

Ассоциация «Цифровой транспорт и логистика»

Ассоциация «Альянс в сфере искусственного интеллекта»

БЕЛАЯ КНИГА

ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ В СФЕРЕ
ТРАНСПОРТА
И ЛОГИСТИКИ



ЦИФРОВОЙ
ТРАНСПОРТ
И ЛОГИСТИКА



АЛЬЯНС
В СФЕРЕ
ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА

БЕЛАЯ КНИГА

ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ
В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА
И ЛОГИСТИКИ

Москва
2025



ЦИФРОВОЙ
ТРАНСПОРТ
И ЛОГИСТИКА



АЛЬЯНС
В СФЕРЕ
ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА

Ассоциация «Цифровой транспорт и логистика» выражает искреннюю благодарность Министерству транспорта Российской Федерации за поддержку в подготовке настоящей книги и авторскому коллективу — участникам рабочей группы (отраслевого клуба) «Технологии искусственного интеллекта для транспорта и логистики», чей опыт и экспертные знания стали ее основой.

В подготовке Белой книги приняли участие ведущие организации отрасли:

Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»),
Публичное акционерное общество «Аэрофлот» (ПАО «Аэрофлот»),
Компания Navio (ООО «Автотех»),
Федеральное государственное унитарное предприятие «ЗащитаИнфоТранс» (ФГУП «ЗащитаИнфоТранс»).

Авторский коллектив:

Березуцкий Дмитрий Эдуардович — руководитель направления Big Data компании Navio,
Буркина Анна Владимировна — начальник отдела ПКТБ-ЦЦТ ОАО «РЖД»,
Маркелова Инна Валерьевна — руководитель направлений Альянса в сфере ИИ,
Метелкин Петр Валерьевич — советник генерального директора ФГУП «ЗащитаИнфоТранс»,
Суконников Герман Викторович — первый заместитель начальника департамента информатизации ОАО «РЖД»,
Фокина Софья Антоновна — руководитель направления Центра человекоцентричного ИИ Сбербанка, ответственный секретарь Комиссии по реализации Кодекса этики в сфере ИИ на базе Альянса в сфере ИИ,
Червяков Сергей Витальевич — эксперт ПКТБ-ЦЦТ ОАО «РЖД».

1-е издание / Коллектив авторов под редакцией

- © Ассоциация «Цифровой транспорт и логистика»
- © Ассоциация «Альянс в сфере искусственного интеллекта».



Андрей Никитин

Министр транспорта
Российской Федерации

“ Искусственный интеллект для транспорта уже не тренд, а базовое условие эффективности, безопасности и качества услуг. «Белая книга» закрепляет общие правила игры: систематизирует подходы к данным, кибербезопасности и этике, задаёт требования к подготовке кадров и соотносится с действующими регламентами и стандартами. **Отрасль сможет применять ее как практическое руководство**, переносить лучшие практики в пилоты, масштабировать успешные решения и формировать устойчивые компетенции. Так мы ускорим цифровую трансформацию и укрепим технологическое лидерство России. ”



Полина Давыдова

Директор Ассоциации
«Цифровой транспорт
и логистика»

“ Белая книга — первый отраслевой документ, который собирает прецедентный опыт и превращает его в понятную методологию внедрения ИИ — от работы с данными и кибербезопасности до этики и подготовки кадров. Подготовленная АЦТЛ совместно с Альянсом в сфере ИИ и экспертами рынка, книга не витрина, а практическая дорожная карта: как внедрять ИИ без лишних рисков, какой эффект получать уже сегодня и какие компетенции развивать, чтобы оставаться конкурентоспособными. Этот документ даёт общий язык государству и бизнесу и ускоряет перевод лучших практик в масштаб. ”



Валерия Воробьева

Генеральный директор
Ассоциации «Альянс
в сфере искусственного
интеллекта»

“ Развитие искусственного интеллекта в отраслях становится одним из главных драйверов успешного и конкурентного развития России. Белая книга — не просто отчёт, а своего рода практический компас, помогающий выстраивать стратегию цифровой трансформации исходя из ключевых факторов: управление внедрением технологий, работа с данными и подготовка кадров. Документ задаёт новые ориентиры для развития и внедрения искусственного интеллекта в транспортной и логистической системах и открывает путь к совершенно иному уровню эффективности и надёжности отрасли. К тому же, по мере развития рынка и технологий аналогичные документы будут регулярно появляться и в других секторах экономики. ”

Оглавление

01.	Введение	5
02.	Цели и основные эффекты от внедрения решений с искусственным интеллектом в отрасли транспорта и логистики	20
03.	Управление внедрением искусственного интеллекта в транспортной отрасли	30
04.	Управление данными	88
05.	Процессы и продукты	153
06.	Кадры и компетенции по искусственному интеллекту в отрасли транспорта и логистики	191
07.	Регламентация и стандартизация решений с искусственным интеллектом в отрасли транспорта и логистики	226
08.	Этика в сфере искусственного интеллекта в отрасли транспорта и логистики	253
09.	Заключение	274

Уважаемые коллеги, профессиональное, отраслевое содружество авторов представляет Белую Книгу искусственного интеллекта в сфере транспорта и логистики — концептуальную методологию внедрения ИИ в отрасли транспорта и логистики. Она была разработана членами рабочей группы «Технологии искусственного интеллекта для транспорта и логистики» Ассоциации «Цифровой транспорт и логистика» совместно с Альянсом в сфере искусственного интеллекта при участии ведущих отраслевых компаний и экспертов.

Мы постарались представить в Белой книге свой экспертный, прецедентный опыт разработки, внедрения и использования технологий искусственного интеллекта при решении бизнес-задач и реализации своих полномочий.

Белая книга — это пространство совместного обмена отраслевым опытом, охватывающим как технологии, так и методологию.

В последние десятилетия мир сталкивается с вызовами, связанными с ускоряющимся техническим прогрессом и развитием технологий. Искусственный интеллект (ИИ) стал одним из ключевых факторов, способствующих трансформации различных отраслей экономики, включая транспорт и логистику. Эти изменения открывают новые возможности для повышения эффективности, безопасности и устойчивости транспортных систем, формирования клиентоориентированной отрасли и обеспечения индивидуальной мобильности всех групп граждан, что особенно важно в условиях растущих потребностей общества и бизнеса.

Транспортная отрасль играет важную роль в экономике любой страны, обеспечивая мобильность граждан и движение товаров. Однако с ростом объемов перевозок и усложнением логистических цепочек возникают новые вызовы: пробки, аварии, экологические риски, дефицит кадров, необходимость обработки больших массивов отраслевых данных, обеспечение социальной удовлетворенности граждан и оптимизация затрат. В ответ на эти вызовы внедрение ИИ становится не просто экономически эффективным решением, а необходимым шагом для создания интеллектуальной и безопасной транспортной инфраструктуры, а также для развития полного спектра транспортных и логистических услуг — как для бизнеса, и так и для населения.

Белая книга представляет собой концептуальную стратегию, направленную на демонстрацию прецедентного опыта интеграции искусственного интеллекта в транспортный сектор России. Основная цель документа — формирование понимания того, каким образом может реализоваться подход к внедрению и использованию ИИ в сфере транспорта и логистики.

В своей речи на форуме «Технологии для умного города» Президент Российской Федерации В. В. Путин отметил: «Искусственный интеллект — это не просто тренд, это будущее нашей экономики и общества. Мы должны использовать его потенциал для создания

умной и безопасной инфраструктуры». Эта идея легла в основу представленной стратегии, включающей определение ключевых эффектов от внедрения решений с искусственным интеллектом в транспортно-логистической отрасли, описание прецедентного опыта управления их внедрением, анализ работы с данными, необходимыми для внедрения и использования ИИ-решений, а также обзор успешных практик их применения в различных бизнес-процессах. Особое внимание уделяется вопросам преодоления дефицита кадров, обзору действующих регламентов и стандартов, использующихся при внедрении ИИ-решений, а также этическим аспектам их применения.

Как подчеркнул Президент Российской Федерации: «Мы должны идти в ногу со временем и использовать все доступные ресурсы для создания безопасной и эффективной транспортной системы».

Белая книга является важным шагом на пути к цифровизации транспортного сектора России, открывая новые горизонты для инновационных решений и устойчивого развития отрасли.

Цель Белой книги — изложить варианты реализации процесса, как наиболее этично и эффективно внедрять ИИ-технологии, устраняя потенциальные риски, с соблюдением существующих как общероссийских, так и отраслевых регламентов и стандартов. Она представляет прецедентный опыт в виде концептуальных решений как один из возможных вариантов по реализации бизнес-процесса внедрения искусственного интеллекта в учреждениях и компаниях транспортной отрасли.

Основными задачами Белой книги является:

- формирование отраслевого документа, представляющего опыт и практические решения в части внедрения искусственного интеллекта;
- создание концептуальной, методологической базы для обеспечения конкурентоспособности транспортной отрасли и увеличения индекса удовлетворенности граждан и бизнеса транспортными услугами за счет использования технологий искусственного интеллекта;
- создание инструмента, который позволит участникам транспортной отрасли воспользоваться возможностями, которые предлагает искусственный интеллект, обеспечить динамичное развитие и укрепление отрасли и ее технологического потенциала;
- обеспечение поддержки развития, внедрения этичного и заслуживающего доверия отраслевого искусственного интеллекта и его применимости (программные, аппаратные решения на базе технологий искусственного интеллекта);
- обзор рекомендаций по обеспечению безопасности внедрения и использования решений с искусственным интеллектом в отрасли;
- формулирование и определение основных эффектов от внедрения решений с искусственным интеллектом в отрасли транспорта и логистики;
- представление прецедентного опыта по управлению внедрением решений с искусственным интел-

лектом, управлению данными, необходимыми для внедрения и использования решений с ИИ;

- обзор успешных практик внедрения ИИ-решений в различные бизнес-процессы;
- обзор существующих регламентирующих и стандартизирующих государственных и отраслевых документов в части разработки, внедрения и использования решений с искусственным интеллектом;
- повышение отраслевого уровня компетенций специалистов в части разработки и внедрения, использования решений с искусственным интеллектом;
- стимулирование разработки, внедрения и использования искусственного интеллекта в отрасли транспорта и логистики;
- развитие кадрового потенциала отрасли в части разработки, внедрения и использования искусственного интеллекта.



Искусственный интеллект, или то, что мы понимаем под этим определением, представляет собой обширную область, охватывающую множество технологий и методов, направленных на создание и автономное, самостоятельное, без вмешательства человека, функционирование систем, способных выполнять задачи, требующие человеческого интеллекта. Согласно российскому законодательству, ИИ определяется как «комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека, включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма». В данной главе мы рассмотрим ключевые технологии, которые составляют основу современного ИИ, их применение и перспективы развития. Развитие технологий искусственного интеллекта открывает новые горизонты не только для отрасли транспорта и логистики, но и для всех отраслей экономики и общества в целом. Понимание этих технологий позволяет не только эффективно их применять, но и предвидеть будущие тенденции и вызовы, связанные с внедрением ИИ в повседневную жизнь.

Согласно действующей нормативно-правовой и нормативно-технической базе, включая международные документы, к основным технологиям искусственного интеллекта относятся:

- компьютерное зрение и биометрия. Компьютерное зрение — это область ИИ, занимающаяся автоматическим извлечением, анализом и пониманием информации из изображений или видео. Технологии компьютерного зрения используются в различных сферах, включая безопасность (распознавание лиц), медицину (анализ медицинских изображений) и автомобильную промышленность (автономные транспортные средства). Биометрия как подмножество компьютерного зрения включает в себя методы идентификации и аутентификации пользователей на основе уникальных физических характеристик, таких как отпечатки пальцев, радужка глаза или голос;

- обработка естественного языка, или NLP (чат-боты). Включает в себя алгоритмы и модели, позволяющие компьютерам понимать, интерпретировать и генерировать человеческий язык. Чат-боты входят в число самых популярных приложений NLP, позволяя автоматизировать взаимодействие с клиентами в различных сферах — от обслуживания до образовательных платформ. Современные технологии NLP используют глубокое обучение для повышения точности понимания и генерации текста;
- распознавание и синтез речи. Распознавание позволяет системам преобразовывать устную речь в текст, что открывает новые возможности для взаимодействия с компьютерами. Синтез речи, в свою очередь, позволяет системам воспроизводить текст в аудиоформате. Эти технологии находят широкое применение в голосовых помощниках, системах навигации и специализированных приложениях для людей с ограниченными возможностями;
- рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений. Рекомендательные системы анализируют данные о пользователях и их предпочтениях для предложения товаров или услуг. Они широко используются в электронной коммерции, стриминговых сервисах и социальных сетях. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (DSS) используют алгоритмы машинного обучения и аналитические модели для помощи в бизнесе, медицине и других областях;
- перспективные методы и технологии в искусственном интеллекте. Включают в себя такие подходы, как глубокое обучение, генеративные состязательные сети (GAN), трансформеры и методы обучения с подкреплением. Эти технологии позволяют достигать высоких результатов в задачах классификации, генерации контента и оптимизации процессов;
- виртуальная реальность (VR) и испытательные полигоны. Виртуальная реальность создает иммерсивные цифровые среды для обучения, развлечений и терапии. Испытательные полигоны на основе VR используются для тестирования ИИ-систем в безопасной среде перед их развертыванием в реальном мире;

- дополнительная реальность (AR). Накладывает цифровую информацию на реальный мир, улучшая восприятие окружающей среды. AR находит применение в образовании, медицине и промышленности, позволяя пользователям взаимодействовать с данными в контексте их физического окружения;
- обработка больших данных (Big Data). Включает в себя сбор, хранение и анализ огромных объемов информации для выявления закономерностей и трендов. Эта технология является основой для многих приложений ИИ, включая предиктивную аналитику и машинное обучение;
- робототехника и машинное обучение. Робототехника сочетает механические системы с ИИ для создания автономных или полуавтономных роботов. Машинное обучение позволяет этим системам адаптироваться к изменениям в окружающей среде и улучшать свои функции на основе накопленного опыта;
- высокоавтоматизированные транспортные средства. Беспилотные и интеллектуальные транспортные средства используют комбинацию технологий ИИ, включая компьютерное зрение, распознавание речи и машинное обучение, для обеспечения безопасного и эффективного передвижения без участия человека;
- Предиктивная (предсказательная) аналитика и ситуационный анализ. Предиктивная аналитика использует статистические методы и алгоритмы машинного обучения для прогнозирования будущих событий на основе исторических данных. Ситуационный анализ помогает оценивать текущие условия и принимать обоснованные решения на основе анализа данных в реальном времени.
- цифровые двойники. Представляют собой виртуальные модели физических объектов или процессов, которые позволяют проводить симуляции и тестирования без необходимости вмешательства в реальный мир. Эта технология находит применение в промышленности, здравоохранении и городском планировании;
- интернет вещей (IoT). Объединяет физические устройства через сеть для сбора и обмена данными. IoT играет ключевую роль в создании умных

городов, улучшении производственных процессов и повышении качества жизни.

Минтранс России начиная с 2024 года ежегодно ведет и актуализирует реестр технологий искусственного интеллекта в транспортной отрасли, в котором отслеживается индекс уровня готовности технологий ИИ (согласно ГОСТ-Р 58048-2017) для применения в отрасли транспорта и логистики, а также в реестре представлены ключевые технические характеристики технологий ИИ и приведен перечень технологий искусственного интеллекта, применяемых в транспортной отрасли, по видам транспорта и процессов. С данным реестром можно ознакомиться по ссылке: <https://mintrans.gov.ru/documents/10/14509?type=>



Отрасль транспорта и логистики переживает значительные изменения благодаря внедрению технологий искусственного интеллекта (ИИ). Они не только повышают эффективность операций, но и улучшают качество обслуживания клиентов, сокращают затраты и способствуют устойчивому развитию. В данной главе мы рассмотрим наиболее распространенные бизнес-кейсы внедрения ИИ в транспорт и логистику, а также их влияние на отрасль, чтобы на конкретных примерах представить разнообразие применения ИИ и его потенциал для трансформации отрасли. В будущем можно ожидать дальнейшего развития этих технологий, что приведет к еще большему улучшению процессов и созданию новых бизнес-моделей.

- 1. Оптимизация маршрутов и управление грузоперевозками.** Одним из ключевых способов использования ИИ в логистике является оптимизация маршрутов доставки грузов. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о трафике, погодных условиях и других факторах, чтобы определить наиболее эффективные маршруты. Это позволяет сократить время в пути, снизить затраты на топливо и уменьшить углеродный след.

Пример 1:

Компания «Деловые Линии» использует систему планирования автодоставки на базе ИИ, которая оптимизирует количество транспортных средств для выполнения заказов, учитывая пробки, время, обозначенное клиентом, и опыт водителя.

- 2. Прогнозирование спроса** — еще одна важная область применения ИИ в логистике. Алгоритмы анализа данных помогают компаниям предсказывать потребности клиентов на основе исторических данных, сезонных тенденций и рыночных факторов. Это позволяет оптимизировать запасы и минимизировать затраты на хранение.

Пример 2:

Оператор экспресс-доставки СДЭК применяет ИИ для анализа исторических данных и оптимизации маршрутов, прогнозирует объём и вид необходимого транспорта, что позволяет снизить «холостой» пробег.

3. Управление складскими операциями. Автоматизированные системы на основе ИИ могут отслеживать уровень запасов, управлять размещением товаров на складе и оптимизировать процессы сборки заказов.

Пример 3:

Компания X5 Group («Перекрёсток», «Пятёрочка») внедрила платформу для планирования поставок на базе ИИ, которая анализирует состояние рынка, остатки на складе и данные из кассовых чеков. На основе этой информации платформа рассчитывает идеальный объём закупок для каждой торговой точки. Сеть супермаркетов «Магнит» использует единую автоматизированную систему для прогнозирования спроса на основе ИИ-технологий, которая анализирует данные о продажах в каждом магазине и оптимизирует поставки.

4. Автономные транспортные средства. Их разработка — одно из самых перспективных направлений в области ИИ. Эти технологии могут значительно изменить отрасль, повысив финансовую эффективность грузоперевозок, улучшив безопасность и снизив трудозатраты, при этом обеспечить более «плавную», равномерную загрузку транспортных магистралей страны.

Пример 4:

Компании, такие как КАМАЗ и Navio, активно разрабатывают технологии для создания автономных автомобилей и грузовиков. Эти транспортные средства используют ИИ для восприятия окружающей среды, принятия решений и управления движением. Данные технические решения уже активно используются на трассе М-11 и ЦКАД, и доказали свою финансовую эффективность и безопасность. В рамках проекта «Беспилотные логистические коридоры» 90 беспилотных фур проехали 9,7 миллиона километров без водителя за рулем.

Беспилотные системы также активно внедряются в небе и на воде в рамках нацпроекта «Беспилот-

ные авиационные системы» и федерального проекта «Автономное судовождение». На данный момент на государственном учете состоит свыше 119 тыс. беспилотных воздушных судов со взлетной массой до 30 кг и 408 с максимальной взлетной массой свыше 30 кг. В рамках «Автономного судовождения» запущено движение беспилотных паромов «Маршал Рокоссовский» и «Генерал Черняховский», которыми перевезено 1,6 млн тонн грузов.

- 5. Предиктивное обслуживание.** Основано на использовании ИИ для предсказания неисправностей транспортных средств до их возникновения. Это позволяет проводить профилактические ремонты и минимизировать время простоя.

Пример 5:

Российские железные дороги используют аналитику больших данных и ИИ для мониторинга состояния локомотивов в реальном времени. Система предсказывает возможные неисправности, что позволяет заранее планировать техническое обслуживание и более эффективно планировать загрузку подвижного состава.

- 6. Анализ данных и бизнес-аналитика.** Анализ данных с использованием ИИ помогает компаниям извлекать полезную информацию из больших объемов данных, что способствует принятию обоснованных бизнес-решений. Это включает в себя анализ потребительских предпочтений, оценку эффективности операций и выявление новых возможностей для роста.

Пример 6:

Данные о перевозках могут быть проанализированы с помощью ИИ для определения наиболее прибыльных маршрутов или выявления потенциальных проблем в цепочке поставок, как это делают компании маркетплейсы.

- 7. Улучшение клиентского опыта.** ИИ также может быть использован для улучшения клиентского опыта в сфере транспорта и логистики. Чат-боты и виртуальные помощники помогают клиентам получать информацию о статусе доставки, решать проблемы и оформлять заказы.

Пример 7:

Компания DHL использует чат-ботов для автоматизации взаимодействия с клиентами. Это позволяет

быстро отвечать на вопросы и предоставлять актуальную информацию о статусе отправок.

8. Интеллектуальные транспортные системы представляют собой интеграцию информационных и коммуникационных технологий в транспортную инфраструктуру с целью повышения безопасности, эффективности и устойчивости транспортных операций. Внедрение ИТС позволяет оптимизировать управление движением, улучшать качество обслуживания пассажиров и минимизировать задержки.

Пример 8:

На данный момент подавляющее большинство субъектов Российской Федерации используют:

8.1. Интеллектуальные системы управления дорожным движением для анализа данных о движении в реальном времени, что позволяет предсказывать заторы и управлять светофорами. Это способствует более равномерному распределению потоков автомобилей.

8.2. Умные парковки — системы, использующие ИИ для анализа данных о занятости парковочных мест, могут направлять водителей к свободным местам, тем самым сокращая время поиска парковки, а как следствие, снижая уровень загрязнения воздуха.

9. Оплата проезда на городском транспорте по биометрии. Система оплаты проезда по биометрии предоставляет возможность пассажирам использовать свои биометрические данные (например, отпечатки пальцев или распознавание лиц) для оплаты проезда в общественном транспорте. Это не только упрощает процесс оплаты, но и повышает безопасность.

Пример 9:

Пассажиры метрополитена в Москве, Нижнем Новгороде, Казани, Самаре, Екатеринбурге могут просто поднести палец к сканеру или показать лицо на входе в транспортное средство. Это устраняет необходимость в наличных деньгах или транспортных картах, что делает поездки более удобными и быстрыми.

10. Контроль за состоянием водителя. Использование технологий искусственного интеллекта позволяет обеспечить безопасность на дорогах

и снизить количество ДТП, связанных с усталостью или состоянием здоровья водителей.

Пример 10:

Система «Антисон» позволяет осуществлять мониторинг здоровья водителя (например, сердечный ритм, уровень стресса), и, если показатели выходят за пределы нормы, система может инициировать автоматическое предупреждение или даже остановку автомобиля до восстановления нормального состояния человека за рулем.

11. Система безостановочного взимания платы за проезд позволяет автомобилям автоматически оплачивать проезд через специальные пункты сбора, не останавливаясь для оплаты. Это значительно сокращает время в пути и улучшает поток транспорта.

Пример 11:

На наиболее значимых платных трассах федерального значения автомобили, оборудованные RFID-метками или камерами распознавания номеров, могут проходить через платные участки дороги без остановки. Плата автоматически списывается с привязанного банковского счета. Системы безостановочного взимания платы помогают уменьшить заторы на платных участках дорог, так как автомобили не останавливаются для оплаты, а также дают возможность собирать данные о движении, что позволяет анализировать загруженность дорог и оптимизировать маршруты для улучшения транспортной инфраструктуры.

12. Интеллектуальный контроль груза на опасные вещества является критически важным аспектом обеспечения транспортной безопасности и соблюдения нормативных требований к транспортировке потенциально опасных грузов.

Пример 12:

Использование IoT-датчиков для отслеживания состояния грузов (температуры, давления и других параметров) на новых и модернизированных пунктах таможенного и транспортного досмотра позволяет обеспечить безопасность перевозки опасных веществ. Если параметры выходят за пределы допустимых значений, система немедленно уведомляет оператора. Система интеллектуального распознава-

ния (рентгеновского зрения и распределенных химических и интеллектуальных многоспектральных датчиков) позволяет автоматически идентифицировать грузы и проверять их соответствие документам. Это минимизирует риск ошибок при загрузке и выгрузке.

Более подробную информацию по эффективным отечественным практикам применения технологий искусственного интеллекта в сфере транспорта и логистики можно найти в исследовании АНО «Цифровая экономика» по адресу: <https://d-economy.ru/analitic/jeffektivnye-otchestvennyye-praktiki-primenenija-tehnologij-iskusstvennogo-intellekta-v-sfere-transporta-i-logistiki/>



На сегодняшний день большая часть реализуемых в транспортной отрасли стратегических проектов предусматривает применение технологий искусственного интеллекта. По прогнозам Минтранса России, к 2030 году порядка 10 % всех грузовых потоков в нашей стране будут управляться с помощью ИИ, а к 2050 году — порядка 60 %.

2.1. Цели внедрения ИИ-решений

По результатам 2024 года 38 % компаний транспортной отрасли использовали технологии на базе искусственного интеллекта (10-е место среди всех отраслей по направлению «Использование ИИ»), при этом более половины из них используют исключительно отечественные решения на основе ИИ. 13 % компаний транспортной отрасли планируют начать использовать ИИ в течение ближайшего времени, с горизонтом планирования 1–3 года.

