

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "МИРЭА - Российский
технологический университет"

На правах рукописи



Козлов Ярослав Владимирович

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Специальность 5.2.6. Менеджмент

Нижний Новгород — 2025

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» на кафедре информатики Института кибербезопасности и цифровых технологий

Научный руководитель: доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет»
Митяков Евгений Сергеевич

Официальные оппоненты: **Гарнов Андрей Петрович**
доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», кафедра мировых финансовых рынков и финтех, профессор

Шинкевич Алексей Иванович
доктор экономических наук, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», кафедра логистики и управления, заведующий кафедрой

Ведущая организация **ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск)**

Защита состоится «17» сентября 2025 года в 15.00 на заседании диссертационного совета 24.2.340.10, созданного на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», по адресу: 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, 2 к., Зал научных демонстраций.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» и на сайте организации: <http://diss.unn.ru>.

Автореферат разослан «09» июня 2025 года

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат экономических наук, доцент



Ю. А. Макушева

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Вектор трансформации управленческих подходов в производственной сфере России в значительной степени определяется национальным проектом «Цифровая экономика» и федеральным проектом «Искусственный интеллект», которые задают направления для развития цифровых производств и интеграции передовых технологий искусственного интеллекта в экономику и управление. Современные производственные системы сталкиваются с новыми вызовами, связанными с цифровой трансформацией и необходимостью повышения эффективности управления в условиях глобальной конкуренции. Внедрение технологий искусственного интеллекта становится неотъемлемой частью этого процесса, обеспечивая автоматизацию, обработку данных и принятие решений в реальном времени.

Современные подходы к управлению производственными системами часто не соответствуют требованиям постоянно возрастающей сложности и динамичности производственных процессов. Интеграция инновационных технологий — таких, как искусственный интеллект — становится ключевым фактором для оптимизации управленческой деятельности. Эти технологии способствуют снижению затрат, повышению качества продукции и укреплению конкурентоспособности на рынке.

Таким образом, в настоящее время существует острая потребность в разработке новых моделей управления, адаптированных к условиям цифровой трансформации, а также в создании процедур, обеспечивающих непрерывное и адаптивное управление с использованием систем искусственного интеллекта. Одной из важных задач также является разработка методов оценки эффективности управления и диагностики производственных систем, что позволит повысить устойчивость и гибкость их функционирования.

В связи с вышеизложенным в настоящее время существует настоятельная необходимость в разработке новых моделей управления, адаптированных к условиям цифровой трансформации. Создание процедур, обеспечивающих непрерывное и адаптивное управление с использованием искусственного интеллекта — а также методов оценки эффективности управления и диагностики производственных систем — становится важным шагом к повышению их устойчивости и гибкости функционирования. Таким образом, данное исследование направлено на заполнение существующего пробела в научной литературе и практическом управлении, что подтверждает его актуальность.

Степень разработанности темы диссертации. В последнее время в специализированной научной литературе наблюдается стабильное увеличение интереса к проблемам управления производственными системами. Вопросы улучшения методологических основ управления такими системами освещены в исследованиях

Методологические основы управления производственными системами освещены в работах Л. И. Абалкина, А. Г. Аганбегяна, Р. Акоффа, А. И. Балашова, А. А. Богданова, М. А. Вайкока, Дж. Вумека, А. П. Гарнова, А. К. Гастева, В. П. Кузнецова, Т. Оно, Г. Ф. Орентлихера, А. Смита, Р. Сури, Ф. Тейлора, Г. Форда, Г. Эмерсона и др.

Вопросам цифровизации экономических процессов посвящены труды В. В. Акбердиной, А. Г. Бездудной, А. А. Бурдиной, Н. Л. Володиной, А. В. Воронцовского, И. Г. Головцовой, И. Л. Гончарова, Л. М. Гохберга, И. Г. Ершовой, Е. Б. Ленчук, В. Л. Макарова, Е. А. Малышева, Н. Н. Ползуновой, Е. А. Пискун, С. Н. Сильвестрова, Ю. В. Трифонова, О. В. Трофимова, М. А. Эскиндарова, С. Н. Яшина, Н. И. Яшиной и т. д.

Разработка методологии и методов управления производственными системами различных иерархических уровней отражена в работах И. В. Балахоновой, Е. Ю. Беловой, Р. Я. Вакуленко, Г. Б. Клейнера, Ю. А. Ковальчук, Д. А. Корнилова, Д. Н. Лапаева, В. К. Мизюна, Е. С. Митякова, А. Ф. Плехановой, С. Г. Фалько, А. В. Шмидта, Ф. Ф. Юрлова.

Вопросам применения систем искусственного интеллекта в управлении посвящены работы Е. И. Аксеновой, И. В. Васеева, Н. В. Городновой, П. Джудичи, К. В. Екимовой, Р. Клауберга, Д. Ф. Люггера, В. Г. Найренко, Е. В. Осадчука, А. А. Пороховского, А. С. Славянова и др.

Упомянутые авторы внесли существенный вклад в теорию и практику управления производственными системами. Однако, по нашему мнению, существующие научные труды не в полной мере раскрывают проблемы, связанные с созданием эффективных методов управления производственными системами в период цифровой трансформации. В частности, недостаточно отражены вопросы использования системы искусственного интеллекта для поддержки принятия управленческих решений производственных системах.

Объектом исследования являются производственные системы как кибернетические системы взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов производственного процесса.

Предметом исследования выступают модели и процедуры управления производственными системами, основанные на использовании систем искусственного интеллекта.

Цель исследования заключается разработке и обосновании подходов к управлению производственными системами с использованием искусственного интеллекта.

