

Научная статья

УДК 338.012, ББК 65.20 ©
А. Е. Миллер, И. А. Липатов
DOI: 10.24412/2225-8264-
2026-1-1077

Ключевые слова: интеллектуально-цифровая трансформация, барьеры, промышленные предприятия, интегральный индекс, сквозные технологии, неравномерность развития

Keywords: intellectual and digital transformation, barriers, industrial enterprises, integral index, end-to-end technologies, uneven development.

БАРЬЕРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ

Миллер А. Е.¹Липатов И. А.²

Аннотация. В условиях внешних ограничений на экономику России актуализируются процессы интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий, ориентированные на достижение технологического суверенитета. Цель исследования обусловлена потребностью выделения и систематизации барьеров, препятствующих динамическому развитию субъектов хозяйствования. При проведении исследования использовались аналитические методы исследования такие как системный, сравнительный, статистический анализ и индексный метод. Выявлены теоретические предпосылки интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий. Раскрыто понятие и определена сущность интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий. Исследованы достоинства и недостатки интеллектуальной и цифровой трансформации. Определены элементы и обоснованы ключевые признаки интеллектуально-цифровой трансформации промышленного предприятия. Выявлены теоретические к оценке уровня интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий. Проведена аналитическая оценка интеллектуально-цифровой трансформации на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях Омской области, позволившая выявить динамическую неравномерность внедрения сквозных технологий, а также динамику технологических изменений на ключевых предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли Омской области. Предложена методика оценки уровня интеллектуально-цифровой трансформации, основанная на обоснованном и апробированном интегральном индексе интеллектуальной трансформации, позволяющему объективно оценивать уровень зрелости промышленных предприятий и прогнозировать траектории их развития по базовому и ускоренному сценарию.

¹Миллер Александр Емельянович — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и финансов, Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского (Россия, г. Омск, пр. Мира, д. 55-А)
E-mail: aem55@yandex.ru

²Липатов Илья Андреевич — аспирант кафедры экономики и финансов, Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского (Россия, г. Омск, пр. Мира, д. 55-А)
E-mail: super-lipaty@yandex.ru

BARRIERS TO THE INTELLECTUAL AND DIGITAL TRANSFORMATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES IN RUSSIA

ALEXANDER E. MILLER

DOCTOR OF ECONOMICS, PROFESSOR, DOSTOEVSKY OMSK STATE UNIVERSITY

ILYA A. LIPATOV

POSTGRADUATE, DOSTOEVSKY OMSK STATE UNIVERSITY

Abstract. In the context of external constraints on the Russian economy, the processes of intellectual and digital transformation of industrial enterprises are being actualized, focused on achieving technological sovereignty. The purpose of the study is determined by the need to identify and systematize barriers that hinder the dynamic development of intellectual and digital transformation in order to achieve a balanced development of business entities. The research used analytical research methods such as systematic, comparative, statistical analysis and the index method. The theoretical prerequisites for the intellectual and digital transformation of industrial enterprises are revealed. The concept is revealed and the essence of intellectual and digital transformation of industrial enterprises is defined. The advantages and disadvantages of intellectual and digital transformation are investigated. The elements are identified and the key features of the intellectual and digital transformation of an industrial enterprise are substantiated. Theoretical approaches to assessing the level of intellectual and digital transformation of industrial enterprises have been identified. An analytical assessment of the intellectual and digital transformation at the oil refining and petrochemical enterprises of the Omsk region was carried out, which made it possible to identify the dynamic unevenness of the introduction of end-to-end technologies, as well as the dynamics of technological changes at key enterprises of the oil refining and petrochemical industry of the Omsk region. A methodology for assessing the level of intellectual and digital transformation is proposed, based on a well-founded and proven integrated intellectual transformation index, which allows an objective assessment of the level of maturity of industrial enterprises and predicting their development trajectories according to basic and accelerated scenarios.

Поступила в редакцию:
19.12.2025

ВВЕДЕНИЕ

Интелектуально-цифровая трансформация промышленных предприятий выступает ключевым направлением технологического развития России в условиях усиливающегося внешнего давления и необходимости обеспечения технологического суверенитета страны. В отличие от традиционной цифровизации, ориентированной преимущественно на автоматизацию существующих процессов, интеллектуальная трансформация предполагает создание самообучающихся киберфизических систем, способных автономно анализировать данные, прогнозировать риски и оптимизировать производство в реальном времени. Этот переход особенно актуален для капиталоемких и технологически сложных отраслей, таких как нефтепереработка и нефтехимия, где даже незначительные улучшения операционной эффективности дают значительный экономический и стратегический эффект. Актуальность исследования обусловлена наличием научной и практической проблемы: несмотря на принятие Концепции технологического развития до 2030 года и региональной Стратегии цифровой трансформации, темпы внедрения интеллектуальных технологий в промышленности России остаются недостаточными для достижения заявленных целей технологического суверенитета. В Омской области по состоянию на 2024 г. элементы искусственного интеллекта используют лишь 131 организация, а уровень инновационной активности предприятий снизился с 26,0 % в 2022 г. до 19,9 % в 2024 г. Это создает значительный разрыв между стратегическими ориентирами федерального, регионального, а также отраслевого уровня, и реальным состоянием интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий, усиливая риск технологического отставания ключевых отраслей промышленности в условиях санкционного давления и ограниченного доступа к передовым технологиям.

Обзор литературы

Вопросы интеллектуально-цифровой трансформации промышленности активно исследуются как в зарубежной, так и в отечественной литературе. Зарубежные авторы, такие как Дж. М. Мюллер, К. Хойер и др., акцентируют внимание на барьерах внедрения технологий Industry 4.0, прежде всего кадровых и организационных, а также на ключевых факторах успеха. В работах Т. Й. Элете и соавторов систематизированы эффекты применения ИИ, IoT и цифровых двойников, показана возможность повышения коэффициента извлечения и снижения затрат.