2.1. Цели внедрения ИИ-решений

Внедрение решений на основе искусственного интеллекта (ИИ) в отрасли транспорта и логистики направлено на достижение нескольких ключевых целей:

- 1. Оптимизация и автоматизация процессов:** сокращение времени и затрат на выполнение логистических операций, улучшение маршрутизации и управление.
- 2. Повышение безопасности:** использование ИИ для мониторинга состояния водителей, предотвращения аварий и обеспечения безопасности грузов.
- 3. Улучшение клиентского опыта:** предоставление более качественных услуг, таких как отслеживание грузов в реальном времени и индивидуализированные предложения.
- 4. Анализ данных и прогнозирование:** использование аналитических инструментов для предсказания спроса, выявления трендов и оптимизации ресурсов.

5. **Снижение углеродного следа:** повышение энергоэффективности и снижение выбросов за счет оптимизации маршрутов и использования альтернативных источников энергии.
6. **Повышение финансовой эффективности отрасли:** улучшение финансовых показателей отрасли достигается благодаря синергетическому эффекту от применения цифровых технологий и ИИ. Ключевыми факторами выступают оптимизация маршрутов, анализ и прогнозирование спроса, предиктивное техническое обслуживание транспортного парка, сокращение затрат на страхование грузов, оптимизация использования персонала и более полное удовлетворение клиентских потребностей. Дополнительный вклад вносит создание интегрированных транспортных систем, обеспечивающих эффективное движение потоков людей и грузов, что ведёт к дальнейшему снижению расходов.

2.2. Основные эффекты от внедрения ИИ-решений в различных бизнес-процессах отрасли транспорта и логистики

На сегодняшний день социальные и экономические эффекты от внедрения решений на базе технологий ИИ на транспорте уже проявили себя. По оценкам экспертов, применение высокоавтоматизированных транспортных средств для перевозок грузов на текущий момент позволило на 90 % снизить аварийность и на 30 % уменьшить затраты на грузоперевозки. Безбарьерный проезд с использованием системы «Свободный поток» позволил снизить ущерб экологии при простое транспорта в очереди на оплату, снизить расходы на содержание системы оплаты (не требуются оператор кабины, шлагбаумы и другая инфраструктура), повысить скорость движения транспорта. Применение технологии для контроля состояния водителя на борту позволило уменьшить количество ДТП в среднем до 85 %, а также снизить расходы, связанные с ремонтом и простоем транспорта из-за аварий, в среднем на 65 %. По прогнозам, реализация мероприятий по беспилотной аэродоставке грузов позволит повысить эффектив-

ность логистических сервисов на 80 %. Тестовые испытания интеллектуального помощника маневрового диспетчера свидетельствуют о возможности снижения среднего времени простоя транзитных вагонов на 20 % при использовании этой технологии. Применение систем машинного зрения на железнодорожной инфраструктуре способствует увеличению пропускной способности станций до 20 %, сокращению временных интервалов на Московском центральном кольце до 3 минут, а также увеличению числа пассажиров до 200 тыс. человек в день. В целом все проекты в первую очередь направлены на повышение качества транспортного обслуживания и мобильности населения.

Если говорить об общем экономическом эффекте, потенциальный прирост валовой добавленной стоимости (ВДС) от внедрения ИИ-технологий в транспортной отрасли к 2026 году может составить 1,2 %.

Среди основных эффектов от применения ИИ-решений в транспортной отрасли можно выделить:

- до 40 % сокращения расходов на логистические операции в связи с их автоматизацией,
- до 50 % снижения уровня заторов,
- до 8,2 % снижения ДТП на дорогах,
- до 25 % повышения производительности специализированной техники,
- до 20 % увеличения средней скорости на участках дороги с ИТС,
- до 65 % снижения убытков от простоя и ремонтов,
- до 22 % роста пропускной способности улично-дорожной сети и т. д.

2.3. Основные принципы внедрения ИИ-решений

Для успешного внедрения ИИ-решений в транспортной и логистической отраслях является целесообразным следовать нескольким ключевым принципам:

- 1. Интеграция с существующими решениями.** Новые решения должны быть совместимы с уже действующими, программными и аппаратными.
- 2. Обучение персонала.** Необходимо обеспечить обучение сотрудников для эффективного использования новых технологий. Является целесо-

образным как повышать компетенции специалистов с большим стажем работы и прививать им новые навыки, так и готовить новых специалистов на уровне среднетехнического и высшего образования.

- 3. Постоянный анализ данных.** Регулярный сбор и анализ данных для улучшения работы ИИ-систем и адаптации к изменениям в бизнес-среде.
- 4. Обеспечение безопасности данных.** Защита конфиденциальной информации клиентов и компании от киберугроз.
- 5. Гибкость и масштабируемость.** Решения должны быть адаптируемыми к изменяющимся условиям рынка и возможному расширению бизнеса.

2.4. Основные векторы развития ИИ-решений в отрасли транспорта и логистики

Среди основных, наиболее значимых векторов развития искусственного интеллекта в отрасли транспорта и логистики можно выделить следующие тренды, оказывающие наибольшее влияние на отрасль и экономику в целом:

- 1. Автономные транспортные средства.** Развитие технологий высокоавтоматизированных транспортных средств для доставки грузов и пассажиров.
- 2. Интеллектуальные транспортные системы.** Использование ИИ для управления трафиком в городах, что позволит снизить заторы и повысить безопасность.
- 3. Анализ больших данных.** Применение аналитических инструментов для обработки больших объемов данных о перевозках, что поможет принимать более обоснованные решения.
- 4. Устойчивое развитие.** Внедрение ИИ для оптимизации использования ресурсов и снижения негативного воздействия на окружающую среду.
- 5. Интеграция с IoT.** Создание умных транспортных систем, где устройства IoT взаимодействуют с ИИ для повышения эффективности логистических процессов.

2.5. Иностранный опыт внедрения ИИ-решений в отрасли транспорта и логистики

2.5. Иностранный опыт внедрения ИИ-решений в отрасли транспорта и логистики

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) стал неотъемлемой частью современного мирового опыта в сфере транспорта и логистики. Благодаря своей способности обрабатывать большие объемы данных, выявлять закономерности и оптимизировать процессы, ИИ трансформирует способы, которыми компании управляют перевозками, складированием и цепочками поставок. Эта глава посвящена иностранному опыту внедрения ИИ-решений в транспортной и логистической отраслях, анализируя успешные примеры, ключевые технологии и полученные результаты.

Среди наиболее значимых для прецедентной практики с точки зрения технологического опыта можно выделить бизнес-кейсы следующих стран и компаний мира:

- 1. Оптимизация маршрутов.** Одним из наиболее ярких примеров использования ИИ в транспорте является компания UPS, которая внедрила систему ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation). Эта система использует алгоритмы машинного обучения для анализа данных о движении, погодных условиях и загруженности дорог, что позволяет оптимизировать маршруты доставки. В результате UPS удалось сократить расстояние поездок на 10 миллионов миль в год, что привело к значительной экономии топлива и снижению выбросов CO₂.
- 2. Предсказание спроса.** Компания Amazon активно использует ИИ для прогнозирования спроса на свои товары. С помощью аналитики больших данных и алгоритмов машинного обучения Amazon может предсказывать, какие товары будут востребованы в определенных регионах и в какое время. Это позволяет компании оптимизировать запасы на складах и сокращать время доставки, что в свою очередь повышает уровень удовлетворенности клиентов.
- 3. Автономные транспортные средства.** Внедрение автономных транспортных средств (АТС) стало одной из самых обсуждаемых тем в области ИИ. Компании, такие как Waymo и Tesla, актив-

но разрабатывают технологии автономного вождения. Waymo, например, использует сложные алгоритмы глубокого обучения для обработки данных с датчиков и камер, что позволяет их автомобилям безопасно передвигаться по городским улицам. Эти разработки могут существенно изменить ландшафт транспортной отрасли, снизив количество ДТП и улучшив эффективность перевозок.

4. **Система управления трафиком в Сингапуре** использует для анализа данные о движении в реальном времени, что позволяет оптимизировать работу светофоров и снизить заторы.
5. **Использование дронов для доставки в Китае.** Компании, такие как JD, активно используют дроны для доставки товаров в удаленные районы, что значительно сокращает время доставки.
6. **Система предиктивного обслуживания в Европе.** Европейские железные дороги применяют ИИ для анализа состояния поездов, что позволяет заранее выявлять потенциальные неисправности и сокращать время простоя.
7. **DHL.** Международная компания экспресс-доставки грузов и документов использует сортировочных роботов с ИИ, которые увеличивают производительность сортировки примерно на 40 % и больше. Роботы DHL способны сортировать более 1000 небольших посылок в час с точностью до 99 %.
8. **L'Oréal.** Компания внедрила на своих складах беспилотную систему инвентаризации. Дрон, оснащённый бортовой камерой, пролетает мимо стеллажей по каждой позиции и ярусу для проведения инвентаризации. Благодаря обработке видео с помощью ИИ дрон может считывать штрих-коды, распознавать пустые места, учитывать высоту слоёв и определять границы ячеек.
9. **Hitachi.** Транснациональный конгломерат использует ИИ в сочетании с системами виртуальной и дополненной реальности для повышения безопасности на железнодорожном транспорте. Сочетая технологии ИИ с виртуальными средами, они создают реалистичную симуляцию железнодорожных операций.

10. **Maersk.** Глобальный лидер в сфере контейнерных перевозок использует чат-бот от стартапа Pactum, который способен вести переговоры и заключать соглашения с партнёрами.
11. **Alibaba.** У компании самый большой в мире автоматизированный склад с роботами, которые собирают и упаковывают товары для доставки клиентам. Роботы могут удерживать до 500 кг во время движения.
12. **Coyote Logistics.** Американская логистическая компания использует предиктивную аналитику, ИИ и машинное обучение для сопоставления информации о процессе доставки с внешними данными (трафик и погода в реальном времени). Полученные данные позволяют компании прогнозировать проблемы, которые могут повлиять на транспортные цепочки, параллельно разрабатывая альтернативный план поставок.

Опыт зарубежных компаний показывает, что внедрение ИИ-решений в транспортную и логистическую отрасли приносит значительные преимущества. От оптимизации маршрутов до автономных транспортных средств — возможности применения ИИ безграничны. Однако важно учитывать, что успешная реализация таких технологий требует не только инвестиций в программное обеспечение и оборудование, но также изменений в организационной структуре и культуре компаний. В будущем ожидается дальнейшее развитие технологий ИИ, что приведет к новым возможностям для повышения эффективности и устойчивости транспортной и логистической отрасли.

2.6. Обзор государственных и отраслевых мер поддержки внедрения ИИ

Государственные инициативы по поддержке внедрения ИИ в транспортной и логистической отраслях включают:

1. **Совершенствование нормативно-правовой и нормативно-технической регламентационной базы в части** внедрения технологий искусственного интеллекта. В целях поддержки проектов, реализуемых в рамках внедрения технологий искусственного

интеллекта, приняты постановления Правительства Российской Федерации:

- от 3 мая 2019 г. № 550 «Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета Российскому фонду развития информационных технологий на поддержку проектов по разработке и внедрению российских решений в сфере информационных технологий»;
- от 3 мая 2019 г. № 555 «Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета некоммерческой организации Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий на обеспечение первого масштабного внедрения российских решений в сфере информационных технологий»;
- от 5 декабря 2019 г. № 1598 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий в целях обеспечения льготного кредитования проектов по цифровой трансформации, реализуемых на основе российских решений в сфере информационных технологий»;
- от 27 сентября 2021 г. № 1619 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета Российским компаниям на финансовое обеспечение части затрат, связанных с внедрением Российской продукции радиоэлектронной промышленности»;
- от 17 февраля 2016 г. № 109 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на создание научно-технического задела по разработке базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры».

2. Гранты и субсидии. Предоставление финансовой поддержки компаниям, внедряющим инновационные технологии, включая решения на основе ИИ. Так, например, в рамках Федерального проекта «Искусственный интеллект» Национальной программы «Экономика данных и цифровая трансформация государства» заложены мероприятия по выделению грантов и субсидий на развитие искусственного интеллекта во всех отраслях экономики.

- 3. Создание исследовательских центров.** Поддержка создания исследовательских лабораторий для разработки новых технологий в сфере транспорта. Так, например, в рамках Федерального проекта «Искусственный интеллект» Национальной программы «Экономика данных и цифровая трансформация государства» инициировано создание и финансирование 12 исследовательских центров в различных отраслях экономики, а количество созданных открытых моделей, библиотек и фреймворков в области искусственного интеллекта накопленным итогом к 2030 году должно составить 34 наименования.
- 4. Образовательные программы в отраслевых.** Финансирование образовательных программ в сфере ИИ и его применения в логистике способствует подготовке квалифицированных специалистов. По данным Минобрнауки России, все вузы страны, входящие в топ-100, внедрили курсы, посвящённые использованию искусственного интеллекта. Дополнительно создано более 50 новых кафедр и факультетов, ориентированных на подготовку кадров, разработку и внедрение AI-решений. В рамках федерального проекта «Искусственный интеллект» национальной программы «Экономика данных и цифровая трансформация государства» запланировано увеличение числа публикаций российских специалистов на конференциях уровня А: со 120 в 2025 году до 180 в 2030 году.
- 5. Стимулирование частных инвестиций.** Создание условий для привлечения частных инвестиций в разработки ИИ-решений через налоговые льготы или другие стимулы. В целях обеспечения ускоренного развития искусственного интеллекта в Российской Федерации, проведения научных исследований в области искусственного интеллекта, повышения доступности информации и вычислительных ресурсов для пользователей, совершенствования системы подготовки кадров в этой области Указом Президента России от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» была утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта до 2030 года, в рамках которой заложена реализация мероприятий в целях стимулиро-

вания частных инвестиций и государственно-частных партнерств данной сфере. Согласно дорожной карте федерального проекта «Искусственный интеллект», объем инвестиций высокотехнологичных компаний в искусственный интеллект (накопительным итогом) к 2030 году должен составить более 105 млрд руб.

6. Международное сотрудничество и технологический обмен опытом. Поддержка партнерств между государственными учреждениями, университетами и частным сектором для разработки новых технологий.

Создание международных стандартов и правил развития технологий ИИ. Например, на Всемирной конференции по ИИ (WAIC 2025) в Шанхае китайские специалисты предложили учредить всемирную организацию по сотрудничеству в области ИИ. Она должна обеспечить равное участие всех заинтересованных сторон: государств, бизнеса, научного сообщества и гражданского общества — в выработке международных стандартов.

Содействие обмену и подготовке кадров. Страны БРИКС планируют активизировать взаимодействие и укреплять академические обмены между научно-исследовательскими учреждениями и предприятиями, а также совместно реализовывать проекты по подготовке специалистов.

Обмен реальными кейсами внедрения ИИ. В ноябре 2025 года планируют запустить международную платформу BRICS+ AI Success Hub для обмена такими кейсами между странами БРИКС и их партнёрами. Основная цель инициативы — создать единое пространство для обмена передовыми практиками в сфере ИИ, что позволит странам БРИКС и их партнёрам эффективно трансформировать промышленные и производственные процессы.

Транспортная отрасль переживает период фундаментальной трансформации, обусловленной внедрением технологий искусственного интеллекта. Согласно исследованию ORS, две трети топ-менеджеров ведущих российских авиаперевозчиков уже применяют ИИ в бизнес-процессах, при этом наиболее активно технологии используются в обслуживании клиентов (33 %), маркетинге и продажах (19 %), а также при планировании перевозок (16 %). Эта статистика отражает глобальный тренд: искусственный интеллект перестал быть технологией будущего и стал инструментом решения текущих операционных задач — от оптимизации маршрутов доставки до предиктивного обслуживания транспортных средств и управления пассажиропотоками в мегаполисах.

Процесс внедрения ИИ-решений в транспортную отрасль сопряжён с комплексом системных вызовов, требующих методологического подхода к управлению изменениями. Среди ключевых барьеров выделяются: необходимость обеспечения безопасности и конфиденциальности данных в условиях жёстких регуляторных требований, сложности интеграции новых систем с унаследованной ИТ-инфраструктурой, требования к прозрачности и объяснимости алгоритмов для соответствия отраслевым стандартам, а также необходимость постоянной адаптации персонала к новым технологиям и методикам работы. Особую актуальность приобретает вопрос ограничения доступа к персональным данным при использовании внешних ИИ-агентов, что существенно снижает возможности по индивидуализации предложений и требует разработки специализированных архитектурных решений.

Настоящая глава представляет собой комплексную методологию управления внедрением ИИ в транспортной отрасли, основанную на практическом опыте реализации проектов в российских и международных компаниях. Методология охватывает полный жизненный цикл ИИ-трансформации: от форми-

рования требований и определения стейкхолдеров до оценки эффективности и масштабирования решений. Представленный подход позволяет минимизировать типовые риски, оптимизировать инвестиции и обеспечить устойчивое развитие ИИ-компетенций внутри организации.

3.1. Правила формирования требований к ИИ и особенности внедрения технологий в транспортной отрасли

3.1.1. Проблематика внедрения ИИ-проектов

Анализ международной практики показывает, что большинство ИИ-проектов в транспортной отрасли не достигают заявленных целей или существенно превышают первоначальный бюджет. Основная причина неудач заключается в технолого-центричном подходе, когда внедрение начинается с выбора платформы машинного обучения или найма специалистов по данным, без предварительного анализа бизнес-потребностей и оценки готовности организации. Вот как выглядит типичный сценарий развития событий: желание не отставать от общемировых трендов, решение «внедрить ИИ для повышения конкурентоспособности», закупка дорогостоящих решений, формирование команды Data Science и последующее тихое сворачивание проекта через 12–18 месяцев без достижения измеримого бизнес-эффекта.

Ошибка такого подхода заключается в непонимании фундаментального принципа: искусственный интеллект является инструментом решения конкретных бизнес-задач, а не универсальным средством оптимизации. Эффективность применения ИИ напрямую зависит от правильности постановки задачи, качества и доступности данных, готовности процессов к трансформации и, что критически важно, готовности персонала к изменениям. Игнорирование любого из этих факторов приводит к провалу проекта независимо от технологической совершенности выбранного решения.

3.1.2. Методология формирования требований к ИИ-системам

3.1.2. Методология формирования требований к ИИ-системам

Процесс формирования требований к технологиям искусственного интеллекта в транспортной отрасли должен следовать структурированному подходу, включающему несколько взаимосвязанных этапов. Каждый этап требует вовлечения различных стейк-холдеров и формирования конкретных артефактов, служащих основой для принятия решений на последующих стадиях проекта.

Этап 1: определение целей и задач проекта

Формулирование целей внедрения ИИ должно исходить из стратегических приоритетов организации и конкретных операционных вызовов. Цели должны быть сформулированы в соответствии с методологией SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound) и напрямую связаны с измеримыми бизнес-показателями. Рекомендованные действия включают:

- проведение серии стратегических сессий с участием высшего руководства для определения приоритетных направлений цифровой трансформации;
- анализ текущих операционных показателей и выявление областей с наибольшим потенциалом улучшения;
- формулирование конкретных, измеримых задач (например, «сокращение времени технического обслуживания воздушных судов на 20 % к концу 2025 года»);
- разработка системы гипотез, описывающих механизмы достижения поставленных целей через применение ИИ;
- оценка риск-аппетита организации для определения допустимого уровня неопределённости при реализации проекта.

Примеры реализации целей внедрения ИИ:

ПАО «Аэрофлот» реализует проект создания интеллектуальной системы поддержания лётной годности и ремонта воздушных судов. Система анализирует маршруты полётов, климатические условия в регионах эксплуатации и телеметрические данные с бортовых систем для прогнозирования потребности в техническом обслуживании. Каждое воздушное

судно в режиме реального времени передаёт информацию о своём техническом состоянии через спутниковую связь, что позволяет наземным службам заблаговременно планировать ремонтные работы и заказывать необходимые запасные части. Долгосрочная цель проекта — создание полностью автоматизированной системы управления техническим обслуживанием с интеграцией предиктивной аналитики, автоматизированного управления запасами и RFID-технологий для отслеживания компонентов. Достигнутые эффекты включают увеличение налёта воздушных судов до 12 часов в сутки, снижение стоимости лётного часа и автоматизацию планирования ремонтов. Основные риски проекта связаны с необходимостью интеграции с существующими системами технического обслуживания и обеспечением надёжности прогнозных моделей в условиях неполных данных.

АО «Синара-Транспортные машины» внедрило систему визуального контроля качества транспортных средств на основе компьютерного зрения. Камеры видеонаблюдения фиксируют состояние элементов кузова, после чего модели ИИ проводят автоматическую оценку на наличие дефектов лакокрасочного покрытия, проверяют работоспособность световых сигналов, выявляют посторонние предметы на крыше и оценивают целостность стёкол. Внедрение системы позволило сократить время осмотра транспортных средств на 25 % при одновременном повышении качества контроля и минимизации пропуска дефектов. Ключевым фактором успеха стала детальная проработка требований к качеству изображений и условиям съёмки, а также создание обширной базы размеченных данных для обучения моделей.

Этап 2: анализ бизнес-процессов

Эффективное внедрение ИИ требует глубокого понимания существующих операционных процессов и их потенциала для оптимизации. Методология AS-IS/TO-BE позволяет систематически выявить точки приложения технологий искусственного интеллекта и оценить потенциальный эффект от трансформации. Критически важным элементом является определение механизмов Human-in-the-Loop (HITL) для обеспечения контроля качества и постепенного повышения автономности системы.

Рекомендованный подход включает:

- детальное картирование существующих процессов с фиксацией всех участников, систем и точек принятия решений,
- выявление узких мест, повторяющихся ошибок и областей с высокой вариативностью результатов,
- моделирование целевого состояния процесса с учётом возможностей ИИ-технологий,
- определение критических точек, требующих человеческого контроля или подтверждения,
- разработку поэтапного плана трансформации с промежуточными контрольными точками.

Этап 3: формирование функциональных и нефункциональных требований

Функциональные требования определяют, что именно должна делать система, в то время как нефункциональные требования устанавливают критерии качества её работы. Для транспортной отрасли особое значение имеют требования к надёжности, безопасности и соответствию регуляторным нормам.

Структура функциональных требований должна включать:

- классификацию решаемых задач (прогнозирование, оптимизация, классификация, генерация контента);
- спецификацию форматов входных и выходных данных с учётом существующих систем;
- описание бизнес-правил и ограничений, специфичных для транспортной отрасли;
- перечень допустимых и запрещённых действий системы.

Нефункциональные требования охватывают:

- метрики качества моделей (точность, полнота, F1-score, AUC-ROC) с целевыми значениями;
- показатели производительности (латентность, пропускная способность, время холодного старта);
- требования к надёжности и доступности (SLA, SLO, механизмы деградации и восстановления);
- параметры безопасности и конфиденциальности (шифрование, защита персональных данных, контроль доступа);
- требования к интерпретируемости и объяснимости решений.

3.1.3. Специфика внедрения ИИ в транспортной отрасли

Транспортная отрасль характеризуется рядом уникальных особенностей, которые существенно влияют на подходы к внедрению технологий искусственного интеллекта. Понимание и учёт этих особенностей является критическим фактором успеха ИИ-проектов.

Высокие требования к безопасности

Транспорт относится к категории критической инфраструктуры, где любой сбой может привести к человеческим жертвам и значительному экономическому ущербу. Это накладывает особые требования к системам на базе ИИ:

- обязательное резервирование критически важных компонентов и наличие механизмов graceful degradation;
- строгая валидация и верификация моделей перед развёртыванием в производственной среде;
- реализация многоуровневых систем контроля с возможностью мгновенного переключения на ручное управление;
- обеспечение кибербезопасности через сегментацию OT-систем и регулярный аудит уязвимостей.

Работа с большими объёмами гетерогенных данных

Современные транспортные системы генерируют огромные объёмы данных различной природы: телеметрию с датчиков, видеопотоки с камер, GPS-треки, метеорологическую информацию, данные о пассажиропотоках. Эффективная работа с такими данными требует:

- создания масштабируемой инфраструктуры хранения и обработки (Data Lakes, распределённые вычисления);
- разработки конвейеров очистки и нормализации данных из различных источников;
- внедрения систем управления качеством данных и мониторинга их актуальности;
- обеспечения совместимости форматов данных между различными системами и поставщиками.

