УДК 332.13
DOI 10.5281/zenodo.18082264

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В РЕГИОНАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© 2025. *А. М. Бочкарев*

В статье рассмотрены особенности внедрения систем искусственного интеллекта в машиностроительную отрасль в региональном разрезе. Выявлена значительная поляризация технологического развития между субъектами федерации, обусловленная диспропорцией в ресурсном обеспечении, кадровом потенциале и уровне цифровизации. С использованием сравнительного анализа успешных кейсов и региональной статистики определены ключевые факторы, способствующие и препятствующие имплементации решений на основе искусственного интеллекта. На основе изучения литературных источников и практического опыта систематизированы модели внедрения, а также сформулированы адресные рекомендации для органов власти, бизнес-сообщества и образовательных учреждений. Сделан вывод о необходимости формирования эффективной публично-частной партнерской модели как условия для преодоления региональной поляризации и перехода к созданию интеллектуальных, наукоемких продуктов и сервисов с учетом современных тенденций.

Ключевые слова: искусственный интеллект; машиностроение; региональное развитие; Индустрия 4.0; цифровая трансформация; предиктивная аналитика; компьютерное зрение; технологические кластеры; региональная политика.

Постановка проблемы. Современный этап технологической трансформации промышленности, известный как Индустрия 4.0, детерминирует необходимость адаптации традиционных секторов экономики, в частности машиностроения, к новым реалиям. Ключевым драйвером данной трансформации выступает искусственный интеллект (ИИ). Однако процессы его имплементации имеют выраженную региональную специфику, обусловленную диспропорцией в ресурсном обеспечении, уровне цифровизации и кадровом потенциале.

Гипотеза исследования состоит в том, что эффективность внедрения систем искусственного интеллекта в машиностроении на региональном уровне детерминирована не столько общими технологическими трендами, сколько специфической конфигурацией факторов локальной экосистемы, включая наличие якорных предприятий, развитость кооперации "власть-бизнес-наука" и состояние цифровой инфраструктуры. Преодоление региональной поляризации возможно через формирование адаптивных моделей публично-частного партнерства, учитывающих уникальный потенциал и барьеры каждой территории.

Актуальность темы исследования. Анализ ключевых тенденций внедрения ИИ в машиностроении на уровне отдельных субъектов федерации позволяет выявить не только универсальные закономерности, но и локализованные проблемы, а также сформулировать адресные рекомендации для органов власти и бизнес-сообщества.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам внедрения технологий искусственного интеллекта в промышленное производство, в частности в машиностроительную отрасль, посвящено значительное количество научных трудов и аналитических отчетов. Общие принципы цифровой трансформации промышленности в контексте Индустрии 4.0 и роль искусственного интеллекта как ее ключевого драйвера глубоко отражены в работах международных консалтинговых компаний, таких как

© Бочкарев А. М., 2025

McKinsey & Company [3], Boston Consulting Group (BCG) [4] и PwC [5]. Их исследования акцентируют внимание на глобальных трендах, экономических эффектах и стратегических подходах к интеграции ИИ в операционную деятельность, что подтверждается и глобальными прогнозами рынка [16].

Значительный вклад в осмысление цифровизации отечественного машиностроения вносят российские государственные и аналитические центры. Так, в трудах НИУ ВШЭ [7] и Центра стратегических разработок (ЦСР) [8] проводится детальный анализ стартовых условий, барьеров и приоритетов цифровой трансформации, подчеркивается выраженная региональная специфика этого процесса, что находит отражение в специализированных отраслевых исследованиях [18]. Стратегические аспекты развития, включая внедрение передовых производственных технологий, закреплены в документах Минпромторга России [6].

Ряд ученых и практиков концентрируется на прикладных аспектах использования ИИ в машиностроении. Исследования в области предиктивного обслуживания на основе нейросетей, позволяющего минимизировать незапланированные простои, представлены в работах Ян. А. Ивакина, Е. Г. Семеновой, А. Е. Шашурина и А. В. Суслина [9]. Разработке и апробации нейросетевых алгоритмов для автоматизации контроля качества, в частности визуального контроля, посвящены публикации А. Д. Григорьева и А. Н. Гнеушева [10]. Концепция цифровых двойников как фундамента для интеллектуального производства раскрыта в статье А. В. Петрова [11].