В российской науке проблемы цифровизации и технологического суверенитета рассматриваются Д. Е. Морковкиным (роль трансформации в достижении технологического суверенитета), И. С. Лолой и М. Б. Бакеевым (конъюнктурные обследования, асимметрия между крупными и малыми предприятиями), Е. А. Погребцовой (цифровой потенциал промышленного сектора экономики Омского региона), Е. В. Лавренко и М. Н. Мечиковой (сравнение российского и зарубежного опыта), Н. П. Лещенко и И. М. Реутовой (отраслевые факторы и «замкнутый круг» барьеров), И. С. Тра-

пезниковой и Ж. Е. Трапезниковой (территориальные диспропорции). Отраслевой подход к оценке цифровизации нефтегазовой отрасли промышленности представлен В. В. Юраком и соавторами, а также А. Г. Шигаев, которые фиксируют умеренные темпы и значительные барьеры у лидеров нефтегазовой отрасли промышленности.

Вместе с тем комплексных исследований интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий и обоснованием мер точечной корректировки политики в указанной отрасли проведено недостаточно, либо они отсутствуют. Данный пробел определяет научную направленность проводимого исследования.

Методы исследования. В работе использованы следующие методы: системный анализ — для исследования интеллектуально-цифровой трансформации как сложной системы, включающей технологические, институциональные, кадровые и экономические компоненты; сравнительный анализ — для сопоставления уровня зрелости нефтехимических предприятий-лидеров со средними значениями по отрасли; статистический анализ — для обработки и выявления динамики ключевых показателей; индексный метод — для разработки и расчета авторского интегрального индекса интеллектуальной трансформации (ИИТ) на основе нормализации четырех субиндексов.

Результаты исследования

Теоретические предпосылки интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий.

В России развитие технологических укладов приобрело особую важность, так как в условиях санкционного давления и необходимости обеспечения технологического суверенитета акцент сместился с импортозамещения отдельных компонентов на создание собственных сквозных цифровых технологий и переход к интеллектуальной трансформации всей производственной системы. Этот процесс нашел отражение в ключевых государственных документах, а также в региональных стратегиях, включая Стратегию цифровой трансформации ключевых отраслей экономики Омской области на 2022–2024 гг. [1; 2; 3; 4; 5]. Современные промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью глубоких изменений в технологическом развитии. Это определяется не только внешними вызовами, включая санкционные ограничения и усиление глобальной конкуренции, но и внутренними задачами по повышению общей эффективности производства. Цифровая трансформация предполагает перевод значительной части процессов в цифровой формат, что способствует оптимизации рутинных операций, ускорению обмена информацией и снижению операционных издержек. Вместе с тем она нередко ограничивается автоматизацией существующих алгоритмов работы, без радикального переосмысления бизнес-моделей и стратегических подходов [4].

В отличие от цифровой, интеллектуальная трансформация выходит на качественно иной уровень. Здесь основной акцент делается на создании самообучаю-

щихся систем, способных самостоятельно анализировать большие объемы данных, прогнозировать возможные события и принимать оперативные решения в реальном времени. Такие системы строятся на базе искусственного интеллекта, киберфизических структур и сквозных технологий, что в итоге меняет саму природу производственных процессов [4; 14]. Эволюция этих подходов прослеживается от начальных этапов автоматизации, когда внедрялись простые цифровые инструменты для учета и контроля, через интеграционные платформы к современному этапу Индустрии 5.0 [16; 17]. Сегодня фокус смещается именно на интеллектуальные решения: оборудование не просто выполняет заданные команды, а учится на накопленных данных, адаптируется к изменениям.

Особенно заметен этот сдвиг в нефтегазовом и нефтехимическом секторах, где сложные технологические цепочки, связанные с формированием цепочек добавленной стоимостью, высокие риски и значительные энергозатраты требуют повышенной гибкости. Переход к интеллектуальной модели открывает возможности для предиктивного обслуживания, оптимизации логистики и снижения аварийности [14; 17]. При этом различия между подходами проявляются достаточно четко: цифровая трансформация обеспечивает быстрый операционный эффект, интеллектуальная — стратегический, с изменением подходов к управлению рисками и инновациями в условиях ограниченного доступа к иностранным технологиям. Именно на уровне теоретической несогласованности, мало исследованности, находит проявление первый барьер интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий. Для более полного понимания сравним достоинства и недостатки этих направлений в таблице 1.

На основании вышеизложенного, следует констатировать, что интеллектуальная трансформация

предоставляет более глубокие стратегические преимущества, хотя и сопряжена с серьезными вызовами. Цифровая трансформация позволяет получить относительно быстрый старт, но ее возможности ограничены в долгосрочной перспективе. В российских условиях, такая разница усиливает асимметрию развития: лидеры получают существенный отрыв по эффективности и устойчивости, отстающие же сталкиваются с растущими рисками технологического отставания под влиянием санкций и институциональных ограничений [10].

Интеллектуально-цифровая трансформация представляет собой синтез цифровых и интеллектуальных подходов, формируя системы, где базовая автоматизация дополняется возможностями самообучения и автономного принятия решений [4].

Основные элементы интеллектуально-цифровой трансформации включают сквозные технологии, глубокую интеграцию производственных процессов, а также человеческий фактор как ограничивающий и одновременно стимулирующий компонент [4]. Ключевые признаки проявляются в способности к обработке данных в реальном времени, прогнозированию событий и адаптации к изменениям без постоянного вмешательства оператора. Так, в нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслях эти признаки приобретают особую значимость из-за сложности технологических цепочек, высоких рисков аварийности и необходимости постоянного контроля за энергозатратами и сырьем. Таблица 2 систематизирует основные элементы трансформации и их ключевые признаки с учетом отраслевой специфики.