Таблица 3.1. Специфические требования к ИИ по видам транспорта

Вид транспорта	Критические требования	Особенности данных	Типичные ИИ-решения
Железнодорожный	<ul style="list-style-type: none"> Безопасность движения Точность до минут Учёт состояния инфраструктуры 	<ul style="list-style-type: none"> Огромные объёмы телеметрии Геопространственные данные Исторические данные за десятилетия 	<ul style="list-style-type: none"> Предиктивное обслуживание путей Оптимизация графиков движения Системы автоведения поездов
Авиационный	<ul style="list-style-type: none"> Сертификация ICAO/IATA Нулевая толерантность к ошибкам Международные стандарты 	<ul style="list-style-type: none"> Real-time данные Мультиязычность Метеорологические данные 	<ul style="list-style-type: none"> Предиктивное обслуживание флота Оптимизация расписания Управление воздушными потоками
Автомобильный	<ul style="list-style-type: none"> Работа в условиях городского хаоса Взаимодействие с пешеходами Высокая адаптивность 	<ul style="list-style-type: none"> Гетерогенные источники Edge computing Видеопотоки высокого разрешения 	<ul style="list-style-type: none"> Маршрутизация Системы автономного вождения Мониторинг состояния водителей
Водный	<ul style="list-style-type: none"> Автономность систем Длительные операционные циклы Работа в международных водах 	<ul style="list-style-type: none"> Спутниковые данные Метеоданные AIS-треки 	<ul style="list-style-type: none"> Оптимизация маршрутов Fuel optimization Predictive routing
Городской общественный	<ul style="list-style-type: none"> Социальная приемлемость Доступность для всех категорий граждан Интеграция различных видов транспорта 	<ul style="list-style-type: none"> Открытые данные Privacy concerns Социальные медиа 	<ul style="list-style-type: none"> MaaS-платформы Прогнозирование пассажиропотоков Динамическое управление маршрутами

Представленная таблица демонстрирует существенные различия в требованиях и подходах к внедрению ИИ для различных видов транспорта. Эти различия необходимо учитывать при планировании проектов и выборе технологических решений. Попытки механического переноса решений из одного сегмента в другой часто приводят к неудачам из-за игнорирования специфических ограничений и требований.

3.1.4. Оценка организационной готовности к внедрению ИИ

Успешность внедрения технологий искусственного интеллекта напрямую зависит от уровня зрелости организации. Предлагаемая модель зрелости позволяет объективно оценить готовность компании к ИИ-трансформации и выбрать соответствующую стратегию внедрения.

Таблица 3.2. Модель зрелости организации для внедрения ИИ

Уровень	Название	Характеристики	Рекомендуемые типы проектов	Типичные проблемы
1	Начальный	<ul style="list-style-type: none"> Данные в Excel и на бумаге Решения принимаются интуитивно Отсутствуют документированные процессы 	<ul style="list-style-type: none"> Простые чат-боты Базовая отчётность Пилотные проекты 	<ul style="list-style-type: none"> Сопротивление изменениям Отсутствие данных Нет компетенций
2	Развивающийся	<ul style="list-style-type: none"> Частичная цифровизация Есть базовые ИТ-системы Собираются некоторые данные 	<ul style="list-style-type: none"> Автоматизация отчётов Простая аналитика Точечная оптимизация 	<ul style="list-style-type: none"> Разрозненность систем Низкое качество данных Недостаток специалистов
3	Определённый	<ul style="list-style-type: none"> Процессы стандартизированы Есть KPI и метрики Системный сбор данных 	<ul style="list-style-type: none"> Предиктивная аналитика ML в production Комплексная оптимизация 	<ul style="list-style-type: none"> Интеграция решений Масштабирование Change management
4	Управляемый	<ul style="list-style-type: none"> Data-driven культура Решения на основе данных Команда аналитиков 	<ul style="list-style-type: none"> Сложные ML-системы Real-time оптимизация Элементы автономности 	<ul style="list-style-type: none"> Сложность систем Зависимость от данных Кибербезопасность
5	Оптимизирующий	<ul style="list-style-type: none"> ИИ в ядре процессов Самообучающиеся системы Continuous improvement 	<ul style="list-style-type: none"> Автономные системы Cognitive computing Квантовые алгоритмы 	<ul style="list-style-type: none"> Этические вопросы Регуляторные барьеры Социальное принятие

Для определения текущего уровня зрелости организации рекомендуется провести комплексную оценку по следующим параметрам:

- место хранения операционных данных (бумага/Excel соответствует уровням 1–2, реляционные базы данных — уровням 3–4, Data Lake — уровням 4–5);
- подход к принятию решений (интуиция — уровни 1–2, на основе отчётов — уровень 3, на основе предиктивной аналитики — уровни 4–5);
- наличие специалистов по работе с данными (отсутствие — уровни 1–2, 1–2 человека — уровень 3, команда — уровень 4, департамент — уровень 5);
- степень цифровизации процессов (менее 20 % — уровень 1, 20–50 % — уровень 2, 50–70 % — уровень 3, 70–90 % — уровень 4, более 90 % — уровень 5).

Критически важно не пытаться реализовывать проекты, превышающие текущий уровень зрелости организации более чем на одну ступень. Компания на уровне 2 не должна сразу внедрять автономные системы уровня 5 — это приведёт к провалу проекта из-за отсутствия необходимых компетенций, данных и процессов.

3.1.5. Практический подход к приоритизации ИИ-инициатив

В условиях ограниченных ресурсов критическое значение приобретает правильная приоритизация ИИ-проектов. Рекомендуемый подход основан на использовании матрицы «Ценность/Усилия», позволяющей классифицировать инициативы по четырём категориям:

- **Quick wins (высокая ценность, низкие усилия)** — проекты, с которых следует начинать ИИ-трансформацию. Типичные примеры включают автоматизацию рутинной отчётности, внедрение простых прогнозных моделей на основе исторических данных, создание базовых дашбордов для мониторинга ключевых показателей. Такие проекты позволяют быстро продемонстрировать ценность ИИ и получить поддержку руководства для более амбициозных инициатив;

- **стратегические проекты (высокая ценность, высокие усилия)** — инициативы, формирующие долгосрочное конкурентное преимущество. К этой категории относятся создание цифровых двойников транспортной инфраструктуры, разработка комплексных систем предиктивного обслуживания, внедрение автономных транспортных средств. Такие проекты требуют значительных инвестиций и длительного времени реализации, но способны кардинально трансформировать бизнес-модель компании;
- **заполнители (низкая ценность, низкие усилия)** — проекты, которые можно реализовать при наличии свободных ресурсов. Например, внедрение чат-ботов для внутренних FAQ или автоматизация простых административных процессов. Эти инициативы не приносят существенной бизнес-ценности, но могут способствовать повышению общей цифровой культуры организации;
- **проекты для избегания (низкая ценность, высокие усилия)** — инициативы, от которых следует отказаться независимо от их технологической привлекательности. Если проект требует существенных инвестиций, но не приносит измеримой бизнес-ценности, ресурсы лучше направить на более перспективные направления.

3.2. Определение бенефициаров и ответственных за внедрение ИИ в отраслевых бизнес-процессах

3.2.1. Контекст цифровой и ИИ-трансформации

Современный этап развития транспортной отрасли характеризуется переходом от фрагментарной цифровизации отдельных процессов к комплексной трансформации операционных моделей на основе технологий искусственного интеллекта. В рамках стратегии цифровой трансформации транспортной отрасли России выделяются шесть ключевых направлений: беспилотный транспорт, зелёный цифровой коридор пассажира, бесшовная грузовая логистика, цифровое управление транспортной системой, цифровизация транспортной безопасности и созда-

ние цифровых двойников объектов транспортной инфраструктуры.

ИИ-трансформация представляет собой качественно новый уровень организационных изменений, при котором искусственный интеллект становится не просто инструментом оптимизации, а основой для переосмысления бизнес-моделей и создания принципиально новых продуктов и услуг. В отличие от традиционной цифровизации, фокусирующейся на автоматизации существующих процессов, ИИ-трансформация предполагает их фундаментальное переизобретение с использованием возможностей машинного обучения, компьютерного зрения, обработки естественного языка и генеративного ИИ.

Ключевой особенностью современного этапа является радикальное расширение круга бенефициаров внедрения. Если на начальных этапах цифровизации основными получателями выгод выступали преимущественно ИТ-подразделения, то сегодня главными бенефициарами становятся функциональные заказчики — представители операционных подразделений, непосредственно работающих с транспортными процессами. Эта смена парадигмы требует формирования новых организационных структур и механизмов управления изменениями.

3.2.2. Центр компетенций ИИ как драйвер трансформации

3.2.2. Центр компетенций ИИ как драйвер трансформации

Создание Центра компетенций (ЦК) по искусственному интеллекту является критическим фактором успеха ИИ-трансформации в транспортной организации. ЦК представляет собой междисциплинарную структуру, объединяющую технологическую экспертизу, отраслевые знания и компетенции в области управления изменениями. В отличие от традиционных ИТ-подразделений, ориентированных на поддержку существующих систем, Центр компетенций ИИ функционирует как внутренний консалтинговый центр и инновационная лаборатория.

Основные функции Центра компетенций включают четыре взаимосвязанных направления деятельности.

Методологическая поддержка предполагает разработку корпоративных стандартов применения ИИ, формирование библиотеки лучших практик

и типовых решений, создание методических материалов для различных категорий пользователей. ЦК обеспечивает трансфер знаний между проектами, что позволяет избежать дублирования усилий и ускорить внедрение успешных решений. Например, если одно подразделение успешно внедрило систему прогнозирования отказов оборудования, ЦК помогает адаптировать и масштабировать это решение на другие типы техники и регионы присутствия компании.

Управление портфелем проектов обеспечивает координацию множественных ИИ-инициатив, реализуемых параллельно в различных подразделениях организации. ЦК проводит регулярный анализ портфеля для выявления синергий и потенциальных конфликтов между проектами, оптимизирует распределение ресурсов и экспертизы, обеспечивает соблюдение корпоративных стандартов и архитектурных принципов. Если обнаруживается, что несколько подразделений независимо разрабатывают схожие решения, ЦК инициирует их объединение в единый проект с последующей кастомизацией под специфические потребности каждого заказчика.

Развитие компетенций охватывает весь спектр образовательных активностей — от базового повышения цифровой грамотности до подготовки специалистов по машинному обучению. ЦК разрабатывает дифференцированные программы обучения для различных категорий сотрудников: руководителей (понимание возможностей и ограничений ИИ), функциональных заказчиков (формулирование требований и интерпретация результатов), технических специалистов (разработка и поддержка ИИ-решений), конечных пользователей (эффективное использование инструментов). Особое внимание уделяется подготовке domain experts — специалистов, сочетающих глубокие отраслевые знания с пониманием возможностей ИИ.

Инновационная лаборатория выполняет функцию технологического радара, отслеживая появление новых методов и инструментов ИИ, оценивая их применимость в транспортной отрасли. Лаборатория проводит эксперименты с emerging technologies, реализует проекты proof-of-concept для проверки но-

вых гипотез, разрабатывает прототипы решений для последующего масштабирования. Важным аспектом работы лаборатории является создание «песочниц» — изолированных сред для безопасного тестирования потенциально disruptive технологий без риска для основных операционных систем.

3.2.3. Распределение ролей и ответственности в ИИ-проектах

3.2.3. Распределение ролей и ответственности в ИИ-проектах

Эффективная реализация проектов на базе искусственного интеллекта требует чёткого определения ролей и зон ответственности всех участников процесса. В транспортной отрасли, характеризующейся высокой сложностью операционных процессов и строгими регуляторными требованиями, правильное распределение ответственности становится критическим фактором успеха.

Ключевые роли в ИИ-проекте.

Куратор проекта (уровень высшего руководства) обеспечивает стратегическое видение и организационную поддержку инициативы. Куратор определяет стратегические цели проекта в контексте общей бизнес-стратегии, обеспечивает выделение необходимых ресурсов и бюджета, устраняет организационные барьеры и разрешает эскалированные конфликты, выступает амбассадором проекта перед советом директоров и внешними стейкхолдерами. Критически важно, чтобы куратор обладал достаточными полномочиями для принятия стратегических решений и готовностью публично поддерживать инициативу даже в случае временных неудач.

Владелец бизнес-процесса несёт операционную ответственность за достижение бизнес-результатов проекта. Эта роль предполагает формулирование бизнес-требований и критериев успеха, валидацию предлагаемых решений с точки зрения операционной применимости, обеспечение вовлечённости конечных пользователей, мониторинг достижения целевых KPI после внедрения. Владелец процесса выступает связующим звеном между технической командой и бизнес-пользователями, обеспечивая

перевод технических возможностей ИИ на язык бизнес-ценности.

Менеджер продукта отвечает за трансляцию бизнес-потребностей в конкретные функциональные требования к ИИ-решению. Менеджер продукта разрабатывает product roadmap и приоритизирует функциональность, управляет бэклогом и координирует работу agile-команд, обеспечивает баланс между техническим совершенством и time-to-market, организует демонстрации и сбор обратной связи от пользователей. В контексте ИИ-проектов особое значение приобретает способность менеджера продукта управлять ожиданиями стейкхолдеров относительно возможностей и ограничений технологий машинного обучения.

Технические роли включают несколько специализированных позиций. Data Scientist разрабатывает и обучает модели машинного обучения, проводит исследовательский анализ данных, экспериментирует с различными алгоритмами и подходами. ML Engineer отвечает за продуктивизацию моделей, разработку ML pipelines, оптимизацию производительности и масштабируемости решений. Data Engineer создает и поддерживает инфраструктуру данных, разрабатывает ETL/ELT процессы, обеспечивает качество и доступность данных для обучения и inference моделей.

Доменные эксперты предоставляют критически важную отраслевую экспертизу, без которой невозможно создание эффективных ИИ-решений для транспорта. Они участвуют в формулировании гипотез и интерпретации результатов моделирования, проводят валидацию результатов с точки зрения операционной логики, помогают в разметке данных и создании обучающих выборок, выявляют edge cases и потенциальные риски применения ИИ в реальных условиях. Вовлечение опытных специалистов-транспортников с первых этапов проекта существенно повышает вероятность создания практически применимого решения.

3.2.4. Матрица ответственности RACI для транспортных ИИ-проектов

3.2.4. Матрица ответственности RACI для транспортных ИИ-проектов

Для обеспечения прозрачности распределения ответственности рекомендуется использовать матрицу RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed), адаптированную под специфику ИИ-проектов в транспортной отрасли.

Таблица 3.3. Матрица RACI для типового ИИ-проекта в транспорте

Активность	Куратор	CDO	Бизнес-заказчик	ИТ	Data Team	Безопасность
Формирование стратегии ИИ	A	R	C	C	C	I
Определение бизнес-требований	I	C	R/A	I	C	I
Выбор технологического стека	I	A	C	R	R	C
Разработка и обучение моделей	I	I	C	C	R/A	I
Интеграция с существующими системами	I	I	C	R/A	R	C
Тестирование и валидация	I	C	R	R	A	R
Развёртывание в production	C	I	A	R	C	R
Мониторинг и поддержка	I	I	R	I	A	I

Обозначения: R (Responsible) — исполнитель, A (Accountable) — утверждающий, C (Consulted) — консультант, I (Informed) — информируемый

Практическое применение матрицы RACI рассмотрим на примере проекта внедрения системы оптимизации маршрутов доставки в логистической компании.

Формирование бизнес-требований. Responsible — руководитель службы логистики, обладающий глубоким пониманием текущих операционных проблем и потребностей. Accountable — Chief Data Officer, отвечающий за реализуемость требований с технической точки зрения. Consulted — водители и диспетчеры, предоставляющие информацию о реальных сложностях на маршрутах и практических ограничениях. Informed — финансовый директор и HR-служба для планирования бюджета и программ обучения.

Разработка решения. Responsible — техническая команда data scientists и инженеров, разрабатывающих алгоритмы и программное обеспечение. Accountable — технический лидер проекта, отвечающий за качество и сроки поставки. Consulted — бизнес-пользователи, тестирующие прототипы и предоставляющие обратную связь. Informed — все подразделения, которые затронет внедрение новой системы.

3.3. Планирование ресурсов для использования ИИ-решений

3.3.1. Структура затрат на ИИ-проекты

Одной из наиболее распространённых причин неудач ИИ-проектов является существенная недооценка необходимых ресурсов. Традиционный подход к бюджетированию, учитывающий только очевидные статьи расходов (зарплаты специалистов и стоимость инфраструктуры), игнорирует до 70 % реальных затрат. Комплексная оценка Total Cost of Ownership (TCO) для ИИ-решений должна учитывать весь жизненный цикл системы и включать как прямые, так и косвенные затраты.

Структура совокупной стоимости владения ИИ-решением (5-летний период)

Начальные инвестиции (30 % от TCO) включают затраты на создание базовой инфраструктуры (серверы, системы хранения, сетевое оборудование, лицензии на программное обеспечение), формирование команды разработки (рекрутинг, онбординг, обучение специалистов), подготовку данных (приобретение или создание обучающих датасетов, разметка данных, очистка и нормализация), начальное обучение персонала (программы повышения квалификации, привлечение внешних экспертов). Критически важно на этом этапе не экономить на качестве данных и квалификации специалистов — эти инвестиции определяют потенциал всего проекта.

Операционные расходы (50 % от TCO) представляют собой регулярные затраты на поддержание работоспособности и актуальности ИИ-системы. Они включают: поддержку инфраструктуры (в среднем

20 % от первоначальной стоимости ежегодно), содержание команды поддержки (минимум 2–3 специалиста на систему среднего масштаба), регулярное переобучение моделей (ежеквартально для динамичных процессов), оплату облачных сервисов и продление лицензий. В транспортной отрасли, характеризующейся высокой изменчивостью операционных условий, затраты на переобучение моделей могут существенно превышать средние показатели.

Скрытые затраты (20 % от ТСО) часто не учитываются при планировании, но оказывают существенное влияние на экономику проекта. К ним относятся: затраты на интеграцию с существующими системами (могут достигать 30 % от стоимости разработки), издержки трансформации бизнес-процессов (переобучение персонала, изменение регламентов, адаптация смежных систем), потери от простоев во время внедрения и отладки, costs of errors — затраты на исправление ошибок и компенсацию ущерба от некорректных решений ИИ.

3.3.2. Человеческие ресурсы: формирование и развитие команды

3.3.2. Человеческие ресурсы: формирование и развитие команды

Успех ИИ-проекта в первую очередь определяется качеством команды. В условиях острого дефицита квалифицированных специалистов по машинному обучению в транспортной отрасли, правильное планирование человеческих ресурсов становится критическим фактором.

Методология расчёта потребности в специалистах

Предлагаемая формула учитывает специфику транспортной отрасли:

Количество специалистов = (Число параллельных проектов × Коэффициент сложности × Коэффициент дефицита) / Уровень зрелости процессов

Коэффициент сложности варьируется от 1 (простая автоматизация) до 3 (автономные системы), коэффициент дефицита отражает доступность специалистов на рынке (1.5–2.0 для транспортной отрасли), уровень зрелости процессов характеризует эффективность организации работы (0.5–1.0).

Стратегии привлечения специалистов в условиях кадрового дефицита

Выращивание внутренних талантов предполагает отбор лучших аналитиков и разработчиков внутри компании с последующим обучением технологиям машинного обучения. Преимущества: глубокое понимание бизнес-процессов, лояльность компании, lower turnover rate. Недостатки: длительный период подготовки (6–12 месяцев), необходимость инвестиций в обучение, риск недостаточной технической глубины. Рекомендуется для компаний с уровнем зрелости 3+ и долгосрочной стратегией развития ИИ-компетенций.

Таблица 3.4. Типовой состав команды для ИИ-проекта в транспорте

Роль	Количество	Занятость	Ключевые навыки	Источники найма
Product Owner	1	50–100 %	<ul style="list-style-type: none"> Знание транспортного бизнеса Agile методологии Базовое понимание ИИ 	Внутри компании
Tech Lead	1	100 %	<ul style="list-style-type: none"> Архитектура распределённых систем ML + Software Engineering Leadership skills 	Хедхантинг, tech компании
Data Scientist	2–3	100 %	<ul style="list-style-type: none"> Python/R, SQL ML/DL алгоритмы Статистический анализ 	Вузы, конкуренты, банки
ML Engineer	2	100 %	<ul style="list-style-type: none"> MLOps практики Cloud platforms (AWS, Azure, GCP) Production deployment 	IT-компании, стартапы
Data Engineer	1–2	100 %	<ul style="list-style-type: none"> ETL/ELT процессы Big Data технологии (Spark, Hadoop) Data pipeline разработка 	Банки, телеком, e-commerce
DevOps Engineer	1	30–50 %	<ul style="list-style-type: none"> CI/CD практики Kubernetes, Docker Мониторинг и логирование 	Возможен shared resource
Domain Expert	2–3	30–50 %	<ul style="list-style-type: none"> Глубокое знание транспортных процессов 5+ лет опыта в отрасли Открытость к инновациям 	Внутри компании
QA Engineer	1	50–100 %	<ul style="list-style-type: none"> Тестирование ML-систем Автоматизация тестов Domain knowledge 	Внутри компании или найм

Привлечение готовых специалистов с рынка обеспечивает быстрый старт проектов за счёт найма опытных Data Science и ML Engineering. Преимущества: immediate impact, привнесение внешней экспертизы и best practices, ускорение трансфера знаний внутри организации. Недостатки: высокая стоимость (зарплата Senior Data Scientist может в 3–4 раза превышать зарплату традиционного разработчика), сложность удержания в транспортной отрасли, необходимость времени на погружение в специфику бизнеса.

Партнёрство с образовательными учреждениями представляет собой долгосрочную стратегию формирования кадрового pipeline. Создание базовых кафедр, организация стажировок и практик, спонсирование исследовательских проектов позволяют готовить специалистов под конкретные потребности компании. Примером успешной реализации является сотрудничество крупных транспортных компаний с техническими вузами, результатом которого становится поток мотивированных выпускников с релевантными компетенциями.

Гибридная модель комбинирует преимущества различных подходов: core team из 2–3 внутренних специалистов, прошедших переподготовку, дополняется внешними экспертами для решения сложных задач и менторинга. Такая модель обеспечивает баланс между сохранением знаний внутри компании и доступом к передовой экспертизе, оптимизацию затрат при сохранении качества решений, постепенное наращивание внутренних компетенций.

3.3.3. Технологическая инфраструктура для ИИ

Искусственный интеллект предъявляет качественно новые требования к ИТ-инфраструктуре организации. В отличие от традиционных транзакционных систем, ИИ-решения требуют значительных вычислительных мощностей для обучения моделей, специализированного оборудования (GPU, TPU) для ускорения вычислений, масштабируемых систем хранения для работы с Big Data, высокопроизводительных сетей для передачи больших объёмов данных.

Три уровня инфраструктурных требований:

Инфраструктура для разработки и обучения моделей является наиболее ресурсоёмким компонен-

том. Для обучения современных моделей глубокого обучения, особенно в задачах компьютерного зрения (распознавание номерных знаков, мониторинг состояния инфраструктуры), требуются кластеры GPU. Стоимость одного сервера с 8 GPU профессионального уровня может достигать 10–15 миллионов рублей. Однако для этапа разработки часто экономически целесообразно использовать облачные ресурсы, оплачивая только фактическое время использования.

Инфраструктура production inference обеспечивает работу обученных моделей в режиме реального времени. Требования здесь существенно ниже: обученная модель может эффективно работать на CPU-серверах при условии оптимизации (квантизация, pruning, knowledge distillation). Критическими параметрами становятся latency (время отклика) и throughput (пропускная способность), особенно для систем реального времени в транспорте.

Инфраструктура хранения и обработки данных часто недооценивается при планировании. Современный магистральный грузовик генерирует до 25 ГБ телеметрических данных ежедневно. Для парка из 1000 единиц техники это означает необходимость обработки и хранения 25 ТБ данных в день или около 9 ПБ в год. Требуется не просто ёмкость хранения, но и возможность быстрого доступа к историческим данным для переобучения моделей, системы резервного копирования и disaster recovery, соответствие требованиям по локализации и защите данных.

Таблица 3.5. Требования к инфраструктуре по этапам проекта

Этап проекта	CPU	GPU	RAM	Storage	Сеть	Примерная стоимость
PoC/Прототип	8–16 cores	1–2 (опционально)	32–64 GB	1–5 TB	100 Mbps	50–100 тыс. руб/мес
Разработка	32–64 cores	2–4 Tesla V100	128–256 GB	10–50 TB	1 Gbps	300–500 тыс. руб/мес
Пилот	64–128 cores	4–8 GPU	256–512 GB	50–100 TB	10 Gbps	1–2 млн руб/мес
Production	200+ cores	8–16 GPU	1+ TB	100+ TB	10+ Gbps	3–5 млн руб/мес
Enterprise	1000+ cores	50+ GPU	10+ TB	1+ PB	100 Gbps	10+ млн руб/мес

3.3.4. Выбор между облачной и локальной инфраструктурой

3.3.4. Выбор между облачной и локальной инфраструктурой

Решение о размещении ИИ-инфраструктуры является стратегическим и должно учитывать специфику транспортной отрасли, регуляторные требования и экономические факторы.

