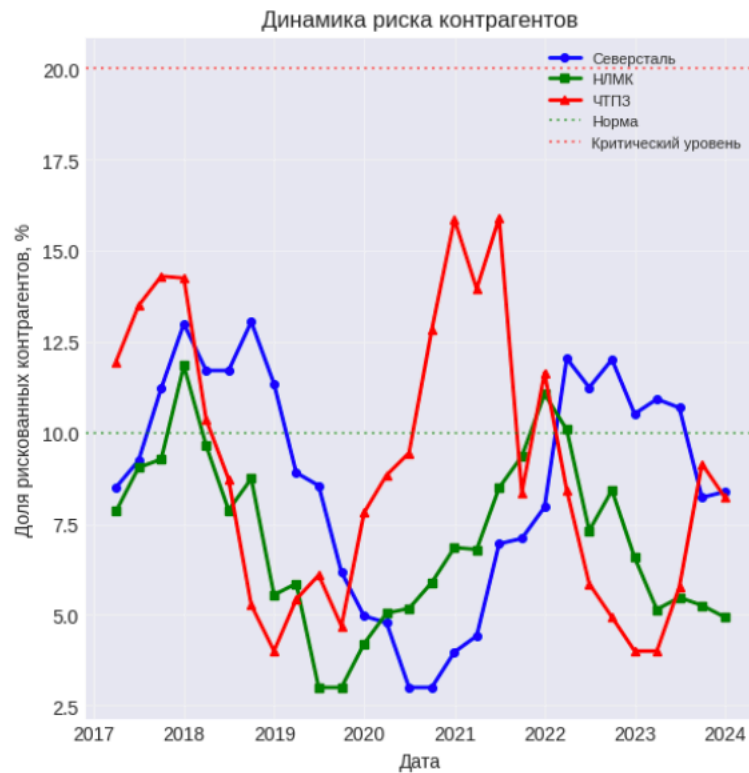


Рисунок 47 – Динамика риска контрагентов

Источник: составлено автором

Показатель $CC(t)$ отражает макроэкономическое давление на отрасли-потребители металлопродукции. Он рассчитывается на основе динамики банкротств и финансовых показателей секторов на основе формулы (32):

$$CC(t) = 100 + 25 \cdot \sin\left(2,5\pi \cdot \frac{t}{T_{max}}\right) + v(t), \quad (32)$$

где T_{max} – длина временного ряда, период;

$v(t)$ – случайная компонента.

Для приведения компонентов к сопоставимой шкале используется формула Z-преобразования

$$X_{norm} = \frac{X \cdot \mu_X}{\sigma_X}, \quad (33)$$

где μ_X и σ_X – среднее и стандартное отклонение показателя за весь период.

Результаты расчёта ИФУЦ представлены в таблице 17 и на рисунке 48.

Таблица 17 – Статистические характеристики индикатора ИФУЦ

Компания	Средний ИФУЦ	Минимум	Максимум
Северсталь	0,005	–1,660	1,344
НЛМК	–0,0029	–1,211	1,734
ЧТПЗ	–0,0077	–0,796	1,239

Источник: составлено автором

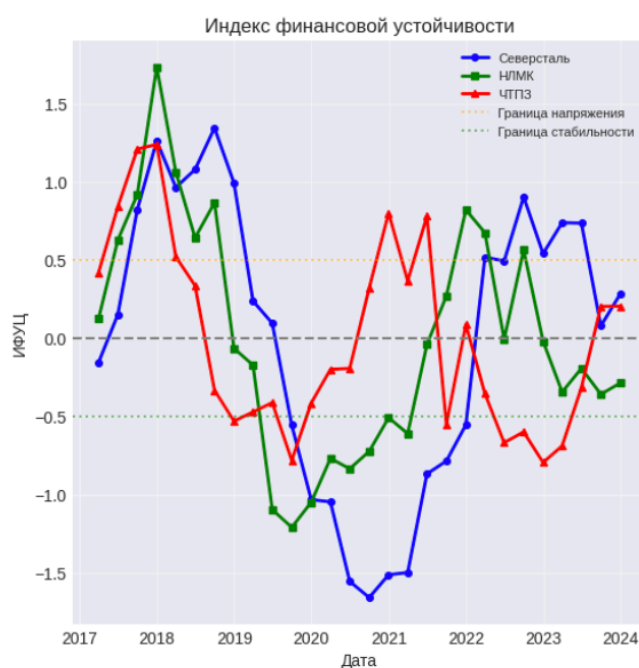


Рисунок 48 – Динамика ИФУЦ

Источник: составлено автором

Близость средних значений к нулю является следствием нормализации и не несёт содержательной нагрузки. Диапазоны вариации отражают специфику каждой компании: наибольшая волатильность ИФУЦ у НЛМК (от –1,21 до +1,73), что связано с высокой долей экспортных поставок и чувствительностью к внешним шокам.

Интерпретация значений ИФУЦ осуществляется через систему лингвистических термов, представленных в таблице 18.

Таблица 18 – Интерпретация значений индикатора ИФУЦ

Диапазон	Лингвистический терм	Экономический смысл
$< -0,5$	Стабильность	Низкая доля риск-контрагентов, стабильная платёжная дисциплина
$-0,5 - 0$	Напряжение	Рост доли проблемных контрагентов, требуется усиление контроля
$0 - 0,5$	Напряжение	Критическая зона, активация процедур риск-менеджмента
$> 0,5$	Предаварийный режим	Высокая вероятность срывов поставок и роста дебиторской задолженности

Источник: составлено автором

Для оценки прогностической способности разработанных индикаторов выполнен корреляционный анализ Пирсона между значениями ДИВСП, ИФУЦ и фактической квартальной выручкой компаний. Результаты представлены в таблице 19 и на рисунке 49.

Таблица 19 – Корреляция индикаторов с выручкой

Компания	Показатель	Коэффициент корреляции (r)	p-значение	Статистическая значимость
Северсталь	ДИВСП	0,725	$< 0,0001$	значим
	ИФУЦ	-0,038	0,8469	не значим
НЛМК	ДИВСП	0,606	0,0006	значим
	ИФУЦ	0,027	0,8923	не значим
ЧТПЗ	ДИВСП	0,530	0,0037	значим
	ИФУЦ	-0,559	0,0020	значим

Источник: составлено автором

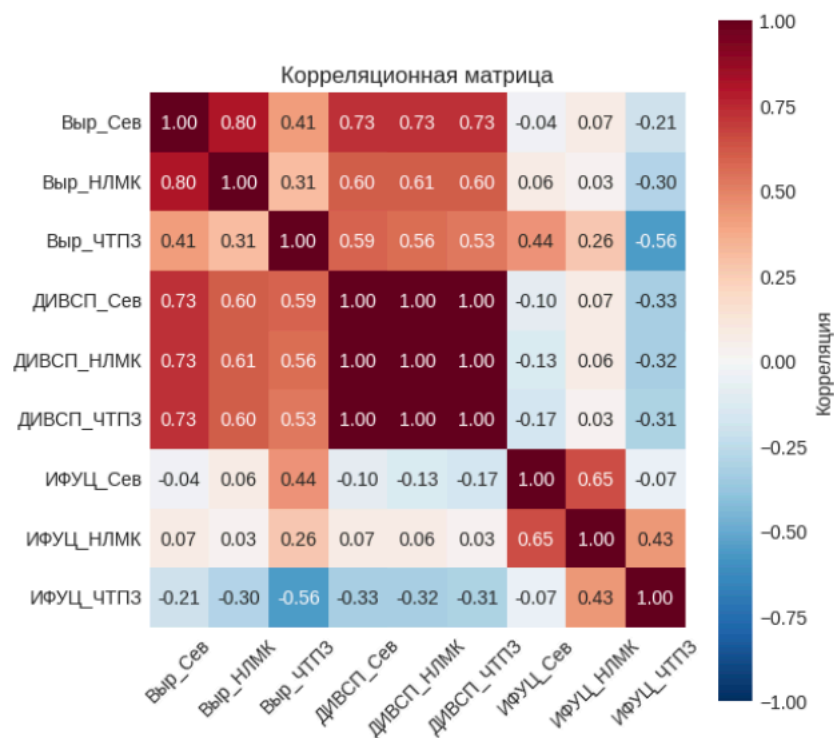


Рисунок 49 – Корреляция индикаторов с выручкой компаний

Источник: составлено автором

ДИВСП демонстрирует сильную положительную корреляцию с выручкой для всех трёх компаний, причём наиболее тесная связь наблюдается у Северстали ($r = 0,725$), что подтверждает гипотезу о высокой чувствительности вертикально-интегрированных производителей к ценовому паритету. Для НЛМК и ЧТПЗ корреляция несколько ниже (0,606 и 0,530 соответственно), что отражает их продуктовую специализацию и особенности ценообразования.

ИФУЦ значимо коррелирует с выручкой только для ЧТПЗ ($r = -0,559$). Отрицательный знак корреляции интерпретируется следующим образом: рост финансового напряжения в сбытовой цепочке (увеличение ИФУЦ) сопровождается снижением выручки трубной компании, наиболее зависимой от платёжеспособности ограниченного круга крупных заказчиков (Газпром, Транснефть, РЖД).

Отсутствие значимой корреляции ИФУЦ с выручкой Северстали и НЛМК объясняется диверсификацией сбыта и преобладанием спотовых продаж, где риски неплатежей распределены между большим числом контрагентов и не оказывают системного влияния на совокупную выручку.

Ключевым преимуществом разработанных индикаторов является возможность их прямого использования в качестве входных переменных нечётко-логической модели. Для этого числовые значения преобразуются в степени принадлежности к лингвистическим термам с помощью функций принадлежности.

Функции принадлежности для ДИВСП (как и для других индикаторов) построены на основе экспертных оценок пороговых значений паритета и определяются формулами (34-37):

$$\mu_{\text{крит.сжатие}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 1,45 \\ \frac{1,5 - x}{1,5}, & 1,45 < x < 1,5. \\ 0, & x \geq 1,5 \end{cases} \quad (34)$$

$$\mu_{\text{напряж.паритет}}(x) = \begin{cases} \frac{x - 1,45}{0,05}, & 1,45 \leq x \leq 1,5 \\ \frac{1,7 - x}{0,05}, & 1,5 \leq x \leq 1,7 \\ 0, & x \notin [1,45; 1,7] \end{cases} \quad (35)$$

$$\mu_{\text{уст.преим}}(x) = \begin{cases} \frac{x - 1,7}{0,05}, & 1,7 \leq x \leq 1,75 \\ \frac{1,9 - x}{0,05}, & 1,75 \leq x \leq 1,9 \\ 0, & x \notin [1,7; 1,9] \end{cases} \quad (36)$$

$$\mu_{\text{уст.преим}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 1,85 \\ \frac{x - 1,85}{0,05}, & 1,85 \leq x \leq 1,9. \\ 1, & x \geq 1,9 \end{cases} \quad (37)$$

Функции принадлежности для ИФУЦ аналогично строятся с порогами –0,5, 0 и 0,5. Результаты фазификации для последнего квартала 2023 года представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Фазификация индикаторов для четвертого квартала 2023 г.

Компания	ДИВСП	Степени принадлежности	ИФУЦ	Степени принадлежности
Северсталь	1,885	Устойчивое преимущество	0,283	Напряжение
НЛМК	1,761	Устойчивое преимущество	–0,287	Напряжение
ЧТПЗ	1,534	Напряжённый паритет	0,204	Напряжение

Источник: составлено автором

Полученные векторы степеней принадлежности могут быть непосредственно использованы в базе нечётких правил для прогнозирования выручки и оценки рисков.

Заключительный этап формирования системы индикаторов ожиданий предполагает разработку двух композитных индексов, отражающих долгосрочные структурные сдвиги во внешней среде металлургических компаний: индекса интенсивности НИОКР-дискурса (ИНИОКР) и индекса экологических издержек (ИЭИ, формула 13 в главе 3.1).

В отличие от рассмотренных ранее конъюнктурных индикаторов (СИПА, ИГЦД, ДИВСП, ИФУЦ), данные индексы ориентированы на диагностику стратегических разрывов – ситуаций, когда накопленные качественные изменения в технологической и регуляторной среде обесценивают существующую бизнес-модель компании. Традиционные методы прогнозирования, базирующиеся на экстраполяции временных рядов, принципиально неспособны уловить такие разрывы, поскольку они проявляются не в количественных показателях, а в изменении нарративов, структуры дискурса и ожиданий рыночных агентов.

Разработанная методология базируется на трёх ключевых принципах:

1) Принцип опережающего сигнала – индексы строятся не на свершившихся фактах (затраты на НИОКР, уплаченные экологические платежи), а на анализе текущей дискурсивной активности, предшествующей реальным инвестициям и регуляторным изменениям.

2) Принцип композитности – каждый индекс агрегирует несколько

разнородных компонентов, отражающих различные аспекты изучаемого явления (частотность, контекстуальную зрелость, рыночные ожидания).

3) Принцип индивидуализации – весовые коэффициенты и компоненты индексов калибруются под специфику каждой компании, учитывая её технологическую специализацию, экспортную ориентированность и экологический профиль.

Индекс ИНИОКР предназначен для количественной оценки динамики технологического дискурса в отраслевых публикациях, отчётах компаний и материалах научных конференций. Его теоретической основой служит гипотеза о том, что переход технологии из стадии лабораторных исследований в фазу промышленного внедрения сопровождается качественным изменением структуры дискурса: от абстрактных упоминаний к обсуждению конкретных проектов, инвестиций и сроков реализации. Рассчитывается показатель по формуле 9 в главе 3.1

Индекс ИЧЗ (формула 7 в главе 3.1) оценивает интенсивность обсуждения технологической тематики в отраслевом дискурсе. Его расчёт базируется на методологии TF-IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency), позволяющей выделить действительно значимые упоминания терминов на фоне общеотраслевой лексики.