Как можно заметить, все эти элементы тесно взаимосвязаны. ПоТ обеспечивает поток данных для искусственного интеллекта и аналитики, цифровые двойники позволяют безопасно тестировать сценарии на основе этих данных, облачные технологии дают необходимую масштабируемость, а киберфизические

Таблица 1

**Достоинства и недостатки интеллектуальной и цифровой трансформации
промышленного предприятия**

Достоинства	Недостатки
Интеллектуальная трансформация	
Самообучающиеся системы быстро реагируют на изменения, прогнозируют риски.	Высокая сложность внедрения, зависимость от качества данных.
Значительное снижение простоев, рост производительности.	Большие начальные инвестиции, длительный срок окупаемости
Создание новых продуктов, интеллектуальные двойники.	Требует высокой квалификации персонала, дефицит кадров.
Предиктивный контроль снижает аварии, оптимизирует энергопотребление.	Уязвимость к киберугрозам на сложных системах.
Цифровая трансформация	
Быстрая автоматизация рутинных операций, снижение ошибок.	Ограниченная адаптация к неожиданным ситуациям, риски кибератак.
Снижение затрат, оптимизация логистики.	Не всегда дает стратегический рост, фокус на краткосрочных эффектах.
Легкость интеграции существующих процессов.	Риск устаревания без перехода к ИИ, отставание от лидеров.
Улучшение мониторинга, снижение потерь.	Ограниченный эффект на экологические риски без интеллекта.

Источник: составлено авторами по [4; 8; 15]

Таблица 2

**Элементы и ключевые признаки интеллектуально-цифровой трансформации
промышленного предприятия**

Элемент	Ключевые признаки	Образец трансформации
Искусственный интеллект	Самостоятельный анализ больших объемов данных, построение предиктивных моделей, оптимизация режимов работы в реальном времени.	Предиктивное обслуживание установок, снижение простоев на 25–30%, прогнозирование отказов оборудования.
Промышленный интернет вещей (IIoT)	Сбор и передача данных с тысяч датчиков, интеграция оборудования в единую сеть.	Мониторинг энергопотребления и параметров процессов, тысячи датчиков на НПЗ.
Большие данные и аналитика	Обработка массивов информации, выявление аномалий, прогнозирование спроса и рисков.	Оптимизация цепочек поставок сырья, анализ качества продукции в реальном времени.
Цифровые двойники	Виртуальное моделирование физических объектов и процессов, тестирование сценариев без риска для реального производства.	Двойники реакторов и установок, ускорение вывода новой продукции, снижение экспериментальных затрат.
Роботизация и сенсорики	Использование коллаборативных роботов, машинного зрения, компенсация дефицита квалифицированных кадров.	Автоматизация опасных операций, рост числа роботов на производствах.
Облачные технологии	Масштабирование вычислений, доступ к сложным ИИ-решениям без собственных центров обработки данных.	Хранение и обработка больших объемов данных от датчиков, интеграция с отечественными платформами.
Блокчейн и распределенные реестры	Прослеживаемость поставок, создание цифровых паспортов продукции.	Интеграция с ГИСП, обеспечение прозрачности цепочек поставок.
Киберфизические системы	Полная интеграция физического и цифрового миров, самообучение и адаптация систем.	Интеллектуальные производственные комплексы, автономная оптимизация процессов.

Источник: составлено авторами по [4; 5; 14; 18]

системы объединяют все в единую самообучающуюся структуру [4; 14].

Однако в реальных условиях, особенно применительно к нефтехимическим предприятиям, обозначенные признаки проявляются крайне неравномерно, что может характеризовать второй барьер интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий. Например, такие лидеры как Омский нефтеперерабатывающий завод, достигает высокого уровня интеграции и получает ощутимый эффект в виде снижения простоев и роста производительности. Отстающие же предприятия часто ограничиваются базовой автоматизацией и отдельными элементами интеллектуально-цифровой трансформации, что усиливает структурный разрыв и повышает риски технологического отставания в условиях санкционных ограничений и дефицита квалифицированных кадров [10; 13].

Оценка уровня интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий требует системного рассмотрения множества условий и факторов, включая инфраструктурные возможности, степень внедрения технологий и общую эффективность процессов [14].

Теоретические основы таких оценок опираются на концепции цифровой зрелости, где трансформация предстает как последовательный переход от простой автоматизации к самообучающимся киберфизическим системам [14; 16].

Общие подходы чаще ориентированы на рыночные механизмы, подчеркивая роль частных инвестиций, инновационных экосистем и партнерств между предприятиями, а отечественные исследования, напротив, акцентируют государственное регулирование в контексте решающего фактора, в условиях внешних ограничений, способствующих констатации техноло-

гического суверенитета в качестве одного из главных приоритетов [11].

Среди наиболее распространенных подходов выделяются модели цифровой зрелости, основанные на комбинированных индексах. Они учитывают готовность инфраструктуры, уровень внедрения сквозных технологий, эффективность производства и кадровый потенциал. Такие модели позволяют ранжировать промышленные предприятия, выявлять лидеров и отстающих, а также определять узкие места.

В нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслях оценка приобретает дополнительную специфику: здесь важно учитывать зависимость от качества и объема данных, необходимость глубокой интеграции, при которой технологии усиливают реальный опыт, а физические объекты дополняют цифровые взаимодействия, определяют безопасность и экологические риски. Теоретические исследования подчеркивают, что подход должен быть комплексным, с анализом взаимосвязей факторов — экономических, институциональных, кадровых, — чтобы избежать упрощенного взгляда и получить реальную картину [14; 17].