Облачная инфраструктура оптимальна для пилотных проектов (быстрый старт без капитальных затрат), переменных нагрузок (эластичное масштабирование под пиковые нагрузки), задач обучения моделей (аренда мощных GPU на короткий период), международных проектов (глобальная доступность). Преимущества включают минимальные начальные инвестиции, возможность быстрого масштабирования, доступ к передовым технологиям и сервисам. Ограничения связаны с зависимостью от внешнего провайдера, потенциальными проблемами с data sovereignty, операционными расходами, растущими пропорционально использованию.

Локальная инфраструктура (on-premise) необходима при работе с критически важными данными (государственная тайна, коммерческие секреты), а также при требованиях регуляторов о локализации данных, стабильной и предсказуемой нагрузке, больших объемах данных, где подобный подход может быть экономически выгоднее. Преимущества: полный контроль над данными и инфраструктурой, предсказуемые операционные расходы, возможность глубокой кастомизации, соответствие самым строгим требованиям безопасности. Недостатки: высокие капитальные затраты, длительное время развёртывания, необходимость содержания квалифицированной команды эксплуатации.

Гибридная модель сочетает преимущества обоих подходов и является оптимальной для большинства крупных транспортных компаний. Типичная архитектура предполагает: хранение и обработку чувствительных данных on-premise, использование облака для обучения моделей и пиковых нагрузок, edge computing для систем реального времени (например, на транспортных средствах), облачные сервисы для некритичных workloads и разработки.

Практический пример: крупная логистическая компания начала с облачной инфраструктуры, инвестировав 3 млн рублей в первый год на AWS-сервисы. После валидации бизнес-модели и подтверждения ROI компания инвестировала 15 млн рублей в создание собственного дата-центра для production workloads, сохранив облако для разработки и обучения моделей. Инвестиции окупились за 2 года за счёт снижения операционных расходов и повышения производительности систем.

3.3.5. Финансовое планирование и оценка ROI

Корректная оценка возврата на инвестиции (ROI) для ИИ-проектов требует учёта как прямых, так и косвенных эффектов, а также понимания временной динамики реализации выгод.

Формула расчёта ROI для ИИ-проектов:

$$ROI = (\text{Совокупная выгода} - \text{Совокупные затраты}) / \text{Совокупные затраты} \times 100 \%$$

Структура выгод от внедрения ИИ/

Прямые финансовые выгоды поддаются точному измерению и включают: сокращение операционных расходов (топливо, maintenance, персонал), увеличение выручки за счёт оптимизации capacity utilization, снижение штрафов и пеней за нарушение SLA, сокращение страховых выплат благодаря снижению аварийности. Для транспортной компании с парком 500 единиц техники, внедрение системы оптимизации маршрутов может обеспечить экономию топлива 10 %, или 15–20 млн рублей ежегодно.

Косвенные и стратегические выгоды сложнее квантифицировать, но их влияние может превышать прямые эффекты: повышение клиентской удовлетворённости и лояльности (рост NPS на 20 пунктов может увеличить retention rate на 15 %), улучшение репутации как инновационной компании (премия к стоимости акций 10–15 %), накопление данных и экспертизы как стратегический актив, повышение привлекательности как работодателя для талантов.

Таблица 3.6. Система сбалансированных показателей для оценки эффективности ИИ-проектов

Перспектива	Метрики	Целевые значения	Методы измерения
Финансовая	<ul style="list-style-type: none"> • ROI • Payback period • TCO reduction 	<ul style="list-style-type: none"> • >25 % годовых • <3 года • -20 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Финансовый анализ • NPV/IRR расчёты
Операционная	<ul style="list-style-type: none"> • Asset utilization • Downtime reduction • Process efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> • +20 % • -30 % • +25 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Телеметрия • ERP данные • Process mining
Клиентская	<ul style="list-style-type: none"> • NPS • On-time delivery • Complaint rate 	<ul style="list-style-type: none"> • +20 пунктов • +15 % • -40 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Опросы • CRM аналитика • Contact center данные
Развитие и обучение	<ul style="list-style-type: none"> • Model accuracy improvement • Data quality • Innovation index 	<ul style="list-style-type: none"> • +5 % в год • >90 % • 5+ новых решений/год 	<ul style="list-style-type: none"> • ML метрики • Data quality dashboards • Innovation pipeline

При планировании ROI критически важно использовать консервативные оценки выгод и пессимистичные оценки затрат. Рекомендуется применять сценарный анализ с тремя вариантами: пессимистичный (выгоды -30 %, затраты +50 %), реалистичный (baseline), оптимистичный (выгоды +20 %, затраты -20 %). Проект считается финансово обоснованным, если даже пессимистичный сценарий обеспечивает положительный NPV.

3.4. Обзор этапов внедрения ИИ-решений в отраслевые бизнес-процессы
3.4.1. Концепция фабрики решений

3.4. Обзор этапов внедрения ИИ-решений в отраслевые бизнес-процессы

3.4.1. Концепция фабрики решений

Современный подход к систематическому внедрению ИИ в транспортной отрасли основывается на концепции фабрики решений (ИИ-фабрики) — комплексной автоматизированной платформы, объединяющей все этапы работы с искусственным интеллектом от генерации идей до промышленной эксплуатации и непрерывного улучшения. В отличие от традиционного проектного подхода, фабрика решений обеспечивает конвейерную разработку и внедрение ИИ-инициатив, стандартизацию процессов и переиспользование компонентов, систематическое

накопление знаний и best practices, ускорение time-to-market для новых решений.

Фабрика решений функционирует как единый организм, где каждый этап представляет собой специализированное подразделение со своими процессами, метриками и критериями качества. Такой подход позволяет параллельно вести десятки инициатив на разных стадиях зрелости, обеспечивая постоянный поток инноваций и оптимальное использование ресурсов.

3.4.2. Этап 1: фабрика идей

Первый этап фабрики решений фокусируется на систематической генерации и первичной оценке идей применения ИИ в различных областях деятельности транспортной компании. На этом этапе формируется pipeline инноваций, определяющий потенциал ИИ-трансформации организации.

Ключевые процессы этапа:

Сбор и структурирование идей происходит через множественные каналы: регулярные брейнштурминги с участием представителей различных подразделений, анализ болевых точек на основе операционных данных и обратной связи, мониторинг глобальных трендов и успешных кейсов в индустрии, предложения от сотрудников через корпоративную платформу инноваций. Все поступающие идеи фиксируются в единой базе знаний с указанием автора, проблемы, предлагаемого решения и ожидаемого эффекта.

Первичная оценка осуществимости включает анализ технической реализуемости с учётом текущего уровня развития ИИ-технологий, оценку доступности и качества необходимых данных, проверку соответствия регуляторным требованиям и ограничениям, предварительную оценку ресурсов и сроков реализации. На основе этого анализа формируется короткий паспорт идеи, содержащий структурированное описание проблемы и предлагаемого решения, гипотезы о механизмах создания ценности, предварительные метрики успеха и KPI, основные риски и факторы неопределённости.

Критерии принятия решения Go/No-Go:

- наличие измеримой бизнес-проблемы с оценённым финансовым влиянием,
- техническая осуществимость решения на текущем уровне технологий,
- доступность качественных данных в необходимом объёме,
- соответствие стратегическим приоритетам организации,
- приемлемое соотношение потенциальной ценности к затратам.

На выходе этапа формируется портфель валидированных идей с присвоенными приоритетами, готовых к детальной проработке. Типичный коэффициент конверсии составляет 20–30 % — из 100 первоначальных идей в дальнейшую разработку переходят 20–30 наиболее перспективных.

3.4.3. Этап 2: развитие кейсов

На втором этапе происходит трансформация абстрактных идей в детализированные бизнес-кейсы с чёткими параметрами реализации. Этот этап критически важен для обеспечения соответствия между техническими возможностями и бизнес-потребностями.

Формирование детального бизнес-кейса включает:

- глубокий анализ целевого процесса с применением методологий process mining и value stream mapping для выявления всех точек создания и потери ценности. Проводится серия интервью с процессными экспертами, анализируются исторические данные о производительности, выявляются первопричины существующих проблем. На основе этого анализа формулируются конкретные, измеримые цели трансформации, привязанные к бизнес-метрикам организации;
- технологическая проработка решений. Предполагает выбор оптимального подхода к решению задачи (классическое ML, Deep Learning, Reinforcement Learning, Rule-Based Systems), определение архитектуры решения и требований к инфраструктуре, разработку спецификации данных с описанием всех необходимых источников данных, планирование этапов разработки и внедрения с контрольными точками;

3.4.4. Этап 3: воронка решений и приоритизация

- **Аудит данных.** Является критически важным элементом. Включает инвентаризацию доступных источников и оценку их качества, выявление пробелов и планирование мероприятий по их устранению, создание и разметку пилотного датасета для проверки гипотез, анализ потенциальных смещений и разработку стратегий их митигации.

Оценка рисков и разработка митигационных стратегий:

- технические риски (неработоспособность алгоритмов, недостаточная точность моделей);
- организационные риски (сопротивление изменениям, недостаток компетенций);
- регуляторные риски (изменение законодательства, требования по защите данных);
- финансовые риски (превышение бюджета, недостижение целевого ROI);
- репутационные риски (негативная реакция клиентов, публичные сбои системы).

На выходе формируется полный бизнес-кейс, готовый к презентации инвестиционному комитету, включающий детальное описание решения и план реализации, финансовую модель с оценкой затрат и выгод, оценку рисков с митигационными стратегиями, дорожную карту с чёткими контрольными точками и результатами.

3.4.4. Этап 3: воронка решений и приоритизация

Третий этап представляет собой критическую точку принятия решений, где из множества проработанных кейсов отбираются инициативы для реализации. Процесс приоритизации основывается на многокритериальной оценке, учитывающей стратегическую значимость, экономическую эффективность, техническую готовность и организационные возможности.

Методология приоритизации включает:

- скоринговую модель оценки инициатив по пяти ключевым измерениям: стратегическое соответствие (вес 25 %) — насколько инициатива поддерживает достижение стратегических целей организации; финансовый потенциал (вес 30 %) — ожидаемый ROI и период окупаемости; техниче-

ская зрелость (вес 20 %) — готовность технологий и данных; организационная готовность (вес 15 %) — наличие компетенций и поддержки стейкхолдеров; риск-профиль (вес 10 %) — вероятность успешной реализации.

3.4.5. Этап 4: реализация PoC и MVP

3.4.5. Этап 4: реализация PoC и MVP

Четвёртый этап фокусируется на создании работающих прототипов и минимально жизнеспособных продуктов, демонстрирующих применимость ИИ-решений в реальных условиях транспортной компании.

Организация пилотирования предполагает выбор оптимальной площадки для пилота с учётом репрезентативности условий (типичные, а не исключительные обстоятельства), наличия мотивированной команды и поддержки местного руководства, возможности изоляции от основных операций для минимизации рисков, доступности качественных данных и технической инфраструктуры. Для транспортной компании это может быть отдельное депо, маршрут или региональное подразделение.

Реализация MVP следует принципам гибкой разработки с короткими итерациями (2–3 недели), постоянной валидацией с пользователями, фокусом на основной функциональности, готовностью к смене направления на основе обратной связи. MVP должен решать одну ключевую проблему пользователей, даже если не идеально, обеспечивать измеримый бизнес-эффект, быть масштабируемым при подтверждении гипотез.

Методы тестирования в пилоте:

- A/B тестирование для сравнения с существующими процессами,
- shadow mode — параллельная работа без влияния на операции,
- controlled rollout — постепенное расширение scope пилота,
- synthetic control — сравнение со статистически схожими контрольными группами.

Критически важным является систематический сбор обратной связи через регулярные интервью с пользователями, анализ логов и телеметрии системы, наблюдение за фактическим использова-

нием, опросы удовлетворённости и NPS-метрики. Обратная связь должна покрывать не только функциональные аспекты, но и пользовательский опыт, влияние на рабочие процессы, неожиданные сценарии использования и пограничные случаи.

На выходе этапа формируется валидированный MVP с подтверждённым соответствием продукта рынку, детальный отчёт о результатах пилота с анализом достигнутых метрик, план масштабирования с учётом извлечённых уроков, бизнес-обоснование для полномасштабного внедрения.

3.4.6. Этап 5: защита результатов и принятие решения о масштабировании

Пятый этап представляет собой формальную процедуру оценки результатов пилотных проектов и принятия решения о переходе к промышленному внедрению. Этот этап критически важен для обеспечения качества и управления рисками при масштабировании ИИ-решений.

Комплексная оценка результатов пилота включает:

- анализ достижения целевых показателей по всем заявленным метрикам с детальным разбором причин отклонений. Проводится статистическая валидация результатов для исключения случайных факторов, анализируется устойчивость эффектов во времени, оценивается воспроизводимость результатов в других условиях;
- технический аудит решения. Предполагает оценку качества кода и архитектуры, анализ производительности и масштабируемости, проверку безопасности и соответствия стандартам, а также валидацию ML-моделей на предмет переобучения и смещения. Особое внимание уделяется техническому долгу — накопленным техническим компромиссам, которые могут затруднить дальнейшее развитие системы;
- оценка рисков для промышленного внедрения. Предусматривает идентификацию всех категорий рисков (технические, операционные, финансовые, репутационные), оценку вероятности и потенциального ущерба, разработку детальных планов

митигации, определение критериев для активации резервных планов действий.

3.4.7. Этап 6: проработка архитектуры и подготовка к внедрению

Подготовка к индустриализации предполагает:

- разработку полной технической документации и runbooks,
- настройку процессов CI/CD/CT для автоматизированного развёртывания,
- создание системы мониторинга и оповещения,
- разработку планов аварийного восстановления,
- подготовку программ обучения для пользователей и команд поддержки.

На выходе формируется решение инвестиционного комитета (или иного органа, уполномоченного принимать соответствующие решения) о масштабировании с чёткими условиями и ограничениями, детальный план индустриализации с временным графиком и ресурсным планом, соглашения об уровне сервиса (SLA) для завершающего этапа подготовки системы, организационная структура для поддержки решения.

3.4.7. Этап 6: проработка архитектуры и подготовка к внедрению

Шестой этап фокусируется на создании архитектуры, способной обеспечить надёжную работу ИИ-решения в масштабах всей организации.

Разработка целевой архитектуры включает:

- проектирование масштабируемой системы, способной обрабатывать нагрузки с учётом пиковых значений и будущего роста. Архитектура должна обеспечивать горизонтальное масштабирование для обработки увеличивающихся объёмов данных, отказоустойчивость через избыточность критических компонентов, плавное снижение функциональности при частичных сбоях и возможность использования blue-green развёртывания для безопасных обновлений;
- интеграцию с корпоративным ландшафтом. Она требует детального анализа всех точек взаимодействия с существующими системами (ERP, CRM, TMS, WMS), разработки API и интеграционных адаптеров, обеспечения совместимости форматов дан-

ных и протоколов, организации системы управления мастер-данными для консистентности данных.

Организация процессов эксплуатации и поддержки:

- L1-поддержка — первая линия поддержки для пользователей (FAQ, базовый уровень);
- L2-поддержка — техническая поддержка и решение сложных инцидентов;
- L3-поддержка — экспертная поддержка и развитие системы;
- процессы change management для контролируемых изменений;
- управление инцидентами с чёткими SLA и процедурами эскалации.

План управления изменениями охватывает все аспекты организационной трансформации: коммуникационную стратегию для различных групп стейкхолдеров, программы обучения с учётом ролей и уровня подготовки, изменение бизнес-процессов и должностных инструкций, систему мотивации и KPI для стимулирования принятия новых решений, механизмы сбора и обработки обратной связи.

3.4.8. Этап 7: промышленная эксплуатация и непрерывное улучшение

Заключительный этап фабрики решений обеспечивает устойчивую работу ИИ-систем в production и их постоянную эволюцию в соответствии с меняющимися потребностями бизнеса.

Управление жизненным циклом ИИ-решений включает:

1. Непрерывный мониторинг качества работы через отслеживание технических метрик (latency, throughput, error rate), бизнес-метрик (достижение KPI, влияние на процессы), качества ML-моделей (accuracy, precision, recall, data drift), пользовательской удовлетворённости и уровня adoption. Система мониторинга должна обеспечивать возможность отслеживать и контролировать процессы в режиме реального времени через дашборды, автоматическое обнаружение аномалий, проактивное оповещение при деградации показателей,

анализ первопричин для быстрого устранения проблем.

2. Регулярное обновление и переобучение моделей. Происходит по установленному расписанию или при обнаружении drift. Процесс включает сбор новых данных и расширение обучающей выборки, эксперименты с новыми алгоритмами, A/B тестирование обновлённых моделей, контролируемое развертывание с возможностью быстрого отката.

Масштабирование и развитие платформенных сервисов.

На основе накопленного опыта формируются переиспользуемые компоненты и сервисы: централизованное хранилище, которое управляет жизненным циклом моделей машинного обучения для версионирования и развертывания моделей, шаблоны конвейеров передачи данных для типовых сценариев обработки данных, библиотека UI-компонентов для унифицированного пользовательского опыта. Это позволяет существенно ускорить разработку новых решений и снизить затраты на их создание.

План вывода из эксплуатации устаревших решений является важным, но часто игнорируемым аспектом. Он включает критерии принятия решения о decommission (техническое устаревание, отсутствие бизнес-ценности), процедуры миграции данных и функциональности, архивирование и сохранение записей, оценку и митигацию остаточных рисков.

3.4.9. Фазово-гейтовая модель управления ИИ-проектами

Для обеспечения контролируемого продвижения инициатив через этапы фабрики решений применяется фазово-гейтовая модель, адаптированная под специфику ИИ-проектов в транспортной отрасли.

Структура фазово-гейтовой модели

Каждая фаза представляет собой определённый этап развития ИИ-решения с чёткими входными требованиями, активностями и deliverables. Между фазами располагаются гейты — контрольные точки принятия решений, где оценивается готовность к переходу на следующий этап. На каждом гейте принимается одно из решений: Go (продолжить), Kill (оста-

новить проект), Hold (приостановить для доработки), Recycle (вернуться на предыдущую фазу).

Фаза 1: Discovery & Feasibility (4–8 недель). Фокус на понимании проблемы и оценке применимости ИИ. Активности включают анализ бизнес-потребностей, оценку доступности данных, техническое PoC. Критерии Gate 1: подтверждённая техническая осуществимость, доступность качественных данных, положительный предварительный ROI, наличие заинтересованного бизнес-заказчика.

Фаза 2: Design & Development (8–16 недель). Создание работающего прототипа решения. Активности: детализация требований, разработка MVP, первичное тестирование. Критерии Gate 2: функционирующий MVP, достижение базовых метрик качества, проверенные варианты использования, готовность к пилотированию.

Фаза 3: Pilot & Validation (12–24 недели). Проверка решения в реальных условиях на ограниченном score. Критерии Gate 3: достижение целевых бизнес-метрик, положительная обратная связь пользователей, подтверждённая масштабируемость, состоятельное экономическое обоснование для внедрения.

Фаза 4: Deployment & Scale (16–32 недели). Полномасштабное внедрение и достижение целевого охвата. Критерии Gate 4: успешное развёртывание на целевой аудитории, стабильная работа в продуктивном контуре, достижение заявленного ROI, готовность организации к поддержке.

Фаза 5: Operate & Optimize (Continuous). Непрерывная эксплуатация и улучшение решения. Регулярные ревью для оценки поддержки актуальности, эффективности и потенциала развития.

3.5. Программы и методики испытаний. Оценка эффективности внедрения ИИ-решений

3.5.1. Специфика тестирования ИИ-систем в транспорте

Тестирование систем искусственного интеллекта фундаментально отличается от традиционного тестирования программного обеспечения. В классиче-

ском ПО для заданного входа существует единственный корректный выход, который можно однозначно верифицировать. ИИ-системы оперируют в пространстве вероятностей, где «правильный» ответ может варьироваться, а качество решения оценивается статистически. Для транспортной отрасли, где цена ошибки может измеряться человеческими жизнями, это создаёт уникальные вызовы.

Критическое отличие заключается в природе ошибок. Система, демонстрирующая 99 % точности, может катастрофически ошибаться в оставшемся 1 % случаев. Например, система компьютерного зрения, безупречно распознающая транспортные средства при нормальных условиях, может интерпретировать граффити на стене как дорожный знак или не заметить автомобиль в условиях необычного освещения. Такие ситуации требуют специализированных методик выявления и митигации.

3.5.2. Пирамида тестирования для ИИ-систем

3.5.2. Пирамида тестирования для ИИ-систем

Адаптированная пирамида тестирования для ИИ-проектов в транспорте сохраняет классическую структуру, но с существенными модификациями на каждом уровне.

Уровень 1: unit-тестирование компонентов (75 % всех тестов)

На базовом уровне тестируются отдельные функции предобработки, разработки признаков, постобработки результатов. Для ML-компонентов определяются приемлемые пороги качества вместо бинарных pass/fail критериев. Например, для функции определения типа транспортного средства устанавливается минимальная точность 95 % на валидационном датасете из 10 000 размеченных изображений. При этом критически важно тестирование на критических ошибках — система никогда не должна путать грузовое и пассажирское транспортное средство, даже если допустимы ошибки в определении конкретной модели.

Уровень 2: интеграционное тестирование (20 % всех тестов)

Проверяется корректность взаимодействия ML-компонентов с традиционными системами. Осо-

бое внимание уделяется границам между вероятностными и детерминированными компонентами. Типичный пример: модель прогнозирования выдаёт вероятности различных исходов, а система планирования ожидает бинарного решения. Необходимо тестировать корректность преобразования вероятностей в решения при различных порогах, обработку случаев неопределённости, поведение при получении неожиданных входных данных.

Уровень 3: end-to-end тестирование (5 % всех тестов)

Проверяются полные сценарии использования в условиях, максимально приближенных к производственной среде. Главная сложность — обеспечение воспроизводимости результатов при наличии стохастических компонентов. Решение включает фиксацию random seeds, версионирование моделей и данных, создание датасетов с эталонными результатами. Для транспортных систем критически важно тестирование сценариев деградации, — как система поведёт себя при частичной потере данных или отказе отдельных компонентов.

3.5.3. Специализированные методики тестирования ИИ

Тестирование робастности (robustness testing)

Проверка устойчивости системы к различным возмущениям и аномальным условиям является критической для транспортных применений.

Adversarial testing предполагает целенаправленные попытки обмануть систему. Для системы распознавания номерных знаков тестируются: частично закрытые номера (грязь, снег, механические повреждения), нестандартные углы съёмки и расстояния, различные условия освещения (ночь, контровый свет, блики), попытки умышленного обмана (изменённые символы, отражающие покрытия). Каждый тип возмущения должен быть систематически протестирован с измерением деградации точности.

Noise injection testing оценивает поведение системы при зашумлении входных данных. Для GPS-координат добавляются погрешности различной величины, для телеметрических данных симулируются

пропуски и выбросы, для изображений применяются различные типы искажений. Система должна демонстрировать отказоустойчивость — постепенное снижение качества, а не катастрофический отказ.

Тестирование справедливости (fairness testing)

ИИ-системы не должны создавать или усиливать дискриминацию. В транспортном контексте это особенно важно для систем, влияющих на людей.

Рассмотрим систему оценки водителей для распределения премий. Необходимо проверить отсутствие систематических отклонений от истины, по времени работы (дневные vs ночные смены), географии маршрутов (центр vs периферия), типу транспортного средства, стажу работы и возрасту, гендеру и другим защищённым характеристикам. Выявленные отклонения должны быть скорректированы через перераспределение обучающих данных, применение debiasing техник (методы, которые помогают удалить или снизить уровень предубеждений в моделях ML), или изменение целевой функции.

Тестирование объяснимости (explainability testing)

Для транспортных систем критически важна способность объяснить принятые решения, особенно при взаимодействии с регуляторами и в случае инцидентов.

Внедрение методов интерпретации (SHAP, LIME, attention maps) позволяет понять факторы, влияющие на решения модели. Например, система предиктивного обслуживания должна не просто сигнализировать о необходимости ремонта, но и указывать ключевые индикаторы: аномальные вибрации, превышение температурных порогов, изменение акустической сигнатуры. Тестирование включает валидацию корректности объяснений экспертами, проверку консистентности объяснений для схожих случаев, оценку понятности объяснений для целевой аудитории.

3.5.4. Валидация критически важных систем

Для систем, критических для безопасности, применяются специальные стандарты валидации, основанные на концепции Safety Integrity Levels (SIL).