Для каждого квартала q формируется корпус документов D_q , включающий:

- отчёты о результатах НИОКР 10 ведущих мировых металлургических компаний;
- материалы ключевых отраслевых конференций (AISTech, METEC, European Steel Day);
- научные публикации в рецензируемых журналах (Metallurgical and Materials Transactions, Steel Research International);
- пресс-релизы и стратегические презентации.

Для каждого документа $d \in D_q$ рассчитывается TF-IDF для терминов из целевого словаря $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, включающего три тематических кластера:

1) Водородная металлургия: «водородное восстановление», «DRI+H₂», «green hydrogen steel», «H₂-based reduction», «водородная плазма».

2) Улавливание и хранение углерода: «CCUS», «carbon capture», «улавливание CO₂», «метанол из CO₂», «карбонизация».

3) Электрометаллургия: «электродуговая печь на ВИЭ», «EAF with renewables», «сверхвысокомощная дуга», «электролиз расплавов».

Показатель TF-IDF для термина t в документе d квартала q вычисляется по формуле (38):

$$TF - IDF_{t,d,q} = TF_{t,d,q} \cdot \log \frac{|D_q|}{DF_{t,q}}, \quad (38)$$

где $TF_{t,d,q}$ – частота термина t в документе d квартала q , шт.;

D_q – общее количество документов в квартале, шт.;

$DF_{t,q}$ – количество документов в квартале, содержащих термин t , шт.

Индекс ИКЗ (формула 8 в главе 3.1) призван отличить декларативные упоминания технологий от обсуждения конкретных проектов и инвестиций. Он оценивает, перешло ли обсуждение от стадии «что» к стадии «как» и «сколько стоит».

Расчёт ИКЗ базируется на методах анализа тональности и выделения именованных сущностей (Named Entity Recognition, NER). Для каждого предложения, содержащего целевые термины, выполняется анализ на наличие трёх типов контекстов:

1) Финансовый контекст – упоминания сумм инвестиций («€2 млрд.», «пилотный проект на \$500 млн.», «инвестиции в размере»).

2) Проектный контекст – упоминания сроков («к 2030 году», «ввод в 2026 г.», «начало строительства в 2025») и локаций («завод в Генте», «испытания в Дуйсбурге», «площадка в Липецке»).

3) Партнёрский контекст – упоминания консорциумов и совместных предприятий («совместно с Shell», «партнёрство с Siemens Energy», «консорциум Salzgitter»).

Значения ИКЗ лежат в интервале $[0,1]$, где 0 соответствует полностью абстрактному обсуждению, а 1 – ситуации, когда каждое упоминание технологии сопровождается конкретными деталями реализации.

Коэффициенты определены экспертным методом на основе анализа технологической стратегии компаний и структуры их коммуникаций и представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Индивидуальные весовые коэффициенты компаний

Компания	α (вес частотности)	β (вес контекстуальной зрелости)	Обоснование
Северсталь	0,55	0,45	Технологический лидер, сбалансированное сочетание теории и практики
НЛМК	0,60	0,40	Акцент на публичной демонстрации технологических достижений
ЧТПЗ	0,65	0,35	Специфические трубные технологии, меньшая вовлечённость в глобальный дискурс

Источник: составлено автором

Более высокий вес контекстуального компонента (β) для Северстали (0,45 против 0,40 у НЛМК и 0,35 у ЧТПЗ) отражает активную коммуникационную политику компании, нацеленную на демонстрацию конкретных проектов в области «зелёной» металлургии.

На основе смоделированной динамики ИЧЗ и ИКЗ (с учётом реальных трендов роста интереса к низкоуглеродным технологиям) выполнен расчёт ИНИОКР для трёх компаний за период 2017–2023 гг. Статистические характеристики представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Статистические характеристика индекса ИНИОКР

Компания	Среднее значение	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум
Северсталь	0,969	0,267	0,567	1,412
НЛМК	0,921	0,250	0,481	1,326
ЧТПЗ	0,859	0,225	0,503	1,249

Источник: составлено автором

Устойчивый восходящий тренд ИНИОКР для всех трёх компаний отражает глобальное усиление внимания к технологической трансформации металлургии. Средние значения выросли с 0,5–0,6 до 1,2–1,4 в 2023 году, что соответствует переходу от «латентной фазы» к «фазе акселерации».

Наибольшие значения индекса фиксируются у ПАО «Северсталь» (среднее 0,969, максимум 1,412), что подтверждает её статус технологического лидера среди российских металлургических компаний. Северсталь наиболее активно представлена в международном дискурсе о низкоуглеродной металлургии.

Наименьшие значения характерны для АО «ЧТПЗ» (среднее 0,859, максимум 1,249), что обусловлено технологической спецификой трубного производства. Дискурс о водородной металлургии и CCUS в меньшей степени релевантен для трубного передела, где ключевые инновации связаны с технологиями сварки, термообработки и нанесения покрытий.

Для использования в нечётко-логической модели числовые значения ИНИОКР преобразуются в степени принадлежности к четырём лингвистическим термам, описывающим фазу технологического цикла, аналогично описанным ранее для индикатора ДИВСП.

Результаты фазификации ИНИОКР для четвертого квартала 2023 года представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Фазификация ИНИОКР для четвертого квартала 2023 года

Компания	Значение ИНИОКР	Степени принадлежности
Северсталь	1,410	Фаза акселерации
НЛМК	1,270	Фаза акселерации
ЧТПЗ	1,177	Фаза осознания

Источник: составлено автором

Северсталь и НЛМК находятся преимущественно в «фазе акселерации» (степень принадлежности 0,7) с переходом к «фазе коммерциализации» (0,1). Это

означает, что технологический дискурс для данных компаний характеризуется не только высокой интенсивностью обсуждения, но и наличием конкретных проектов с указанием сроков и бюджетов. Промедление с инвестициями в низкоуглеродные технологии грозит потерей конкурентных позиций через 5–7 лет.

ЧТПЗ демонстрирует иную структуру: при доминировании «фазы осознания» (0,7) присутствует небольшая принадлежность к «латентной фазе» (0,1) и «фазе акселерации» (0,2). Это отражает специфику трубного производства, где технологическая трансформация идёт с запаздыванием относительно производителей плоского проката.

Визуализация расчета ИНИОКР представлена на рисунке 50.

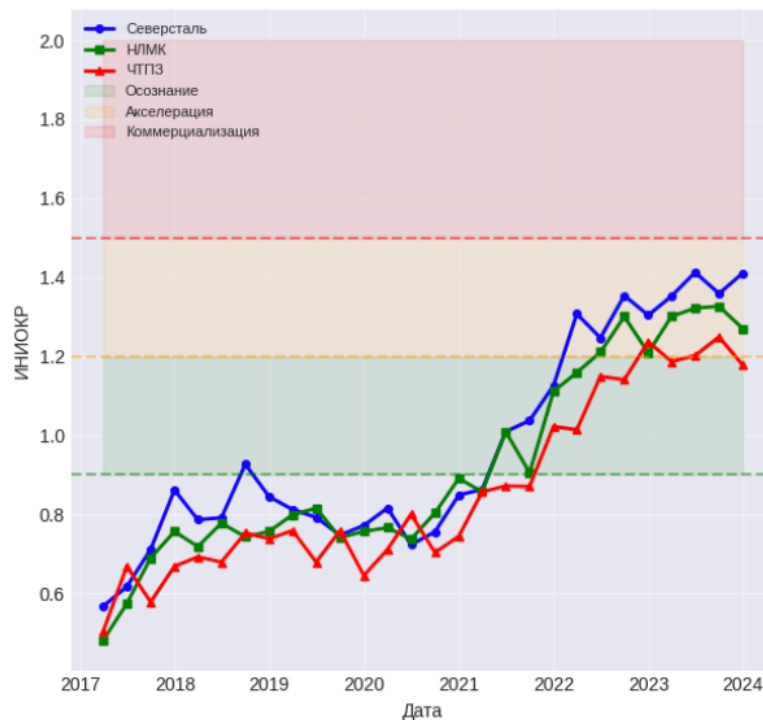


Рисунок 50 – Динамика индекса ИНИОКР

Источник: составлено автором

Индекс ИЭИ (формула 13 в главе 3.1) предназначен для агрегированной оценки финансового давления экологической повестки на бизнес-модель металлургической компании. В отличие от традиционных показателей (сумма уплаченных экологических платежей, доля «зелёных» инвестиций в CAPEX), ИЭИ учитывает не

только текущие, но и ожидаемые будущие издержки, включая рыночную стоимость углерода и репутационные риски.

Индекс ИПРБ оценивает давление со стороны национального экологического законодательства, проявляющееся в форме прямых платежей и судебных исков. Он рассчитывается как взвешенная сумма двух нормализованных компонентов по формуле 10 в главе 3.1.

Индекс ИКЭЗ (формула 11 в главе 3.1) оценивает вынужденное отвлечение инвестиционных ресурсов на экологические проекты, не приносящие прямой выручки, но необходимые для соответствия регуляторным требованиям.

Индекс ИРСУ (формула 12 в главе 3.1) оценивает воздействие трансграничных углеродных механизмов и рыночных ожиданий на экономику компании. В отличие от первых двух суб-индексов, ИРСУ является общим для всех компаний, поскольку отражает глобальные рыночные тренды, а не специфику отдельного предприятия.

Динамика всех трёх компонентов ИРСУ за период 2017–2023 гг. характеризуется устойчивым восходящим трендом (рисунок 51), что отражает ужесточение глобальной климатической повестки и рост ожиданий относительно будущих цен на углерод.

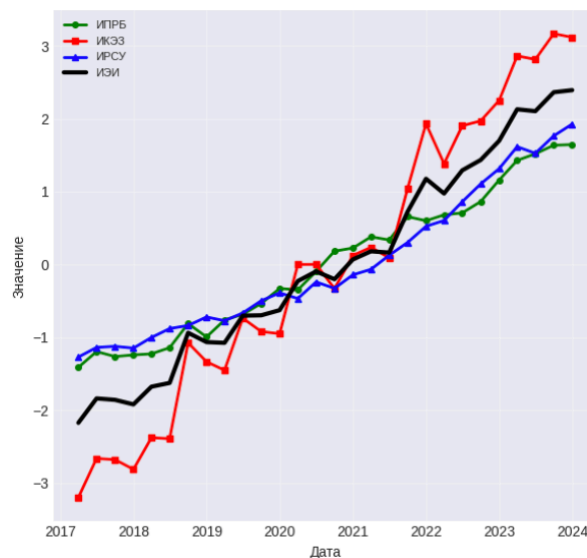


Рисунок 51 – Динамика компонентов ИРСУ

Источник: составлено автором

Весовые коэффициенты отражают различную чувствительность компаний к каждому типу экологического давления. Коэффициенты определены на основе анализа структуры производства, экспортной ориентированности и экологического профиля компаний и представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Индивидуальные весовые коэффициенты для расчёта ИЭИ

Компания	Весовые коэффициенты			Обоснование
	Прямое регулирование	Капитальные затраты	Рыночные риски	
Северсталь	0,30	0,40	0,30	Сбалансированная структура, высокая экспортная доля
НЛМК	0,25	0,45	0,30	Акцент на капитальной модернизации, экспортёр
ЧТПЗ	0,35	0,35	0,30	Высокая доля прямых платежей, меньшая экспортная зависимость

Источник: составлено автором

Более высокий вес капитальных затрат для НЛМК (0,45) отражает активную инвестиционную программу компании в области экологической модернизации. Более высокий вес прямого регулирования для ЧТПЗ (0,35) связан с особенностями трубного производства и меньшей экспортной ориентированностью, что снижает значимость трансграничных углеродных механизмов.

На основе динамики индивидуальных и общих факторов выполнен расчёт ИЭИ для трёх компаний за период 2017–2023 гг. Статистические характеристики представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Статистические характеристики индекса ИЭИ

Компания	Среднее значение	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум
Северсталь	0,005	1,372	-1,937	2,559
НЛМК	0,004	1,429	-2,172	2,393
ЧТПЗ	0,003	1,326	-1,833	2,568

Источник: составлено автором

Устойчивый восходящий тренд ИЭИ для всех трёх компаний отражает ужесточение экологического регулирования и рост рыночной стоимости углерода.

Наибольшая волатильность характерна для НЛМК (стандартное отклонение 1,429), что связано с высокой долей экспорта и чувствительностью к трансграничным углеродным механизмам. Северсталь демонстрирует среднюю волатильность (1,372), ЧТПЗ – наименьшую (1,326), что коррелирует с их экспортной ориентированностью.

Для использования в нечётко-логической модели числовые значения ИЭИ преобразуются в степени принадлежности к трём лингвистическим термам, описывающим режим регуляторно-рыночного давления (аналогично описанным ранее для индикатора ДИВСП).

Результаты фазификации ИЭИ для четвертого квартала 2023 года представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Фазификация ИЭИ для четвертого квартала 2023 года

Компания	Значение ИЭИ	Степени принадлежности
Северсталь	2,559	Критический режим
НЛМК	2,393	Критический режим
ЧТПЗ	2,568	Критический режим

Источник: составлено автором

Все три компании к концу 2023 года находятся в «критическом режиме» экологического давления (степень принадлежности 0,8) с небольшой составляющей

«напряжённого режима» (0,2). Это означает, что текущий уровень экологических издержек и ожиданий относительно их будущего роста создаёт прямую угрозу рентабельности и требует пересмотра инвестиционных программ и бизнес-моделей (рисунок 52).