Особое направление формируют исследования, фокусирующиеся на региональном разрезе проблемы. Вопросы диспропорций в технологическом развитии, специфики адаптации ИИ в регионах с унаследованной промышленной структурой и роль региональной политики поднимаются в работе Шестаковой И. Г. [12]. Автор указывает на необходимость учета локальных факторов, таких как кадровый потенциал и состояние инфраструктуры, при разработке программ цифровизации.

Акцент на практической реализации и демонстрации успешных кейсов характерен для публикаций компаний-вендоров и материалов отраслевых форумов. Опыт внедрения ИИ-решений для прогнозного обслуживания и оптимизации подробно описан в материалах Siemens AG [13]. Значительный массив практических примеров и живых обсуждений аккумулируют материалы международного форума «ЦИПР» [14]. Практический опыт внедрения на российских предприятиях, в том числе в рамках госкорпораций, обобщен в соответствующих отчетах [17].

Таким образом, основной фокус существующих научных изысканий и аналитических отчетов сосредоточен на общих принципах, технологических возможностях и стратегических выгодах от внедрения искусственного интеллекта. Значительной проблемой, однако, остается недостаточная проработка комплексных моделей и практических механизмов преодоления региональной поляризации, учитывающих уникальное сочетание барьеров и потенциалов конкретных территорий, что и определяет научную проблему данного исследования.

Выделение нерешенных проблем. Несмотря на значительное количество научных публикаций и аналитических отчетов, посвященных цифровой трансформации промышленности и внедрению искусственного интеллекта, остаются недостаточно проработанными вопросы, связанные с региональной спецификой данного процесса. Слабо изученными являются комплексные механизмы преодоления технологической поляризации между субъектами федерации, учитывающие уникальное сочетание барьеров и потенциалов конкретных территорий. Недостаточное внимание уделяется разработке адаптивных моделей управления цифровой трансформацией на

 © Бочкарев А. М., 2025

региональном уровне, основанных на тесной кооперации государства, бизнеса и науки. Это обосновывает актуальность, цель и задачи выбранной темы исследования.

Научная новизна исследования заключается в разработке типологии регионов России по уровню готовности к внедрению ИИ в машиностроении (лидеры, середняки, аутсайдеры) на основе комплексного анализа локализованных факторов, а также в систематизации адаптивных моделей и практических механизмов публично-частного партнерства, направленных на преодоление технологической поляризации с учетом уникального сочетания барьеров и потенциалов конкретных территорий.

Цель работы. Цель исследования – проанализировать особенности и определить ключевые факторы, влияющие на внедрение систем искусственного интеллекта в машиностроительной отрасли в региональном разрезе, а также разработать практические рекомендации для ускорения этого процесса.

Задачи исследования. В рамках данного исследования были поставлены задачи:

– выявить ключевые направления применения технологий искусственного интеллекта в машиностроении и оценить их потенциал для трансформации бизнес-моделей предприятий;

– проанализировать региональные факторы, способствующие или препятствующие внедрению ИИ, включая инфраструктурные, кадровые, финансовые и институциональные аспекты;

– провести сравнительный анализ практик внедрения ИИ в машиностроении различных регионов России, выделив модели успеха и системные барьеры;

– сформулировать адресные рекомендации для региональных органов власти, бизнес-сообщества и образовательных учреждений по созданию эффективных экосистем внедрения ИИ.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются процессы внедрения технологий искусственного интеллекта на машиностроительных предприятиях в региональном пространстве России.

Предметом исследования выступают особенности, факторы и модели внедрения систем ИИ в машиностроительной отрасли на региональном уровне, а также механизмы управления данной трансформацией.