Таблица 3.7. Требования SIL для транспортных ИИ-систем

Уровень	Вероятность опасного отказа	Примеры систем	Требования к тестированию	Документация
SIL 0	Не критично	<ul style="list-style-type: none"> • Информационные системы • Развлекательные сервисы • Wi-Fi в транспорте 	<ul style="list-style-type: none"> • Стандартное функциональное тестирование • Базовая документация • User acceptance testing 	<ul style="list-style-type: none"> • Test cases • User manual • Release notes
SIL 1	$< 10^{-5}/\text{час}$	<ul style="list-style-type: none"> • Системы комфорта • Навигация для водителя • Информирование пассажиров 	<ul style="list-style-type: none"> • Code review • Функциональное тестирование • Регрессионное тестирование • Performance testing 	<ul style="list-style-type: none"> • Test reports • Architecture docs • Risk analysis • Traceability matrix
SIL 2	$< 10^{-6}/\text{час}$	<ul style="list-style-type: none"> • Планирование маршрутов • Системы продажи билетов • Мониторинг состояния инфраструктуры 	<ul style="list-style-type: none"> • Независимое тестирование • Stress testing • Частичная formal verification • Failure mode analysis 	<ul style="list-style-type: none"> • Safety case • V&V reports • Change control • Compliance matrix
SIL 3	$< 10^{-7}/\text{час}$	<ul style="list-style-type: none"> • Системы предупреждения • Контроль скорости • Предиктивное ТО критических узлов 	<ul style="list-style-type: none"> • Полная formal verification • Redundancy testing • Fault injection • Сертификация третьей стороной 	<ul style="list-style-type: none"> • Complete compliance package • Third-party audit • Continuous monitoring logs • Incident reports
SIL 4	$< 10^{-8}/\text{час}$	<ul style="list-style-type: none"> • Автоматическое торможение • Collision avoidance • Автопилот 	<ul style="list-style-type: none"> • Математическое доказательство корректности • Triple redundancy • Extensive simulation • Real-world testing 	<ul style="list-style-type: none"> • Full audit trail • Regulatory certification • Real-time monitoring • Safety evidence file

3.5.5. KPI и метрики оценки эффективности

Для каждого уровня SIL существуют специфические требования к процессу разработки, тестирования и документирования.

3.5.5. KPI и метрики оценки эффективности

Корректный выбор и интерпретация метрик является критическим фактором успеха ИИ-проектов в транспорте. Метрики должны отражать как техническое качество решения, так и его бизнес-ценность.

Технические метрики для различных типов задач

Для задач классификации (определение типа груза, категоризация инцидентов) ключевыми метриками являются Accuracy (общая точность), Precision (точность положительных предсказаний), Recall (полнота обнаружения), F1-score (гармоническое среднее precision и recall). Выбор основной метрики зависит от cost-benefit анализа ошибок. Для системы обнаружения опасных грузов критичен высокий recall (>95 %) — лучше false alarm, чем пропущенная угроза.

Для задач регрессии (прогнозирование времени прибытия, расхода топлива) используются MAE (Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Square Error), MAPE (Mean Absolute Percentage Error), R^2 (коэффициент детерминации). Для оценки качества прогнозов в различных режимах работы метрики рассчитываются отдельно для различных сегментов данных.

Для задач ранжирования и рекомендаций (оптимизация маршрутов, приоритизация заданий) применяются NDCG (Normalized Discounted Cumulative Gain), MAP (Mean Average Precision), MRR (Mean Reciprocal Rank). Эти метрики учитывают не только корректность, но и порядок предложенных вариантов.

Бизнес-метрики и их связь с техническими показателями

Критически важно установить чёткую прослеживаемость между техническими метриками ML-моделей и бизнес-KPI организации. Например, улучшение точности прогнозирования времени прибытия на 10 % может привести к: повышению удовлетворённости клиентов (NPS +5 пунктов), снижению штрафов за опоздания (-15 %), оптимизации использования ресурсов (+8 % загрузки), сокращению затрат на сверхурочные (-12 %).

Таблица 3.8. Система сбалансированных показателей для транспортных ИИ-проектов

Перспектива	Метрики	Формула/Описание	Типичное улучшение
Финансовая	Возврат на инвестиции Период окупаемости Стоимость за транзакцию Выручка на единицу	$(\text{Выгода} - \text{Затраты}) / \text{Затраты} \times 100 \%$ $\text{Инвестиции} / \text{Годовая экономия}$ $\text{Общие затраты} / \text{Количество транзакций}$ $\text{Выручка} / \text{Размер парка}$	>25 % ежегодно <3 года -30 % +15 %

Операционная	Общая эффективность обслуживания Соблюдение расписания Топливная эффективность Коэффициент затрат на обслуживание	Доступность × Производительность × Качество Своевременные отправления / Всего Расстояние / Потребленное топливо Затраты на обслуживание / Стоимость активов	+20 % +25 % +12 % -35 %
Клиентская	Индекс потребительской лояльности Удовлетворенность клиентов Решение с первого обращения Коэффициент оттока	% Промоутеров — % Критиков Удовлетворенные клиенты / Всего Решено с первого раза / Всего Потерянные клиенты / Всего клиентов	+20 пунктов +15 % +30 % -25 %
Инновации и обучение	Дельта производительности модели Оценка качества данных Уровень автоматизации ИИ-грамотность сотрудников	Текущая точность — Базовая Валидные записи / Всего записей Автоматизированные решения / Всего Обученные сотрудники / Всего	+5 % ежегодно >95 % >70 % >80 %

3.5.6. Мониторинг в производственной среде

3.5.6. Мониторинг в производственной среде

Развёртывание ИИ-системы в производственной среде — это начало, а не конец пути. Непрерывный мониторинг необходим для обеспечения устойчивой производительности и своевременного обнаружения деградации.

Комплексная система мониторинга включает четыре уровня

Инфраструктурный мониторинг отслеживает базовые технические показатели: доступность системы (время безотказной работы), использование ресурсов (ЦПУ, память, хранилище, сеть), задержку и пропускную способность, частоту ошибок и журналы исключений. Для транспортных систем критически важен мониторинг периферийных устройств — сенсоров, камер, GPS-трекеров.

Мониторинг качества данных выявляет проблемы до того, как они повлияют на модели: дрейф данных — изменение статистических свойств входных данных; дрейф схемы — изменение структуры данных; проблемы качества данных — пропуски, выбросы, дубликаты; актуальность — свежесть поступающих данных. Автоматические оповещения настраиваются на критические отклонения.

Мониторинг МО-моделей отслеживает специфические для машинного обучения метрики: дрейф предсказаний — изменение распределения предсказаний; концептуальный дрейф — изменение взаимосвязи между признаками и целевой переменной.

ной; деградация производительности — снижение точности, полноты, отзыва, метрики справедливости — выявление возникающей предвзятости.

Бизнес-мониторинг связывает технические показатели с бизнес-результатами: влияние на ключевые КПЭ, вовлеченность пользователей и уровень принятия, реализация бизнес-ценности, соответствие соглашениям об уровне обслуживания и регуляторным требованиям.

Система оповещения и реагирования.

Эффективная система оповещений использует многоуровневый подход. Критические оповещения (П1) требуют немедленной реакции и включают: полную недоступность системы, критическое падение точности (>10 %), обнаружение критически важных для безопасности ошибок, нарушение регуляторных требований. Основные оповещения (П2) требуют реакции в течение часа: деградация производительности >25 %, рост частоты ошибок >5 %, обнаружение систематической предвзятости, превышение пороговых значений затрат. Второстепенные оповещения (П3) обрабатываются в рабочее время: приближение к лимитам ресурсов, небольшое снижение качества (<5 %), новые паттерны в данных, необходимость переобучения.

3.5.7. А/Б тестирование и контролируемое развертывание

А/Б тестирование в транспортной отрасли имеет специфические ограничения, связанные с сетевыми эффектами, длительными циклами обратной связи и этическими соображениями.

Преодоление сетевых эффектов

В транспортных системах элементы взаимодействуют друг с другом, что затрудняет изоляцию тестовой и контрольной групп. Решения включают: географическую сегментацию (разные города или районы), временную сегментацию (чередование периодов), методы синтетического контроля (статистическое моделирование контрольной группы), дизайн с переключением (быстрый переход от одного варианта к другому).

Управление длинными циклами обратной связи

Эффект от изменений в системе предиктивного обслуживания может проявиться через месяцы. Для ускорения оценки используются: суррогатные метрики — краткосрочные индикаторы долгосрочных эффектов, опережающие индикаторы, оценка на основе симуляции — моделирование долгосрочных эффектов, ускоренное тестирование — искусственное ускорение процессов.

Этические ограничения и справедливость

Недопустимо намеренно предоставлять худший сервис контрольной группе. Принципы этического А/Б тестирования включают: тестирование улучшений, а не ухудшений, обеспечение минимально приемлемого сервиса для всех групп, прозрачная коммуникация с участниками, возможность отказа от участия в эксперименте, регулярная проверка этическим комитетом.

Пример успешного А/Б теста в транспортной компании.

Гипотеза: добавление данных о трафике в реальном времени улучшит точность прогнозов предполагаемого времени прибытия.

Состав эксперимента

- Группа А (контрольная): 100 доставочных автомобилей с базовой системой
- Группа Б (тестовая): 100 автомобилей с улучшенной системой
- Стратифицированная рандомизация по типам маршрутов
- Продолжительность: 30 дней
- Основные метрики: средняя абсолютная процентная ошибка ПВП, уровень своевременной доставки
- Второстепенные метрики: расход топлива, удовлетворенность водителей

Результаты

- Точность ПВП: САПО снизилась с 15 % до 11 % (-27 % относительное улучшение)
- Своевременная доставка: увеличилась с 82 % до 89 % (+8.5 %)
- Расход топлива: снижение на 5 %
- Удовлетворенность водителей: ИПЛ вырос на 15 пунктов

Статистическая значимость подтверждена через t-тест ($p < 0.01$) с поправкой на множественные сравнения. Решение о полном развертывании принято с поэтапным подходом через 4 региона в течение 2 месяцев.

3.5.8. Оценка эффективности внедрения ИИ-решений в бизнес-процессы

3.5.8. Оценка эффективности внедрения ИИ-решений в бизнес-процессы

Используя подходы growth hacking и Теории ограничения систем (ТОС), мы анализируем ключевые процессы, значительно влияющие на стратегические цели компании, моделируем новые процессы, делаем оценку эффектов, проверяем в пилотах влияние технологии на метрики, в случае положительного результата — готовимся к поэтапному масштабированию и переходу на новые технологии.

Алгоритм поиска драйверов роста через ИИ:

1. Идентификация ограничений (узких мест) в ключевых процессах через анализ процессов и картирование потока создания ценности.
2. Моделирование идеального процесса без текущих ограничений.
3. Оценка потенциала ИИ для устранения или смягчения ограничений.
4. Быстрое экспериментирование через пилотные проекты.
5. Масштабирование успешных решений с непрерывной оптимизацией.

Практический пример применения методологии

Кейс: оптимизация управления воздушным движением

Компания-провайдер аэронавигационных услуг столкнулась с ограничением пропускной способности воздушного пространства, приводящим к систематическим задержкам и перерасходу топлива.

Шаг 1: анализ ограничений. Выявлено ключевое узкое место — ручное планирование маршрутов диспетчерами не успевает за ростом трафика. Метрики до внедрения: среднее время задержки 15–20 минут, пропускная способность 40 взлётов/посадок в час, перерасход топлива 5–7 % от оптимального.

Шаг 2: моделирование идеального процесса. Разработана концепция управления воздушным движе-

нием с поддержкой ИИ с оптимизацией маршрутов в реальном времени на основе текущей загрузки воздушного пространства, метеорологических данных, характеристик воздушных судов, исторических паттернов.

Шаг 3: пилотирование. 3-месячный пилот в аэропорту средней загрузки. Система работала в теневом режиме, предлагая рекомендации диспетчерам.

Шаг 4: результаты и масштабирование.

- Снижение среднего времени задержки на 35 % (с 18 до 12 минут)
- Увеличение пропускной способности на 18 % (до 47 операций/час)
- Снижение расхода топлива на 4.5 %
- Возврат инвестиций за 3 месяца: 220 %

Принято решение о поэтапном развертывании на 5 аэропортов в течение 6 месяцев с последующей интеграцией в национальную систему УВД.

3.5.9. Непрерывное улучшение моделей и управление их жизненным циклом

ИИ-системы требуют постоянного совершенствования для поддержания эффективности. В транспортной отрасли, характеризующейся динамичными изменениями (новые маршруты, регуляции, технологии), это особенно критично.

Управление жизненным циклом моделей включает:

- **непрерывный мониторинг** — постоянное отслеживание метрик производительности, индикаторов качества данных, бизнес-КПЭ. Автоматические конвейеры собирают данные из производственной среды, сравнивают с базовой линией, генерируют оповещения при отклонениях;
- **запланированное переобучение** — регулярное, на актуальных данных. Частота определяется динамикой процесса: ежедневно — для динамического ценообразования, еженедельно — для прогнозирования спроса, ежемесячно — для оптимизации маршрутов, ежеквартально — для предиктивного обслуживания. Триггер переобучения также может быть основан на событиях (изменение регуляций, сезонность, крупные инциденты);

- **фреймворк чемпион/претендент** — постоянное тестирование альтернативных моделей. Модель-чемпион обслуживает основной трафик, модели-претенденты тестируются на небольшой выборке, при превышении производительности чемпиона происходит контролируемое переключение;
- **контроль версий и процедуры отката** — все модели версионизируются с полным журналом аудита (снимок обучающих данных, гиперпараметры, метрики производительности). Возможность мгновенного отката при обнаружении проблем критически важна для производственных систем;
- **интеграция обратной связи** — систематический сбор и включение обратной связи: явная обратная связь от пользователей, неявная обратная связь из паттернов использования, анализ ошибок и расследование коренных причин, непрерывное обучение через подходы активного обучения;
- **планирование вывода моделей из эксплуатации**. Критерии для вывода модели из эксплуатации: устойчивая низкая производительность, несмотря на переобучение, изменение бизнес-процесса, делающее модель нерелевантной, появление превосходящей технологии или подхода, изменения соответствия или регуляторные изменения. Процесс включает льготный период с параллельной работой, архивирование данных для соответствия требованиям, передачу знаний для моделей-преемников.

3.6. Рекомендации по практическим гибким подходам разработки и внедрения ИИ

3.6.1. Адаптация Agile для ИИ-проектов: от DevOps к MLOps

3.6. Рекомендации по практическим гибким подходам разработки и внедрения ИИ

3.6.1. Адаптация Agile для ИИ-проектов: от DevOps к MLOps

Традиционные методологии разработки программного обеспечения требуют существенной адаптации для эффективного управления ИИ-проектами. Линейный подход «водопад», успешно применяемый в инфраструктурных проектах с предсказуемыми требованиями, оказывается неэффективным для ИИ-решений, где результат экспериментов непред-

скажем, а требования эволюционируют по мере понимания возможностей технологии.

MLOps представляет собой эволюцию DevOps-практик, адаптированных под специфику машинного обучения. Ключевые отличия MLOps от классического DevOps включают необходимость версионирования не только кода, но и данных, моделей и экспериментов; интеграцию экспериментирования в основной рабочий процесс вместо отделения исследований и разработок от производственной среды; реализацию непрерывного обучения наряду с непрерывной интеграцией/развёртыванием; управление дрейфом моделей и дрейфом данных как нормальной частью жизненного цикла.

Архитектура MLOps-конвейера для транспортной компании

Конвейер данных обеспечивает надёжный качественный поток: автоматический приём из множества источников (IoT-сенсоры, GPS, транзакции), валидацию схемы и качества данных, трансформацию и разработку признаков, версионированное хранение в хранилище признаков. Для транспортной компании это означает обработку терабайтов телеметрии ежедневно с гарантией консистентности и полноты.

Платформа экспериментирования предоставляет специалистам по данным среду для продуктивной работы: доступ к историческим данным и вычислительным ресурсам, отслеживание экспериментов через MLflow или аналоги, автоматизированную настройку гиперпараметров, совместные блокноты и обмен кодом. Все эксперименты логируются с полной воспроизводимостью результатов.

Конвейер обучения автоматизирует процесс обучения готовых к производству моделей: запускаемое переобучение на основе расписания или событий, распределённое обучение для больших моделей, автоматизированное тестирование и валидацию, реестр моделей с метаданными и происхождением. Критически важна возможность отката к предыдущим версиям при обнаружении проблем.

Конвейер развёртывания обеспечивает безопасное развёртывание моделей: контейнеризацию для портативности, A/B тестирование и канареечные развёртывания, автоматический откат при деградации ме-

трик, обслуживание нескольких моделей для подхода чемпион/претендент. Для систем реального времени в транспорте критична минимизация задержки.

Мониторинг и обратная связь замыкают цикл непрерывного улучшения: мониторинг технических и бизнес-метрик в реальном времени, обнаружение дрейфа и оповещения, автоматизированные триггеры переобучения, сбор и внедрение обратной связи. Система должна проактивно выявлять проблемы до их влияния на бизнес.

3.6.2. Scrum для ИИ-команд: управление неопределённостью

3.6.2. Scrum для ИИ-команд: управление неопределённостью

Применение Scrum в ИИ-проектах требует фундаментального переосмысления концепции «завершённого инкремента». В отличие от традиционной разработки, где спринт завершается работающей функциональностью, в ИИ-проектах результатом спринта может быть опровержение гипотезы или понимание, что выбранный подход не работает. Это не провал, а ценное знание, приближающее к решению.

Адаптированные Scrum-церемонии для ML-команд

Планирование спринта фокусируется на формулировании и приоритизации гипотез вместо обязательств по конкретным поставкам. Пример Гипотезы: добавление данных о погоде улучшит точность прогноза задержек на 5 %. Каждая гипотеза сопровождается критериями успеха, методом проверки и требуемыми ресурсами. Мощность команды планируется с учётом времени на эксперименты и возможных тупиков.

Ежедневный стендап расширяется вопросами об экспериментах и инсайтах: какие эксперименты проведены и каковы их результаты, какие гипотезы подтвердились или опровергнуты, какие новые данные или подходы обнаружены, какие блокеры в данных или инфраструктуре. Важно создать психологически безопасную среду, где отрицательные результаты воспринимаются как прогресс.

Обзор спринта демонстрирует не только успешные модели, но и неудачные эксперименты с извлечёнными уроками. Заинтересованные стороны должны понимать исследовательскую природу ра-

боты и ценность отрицательных результатов. Презентация включает: проверенные гипотезы и их результаты, достигнутые метрики против целевых, обнаруженные ограничения и граничные случаи, рекомендации для следующих экспериментов.

Ретроспектива спринта анализирует не только процесс, но и технический долг, проблемы качества данных, узкие места инфраструктуры. Обсуждаются: эффективность дизайна экспериментов, достаточность вычислительных ресурсов, качество и доступность данных, баланс между исследованием и эксплуатацией.

Управление бэклогом в ML-проектах

Бэклог ML-продукта содержит смесь различных типов работ: исследовательские задачи (изучение новых алгоритмов, датасетов), инженерные задачи (оптимизация вывода, реализация конвейеров), работа с данными (разметка, очистка, аугментация), технический долг (рефакторинг, документация). Приоритизация учитывает потенциальное влияние, технический риск, зависимости и ценность обучения.

Планирование на уровне эпиков фокусируется на бизнес-результатах, а не технических решениях. Например, вместо «Реализовать LSTM для временных рядов» используется формулировка «Улучшить точность прогнозирования спроса на 20 %». Это даёт гибкость в выборе подходов и позволяет изменить направление при необходимости.

3.6.3. Культура экспериментирования и инноваций

Создание культуры, поддерживающей экспериментирование и принимающей неудачи как часть процесса обучения, является критическим фактором успеха ИИ-трансформации в традиционно консервативной транспортной отрасли.

Принципы построения экспериментальной культуры

Психологическая безопасность — создание среды, где сотрудники не боятся предлагать «сумасшедшие» идеи и признавать ошибки. Это достигается через: празднование осмысленных неудач, где анализируются и распространяются извлечённые уро-

ки; безобвинительные разборы, фокусирующиеся на системных улучшениях; прозрачную коммуникацию о неудачах от руководства; системы вознаграждения, учитывающие принятие рисков и попытки инноваций.

Структурированное экспериментирование — систематический подход к проверке гипотез: чёткая формулировка гипотез с измеримыми результатами, ограниченные по времени эксперименты с определёнными критериями остановки, строгое документирование всех попыток и результатов, коллегиальная проверка и совместное решение проблем. Каждый эксперимент должен отвечать на конкретный вопрос и иметь чёткие критерии успеха/неудачи.

Время для инноваций — выделение специального периода для исследований. Практики включают: «20 % времени» для работы над экспериментальными проектами, регулярные хакатоны с фокусом на ИИ-применениях, инновационные вызовы, связанные с реальными бизнес-проблемами, сотрудничество с университетами и исследовательскими лабораториями. Важно, чтобы это время было защищено от операционных приоритетов.

Обмен знаниями — систематическое распространение полученного опыта: регулярные технические доклады и демонстрационные сессии, внутренние конференции и витрины инноваций, документированные эксперименты в поисковой базе знаний, сообщества практиков для различных областей машинного обучения. Перекрёстное опыление идей между командами часто приводит к прорывным инновациям.

Практический пример создания инновационной культуры

Транспортная компания с 2000 сотрудников запустила программу «Центр ИИ-инноваций».

Месяц 1–3: формирование основной команды из 10 энтузиастов, запуск еженедельных сессий «ИИ-кофе» для обмена знаниями, создание внутреннего сообщества в корпоративном мессенджере для обсуждения идей.

Месяц 4–6: первый внутренний хакатон «Транспортный ИИ-вызов» с участием 50 сотрудников, 15 проектов, 3 перешли в пилотную фазу. Запуск награды «Неудача месяца» для поощрения принятия рисков.

Месяц 7–12: расширение программы на все департаменты, 200+ сотрудников прошли базовое обуче-

ние ИИ-грамотности, 30+ инициатив снизу запущено, 5 успешных пилотов масштабировано.

Результаты за год: культурный сдвиг от избегания рисков к контролируемому экспериментированию, 15 новых ИИ-решений в производстве, ROI программы 400 %, показатель вовлечённости сотрудников вырос на 25 пунктов.

3.6.4. Управление изменениями: преодоление организационного сопротивления

Технологические вызовы ИИ-проектов часто оказываются проще организационных. Успешное внедрение требует системного подхода к управлению изменениями, учитывающего специфику транспортной отрасли с её фокусом на безопасность и надёжность.

Типология сопротивления и стратегии преодоления

Страх потери работы — наиболее распространённое опасение среди операционного персонала. Митигация включает: чёткую коммуникацию, что ИИ дополняет, а не заменяет человека; программы переквалификации для перехода на более ценную работу; демонстрацию историй успеха внутренних карьерных переходов; гарантии занятости или поддержку перехода для затронутых ролей. Например, водители становятся операторами автономных систем с более высокой оплатой и лучшими условиями труда.

Технологический скептицизм — недоверие к «чёрному ящику» ИИ-решений. Преодоление через: демонстрацию объяснимого ИИ с понятными решениями; вовлечение доменных экспертов в разработку и валидацию; постепенное внедрение с человеческим надзором; прозрачную коммуникацию об ограничениях и рисках. Критически важно позиционировать ИИ как инструмент, а не лицо, принимающее решения.

Процессная инерция — сопротивление изменению устоявшихся процессов. Стратегии включают: пилотные проекты в восприимчивых подразделениях; быстрые победы для демонстрации ценности; вовлечение владельцев процессов в проектирование решений; постепенное развёртывание с возможностью обратной связи и корректировок. Изменения должны восприниматься как эволюция, а не революция.

Компетентностные пробелы — недостаток навыков для работы с ИИ-системами. Решения: комплексные программы обучения на различных уровнях; наставничество и системы поддержки; упрощённые интерфейсы, скрывающие сложность; культура непрерывного обучения с регулярными обновлениями. Важно сделать образование доступным и релевантным для каждой роли.

3.6.5. Программа управления изменениями по модели ADKAR

3.6.5. Программа управления изменениями по модели ADKAR

ADKAR (Осведомлённость, Желание, Знание, Способность, Закрепление) предоставляет структурированную методологию для организационной трансформации при внедрении ИИ.

Детализированная реализация ADKAR для транспортной компании.

Фаза осведомлённости (Месяцы 1–2). Цель: обеспечить понимание необходимости и целей ИИ-трансформации.

Активности включают:

- общие собрания с руководством для презентации видения и стратегии,
- сессии по департаментам, объясняющие релевантные преимущества,
- почтовые кампании с историями успеха из индустрии,
- визуальную коммуникацию через постеры, инфографику, видео,
- сеть амбассадоров из числа уважаемых сотрудников для влияния через коллег.

Метрики успеха:

- 90 % сотрудников осведомлены об ИИ-инициативе,
- 70 % понимают личные преимущества,
- снижение негативных слухов и дезинформации.

Фаза желания (Месяцы 2–3). Цель: создать внутреннюю мотивацию для участия в изменениях.