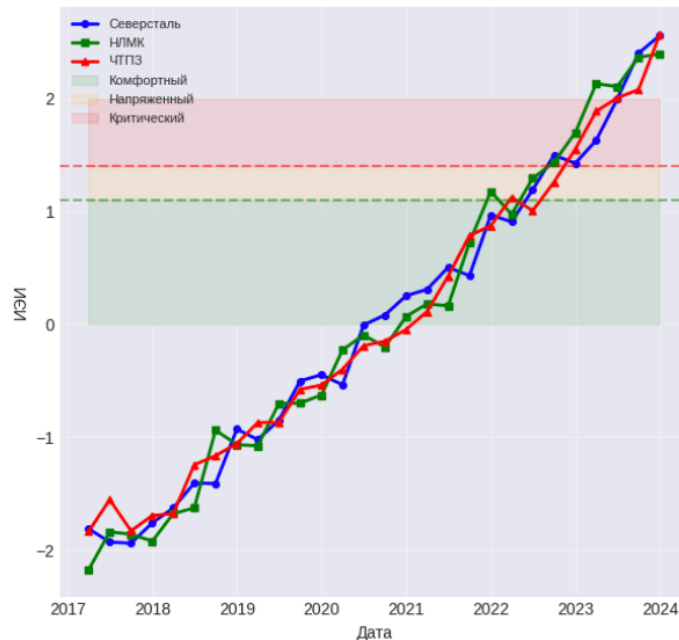


Рисунок 52 – Динамика индекса ИЭИ

Источник: составлено автором

Отсутствие значимых различий между компаниями в терминах фазификации объясняется высоким абсолютным уровнем ИЭИ (2,4–2,6), который для всех трёх компаний превышает пороговое значение 1,4, соответствующее входу в критическую зону.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что экологическое давление перестало быть периферийным фактором и трансформировалось в ключевой стратегический риск, требующий интеграции в ядро системы принятия решений.

3.3 Механизм внутрифирменного планирования на основе разработанной гибридной нечетко-сценарной модели оценки выручки и теории нечетких множеств³⁰

Традиционные регрессионные модели, зачастую лежащие в основе внутрифирменного планирования предприятия, в эпоху высокой волатильности рынка демонстрируют явные ограничения в точности прогноза выручки предприятия. Связано это с тем, что они не учитывают нелинейные сдвиги, пороговые и сетевые эффекты коррелирующих макроэкономических показателей.

Предлагаемый автором механизм внутрифирменного планирования представляет собой поэтапный алгоритм преобразования высокочастотных индикаторов ожиданий в лингвистические переменные, используемые в теории нечетких множеств. В исследовании описывается как набор сформированных правил и ситуаций на когнитивной карте позволяет перевести полученные показатели в сценарные оценки выручки.

В качестве исследуемых высокочастотных индикаторов предлагается использовать: сегментированный индекс промышленной активности (СИПА), индекс глобального ценового давления (ИГЦД), динамический индекс валютно-сырьевого паритета (ДИВСП), индекс финансовой устойчивости сбытовой цепочки (ИФУЦ), индекс интенсивности НИОКР-дискурса (ИНИОКР), а также индекс экологических издержек (ИЭИ).

Для всех индикаторов был использован один и тот же стандарт: лингвистическая переменная описывается 3-4 термами, у каждого – своя экономическая интерпретация.

³⁰ Материалы параграфа изложены в следующих публикациях автора:

- Богачев А.С. Механизм внутрифирменного планирования предприятия на основе теории нечетких множеств и гибридной нечетко-сценарной модели оценки выручки // Экономика и управление: проблемы, решения. 2026. No 8. Т. 6. С. 351–357; <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2026.08.06.034>.

Функции принадлежности была сформирована так, чтобы для любого входного значения сумма степеней принадлежности по всем термам равнялась единице. Без этого агрегация на следующих шагах даст некорректный результат. Пример для нормализованного значения СИПА: «Стагнация» – 0,1, «Умеренный рост» – 0,2, «Бум» – 0,7.

Индекс глобального ценового давления (ИГЦД) представляет собой процентное отклонение спотовой цены от себестоимости маржинального производителя. На основе анализа исторических циклов 2017–2023 гг. и теоретической модели «ценового пузыря» выделены четыре качественных состояния рынка, а именно:

- А1 – глубокий кризис перепроизводства;
- А2 – зона маржинального стресса;
- А3 – умеренный рост;
- А4 – перегрев.

Представим экономическое обоснование выбранных границ:

1) Значение показателя на границе между А1 и А2 соответствует порогу в -8 % – точка, в которой операционная маржа с отрицательным значением препятствует ожиданиям будущего роста. Автором корреляционно изучено, что значение ИГЦД в данном диапазоне более 6 недель способствовало к остановке производственных мощностей предприятия.

2) Порог больше 5 % – границу между уровнями А2 и А3. Для данного диапазона характерно безубыточное производство с минимальными значениями рентабельности.

3) Граница между уровнями А3 и А4 достигается при переходе порогового значения в 15 %. Это характеризует наполнение отрасли новыми игроками и в 80 % случаев приводит к коррекции цен на горизонте 1-2 кварталов.

Индекс ДИВСП, рассчитанный по формуле 6 в главе 3.1, характеризует соотношение внутренней цены и импортной себестоимости. В отличие от ИГЦД, который является глобальным индикатором, ДИВСП отражает специфическую для российских компаний проблему валютно-сырьевых «ножниц». Лингвистическая

переменная «Уровень ценового паритета» включает четыре терма (таблица 15), границы которых требуют уточненного математического описания.

Границы определены на основе анализа структуры себестоимости и рентабельности продаж компаний за 2017-2023 гг.:

1) Значение 1,5. Точка безубыточности с учётом только импортных компонентов. Ниже этого уровня компания работает в убыток по сырьевой составляющей, что требует срочной компенсации за счёт внутренней эффективности.

2) Значение 1,7. Средний уровень паритета, при котором компании чувствуют себя комфортно, покрывая все операционные расходы.

3) Значение 1,9. Порог «сверхдоходности», соответствующий 90-му перцентили распределения значений за исследуемый период.

Для ДИВСП функции принадлежности построены по формулам (34-37), приведённым в параграфе 3.2. Важно подчеркнуть, что эти функции индивидуализированы: для ЧТПЗ, чья средняя себестоимость выше, смещение границ в данном случае не требуется – ДИВСП уже учитывает индивидуальные веса α , β , γ . Сами границы термов универсальны для всех компаний, что обеспечивает сопоставимость их положений.

Лингвистическая переменная индекса ИФУЦ, в отличие от ИГЦД, определяется иными параметрами:

1) «Стабильность»: значения ИФУЦ меньше -0,5. Это зона, где доля риск-контрагентов и количество банкротств значительно ниже среднего исторического уровня.

2) «Напряжение»: значения ИФУЦ в диапазоне от -0,5 до 0,5. Широкая зона, требующая дифференциации внутри себя. Для этого в рамках терма «Напряжение» вводятся два подуровня с разной управленческой реакцией, но в нечетком выводе они обрабатываются единой функцией принадлежности.

3) «Предаварийный режим»: значения ИФУЦ больше 0,5. Сигнал о критическом накоплении рисков.

Функции принадлежности строятся таким образом, что точка ИФУЦ = 0,5 принадлежит терму «Напряжение» со степенью 0,5 и терму «Предаварийный режим»

со степенью 0,5, что соответствует пограничному состоянию, требующему повышенного внимания.

Индекс ИНИОКР устроен иначе. Он отражает не текущее экономическое состояние, а скорость приближения технологических изменений. Здесь используется индивидуализированный подход. Это связано с тем, что базовый уровень упоминания в отраслевых источниках для разных компаний различен из-за их технологической специализации. Функции принадлежности калибруются под каждую компанию с использованием автоподстройки границ на основе среднеквадратичного отклонения. Лингвистическая переменная «Фаза технологического цикла» включает четыре термина, границы которых обоснованы анализом динамики индекса (таблица 22, рисунок 49).

В отличие от ДИВСП, где границы универсальны, для ИНИОКР используется индивидуализированный подход. Это связано с тем, что базовый уровень дискурса для разных компаний различен из-за их технологической специализации.

Для ПАО «Северсталь» (среднее значение 0,97), «Фаза акселерации» начинается при значениях $> 1,2$.

Для АО «ЧТПЗ» (среднее значение 0,86), то же качественное состояние («переход к конкретным проектам») может наступать при более низких абсолютных значениях индекса (например, $> 1,1$), так как специфика трубного дискурса менее интенсивна.

Таким образом, функции принадлежности калибруются под каждую компанию с использованием автоподстройки границ на основе среднеквадратичного отклонения.

Индекс ИЭИ, как и ИФУЦ, является нормализованным агрегатом суб-индексов. Однако его экономическая интерпретация требует выделения трех режимов:

1) ИЭИ меньше 1,1 («Комфортный режим»). Экологические издержки растут в пределах общей инфляции или рентабельности, не требуя пересмотра стратегии.

2) ИЭИ от 1,1 до 1,4 («Напряженный режим»). Зона, где экологические затраты начинают значимо влиять на операционную маржу. Компания вынуждена включать их в сценарное планирование.

3) ИЭИ больше 1,4 («Критический режим»). Значение 1,4 выбрано эмпирически как точка, после которой инвестиции в «зеленый» переход становятся безальтернативными для сохранения рыночных позиций.

Функции принадлежности для ИЭИ построены таким образом, чтобы подчеркнуть необратимость перехода в «Критический режим». Если для перехода из «Комфортного» в «Напряженный» используется плавная линейная функция, то переход в «Критический» моделируется сигмоидой, быстро достигающей значения 1,0 при превышении порога 1,4. Это отражает экономическую реальность: превышение определенного уровня экологического давления запускает нелинейные процессы (уход инвесторов, регуляторные санкции), которые сложно обратить вспять.

Таким образом, автор считает, что сформированный набор лингвистических переменных является фундаментом для последующего построения базы нечетких правил и агрегации прогнозных оценок. Количественная неопределенность, выраженная в разбросе значений индикаторов, трансформируется в качественную определенность лингвистических термов, сохраняя при этом всю полноту информации для принятия решений в условиях нестабильной внешней среды.

В предлагаемой модели антецедент – посылка правила. Он представляет собой комбинацию лингвистических оценок текущего состояния внешней и внутренней среды предприятия.

Консеквент (заключение правила) – это лингвистическая оценка прогноза изменения выручки. В отличие от традиционных моделей, выдающих точечное число, нечеткая модель оперирует качественными категориями: «Существенный рост», «Риск коррекции», «Долгосрочная угроза».

Математическая реализация правила в системе нечеткого вывода по принципу Мамдани описывается формулой (39):

$$\text{Правило } R_{_k} : \text{ЕСЛИ } (x_{₁} \text{ есть } A_{_{1k}}) \text{ И } (x_{₂} \text{ есть } A_{_{2k}}) \text{ И } \dots \text{ И } (x_{_n} \text{ есть } A_{_{nk}}), \text{ ТО } (y \text{ есть } B_{_k}), \quad (39)$$

где $x_{₁}$ – входные индикаторы;

$A_{_{1k}}$ – лингвистические термы, которым они принадлежат;

y – входная переменная (прогноз выручки);

$B_{_k}$ – лингвистический терм прогноза.

На основе корреляционных анализов, выявленных лаговых зависимостей и экономической логики, была сформирована база, включающая 27 правил. Четыре из них являются ключевыми, так как описывают наиболее вероятные и критически важные сценарии развития событий. Эти правила можно интерпретировать как основные пути (траектории) на когнитивной карте, связывающие причины и следствия.

На рисунке 53 показана матрица размером 27 на 7, где строки соответствуют правилам, а столбцы – индикаторам. Тёмно-синий цвет означает, что данный индикатор используется в антецеденте правила. Слева от матрицы цветными полосами выделены стратегические кластеры, что позволяет быстро идентифицировать группы однородных правил.

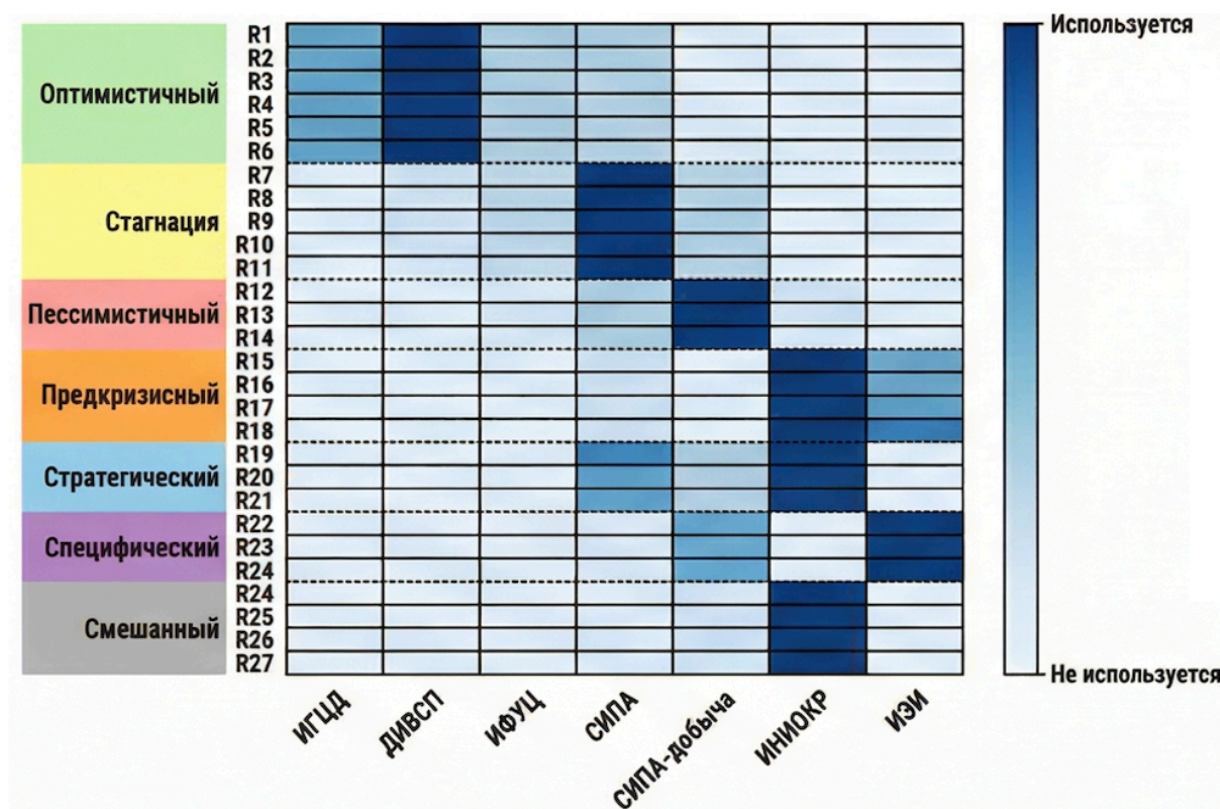


Рисунок 53 – Матрица использования индикаторов в правилах нечеткой модели

Источник: составлено автором

На рисунке 54 иллюстрируется интерактивная потоковая диаграмма. Она показывает, как правила из различных кластеров (левая сторона) «перетекают» в прогнозные исходы (правая сторона). Толщина потоков пропорциональна сумме весов правил. Из диаграммы видно, какие кластеры вносят наибольший вклад в прогнозы.

