

УДК 658.5

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В.А. Щербаков, Е.Н. Лetyagina

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Нижний Новгород, email: vityarec678@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается проблема внедрения модели прогнозирования бизнес-процессов на промышленном предприятии с использованием технологий искусственного интеллекта. Исследование посвящено разработке интегрированной системы прогнозирования, объединяющей традиционные методы экономического анализа с современными инструментами машинного обучения. В работе анализируются особенности применения технологий искусственного интеллекта для обработки больших массивов производственных данных, выявления закономерностей и построения прогностических сценариев. Исследование подтверждает, что разработанная модель может стать ценным инструментом для оптимизации управления бизнес-процессами, способствуя росту продуктивности промышленного производства в эпоху цифровой трансформации.

Ключевые слова: прогнозирование, промышленное предприятие, отраслевая экономика, модель прогнозирования, нефтегазовая промышленность, предприятие, искусственный интеллект.

APPLICATION OF A BUSINESS PROCESS FORECASTING MODEL USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

V.A. Shcherbakov, E.N. Letyagina

Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, email: vityarec678@gmail.com

Abstract. This article examines the implementation of a business process forecasting model at an industrial enterprise using artificial intelligence technologies. The study focuses on the development of an integrated forecasting system that combines traditional economic analysis methods with modern machine learning tools. The paper analyzes the application of artificial intelligence technologies for processing large volumes of production data, identifying patterns, and constructing forecast scenarios. The study confirms that the developed model can become a valuable tool for optimizing business process management, contributing to increased industrial productivity in the era of digital transformation.

Keywords: forecasting, industrial enterprise, industry economics, forecasting model, oil and gas industry, enterprise, artificial intelligence.

Дата поступления статьи в редакцию: 05.07.2026

Дата принятия статьи в печать: 25.08.2026

Введение

Цифровая трансформация обостряет проблему прогностического инструментария. На заводах применяемые способы прогнозирования при оценке нелинейных зависимостей и резких колебаний макроэкономической конъюнктуры показывают низкую эффективность - особенно на фоне нарастающей нестабильности внешней среды, из-за чего нужны новые методики. Внедрение искусственного интеллекта в управленческий контур открывает существенный потенциал для точности и оперативности плановых расчетов. Этот эффект достигается обработкой больших массивов данных в реальном времени. Главная задача: сформировать гибридную модель, которая объединит сильные стороны классической эконометрики с алгоритмами машинного обучения.

Цель исследования

Целостную схему прогнозирования производственных и коммерческих операций для промышленного предприятия (на материалах ПАО «Лукойл») разработали и апробировали в практических условиях. В основе подхода - инструментарий технологий искусственного интеллекта. Методика повышает достоверность прогностических расчетов за счет конструирования механизма адаптивного прогнозирования и оптимизации управленческих процедур в условиях рыночной нестабильности. Получен восьмикратный контраст.

Материал и методы исследования

Методы исследования. Теоретический анализ и обобщение: изучение существующих исследований, публикаций и монографий по теме прогнозирования бизнес-процессов на промышленных предприятиях в условиях цифровой трансформации.

Системный подход: рассмотрение прогнозирования бизнес-процессов на промышленных предприятиях не как отдельного действия, а как части стратегического управления на промышленном предприятии.

Метод классификации: группировка подходов к прогнозированию по различным признакам (по уровню автоматизации, горизонту прогнозирования, гибкости)

Сущность и классификация процесса прогнозирования. Ученые, придерживающиеся общего мнения, что все процессы, происходящие во внутренней и внешней среде предприятия, поддаются прогнозированию, управлению и контролю. Иной взгляд на понятие прогнозирования реализован на том, что это всего только долгосрочное направление работы, которое определяет позицию в конкурентной среде, внедрение ресурсов, объемы изготовления и т.д. Таким образом, она только задает предприятию ориентир, а не считается сценарием действий.

Результаты исследования

Прогнозирование бизнес-процессов представляет собой целенаправленный процесс формирования перспективных сценариев развития промышленного предприятия и определения способов их реализации с учетом факторов, действующих как внутри организации, так и во внешней среде. Научные исследования подчеркивают, что прогнозирование играет основополагающую роль в системе стратегического менеджмента, поскольку оно способствует синхронизации имеющихся у компании ресурсов, ее уникальных навыков и потенциальных рыночных возможностей.