Для достижения цели исследования в рамках диссертации решены следующие **задачи по разработке**:

1. Концептуальной модели управления производственными системами в условиях цифровой трансформации.
2. Классификации систем искусственного интеллекта в задачах управления производственными системами.
3. Процедур непрерывного управления производственными системами с использованием технологий искусственного интеллекта.
4. Модели диагностики производственных систем с использованием искусственного интеллекта.
5. Методики комплексной оценки эффективности управления производственной системой.

Теоретическая и методологическая основа диссертации включает ключевые концепции, связанные с управлением производственными системами, цифровой трансформацией и искусственным интеллектом. Для достижения поставленной цели применены системный и кибернетический подходы, методы системного анализа, приемы экономико-статистического и историко-логического моделирования.

Информационной основой исследования выступали нормативно-правовые акты, отчеты производственных компаний, публикации в периодических изданиях российских и иностранных ученых, официальные веб-ресурсы, а также результаты авторских экспериментов и расчетов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в решении научной задачи по разработке подходов к управлению производственными системами, отличающихся использованием современных систем искусственного интеллекта, интеграцией концептуальных моделей и адаптивных процедур управления, а также новыми методиками оценки эффективности в условиях цифровой трансформации.

Наиболее существенные результаты, обладающие научной новизной исследования, заключаются в следующем:

1. *Разработана* концептуальная модель управления производственными системами в условиях цифровой трансформации.

Модель включает три взаимосвязанных блока: анализ и формализация для выявления ключевых факторов производственной деятельности, прогнозирование для оценки будущих изменений и цифровую экосистему для оперативной поддержки принятия решений. Авторская модель *отличается* от существующих тем, что интегрирует экспертные знания с искусственным интеллектом и акцентирует внимание на оперативной поддержке принятия решений, что *позволяет* повысить скорость и точность реакции на изменения в производственной системе (стр. 53–60).

2. *Предложена* классификация систем искусственного интеллекта в задачах управления производственными системами, которая *позволяет* выбирать и применять подходящие технологии в зависимости от конкретных потребностей и требований производственных систем. В рамках классификации системы искусственного интеллекта разделены по следующим основаниям: степени автономности, степени автоматизации, архитектурному принципу, сфере применения, функциям в контуре управления, специализации систем, комплексности и сложности систем, методам обработки информации, типу решаемых задач. *В отличие от существующих*, авторская классификация предлагает оригинальный подход к группировке различных систем искусственного интеллекта в задачах управления производственными системами, что *облегчает* их практическое использование (стр. 60–69).

3. *Разработана* процедура управления производственной системой, обеспечивающая циклическое непрерывное управление производственными процессами с использованием технологий искусственного интеллекта. *В отличие от существующих решений*, процедура использует технологии искусственного интеллекта на каждом этапе производственного цикла, что *позволяет* оптимизировать производственные процессы в реальном времени, повысить эффективность системы, снизить затраты и улучшить качество продукции благодаря автоматизированной аналитике (стр. 70–75).

4. *Предложена* модель диагностики производственных систем с использованием технологий искусственного интеллекта. Применение модели на практике *позволяет* решать задачи автоматизации производственных бизнес-процессов, увеличения скорости анализа и оперативного реагирования, прогнозирования управляющих параметров, принятия управленческих решений, снижения затрат времени и ресурсов. *Отличительной особенностью* авторской модели выступает интеграция многоуровневого анализа данных и механизма обратной связи, что обеспечивает динамическую адаптацию управленческих решений в режиме реального времени и на основе исторических данных (стр. 77–83).

5. *Разработана* методика комплексной оценки эффективности управления производственными системами. В рамках методики предложена система показателей для оценки эффективности управления производственными системами, включающая пять проекций (динамика, финансы, ресурсы, инновации и цифровое развитие). Методика предполагает этапы выбора показателей, сбора информации, нормализации данных, вычисления и анализа динамики интегральных индексов эффективности управления производственными системами и *отличается* включением показателей цифровизации и использования искусственного интеллекта в производственных системах. Это *позволяет* проводить всестороннюю оценку эффективности управления, выявлять оптимальные направления для его улучшения, сравнивать вклад отдельных проекций в общую оценку производственной системы и отслеживать интегральные тенденции ее развития в динамике (стр. 83–104).

Теоретическая значимость диссертации проявляется в том, что ее ключевые идеи и разработки способствуют совершенствованию теории менеджмента производственных систем — особенно в контексте формирования эффективных подходов к управлению с применением искусственного интеллекта.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения предложенных методических рекомендаций и теоретических разработок для управления производственными системами в условиях цифровой трансформации. Разработанные подходы позволяют руководству производственных систем принимать обоснованные научные управленческие решения при оценке уровня управления с применением систем искусственного интеллекта.

Соответствие паспорту специальности ВАК. Работа выполнена в соответствии с паспортом научной специальности 5.2.6. «Менеджмент» в направлении исследований: п. 5. Разработка теории и методов принятия решений в экономических и социальных системах. Системы искусственного интеллекта для поддержки принятия управленческих решений; п. 17. Управление операциями. Управление производственными системами. Управление операционной эффективностью предприятия и организации; п. 26. Управление организацией в контексте цифровой трансформации. Стратегии и методы цифровой трансформации бизнеса.

Апробация результатов диссертационного исследования. Результаты диссертации получили апробацию в Нижегородском

региональном отделении Вольного экономического общества России, ООО «Лазер-НН Металлообработка», АО «Метрогипротранс», а также в образовательном процессе в ФГБОУ ВО «МИРЭА — Российский технологический университет».