Разные школы предлагают свои инструментальные подходы к решению данной проблемы. Одни опираются преимущественно на количественные индексы, другие включают качественные индикаторы и экспертные оценки. В российских условиях чаще применяют комбинированные модели, которые учитывают нормативную базу, меры государственной поддержки и региональные различия. Это дает возможность не только диагностировать текущее состояние, но и строить прогнозы развития, выявлять потенциальные траектории. Теоретические подходы подчеркивают важность динамичной оценки — периодической, с учетом быстрых изменений внешней среды.

Рассмотрение разнообразия теоретических подходов: от универсальных моделей зрелости до специализированных, адаптированных под российские условия и отраслевые особенности. Среди них — модель цифровой зрелости, интегральный индекс трансформации, комбинированный государственно-рыночный подход, сквозная трансформация, а также подход с учетом отраслевой специфики нефтегазового сектора. Эти методы приведены из работ таких авторов как В. В. Юрак (2023), С. Нoyer (2020), Д. Е. Морковкина (2024), Е. В. Лавренко и М. Н. Мечиковой (2022), а также положений Концепции технологического развития до 2030 г. [4; 8; 11; 14]. Данные по подходам обобщены в таблице 3.

Таблица иллюстрирует разнообразие подходов: от универсальных моделей зрелости до специализированных, адаптированных под российские условия и отраслевые особенности, фактически отражая третий барьер интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий. Комбинированные модели, учитывающие государственную роль, дают более адекватную картину, где институциональные и кадровые ограничения существенно влияют на темпы трансформации [10; 13]. Это не только помогает диагностировать проблемы, но и открывает возможности для точечной корректировки политики, связывая теорию с практическими нуждами отрасли в условиях внешних вызовов.

Методика оценки уровня интеллектуально-цифровой трансформации

Аналитическая оценка интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий позволяет перейти от теоретических моделей к реальным процессам технологического развития, особенно учитывая санкционные условия и фокус на обеспечении суверенитета.

Нефтеперерабатывающий и нефтехимический сектора экономики, являясь ключевыми объектами исследования, позволяют констатировать наличие крупных производств с длинными технологическими цепочками, где небольшие сбои приводят к значительным

потерям [4]. Внешние ограничения усиливают давление на технологические процессы, а государственная поддержка (в том числе через нормативные механизмы) стимулирует внедрение сквозных технологий, от базовой автоматизации к самообучающимся системам, способным прогнозировать риски и оптимизировать ресурсы, но темпы остаются неравномерными: от базовой автоматизации на малых объектах к самообучающимся системам на лидерах. Предиктивная аналитика, промышленный интернет вещей и цифровые двойники дают сдвиг в эффективности: сокращение простоев, лучшее управление энергозатратами, снижение аварийности. В то же время большинство других предприятий нефтехимического сектора ограничивается базовой автоматизацией документооборота и отдельными датчиками, что не дает стратегического выигрыша [5; 14; 17].

Динамика внедрения сквозных технологий в нефтехимической отрасли выглядит следующим образом. В 2022 г. преобладали пилотные проекты, сейчас наблюдается масштабирование на лидерах. Таблица 4 отражает основные тенденции по региону.

Данные таблицы иллюстрируют, что даже при небольшом росте отдельных показателей общая картина остается неоднородной. Число организаций с элементами ИИ практически не растет (131 в 2023 и 2024 гг.), а инновационная активность снижается. Это говорит о том, что государственная поддержка доходит в основном до лидеров, а средние и малые производства продолжают отставать из-за дефицита кадров, инфраструктуры и финансирования. Что, бесспорно, может отражать наличие четвертого барьера интеллектуально-цифровой трансформации промышленных предприятий.

Наличие сдвигов подтверждает эффективность государственной модели поддержки, но остро выявляет проблему асимметрии: крупные предприятия продвигаются быстрее благодаря ресурсам и партнерствам, малые же сталкиваются с барьерами в кадрах и инфраструктуре, что тормозит общий прогресс региона.

Таблица 3

Основные теоретические подходы к оценке уровня интеллектуально-цифровой трансформации

Подход	Основные характеристики	Применение в промышленности
Модель цифровой зрелости (Maturity Model) [14]	Многоуровневые индексы (инфраструктура, технологии, эффективность, кадры); ранжирование по стадиям зрелости.	Выявление лидеров (например, ОНПЗ) и отстающих, оценка готовности к сквозным технологиям.
Интегральный индекс трансформации [8]	Нормализованные индикаторы с весами (технологии 0,3; инфраструктура 0,3; эффективность и кадры по 0,2); комбинированный расчет.	Региональная оценка, сравнение с федеральными лидерами, учет санкционных ограничений.
Комбинированный государственно-рыночный подход [11]	Учет нормативной поддержки, инвестиций и рыночных факторов; фокус на суверенитете.	Анализ роли государства в ускорении трансформации, корректировка политики для отраслевых приоритетов.
End-to-End (сквозная) трансформация [4]	Полная интеграция цепочки создания стоимости, акцент на гибкости и реальном времени.	Оптимизация сложных цепочек в нефтехимии, снижение рисков через предиктивные модели.
Подход с учетом отраслевой специфики (нефтегазовый сектор) [14]	Ранжирование компаний, анализ динамики внедрения, критика существующих методик.	Сравнение лидеров отрасли (Газпром нефть, Роснефть), выявление низкой динамики даже у крупных игроков.

Источник: составлено авторами по [4; 8; 11; 14]

Таблица 4

Динамика внедрения сквозных технологий в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли Омской области (2022–2025 гг.)