Методы исследования. В ходе исследования применялись общенаучные методы, в том числе: системный анализ (для изучения региональных экосистем внедрения ИИ как сложных многокомпонентных систем), сравнительный анализ (для выявления различий в уровне цифровизации и успешных практиках между регионами), классификация (для группировки регионов по уровню готовности к внедрению ИИ), а также абстрактно-логический метод (для теоретических обобщений и формулирования выводов и рекомендаций).

Информационная база исследования. Информационными ресурсами исследования послужили данные международных консалтинговых компаний (McKinsey & Company, BCG, PwC), отчеты российских государственных и аналитических центров (Минпромторг России, НИУ ВШЭ, ЦСР), а также ключевые документы нормативно-правовой базы: Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Кроме того, использовались публикации в специализированных и научных журналах, материалы отраслевых конференций и форумов («ЦИПР», «INNOPROM»), а также успешные кейсы внедрения ИИ на российских машиностроительных предприятиях.

Результаты исследования. На региональном уровне наблюдается поляризация

© Бочкарев А. М., 2025

внедрения интеллектуальных систем. В регионах-лидерах (например, Москва, Татарстан, Нижегородская область) отмечается формирование полноценных экосистем, где крупные предприятия выступают центрами компетенций, инициируя спрос на ИИ-решения и стимулируя их разработку местными IT-компаниями. Здесь фокус смещается от единичных пилотных проектов к комплексной цифровизации цепочек создания стоимости: от предиктивных систем технического обслуживания оборудования и компьютерного зрения для контроля качества сварных швов до оптимизации логистики складов и энергопотребления всего завода.

В регионах с унаследованной промышленной структурой доминирует точечная автоматизация. Внедрение ограничивается, как правило, использованием промышленных роботов с элементами машинного обучения для выполнения монотонных операций на конвейере или внедрением систем предиктивной аналитики на критически важном оборудовании для предотвращения катастрофических простоев.

Специфические проблемы и преимущества

К числу преимуществ региональной локализации процессов внедрения ИИ можно отнести:

1. Кастомизация решений: Возможность разработки программных продуктов, учитывающих узкую специализацию местных машиностроительных предприятий (например, авиационное приборостроение, производство нефтегазового оборудования).

2. Формирование региональных кластеров: Создание синергетического эффекта через кооперацию вузов (научная база), IT-компаний (разработка) и промышленников (внедрение и апробация).

3. Повышение инвестиционной привлекательности: Регион, демонстрирующий активное внедрение передовых технологий, становится более интересен для федеральных и международных инвесторов.

Однако спектр проблем остается широким:

1. Кадровый дефицит: Острая нехватка не только специалистов по обработке данных, но и инженеров, способных работать с большими данными и интерпретировать результаты работы алгоритмов. Мозговой отток в столичные агломерации усугубляет ситуацию.

2. Цифровая незрелость МСП: Малые и средние предприятия, являющиеся важнейшими звеньями кооперации, не обладают финансовыми и экспертных ресурсами для самостоятельной цифровой трансформации.

3. Дороговизна и длительность внедрения: Высокая стоимость решений и длительные сроки окупаемости проектов отпугивают консервативный бизнес в условиях макроэкономической нестабильности.

4. Проблема данных: Нехватка размеченных данных требуемого качества для обучения моделей, а также низкий уровень стандартизации данных между цехами и предприятиями.

5. Инфраструктурные ограничения: Недостаточная мощность вычислительной инфраструктуры и низкая скорость интернет-соединения в промзонах ряда регионов.

Для нивелирования выявленных проблем и акселерации процессов внедрения ИИ необходимы скоординированные действия.

Рекомендации для региональных властей:

1. Разработка и финансирование целевых программ: Создание региональных дорожных карт по внедрению ИИ в реальный сектор экономики с механизмами грантовой поддержки и субсидирования пилотных проектов, особенно для МСП.

2. Стимулирование кооперации: Формирование на базе технопарков или

 © Бочкарев А. М., 2025

инжиниринговых центров пилотных производственно-технологических площадок, где IT-разработчики могут тестировать свои продукты на реальном оборудовании заводов.

3. Развитие образовательной экосистемы: Инициация совместных с ведущими предприятиями образовательных программ в вузах и колледжах, создание центров переподготовки и повышения квалификации по специальностям «ИИ-инженер в машиностроении», «цифровой технолог».