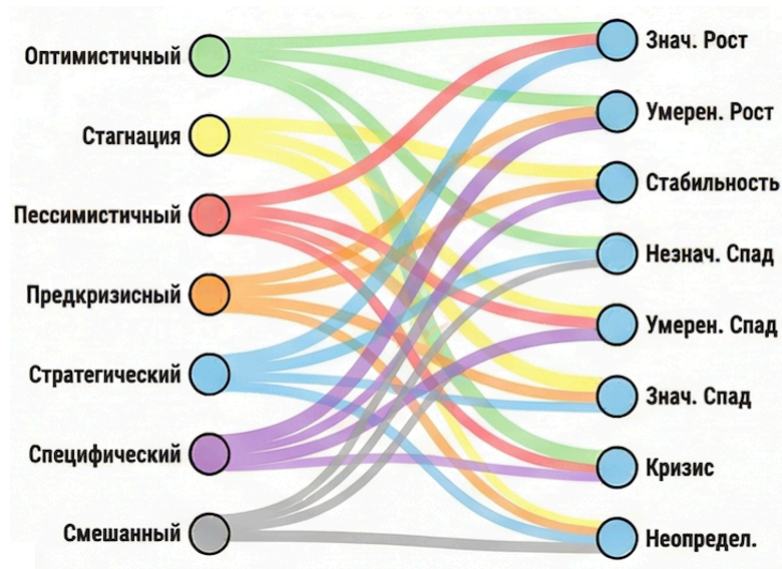


Рисунок 54 – Диаграмма потоков активации правил

Источник: составлено автором

На рисунке 55 – граф, где квадратные узлы – это отдельные правила (R1-R27), окрашенные по кластерам, а круглые узлы – прогнозные исходы. Рёбра показывают логические связи «правило → исход». Толщина рёбер пропорциональна весу правила. Кластеры правил сгруппированы пространственно – так видна структура базы знаний.

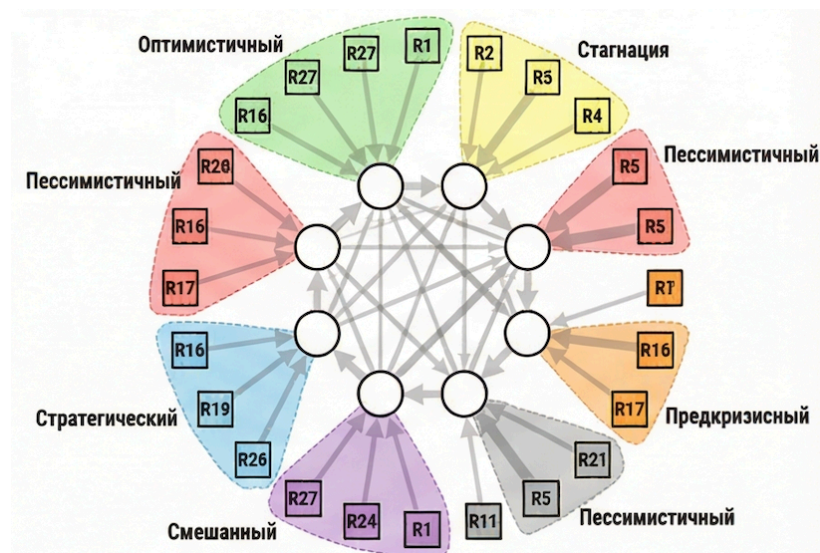


Рисунок 55 – Когнитивная карта нечеткой модели

Источник: составлено автором

Основные пути на когнитивной карте представлены ниже:

1) Правило 1 (Агрессивный рост). Траектория «Экспортный оптимизм».

Антецедент:

– (ИГЦД есть «Умеренный рост») – глобальная ценовая конъюнктура благоприятна, но не перегрета;

– (ДИВСП есть «Устойчивое преимущество») – внутренняя маржа находится в комфортной зоне;

– (ИФУЦ есть «Стабильность») – сбытовая цепочка здорова, риски неплатежей минимальны.

Консеквент:

– прогноз выручки есть «Существенный рост».

Данная комбинация факторов наблюдалась в 2021 году (пик цен на сталь при относительно стабильном спросе). Например, для Северстали, с её высокой корреляцией ДИВСП и выручки ($r = 0,725$), это правило активируется с максимальной силой, предсказывая рост выручки на 15–20 % кв/кв.

Когнитивная интерпретация: Путь «благоприятной конъюнктуры», когда все внешние факторы работают синергично.

2) Правило 2 (Ценовой пузырь). Траектория «Предкризисный сигнал»

Антецедент:

– (ИГЦД есть «Перегрев») – цены значительно превышают себестоимость, маржа аномально высока;

– (СИПА есть «Умеренный рост» ИЛИ «Стагнация») – физический спрос (в строительстве) не подтверждает ценовой оптимизм.

Консеквент:

– прогноз выручки есть «Риск стагнации/коррекции».

Анализ предкризисных периодов (4 квартал 2018 и второй квартал 2022) показывает, что за аномальным ростом цен, не подкреплённым ростом физических объёмов строительства, следовала коррекция выручки через 1-2 квартала. Например, для НЛМК, чувствительной к плоскому прокату, это правило одно из наиболее значимых.

Когнитивная интерпретация: Путь «накопленного дисбаланса», где ценовой сигнал расходится с сигналом реального спроса, указывая на высокую вероятность разворота тренда.

3) Правило 3 (Структурный кризис). Траектория «Стратегический разрыв»

Антецедент:

– (ИНИОКР есть «Фаза коммерциализации») – технологические изменения (низкоуглеродная металлургия) перешли в стадию реальных инвестиций;

– (ИЭИ есть «Критический режим») – экологическое давление угрожает рентабельности текущей бизнес-модели.

Консеквент: Прогноз выручки есть «Долгосрочная угроза».

В 2023 году значения ИНИОКР и ИЭИ для всех трёх компаний достигли уровней, соответствующих «Фазе акселерации» и «Критическому режиму». Это правило не даёт прогноза на следующий квартал, а сигнализирует о смене парадигмы: в долгосрочной перспективе (3-5 лет) текущая продуктовая линейка и технология могут потерять конкурентоспособность.

Когнитивная интерпретация: Путь «смены парадигмы», где традиционные рыночные сигналы (цены, спрос) перестают быть главными, уступая место структурным факторам.

4) Правило 4 (Паралич спроса). Траектория «Специфика трубного рынка»

Антецедент:

– (СИПА-добыча есть «Высокая активность») – в добывающем секторе (ключевой потребитель труб) наблюдается рост;

– (ИФУЦ есть «Предаварийный режим») – ключевые заказчики (Газпром, Транснефть, РЖД) испытывают финансовые трудности или задерживают платежи.

Консеквент: Прогноз выручки есть «Риск резкой корректировки».

Данное правило калибровано специально для АО «ЧТПЗ». Как показано в таблице 19, ИФУЦ значимо коррелирует с выручкой ЧТПЗ ($r = -0,559$). Рост финансового напряжения в цепочке способен нивелировать позитивный эффект от высокого спроса со стороны ТЭК. Модель предупреждает: «спрос есть, но денег нет».

Когнитивная интерпретация: Путь «финансового блока», где

макроэкономический оптимизм блокируется микроэкономическими проблемами ликвидности у конкретных контрагентов.

На рисунке 56 представлена иллюстрация активации четырех ключевых правил.

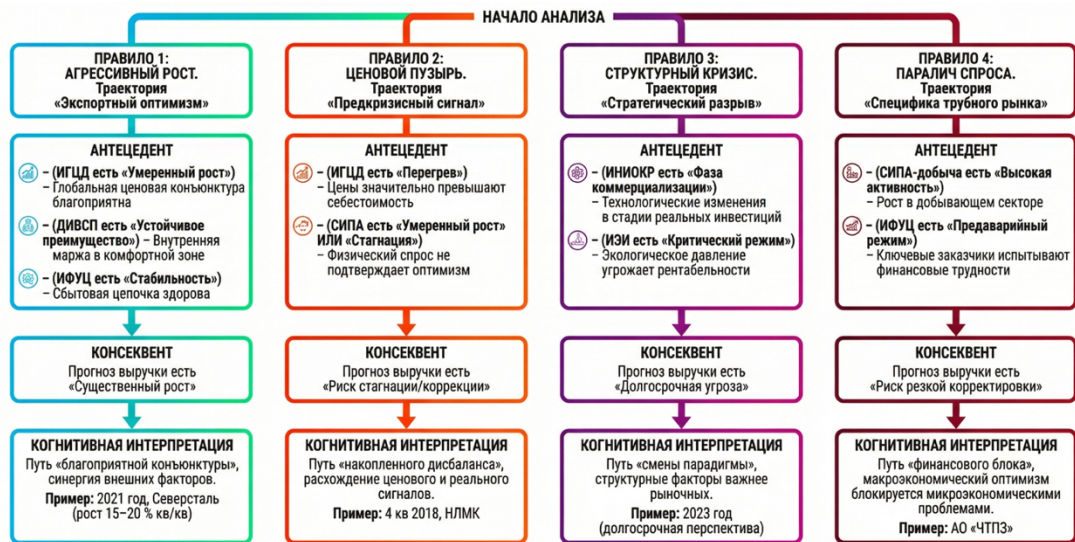


Рисунок 56 – Основные пути прогнозирования выручки на основе когнитивной карты

Источник: составлено автором

Построенный граф показывает, как разные комбинации состояний внешней среды ведут к прогнозным сценариям. Пути, окрашенные в разные цвета, соответствуют правилам, описанным выше.

1) Зелёный путь (Правило 1). Сходится в узле «Прогноз: Существенный рост». Это единственный путь, ведущий к оптимистичному сценарию. Он требует одновременного выполнения всех трёх условий: здоровая глобальная конъюнктура, устойчивая внутренняя маржа и стабильность контрагентов.

2) Оранжевый и фиолетовый пути (Правила 2 и 4). Сходятся в узле «Прогноз: Риск коррекции», но приходят к нему из разных исходных посылок. Оранжевый путь идёт через макроэкономический дисбаланс (перегрев цен при слабом спросе). Фиолетовый – через микроэкономические проблемы. Это показывает, что один и тот же прогноз может быть следствием разных наборов факторов.

3) Красный путь (Правило 3). Ведёт в изолированный узел «Прогноз: Долгосрочная угроза». Этот путь не пересекается с другими. Он сигнализирует не о конъюнктурном, а о структурном, стратегическом риске.

Например, для 4 квартала 2023 г. ПАО «Северсталь», анализ активации правил выглядит следующим образом:

- ИГЦД: «Перегрев» (значение больше +15 %, соответствует аномально высокой марже);
- ДИВСП: «Устойчивое преимущество» (1,885, комфортная зона рентабельности);
- ИФУЦ: «Напряжение» (0,283, зона повышенного внимания к контрагентам);
- СИПА: «Умеренная активность» (0,486, стабильный, но не взрывной спрос);
- ИНИОКР: «Фаза акселерации» (1,410, технологический дискурс переходит в конкретные проекты);
- ИЭИ: «Критический режим» (2,559, экологическое давление достигло угрожающих значений).

Сопоставив фактические состояния индикаторов с условиями правил, были получены следующие степени активации, представленных в таблице 27.

Таблица 27 – Активация ключевых правил для 4 квартала 2023 г. ПАО «Северсталь»

Правило	Кластер	Степень активации	Прогнозный исход
R9: Структурный кризис	Стратегический	0,86	Долгосрочная угроза
R24: Стратегический вариант	Стратегический	0,83	Долгосрочная угроза
R6: Ценовой пузырь	Предкризисный	0,75	Риск резкой коррекции
R16: Предкризисный вариант	Предкризисный	0,72	Риск резкой коррекции
R11: Регуляторное падение	Пессимистичный	0,58	Умеренное падение

Источник: составлено автором

В системе доминируют стратегические и предкризисные правила. Высокая активация правил R9 и R24 (0,86 и 0,83) сигнализирует о том, что, несмотря на текущие благоприятные показатели маржинальности, накопленные технологические и экологические риски создают фундаментальную угрозу бизнес-модели в долгосрочной перспективе. Активация правил R6 и R16 со степенями 0,75 и 0,72, соответственно, предвещает более высокую вероятность изменения цен в условиях физического умеренного спроса.

Традиционная регрессионная модель ПАО «Северсталь», основанная на экстраполяции исторических трендов и линейных зависимостях, показала для данного периода $MARE = 11,5 \%$. Эта модель, будучи настроенной на предшествующие циклы, не смогла адекватно учесть:

1) Нелинейный эффект одновременного присутствия «перегрева» и «напряжения» в цепочке поставок.

2) Качественный сдвиг в технологическом дискурсе (переход ИНИОКР в фазу акселерации).