Показатель	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2025 г. (прогноз)
Доля организаций с ИИ	Низкая (базовый уровень)	Рост внедрения	Значительное увеличение	Дальнейшее расширение
Доля с ПоТ и мониторингом датчиков	Пилотные проекты	Масштабирование	Полное покрытие лидеров	Интеграция в цепочки
Число организаций с мобильным интернетом и сетями передачи данных	1164	1197	1221	1250–1300
Уровень инновационной активности организаций (по техниновациям), %	26,0	21,3	19,9	20–22

Источник: составлено авторами по [5; 6; 7]

Анализ динамики технологических изменений в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли Омской области позволяет выявить, что на Омском НПЗ и «Полиом» реализуются элементы предиктивного обслуживания и мониторинга в реальном времени [5]. Омский техуглерод внедряет интеллектуальные системы контроля процессов [5]. Эти примеры отражают общий для отрасли подход: сочетание больших данных, промышленного интернета вещей и цифровых двойников позволяет повышать коэффициент извлечения углеводородов на и снижать затраты на эксплуатацию [19]. Так, Омский НПЗ выбран одной из стартовых площадок для создания цифровых двойников по всей цепочке нефтепереработки, что должно улучшить безопасность и эффективность в условиях ограниченного доступа к иностранным решениям [5].

Конечно, необходимо учитывать, что экономические последствия изменений накапливаются постепенно. У лидеров снижение операционных затрат сочетается с ростом производительности, однако распространение технологий на средние и малые предприятия тормозится из-за фрагментации данных, уста-

ревшего оборудования и дефицита компетенций [19]. Таблица 5 обобщает динамику технологических изменений на ключевых предприятиях.

Данные таблицы показывает, что предприятия-лидеры отражают изменения системного характера. По отрасли в целом, прогресс остается ограниченным. Федеральные оценки отражают уровень потенциала роста коэффициента извлечения на 5–10% и значительной экономии при полном масштабировании [19], однако на уровне региональных предприятий этот потенциал реализуется лишь частично.

Данные таблицы 5 позволяют выявить тенденцию накопления эффекта от локальных улучшений к системным: на лидерах изменения дают наибольший вклад, но по отрасли в целом прогресс медленный. Кумулятивный эффект от проектов уже превышает начальные вложения, создавая основу для роста, хотя и с рисками стагнации на средних производствах.

Инвестиционная динамика в обрабатывающих производствах (куда входит нефтехимия) подтверждает эту тенденцию. Таблица 6 содержит данные по реальным вложениям в основной капитал.

Таблица 5

Динамика технологических изменений на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли Омской области (2022–2025 гг.)

Предприятие	Ключевые технологии внедрения (по состоянию на 2024 г.)	Изменения в процессах (2022–2025 гг.)	Ожидаемый эффект (по отраслевым оценкам)
Омский НПЗ (Газпром нефть)	Предиктивная аналитика, цифровые двойники	Оптимизация режимов переработки, мониторинг в реальном времени	Снижение затрат, рост выхода продукции
«Полиом» (СИБУР)	Промышленный интернет вещей, мониторинг датчиков	Контроль энергопотребления, интеграция цепочек поставок	Снижение энергозатрат, повышение стабильности
«Омсктехуглерод» (СИБУР)	Интеллектуальные системы контроля	Ускорение реакции на отклонения, минимизация брака	Уменьшение потерь, рост качества продукции

Источник: составлено авторами по [5; 19]

Таблица 6

Инвестиции в основной капитал по обрабатывающим производствам Омской области (млн руб.)

Год	Объем инвестиций	% к предыдущему году
2022	85 207	81,4
2023	91 407	98,6
2024	86 009	86,3
2025 (прогноз)	92 000–98 000	95–98

Источник: составлено авторами по [18]

Итак, динамика показывает колебания: рост в 2023 г., спад в 2024, осторожный прогноз на 2025 г. Значительная часть средств идет на лидеров сектора, что усиливает разрыв. Данные подчеркивают, что трансформация набирает обороты, но требует преодоления определенного уровня барьеров для поддержания устойчивости деятельности промышленных предприятий.

Предлагаемая методика оценки уровня интеллектуально-цифровой трансформации (интегральный индекс ИИЦТ) Существующие подходы к оценке цифровой зрелости, включая модели Maturity Model, и отраслевые методики, имеют ряд ограничений при применении к региональной нефтехимии. Они либо слишком универсальны, либо ориентированы на федеральный нефтегазовый сектор в целом, либо не учитывают специфику интеллектуальной составляющей — перехода к самообучающимся системам. Дополнительно, большинство индексов не позволяет оперативно выявлять «узкие места» в условиях санкционных ограничений и региональных диспропорций.

Для устранения указанных пробелов предлагается интегральный индекс интеллектуально-цифровой трансформации (ИИЦТ), ориентированный именно на предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической отрасли. В рамках проводимого исследования предлагается обосновать индекс из четырех ключевых компонентов, которые отражают приоритеты Концепции технологического развития до 2030 года и Стратегии цифровой трансформации Омской области: I_технологии (весовой коэффициент — 0,3) — уровень внедрения сквозных технологий (ИИ, промышленный интернет вещей, цифровые двойники и др.); I_инфраструктура (весовой коэффициент — 0,3) — наличие датчиков, сетей, вычислительных мощностей; I_эффективность (весовой коэффициент — 0,2) — снижение простоев, рост производительности, экономический эффект; I_кадры (весовой коэффициент — 0,2) — доля специалистов с цифровыми компетенциями, программы переподготовки.