Ключевые положения и результаты диссертационного исследования были обсуждены и одобрены на международных и всероссийских научно-практических конференциях, включая: «Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике» (г. Москва, РТУ МИРЭА, 2019), «Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций» (г. Нижний Новгород, НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2023), «Электротехника, системы автоматизации и управления (теория и практические приложения)» (г. Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023), «Человек — семья — общество — государство — бизнес: формирование образа будущего России» (г. Москва, НЧОУ ВО «МИЭПП», 2024), «Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы», (г. Нижний Новгород, НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2024), «Конференция молодых исследователей в области электротехники и электроники (2025 ElCon)» (г. Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 28-29 января 2025 года).

Публикации. В рамках диссертационного исследования опубликовано 16 научных трудов общим объемом 6,85 п. л., из которых авторский вклад составляет 5,1 п. л. Среди них 8 статей опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, включенных в список ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

Структура диссертации обусловлена целью, задачами и логикой проведения научного исследования. Диссертационная работа изложена на 149 страницах компьютерного текста, состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка из 240 источников, (в том числе зарубежных), приложений на 2 страницах, содержит 13 таблиц и 13 рисунков.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Концептуальная модель управления производственными системами в условиях цифровой трансформации.

Производственная система представляет собой сложную кибернетическую систему, являющуюся комплексным объектом, объединяющим взаимосвязанные технические и организационные элементы, которые взаимодействуют для достижения общих целей

производственной деятельности и функционируют как единое целое с целью производства продукции или предоставления услуг.

В настоящее время, в условиях динамично меняющейся среды функционирования производственных систем и роста неопределенности, возникает потребность в структурированном подходе к управлению такими системами. В связи с этим в диссертации разработана авторская концептуальная модель управления производственными системами, представленная на рис. 1, которая включает три основных блока: анализ и формализацию, прогнозирование, цифровую экосистему.

Первый блок направлен на анализ текущего состояния производственных систем и формализацию данных, необходимых для последующих этапов управления. Второй блок, прогнозирование, ориентирован на моделирование будущего состояния производственных систем. Третий блок, цифровая экосистема, играет ключевую роль в оперативной поддержке принятия решений.

Авторская модель предполагает *гибридный подход*, в котором управленческие решения принимаются как специалистами, так и системами на базе искусственного интеллекта. Такой симбиоз позволяет объединять экспертные знания с высокими вычислительными возможностями технологий искусственного интеллекта, учитывать человеческий фактор и точные аналитические данные, основанные на объективных показателях, моделях и алгоритмах.

Интеграция программных решений в контексте управления производственной системой осуществляется посредством единой цифровой платформы со стандартизированными интерфейсами взаимодействия. При этом системы искусственного интеллекта анализируют и обрабатывают данные для выработки управленческих решений — в то время, как база знаний аккумулирует структурированные данные и аналитические отчеты, что способствует поддержанию процесса принятия решений и оптимизации производственных процессов.

Авторская модель отличается от существующих тем, что она интегрирует экспертные знания с системами искусственного интеллекта, придавая особое значение оперативной поддержке принятия решений в реальном времени, что позволяет более точно и быстро реагировать на изменения в производственной среде и улучшает адаптивность управления в условиях неопределенности.

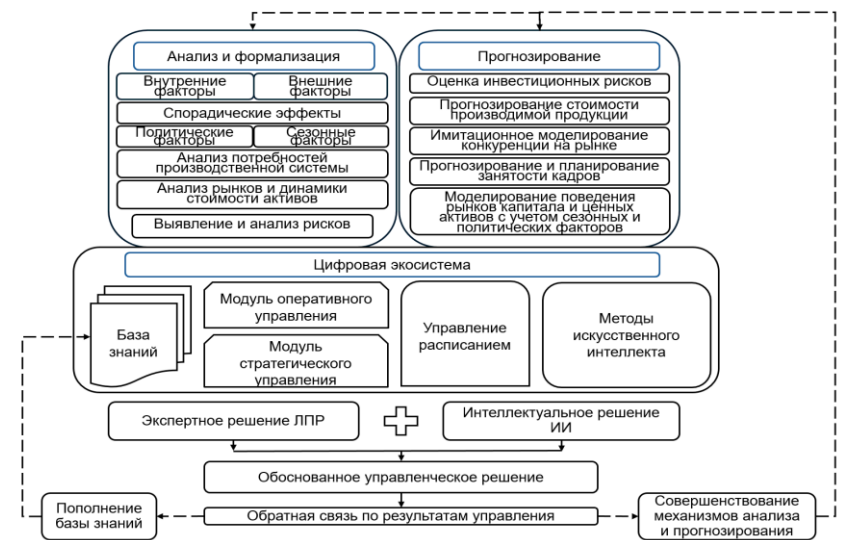


Рисунок 1. Модель управления производственными системами в условиях цифровой трансформации
Источник: составлено автором

Результатом реализации представленной модели является набор количественно обоснованных и верифицированных с применением искусственного интеллекта управленческих решений, которые учитывают ключевые факторы производственной деятельности, прогнозируют будущие изменения и обеспечивают оперативную поддержку управления в условиях неопределенности.

2. Классификация систем искусственного интеллекта в задачах управления производственными системами

В рамках диссертационного исследования предложена авторская классификация систем искусственного интеллекта в задачах управления производственными системами (табл. 1). Классификация разработана на основе национального стандарта РФ «Классификация систем искусственного интеллекта» (ГОСТ Р 59277-2020). Основное внимание уделено тем технологиям и критериям, которые наиболее часто применяются в производственной сфере. Каждая позиция классификации может быть дополнительно детализирована как в соответствии с существующими стандартами, так и в соответствии с устоявшейся практикой.