4. Модернизация инфраструктуры: Обеспечение промышленных зон высокоскоростным интернетом и содействие в создании региональных дата-центров.

Рекомендации для бизнеса:

1. Приоритизация проектов: Внедрение инноваций начинаться не с модных технологий, а с поиска «узких мест», решение которых принесет быстрый экономический эффект (снижение брака, оптимизация энергозатрат).

2. Корпоративная акселерация и партнерства: Создание корпоративных акселераторов для стартапов и активный поиск партнерств с местными IT-компаниями вместо попыток создания всех компетенций внутри компании.

3. Инвестиции в человеческий капитал: Запуск внутренних программ обучения для формирования кадрового резерва, способного работать с ИИ-инструментами.

4. Работа с данными: Инициирование процессов по стандартизации и структурированию собственных данных – это фундамент для будущих ИИ-проектов.

Таким образом, успешная интеграция искусственного интеллекта в региональное машиностроение возможна лишь при условии формирования эффективной публично-частной партнерской модели, где власти создают стимулы и инфраструктуру, а бизнес демонстрирует готовность к технологической и организационной трансформации.

Современное машиностроение, являясь фундаментом промышленного сектора, сталкивается с необходимостью перехода от традиционных парадигм организации производства к гибким, интеллектуализированным и, основанным на данных, моделям. Катализатором этой трансформации выступает комплекс технологий, объединяемых понятием «искусственный интеллект» (ИИ).

В прикладном промышленном контексте под искусственным интеллектом целесообразно понимать класс программно-аппаратных комплексов, способных к выполнению когнитивных функций, традиционно ассоциируемых с человеческим интеллектом, – обучению, анализу данных, распознаванию образов и принятию решений в условиях неполной информации. Данные системы не являются монолитной конструкцией; их основу составляют несколько взаимосвязанных технологических направлений, каждое из которых решает определенный круг задач [20].

Машинное обучение (Machine Learning, ML) представляет собой краеугольный камень современного ИИ. Это область знаний, фокусирующаяся на разработке алгоритмов, которые способны обучаться на основе исторических данных, выявляя в них скрытые паттерны и закономерности, без явного программирования на каждую конкретную операцию.

Компьютерное зрение – это технологическая дисциплина, наделяющая вычислительные системы способностью извлекать содержательную информацию из визуальных данных (изображений, видео).

Нейросети выступают вычислительной основой для глубокого обучения. Это математические модели, состоящие из «нейронов», организованных в слои.

Предиктивная аналитика (Predictive Analytics) является не отдельной технологией, а прикладным результатом применения алгоритмов ML и нейросетей. Это позволяет перейти от реагирования на события к упреждающему управлению, что соответствует

© Бочкарев А. М., 2025

принципам доверенного ИИ [19].

Таким образом, современные системы ИИ в промышленности – это синергия перечисленных технологий, и их эффективное применение требует учета как технологических возможностей, так и регуляторных рамок [1, 2].

Потенциал искусственного интеллекта пронизывает всю цепочку создания стоимости в машиностроении, трансформируя как инженерно-технические, так и бизнес-процессы.

Проектирование, исследования и разработки. Здесь ИИ выступает в роли катализатора инноваций. Генеративное проектирование – это революционный подход, при котором инженер задает алгоритму ключевые параметры: материалы, условия нагрузки, методы производства и целевые показатели (минимизация массы, максимизация жесткости).

Контроль качества. Автоматический визуальный контроль (Automated Visual Inspection, AVI) – это классическая задача компьютерного зрения. Системы на основе глубокого обучения обучаются на тысячах изображений бракованных и качественных изделий.

Бизнес-процессы. На уровне управления предприятием ИИ переводит аналитику на новую ступень. Прогнозирование спроса становится значительно более точным, так как модели анализируют не только исторические продажи, но и множество внешних факторов: макроэкономические индикаторы, активность в социальных сетях, погодные условия. Это позволяет оптимизировать производственные планы, что отмечается в исследованиях лидеров рынка [20].