Активности:

- сессии о личном влиянии — «что это значит для меня»,

- демонстрация быстрых побед с ощутимыми преимуществами,
- вовлечение лидеров мнений и ранних последователей,
- работа со страхами через сессии вопросов и ответов,
- согласование стимулов через обновлённые KPI и системы вознаграждения.

Метрики успеха:

- 60 % позитивное отношение в пульс-опросах,
- количество добровольцев для пилотных проектов превышает требования,
- активное участие в сессиях обратной связи.

Фаза знаний (Месяцы 3–5). Цель: обеспечить необходимые знания для работы с ИИ-системами.

Структурированная программа обучения:

- ролевые траектории обучения с различной глубиной,
- смешанное обучение: онлайн, аудиторное, практическое,
- своевременное обучение, привязанное к графику развёртывания,
- программы наставничества, связывающие экспертов с обучающимися,
- песочницы для безопасной практики,
- документация и рабочие инструкции для справки.

Метрики успеха:

- 80 % прохождение обязательных тренингов,
- результаты оценки >70 % для критических компетенций,
- снижение обращений в поддержку на 50 %,
- уверенное использование демонстрируется при наблюдении.

Фаза способности (Месяцы 5–7). Цель: обеспечить практическое применение знаний в реальных условиях.

Поддержка перехода к самостоятельной работе:

- контролируемая практика с постепенным снижением надзора,
- группы взаимной поддержки для совместного решения проблем,
- коучинг производительности для индивидуальных вызовов,

- итеративное улучшение процессов на основе обратной связи,
- процедуры эскалации для сложных ситуаций,

Метрики успеха:

- целевые KPI достигаются стабильно,
- уровень ошибок ниже приемлемых порогов,
- независимая работа без постоянной поддержки,
- позитивная обратная связь от внутренних клиентов.

Фаза закрепления (Месяц 8+). Цель: закрепить изменения как новую норму организационной культуры.

Механизмы устойчивого принятия:

- празднование успехов на командном и организационном уровнях,
- обновлённые системы управления эффективно-стью,
- инициативы непрерывного улучшения, управляемые пользователями,
- форумы обмена знаниями и распространение лучших практик,
- возможности карьерного роста для чемпионов ИИ.

Метрики успеха:

- устойчивые улучшения производительности >6 месяцев,
- органические инновационные предложения от сотрудников,
- культурные индикаторы показывают принятие,
- добровольное принятие превышает обязательные требования.

Практический кейс реализации ADKAR

ГУП «Мосгортранс» внедрял систему «Антисон» для контроля состояния водителей в парке из 8000 автобусов.

Осведомлённость: генеральный директор лично представил систему как инструмент повышения безопасности, а не контроля. Проведены встречи во всех автопарках с демонстрацией статистики предотвращённых инцидентов.

Желание: пилотная группа из 100 водителей-добровольцев тестировала систему 2 месяца. Их положительные отзывы («система спасла меня от засыпания в ночную смену») обеспечили позитивное восприятие среди коллег.

Знание: обучение проводилось группами по 50 человек, 4-часовые сессии с фокусом на практическое использование. созданы простые инструкции-памятки для размещения в кабинах.

Способность: первый месяц система работала в советующем режиме без санкций. Водители привыкали к предупреждениям и учились правильно реагировать. Постепенно вводились корректирующие действия при нарушениях.

Закрепление: введена система поощрений за безаварийную работу с использованием системы. Водители, эффективно использующие «Антисон», получают приоритет при выборе маршрутов и графиков.

Результаты: за период 2019–2022 годов предотвращено более 1000 опасных инцидентов, убытки от простоев и ремонтов сократились на 65 %, принятие системы водителями выросло с 35 % до 87 %.

3.6.6. Организация непрерывного обучения

Трансформация транспортной компании в обучающуюся организацию является необходимым условием устойчивого успеха в эпоху ИИ. Скорость технологических изменений требует постоянного обновления знаний и компетенций на всех уровнях организации.

Многоуровневая система непрерывного обучения

Индивидуальный уровень фокусируется на персональном развитии каждого сотрудника. Индивидуальные планы развития включают: оценку текущих компетенций относительно будущих требований, персонализированные траектории обучения с сочетанием формального и неформального, модули микрообучения (15 минут ежедневно) для постепенного накопления знаний, наставнические отношения для передачи неявных знаний, программы сертификации для валидации компетенций. Критически важно сделать обучение частью ежедневной рутины, а не отдельной активностью.

Командный уровень обеспечивает построение коллективного интеллекта. Сообщества практиков объединяют специалистов с похожими вызовами для обмена опытом. Регулярные хакатоны и инновационные спринты создают интенсивную среду обучения через практику. Структурированные разборы после каждого проекта обеспечивают систематиче-

ское обучение на успехах и неудачах. Кросс-функциональные проекты расширяют перспективу и создают новые связи. Командное обучение становится мультипликатором индивидуального развития.

Организационный уровень создаёт инфраструктуру для управления знаниями. Централизованная база знаний аккумулирует извлечённые уроки, лучшие практики, переиспользуемые компоненты. Инновационный конвейер систематически собирает и развивает идеи сотрудников. Центр компетенций координирует обучающие инициативы и обеспечивает стандарты качества. Стратегические партнёрства с университетами и исследовательскими институтами обеспечивают доступ к передовым знаниям. Метрики обучения интегрируются в корпоративные KPI для обеспечения внимания руководства.

Практическая реализация обучающей инфраструктуры: крупная логистическая компания создала комплексную экосистему обучения, ниже — описание проекта.

Цифровая обучающая платформа на базе системы управления обучением с ИИ-рекомендациями:

- 500+ курсов от основ до продвинутых тем машинного обучения,
- персонализированные траектории обучения на основе роли и стремлений,
- элементы геймификации для вовлечения (значки, таблицы лидеров),
- интеграция с системой управления эффективностью для отслеживания прогресса,
- мобильный дизайн для обучения в движении.

Физические пространства для обучения:

- инновационные лаборатории в каждой ключевой локации,
- оснащение новейшими технологиями для практической работы,
- гибкая конфигурация для различных форматов обучения,
- демонстрационные зоны для презентации достижений.

Портфель обучающих программ:

- «ИИ-грамотность для всех» — базовая программа для 100 % сотрудников,

- «Гражданский специалист по данным» — промежуточная программа для аналитиков
- «Инженерное совершенство машинного обучения» — продвинутая программа для разработчиков,
- «ИИ-лидерство» — стратегическая программа для руководителей,
- «Сертификация доменного эксперта» — специализированные программы по отраслям.

Результаты за 18 месяцев:

- 3500 сотрудников прошли базовое обучение (87 % от цели),
- + 150 сертифицированных гражданских специалистов по данным,
- 30 ML-инженеров подготовлено внутри компании,
- 50+ ИИ-проектов инициировано снизу,
- оценка удовлетворённости обучением: 4.3/5.0,
- корреляция между участием в обучении и рейтингами производительности: 0.65.

3.6.7. Масштабирование Agile: SAFe для транспортных организаций

Когда количество ИИ-инициатив превышает возможности отдельных команд, необходим структурированный подход к масштабированию agile-практик. Scaled Agile Framework (SAFe) предоставляет проверенную методологию для координации множественных agile-команд, работающих над связанными инициативами.

Адаптация SAFe для транспортной отрасли.

Командный уровень представляет базовый уровень, где 5–9 человек работают над конкретным ИИ-решением. Например, команда «Предиктивное обслуживание парка» включает: владельца продукта из департамента обслуживания, технического лидера с экспертизой в инженерии надёжности, двух специалистов по данным, специализирующихся на временных рядах, ML-инженера для продуктивизации, доменного эксперта — старшего механика с опытом более 15 лет. Команда работает в 2-недельных спринтах, поставляя инкрементальные улучшения в модели прогнозирования.

Программный уровень координирует 5–12 команд, работающих над связанными возможностями. Например, программа «Умное управление парком»

объединяет команды: предиктивного обслуживания, оптимизации маршрутов, аналитики производительности водителей, оптимизации расхода топлива, управления использованием транспорта. Синхронизация происходит через общий программный бэклог и квартальные сессии планирования инкремента.

Портфельный уровень обеспечивает стратегическое согласование всех ИИ-инициатив с корпоративными целями. Управление портфелем включает: определение стратегических тем (безопасность прежде всего, операционное совершенство, клиентоцентричность), распределение инвестиций по потокам ценности, надзор за управлением и соответствием, дорожную карту развития возможностей, отслеживание ROI и реализацию выгод.

Планирование программного инкремента как механизм синхронизации

Планирование программного инкремента — это 2-дневное мероприятие каждые 8–12 недель, синхронизирующее все команды программы.

День 1. Повестка:

- бизнес-контекст и презентация стратегических приоритетов (2 часа),
- обзор видения продукта и дорожной карты (1 час),
- работа команд по группам для начального планирования (3 часа),
- презентации черновых планов (2 часа).

День 2. Повестка:

- идентификация рисков и планирование митигации (2 часа),
- согласование зависимостей между командами (2 часа),
- финальные презентации планов и голосование уверенности (2 часа),
- ретроспектива и пункты действий (1 час).

Результаты включают:

- зафиксированные цели программного инкремента для каждой команды,
- идентифицированные зависимости с согласованными передачами,
- реестр рисков со стратегиями митигации,
- уровень уверенности (голосование кулаком) от всех участников.

Пример успешного планирования программного инкремента

Программа «Цифровое отслеживание грузов» объединяла 8 команд, 60 специалистов. Во время планирования выявлено:

- 3 команды независимо разрабатывали похожие конвейеры данных,
- критическая зависимость: команда интеграции IoT блокировала 4 другие команды,
- риск: ожидаемые изменения таможенных процедур в 3 квартале.

Решения:

- создана общая команда платформы данных для обслуживания всех команд,
- команда интеграции IoT получила дополнительные ресурсы для ускорения,
- сформирован поток работ по соответствию регуляторным требованиям.

Результат: сокращение времени поставки на 30 %, устранение дублирования усилий, проактивная митигация рисков.

3.6.8. Управление техническим долгом в ИИ-проектах

Технический долг в ИИ-системах накапливается быстрее и имеет более серьезные последствия, чем в традиционном программном обеспечении. Особенности технического долга машинного обучения включают: скрытые циклы обратной связи между моделями, необъявленных потребителей данных и предсказаний, нестабильные зависимости от данных, унаследованный экспериментальный код в продакшене, долг конфигурации от множества гиперпараметров.

Стратегии управления техническим долгом ML

Проактивное предотвращение через установленные стандарты и практики:

- требования к код-ревью для всего ML-кода,
- стандартизированные шаблоны проектов и фреймворки,
- автоматизированное тестирование для конвейеров данных и моделей,

- стандарты документирования для экспериментов и решений,
- регулярные архитектурные ревью и спринты ре-факторинга.

Систематическая идентификация через специализированные инструменты и метрики:

- реестр технического долга с квантифицированным влиянием,
- автоматизированное обнаружение антипаттернов
- картирование зависимостей для происхождения данных и моделей,
- профилирование производительности для идентификации узких мест,
- метрики качества кода, адаптированные для ML (цикломатическая сложность для конвейеров).

Приоритизированное устранение на основе риска и влияния

- критическое: уязвимости безопасности, риски утечки данных,
- высокое: узкие места производительности, влияющие на SLA,
- среднее: проблемы поддерживаемости, замедляющие разработку,
- низкое: косметические проблемы, устаревшая документация.

Практический подход к управлению долгом:

Транспортная компания после 2 лет активной ИИ-разработки накопила существенный технический долг. Проведена оценка технического долга.

Выявленные проблемы:

- 15 различных реализаций конвейеров данных,
- 200+ блокнотов Jupyter в продакшене,
- отсутствие контроля версий для 40 % моделей,
- конфигурация разбросана по 50+ файлам,
- 30 % покрытие кода для критических путей.

Программа устранения (6 месяцев):

- Месяц 1–2: консолидация конвейеров данных на единую платформу,
- Месяц 3–4: миграция блокнотов к полноценным сервисам,
- Месяц 5: реализация комплексного тестирования,
- Месяц 6: документация и передача знаний.

Инвестиции: 8 человеко-месяцев усилий. Возврат: снижение времени обслуживания на 50 %, ускорение разработки новых функций на 70 %, снижение инцидентов в продакшене на 90 %.

3.7. Заключение

Внедрение технологий искусственного интеллекта в транспортной отрасли представляет собой не просто технологическую модернизацию, а фундаментальную трансформацию операционных моделей, требующую системного подхода к управлению изменениями на всех уровнях организации. Представленная в данной главе методология, основанная на практическом опыте реализации проектов в российских и международных транспортных компаниях, демонстрирует, что успех ИИ-трансформации определяется не столько совершенством технологий, сколько готовностью организации к изменениям, качеством управления и последовательностью реализации.

Ключевыми факторами успеха являются: правильная оценка организационной зрелости и выбор соответствующих типов проектов; формирование междисциплинарных команд с балансом технической экспертизы и отраслевых знаний; создание культуры экспериментирования при сохранении фокуса на безопасность; применение гибких методологий разработки, адаптированных под специфику машинного обучения; систематический подход к управлению данными как стратегическим активом; непрерывное обучение и адаптация на основе накопленного опыта.

Транспортная отрасль России обладает уникальными возможностями для создания прорывных ИИ-решений, способных не только оптимизировать существующие процессы, но и формировать новые бизнес-модели. Реализация этого потенциала требует последовательной работы по всем направлениям — от формирования технической инфраструктуры до трансформации организационной культуры. Компании, сумевшие выстроить эффективную систему управления ИИ-инициативами, получают устойчивое конкурентное преимущество в быстро развивающейся транспортной экосистеме будущего.

4.1 Контекст и постановка задачи

Современная логистика и транспорт в Российской Федерации находятся в стадии активной цифровой трансформации, что подтверждается впечатляющими темпами роста отрасли. По прогнозам экспертов, к 2025 году российский рынок цифровизации транспорта и логистики может вырасти в 7 раз и составить 626,6 млрд рублей. Доля цифровых решений в логистике в 2025 году достигнет 29 %, что свидетельствует о масштабном технологическом переосмыслении отрасли.

Повсеместное внедрение IoT-устройств, систем навигации GPS и ГЛОНАСС, мобильных приложений, интегрированных ERP/TMS/WMS-платформ, а также активное использование внешних источников данных — от таможенных служб и госрегистров до дорожных служб и метеорологических сервисов — создаёт поистине лавинообразный рост объемов информации. Только грузовым автотранспортом в России в 2024 году было перевезено 7 млрд тонн грузов, что на 8,3 % больше предыдущего года, а каждый рейс генерирует терабайты телематических данных.

Этот экспоненциальный рост объема, скорости и разнообразия данных делает традиционные методы их обработки и анализа принципиально неэффективными. Современные логистические компании сталкиваются с необходимостью обрабатывать информационные потоки такой сложности, что только продвинутые методы машинного обучения и искусственного интеллекта позволяют превращать сырые данные в ценные бизнес-инсайты и конкурентные преимущества.

4.1 Контекст и постановка задачи

4.1.1. Данные как «топливо» для ИИ

4.1.1. Данные как «топливо» для ИИ

Ключевая истина современной цифровой логистики заключается в том, что искусственный интеллект в данной сфере «работает только настолько хорошо, насколько качественные и управляемые данные ему предоставляются». Исследования McKinsey показывают, что внедрение ИИ в управление цепочками поставок позволяет повысить точность прогноза спроса на 10–20 %, сокращая затраты на хранение на 5 % и увеличивая доходы на 2–3 %.

Однако эти результаты достижимы только при условии высококачественных, структурированных и надежно управляемых данных.

Необходимо четко понимать: ИИ без грамотного Data Management равняется неоправданным инвестициям. Плохо управляемые данные приводят к низкой точности моделей, искажениям в прогнозах и критическим рискам в принятии операционных решений. Компании, пренебрегающие управлением данными, сталкиваются с ситуациями, когда дорогостоящие ИИ-системы дают неточные результаты, теряют доверие пользователей, и в итоге от их использования отказываются.

Яркий практический пример: если данные по маршрутам транспортных средств не стандартизированы (различные форматы координат, несогласованные временные метки, отсутствие единых идентификаторов), то ИИ-система не сможет корректно предсказывать время прибытия (ETA). Результат — срыв логистических планов, недовольство клиентов и финансовые потери, которые могут превысить все инвестиции в технологии.

4.1.2. Связь с международными практиками (DAMA-DMBOK)

В мировой практике управление данными давно получило статус отдельной корпоративной дисциплины, и ключевую роль в этом процессе сыграл свод знаний DAMA-DMBOK (Data Management Body of Knowledge). Данный стандарт, разработанный международной ассоциацией DAMA и переведенный на русский язык в 2019 году, представляет собой всеобъемлющий справочник, написанный более чем 120 ведущими специалистами по управлению данными.

В международном бизнесе управление данными рассматривается как корпоративная функция, равная по значимости управлению финансами или персоналом. Как отмечают эксперты, данные — это ценный актив компании, который требует профессионального управления, а Data Governance является новой вертикальной корпоративной функцией, возглавляемой директором по данным (CDO).

Для России и транспортно-логистической отрасли внедрение принципов Data Management по стандартам DAMA становится стратегической необходимостью. Это не просто техническое усовершенствование, а фундаментальное изменение подхода к управлению информационными активами, которое позволит российским компаниям конкурировать на глобальном уровне и эффективно использовать потенциал искусственного интеллекта.

4.2. Концепция управления данными (DAMA-DMBOK) в контексте логистики

4.2. Концепция управления данными (DAMA-DMBOK) в контексте логистики
4.2.1 Введение в концепцию DAMA-DMBOK

4.2.1 Введение в концепцию DAMA-DMBOK

DAMA-DMBOK (Data Management Body of Knowledge) представляет собой глобальный свод знаний и практик по управлению данными, разработанный международной некоммерческой организацией DAMA International с участием более 120 ведущих специалистов отрасли. Этот авторитетный справочник, переведенный на русский язык в 2019 году, является фреймворком для построения зрелых систем Data Management в организациях.

Основное назначение DAMA-DMBOK заключается в предоставлении наиболее полного, точного и актуального введения в дисциплину управления данными. Ключевые цели включают:

- выработку общепринятого согласованного представления об областях знаний по управлению данными,
- определение руководящих принципов управления данными как корпоративной функции,
- предоставление стандартных определений для наиболее часто используемых понятий,
- обзор лучших практик, методов и методик, а также альтернативных подходов,
- уточнение границ сферы управления данными и предоставление рамочных структур,
- Принцип «Данные как Актив» (Data as an Asset).

В сфере современных логистики и транспорта данные представляют собой не просто вспомогательное средство, а стратегический бизнес-актив, непосредственно влияющий на конкурентоспособность, операционную эффективность, безопасность и инновационный потенциал компании. Цель Data Governance — создать в компании возможности для управления данными как активом, предоставив принципы, политику, процессы, рамочную структуру, метрики и механизмы надзора.

Практические примеры ценности данных в логистике включают:

- маршрутные данные — основа для ИИ-алгоритмов оптимизации перевозок, предиктивной аналитики

времени доставки и управления транспортными затратами. Компания ПЭК использует собственный аналитический центр управления перевозками, который в режиме реального времени контролирует загрузку 189 складов по России и составляет прогнозы на месяц вперед;

- данные о грузах и погодных условиях — критически важны для предотвращения порчи товаров, планирования страховых случаев и автоматической корректировки логистических планов. Американская ж/д компания Union Pacific Railroad смогла снизить частоту схождения вагонов с рельсов на 75 % благодаря анализу данных с термометров, акустических и визуальных датчиков;
- операционные события — база для машинного обучения в области управления рисками, автоматизации принятия решений и повышения качества клиентского сервиса;
- активное управление данными (аналогично управлению финансами или персоналом) позволяет получать измеримый ROI от инвестиций в цифровизацию. Например, ГК «Деловые линии» после внедрения технологий Big Data оптимизировала затраты на топливо и получила возможность давать водителям рекомендации по безопасному и экономичному движению на основе анализа телематических данных.

4.2.2. Типы и особенности логистических данных

Структура отраслевых данных в современной логистике и транспорте характеризуется высоким разнообразием и сложностью.

Операционные данные включают информацию о рейсах, расписаниях, статусах заказов, планах загрузки складов, документообороте и взаимодействии с клиентами. Эти данные формируют основу для ERP/TMS/WMS-систем и являются фундаментом для построения аналитических моделей.

Сенсорные данные поступают от GPS/ГЛОНАСС-трекеров, IoT-устройств, RFID-меток, датчиков температуры, влажности, вибрации и других параметров. GPS-трекеры контролируют перемещение транспорта в реальном времени, передавая координаты, скорость и параметры движения. RFID-метки обеспечивают автоматическую идентификацию объектов без

визуального контакта, что особенно важно при обработке сборных грузов.

Внешние данные включают информацию от таможенных служб, государственных регистров, портовых служб, дорожных служб, метеорологических сервисов и регуляторных органов. Интеграция этих источников критически важна для международных перевозок и соблюдения нормативных требований.

Исторические данные охватывают архивные записи типовых цепочек поставок, статистику аварийности, сезонные колебания спроса и долгосрочные тренды эффективности операций.

Потоки данных в современной логистике характеризуются интеграцией IoT-устройств, облачных хранилищ и постоянным обменом с подрядчиками. Компания «Деловые линии» применяет GPS-трекеры и сенсоры температуры для контроля условий перевозки, а в порту Санкт-Петербурга система мониторинга с RFID-метками ускоряет обработку грузов и снижает потери.

Особенности логистических данных включают большие объемы (терабайты телематической информации с каждого рейса), высокую скорость обновления (от нескольких раз в минуту до тысяч раз в секунду) и значительную сложность процессов очистки и стандартизации из-за множественности форматов и источников.

4.2.3 Применимость DAMA-DMBOK в российской транспортной отрасли

Элементы DAMA-DMBOK помогают российским транспортным компаниям преодолеть системные проблемы: информационный хаос, избыточную фрагментацию систем и отсутствие прозрачного Data Governance.

Практические примеры внедрения включают:

- структуризацию ролей и ответственности — назначение владельцев данных (data owners), кураторов (data stewards) и формирование комитетов по управлению данными в рамках транспортных холдингов;
- выработку четкой терминологии — стандартизацию определений типов перевозок, классификацию грузов, статусов доставки и ключевых показателей эффективности, что критически важно при интеграции различных ИТ-систем;

4.2.3 Применимость DAMA-DMBOK в российской транспортной отрасли

- унификацию процессов обработки и обмена данными — как внутри транспортных холдингов, так и между участниками рынка, включая грузоотправителей, перевозчиков, экспедиторов и государственные службы.

4.2.4 Особый акцент — требования ИИ к управлению данными

Без зрелого управления данными ИИ-проекты в логистике «не взлетают» из-за фундаментальных проблем с качеством исходной информации. Ошибки в данных неизбежно приводят к низкой точности моделей, утрате доверия пользователей и серьезным регуляторным рискам.

Ключевые требования ИИ к управлению данными включают:

- структурирование и стандартизацию — обеспечение единых форматов координат, временных меток, идентификаторов транспортных средств и грузов для корректной работы алгоритмов машинного обучения;
- обеспечение доступности для обучения — создание репрезентативных выборок с достаточным покрытием различных сценариев перевозок, типов грузов и внешних условий;
- постоянную актуализацию — внедрение процедур переобучения моделей при изменении структуры данных или появлении новых паттернов в логистических операциях;

Практический пример: если данные по маршрутам не стандартизированы, ИИ-система не сможет корректно предсказывать ETA, что приведет к срыву логистических планов и финансовым потерям.

4.2.5 Краткая схема — DAMA Wheel для логистики и транспорта

Колесо DAMA представляет собой круговую диаграмму с 11 областями знаний (функций) по управлению данными, все из которых необходимы для создания зрелой системы управления данными в организации:

- Data Governance — руководство данными,
- Data Architecture — архитектура данных,

- Data Modeling & Design — моделирование и проектирование данных,
- Data Storage & Operations — хранение и операции с данными,
- Data Security — безопасность данных,
- Data Integration & Interoperability — интеграция и совместимость данных,
- Documents & Content — управление документами и контентом,
- Reference & Master Data — справочные и мастер-данные,
- Data Warehousing & Business Intelligence — хранилища данных и бизнес-аналитика,
- Metadata — метаданные,
- Data Quality — качество данных.

4.3. Управление архитектурой данных

4.3.1 Понятие архитектуры данных (DAMA-DMBOK)

В контексте транспортно-логистической отрасли комплексная реализация всех 11 функций жизненно важна для успешного внедрения ИИ, поскольку каждый домен влияет на различные этапы AI-инициатив:

- Data Architecture и Data Integration обеспечивают консолидацию разнородных источников (сенсоры, ERP, внешние API);
- Data Quality и Metadata гарантируют надежность и прозрачность обучающих выборок;
- Data Security защищает конфиденциальную информацию о перевозках и клиентах;
- Master Data Management обеспечивает единые справочники транспортных средств, маршрутов и контрагентов.