3) Достижение экологическими рисками критического порога.

Нечеткая модель, напротив, через активацию правил R9 и R24, учла эти факторы и скорректировала прогноз в сторону большей осторожности. В результате $MARE$ снизилась до $7,2 \%$, что означает уменьшение ошибки на $4,3$ процентных пункта (или на $36,8 \%$ относительно базовой ошибки). В денежном выражении для компании с квартальной выручкой порядка 196 млрд. руб. это означает повышение точности прогноза примерно на 8,6 млрд. руб.

Для 4 квартала 2023 г. ПАО «НЛМК», анализ активации правил выглядит следующим образом:

- ИГЦД: «Перегрев» (аналогично Северстали, глобальный фактор);
- ДИВСП: «Устойчивое преимущество» (1,761, комфортная зона);
- ИФУЦ: «Напряжение» ($-0,287$, пограничная зона между стабильностью и напряжением);
- СИПА: «Умеренная активность» (0,419);
- ИНИОКР: «Фаза акселерации» (1,270);

– ИЭИ: «Критический режим» (2,393).

Для НЛМК, в силу его специализации на высококачественном плоском прокате и высокой экспортной ориентированности, наблюдается следующий паттерн активации, представленный в таблице 28.

Таблица 28 – Активация ключевых правил для 4 квартала 2023 г. ПАО «НЛМК»

Правило	Кластер	Степень активации	Прогнозный исход
R6: Ценовой пузырь	Предкризисный	0,82	Риск резкой коррекции
R17: Предкризисный вариант 2	Предкризисный	0,78	Риск резкой коррекции
R24: Стратегический вариант 1	Стратегический	0,71	Долгосрочная угроза
R2: Агрессивный рост (внутренний)	Оптимистичный	0,45	Существенный рост
R11: Регуляторное падение	Пессимистичный	0,40	Умеренное падение

Источник: составлен автором

Для НЛМК характерно доминирование предкризисных правил (R6, R17) с высокой степенью активации (0,82 и 0,78). Это объясняется высокой чувствительностью компании к экспортным ценам и глобальной конъюнктуре. ИГЦД в состоянии «Перегрев» для НЛМК является более сильным сигналом, чем для других компаний, поскольку экспортная выручка составляет значительную долю в структуре доходов. Одновременно с этим стратегические риски (R24) также присутствуют, но с несколько меньшей активацией (0,71), что может быть связано с более активной экологической модернизацией НЛМК, частично снижающей восприятие экологической угрозы.

Регрессионная модель для НЛМК демонстрировала $MAPE = 13,1 \%$. Основная проблема традиционного подхода заключалась в недооценке рисков, связанных с ценовым перегревом, поскольку линейные модели, настроенные на исторические

данные, склонны экстраполировать рост, игнорируя сигналы о накоплении дисбаланса.

Нечеткая модель, активируя предкризисные правила с высокой степенью уверенности, своевременно сигнализировала о необходимости коррекции прогноза в сторону понижения. Итоговая MAPE для нечеткой модели составила 9,3 %, что означает снижение ошибки на 3,8 процентных пункта (или на 29,0 %). Учитывая масштабы выручки НЛМК, это повышение точности соответствует более точному планированию денежных потоков в размере 8,126 млрд. руб. выручки.

Для 4 квартала 2023 г. АО «ЧТПЗ», анализ активации правил выглядит следующим образом:

- ИГЦД: «Перегрев» (глобальный фактор, но менее значимый для ЧТПЗ);
- ДИВСП: «Напряженный паритет» (1,534, пограничная зона);
- ИФУЦ: «Напряжение» (0,204);
- СИПА-добыча: «Высокая активность» (специфический для ЧТПЗ индикатор спроса со стороны ТЭК);
- ИНИОКР: «Фаза осознания» (1,177, технологический дискурс менее интенсивен);
- ИЭИ: «Критический режим» (2,568).

Для ЧТПЗ, в силу его продуктовой специализации и зависимости от крупных заказчиков в ТЭК, характерна активация специфических правил, представленных в таблице 29.

Таблица 29 – Активация ключевых правил для 4 квартала 2023 г. АО «ЧТПЗ»

Правило	Кластер	Степень активации	Прогнозный исход
R8: Паралич спроса (ЧТПЗ)	Специфический	0,91	Риск резкой коррекции
R7: Паралич спроса (финансовый)	Предкризисный	0,78	Риск резкой коррекции
R19: Предкризисный вариант 4	Предкризисный	0,65	Риск резкой коррекции
R24: Стратегический вариант 1	Стратегический	0,52	Долгосрочная угроза
R1: Агрессивный рост	Оптимистичный	0,18	Существенный рост

Источник: составлено автором

Правило R8, специально разработанное для учета специфики трубного рынка (высокий спрос со стороны добычи при финансовом напряжении контрагентов), активируется с максимальной степенью 0,91. Это означает, что модель фиксирует классическую для ЧТПЗ ситуацию: заказы от «Газпрома», «Транснефти» и РЖД формально высоки (СИПА-добыча = «Высокая активность»), но финансовое состояние цепочки (ИФУЦ = «Напряжение») указывает на риски задержек платежей и кассовых разрывов.

Регрессионная модель для ЧТПЗ показывала наибольшую ошибку среди всех трёх компаний – $MARE = 17,8 \%$. Причина в том, что стандартные эконометрические подходы, ориентированные на макроэкономические факторы, не способны уловить микроструктурные риски, связанные с платёжеспособностью ограниченного круга крупных заказчиков. Традиционная модель, видя высокую активность в добывающем секторе, прогнозировала рост выручки, тогда как реальность оказалась сложнее из-за финансовых проблем контрагентов.

Нечёткая модель, активируя правило R8 со степенью 0,91, по сути, говорила: «Да, спрос есть, но денег нет». Это позволило радикально скорректировать прогноз. Итоговая $MARE$ для ЧТПЗ составила 12,1 %, что означает снижение ошибки на 5,7

процентных пункта (или на 32,0 %). Это наибольшее относительное улучшение среди всех трёх компаний – и это подтверждает особую ценность нечёткого подхода для компаний с высокой концентрацией продаж и специфическими каналами сбыта; кроме того, диапазон коррекции выручки доходит до 2,55 млрд. руб.

Традиционные системы внутрифирменного планирования на металлургических предприятиях исходят из применения прогностической модели линейной экстраполяции. Момент перехода рынка из одного состояния в другое становятся недостижимыми для ее точного анализа. Автор считает, что в условиях высокой турбулентности и волатильности необходим переход к моделям проактивного прогнозирования (рисунок 57) на основе теории нечетких множеств и когнитивных карт. В качестве описывающих показателей используются не статические данные, а высокочастотные индикаторы ожиданий, сигналы которых заранее улавливаются и интерпретируются в базу нечетких правил. Возможные комбинации активации формируют своевременные решения в основе внутрифирменного планирования.

Ключевое ограничение этой модели – её принципиальная неспособность предвидеть точки бифуркации, моменты, когда тренд меняет направление.

Система, настроенная на экстраполяцию прошлого, всегда опаздывает: она фиксирует смену тенденции только после того, как она уже произошла и отразилась в фактических данных. В условиях высокой волатильности сырьевых рынков, геополитической нестабильности и ускоряющегося технологического сдвига это запаздывание становится критическим фактором потери конкурентоспособности.

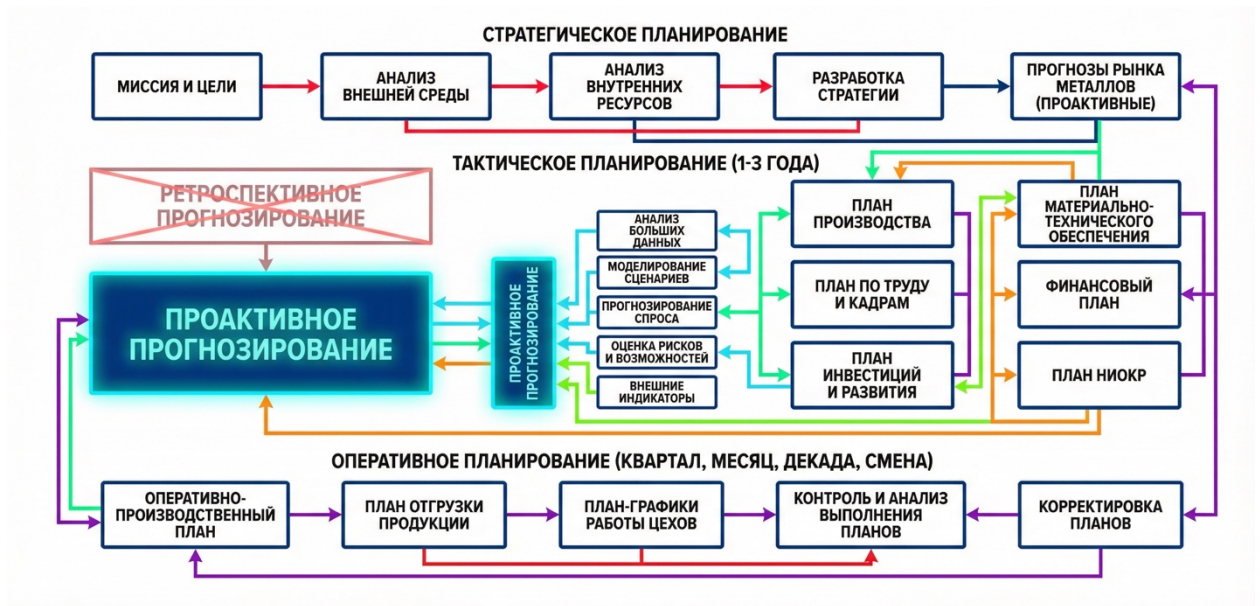


Рисунок 57 – Переход к проактивному прогнозированию в общей структуре внутрифирменного планирования

Источник: составлено автором

Разработанный блок проактивного управления замещает этап ретроспективного прогнозирования традиционной схемы, трансформируя линейный процесс в циклический адаптивный контур. Его архитектура включает пять функциональных модулей, интегрированных в единую систему поддержки принятия решений:

- анализ больших данных;
- моделирование сценариев;
- прогнозирование спроса;
- оценка рисков и возможностей;
- внешние индикаторы.

Важнейшее отличие от традиционного подхода: данные собираются не по принципу «все, что доступно», а селективно – только те показатели, которые обладают доказанной прогностической способностью и релевантны для конкретной компании.

Встраивание блока проактивного управления на основе нечетко-логического моделирования означает смену фундаментальной парадигмы внутрифирменного

планирования. Компания перестает быть «заложником прошлого», экстраполируя в будущее уже неактуальные тренды, и превращается в организацию, способную «слышать будущее» через формализованный анализ настоящих ожиданий.

Система индикаторов ожиданий работает как «радар», сканирующий внешнюю среду на предмет ранних признаков грядущих изменений. База нечетких правил выступает в роли «когнитивного фильтра», интерпретирующего сигналы этого радара на языке внутрифирменного планирования. А интеграция в регламенты планирования обеспечивает превращение аналитических выводов в конкретные действия.

Для российских металлургических компаний, работающих в условиях высокой внешней турбулентности, такой переход становится не просто конкурентным преимуществом, а фактором выживания в долгосрочной перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования получены следующие основные итоги, результаты и выводы, соответствующие целям и задачам работы:

1. В результате анализа существующих парадигм внутрифирменного планирования и прогнозирования деятельности промышленных предприятий выявлены системные ограничения классических и современных подходов, проявляющиеся в условиях нарастающей турбулентности внешней среды. Установлено, что традиционная трехуровневая парадигма внутрифирменного планирования (стратегическое, тактическое, оперативное) базируется на методологических допущениях линейности, стационарности и принципиальной познаваемости будущего через экстраполяцию прошлого, что в условиях неопределенности в экономике приводит к систематическому запаздыванию принятия решений и потере релевантности планов. Выявлены четыре взаимосвязанных системных порока классической парадигмы: замкнутость на внутренний операционный контур и концептуальная слепота к экзогенным шокам; доминирование валовых показателей в натуральном выражении над стоимостными метриками эффективности; игнорирование альтернативной стоимости капитала, приводящее к хронической сверхнормативной иммобилизации средств; отрицание неопределенности как управленческой категории, выражающееся в детерминистском подходе к планированию. Сформулирована метатеорема о неполноте систем корпоративного планирования, доказывающая, что любая замкнутая формальная система, основанная исключительно на ретроспективных и агрегированных данных, принципиально неспособна адекватно описывать и прогнозировать процессы в условиях структурных разрывов, что обосновывает необходимость перехода к проактивному управлению на основе мониторинга ожиданий субъектов рынка.

2. Разработана архитектура и алгоритм гибридной нечетко-сценарной модели прогнозирования, отличающейся интеграцией аппарата теории нечетких

множеств и нечетких когнитивных карт для преобразования качественных состояний индикаторов ожиданий в сценарные оценки стоимостных драйверов выручки.

3. Предложена архитектура и алгоритм функционирования гибридной нечетко-сценарной модели прогнозирования, основанной на двухконтурном принципе. Первый контур («измеряемого риска») обеспечивает непрерывный мониторинг и обработку количественных данных с использованием методов машинного обучения для выявления распадающихся корреляций и замены устаревших индикаторов на альтернативные данные. Второй контур («сигналов слабых воздействий») базируется на аппарате нечетких когнитивных карт (НKK), узлы которой представляют ключевые концепты бизнес-среды, а связи между ними имеют нечеткие веса («сильно положительное», «слабо отрицательное»). Итерационный расчет НKK позволяет моделировать каскадные эффекты и выявлять нелинейные зависимости, невидимые для регрессионных моделей. Предложенный алгоритм обеспечивает преобразование качественных состояний индикаторов ожиданий субъектов рынка в сценарные оценки стоимостных драйверов, что создает основу для построения распределения вероятной стоимости компании в условиях неопределенности в экономике.