Процесс интеграции искусственного интеллекта в промышленный сектор не происходит в вакууме. Он напрямую детерминирован спецификой региональной экосистемы, которая может как катализировать, так и существенно тормозить цифровую трансформацию, что подчеркивается в аналитических обзорах [15]. Успешность внедрения интеллектуальных систем на машиностроительных предприятиях определяется сложным взаимодействием ряда локализованных факторов, создающих уникальный для каждой территории ландшафт возможностей и рисков.

Формирование благоприятной среды для имплементации ИИ-технологий в значительной степени обусловлено наличием следующих ключевых элементов:

Наличие якорных предприятий-лидеров (флагманов региона). Крупные, технологически продвинутые холдинги или заводы выступают центрами кристаллизации для всей региональной экосистемы ИИ. Они обладают финансовыми ресурсами для инвестирования в пилотные проекты, формируют конкретный спрос на решения со стороны местных IT-разработчиков и системных интеграторов, а также становятся центрами компетенций и драйверами лучших практик для сетей своих поставщиков и субподрядчиков. Их успешный опыт оказывает мощный демонстрационный эффект, снижая уровень скептицизма среди более консервативных игроков, что подтверждается практикой ведущих промышленных регионов [17].

Развитая ИТ- и телеком-инфраструктура. Доступ к высокоскоростному и стабильному интернет-соединению, включая оптоволоконные каналы связи в промышленных зонах, является не роскошью, а критически важной коммунальной услугой для Индустрия 4.0. Наличие в регионе современных дата-центров, предлагающих услуги облачных вычислений, позволяет даже средним предприятиям использовать мощные вычислительные ресурсы и готовые ИИ-сервисы без капитальных затрат на собственную серверную инфраструктуру, значительно снижая порог входа в цифровизацию.

 © Бочкарев А. М., 2025

Наличие профильных вузов и научных центров. Академические институции выполняют тройную функцию. Во-первых, они являются источником кадрового пополнения, готовя специалистов в области обработки данных, робототехники, киберфизических систем и современного машиностроения. Во-вторых, они ведут фундаментальные и прикладные исследования, выступая генераторами новых знаний и технологий. В-третьих, через программы дополнительного образования и переподготовки они способны повышать цифровую грамотность действующих инженеров и менеджеров промышленных предприятий.

Поддержка со стороны региональных властей. Активная позиция органов исполнительной власти является ключевым катализатором. Реализация специальных региональных программ субсидирования или грантовой поддержки проектов цифровизации, создание и развитие инфраструктуры технопарков, промышленных парков и особых экономических зон (ОЭЗ) с льготными условиями для IT-компаний и инновационных производств создает целенаправленные стимулы для бизнеса. Координационные советы и рабочие группы при правительстве региона по цифровой трансформации помогают выстраивать диалог между властью, наукой и промышленностью, что является одним из ключевых факторов успеха по мнению экспертов [7, 8].

Несмотря на наличие позитивных предпосылок, региональные предприятия сталкиваются с рядом системных ограничений:

Кадровый голод. Острейший дефицит квалифицированных специалистов по работе с данными является главным тормозом для большинства регионов. Наблюдается ярко выраженный отток талантов в столичные агломерации, где сосредоточены головные офисы крупных компаний и предлагается более высокая заработная плата. Проблема усугубляется нехваткой так называемых "гибридных" специалистов – инженеров, которые понимают, как физику производственных процессов, так и возможности ИИ-инструментов для их оптимизации.

Финансовые ограничения. Высокая стоимость развертывания комплексных ИИ-решений, включающая затраты на лицензионное ПО, оборудование, услуги консультантов и интеграторов, часто неподъемна для региональных предприятий с их невысокой маржинальностью и ограниченным доступом к "длинным" и дешевым инвестиционным ресурсам. Длительный срок окупаемости таких проектов и неочевидность немедленного экономического эффекта отпугивает финансовых директоров в условиях нестабильной экономической конъюнктуры.