Таблица 1. Классификация систем искусственного интеллекта в задачах управления производственными системами

Классы	Потребности и задачи менеджмента	Пример использования
1. По степени автономности		
1.1. Автономные системы	Снижение операционных затрат, минимизация ошибок	Автономные роботы для транспортировки сырья
1.2. Встроенные системы	Управление оборудованием для улучшения стабильности и качества	Встроенные контроллеры для регулирования производства
1.3. Гибридные системы	Совмещение автоматики и ручного контроля	Гибридная система: человек контролирует сложные операции
2. По степени автоматизации		
2.1. Автоматизированные системы	Увеличение производительности за счет автоматизации процессов	Автоматизированная сборка компонентов, что сокращает время на производство
2.2. Автоматические системы	Исключение человеческого фактора для повышения качества и стабильности	Автоматическая система дозирования химических веществ
3. По архитектурному принципу		
3.1. Централизованные системы	Упрощение управления и оптимизация процессов для повышения эффективности	Единая система управления всеми производственными линиями
3.2. Распределенные системы	Гибкость и масштабируемость управления	Система распределенного управления для нескольких заводов
4. По сфере применения		
4.1. Логистика	Оптимизация логистических процессов	ИИ для планирования оптимальных маршрутов доставки
4.2. Качество и контроль производства	Автоматизация контроля качества	Компьютерное зрение для проверки дефектов на производственной линии
4.3. Энергетика и ресурсосбережение	Экономия ресурсов и сокращение затрат на энергопотребление	Система оптимизации энергопотребления в периодах низкой загрузки
5. По функциям в контуре управления		
5.1. Системы с обратной связью	Поддержание стабильных условий процесса	Система поддержания давления в технологических процессах
5.2. Системы реального времени	Мгновенная реакция на изменения	Управление процессами производства в реальном времени
5.3. Адаптивные системы	Подстройка под изменяющиеся условия	Настройка оборудования в зависимости от характеристик сырья для повышения эффективности
5.4. Системы идентификации и диагностики	Быстрое выявление проблем для снижения времени простоя и затрат на ремонт	Система диагностики, позволяющая сократить расходы на техническое обслуживание
5.5. Системы принятия решений	Ускорение принятия решений на основе данных	ИИ для оптимизации параметров производства
5.6. Системы прогнозирования	Прогнозирование тенденций для повышения планируемости и снижения рисков	Прогнозирование сроков выполнения заказов

Классы	Потребности и задачи менеджмента	Пример использования
6. По специализации систем		
6.1. Экспертные системы (управление знаниями)	Поддержка принятия решений на основе опыта	Принятие решений в кризисных ситуациях
6.2. Системы компьютерного зрения	Повышение качества продукции и снижение издержек на контроль	Выявление дефектов на конвейере
6.3. Промышленные роботы	Автоматизация рутинных операций	Промышленные роботы для сборки автомобилей
7. По комплексности и сложности систем		
7.1. Многоагентные системы	Оптимизация взаимодействия между компонентами системы для повышения эффективности	Управление взаимодействием роботизированных станций
7.2. Системы «Большие данные»	Анализ больших объемов данных для принятия обоснованных решений	Анализ данных для предсказания поломок, что минимизирует затраты на ремонт
7.3. Промышленный интернет вещей	Улучшение мониторинга и управление оборудованием для повышения эффективности	IoT-система для мониторинга состояния станков в реальном времени
7.4. Распределенные системы управления	Эффективное управление удаленными объектами	Система для управления несколькими удаленными производственными площадками
8. По методам обработки информации		
8.1 Методы машинного обучения	Оптимизация процессов на основе анализа данных для повышения эффективности	Использование машинного обучения для прогнозирования поломок оборудования
8.2 Эволюционные и генетические алгоритмы	Поиск оптимальных параметров процессов для повышения производительности	Применение генетических алгоритмов для оптимизации производственных процессов
8.3 Статистические и вероятностные методы	Принятие решений на основе анализа данных	Прогнозирование отказов оборудования
9. По типу решаемых задач		
9.1 Планирование и оптимизация	Эффективное распределение ресурсов для снижения затрат и повышения прибыли	Система планирования производственных мощностей
9.2 Мониторинг и управление	Обеспечение контроля за процессами для минимизации рисков и убытков	Система мониторинга состояния оборудования для предотвращения аварий и простоев
9.3. Анализ и прогнозирование	Прогнозирование и анализ данных для повышения стратегической гибкости	Прогнозирование спроса на продукцию для улучшения планирования производственных мощностей

Источник: составлено автором

Следует отметить, что представленные в таблице 1 основания классификации не являются взаимоисключающими. Выбор системы искусственного интеллекта для решения конкретной производственной задачи может осуществляться с учетом нескольких аспектов одновременно. Классификация систем искусственного интеллекта открывает возможность для разработки механизмов и процедур управления производственной системой с применением искусственного интеллекта. Важно отметить, что предложенная классификация может быть адаптирована под конкретные задачи управления предприятиями на разных стадиях цифровой трансформации.

3. Процедура управления производственной системой на основе систем искусственного интеллекта

В диссертации предложена циклическая процедура управления производственной системой, которая представляет собой цикличную систему управления производственной системой на основе систем искусственного интеллекта (рис. 2). На каждом этапе производственного цикла внедрение систем ИИ обеспечивает улучшение качества принятия решений.