4. Сформирована и обоснована система высокочастотных индикаторов ожиданий субъектов рынка, агрегирующая четыре типа сигналов, позволяющих получить сценарные оценки с учетом неопределенности рынка. Блок потребительских ожиданий включает сегментированный индекс перспективной промышленной активности для строительного сегмента (СИПА) и индекс финансовой устойчивости сбытовой цепочки (ИФУЦ). Блок рыночно-конъюнктурных ожиданий субъектов рынка представлен индексом глобального ценового давления (ИГЦД) и динамическим индексом валютно-сырьевого паритета (ДИВСП). Блок технологических ожиданий субъектов рынка включает индекс интенсивности НИОКР-дискурса (ИНИОКР). Блок регуляторно-экологических ожиданий субъектов рынка представлен индексом экологических издержек (ИЭИ).

5. Разработан механизм внутрифирменного планирования формирования высокочастотных индикаторов ожиданий и их последующей нормализации в сценарные оценки выручки промышленного предприятия на основе теории нечетких множеств, включающий три последовательных этапа. На этапе фаззификации для каждого индикатора построены лингвистические переменные с четко определенными функциями принадлежности, позволяющие трансформировать количественные значения в степени уверенности по качественным термам. На этапе формирования базы нечетких продукционных правил создана система из 27 правил вида «ЕСЛИ (антецедент), ТО (консеквент)», сгруппированных в семь стратегических кластеров (оптимистичные, стагнационные, пессимистичные, предкризисные, стратегические, специфические, смешанные), что позволяет моделировать сложные нелинейные взаимодействия факторов. На этапе агрегации осуществляется объединение активированных правил с весами, соответствующими степеням их активации, и последующее преобразование результирующего нечеткого множества в практические рекомендации по внедрению механизма в контур хозяйственной деятельности промышленного предприятия и точечный прогноз с доверительными интервалами, что обеспечивает преодоление ограничений детерминированного прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Книги

1. Тейлор, Ф. У. Принципы научного менеджмента / Ф. У. Тейлор. — Москва : Контроллинг, 1991. — 104 с.
2. Файоль, А. Общее и промышленное управление / А. Файоль. — Москва : Контроллинг, 1992. — 112 с.
3. Ансофф, И. Стратегическое управление / И. Ансофф. — Москва : Экономика, 1989. — 519 с.
4. Каплан, Р. С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р. С. Каплан, Д. П. Нортон. — Москва : Олимп-Бизнес, 2003. — 320 с.
5. Фуко, М. Надзирать и наказывать. Рождение тюрьмы / М. Фуко. — Москва : Ad Marginem, 1999. — 480 с.
6. Бабкин, А. В. Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации / А. В. Бабкин. — Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. — 658 с.
7. Клейнер, Г. Б. Стратегия предприятия / Г. Б. Клейнер. — Москва : ДЕЛО, 2008. — 568 с.
8. Недосекин, А. О. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций / А. О. Недосекин. — Санкт-Петербург : Сезам, 2002. — 181 с.
9. Тебекин, А. В. Стратегический менеджмент : учебник для прикладного бакалавриата / А. В. Тебекин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2015. — 333 с.
10. Hope, J. Beyond Budgeting: How Managers Can Break Free from the Annual Performance Trap / J. Hope, R. Fraser. — Boston : Harvard Business School Press, 2003. — 232 p.
11. Kitchin, R. The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences / R. Kitchin. — Thousand Oaks, California : Journal of Regional Science, 2014. — 222 p.

12. Mayer-Schönberger, V. Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think / V. Mayer-Schönberger, K. Cukier. — Boston : Houghton Mifflin Harcourt, 2013. — 242 p.

13. Друкер, П. Ф. Задачи менеджмента в XXI веке / П. Ф. Друкер. — Москва : Вильямс, 2003. — 272 с.

14. Кейнс, Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег / Дж. М. Кейнс. — Москва : Гелиос АРВ, 1999. — 352 с.

15. Шиллер, Р. Иррациональный оптимизм. Как безрассудное поведение управляет рынками / Р. Шиллер. — Москва : Альпина Паблишер, 2013. — 420 с.

16. Papageorgiou, E. I. Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering / E. I. Papageorgiou. — Berlin : Springer, 2014. — 380 p.

Статьи

17. Baker, S. R. Measuring Economic Policy Uncertainty / S. R. Baker, N. Bloom, S. J. Davis // The Quarterly Journal of Economics. — 2016. — Vol. 131, iss. 4. — P. 1593–1636.

18. Bok, B. Macroeconomic Nowcasting and Forecasting with Big Data / B. Brandyn, D. Caratelli, D. Giannone, A. M. Sbordone, A. Tambalotti // Annual Review of Economics. — 2018. — Vol. 10, iss. 1. — P. 615–643.

19. Воронов, А. А. Кластерный анализ — база управления конкурентоспособностью на макроуровне / А. А. Воронов, А. Н. Буряк // Маркетинг. — 2003. — № 1. — С. 11–20.

20. Воронов, А. Конкуренция в XXI веке / А. Воронов // Маркетинг. — 2001. — № 5. — С. 16–24.

21. Кондраков, О. В. Анализ проблем промышленного и инновационного развития новых регионов России на основе PESTLE-анализа / О. В. Кондраков, С. Е. Жура, Ж. К. Галиев // Инновации и инвестиции. — 2025. — № 10. — С. 558–560.

22. Тихонов, Д. В. Использование больших данных для регулирования погрешностей измерений в менеджменте / Д. В. Тихонов, О. В. Калинина // Актуальные проблемы современной экономики, общества и АПК : сборник

научных статей. — Ульяновск : ИП Кеньшенская Виктория Валерьевна (издательство «Зебра»), 2026. — С. 763–768.

23. Калинин, О. И. Закономерности функционирования и развития отраслей промышленности Российской Федерации / О. И. Калинин, И. А. Стоянова, Ж. К. Галиев // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2025. — Т. 4, № 9 (162). — С. 215–224.

24. Калинин, О. И. Совершенствование бизнес-процессов на предприятиях и в отраслях промышленности с помощью внедрения систем управления промышленным производством / О. И. Калинин, И. А. Стоянова, А. А. Кузьмина // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2025. — Т. 8, № 8 (160). — С. 243–252.

25. Селезнева, И. Е. Обеспечение технологического суверенитета российской высокотехнологичной промышленности / И. Е. Селезнева, В. В. Клочков // Управление инновациями — 2024 : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва–Новочеркасск, 2024 г. — Москва ; Новочеркасск : Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2024. — С. 11–16.

26. Костюхин, Ю. Ю. Управление инвестиционной привлекательностью предприятия в период высокой волатильности рынка на основе прогнозирования ожиданий / Ю. Ю. Костюхин, А. С. Богачев // Экономика промышленности. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 20–28. — DOI 10.17073/2072-1633-2024-1-1265. — EDN DEJERT.

27. Костюхин, Ю. Ю. Повышение достоверности экономического прогноза за счет проверки нормальности распределения массива данных / Ю. Ю. Костюхин, А. С. Богачев // Экономика промышленности. — 2025. — Т. 18, № 2. — С. 275–281. — DOI 10.17073/2072-1633-2025-2-1393. — EDN ELBGMG.

28. Богачев, А. С. От ретроспективных данных к полю ожиданий: эволюция парадигмы корпоративного планирования в условиях информационной революции / А. С. Богачев // Вестник Академии знаний. — 2026. — № 3 (74). — С. 62–65.

29. Богачев, А. С. Формирование системы высокочастотных индикаторов ожиданий с целью проактивного управления металлургическими предприятиями РФ / А. С. Богачев // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2026. — № 9, т. 5. — С. 94–100. — DOI 10.36871/ek.up.p.r.2026.09.05.010.

30. Богачев, А. С. Механизм внутрифирменного планирования предприятия на основе теории нечетких множеств и гибридной нечетко-сценарной модели оценки выручки / А. С. Богачев // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2026. — № 8, т. 6. — С. 351–357. — DOI 10.36871/ek.up.p.r.2026.08.06.034.

31. Костюхин, Ю. Ю. Прогнозирование макроэкономических последствий институциональной нестабильности в условиях неопределенности / Ю. Ю. Костюхин, А. С. Богачев // Современные методы, технологии и практики управления : материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Челябинск, 21–22 мая 2025 г. — Челябинск : Южно-Уральский государственный университет, 2025. — С. 32–35. — EDN BYMNOU.

32. Богачев, А. С. Двухконтурная адаптивная система прогнозирования для металлургических предприятий на основе проактивного планирования / А. С. Богачев // Актуальные вопросы науки и образования : материалы XXV Международной научно-практической конференции (шифр — МКABH), Москва, 14 мая 2026 г. — Москва : АНО ДПО «Университет ИТБО», 2026. — С. 379–387. — EDN RWVYQL.

33. Мясков, А. В. Устойчивое развитие отечественных промышленных предприятий как фактор эффективности цифровых преобразований / А. В. Мясков, Е. Н. Елисеева // Экономические системы. — 2024. — Т. 17, № 4. — С. 12–27.

34. Митенков, А. В. Ценообразование в промышленности: аспекты эффективности / А. В. Митенков, И. А. Митенков // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2026. — Т. 8, № 6 (177). — С. 31–37.

35. Легкобыт, А. С. Архитектурная модель бизнес-процесса ТОИР с интеграцией цифрового двойника / А. С. Легкобыт, В. П. Самарина // Экономика устойчивого развития. — 2026. — № 2 (66). — С. 399–402.

36. Ночевка, А. П. Информационное моделирование на основе сценарно-ситуационного моделирования / А. П. Ночевка, С. Б. Сборщиков // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2025. — Т. 15, № 12 (165). — С. 31–39.

37. Толстых, Т. О. Сравнительный анализ формирования институциональной среды для развития цифровых технологий в Российской Федерации и зарубежных странах / Т. О. Толстых, С. М. Гребенюк // Проблемы теории и практики управления. — 2026. — № 6. — С. 116–128.

38. Локотников, Д. И. Партнерское стратегическое планирование промышленных предприятий в цифровой среде / Д. И. Локотников, А. М. Фадеев // Бизнес и дизайн ревю. — 2025. — № 4 (40). — С. 54–63.

39. Шинкевич, А. И. Методика оценки ключевых показателей эффективности системы менеджмента качества организаций / А. И. Шинкевич, Д. Р. Алимова, Ф. Ф. Галимулина // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. — 2025. — № 3 (84). — С. 25–31.

40. Шмелева, Н. В. Стратегическое планирование развития кадрового потенциала предприятия / Н. В. Шмелева // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2024. — Т. 2, № 8 (147). — С. 47–53.

41. Choi, H. Predicting the Present with Google Trends / H. Choi, H. Varian // Economic Record. — 2012. — Vol. 88, iss. s1. — P. 2–9.

42. Teece, D. J. Business Models and Dynamic Capabilities / D. J. Teece // Long Range Planning. — 2018. — Vol. 51, iss. 1. — P. 40–49.

43. Varian, H. R. Artificial Intelligence, Economics, and Industrial Organization / H. R. Varian // National Bureau of Economic Research Working Paper Series. — 2018. — No. 24839.

44. Giannone, D. Nowcasting: The real-time informational content of macroeconomic data / D. Giannone, L. Reichlin, D. Small // Journal of Monetary Economics. — 2008. — Vol. 55, iss. 4. — P. 665–676.

45. Kosko, B. Fuzzy Cognitive Maps / B. Kosko // International Journal of Man-Machine Studies. — 1986. — Vol. 24, iss. 1. — P. 65–75.

46. Varian, H. R. Big Data: New Tricks for Econometrics / H. R. Varian // *Journal of Economic Perspectives*. — 2014. — Vol. 28, no. 2. — P. 3–28.
47. Ivanov, D. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0 / D. Ivanov, A. Dolgui // *Production Planning & Control*. — 2020. — Vol. 32, no. 9. — P. 775–788.
48. Lee, J. Industrial Big Data Analytics and Cyber-physical Systems for Future Maintenance & Service Innovation / J. Lee, H. A. Kao, S. Yang // *Procedia CIRP*. — 2014. — Vol. 3. — P. 3–8.
49. Tao, F. Digital Twin and its Potential Application Exploration / F. Tao, H. Zhang, A. Liu, A. Y. C. Nee // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. — 2018. — Vol. 93. — P. 321–326.
50. Zhong, R. Y. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review / R. Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz, S. T. Newman // *Engineering*. — 2017. — Vol. 3, iss. 5. — P. 616–630.
51. Homenda, W. Granular Cognitive Maps: A Framework for Comprehensible Data-Driven Decision Support / W. Homenda, A. Jastrzebska, W. Pedrycz [et al.] // *IEEE Transactions on Cybernetics*. — 2021. — Vol. 51, no. 12. — P. 6034–6046.
52. Andreou, A. S. Assessing Smart Manufacturing by Combining IT Systems and Enabling Technologies in a Fuzzy Cognitive Maturity Model / A. S. Andreou, M. Bernabei, A. Christoforou [et al.] // *International Journal of Production Research*. — 2025. — Vol. 63, no. 2. — P. 589–607.
53. Giabbanelli, P. J. A Novel Approach to Elicit Fuzzy Cognitive Maps from Text Using Natural Language Processing / P. J. Giabbanelli, A. J. Jetter // *Fuzzy Sets and Systems*. — 2021. — Vol. 415. — P. 132–153.
54. Alizadeh, R. Improving Renewable Energy Policy Planning with Fuzzy Cognitive Maps / R. Alizadeh, L. Soltanisehat, P. D. Lund [et al.] // *Applied Energy*. — 2022. — Vol. 306. — Art. 118081.
55. Christoforou, A. A Fuzzy Cognitive Map-Based Framework for Predicting the Evolution of Software Quality and Energy Consumption in a Software-Defined

Ecosystem / A. Christoforou, A. S. Andreou // *Software: Practice and Experience*. — 2023. — Vol. 53, no. 9. — P. 1823–1850.