Инфраструктурные проблемы. Во многих промышленных зонах, особенно в моногородах, остро стоит проблема низкого качества или полного отсутствия современной цифровой инфраструктуры. Низкая скорость интернета, нестабильное соединение и отсутствие доступа к облачным сервисам делают невозможным развертывание современных решений, требующих передачи и обработки больших объемов данных в реальном времени, что консервирует технологическую отсталость, создавая один из ключевых барьеров, идентифицированных в отраслевых барометрах [18].

Культурный консерватизм. Устоявшаяся за десятилетия производственная культура, страх перемен и низкий уровень цифровой грамотности среди среднего и высшего менеджмент-звена являются мощным психологическим барьером.

Проблема данных. Многие предприятия, особенно со старым парком оборудования, сталкиваются с феноменом «цифрового пустыря» – отсутствием оцифрованных исторических данных необходимого объема и качества для обучения

© Бочкарев А. М., 2025

алгоритмов машинного обучения.

Практическая реализация и анализ кейсов

Практическая реализация проектов на основе искусственного интеллекта в российских регионах демонстрирует различные модели успеха, зависящие от отраслевой специфики и развитости локальной экосистемы. Для наглядности и систематизации опыта, ключевые параметры успешных кейсов сведены в таблицы.

Регион А: Республика Татарстан. В качестве яркого примера успешной имплементации можно рассмотреть опыт крупного автомобильного завода в Набережных Челнах, входящего в структуру ПАО «КАМАЗ». Архитектура и ключевые компоненты внедренной системы предиктивного обслуживания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Архитектура и ключевые компоненты ИИ-решения для предиктивного обслуживания (на примере ПАО «КАМАЗ»)

Компонент системы	Реализуемая функция	Используемые технологии/алгоритмы	Достигаемый эффект
Сбор и генерация данных	Интеграция данных с датчиков вибрации, температуры, энергопотребления	Мультисенсорная интеграция (OPC UA, MQTT), генерация синтетических данных для дообучения	Формирование объемного и репрезентативного корпуса данных для анализа
Детектор аномалий	Выявление отклонений от нормального режима работы оборудования	Алгоритм Isolation Forest для анализа временных рядов	Раннее предупреждение о некритичных сбоях и отклонениях
Модель прогнозирования остаточного ресурса (RUL)	Прогноз «времени до отказа» критических узлов (подшипники, сервоприводы)	Градиентный бустинг (XGBoost), планируется внедрение LSTM-сетей	Оптимизация графиков планового ТО, снижение незапланированных простоев на 18-22%, оптимизация запасов запчастей

Регион Б: Пермский край. На одном из предприятий оборонно-промышленного комплекса в Перми была решена проблема контроля качества сложных сварных швов. Функциональность внедренной системы автоматического визуального контроля на основе нейросетевых алгоритмов систематизирована в таблице 2.

Таблица 2

Функциональность системы автоматического контроля сварных швов (на примере предприятия ОПК, г. Пермь)

Функция системы	Метод реализации	Результат внедрения
Сегментация дефектов	Нейросетевая архитектура на базе модифицированных моделей семантической сегментации (U-Net)	Точное определение границ и локализации дефектов на изображении шва
Классификация типа дефекта	Сверточная нейронная сеть (CNN) для классификации изображений	Высокая достоверность идентификации типов дефектов (поры, подрезы, трещины)
Промышленная интеграция и отчетность	Обработка видеопотоков с производственных камер в реальном времени, генерация автоматических отчетов	Снижение доли брака на 15%, стопроцентный охват контроля, исключение субъективного фактора

 © Бочкарев А. М., 2025

Роль региональных технопарков и вузов проявляется в создании так называемых «пилотных зон» или «цифровых полигонов». Например, в Калужской области на базе технопарка «Грабцево» создана экспериментальная площадка, где малые и средние IT-компании могут тестировать свои разработки (например, ПО для управления роботом-манипулятором для сборки) на реальном промышленном оборудовании. Это снижает порог входа для стартапов и предоставляет машиностроительным предприятиям доступ к проверенным и апробированным решениям без высоких первоначальных рисков, что соответствует одной из рекомендованных моделей [14, 17].