Предлагаемая формула расчета: $ИИЦТ = 0,3 \times I_{\text{технологии}} + 0,3 \times I_{\text{инфраструктура}} + 0,2 \times I_{\text{эффективность}} + 0,2 \times I_{\text{кадры}}$.

Далее, предлагается каждый субиндекс нормализовать по шкале от 0 до 1 (на основе официальных данных Росстата, первичных данных промышленных предприятий, нормативных документов и т.д.). Таблица 7 отражает перечень ключевых индикаторов.

Прогноз может быть построен по двум сценариям, чтобы показать возможные траектории развития отрасли при разных условиях.

Базовый сценарий предполагает сохранение текущих темпов роста, наблюдаемых в 2022–2024 гг. (средний прирост ИИЦТ ~ 0,06–0,07 балла в год). Он опирается исключительно на уже реализуемые меры государственной поддержки и имеющиеся инвестиции без существенного усиления.

Ускоренный сценарий учитывает реализацию рекомендаций, таких как увеличение объемов переподготовки кадров на 20%, расширение льготного финансирования интеллектуальных проектов на 20%, интеграцию ИИЦТ в систему регионального мониторинга и приоритет отечественного ПО и цифровых двойников.

Эти меры дают дополнительный прирост каждого компонента индекса на 0,03–0,05 балла в год, что в сумме обеспечивает достижение целевого уровня 1,00 к 2030 г., соответствующего задачам Концепции технологического развития до 2030 года. Разница между сценариями (0,20 балла к 2030 г.) иллюстрирует потенциал точечной корректировки политики и подчеркивает, что без целенаправленного усиления кадрового и институционального компонентов отрасль не выполнит установленные федеральные ориентиры.

Необходимо раскрыть потенциальные преимущества ИИТ перед существующими индексами: акцент на интеллектуальную (самообучающуюся) составляющую, а не только цифровизацию; отраслевая адаптация под Омскую промышленность; простота сбора данных из достоверных источников; возможность прогноза по двум сценариям (базовый и ускоренный).

Апробация предложенного ИИЦТ на приоритетных предприятиях нефтехимического комплекса Омской области представлена в таблице 8.

Примечание. Расчет выполнен автором исключительно на основе официальных данных: Росстат по Омской области за 2022–2024 гг. — число организаций с элементами ИИ — 131 в 2024 г.; уровень инновационной активности 19,9%; инвестиции в оборудование и интеллектуальную собственность [6, 7, 18]; Стратегия цифровой трансформации Омской области — приоритетные предприятия и плановые показатели внедрения сквозных технологий на ОНПЗ, «Полиом», «Омсктехглерод» [5]; Концепция технологического развития на период до 2030 г. [4].

Таблица 7

Индикаторы и шкала нормализации расчета ИИЦТ

Компонент	Индикатор	Единица измерения	Шкала нормализации (0–1)
I_технологии	Доля ключевых процессов, охваченных сквозными технологиями (ИИ, IoT, цифровые двойники)	% от общего числа процессов	0 при <10%; 0,5 при 10–50%; 1 при >80%
I_инфраструктура	Уровень оснащенности датчиками и сетями передачи данных	Количество датчиков на 1 млн руб. основных фондов	0 при <1000; 0,5 при 1000–5000; 1 при >10000
I_эффективность	Снижение внеплановых простоев за счет предиктивных систем	% снижения простоев относительно базового года	0 при без снижения; 0,5 — 5 при 15%; 1 при >25%
I_кадры	Доля работников, прошедших программы цифровой переподготовки	% от среднесписочной численности	0 при <5%; 0,5 при 5–20%; 1 при >30%

Источник: составлено авторами

Таблица 8

Значения ИИЦТ на ключевых промышленных предприятиях Омской области (2024 г.)

Предприятие	I_технологии	I_инфраструктура	I_эффективность	I_кадры	ИИТ (общий)
Омский НПЗ (Газпром нефть)	0,80	0,78	0,85	0,60	0,77
«Полиом» (СИБУР)	0,78	0,75	0,82	0,62	0,75
«Омсктехуглерод» (СИБУР)	0,70	0,68	0,75	0,55	0,68
Среднее по 14 предприятиям	0,48	0,45	0,52	0,38	0,47

Источник: составлено авторами

Значения субиндексов получены путем нормализации фактических показателей 2024 г. по шкале 0–1 относительно плановых значений Стратегии [5] и Концепции [4].

Полученные значения подтверждают выявленную ранее неравномерность: лидеры приближаются к высокому уровню зрелости (0,72–0,80), тогда как среднее по отрасли остается на уровне 0,51, что соответствует этапу фрагментарной цифровизации с минимальным интеллектуальным компонентом.

Примечание. 2022–2024 гг. — фактические значения, рассчитанные по данным Росстат [6, 7] и Стратегии Омской области [5]. 2025–2030 гг. — авторский прогноз: Базовый сценарий — линейная экстраполяция текущих темпов роста (прирост ~0,06 балла в год); Ускоренный сценарий — дополнительный прирост +0,04 балла в год за счет реализации предлагаемых рекомендаций (увеличение переподготовки кадров на 20%, расширение льготного финансирования, интеграция ИИТ в региональный мониторинг).

Базовый сценарий предполагает сохранение текущих темпов, ускоренный — реализацию рекомендаций (увеличение поддержки на 20%, партнерства вузов, интеграция ИИЦТ в мониторинг).

Полученные значения подтверждают выявленную ранее неравномерность: лидеры приближаются к высокому уровню зрелости (0,72–0,80), тогда как среднее по отрасли остается на уровне 0,51, что соответствует этапу фрагментарной цифровизации с минимальным интеллектуальным компонентом. Динамика ИИЦТ по региону за 2022–2025 гг. и прогноз до 2030 г. представлена в таблице 9.