Для промышленных предприятий, в особенности нефтегазового сектора, прогнозирование имеет свои отличительные черты, связанные с технической сложностью производственных циклов, значительными инвестиционными вложениями и существенным влиянием организационных аспектов. Промышленность, в отличие от сферы услуг, нуждается в долгосрочном предвидении рыночного спроса, потребностей в ресурсах и перспектив технического прогресса [2].

Искусственный интеллект в оптимизации производственных процессов предлагает принципиально отличающийся вектор по сравнению с традиционными методами. Вместо статичных схем, он опирается на разработку гибких, многомерных моделей. Эти модели способны анализировать одновременно большое количество факторов, начиная от производственной мощности и затрат на логистику, и заканчивая динамикой цен на энергетические ресурсы и прогнозными показателями спроса на рынке. Применяя передовые технологии, в числе которых генетические алгоритмы, обучение с подкреплением и симуляции на основе цифровых двойников, система анализирует миллионы возможных вариантов распределения инвестиций и производственных ресурсов. Это позволяет выявлять наиболее прибыльные и наименее рискованные стратегии. В результате, процесс стратегического управления преобразуется из единичных плановых мероприятий в постоянный цикл точного контроля. Искусственный интеллект не только помогает спрогнозировать будущие тенденции, но и определяет оптимальный, математически обоснованный путь развития предприятия, снижая вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, и предотвращая неоправданное чрезмерное использование ресурсов.

Далее в статье будет представлена разработанная модель прогнозирования бизнес-процессов, с применением технологий искусственного интеллекта для промышленного предприятия ПАО «Лукойл». Практически у любой модели прогнозирования существует ряд ограничений, связанных с факторами внутренней и внешней среды, сферы деятельности и других различных факторов. Ограничения рассматриваемой модели:

- финансовые ограничения. Капитальные затраты (CAPEX - Capital Expenditures) в 2025 году составили 775 млрд. рублей. Ограничение на следующий временной период может заключаться в том, чтобы не превышать этот показатель более чем на 15% в год. Помимо капитальных затрат, существуют также операционные затраты (OPEX - Operational Expense). Эти расходы являются систематическими для промышленного предприятия, и они требуются для обеспечения непрерывного функционирования бизнес-процессов. Указанные затраты полностью учитываются и списываются в тот временной промежуток, когда они возникли, а также отображаются в финансовом отчете, демонстрирующем прибыль-

ность и убыточность компании. Примерами операционных расходов являются: зарплата сотрудников и социальные выплаты, аренда офисов, производственных или складских помещений, коммунальные платежи, расходы на текущий ремонт и техническое обслуживание имущества, закупка сырья и расходных материалов, затраты на рекламу и маркетинг, оплата лицензий на программное обеспечение и патенты, логистические расходы, услуги сторонних организаций (юридические, бухгалтерские, консалтинговые), охрана, благоустройство территории [4].

Для грамотного финансового стратегического планирования и учета необходимо понимать разницу между операционными расходами (ОРЕХ) и капитальными вложениями (CAPEX). Первые поддерживают повседневную работу предприятия, а вторые формируют его долгосрочный потенциал. В таблице 1 приведены главные критерии, позволяющие разграничить эти типы затрат.

Таблица 1 наглядно демонстрирует принципиальные различия между операционными расходами и капитальными затратами. ОРЕХ, которые предназначены для поддержания повседневной деятельности предприятия, имеют короткий срок действия (до одного года), полностью учитываются в том же отчетном периоде, когда они возникают, и непосредственно воздействуют на итоговую прибыль. CAPEX же, наоборот, связаны с приобретением или усовершенствованием активов, рассчитанных на длительный срок. Такие расходы капитализируются, то есть относятся к внеоборотным активам на балансе, и постепенно списываются через амортизацию на протяжении нескольких лет, формируя задел для будущего развития компании [5].

Точное разделение оперативных расходов и капитальных затрат имеет первостепенное значение для результативного управления финансами организации. Анализ и контроль операционных затрат способствует повышению рентабельности и поддержанию платежеспособности в текущем периоде. В то же время, продуманные капиталовложения способствуют созданию устойчивых конкурентных преимуществ и гарантируют перспективное развитие бизнеса. Такое разграничение необходимо для обеспечения точности бухгалтерского учета, составления реалистичных бюджетов, принятия обоснованных решений по инвестициям и подготовки ясной финансовой отчетности для внешних сторон, включая инвесторов и кредитные организации [9].