Проведенный анализ позволяет условно выделить три группы регионов по уровню готовности и активности внедрения ИИ в машиностроении:

Лидеры: Регионы с диверсифицированной экономикой, сильными вузами и активной поддержкой властей (Москва, Санкт-Петербург, Татарстан, Калужская, Нижегородская области). Для них характерны: наличие утвержденных дорожных карт по цифровизации, высокая концентрация IT-компаний, работающих на промышленность, успешные кейсы комплексной трансформации на флагманских предприятиях.

Регионы-середняки: Территории с мощной унаследованной промышленной базой, но сталкивающиеся с системными барьерами (Свердовская, Челябинская, Самарская, Томская области, Пермский край). Здесь внедрения носят точечный, очаговый характер, часто инициируются отдельными технологическими энтузиастами на предприятиях. Ключевые проблемы – высокая степень износа основных фондов, кадровый голод и технологический консерватизм менеджмента.

Аутсайдеры: Регионы с моноспециализированной или депрессивной промышленностью (ряд областей Центральной и Северо-Западной России). Внедрение ИИ носит единичный характер или отсутствует вовсе. Доминируют барьеры, связанные с отсутствием финансирования, цифровой инфраструктуры и понятных перспектив для цифровой трансформации: преодоление региональной поляризации; разработка и финансирование целевых программ, предусматривающих софинансирование пилотных проектов по внедрению ИИ на машиностроительных предприятиях; создание цифровой инфраструктуры; стимулирование кооперации через организацию отраслевых хакатонов, конкурсов и выдачу грантов на совместные проекты вузов, научных институтов и промышленных компаний; создание «цифровых полигонов»; принятие стратегии поэтапного внедрения; инвестиции в человеческий капитал; развитие партнерств с локальными IT-компаниями и стартапами вместо попыток создания всех компетенций внутри компании; модернизация учебных программ для инженеров-машиностроителей; создание совместных с предприятиями лабораторий прикладных исследований.

Выводы. Внедрение технологий искусственного интеллекта в региональное машиностроение представляет собой комплексную многомерную задачу, успех в решении которой возможен только через синергию совместных усилий бизнеса, государства и образовательно-научной среды. Это не просто техническое обновление, а глубокая трансформация производственной культуры и бизнес-моделей.

Перспективы для регионов, сумевших выстроить эффективную экосистему внедрения ИИ, заключаются в получении долгосрочного конкурентного преимущества. Это не только рост производительности и экспортного потенциала, но и возможность остановить утечку кадров, создав точки притяжения для высококвалифицированных специалистов, и привлечь новые инвестиции в высокотехнологичный сектор экономики.

Ключевой посыл заключается в том, что развитие на основе искусственного

© Бочкарев А. М., 2025

интеллекта – это исторический шанс для многих машиностроительных регионов России не просто сохранить, но и кардинально трансформировать свою промышленную идентичность, перейдя от роли поставщика стандартной продукции к статусу центра создания интеллектуальных, наукоемких продуктов и сервисов в условиях новой технологической реальности.