Рисунок 2. Процедура управления производственной системой на основе систем искусственного интеллекта

Источник: составлено автором

Процедура базируется на применении различных систем и методов искусственного интеллекта для обеспечения оптимизации производственных процессов, что делает их более гибкими, эффективными и устойчивыми к

изменениям. Цикл формирует непрерывный процесс оптимизации за счет постоянного сбора и анализа данных, что позволяет оперативно выявлять проблемы, адаптироваться к изменениям в производственной среде и вносить необходимые корректировки в процессы.

Процедура была внедрена в практическую деятельность ООО «Лазер-НН» – предприятия, специализирующегося на производстве металлических изделий «под ключ» для организаций машиностроительной отрасли. Пример применения данной процедуры на предприятии отражен в таблице 2.

Таблица 2. Этапы управления производственной системой

Этап	Назначение	Внедрение систем искусственного интеллекта	Пример апробации процедуры на примере ООО «Лазер-НН Металлообработка»
Сбор данных	Систематизация информации о производственных процессах и ресурсах	Автоматический сбор данных с помощью ИИ	Мониторинг износа и работы станков
Проектирование	Разработка моделей и выбор оптимальных процессов и технологий	Моделирование производственных сценариев с использованием ИИ	Создание цифровой модели производственного процесса
Оптимизация	Повышение эффективности процессов, снижение затрат и минимизация потерь	Алгоритмы ИИ для нахождения оптимальных процессов	Оптимизация процессов резки
Управление качеством	Обеспечение качества продукции и процессов через стандарты и процедуры	Анализ данных о качестве и автоматический контроль через ИИ	Выявление дефектов продукции на ранних стадиях производства
Автоматизация	Внедрение автоматизированных технологий для повышения эффективности	Использование ИИ для управления производственными процессами	Автоматизация некоторых этапов обработки изделий с использованием роботизированных станков
Мониторинг	Непрерывное отслеживание процессов для выявления проблем и оценки эффективности	Анализ данных в реальном времени	Отслеживание параметров работы оборудования в реальном времени
Проактивное управление	Вмешательство в процессы на основе анализа данных для предотвращения проблем	Использование ИИ для выявления аномалий и анализа трендов	Прогнозирование износа оборудования, планирование техобслуживания

Источник: составлено автором

4. Модель диагностики производственных систем с использованием технологий искусственного интеллекта.

На основе принципов ориентированности, системности, объективности и динамичности в диссертации разработана модель диагностики производственных систем с использованием технологий искусственного интеллекта. Схема модели представлена на рис. 3.

На вход модели подаются основные критерии экономической составляющей производства, благодаря которым выявляются проблемные места. Здесь искусственный интеллект применяет алгоритмы машинного обучения для анализа данных и определения областей, требующих оптимизации. Далее выбирается производственный процесс, подлежащий оптимизации. На следующем этапе определяются связанные бизнес-процессы и выбираются наиболее эффективные средства измерения показателей. Искусственный интеллект помогает автоматизировать сбор данных и прогнозирование, что обеспечивает высокую точность и достоверность результатов. Затем проводится оценка и контроль производственных процессов для прогнозирования изменений под воздействием внутренних и внешних факторов.

Структура хранения данных основана на анализируемых бизнес-процессах, а сопутствующие процессы выделены в отдельное хранилище. Таким образом, достигается эффект автоматизации управления за счет реализации мер цифровизации. Для более точного управления модель включает механизм обратной связи, который агрегирует результаты управленческих решений и их декомпозицию. Искусственный интеллект способствует пополнению базы знаний о сопутствующих процессах, улучшению подходов к идентификации проблем и развитию критериев управления производством (рис. 3).

Практическая реализация модели диагностики в ООО «Лазер-НН Металлообработка» позволила уменьшить простой оборудования на 4,3%, сократить время на выполнение заказов на 5,1%, а также разработать ряд рекомендаций по совершенствованию управления. Рекомендации включают пять основных направлений: цифровизацию, внедрение интеллектуальных алгоритмов анализа данных и систем поддержки принятия решений, наращивание кадрового потенциала, а также механизмов проактивного планирования и управления на основе обоснованных прогнозов.



Рисунок 3. Схема модели диагностики производственных систем
Источник: составлено автором

Отличительной чертой авторской модели диагностики является комплексный подход, который позволяет учитывать все аспекты управления. Искусственный интеллект интегрируется на этапе анализа, выявляя закономерности и зависимости в данных, что ускоряет процесс принятия управленческих решений.

5. Методика комплексной оценки эффективности управления производственными системами

В диссертации предложена методика комплексной оценки эффективности функционирования производственных систем в условиях цифровой трансформации. Эффективность управления может быть выражена в виде некоторого интегрального (обобщенного) индекса, составленного по разнообразным сферам функционирования производственной системы.

На *первом этапе* методики определяется набор показателей для оценки эффективности управления производственной системой. При этом список показателей должен быть гибким и адаптированным для экономических систем различной иерархии. В диссертации для оценки эффективности управления производственных систем в условиях цифровой трансформации были выбраны показатели, представленные в

таблице 3. Выбор показателей обосновывается необходимостью отражения специфики цифровых изменений. Это позволяет оценить адаптацию производственной системы к новым условиям, достигнутые результаты в улучшении эффективности, финансовой устойчивости, инновационном развитии, ресурсном обеспечении, темпах роста ключевых показателей производства — используя измеримые и сравнимые показатели на основе доступных данных.