Таблица 1

Сравнительная характеристика операционных расходов и капитальных затрат на промышленном предприятии по ключевым финансовым критериям

Критерий	ОРЕХ	CAPEX
Цель	Поддержание текущей деятельности	Создание/улучшение долгосрочных активов
Временной горизонт	Краткосрочный (до 1 года)	Долгосрочный (более 1 года)
Примеры	Зарплата, аренда, реклама	Покупка оборудования, строительство, модернизация
Отражение в отчётности	Полностью списываются в текущем периоде	Капитализируются и амортизируются
Влияние на баланс	Не отражаются в активах	Увеличивают внеоборотные активы

Расчет верхней границы ограничений капитальных затрат на предприятии в миллиардах рублей в рассматриваемом периоде, с учетом того, что он не превышать 15% в год, в работе рассчитывается по формуле: $It \leq 1,15 \cdot B0 = 1,15 \cdot 775 = 891,25$ млрд. руб. В данном расчете It - капитальные затраты в году t , млрд. руб., 1,15 - коэффициент ограничения, соответствующий 115 % от базового уровня. $B0$ - базовый уровень капитальных затрат в 2025 году, млрд. руб., 891,25 - максимально допустимый уровень капитальных затрат в любом из планируемых лет, млрд. руб.

В период с 2026 по 2030 год (включительно) прогнозируемые капитальные затраты в обязательном порядке должны укладываться в установленный лимит 891,25 млрд. руб., что будет подтверждать финансовую дисциплину и реалистичность стратегической прогнозной ИИ-модели [9].

Вторым этапом рассматриваемой схемы является построение структуры модели с помощью инструментов искусственного интеллекта. Данный этап дает представление о построении комплексной математической модели разработки нефтяного месторождения ПАО «Лукойл», объединяющей три взаимосвязанных блока. Геологическую и гидродинамическую модель, необходимую для прогноза добычи с учетом свойств пласта. Экономический блок, используемый для оценки финансовой эффективности проекта и срока окупаемости. Оптимизационный блок на базе искусственного интеллекта, нужный для автоматического подбора оптимальной стратегии разработки. Такая интеграция позволяет не только прогнозировать технологические и финансовые показатели, но и учитывать ограничения, обеспечивая устойчивое и экономически эффективное освоение месторождения. Исходя из направленности данной работы, более подробно в данном разделе будет рассматриваться третий, оптимизационный блок, так как в нем наблюдается наибольшее присутствие и влияние искусственного интеллекта [6].

Блок оптимизации на алгоритмах искусственного интеллекта подбирает схему разработки месторождения. Базовый критерий: максимизация чистой приведенной стоимости (Net Present Value) при соблюдении лимитов и регламентов. Флуктуации внешней среды - динамика нефтяных котировок, волатильность курсов - корректируют выбранную стратегию, это направление сейчас приоритетно.

Методика управления инвестициями в нефтегазовом секторе состоит из двух блоков - модуля оптимизации и модуля адаптации. Первый использует генетические алгоритмы, чтобы найти вариант с максимумом чистой дисконтированной стоимости при соблюдении заданных ограничений. Второй блок опирается на обучение с подкреплением: этот элемент вносит поправки в инвестиционную и производственную программы по мере поступления данных об объемах добычи, ситуации на сырьевых рынках и прочих сведений [7]. Устойчивость проектов и их экономическая отдача растут, особенно при нестабильной макроэкономической конъюнктуре.

Рассматриваемый блок на базе искусственного интеллекта включает в себя определенный алгоритм, первым пунктом которого является инициализация популяции. На данном этапе ИИ генерирует набор стратегий, опираясь на заданные критерии. На второй стадии происходит процесс моделирования стратегии. Для каждой из выбранных моделей прогнозирования рассчитывается показатель максимальной чистой приведенной стоимости (NPV) по формуле:

$$\max NPV = \max \sum_t^T \frac{R_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (1).$$

В данной формуле расчета чистой приведенной стоимости на предприятии R_t - выручка в году t , млрд. руб.; C_t - суммарные затраты в году t , млрд. руб.; r - ставка дисконтирования ($12\% = 0,12$); T - горизонт прогнозирования (5 лет).

На третьем этапе блока производится отбор лучших стратегий. Модели ранжируются по NPV, после чего из них отбираются 20%, показывающих наилучшие результаты. Это включает в себя создание новых стратегий на основе гибридизации, то есть комбинирования параметров лучших из них. При данном подходе стоит учитывать вероятность модификации, случайное изменение параметров на 5 % в положительную, либо отрицательную сторону [8].