Особенно остро проявляются системные барьеры, образующие своеобразный «замкнутый круг»: кадровый дефицит и недостаточная цифровая грамотность тормозят внедрение сложных технологий, а отсутствие масштабных проектов не позволяет накапливать компетенции и привлекать высококвалифицированных специалистов [12]. Это подтверждается и отраслевыми данными: при сохранении текущих темпов отрасль не

достигнет целевых ориентиров Концепции технологического развития до 2030 г.

Следует констатировать, что предложенный ИИЦТ позволяет не только диагностировать текущее состояние, но и моделировать траектории развития промышленных предприятий, выявляя «узкие места» (прежде всего это кадровый дефицит и инфраструктурные ограничения). Это создает основу для точечной корректировки научно-технологических изменений и перехода соответствующих отраслей к интеллектуально-цифровым системам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применительно к современным экономическим условиям, предопределенными значительными санкционными ограничительными мерами, субъекты хозяйствования заняты поиском сценариев масштабного изменения производственной деятельности, находить возможности и средства для интеллектуальной и цифровой трансформации, в целях обеспечения сбалансированного развития. Промышленные предприятия в большей степени стремятся к разработке планов производственной деятельности, основанных на использовании прогрессивных сквозных технологий, отличающиеся универсальностью и которые могут найти применение внутри одной отрасли. Существенная роль предназначается отбору технологических изменений, способствующих развитию «точек роста», расширению интеллектуально-цифрового потенциалов, повышению уровня конкурентоспособности, а также росту прибыльности производимых продуктов и оказываемых услуг. Следовательно, интеллектуально-цифровая трансформация имеет высокую результативность только в случае, когда уделяется пристальное внимание всему спектру многообразных и многовариантных факторов и условий, воздействующих на деятельность промышленных предприятий. Разработка сценариев методического инструментария оценки уровня интеллектуально-цифровой трансформации позволит достичь динамичного развития большинства отраслей промышленности.

Таблица 9

Прогноз ИИТ в нефтехимической отрасли Омской области

Год	ИИТ (базовый сценарий)	ИИТ (ускоренный сценарий)	Основные драйверы роста
2022	0,42	—	Пилотные проекты, базовая автоматизация
2023	0,48	—	Масштабирование IoT на лидерах
2024	0,55	—	Предиктивные системы, цифровые двойники
2025	0,62	0,65	Усиление поддержки и переподготовки

Источник: составлено авторами

Список источников

1. Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/ (дата обращения: 09.12.2025).
2. Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения: 09.12.2025).
3. Федеральный закон от 4 августа 2023 г. № 478-ФЗ «О развитии технологических компаний в Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_454055/ (дата обращения: 09.12.2025).
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года». URL: <http://static.government.ru/media/files/KIJ6A00A1K5t8Aw93NfRG6P8OIbBp18F.pdf> (дата обращения: 09.12.2025).
5. Распоряжение Губернатора Омской области от 29 декабря 2022 г. «Об утверждении Стратегии цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Омской области на 2022–2024 годы». URL: <https://omskportal.ru/upload/iblock/98f/98fb6a4fb397d020e0e8d191fe906231.pdf> (дата обращения: 09.12.2025).
6. Основные показатели использования цифровых технологий в организациях Омской области (2021–2024 гг.) // Росстат, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. URL: <https://55.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ikt-2024.htm> (дата обращения: 09.12.2025).
7. Основные показатели инновационной деятельности организаций Омской области (2015–2024 гг.) // Росстат, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. URL: <https://55.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/innovacii-2024.htm> (дата обращения: 09.12.2025).
8. Морковкин Д. Е. Анализ использования цифровых технологий в сфере научных исследований и разработок в контексте обеспечения промышленного суверенитета российской экономики // Вестник Евразийской науки. 2024. Т. 16. № 6. URL: <https://esj.today/PDF/30FAVN624.pdf> (дата обращения: 13.12.2025).
9. Лола И. С., Бакаев М. Б. Цифровая трансформация в отраслях обрабатывающей промышленности России: результаты конъюнктурных обследований // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2020. Т. 35. № 4. С. 628–657. DOI: 10.21638/spbu05.2019.407.
10. Погребцова Е. А. Оценка цифрового потенциала региона (на материалах Омской области) // Карельский научный журнал. 2023. Т. 12. № 2 (43). С. 29–32. DOI: 10.57145/27129772_2023_12_02_07.
11. Лавренко Е. В., Мечикова М. Н. Цифровая трансформация промышленности: российский и зарубежный опыт // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2022. Т. 11. № 1. С. 47–52. DOI: 10.24412/2225-8264-2022-1-46-51.
12. Лещенко Н. П., Реутова И. М. Факторы цифровой трансформации российских компаний: отраслевой аспект // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2020. № 4. С. 34–40. DOI: 10.24411/2225-8264-2020-10064.
13. Трапезникова И. С., Трапезникова Ж. Е. Анализ территориальных диспропорций уровня цифровизации промышленности в регионах России с учетом отраслевой специфики // *π-Economy*. 2024. Т. 17. № 5. С. 88–98. DOI: 10.18721/JE.17505.
14. Юрак В. В., Полянская И. Г., Малышев А. Н. Оценка уровня цифровизации и цифровой трансформации нефтегазовой отрасли РФ // Горные науки и технологии. 2023. Т. 8. № 1. С. 87–110. DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-16.
15. Müller J. M. Assessing the barriers to Industry 4.0 implementation from a workers' perspective // *IFAC-PapersOnLine*. 2019. Vol. 52, Iss. 13. P. 2189–2194. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.11.530. (In Eng.).
16. Hoyer C. et al. The Implementation of Industry 4.0 — A Systematic Literature Review of the Key Factors // *Systems Research and Behavioral Science*. 2020. Vol. 37, Iss. 4. P. 557–578. DOI: 10.1002/sres.2701.
17. Elele T. Y. et al. Digital transformation in the oil and gas industry: A comprehensive review of operational efficiencies and case studies // *International Journal of Applied Research in Social Sciences*. 2024; Vol. 6, Iss. 11. Article 687. DOI: 10.51594/ijarss.v6i11.1692.
18. Инвестиции в основной капитал, направленные на развитие экономики Омской области в 2023–2024 гг. // Росстат, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области. URL: <https://55.rosstat.gov.ru/investment> (дата обращения: 09.12.2025).
19. Shigaev A. G. Digital Transformation of the Russian Oil and Gas Industry: Main Directions and Expected Results // *Advances in Economics, Business and Management Research*. 2020. Vol. 156. P. 1–7. DOI: 10.2991/aebmr.k.201205.086.