Авторская система включает 15 индикаторов и 5 проекций (динамика, финансы, ресурсы, инновации и цифровое развитие). Важно учитывать, что некоторые показатели — такие, как интенсивность затрат на инновации — могут не отражать реальную картину для зрелых инновационных предприятий. В таком случае вместо искомого показателя может использоваться доля прибыли, полученная от внедренных инноваций. Таким образом, предложенная система поддается изменениям во времени в ответ на новые вызовы, угрозы или ориентиры развития. С учетом специфики анализируемого объекта могут добавляться другие проекции (например, экологические или социальные сферы). Отметим, что при соответствующей адаптации авторская система показателей может успешно трансформироваться для применения в различных социально-экономических системах.

На *втором этапе* осуществляется сбор данных по каждому из выбранных индикаторов. Данные могут включать финансовые отчеты, производственные мощности, затраты на инновации, показатели цифровой трансформации и другие релевантные данные, которые характеризуют текущее состояние производственной системы.

Поскольку показатели могут быть выражены в различных единицах измерения, на *третьем этапе* методики проводится нормализация данных. В диссертации в качестве нормализующей функции предлагается соотношение вида:

$$kn = \begin{cases} 2 \frac{t}{k} & \text{— для «максимизируемого» показателя эффективности,} \\ 2 \frac{k}{t} & \text{— для «минимизируемого» показателя эффективности.} \end{cases} \quad (1)$$

Используются следующие обозначения: t — целевое значение показателя, k — исходное значение показателя эффективности управления производственной системой, kn — показатель, полученный после нормировки данных. Выбор нормировочной функции (1) можно объяснить следующими обстоятельствами. Если $k = a$, то $kn = 1/2$ (середина отрезка $[0, 1]$). При других значениях k значение kn будет ниже или выше середины отрезка. Также в формуле (1) предусмотрено

использование так называемых «максимизируемых» и «минимизируемых» показателей. К росту общей эффективности производственной системы ведет увеличение первых и снижение вторых.

Таблица 3. Система показателей управления производственной системой предприятия в условиях цифровой трансформации

№	Показатель	Методика вычисления
Проекция «Динамика»		
1	Темп прироста объемов производства	Отгрузка продукции текущего года по отношению к предыдущему * 100 – 100, %
2	Темп прироста производительности труда	Производительность труда текущего года по отношению к предыдущему * 100 – 100, %
3	Темп прироста прибыли	Прибыль от реализации текущего года по отношению к предыдущему * 100 – 100, %
Проекция «Ресурсы»		
4	Степень износа основных фондов	Сумма амортизации по отношению к первоначальной стоимости основных фондов * 100, %
5	Инвестиции в основной капитал	Инвестиции по отношению к выручке * 100, %
6	Отношение зарплаты к средней по экономике (отрасли)	Среднемесячная зарплата в производственной системе по отношению к средней зарплате по экономике (отрасли) *100%
Проекция «Инновации»		
7	Внутренние затраты на исследования и разработки	Внутренние затраты на исследования и разработки по отношению к выручке * 100, %
8	Интенсивность затрат на инновации	Затраты на инновации по отношению к выручке * 100, %
9	Доля инновационной продукции	Выручка от продаж инновационной продукции по отношению к общей выручке от продаж * 100, %
Проекция «Финансы»		
10	Рентабельность продаж	Прибыль от продаж по отношению к выручке от продаж * 100, %
11	Коэффициент текущей ликвидности	Оборотные активы по отношению к краткосрочным обязательствам
12	Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	(Собственный капитал — внеоборотные активы) по отношению к оборотным активам
Проекция «Цифровые технологии»		
13	Использование цифровых технологий	Сумма баллов анкеты, 8 макс*
14	Использование отдельных ИТ-технологий	Сумма баллов анкеты, 5 макс*
15	Использование программных средств	Сумма баллов анкеты, 11 макс*

* Составляется на базе сведений об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг (форма N 3-информ)

Источник: составлено автором

На *четвертом этапе* для агрегированного анализа информации по различным проекциям управления производственной системы можно рассчитать интегральные индексы по каждой проекции:

$$K_i = \sum_{j=1}^m w_j kn_{ij}; \sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad (2)$$

где kn_{ij} – нормированный j -й индикатор i -й проекции показателей эффективности управления производственной системы, w_j — его весовой коэффициент, m – количество индикаторов в составе проекции.

Обобщенный индекс эффективности функционирования производственных систем можно рассчитать с помощью линейной свертки интегральных индексов по каждой проекции с учетом их значимости:

$$K = \sum_{i=1}^l s_i K_i; \sum_{i=1}^l s_i = 1, \quad (3)$$

где s_i – вес i -й группы факторов, l – количество проекций в системе показателей эффективности управления производственной системой.

На *пятом этапе* проводится анализ изменений интегральных индексов во времени, что позволяет оценить динамику развития производственной системы, выявить тенденции и ключевые области для улучшения.

Для повышения точности оценки эффективности управления на разных этапах цифровой трансформации методика предусматривает использование динамических весовых коэффициентов. Это позволяет учитывать специфику зрелых и начинающих предприятий, где показатели эффективности могут существенно различаться в зависимости от стадии цифровизации.

Приведем результаты апробации методики комплексной оценки эффективности управления производственными системами. Анализу подлежали производственные предприятия ООО «Метпром» (производитель инновационных изделий из металлов), ООО «ЛОЙМИНА» (производитель экологически чистых настенных покрытий премиум-класса) и АО «ДЗМО» (производитель медицинской техники для лечебно-профилактических учреждений страны). На рис. 4 приведена динамика обобщенных показателей по различным проекциям. На рис. 5 даны обобщенные индексы для рассматриваемых предприятий. При расчетах использовались равные весовые коэффициенты.