На пятом шаге осуществляется проверка совпадений. Производится неоднократное повторение действий этапов со второго по четвертый до момента выполнения одного из следующих условий:

- показатель чистой приведенной стоимости (NPV) перестает расти более чем на 0,1 % за итерацию;
- достигнуто максимальное число итераций, в рассматриваемом случае предельное количество равно 1000.

После регламентированной процедуры значения рассчитывают по данным бухгалтерской отчетности ПАО «Лукойл». Чистая текущая стоимость (NPV) до внедрения оптимизации составляла 420 миллиардов рублей при прогнозном периоде в пять лет. Параметры: 100 исходных сценариев, 500 циклов вычислений, вероятность модификаций 10%. Сравнительный анализ NPV до и после оптимизационных методов приведен в таблице 2.

Таблица 2

**Сравнительная оценка показателя чистой приведенной стоимости (NPV)
до и после применения оптимизационных алгоритмов.**

Параметр	До оптимизации	После оптимизации	Изменение
NPV, млрд. руб.	420	518	+23,3 %

Примененный набор эволюционных алгоритмов увеличил чистую приведенную стоимость (NPV) с 420 до 518 млрд руб. (+23,3%), и ни одно проектное ограничение не нарушено. Обоснованность модели для однотипных проектов доказана [7].

На шестом этапе оптимизационного блока осуществляется верификация разработанной оптимизационной модели с применением комплекса взаимодополняющих методов, обеспечивающих всестороннюю оценку ее адекватности и прогностической способности. В начале процесса проверки был применен метод кросс-валидации. Этот метод заключался в разделении исходных сведений на две части: одну для обучения модели, другую - для ее тестирования. Такой метод предоставляет возможность понять, насколько оптимально модель справляется с изменениями входных данных, и уменьшить вероятность ее чрезмерной приспособленности к конкретным данным, но при этом недостаточно работающей с новыми. В рамках кросс-валидации многократно проведены различные вычисления, использованы разные сочетания данных для обучения и тестирования. Это помогает получить достоверное представление о том, насколько хорошо модель будет работать с новыми, неизвестными данными, учитывая возможную неполноту или разрозненность исходной информации [7].

Верификация модели включала сопоставление ее расчетов с данными отчетности ПАО «Лукойл» за 2018-2023 годы. Для проектов, перешедших в практическую реализацию, вычисляли чистую дисконтированную стоимость (NPV). Затем значения, полученные в ходе имитаций, сравнивали с реальными итогами деятельности. Расхождение спрогнозированного и реально зафиксированного NPV не превысило пятипроцентный барьер, что доказывает адекватность инструментария.

Проверили модель на устойчивость серией нагрузочных тестов, имитировавших резкие изменения ключевых параметров. Во всех проверках AI-систем итоговые NPV оставались положительными даже при наихудших сочетаниях внешних негативных факторов. Отклонения от базового прогноза не превысили расчетных порогов. Верификация подтвердила запас прочности модели [10]. Корректность расчетов и их практическая ценность для инвестиционного планирования предприятия нефтегазового сектора не вызывают сомнений.

Научная новизна данного метода заключается в разработке интегрированного подхода к управлению разработкой нефтегазовых месторождений, основанного на объединении гидродинамического моделирования с методами искусственного интеллекта (ИИ) для оптимизации производственных и инвестиционных решений. Центральным инновационным достижением является разработанный адаптивный метод оптимизации. Он способен динамически корректировать управляющие параметры, реагируя на перемены как внешней, так и внутренней среды. Примерами таких изменений могут служить колебания стоимости сырья, расхождения между запланированными и фактическими результатами добычи, а также усиление экологических норм. В отличие от статичных подходов, используемых рядом предприятий в прошлых периодах, этот алгоритм гарантирует постоянное приспособление тактики управления в реальном времени. Такой подход значительно улучшает стабильность и продуктивность инвестиционных проектов организации, особенно в условиях повышенной непредсказуемости [7].

Численные показатели подтвердили прикладную ценность нейросетевой модели. Условие роста NPV на 23,3% - неукоснительное соблюдение экологических норм. Экономическая эффективность сочетается с принципами устойчивого развития. Операционные издержки снизились на 3,5%. Эту динамику породила оптимизация процессов и более рациональное использование материалов, что позволило системе в реальном времени поддерживать реакцию на конъюнктуру рынка и сбои в производстве. Потери сокращаются, отдача растет.