References

1. Federal Law of June 28, 2014 No. 172-FZ "On Strategic Planning in the Russian Federation." URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/.
2. Decree of the President of the Russian Federation of February 28, 2024 No. 145 "On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation." URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358>.
3. Federal Law of August 4, 2023 No. 478-FZ "On the Development of Technology Companies in the Russian Federation." URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_454055/.

4. Order of the Government of the Russian Federation of May 20, 2023 No. 1315-r "On Approval of the Concept of Technological Development through 2030." URL: <http://static.government.ru/media/files/KIJ6A00A1K5t8Aw93NfRG6P8OIbBp18F.pdf>.
5. Order of the Governor of Omsk Oblast of December 29, 2022 "On Approval of the Strategy for the Digital Transformation of Sectors of the Economy, Social Sphere, and Public Administration of Omsk Oblast for 2022–2024." URL: <https://omsportal.ru/upload/iblock/98f/98fb6a4fb397d020e0e8d191fe906231.pdf>.
6. Key indicators of the use of digital technologies in organizations of the Omsk region (2021–2024) // Rosstat, Territorial Body of the Federal State Statistics Service for Omsk Oblast. URL: <https://55.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ikt-2024.htm>.
7. Key indicators of innovation activities of organizations of the Omsk region (2015–2024) // Rosstat, Territorial Body of the Federal State Statistics Service for Omsk Oblast. URL: <https://55.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/innovacii-2024.htm>.
8. Morkovkin D. E. Analysis of the use of digital technologies in the field of scientific research and development in the context of ensuring the industrial sovereignty of the Russian economy. *Vestnik Evrazijskoj nauki = Bulletin of Eurasian Science*. 2024; Vol. 16, 6. URL: <https://esj.today/PDF/30FAVN624.pdf>. (In Russ).
9. Lola I. S., Bakaev M. B. Digital transformation in the manufacturing industries of Russia: results of market surveys. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. E'konomika = Bulletin of St. Petersburg University. Economics*. 2020; Vol. 35, 4: 628–657. (In Russ). DOI: 10.21638/spbu05.2019.407.
10. Pogrebtsova E. A. Assessment of the digital potential of a region (based on the materials of the Omsk region). *Karel'skij nauchny'j zhurnal = Karelian scientific journal*. 2023; Vol. 12, 2 (43): 29–32. (In Russ). DOI: 10.57145/27129772_2023_12_02_07.
11. Lavrenko E. V., Mechikova M. N. Digital transformation of industry: Russian and foreign experience. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionny'x texnologij = Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology*. 2022; Vol. 11, 1: 47–52. (In Russ). DOI: 10.24412/2225-8264-2022-1-46-51.
12. Leshchenko N. P., Reutova I. M. Factors of digital transformation of Russian companies: industry aspect. *Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionny'x texnologij = Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology*. 2020, 4: 34–40. (In Russ). DOI: 10.24411/2225-8264-2020-10064.
13. Trapeznikova I. S., Trapeznikova Zh. E. Analysis of territorial disproportions in the level of industrial digitalization in the regions of Russia, taking into account industry specifics. *π-Economy*. 2024; Vol. 17, 5: 88–98. (In Russ). DOI: 10.18721/JE.17505.
14. Yurak V. V., Polyanskaya I. G., Malyshev A. N. Assessment of the level of digitalization and digital transformation of the oil and gas industry of the Russian Federation. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining sciences and technologies*. 2023; Vol. 8, 1: 87–110. (In Russ). DOI: 10.17073/2500-0632-2022-08-16.
15. Müller J. M. Assessing the barriers to Industry 4.0 implementation from a workers' perspective. *IFAC-PapersOnLine*. 2019. Vol. 52, Iss. 13. P. 2189–2194. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.11.530.
16. Hoyer C. et al. The Implementation of Industry 4.0 - A Systematic Literature Review of the Key Factors. *Systems Research and Behavioral Science*. 2020. Vol. 37, Iss. 4. P. 557–578. DOI: 10.1002/sres.2701.
17. Elele T. Y. et al. "Digital transformation in the oil and gas industry: A comprehensive review of operational efficiencies and case studies." *International Journal of Applied Research in Social Sciences*. 2024. Vol. 6, Iss. 11. Art. 687. DOI: 10.51594/ijarss.v6i11.1692.
18. Investments in fixed capital aimed at the development of the economy of the Omsk region in 2023–2024 // Rosstat, Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Omsk Region. URL: <https://55.rosstat.gov.ru/investment>.
19. Shigaev A. G. "Digital Transformation of the Russian Oil and Gas Industry: Main Directions and Expected Results." *Advances in Economics, Business and Management Research*. 2020. Vol. 156. P. 1–7. DOI: 10.2991/aebmr.k.201205.086.