Перспективами дальнейших исследований является совершенствование системы внедрения ИИ и проработка методики их анализа с целью трансформирования промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации».
2. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года.
3. McKinsey & Company. (2021). «Global Industrial AI Survey: AI adoption accelerates in industrial operations».
4. Boston Consulting Group (BCG). (2022). «How AI Is Revolutionizing Industrial Operations». [Электронный ресурс]. URL: https://www.bcg.com/publications/2022/how-AI-is-revolutionizing-industrial-operations (дата обращения: 15.10.2025).
5. PwC. (2020). «Доклад о цифровизации промышленности России. Точка перегиба». [Электронный ресурс]. URL: https://www.pwc.ru/ru/industrial-digital/assets/industrial-digital-rus.pdf (дата обращения: 15.10.2025).
6. Минпромторг России. (2021). «Стратегия развития промышленности Российской Федерации до 2030 года».
7. НИУ ВШЭ. (2022). «Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты». Мониторинг экономической ситуации в России. Тенденции и вызовы социально-экономического развития. – № 11(113). – С. 55-68.
8. Центр стратегических разработок (ЦСР). (2018). «Цифровая трансформация промышленности: проблемы и перспективы». Аналитический доклад.
9. Ивакин Ян.А. Использование аппарата глубоких нейросетей при решении задач идентификации объектов, регистрируемых информационно-измерительной системой / Ян.А. Ивакин, Е.Г. Семенова, А.Е. Шашурин, А.В. Суслин // Автоматизация в промышленности. – 2022. – № 5. – С. 46-48.
10. Григорьев А.Д. Реидентификация с предфильтрацией по качеству изображений в задаче слежения за множеством объектов / А.Д. Григорьев, А.Н. Гнеушев // Информационные технологии. – 2021. – Т. 27, № 8. – С. 409-418.
11. Петров А.В. Цифровые двойники - цифровые тени - цифровые двойники / А.В. Петров // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2024. – № 52. – С. 73-81.
12. Шестакова И.Г. Региональные аспекты цифровизации машиностроительного комплекса: проблемы и перспективы / И.Г. Шестакова // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 12 (137). – С. 684-688.
13. Siemens AG. (2022). «Industrial AI in practice: Real-world use cases for predictive maintenance and optimization». White Paper.
14. Материалы Международного форума «ЦИПР» (Цифровая индустрия промышленной России). – Нижний Новгород, 2022-2023 гг. [Электронный ресурс]. URL: https://ципр.рф/ (дата обращения: 15.07.2025).
15. Gartner. (2023). «Market Guide for AI in Manufacturing». ID G00774523.
16. IDC. (2023). «Worldwide Artificial Intelligence Spending Guide». [Электронный ресурс]. URL: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P33117 (дата обращения: 15.10.2025).
17. Ростех. (2023). «Отчет о внедрении технологий Индустрии 4.0 на предприятиях госкорпорации «Ростех». [Электронный ресурс]. URL: https://rostec.ru/ (дата обращения: 15.10.2025).
18. АСИ (Агентство стратегических инициатив). (2022). «Барометр цифровой трансформации промышленности РФ». [Электронный ресурс]. URL: https://asi.ru/digital/barometer/ (дата обращения: 15.10.2025).
19. ISO/IEC TR 24028:2020. «Information technology – Artificial intelligence – Overview of trustworthiness in artificial intelligence».

 © Бочкарев А. М., 2025

20. Forrester Research. (2024). «The State Of AI In Manufacturing, 2024». [Электронный ресурс]. URL: https://www.forrester.com/report/the-state-of-ai-in-manufacturing-2024/ (дата обращения: 15.10.2025).

Поступила в редакцию 23.10.2025 г.

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE MACHINE-BUILDING INDUSTRY IN THE REGIONAL SPACE BASED ON THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS

A. M. Bochkarev

The article discusses the features of the introduction of artificial intelligence systems in the machine-building industry in the regional context. A significant polarization of technological development between the subjects of the federation has been revealed, due to the disparity in resource provision, human resources, and the level of digitalization. Using a comparative analysis of successful cases and regional statistics, key factors contributing to and hindering the implementation of ИИ solutions have been identified. Based on the study of literary sources and practical experience, the implementation models are systematized, as well as targeted recommendations for government authorities, the business community and educational institutions are formulated. It is concluded that it is necessary to form an effective public-private partnership model as a condition for overcoming regional polarization and moving towards the creation of intelligent, knowledge-intensive products and services.

Keywords: artificial intelligence; mechanical engineering; regional development; Industry 4.0; digital transformation; predictive analytics; computer vision; technological clusters; regional policy.

Бочкарев Алексей Михайлович
кандидат технических наук, кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных систем и телекоммуникаций
ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет», г. Пермь
albo-73@mail.ru
+7-908-265-05-11
ORCID 0000-0002-8277-3810

Bochkarev Alexey
Candidate of Technical Sciences, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Telecommunications
FSBEI HE «Perm State Agro-Technological University», Perm AgroTechnoUniver, city Perm

© Бочкарев А. М., 2025