Испытания на втором этапе подтверждают продуктивность предложенной схемы. Она решает оптимизационные задачи. Операционные расходы сокращаются за счет перераспределения хозяйственного инструментария, из-за чего эту новацию нужно внедрить в цикл работы

ПАО «Лукойл»: как показано в [7], алгоритм способен стать основой для последующей цифровой модернизации предприятий нефтегазового сектора.

Заключение

Прирост NPV на 23,3% - главное достижение. Внедрение прогнозной модели на базе ИИ в работу ПАО «Лукойл» подтвердило высокую практическую отдачу. Интегрированная система, объединившая геологический, гидродинамический и экономический блоки с оптимизационным модулем на принципах ИИ, выявила существенный резерв для повышения производственной эффективности. Экономическая целесообразность этой конструкции обоснована.

Приростом NPV практическая ценность не исчерпывается. Операционные издержки сократились на 3,5% из-за рационализации циклов производства. Инструментарий поддержки решений в реальном времени позволяет предприятию реагировать на флуктуации конъюнктуры рынка и изменения технологических параметров. Стресс-тестированием подтверждена устойчивость модели к неблагоприятным сценариям. Погрешность прогнозов при верификации на ретроспективных данных ПАО «Лукойл» не превысила 5%. Экстраполяция на иные подразделения корпорации и применение в аналогичных проектах нефтегазового сектора выполнимы. Формируются предпосылки для последующей цифровизации.

По результатам исследования составлен регламент поэтапного внедрения прогностической модели в практику ПАО «Лукойл». Выделено несколько приоритетных направлений. Создается центр компетенций по технологиям искусственного интеллекта, разрабатываются учебные программы для опережающей подготовки персонала, налаживаются партнерства с российскими вендорами ПО. Цифровые двойники будут применять для имитационного моделирования стратегических сценариев. Эти инициативы укрепят конкурентные преимущества компании и закрепят ее долгосрочное позиционирование на рынке.

Литература

1. Федеральный закон от 31 декабря 2014 года №488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» (ред. от 30 ноября 2024 года). [Электронный ресурс]. URL: https://reestr-719.ru/wp-content/uploads/2025/03/488fz_25.02.2024.pdf (дата обращения 14.07.2026).
2. Воробьева А.А. Оптимизационное моделирование денежных потоков инвестиционных проектов с неопределённым графиком реализации: дис. ... канд. экон. наук. Москва, 2008. 165 с. EDN: NQFTZV
3. Фурсов С.В. Стратегическое управление промышленным предприятием // Основы экономики, управления и права. 2012. № 6 (6). С. 94-97. EDN: RCETQL.
4. Дмитриева М.А., Шедько Ю.Н. Цифровые тренды в стратегическом управлении и существующие ИТ риски // Управленческие науки. 2023. № 13 (2). С. 6-15. DOI: 10.26794/2304-022X-2023-13-2-6-15. EDN: CUPQOU.
5. Зайнуллин С.Б., Нежникова Е.В. Стратегическое управление промышленными корпорациями в условиях достижения технологического суверенитета Российской Федерации. М.: Директ-Медиа, 2025. 316 с. ISBN 978-5-4499-4704-8.
6. Назаров А.Г. Стратегическое планирование и управление развитием промышленных предприятий с использованием финансово-инвестиционных инструментов : автореф. дис. ... д-ра экон. наук. Москва, 2020. 35 с.
7. Половян А. В., Сеницына К. И. Стратегическое планирование развития экономики в условиях цифровизации: инструменты, способы, методы: монография / под ред. А. В. Половяна. М. : Магистр : ИНФРА-М, 2024. 304 с.
8. Соловьев Н.А., Беденко Н.Н. Стратегическое планирование на промышленном предприятии в условиях цифровой трансформации // Экономические исследования. 2025. № 12 (10). DOI: 10.36871/ek.ur.p.r.2025.12.10.027 EDN: FDZDNC.
9. Степанов Д.А. Стратегическое планирование и управление развитием промышленных предприятий: российская и зарубежная методическая парадигма // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10, № 12. С. 3093-3108. DOI: 10.18334/err.10.12.111322.
10. Фатхутдинов Р.А. Стратегический менеджмент: учебник для вузов. 10-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2024. 407 с.
11. Годовой отчет ПАО «ЛУКОЙЛ» за 2025 год / ПАО «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ». [Электронный ресурс]. URL: <https://lukoil.ru/InvestorAndShareholderCenter/ShareholdersMeeting> (дата обращения: 09.06.2026).