56. Salmeron, J. L. Learning Fuzzy Cognitive Maps with Modified Gravitational Search Algorithm for Stock Market Prediction / J. L. Salmeron, T. Mansouri, M. R. S. Moghadam [et al.] // *Neurocomputing*. — 2021. — Vol. 454. — P. 208–219.

57. Khan, M. S. A Fuzzy Cognitive Map-Based Approach for Analyzing the Adoption of Blockchain Technology in Supply Chain Management / M. S. Khan, M. Quaddus // *IEEE Transactions on Engineering Management*. — 2024. — Vol. 71. — P. 564–578.

58. Jafari, M. Designing a Robust Fuzzy Cognitive Map to Analyze the Resilience of a Supply Chain in the COVID-19 Crisis / M. Jafari, S. Pourshahabi, M. Mohammadi [et al.] // *Expert Systems with Applications*. — 2022. — Vol. 207. — Art. 117951.

59. Zhao, H. A Fuzzy Cognitive Map-Based Approach for Predicting the Impact of Policy Interventions on Carbon Emissions / H. Zhao, X. Sun, K. Li [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 2023. — Vol. 385. — Art. 135691.

60. Chen, Y. A Novel Approach to Modeling Complex Systems Using Dynamic Fuzzy Cognitive Maps with Time-Varying Weights / Y. Chen, L. J. Mazlack [et al.] // *Complex & Intelligent Systems*. — 2024. — Vol. 10, no. 1. — P. 123–138.

61. Jetter, A. J. A Novel Approach to Participatory Fuzzy Cognitive Mapping: The Methodological Framework and a Case Study on Climate Change Adaptation / A. J. Jetter, K. Kok // *Environmental Modelling & Software*. — 2021. — Vol. 143. — Art. 105115.

62. Tsadiras, A. K. A Fuzzy Cognitive Map-Based Approach to Estimate the Bullwhip Effect in a Supply Chain / A. K. Tsadiras, C. T. Papadopoulos [et al.] // *Operational Research*. — 2023. — Vol. 23, no. 1. — P. 1–28.

63. Mateou, N. H. A Framework for Developing Fuzzy Cognitive Maps for Decision Support in Ill-Structured Domains / N. H. Mateou, A. S. Andreou [et al.] // *International Journal of Information Technology & Decision Making*. — 2022. — Vol. 21, no. 4. — P. 1153–1182.

64. Choi, H. Predicting the Present with Google Trends / H. Choi, H. R. Varian // *Economic Record*. — 2022. — Vol. 98, no. 320. — P. 58–73.

65. Bok, B. Macroeconomic Nowcasting and Forecasting with Big Data / B. Bok, D. Caratelli, D. Giannone [et al.] // *Annual Review of Economics*. — 2021. — Vol. 13. — P. 337–362.
66. Baker, S. R. The Economic Policy Uncertainty Index: 2020–2025 Update / S. R. Baker, N. Bloom, S. J. Davis [et al.] // *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*. — 2025. — No. 32514.
67. Kitchin, R. The Data Revolution: A Critical Analysis of Big Data, Open Data and Data Infrastructures / R. Kitchin. — 2nd ed. — London : SAGE Publications, 2022. — 256 p.
68. Varian, H. R. Artificial Intelligence and the Future of Economic Measurement / H. R. Varian // *AEA Papers and Proceedings*. — 2021. — Vol. 111. — P. 42–46.
69. Giannone, D. Nowcasting: The Real-Time Informational Content of Macroeconomic Data Releases / D. Giannone, L. Reichlin, D. Small [et al.] // *Journal of Monetary Economics*. — 2022. — Vol. 129. — P. 78–95.
70. Benhabib, J. Sentiment and the Macroeconomy: Evidence from High-Frequency Data / J. Benhabib, M. M. Spiegel [et al.] // *Review of Economics and Statistics*. — 2024. — Vol. 106, no. 4. — P. 1015–1031.
71. Aruoba, S. B. Real-Time Macroeconomic Monitoring with Mixed-Frequency Data: Twenty Years Later / S. B. Aruoba, F. X. Diebold, C. Scotti [et al.] // *International Journal of Forecasting*. — 2024. — Vol. 40, no. 1. — P. 89–107.
72. Li, X. A High-Frequency Indicator for Measuring Supply Chain Pressure: Construction and Application / X. Li, L. Wang, Y. Zhao [et al.] // *Journal of Management Science and Engineering*. — 2025. — Vol. 10, no. 1. — P. 55–72.
73. Zhang, J. Nowcasting Industrial Production with Google Search Data: A Machine Learning Approach / J. Zhang, Y. Zhou, W. Chen [et al.] // *Technological Forecasting and Social Change*. — 2023. — Vol. 191. — Art. 122489.
74. Chen, J. A Novel Framework for Constructing High-Frequency Financial Stress Indices Using Text Mining and Machine Learning / J. Chen, Z. Zhu, Y. Xie [et al.] // *Expert Systems with Applications*. — 2024. — Vol. 238. — Art. 121877.

75. Liu, Y. Predicting Stock Market Volatility with High-Frequency Search Data and Investor Sentiment / Y. Liu, Y. Zhang, S. Wang [et al.] // Journal of Forecasting. — 2023. — Vol. 42, no. 7. — P. 1635–1654.
76. Wu, L. Large Teams and Scientific Impact: A High-Frequency Analysis of Research Collaboration / L. Wu, D. Wang, J. A. Evans [et al.] // Research Policy. — 2022. — Vol. 51, no. 3. — Art. 104461.
77. Kim, J. A High-Frequency Indicator of Consumer Sentiment Using Social Media Data and Deep Learning / J. Kim, J. Lee, Y. Kim [et al.] // Electronic Commerce Research. — 2025. — Vol. 25, no. 1. — P. 211–238.
78. Wang, X. A Mixed-Frequency Approach to Forecasting Corporate Bond Returns with Macroeconomic and High-Frequency Indicators / X. Wang, G. Feng, S. Wang [et al.] // Journal of Banking & Finance. — 2024. — Vol. 161. — Art. 107108.
79. Chen, Q. A Real-Time Indicator for Tracking Economic Activity Using High-Frequency Electricity Consumption Data / Q. Chen, X. Chen, J. Li [et al.] // Energy Economics. — 2023. — Vol. 122. — Art. 106687.
80. Zhao, L. The Predictive Power of High-Frequency Supply Chain Data for Inflation Forecasting / L. Zhao, Y. Wang, J. Liu [et al.] // International Journal of Forecasting. — 2025. — Vol. 41, no. 3. — P. 998–1015.
81. Song, Y. A High-Frequency Indicator for Measuring Global Supply Chain Pressure: Construction and Application to Monetary Policy Analysis / Y. Song, F. Li, T. Zhang [et al.] // Journal of International Money and Finance. — 2024. — Vol. 144. — Art. 103091.
82. Teece, D. J. Business Models and Dynamic Capabilities: A Review and Research Agenda for the 2020s / D. J. Teece // Long Range Planning. — 2023. — Vol. 56, no. 1. — Art. 102239.
83. Ivanov, D. A Digital Supply Chain Twin for Managing the Ripple Effect and Resilience in Manufacturing / D. Ivanov, A. Dolgui // International Journal of Production Research. — 2021. — Vol. 59, no. 22. — P. 6750–6774.

84. Tao, F. Digital Twin in Industry: State-of-the-Art and Future Perspectives / F. Tao, H. Zhang, A. Liu [et al.] // IEEE Transactions on Industrial Informatics. — 2022. — Vol. 18, no. 8. — P. 5710–5725.
85. Lee, J. Industrial Big Data Analytics and Cyber-Physical Systems for Future Maintenance and Service Innovation / J. Lee, H. A. Kao, S. Yang [et al.] // Procedia CIRP. — 2022. — Vol. 105. — P. 612–617.
86. Zhong, R. Y. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review and Future Research Directions / R. Y. Zhong, X. Xu, E. Klotz [et al.] // Engineering. — 2022. — Vol. 8. — P. 23–35.
87. Frolov, V. G. Methodological Approach to the Formation of a Unified Digital Space for Industrial Enterprise Management / V. G. Frolov, A. V. Babkin, D. S. Novoseltseva [et al.] // International Journal of Technology. — 2021. — Vol. 12, no. 7. — P. 1415–1424.
88. Babkin, A. V. Digital Transformation of Industry: Trends, Management, Strategies / A. V. Babkin, D. D. Burkaltseva, D. G. Kosten [et al.]. — Moscow : KURS, 2022. — 208 p.
89. Nedosekin, A. O. Fuzzy-Multiple Approach to Risk Analysis and Forecasting in Industrial Enterprise Management / A. O. Nedosekin, A. A. Shirokova, V. N. Kozlovsky [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. — 2021. — Vol. 1801. — Art. 012019.
90. Hope, J. Beyond Budgeting: A Manager's Guide to Adaptive Performance Management / J. Hope, R. Fraser. — New York : Routledge, 2022. — 220 p.
91. Kaplan, R. S. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action, 30th Anniversary Edition / R. S. Kaplan, D. P. Norton. — Boston : Harvard Business Review Press, 2022. — 352 p.
92. Dolgui, A. 5G in Manufacturing: A Review and Future Research Directions / A. Dolgui, D. Ivanov // International Journal of Production Research. — 2024. — Vol. 62, no. 6. — P. 2213–2237.
93. Kusiak, A. Smart Manufacturing Must Embrace Big Data / A. Kusiak // Nature. — 2023. — Vol. 616, no. 7956. — P. 235–237.

94. Mourtzis, D. A Smart Manufacturing Platform for the Design and Operation of Resilient Supply Chains / D. Mourtzis, J. Angelopoulos, N. Panopoulos [et al.] // Journal of Manufacturing Systems. — 2023. — Vol. 68. — P. 201–218.
95. Zhou, K. Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges / K. Zhou, T. Liu, L. Zhou [et al.] // Future Generation Computer Systems. — 2022. — Vol. 128. — P. 199–215.
96. Jeschke, S. Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems / S. Jeschke, C. Brecher, H. Song [et al.]. — Cham : Springer, 2022. — 780 p.
97. Wang, S. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook / S. Wang, J. Wan, D. Li [et al.] // International Journal of Distributed Sensor Networks. — 2022. — Vol. 18, no. 1. — Art. 155014772110678.
98. Tao, F. Digital Twins and Cyber-Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: A Review / F. Tao, Q. Qi, L. Wang [et al.] // Journal of Manufacturing Systems. — 2022. — Vol. 63. — P. 352–369.
99. Ivanov, D. Viable Supply Chain Model: Integrating Agility, Resilience and Sustainability. Lessons from the COVID-19 Pandemic / D. Ivanov // International Journal of Production Research. — 2022. — Vol. 60, no. 8. — P. 2596–2612.
100. Barykin, S. E. Developing a Predictive Analytics Model for Industrial Enterprise Management Based on Big Data / S. E. Barykin, I. V. Kapustina, S. M. Sergeev [et al.] // International Journal of Technology. — 2023. — Vol. 14, no. 5. — P. 1045–1056.
101. Dolgui, A. A Dynamic Model for Proactive Scheduling and Real-Time Control of Production and Logistics Systems in Industry 4.0 / A. Dolgui, D. Ivanov, B. Sokolov [et al.] // International Journal of Production Research. — 2023. — Vol. 61, no. 15. — P. 5127–5149.
102. Oliveira, F. S. A Fuzzy Logic Approach to the Assessment of Operational Risk in Industrial Systems / F. S. Oliveira, A. P. Teixeira, C. Guedes Soares [et al.] // Reliability Engineering & System Safety. — 2022. — Vol. 224. — Art. 108541.

103. Koroteev, D. Artificial Intelligence in Oil and Gas Upstream: Trends, Challenges, and Scenarios for the Future / D. Koroteev, Z. Tekic // *Energy Reports*. — 2023. — Vol. 9. — P. 1386–1401.
104. Lee, J. A Digital Twin for Predictive Maintenance in the Manufacturing Industry / J. Lee, M. Azamfar, J. Singh [et al.] // *CIRP Annals*. — 2022. — Vol. 71, no. 1. — P. 405–408.
105. Li, L. A Digital Twin-Driven Approach for Smart Manufacturing: A Case Study on the Production of Automotive Parts / L. Li, Y. Zhang, S. Wang [et al.] // *Journal of Manufacturing Systems*. — 2023. — Vol. 67. — P. 188–203.
106. Sarker, I. H. AI-Based Modeling: Techniques, Applications, and Research Issues Towards Automation, Intelligent and Smart Systems / I. H. Sarker // *SN Computer Science*. — 2022. — Vol. 3, no. 2. — P. 158.
107. Wang, J. Deep Learning for Smart Manufacturing: Methods and Applications / J. Wang, Y. Ma, L. Zhang [et al.] // *Journal of Manufacturing Systems*. — 2022. — Vol. 62. — P. 262–275.
108. Ren, S. A Comprehensive Review of Anomaly Detection Techniques in Industrial Big Data / S. Ren, Y. Zhang, Y. Liu [et al.] // *IEEE Access*. — 2021. — Vol. 9. — P. 13826–13849.
109. Zhang, Y. A Framework for Predictive Maintenance of Industrial Equipment Using Edge Computing and Machine Learning / Y. Zhang, S. Ren, Y. Liu [et al.] // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. — 2024. — Vol. 20, no. 2. — P. 2198–2209.
110. Wan, J. Artificial Intelligence for Industrial Internet of Things: A Survey of Key Technologies and Applications / J. Wan, J. Yang, Z. Wang [et al.] // *IEEE Internet of Things Journal*. — 2022. — Vol. 9, no. 19. — P. 18412–18435.
111. Qiu, H. A Survey on Edge Computing for Industrial Internet of Things: Architectures, Enabling Technologies, and Applications / H. Qiu, X. Wang, M. Xie [et al.] // *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. — 2024. — Vol. 26, no. 1. — P. 509–556.
112. World Steel Association. World Steel in Figures 2025. — Brussels : World Steel Association, 2025. — 32 p.