Анализ рис. 4 и 5 позволяет оценить эффективность работы предприятий по отдельным проекциям и в целом, выявить тенденции развития их производственной деятельности. На основании апробации методики можно предложить следующие управленческие решения для каждой организации. Для

ООО «Метпром» необходимо улучшить управление ликвидностью, увеличить инвестиции в модернизацию оборудования и активнее развивать инновации, включая цифровизацию. ООО «Лоймина» следует увеличить затраты на исследования, улучшить рентабельность и инвестировать в обновление основных фондов. АО «ДЗМО» важно стабилизировать производительность, усилить инновационную деятельность и обновить оборудование для снижения износа.

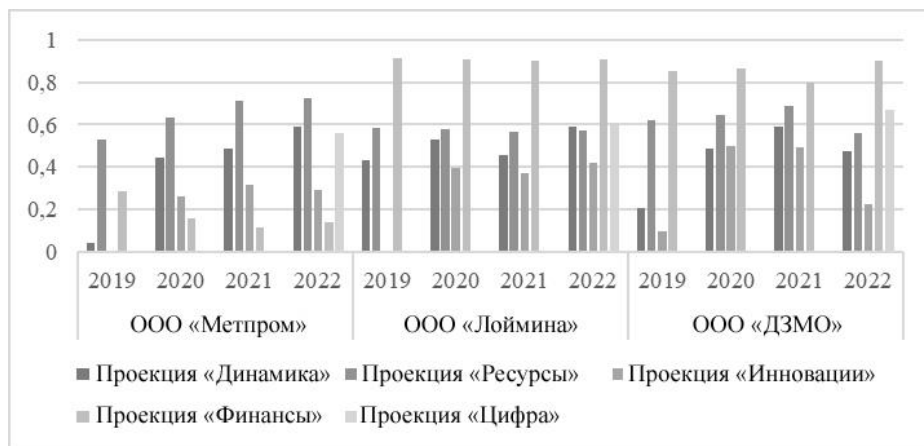


Рисунок 4. Динамика обобщенных эффективности индексов по проекциям
Источник: составлено автором

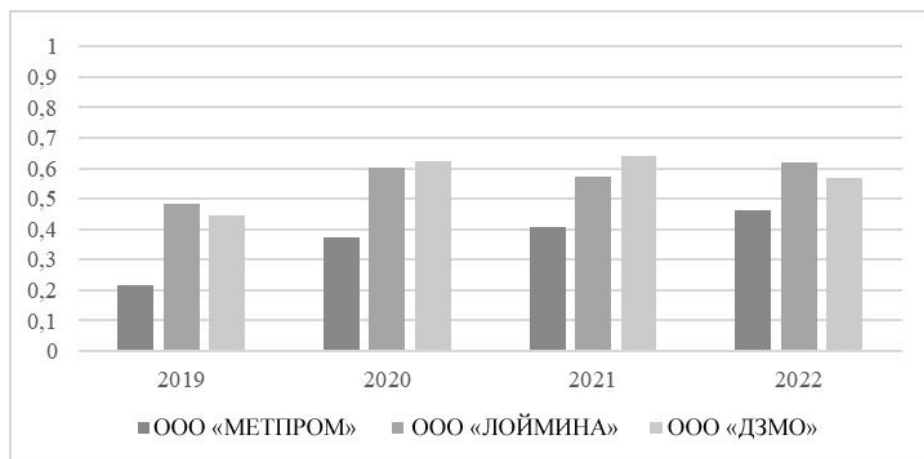


Рисунок 5. Динамика обобщенных индексов эффективности функционирования
производственных систем
Источник: составлено автором

На оси ординат рис. 4 и 5 представлена область допустимых значений показателей эффективности (от 0 до 1), где значения выше 0,5 указывают на положительную эффективность управления производственной системой, а значения ниже 0,5 свидетельствуют о необходимости оптимизации.

Применение авторской методики позволяет провести всестороннюю оценку эффективности управления, выявить оптимальные направления для его улучшения, сравнить различные проекции производственной системы и определить их относительный вклад в интегральную оценку эффективности управления производственной системой. Кроме того, методика позволяет выявить тенденции развития производственной системы и разработать конкретные рекомендации по оптимизации управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Функционирование производственных систем в условиях цифровой экономики и новых геополитических вызовов требует серьезной модернизации управленческих подходов. В данной диссертации разработаны новые подходы к управлению производственными системами с применением искусственного интеллекта.

В работе предложена концептуальная модель управления производственными системами, состоящая из трех взаимосвязанных блоков: анализа и формализации, прогнозирования, цифровой экосистемы. Модель отличается интеграцией экспертных знаний с технологиями искусственного интеллекта и акцентом на оперативной поддержке принятия решений. Данная особенность позволяет значительно повысить скорость и точность реакции на изменения в производственной среде.

В диссертации представлена авторская классификация систем искусственного интеллекта, позволяющая целенаправленно выбирать и применять подходящие технологии в зависимости от специфики и потребностей производственных систем. Использование разработанной классификации в задачах управления производственными системами позволяет более эффективно выбирать необходимые системы искусственного интеллекта в зависимости от конкретных задач управления производственными системами, обогащая существующие подходы к выбору эффективных технологий.

В диссертации разработана процедура управления производственной

системой, обеспечивающая циклическое и непрерывное управление производственными системами с использованием технологий искусственного интеллекта, что позволяет оптимизировать операции, повышать эффективность процессов и оперативно реагировать на изменения в производственной среде.

В работе предложена модель диагностики производственной системы в условиях цифровой трансформации. Практическое применение этой модели позволяет автоматизировать бизнес-процессы, увеличивать скорость анализа и оперативного реагирования, а также прогнозировать управляющие параметры и принимать более обоснованные управленческие решения, что ведет к снижению затрат времени и ресурсов.