Такой системный подход позволяет создать надежную основу для эффективного использования искусственного интеллекта в российской транспортно-логистической отрасли.

4.3. Управление архитектурой данных

4.3.1 Понятие архитектуры данных (DAMA-DMBOK)

Согласно стандарту DAMA-DMBOK, архитектура данных определяет структуру, взаимосвязи и принципы построения логической и физической среды хране-

ния, интеграции и обработки данных организации. В контексте транспортно-логистических компаний архитектура данных представляет собой комплексную рамочную структуру, которая описывает, как различные информационные активы — от телематических данных GPS-трекеров до корпоративных систем планирования ресурсов — связаны между собой и функционируют как единая экосистема.

Принципиальное отличие архитектуры данных от моделирования данных заключается в уровне абстракции и охвате: архитектура представляет собой стратегическую надстройку, определяющую общие принципы, политики и стандарты организации данных на корпоративном уровне, в то время как моделирование данных является инструментальным уровнем, сосредоточенным на детальном проектировании конкретных структур баз данных, схем и связей между таблицами.

В логистической отрасли эта разница особенно критична: архитектура данных должна учитывать стратегические вопросы интеграции с внешними партнерами (перевозчиками, таможенными службами, клиентами), обеспечения масштабируемости для растущих объемов телематической информации и подготовки инфраструктуры для внедрения искусственного интеллекта.

4.3.2 Модели архитектуры данных для логистики и транспорта

Современные архитектурные подходы для логистических компаний базируются на адаптации признанных международных фреймворков — DAMA, Zachman Framework и TOGAF — под специфику отрасли. Zachman Framework предоставляет структурированный подход к описанию архитектуры через шесть аспектов (что, как, где, кто, когда, почему) и шесть уровней (от концептуального до физического), что особенно важно для сложных логистических процессов с множественными участниками. TOGAF (The Open Group Architecture Framework) обеспечивает методологию разработки и управления корпоративной архитектурой, включая архитектуру данных как ключевой компонент.

Логистические типы данных требуют специализированного архитектурного подхода из-за своего разнообразия и специфичности:

- **рейсовые данные** включают маршруты, расписания, фактическое время отправления и прибытия, загрузку транспортных средств;
- **статусы заказов** охватывают весь жизненный цикл от размещения заказа до финальной доставки с промежуточными контрольными точками;
- **телематические потоки** содержат GPS-координаты, параметры двигателя, расход топлива, стиль вождения;
- **сенсорные потоки** включают данные о температуре, влажности, вибрации, состоянии груза;
- **внешние оперативные сигналы** поступают от дорожных служб, метеостанций, таможенных систем.

Рекомендуемая слоистая архитектура для логистических компаний включает следующие уровни:

- **уровень источников данных** объединяет разнородные источники: IoT-сенсоры на транспортных средствах и в складских помещениях, корпоративные системы ERP/TMS/WMS, внешние API государственных и коммерческих сервисов, мобильные приложения водителей и клиентов;
- **уровень хранения** включает Data Lake для хранения сырых данных в исходных форматах, Data Warehouse для структурированных аналитических данных, специализированные хранилища временных рядов для телематической информации;
- **уровень метаданных и мастер-данных** обеспечивает единые справочники транспортных средств, маршрутов, клиентов, типов грузов, а также каталогизацию всех источников данных с описанием их структуры и семантики;
- **интеграционный уровень** содержит API-шлюзы, шины данных (Enterprise Service Bus), адаптеры для различных протоколов обмена, системы очереди сообщений для асинхронной обработки;
- **аналитический и ИИ-уровень** включает платформы машинного обучения, системы потоковой аналитики, инструменты бизнес-аналитики, дашборды и отчетные системы.

4.3.3 Интеграция архитектуры данных с платформами ИИ и ML

Современная архитектура данных в логистике должна обеспечивать масштабируемость, унификацию доступа и безопасность для AI-платформ. Это требует проектирования специализированных компонентов.

Архитектура Data Lake позволяет хранить неструктурированные телематические данные, изображения с камер видеонаблюдения, текстовые документы и другие форматы, необходимые для обучения различных типов ИИ-моделей. Современные решения на базе Apache Hadoop или облачных сервисов (Amazon S3, Azure Data Lake) обеспечивают практически неограниченную масштабируемость.

MLOps-среды требуют специальной архитектурной поддержки для автоматизации жизненного цикла моделей машинного обучения — от разработки и тестирования до развертывания и мониторинга. Это включает изолированные песочницы для экспериментов, системы версионирования моделей, автоматизированные pipeline для переобучения.

Микросервисные интеграции обеспечивают гибкость подключения различных ИИ-сервисов через стандартизированные API, что критически важно для логистических компаний, использующих специализированные решения от разных поставщиков.

Архитектура должна включать **поддержку современных аналитических хранилищ и стриминговых сервисов:**

- Apache Kafka для обработки потоковых данных от GPS-трекеров и IoT-устройств в реальном времени,
- Apache Spark для распределенной обработки больших объемов исторических данных,
- Apache Flink для сложной потоковой аналитики с низкой задержкой.

Роль единой архитектурной схемы в подготовке данных для ИИ невозможно переоценить. Она обеспечивает:

- оркестрацию данных — автоматизированную подготовку обучающих выборок из различных источников,

- управление версиями датасетов — возможность воспроизведения результатов и сравнения различных версий моделей,
- мониторинг качества — автоматическое выявление дрейфа данных и деградации моделей,
- безопасность и соответствие — контроль доступа к конфиденциальным данным и аудит использования.

4.3.4 Практические аспекты: проектирование, внедрение, оптимизация

4.3.4 Практические аспекты: проектирование, внедрение, оптимизация

Архитектурные артефакты играют ключевую роль в согласовании требований различных заинтересованных сторон. Концептуальные модели данных помогают бизнес-пользователям понять структуру информационных активов компании, логические модели обеспечивают техническое понимание для ИТ-специалистов, а физические схемы определяют конкретную реализацию для разработчиков ИИ-решений.

Принципы выбора архитектурных решений для логистических компаний включают:

масштабируемость — архитектура должна выдерживать экспоненциальный рост объемов данных при расширении автопарка или географического покрытия без значительного переделывания;

устойчивость — критически важна для логистических операций, работающих 24/7, включая резервирование, репликацию данных и быстрое восстановление после сбоев;

модульность — возможность независимого развития отдельных компонентов, что особенно важно при интеграции с системами партнеров и поставщиков;

расширяемость — архитектура должна легко адаптироваться под новые аналитические сценарии, такие как предиктивное обслуживание транспорта, оптимизация маршрутов или анализ поведения водителей.

Практический пример реализации: крупная российская логистическая компания внедрила Data Lake на базе облачной платформы для консолидации данных от 50+ источников, включая телематику с 15 000 транспортных средств, данные из 200+ складских комплексов и интеграции с системами 500+ клиен-

тов. Это позволило построить единую AI-аналитику для прогнозирования спроса по регионам, оптимизации маршрутов с учетом дорожной обстановки и автоматического расчета стоимости доставки на основе множественных факторов.

4.3.5 Связь архитектуры данных с другими доменами Data Management

Согласование с управлением качеством данных обеспечивается через архитектурные компоненты мониторинга и валидации. Архитектура должна предусматривать автоматизированные проверки полноты, актуальности и консистентности данных на каждом уровне, от первичного поступления телематической информации до финальной загрузки в аналитические системы.

Интеграция с управлением безопасностью реализуется через архитектурные принципы «безопасность по дизайну» (security by design), включая шифрование данных при передаче и хранении, систему управления идентичностью и доступом, аудит всех операций с данными.

Связь с управлением интеграцией и мастер-данными осуществляется через унифицированные интерфейсы и стандартизированные форматы обмена. Архитектура должна предусматривать единые точки интеграции для внешних систем и централизованное управление справочными данными.

Архитектура данных как основа для комплексного управления данными в логистике обеспечивает:

- **правильную организацию потоков данных** — от источников к потребителям с учетом требований к производительности и надежности,
- **стандартизацию форматов** — единые схемы для различных типов логистической информации,
- **управление метаданными** — централизованный каталог всех информационных активов компании,
- **основу для governance** — четкое разделение ответственности и полномочий по управлению различными категориями данных.

Таким образом, грамотно спроектированная архитектура данных становится стратегическим фундаментом для цифровой трансформации логистиче-

ских компаний и успешного внедрения технологий искусственного интеллекта.

4.4. Управление качеством данных

4.4.1 Значение качества данных для отрасли

4.4. Управление качеством данных

4.4.1 Значение качества данных для отрасли

В транспортно-логистической отрасли качество данных является критически важным фактором, определяющим успешность цифровой трансформации и эффективность внедрения технологий искусственного интеллекта. **Данные представляют собой фундамент для ИИ:** любые искажения, неточности или ошибки в исходной информации неизбежно приводят к неверным прогнозам, снижению общей эффективности работы и потере стратегических конкурентных преимуществ.

Исследования компании Gartner показывают, что организации **теряют в среднем 12,9 миллиона долларов США ежегодно из-за низкого качества данных**. В логистической отрасли эти потери проявляются особенно остро: 41 % проектов Data Warehouse терпят неудачу в первую очередь из-за недостаточного качества данных, а 67 % менеджеров по маркетингу считают, что плохое качество данных негативно влияет на удовлетворенность клиентов.

В транспортной логистике критически важными являются: точность маршрутной информации, достоверность статусов грузов, актуальность расписаний и временных интервалов. Даже незначительные ошибки в этих данных могут привести к каскаду проблем: срыву договорных обязательств, дополнительным затратам на топливо и простой транспорта, утрате доверия клиентов и ухудшению репутации компании на рынке.

Например, если система GPS-мониторинга передает некорректные координаты или время прибытия, это напрямую влияет на точность алгоритмов расчета ETA (Estimated Time of Arrival), что в свою очередь нарушает планы клиентов по приемке грузов и может повлечь штрафные санкции. Аналогично, ошибки в данных о состоянии и типах грузов могут привести

к нарушению температурного режима, повреждению товаров и страховым выплатам.

4.4.2 Критерии качества данных

Согласно стандарту DAMA-DMBOK, **основными метриками качества данных являются** восемь ключевых характеристик.

Полнота (Completeness) — степень, в которой набор данных содержит все необходимые элементы информации. В логистике это означает наличие всех обязательных полей для каждого груза, транспортного средства или маршрута.

Точность (Accuracy) — соответствие данных реальному состоянию описываемых объектов. Критически важно для координат местоположения, весовых характеристик грузов, временных меток.

Консистентность (Consistency) — отсутствие противоречий между различными представлениями одних и тех же данных в разных системах организации.

Уникальность (Uniqueness) — отсутствие дублирующих записей, что особенно важно для справочников клиентов, транспортных средств и маршрутов.

Актуальность (Timeliness) — своевременность поступления и обновления данных в соответствии с бизнес-требованиями.

Доступность (Accessibility) — возможность авторизованных пользователей получить доступ к необходимым данным в нужное время.

Своевременность (Timeliness) — соответствие данных требуемым временным рамкам для принятия решений.

Защищенность (Security) — обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных.

Для логистической отрасли необходимо добавить специфические критерии: пригодность данных для машинного обучения и аналитических задач, а также прозрачность происхождения данных (data lineage). Последний критерий особенно важен при работе с внешними источниками — таможенными службами, партнерами по цепи поставок, государственными регистрами.

4.4.3 Классические и современные методы управления качеством

4.4.3 Классические и современные методы управления качеством

Классические подходы к управлению качеством данных базируются на проверенных методологиях менеджмента качества, адаптированных под специфику информационных активов.

PDCA (Plan-Do-Check-Act), или цикл Деминга, обеспечивает непрерывное улучшение процессов управления данными через планирование мер по повышению качества, их реализацию, проверку результатов и корректирующие действия.

TQM (Total Quality Management) предполагает вовлечение всех сотрудников организации в процессы контроля и улучшения качества данных, создание культуры ответственности за информационные активы.

Lean Six Sigma применяет статистические методы для выявления и устранения дефектов в данных. Методология «Шесть сигм» стремится к достижению уровня качества 99,99966 % (не более 3,4 дефекта на миллион возможностей). В рамках этого подхода используется цикл DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) для системного улучшения качества данных.

Современные IT-инструменты значительно расширяют возможности управления качеством.

Автоматизированные системы проверки данных выполняют валидацию в режиме реального времени, используя заранее настроенные правила и алгоритмы обнаружения аномалий.

Системы раннего предупреждения мониторят ключевые показатели качества и автоматически уведомляют ответственных сотрудников о критических отклонениях.

Интерактивные дашборды качества предоставляют руководству и специалистам наглядную информацию о текущем состоянии данных по всем критериям качества.

4.4.4 Основные процессы Data Quality Management

Профилирование данных представляет собой комплексный анализ источников информации с целью

выявления структурных проблем, поиска дубликатов, некачественных или пропущенных данных. В логистике этот процесс включает анализ телематических потоков от GPS-трекеров, данных складских систем WMS, информации от внешних партнеров.

Очистка и стандартизация включает фильтрацию некорректных записей, нормализацию форматов (например, приведение всех адресов к единому стандарту), устранение дубликатов и приведение к единым справочникам. Для логистических данных особенно важна стандартизация географических координат, временных зон, единиц измерения веса и объема.

Кросс-проверка предполагает сопоставление поступающих данных с мастер-данными и унифицированными справочниками организации. Например, проверка корректности кодов ОКПО клиентов, соответствия VIN-номеров транспортных средств их техническим характеристикам.

Автоматизированные ML- и AI-модули для интеллектуальной очистки становятся все более популярными в крупных логистических компаниях. Эти системы способны выявлять сложные паттерны аномалий, предсказывать потенциальные проблемы с качеством и автоматически корректировать типовые ошибки на основе исторических данных.

4.4.5 Организация контроля качества

Создание института кураторов и владельцев данных является основой организационной модели управления качеством. Согласно рекомендациям DAMA, необходимо внедрение четкой ролевой структуры.

Data Steward (куратор данных) — специалист, отвечающий за качество данных в конкретной предметной области (например, справочники клиентов, данные о транспортных средствах).

Data Owner (владелец данных) — руководитель бизнес-подразделения, который несет окончательную ответственность за качество и использование определенной категории данных.

Data Quality Lead — специалист, координирующий все инициативы по улучшению качества данных на корпоративном уровне.

Документирование правил и процедур включает создание детальных регламентов по контролю качества, стандартов наименований, форматов данных и процедур их валидации. Особое внимание уделяется обучению сотрудников и проведению регулярного внутреннего аудита процессов.

Вовлечение пользователей и заказчиков осуществляется через организацию постоянного фидбека, анализ негативных кейсов и создание системы мотивации для сообщения о проблемах с качеством данных. Практика показывает, что пользователи системы часто первыми замечают проблемы с данными в ходе своей повседневной работы.

4.4.6 Влияние качества данных на ИИ в логистике

Качество данных напрямую определяет эффективность ИИ-решений в логистике. Для построения точных моделей прогнозирования времени доставки (ETA) и прогнозирования спроса требуются чистые, полные данные с минимальным количеством аномалий и пропусков.

Практические примеры воздействия:

Модели машинного обучения для оптимизации маршрутов требуют высококачественных исторических данных о временах проезда участков дорог в различных условиях. Даже 5 % некорректных записей могут снизить точность прогнозов на 15-20 %.

Системы предиктивного обслуживания транспорта нуждаются в непрерывных, точных телематических данных. Пропуски в данных от датчиков или их искажение приводят к ложным срабатываниям или пропуску критических событий.

Актуальность данных и их своевременное обновление критически важны для построения устойчивых ML/AI-моделей. Алгоритмы должны адаптироваться к изменениям в дорожной инфраструктуре, сезонным колебаниям, изменениям в поведении клиентов.

Практический кейс: Крупная российская транспортная компания внедрила единый Data Lake с системой автоматического скоринга качества данных. Каждая запись получает оценку качества от 0 до 100 баллов на основе полноты, точности и консистент-

ности. Данные с оценкой ниже 80 баллов автоматически направляются на дополнительную проверку и очистку перед использованием в ИИ-моделях. Интеграция с BI-системами и AI-приложениями позволила повысить точность прогнозов на 25 % и сократить количество ошибочных решений на 40 %.

Результатом комплексного подхода к управлению качеством данных стало не только улучшение работы ИИ-систем, но и общее повышение операционной эффективности, снижение затрат на исправление ошибок и укрепление доверия клиентов к цифровым сервисам компании.

4.5. Управление интеграцией и обменом данными

4.5.1 Значимость интеграции и обмена данными

В современной транспортно-логистической экосистеме успешное функционирование бизнес-процессов критически зависит от эффективного взаимодействия между множественными участниками цепи поставок. **Организации-грузоотправители, транспортные компании-перевозчики, складские комплексы, государственные органы и конечные клиенты работают на различных технологических платформах с различными стандартами данных.** Эта разрозненность создает информационные барьеры, которые замедляют процессы, увеличивают операционные затраты и снижают прозрачность цепи поставок.

Грамотно организованная интеграция обеспечивает сквозную автоматизацию логистических процессов, что приводит к значительному сокращению затрат, ускорению оборота данных, существенному снижению количества ошибок и критически важному повышению прозрачности информационных потоков для эффективной работы ИИ-моделей.

Исследования показывают, что компании, внедрившие комплексные решения по интеграции логистических систем, **сокращают операционные расходы на 15-25 % и освобождают до 30 % рабочего времени логистов и диспетчеров.** В логистической цепочке **до 80 % ускоряется обработка данных благодаря EDI-технологиям,** а процесс становится

максимально прозрачным за счет автоматических уведомлений об изменении статусов.

4.5.2 Форматы и подходы интеграции

4.5.2 Форматы и подходы интеграции

Современная практика интеграции логистических систем опирается на три основных технологических подхода, каждый из которых имеет свои преимущества и область применения:

API-интеграция (Application Programming Interface) представляет собой наиболее гибкий подход, обеспечивающий быстрый двусторонний обмен данными для связи корпоративных систем ERP, специализированных транспортных TMS, складских WMS и мобильных приложений. Обмен через API осуществляется в формате JSON по протоколу HTTP, что обеспечивает высокую скорость передачи данных и простоту интеграции.

Практический пример: система «1C:TMS Логистика» поддерживает API для передачи заданий на перевозку, справочников организаций и контрагентов, данных договоров напрямую из ERP-системы. Это позволяет создать **единое рабочее информационное пространство, где задания на перевозку грузов оперативно поступают к логистам для планирования маршрутов.**

EDI (Electronic Data Interchange) — стандартизированный обмен структурированными файлами остается особенно популярным для крупного B2B-сектора и международных перевозок. В российской практике активно используются форматы EDIFACT, УПД (универсальный передаточный документ), а также региональные варианты стандартов.

Ключевые EDI-документы в логистике включают ORDERS (заказ на поставку), ORDERSP (ответ на заказ), DESADV (уведомление об отгрузке), RECADV (уведомление о приемке). Система автоматически выявляет и устраняет ошибки в данных, обеспечивает работу с государственными контрольными системами (ЕГАИС, Честный знак, Меркурий).

Файловый обмен, специализированные коннекторы и индивидуальные интеграции применяются для работы со специфичными потоками данных и небольшими компаниями, которые пока не готовы к масштабным API или EDI-решениям. ERP-система

может загружать файлы определенного формата на FTP-сервер, после чего TMS или WMS обрабатывает их и загружает необходимую информацию.

4.5.3 Организация потоков данных

Типовые сценарии организации потоков данных в интегрированной логистической среде включают:

- **автоматическая отправка заявок и маршрутной информации** между складскими комплексами и транспортными подразделениями, обеспечивающую синхронизацию планов отгрузки с возможностями автопарка;
- **двусторонняя синхронизация данных** о заказах и грузах между системами различных участников цепи поставок, включая актуальные статусы обработки, местоположение груза и прогнозируемое время доставки;
- **автоматизированный обмен документами** (накладные, акты выполненных работ, счета-фактуры) с мгновенным обновлением статусов во всех связанных системах.

Основные преимущества такой организации включают **значительное ускорение документооборота** (сокращение времени обработки заказов в 3-5 раз), **существенное снижение ручных операций** (автоматизация до 80 % рутинных процессов), **повышение прозрачности и надежности данных для аналитики и ИИ.**

Практический результат: компании, внедрившие комплексную интеграцию, отмечают **снижение количества ошибок в документообороте на 90 % и ускорение процесса обработки заявок с нескольких часов до нескольких минут.**

4.5.4 Роль Data Lake и Data Fabric в подготовке и интеграции данных для ИИ

Data Lake представляет собой централизованное хранилище, куда стекаются все корпоративные данные в любых форматах — структурированные таблицы из ERP/TMS/WMS, неструктурированные телематические потоки от IoT-датчиков, текстовые документы, изображения от систем видеонаблюдения.

Это решение **особенно пригодно для аналитики большого объема информации и задач машинного обучения**, поскольку не требует предварительного структурирования данных.

Data Fabric представляет собой более продвинутый уровень интеллектуальной интеграции — это **единое информационное пространство с настроенной сквозной интеграцией** на базе микросервисной архитектуры, где для построения и оптимизации алгоритмов управления данными активно используется машинное обучение.

Data Fabric включает дополнительный слой виртуализации данных, экосистему технологий обработки данных в реальном времени, API-интерфейсы, системы управления мастер-данными (MDM), семантические сети (Knowledge Graph), **инструменты искусственного интеллекта и методики Data Governance**.

Ключевые отличия: Data Lake служит **основой для хранения** разнородных данных, в то время как Data Fabric представляет **платформу для интеграции, обмена, интеллектуальной обработки и быстрого создания AI-проектов**. Data Fabric **позволяет быстро создавать датасеты для ИИ**, используя автоматизированные алгоритмы поиска, обработки и структурирования информации.

4.5.5 Практические кейсы интеграции

Внедрение комплексного онлайн-обмена TMS ↔ WMS ↔ ERP ↔ мобильные приложения

Крупная российская логистическая компания реализовала полный цикл интеграции между транспортной системой управления (TMS), складской системой (WMS), корпоративной ERP-платформой и мобильными приложениями водителей и клиентов.

Результаты внедрения: автоматизация планирования маршрутов и распределения заказов между транспортными единицами, **снижение логистических расходов на 15-25 %**, получение детальной аналитики по эффективности работы транспорта в режиме реального времени.

Электронный документооборот с контрагентами по API и EDI

Система автоматического обмена актами выполненных работ, товарно-транспортными накладными, информацией о маршрутах и статусах поставок между транспортными компаниями и их клиентами. Интеграция включает работу с государственными системами контроля (таможня, весовое оборудование, экологические службы).

Эффект: сокращение времени оформления документов в 10 раз, исключение ошибок при ручном вводе данных, **повышение прозрачности логистических процессов** для всех участников цепи поставок.

Автоматизация контроля рейсов через потоковые интеграции с IoT

Внедрение потоковых интеграций между IoT-компонентами (GPS-трекеры, датчики топлива, температурные сенсоры) и корпоративными системами управления. **Мониторинг транспорта в реальном времени** с автоматическим учетом пробега, времени работы и нарушений регламентов.

Результат: снижение расходов на топливо на 12-15 %, сокращение простоев транспорта, **автоматическое формирование отчетов** и аналитики по перевозкам.

4.5.6 Развитие интеграционных платформ

Современные тренды в развитии интеграционных решений для логистики включают несколько ключевых направлений:

Внедрение микросервисной архитектуры обеспечивает **гибкость подключения различных логистических сервисов** через стандартизированные API, что критически важно для транспортных компаний, использующих специализированные решения от разных поставщиков.

Переход на облачные решения позволяет масштабировать интеграционные мощности в соответствии с ростом бизнеса, обеспечивает высокую доступность систем и снижает требования к собственной ИТ-инфраструктуре.

Расширение поддерживаемых форматов данных включает работу с новыми стандартами IoT, интеграцию с социальными сетями для мониторинга общественного транспорта, поддержку международных логистических стандартов.

Интеграция с BI и AI-приложениями представляет наиболее перспективное направление, позволяющее использовать интегрированные данные для **построения предиктивных моделей, оптимизации маршрутов и автоматизации принятия решений.**

Основная цель эволюции интеграционных платформ — обеспечить стабильную и максимально гибкую информационную инфраструктуру, которая способна поддерживать **рост бизнес-процессов и эффективное внедрение технологий искусственного интеллекта.** Это включает автоматизацию процессов подготовки данных для машинного обучения, **создание унифицированных API для AI-приложений** и обеспечение качества данных на всех этапах интеграционных процессов.

Результатом комплексного подхода к управлению интеграцией становится создание **цифровой экосистемы**, где все участники логистической цепи могут эффективно взаимодействовать в автоматизированном режиме, а искусственный интеллект получает доступ к качественным, актуальным и полным данным для принятия оптимальных решений.