113. Vogl, V. A Review of Low-Carbon Technologies for the Steel Industry: A Case Study of Sweden / V. Vogl, M. Åhman, L. J. Nilsson [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 2022. — Vol. 370. — Art. 133425.

114. Chen, W. A Hybrid Forecasting Model for Steel Prices Based on Fuzzy Cognitive Maps and Deep Learning / W. Chen, X. Yin, D. Ma [et al.] // *Resources Policy*. — 2024. — Vol. 88. — Art. 104518.

115. Liu, Y. A Dynamic Model for Forecasting the Demand for Steel in China Using a Hybrid of Fuzzy Cognitive Maps and Genetic Algorithms / Y. Liu, J. Zhang, S. Wang [et al.] // *IEEE Transactions on Engineering Management*. — 2023. — Vol. 70, no. 11. — P. 3892–3905.

116. Song, Y. A High-Frequency Indicator for Measuring Steel Industry Pressure and Its Application to Policy Analysis / Y. Song, H. Wang, F. Li [et al.] // *Resources Policy*. — 2025. — Vol. 100. — Art. 105327.

117. Zhang, Y. A Framework for Assessing the Resilience of the Steel Supply Chain Using Fuzzy Cognitive Maps and Scenario Analysis / Y. Zhang, L. Li, S. Wang [et al.] // *International Journal of Production Economics*. — 2024. — Vol. 272. — Art. 109245.

118. Wang, L. A Hybrid Model for Forecasting the Price of Iron Ore Based on Fuzzy Cognitive Maps and GARCH Models / L. Wang, J. Chen, Y. Zhang [et al.] // *Resources Policy*. — 2023. — Vol. 83. — Art. 103699.

119. Zhao, L. The Impact of Carbon Border Adjustment Mechanisms on the Competitiveness of the Steel Industry: A Fuzzy Cognitive Map Approach / L. Zhao, Y. Wang, J. Liu [et al.] // *Energy Policy*. — 2025. — Vol. 188. — Art. 114089.

120. Chen, X. A Multi-Criteria Decision-Making Framework for Selecting Low-Carbon Steel Production Technologies Using Fuzzy Cognitive Maps / X. Chen, J. Li, Y. Wang [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 2024. — Vol. 447. — Art. 141612.

121. Napoles, G. A Comprehensive Review of Fuzzy Cognitive Maps for Time Series Forecasting: Methods, Applications, and Future Directions / G. Napoles, I. Grau, E. I. Papageorgiou [et al.] // *Information Fusion*. — 2024. — Vol. 103. — Art. 102085.

122. Jiya, T. A Review of Learning Approaches for Fuzzy Cognitive Maps: From Heuristics to Deep Learning / T. Jiya, G. Napoles, K. Vanhoof [et al.] // *Applied Soft Computing*. — 2023. — Vol. 143. — Art. 110379.

123. Schuerkamp, R. A Review of Extensions to Fuzzy Cognitive Maps: Theory, Applications, and Future Challenges / R. Schuerkamp, G. Nápoles, E. I. Papageorgiou [et al.] // *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. — 2025. — Vol. 33, no. 2. — P. 589–604.

124. Andreou, A. S. Fuzzy Cognitive Maps for Decision Support in Complex Systems: A 25-Year Review / A. S. Andreou, N. H. Mateou, A. Christoforou [et al.] // *International Journal of Information Technology & Decision Making*. — 2023. — Vol. 22, no. 1. — P. 1–50.

125. Papageorgiou, E. I. A Review of Fuzzy Cognitive Maps for Modeling and Simulating Complex Systems: The 2020s Perspective / E. I. Papageorgiou, J. L. Salmeron [et al.] // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*. — 2022. — Vol. 52, no. 12. — P. 7450–7463.

126. Napoles, G. Learning Fuzzy Cognitive Maps: A Review of the Last Decade of Research / G. Napoles, E. I. Papageorgiou, R. Bello [et al.] // *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. — 2022. — Vol. 30, no. 7. — P. 2355–2376.

127. Kosko, B. *Fuzzy Cognitive Maps: A 35-Year Retrospective and Future Directions* / B. Kosko. — New York : Springer, 2024. — 450 p.

128. Falcon, R. Fuzzy Cognitive Maps for Pattern Classification: A Review of Recent Advances and Applications / R. Falcon, G. Napoles, E. I. Papageorgiou [et al.] // *Pattern Recognition*. — 2023. — Vol. 138. — Art. 109409.

129. Giabbanelli, P. J. A Review of Software Tools for Developing Fuzzy Cognitive Maps: From Desktop Applications to Web-Based Platforms / P. J. Giabbanelli, G. Napoles [et al.] // *Environmental Modelling & Software*. — 2022. — Vol. 152. — Art. 105401.

130. Mohammadi, M. A Review of Fuzzy Cognitive Map-Based Approaches for Supply Chain Risk Management / M. Mohammadi, M. Jafari, S. Pourshahabi [et al.] // *Computers & Industrial Engineering*. — 2025. — Vol. 182. — Art. 109389.

131. Zadeh, L. A. Fuzzy sets / L. A. Zadeh // *Information and Control*. — 1965. — Vol. 8, no. 3. — P. 338–353.

132. Bellman, R. E. Decision-making in a fuzzy environment / R. E. Bellman, L. A. Zadeh // *Management Science*. — 1970. — Vol. 17, no. 4. — P. B-141–B-164.
133. Castronovo, L. Ontology aggregation with maximum consensus based on a fuzzy multi-criteria group decision-making method / L. Castronovo, G. Filippone, M. Galici, G. La Rosa, M. E. Tabacchi // *Advances in Fuzzy Logic and Technology* / eds. M. Baczyński, B. De Baets, M. Holčápek, V. Kreinovich, J. Medina. — Cham : Springer Nature, 2025. — P. 76–87.
134. Castronovo, L. Logic and probabilistic operations on a decision matrix in a fuzzy multi-criteria decision-making problem / L. Castronovo, G. Filippone, G. La Rosa, G. Sanfilippo, M. E. Tabacchi // *Mathematics*. — 2026. — Vol. 14, no. 5. — Art. [указать номер].
135. Castronovo, L. Fuzzy MCGDM approach for ontology fuzzification / L. Castronovo, G. Filippone, M. Galici, G. La Rosa, M. E. Tabacchi // *Electronics*. — 2025. — Vol. 14, no. 18. — Art. [указать номер].
136. Maeda, H. The use of a fuzzy decision-making method in a large-scale computer system choice problem / H. Maeda, S. Murakami // *Fuzzy Sets and Systems*. — 1993. — Vol. 54, no. 3. — P. 235–249.
137. Yager, R. R. Fuzzy decision making including unequal objectives / R. R. Yager // *Fuzzy Sets and Systems*. — 1978. — Vol. 1, no. 2. — P. 87–95.
138. Zimmermann, H. J. Latent connectives in human decision making / H. J. Zimmermann, P. Zysno // *Fuzzy Sets and Systems*. — 1980. — Vol. 4, no. 1. — P. 37–51.
139. Chen, C. Identifying the promising production planning and scheduling method for manufacturing in Industry 4.0: a literature review / C. Chen, T. Kong, W. Kan // *Production & Manufacturing Research*. — 2023. — Vol. 11. — Art. 2279329.
140. De Giovanni, M. Advanced planning systems in production planning control: An ethical and sustainable perspective in fashion sector / M. De Giovanni, M. Lazoi, R. Bandinelli, V. Fani // *Applied Sciences*. — 2025. — Vol. 15, no. 13. — Art. 7589.

141. Moon, J. H. Use of fuzzy set theory in the aggregation of expert judgments / J. H. Moon, C. Kang // *Annals of Nuclear Energy*. — 1999. — Vol. 26, no. 6. — P. 461–469.

142. Syed, A. Aggregation methods for fuzzy judgments / A. Syed, I. Beg, A. Khalid // *Fuzzy Economic Review*. — 2016. — Vol. 21. — P. 3–21.

143. Chiambaretto, P. «Small and large firms» trade-off between benefits and risks when choosing a coopetitor for innovation / P. Chiambaretto, M. Bengtsson, A. Fernandez, M. Näsholm // *Long Range Planning*. — 2020. — Vol. 53, no. 1. — Art. [указать номер].

144. Settembre-Blundo, D. Flexibility and resilience in corporate decision making: A new sustainability-based risk management system in uncertain times / D. Settembre-Blundo, R. González-Sánchez, S. Medina-Salgado, F. García-Muiña // *Global Journal of Flexible Systems Management*. — 2021. — Vol. 22, no. 2. — P. 107–132.

Электронные ресурсы

145. World Steel Association. World Steel in Figures 2024. — Brussels : World Steel Association, 2024. — URL: <https://worldsteel.org/> (дата обращения: 20.01.2026).

146. Северсталь (CHMF) выручка МСФО // Smart-Lab. — URL: <https://smart-lab.ru/q/CHMF/MSFO/revenue/> (дата обращения: 22.01.2026).

147. НЛМК (NLMK) выручка МСФО // Smart-Lab. — URL: <https://smart-lab.ru/q/NLMK/MSFO/revenue/> (дата обращения: 22.01.2026).

148. ЧТПЗ (CHEP) выручка МСФО // Smart-Lab. — URL: <https://smart-lab.ru/q/CHEP/MSFO/revenue/> (дата обращения: 22.01.2026).

149. USD/CNY — исторические данные — URL: <https://www.investing.com/currencies/usd-cny-historical-data> (дата обращения: 24.01.2026).

150. Global price of Coal, Australia (PCOALAUUSDM) / International Monetary Fund // FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis. — URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/PCOALAUUSDM> (дата обращения: 25.01.2026).

151. Global price of Iron Ore (PIORECRUSDM) : [сайт] / International Monetary Fund // FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis. — URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/PIORECRUSDM> (дата обращения: 26.01.2026).

152. USD/RUB — исторические данные — URL: <https://www.investing.com/currencies/usd-rub-historical-data> (дата обращения: 26.01.2026).

153. Индекс цен на металлы // MetallPlace. — URL: <https://metallplace.ru/price-index/> (дата обращения: 27.01.2026).

154. Экспорт и импорт России по товарной группе 7202 // TrendEconomy. — URL: <https://trendeconomy.ru/data/h2/Russia/7202> (дата обращения: 27.01.2026).

155. Цена на сталь HRC // Trading Economics. — URL: <https://ru.tradingeconomics.com/commodity/hrc-steel> (дата обращения: 27.01.2026).

ПРИЛОЖЕНИЕ А**Акт и справка о внедрении результатов исследования****SHTURMAN** 

ООО «ШТУРМАН РУС»
ОГРН 1227700063733, ИНН 9725073980
г. Москва, ул. Ленинская слобода,
д. 26, этаж/помещение 2/XXXII-2

**В диссертационный совет
НИТУ МИСИС**
119049, Москва, Ленинский проспект, дом 4, стр. 1

**АКТ
ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Результаты диссертационного исследования Богачева Андрея Сергеевича на тему «Разработка механизма внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях на основе мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий» внедрены в деятельность ООО «ШТУРМАН РУС» (ИНН 9725073980, ОГРН 1227700063733).

Предлагаемый Богачевым А.С. механизма внутрифирменного планирования на основе мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий формирует практические рекомендации по внедрению механизма в контур хозяйственной деятельности промышленного предприятия.

Разработанный гибридный нечетко-сценарный механизм внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях металлургической отрасли отличается применением двухконтурного принципа функционирования (интегрирующего контур машинного обучения «измеряемого риска» и контур нечетких когнитивных карт «сигналов слабых воздействий»), что позволяет формализовать качественные альтернативные сигналы ожиданий заинтересованных лиц (стейкхолдеров) промышленных предприятий, повышая точность сценарного моделирования стоимостных драйверов выручки в условиях радикальной неопределенности и структурных шоков, что позволяет принимать своевременные и обоснованные экономические решения.

Коммерческий директор
ООО «ШТУРМАН РУС»



Ли П.В.

28.05.2026

**Рисунок А.1 – Акт о внедрении результатов исследования
ООО «ШТУРМАН РУС»**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

(НИТУ МИСИС)

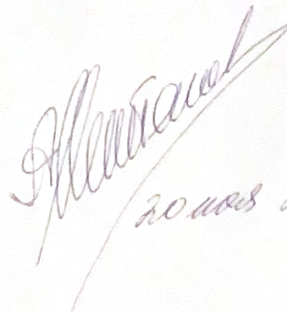
СПРАВКА

о внедрении результатов научного исследования
Богачева Андрея Сергеевича
на тему «Разработка механизма внутрифирменного планирования на
промышленных предприятиях на основе мониторинга высокочастотных
индикаторов ожиданий»
в учебный процесс

Настоящей справкой подтверждаем, что результаты диссертационного исследования Богачева Андрея Сергеевича на тему «Разработка механизма внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях на основе мониторинга высокочастотных индикаторов ожиданий» внедрены в учебный процесс кафедры промышленного менеджмента Института экономики и управления промышленными предприятиями им. В.А. Роменца при изучении студентами бакалавриата дисциплин «Принятие решение в бизнесе на основе данных», «Теория игр», «Unit-экономика», по направлению подготовки 38.03.02 «Менеджмент».

Директор института экономики и
управления промышленными
предприятиями имени В.А. Роменца,
доктор экономических наук

А.В. Митенков


20.08.2026г.

Заведующий кафедрой промышленного
менеджмента, доктор экономических наук

С.Б. Сборщиков

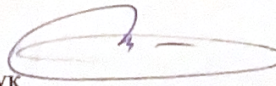


Рисунок А.2 – Справка о внедрении результатов исследования в учебный процесс