В рамках исследования разработана методика комплексной оценки эффективности управления производственными системами. Она основана на авторской системе, включающей 15 индикаторов и 5 проекций (динамика, финансы, ресурсы, инновации и цифровое развитие). Методика позволяет проводить всестороннюю оценку эффективности управления и отслеживать тенденции развития производственной системы.

Полученные результаты могут быть использованы руководителями организаций и государственными структурами с целью совершенствования управления производственными системами в условиях цифровой трансформации. Будущие исследования будут сосредоточены на расширении применения разработанных методов и моделей в различных отраслях и их адаптации к новым вызовам цифровой экономики.

IV. ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи в изданиях, входящих в Перечень ВАК:

1. Козлов, Я. В. Классификации методов искусственного интеллекта в задачах управления производственными системами / Я. В. Козлов, Е. С. Митяков // Индустриальная экономика. – 2022. – Т. 4, № 1. – С. 369-375. (0,5 п.л.).

2. Козлов, Я. В. Концептуальная модель управления сложными производственными системами в условиях цифровой трансформации / Я. В. Козлов, Е. С. Митяков, А. И. Ладынин // Журнал прикладных исследований. – 2023. – № 9. – С. 38-43. (0,45 п.л. / 0,3 п.л.).

3. Козлов, Я. В. Интеллектуальная модель мониторинга управленческих процессов в сложных производственных системах / Я. В. Козлов // Журнал прикладных исследований. – 2023. – №S1. – С. 44-49. (0,45 п.л.).

4. Козлов, Я. В. Управление производственными системами: отечественный и зарубежный опыт / Я. В. Козлов // Прикладные

экономические исследования. – 2024. – № 2. – С. 142-151. (0,65 п.л.).

5. Козлов, Я. В. Системы искусственного интеллекта в управлении производственными системам / Я. В. Козлов, Е. С. Митяков // Региональная и отраслевая экономика. – 2024. – №1. – С. 88-95. (0,5 п.л. / 0,4 п.л.).

6. Козлов, Я. В. Рекомендации по совершенствованию управления производственными системами / Я. В. Козлов, А. И. Ладынин // Лидерство и менеджмент. – 2024. – Том 11. – № 2. – С. 529–540. (0,75 п.л. / 0,6 п.л.).

7. Козлов, Я. В. Система показателей управления производственной системой в условиях цифровой трансформации / Я.В. Козлов, Е.С. Митяков // Инновации и инвестиции. – 2024. – №2. – С. 596-600. (0,5 п.л. / 0,35 п.л.).

8. Козлов, Я. В. Методика оценки эффективности функционирования производственных систем в условиях цифровой трансформации / Я. В. Козлов, Т. М. Крюкова // Инновации и инвестиции. – 2024. – №4. – С. 498-502. (0,5 п.л. / 0,3 п.л.).

Научные статьи в изданиях, входящих в Перечень Scopus:

9. Artemova S. V., Ladynin A. I., Kamenskaia M. A., Kozlov Y. V., Shmeleva A. G., Vu Tri C. «Operating States Set Usage in Complex Technological Objects Control» In 2023 Seminar on Electrical Engineering, Automation & Control Systems, Theory and Practical Applications (EEACS). Saint Petersburg, Russian Federation. 2023. 37–39. <https://doi.org/10.1109/EEACS60421.2023.10397179>. (0,45 п. л./0,1 п. л.)

10. Mityakov E. S., Mikaeva A. S., Mityakov S. N., Kryukova T. M., Ladynin A. I., Kozlov Y. V., «Industrial Ecosystem Knowledge-management Digital Platform Model Development». 2025 Conference of Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2025 ElCon). St. Petersburg, Russia. Jan. 28-29, 2025. P. 415–418. (0,45 п. л./0,1 п. л.)

Статьи, опубликованные в иных изданиях:

11. Козлов, Я. В. Математический анализ работы предприятия, оптимизация его прибыли / Я. В. Козлов // Российская научно-техническая конференция с международным участием. Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике: Сборник докладов конференции, Москва, 11–12 апреля 2019 года. Том 1. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2019. – С. 234-236. (0,2 п.л.).

12. Козлов, Я. В. Особенности управления сложными производственными системами в период цифровой трансформации // Я. В. Козлов / Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций: материалы Международной научно-практической конференции. – Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2024. –

С. 73-75. (0,2 п.л.).

13. Митяков, Е. С. Исследование уровня цифрового развития отраслей экономики России / Е. С. Митяков, Я. В. Козлов // Человек – Семья – Общество – Государство – Бизнес: формирование образа будущего России: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции / под ред. Н. И. Обуховой, А. С. Черткова [Электронное издание]. – Москва: изд-во «МУ им. С. Ю. Витте», 2024. – С. 141-148. (0,5 п.л. / 0,4 п.л.).

14. Козлов, Я. В. Процедура управления производственными системами на основе методов искусственного интеллекта / Я. В. Козлов, Е. С. Митяков, А. И. Ладынин // Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики: материалы IV Всероссийского научно-практического семинара. Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2024. – С. 136-141. (0,25 п.л. / 0,15 п.л.).

15. Козлов, Я. В. Некоторые аспекты обеспечения экономической безопасности производственных систем / Я. В. Козлов // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции. Нижний Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2024. – С. 41-43. (0,2 п.л.).

16. Козлов, Я. В. Особенности использования методов искусственного интеллекта в менеджменте / Я. В. Козлов // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций: материалы Международной научно-практической конференции. – Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2025. – С. 71-74. (0,3 п.л.).