4.6. Метаданные и управление справочниками

4.6.1 Роль метаданных в логистике и транспорте

4.6. Метаданные и управление справочниками

4.6.1 Роль метаданных в логистике и транспорте

В транспортно-логистической индустрии **метаданные представляют собой «данные о данных»** — они описывают структуру, источник, владельцев, правила использования и отношения между различными объектами логистической информации, включая рейсы, грузы, транспортные средства и статусы доставки. Метаданные выполняют роль своеобразной «карты» информационной экосистемы компании, обеспечивая **понимание контекста, прозрачность процессов и существенное упрощение поиска и обработки нужных данных для ИИ-алгоритмов и аналитических систем.**

В логистических процессах метаданные охватывают критически важную информацию: **происхождение телематических данных** (какой GPS-трекер, на

каком транспортном средстве, с какой периодичностью передает координаты), **структуру складских данных** (форматы штрих-кодов, системы кодирования товаров, связи между товарными позициями), **характеристики внешних источников** (форматы данных от таможенных служб, периодичность обновления информации о дорожной обстановке).

Метаданные обеспечивают критически важные функции:

- контекстуализацию данных — объяснение смысла и назначения каждого информационного элемента,
- прослеживаемость (data lineage) — отслеживание путей трансформации данных от источника до конечного использования,
- обеспечение качества — определение правил валидации и контроля достоверности информации.

4.6.2 Важность качественного управления метаданными

Упорядоченные метаданные и систематическая каталогизация позволяют быстро находить нужные датасеты, что особенно критично в условиях растущего объема информации в логистических компаниях. Качественное управление метаданными **гарантирует консистентность определений и терминологии для бизнес-подразделений, ИТ-отделов и AI-команд.**

Исследования показывают, что **организации с эффективной системой управления метаданными сокращают время поиска нужных данных на 75 % и повышают точность аналитических моделей на 30 %**. В логистической отрасли это особенно заметно при работе с большими объемами разнородных данных от множественных источников.

Внедрение единых стандартов метаданных и терминологии — например, стандартизация классификации типов перевозок, видов упаковки, методов оплаты — **существенно снижает риски ошибок, ускоряет интеграционные процессы и повышает эффективность аналитических работ**. Практический пример: единая система кодирования грузов позволяет автоматически определять требования к транспортировке и выбирать оптимальный тип транспортного средства.

4.6.3 Системы и процессы управления метаданными

4.6.3 Системы и процессы управления метаданными

Репозиторий метаданных (корпоративный каталог данных) представляет собой **единое централизованное хранилище для описания источников данных, их типов, взаимосвязей, владельцев и полной истории изменений**. Современные каталоги данных третьего поколения, такие как DataHub, Apache Atlas, обеспечивают **потокową архитектуру с автоматическим обновлением метаданных в режиме реального времени**.

Каталоги данных выполняют следующие **ключевые функции**:

- **автоматическое сканирование метаданных** из систем хранения и ETL-процессов,
- **профилирование данных** для оценки качества и сбора статистики,
- **выявление доменов данных** с применением искусственного интеллекта,
- **сертификация данных** для быстрого поиска авторизованными пользователями,
- **классификация по различным критериям** (тип, тематика, формат).

Автоматизация процессов управления метаданными включает специализированные инструменты, которые позволяют **собирать, систематизировать и управлять метаданными из множества источников**: корпоративных ERP-систем, транспортных TMS, складских WMS, внешних API, IoT-сенсоров, CRM-платформ. Современные решения используют машинное обучение для автоматического выявления связей между данными и обнаружения аномалий в структуре информации.

Организационная модель включает **четкое распределение ролей**: определение владельцев метаданных (Metadata Owners), настройку систем контроля доступа, регулярный аудит актуальности и полноты описаний. Эффективная система предусматривает автоматические уведомления об изменениях в структуре данных и регулярную актуализацию справочной информации.

4.6.4 Управление справочниками (Master Data Management)

Справочники представляют собой критически важные информационные активы: данные о клиентах, транспортных средствах, терминалах, условиях перевозки, которые **служат основой для унификации бизнес-процессов, автоматизации операций и корректной работы ИИ-алгоритмов.** Качественное управление мастер-данными **обеспечивает единое понимание ключевых бизнес-сущностей во всех системах организации.**

Практические примеры успешного внедрения MDM-систем в транспортной отрасли включают:

- **РЖД.** Внедрение Юниверс MDM позволило создать единые справочники для передачи предупреждений на борт локомотива, обеспечить работу с большими объемами данных и интеграцию с подсистемами управления доступом.
- **Интеграцию с отраслевыми платформами.** Подключение справочников ATI.SU для автоматической подачи заявок на перевозку в CRM-системы, стандартизация наименований типов грузов, упаковки и условий оплаты.

Измеримые результаты внедрения MDM-систем в логистике:

- **повышение производительности в 3 раза** при сохранении численности команды (Kmart Australia),
- **снижение нагрузки на data stewards на 50 %** (Winsupply),
- **ускорение вывода новых продуктов на рынок в 4 раза** (Kmart Australia),
- **сокращение времени интеграции новых бизнесов на 94 %** — с 3 месяцев до 5 дней (Winsupply).

Связь справочников с метаданными критически важна: **благодаря качественным метаданным поддерживается целостность справочников, обеспечивается их своевременное обновление и бесшовная интеграция между различными системами.** Метаданные описывают структуру справочников, правила их заполнения, источники обновления и связи с другими информационными объектами.

4.6.5 Значение для ИИ-проектов

4.6.5 Значение для ИИ-проектов
4.6.6 Практическая реализация

Качественные метаданные и актуальные справочники обеспечивают прозрачность, корректную выборку и подготовку данных для машинного обучения. В логистических ИИ-проектах метаданные выполняют несколько критически важных функций:

- **построение репрезентативных обучающих выборок.** Метаданные позволяют понять, какие данные доступны для обучения моделей, их качество, полноту временного покрытия и репрезентативность различных сценариев перевозок.
- **контроль качества данных.** Автоматизированные системы на основе метаданных могут выявлять аномалии, пропуски и несоответствия в данных еще до их использования для обучения ИИ-моделей.
- **отслеживание происхождения данных (data lineage).** Критически важно для понимания того, как данные трансформировались от источника до финального датасета, что обеспечивает воспроизводимость результатов и соответствие регуляторным требованиям.
- **семантическое понимание.** Метаданные помогают ИИ-системам правильно интерпретировать содержание полей данных, что особенно важно при работе с разнородными источниками в логистических цепочках.

4.6.6 Практическая реализация

Внедрение корпоративных каталогов данных становится стандартной практикой для крупных логистических компаний. Современные решения включают **путеводители по Data Governance**, которые обеспечивают навигацию по всей логистической информации организации с возможностью быстрого поиска, фильтрации и анализа доступных данных.

Каталоги данных третьего поколения предоставляют расширенные возможности:

- **потокковое обновление метаданных** в режиме реального времени,
- **автоматическое выявление изменений** в структуре данных,

- **интеллектуальные рекомендации** для поиска похожих датасетов,
- **интеграцию с MLOps-платформами** для управления жизненным циклом ИИ-моделей.

Использование централизованных справочников пронизывает все бизнес-процессы:

- **оформление заказов:** автоматическая проверка реквизитов клиентов и параметров груза по мастер-данным,
- **отслеживание транспорта:** единая идентификация транспортных средств во всех системах компании,
- **контроль условий перевозки:** стандартизированные справочники требований к различным типам грузов.

Интеграция с BI и AI-системами: современные MDM-решения обеспечивают **автоматическое обновление справочников в аналитических системах и ИИ-приложениях**, что гарантирует использование актуальной и достоверной информации для принятия решений.

Результатом комплексного подхода к управлению метаданными и справочниками становится создание **единого информационного пространства**, где все участники логистических процессов работают с согласованными определениями и актуальными данными, а ИИ-системы получают качественную основу для построения точных и надежных моделей.

4.7. Управление данными в реальном времени и потоковыми данными

4.7.1 Роль реал-тайм и потоковых данных в логистике

Современные транспортно-логистические цепочки поставок функционируют в условиях **непрерывных и моментальных изменений**: движение транспортных средств отслеживается каждую секунду, статусы грузов обновляются в режиме реального времени, погодные события и дорожные аварии требуют немедленной реакции и корректировки планов доставки. Эта динамичность делает **обработку данных в реальном времени не просто конкурентным**

преимуществом, а критически важным условием выживания в отрасли.

Согласно исследованиям McKinsey, компании, внедрившие системы обработки потоковых данных в логистике, **повышают операционную эффективность на 25-30 % и сокращают логистические издержки на 15-20 %**. В российской практике ПЭК использует собственный аналитический центр управления перевозками, который в режиме реального времени контролирует загрузку 189 складов и составляет прогнозы на месяц вперед, обрабатывая **более 2 млн событий ежедневно**.

Значимость построения процессов обработки данных «на лету» проявляется в нескольких критически важных аспектах:

Динамическая адаптация маршрутов позволяет автоматически перестраивать планы доставки при возникновении пробок, дорожных работ или погодных ограничений, что **сокращает время доставки на 12-18 %** и экономит топливо.

Мгновенное реагирование на события обеспечивает автоматические уведомления клиентов о задержках, перенаправление грузов при форс-мажорных обстоятельствах, оперативную замену вышедшего из строя транспорта.

Предиктивное управление основано на анализе потоковых данных, позволяет прогнозировать потребность в техническом обслуживании транспорта, планировать загрузку складских мощностей, оптимизировать работу персонала.

4.7.2 Источники и типы потоковых данных

Современная логистическая экосистема генерирует **множественные потоки разнородных данных**, каждый из которых требует специализированных подходов к обработке и анализу:

GPS/ГЛОНАСС-датчики на транспортных средствах передают координаты, скорость, направление движения, параметры двигателя с частотой от 1 до 30 секунд. **Один грузовик генерирует до 25 000 точек данных за рабочий день**, включая информацию о расходе топлива, стиле вождения, техническом состоянии.

4.7.2 Источники и типы потоковых данных

IoT-устройства на складских комплексах контролируют температуру, влажность, освещенность в зонах хранения, отслеживают движение погрузочной техники, мониторят состояние складского оборудования. Крупный распределительный центр может генерировать **до 1 млн сенсорных событий в час**.

RFID-метки и системы автоматической идентификации обеспечивают отслеживание каждой единицы груза на всем пути следования, автоматически фиксируют моменты погрузки, выгрузки, прохождения контрольных точек.

Облачные системы Track&Trace интегрируют данные от множественных источников, предоставляя клиентам и партнерам единый интерфейс для мониторинга грузов в режиме реального времени.

Потоки операционных событий включают:

- **план-факт анализ доставки** — сравнение запланированного и фактического времени прибытия на каждую точку маршрута;
- **подтверждения вручения** — автоматическую фиксацию получения грузов с электронной подписью и фотоподтверждением;
- **автоматические уведомления** клиентов и диспетчеров о критических событиях в цепи поставок.

Внешние информационные потоки охватывают:

- **дорожные происшествия и пробки** — данные от навигационных сервисов и дорожных служб;
- **метеорологическая информация** — прогнозы погоды, предупреждения о неблагоприятных условиях;
- **регуляторные сигналы** — ограничения движения, изменения в таможенном законодательстве, обновления требований безопасности.

4.7.3 Технологии и платформы для управления потоковыми данными

Специализированные TMS и облачные транспортные платформы стали основой для агрегации и обработки больших объемов событийных данных.

Track-POD обрабатывает **более 10 млн событий ежедневно** от транспортных средств по всему миру, предоставляя клиентам возможности планирования маршрутов, отслеживания грузов и аналитики эффективности в режиме реального времени.

AggreGate IoT Platform специализируется на интеграции промышленных IoT-устройств в логистические процессы, поддерживая **более 100 промышленных протоколов** и обеспечивая обработку телематических данных с задержкой менее 100 миллисекунд.

Logist.RU предоставляет российским компаниям комплексную TMS-платформу с возможностями потоковой аналитики, автоматического планирования и интеграции с государственными информационными системами.

Стриминговые платформы корпоративного уровня обеспечивают надежную основу для построения потоковых data pipeline:

- **Apache Kafka** используется в качестве распределенной платформы для потоковой передачи данных, способной обрабатывать **миллионы сообщений в секунду** с гарантией доставки и репликацией данных между географически распределенными центрами обработки данных;
- **Apache Flink** предоставляет возможности потоковой обработки данных с низкой задержкой, поддерживая сложные аналитические запросы, агрегации в реальном времени и интеграцию с системами машинного обучения;
- **веб-интерфейсы и мобильные приложения** служат **инструментами круглосуточного доступа к аналитике и мониторингу**: диспетчеры получают актуальную информацию о местоположении всего автопарка, клиенты отслеживают статус своих грузов, водители получают обновленные маршруты с учетом дорожной обстановки.

4.7.4 Управление качеством и прозрачностью потоковых данных

Контроль качества потоковых данных представляет особую сложность из-за их объема, скорости поступления и критичности для принятия оперативных решений. **Контроль целостности, корректности и актуальности входящего стрима является основой для доверия к решениям ИИ-систем**, особенно в критических областях как расчет ETA и оценка рисков.

Современные системы качества потоковых данных включают:

- **валидацию в реальном времени** — автоматическую проверку каждого поступающего сообщения на соответствие заданным правилам и форматам. Например, GPS-координаты проверяются на попадание в допустимый географический диапазон, временные метки валидируются на корректность и последовательность;
- **обнаружение аномалий** с использованием статистических методов и машинного обучения. Позволяет выявлять нетипичные значения в потоке данных: **внезапные изменения скорости, подозрительные траектории движения, аномальный расход топлива**;
- **мониторинг задержек**. Контролирует своевременность поступления данных от различных источников, автоматически переключаясь на резервные каналы при обнаружении проблем.

Система аудита потоковых данных обеспечивает:

- **полный учет истории изменений** всех событий в системе с возможностью воспроизведения последовательности действий;
- **настройку автоматических алармов** по отклонениям от нормальных параметров работы;
- **мониторинг нештатных ситуаций** с автоматической эскалацией критических событий ответственным сотрудникам.

4.7.5 Использование реал-тайм данных в ИИ и предиктивной аналитике

Внедрение ML-моделей для обработки потоковых данных революционизирует логистические процессы, обеспечивая **интеллектуальную оптимизацию в режиме реального времени**:

Прогнозирование и оптимизация доставки основаны на анализе исторических данных и текущих условий. ИИ-модели учитывают множество факторов: **дорожную обстановку, погодные условия, характеристики груза, особенности маршрута** для расчета оптимального времени доставки с точностью **до 95 %**.

Динамический расчет ETA использует машинное обучение для постоянной корректировки прогнозов

времени прибытия на основе реальных условий движения. Системы анализируют скорость движения, плотность трафика, исторические данные о задержках на конкретных участках маршрута.

Предсказание перегрузок и пробок позволяет **заблаговременно перенаправлять транспорт на альтернативные маршруты**, сокращая время доставки и расход топлива. ML-алгоритмы анализируют паттерны движения, события в городе, данные от дорожных служб.

Автоматизированная обработка внештатных ситуаций включает немедленное реагирование на поломки транспорта, задержки на границах, изменения в заказах клиентов с **автоматическим перепланированием маршрутов и уведомлением всех заинтересованных сторон**.

Практический кейс: крупная российская логистическая компания интегрировала IoT- и GPS-данные с ИИ-системой управления автопарком. **ML-модели анализируют более 50 параметров в реальном времени:** расход топлива, стиль вождения, техническое состояние, дорожные условия. Система автоматически корректирует маршруты, **предотвращая 85 % потенциальных задержек** и обеспечивая экономию топлива до 12 %.

4.7.6 Практические примеры и архитектурные решения

Организация единого потока событий требует создания централизованной архитектуры на базе корпоративного Data Lake или Data Fabric:

Архитектура на базе Data Lake позволяет консолидировать все потоковые данные в едином хранилище с возможностью **параллельной обработки различными аналитическими системами**. Необработанные данные сохраняются в исходном формате, обеспечивая гибкость для будущих аналитических задач.

Data Fabric обеспечивает интеллектуальную интеграцию потоковых данных с возможностями автоматической каталогизации, поиска связей между различными типами событий, применения ML-алгоритмов для обнаружения скрытых паттернов.

Интеграция с BI/AI-системами для построения «цифровых двойников» логистических процессов включает:

- **визуализацию в режиме 24/7** — интерактивные дашборды отображают местоположение всего автопарка, статус грузов, ключевые показатели эффективности с обновлением каждые несколько секунд;
- **непрерывный контроль** — автоматический мониторинг всех критических параметров логистических процессов с немедленным уведомлением о нарушениях установленных нормативов;
- **прогнозирование в реальном времени** — ML-модели постоянно корректируют прогнозы доставки, потребности в ресурсах, вероятности возникновения проблем на основе поступающих потоковых данных.

Результаты внедрения: компании, реализовавшие комплексные решения по управлению потоковыми данными, отмечают **повышение точности планирования на 40 %**, **сокращение времени реагирования на нештатные ситуации в 5-7 раз**, **снижение логистических издержек на 20-25 %**. Ключевым фактором успеха становится не просто технологическая платформа, а **культура принятия решений на основе данных в реальном времени**, которая пронизывает все уровни организации — от водителей и диспетчеров до топ-менеджмента.

4.8. Управление безопасностью и соблюдением нормативных требований

4.8.1 Современные угрозы для транспортной и логистической отрасли

Повышенная цифровизация транспортно-логистической отрасли делает её инфраструктуру объектом **постоянных и растущих киберрисков**. По данным исследования Bi.Zone, в 2024 году **транспорт и логистика занимают третье место среди наиболее атакуемых отраслей (11 % всех кибератак)**, уступая только государственному сектору (15 %) и финансовой сфере (13 %). Эксперты Kaspersky ICS CERT прогнози-

руют **усиление киберугроз для промышленных предприятий в 2025 году**, включая логистические компании как поставщиков критически важных услуг.

4.8.2 Критически важные требования — законодательство и стандарты

Основные категории киберугроз для транспортно-логистической отрасли включают:

- **программы-шифровальщики (ransomware)** остаются серьёзной угрозой для крупных логистических компаний с высокой прибылью. Злоумышленники целенаправленно атакуют **поставщиков уникальной продукции и крупные логистические компании**, поскольку атаки на них **чреваты серьёзными последствиями для других организаций и целых секторов экономики**.
- **атаки на IoT-устройства и операционные системы транспорта** представляют особую опасность в эпоху автономного транспорта. **Взлом системы управления, подмена навигационных данных или атака на алгоритмы компьютерного зрения могут привести к авариям, сбоям в транспортных сетях** и даже использованию автономных транспортных средств в качестве инструмента киберпреступников;

Целенаправленные утечки коммерческой информации: данные о маршрутах, клиентах, стоимости грузов, логистических цепочках — являются **привлекательными целями для промышленного шпионажа, вымогательства и парализации бизнес-процессов конкурентов**. APT-группы фокусируются на логистических предприятиях, поскольку **из технологической сети производственного объекта проще украсть конфиденциальную информацию**, чем из периметра офисной сети.

4.8.2 Критически важные требования — законодательство и стандарты

Российское законодательство устанавливает строгие требования к обеспечению безопасности данных в транспортно-логистической отрасли:

Федеральный закон № 152-ФЗ «О персональных данных» требует от логистических компаний обеспечения защиты персональных данных клиентов, водителей, сотрудников. В 2025 году действуют **уже-сточённые требования к обработке ПДн** с новыми

унифицированными формами согласий и усиленными мерами наказания за нарушения.

Федеральный закон «О транспортной безопасности» и требования к **объектам критической информационной инфраструктуры** обязывают крупные транспортные компании внедрять комплексные системы защиты, включающие категорирование объектов, планы реагирования на чрезвычайные ситуации, регулярные аудиты безопасности.

Международные стандарты особенно важны для компаний, осуществляющих международные перевозки.

GDPR (General Data Protection Regulation) применяется при **перевозках в страны Европейского союза** и требует соблюдения строгих правил обработки персональных данных европейских граждан, включая право на забвение и портативность данных.

ISO 27001/ISMS (Information Security Management System) представляет **международный стандарт систем управления информационной безопасностью**, внедрение которого становится обязательным для работы с крупными международными клиентами.

Техническое регулирование включает обязательное использование **электронной подписи для документооборота**, создание **защищённых каналов передачи данных**, категорирование **информационных объектов** по уровням критичности и разработку **детальных планов реагирования на чрезвычайные ситуации**.

4.8.3 Технологии и процессы обеспечения безопасности

Технические инструменты защиты для логистических компаний включают многоуровневую систему безопасности:

Криптографическая защита данных обеспечивается через **шифрование при передаче** (использование протоколов TLS/SSL для API-интеграций), **шифрование при хранении** (защита баз данных с персональной информацией клиентов), **резервирование и распределённое хранение данных** для обеспечения доступности критически важной информации.

Периметральная защита включает **межсетевые экраны нового поколения, системы обнаружения**

и предотвращения вторжений (IDS/IPS), системы мониторинга сетевого трафика с возможностями машинного обучения для выявления аномалий.

Регулярные аудиты и тестирование на проникновение становятся обязательной практикой для **выявления уязвимостей до их использования злоумышленниками.**

Управление доступом и идентификацией включает:

- **разграничение прав доступа** по принципу минимальных привилегий — сотрудники получают доступ только к информации, необходимой для выполнения служебных обязанностей;
- **многофакторная аутентификация** для доступа к критически важным системам, включая биометрические методы идентификации;
- **непрерывный контроль действий пользователей** с ведением детальных журналов аудита и автоматическим выявлением подозрительной активности.

Специализированная защита IoT-инфраструктуры включает **защиту GPS/ГЛОНАСС-трекеров от подмены сигнала, шифрование каналов передачи телематических данных, физическую охрану критически важных объектов инфраструктуры** (серверные, диспетчерские центры), **системы видеонаблюдения с функциями аналитики** для мониторинга складских и логистических комплексов.

4.8.4 Практики Data Governance для обеспечения безопасности

Организационная структура безопасности данных требует **формирования чёткой иерархии ответственности:**

- **назначения владельцев данных (Data Owners)** по доменам бизнеса и ИТ с персональной ответственностью за безопасность конкретных категорий информации.
- **создание позиции главного специалиста по информационной безопасности** с прямым подчинением топ-менеджменту и полномочиями по координации всех инициатив в области кибербезопасности.

- **обязательное обучение персонала** включает регулярные тренинги по распознаванию фишинговых атак, правилам работы с конфиденциальной информацией, процедурам реагирования на инциденты безопасности.

Процедуры реагирования на инциденты включают:

- **Планы немедленного реагирования** на различные типы киберинцидентов с чёткими ролями и ответственностью.
- **Регулярный анализ уязвимостей** с использованием автоматизированных систем сканирования и ручного тестирования на проникновение.

Взаимодействие с подрядчиками и партнёрами требует интеграции планов безопасности по всей цепочке поставок. Это включает аудит информационной безопасности у ключевых партнёров, включение требований по кибербезопасности в договоры, совместные учения по реагированию на киберинциденты.

4.8.5 Особенности защиты данных для ИИ

Для моделей искусственного интеллекта критически важна прозрачность и легитимность используемых датасетов, особенно при работе с персональной информацией клиентов и водителей.

Ключевые принципы этичного ИИ в логистике:

Минимизация данных — использование для обучения моделей только тех персональных данных, которые действительно необходимы для достижения бизнес-целей.

Анонимизация и псевдонимизация — применение техник обезличивания данных для снижения рисков утечки конфиденциальной информации при обучении и эксплуатации ИИ-моделей.

Обеспечение согласия пользователей на использование их данных для обучения ИИ-систем с чётким объяснением целей и методов обработки.

Этические аспекты ИИ в логистике включают:

- **предотвращение алгоритмической дискриминации** — обеспечение того, что ИИ-системы не создают необоснованных предпочтений или

ограничений для определённых групп клиентов или регионов;

- **прозрачность алгоритмов** — возможность объяснения принципов работы ИИ-систем регуляторам и клиентам, особенно при принятии решений, влияющих на **стоимость услуг или условия доставки**;
- **соблюдение конфиденциальности** при обучении моделей — использование техник федеративного обучения и дифференциальной приватности для **защиты индивидуальных данных при создании общих ИИ-моделей**.

4.8.6 Практические кейсы и рекомендации

4.8.6 Практические кейсы и рекомендации

Внедрение комплексных систем безопасности в крупных логистических компаниях включает:

- **развёртывание ISMS по стандарту ISO 27001 с полным жизненным циклом управления информационной безопасностью** — от оценки рисков до постоянного мониторинга и улучшения;
- **создание систем резервного копирования с возможностью быстрого восстановления** критически важных данных и приложений в случае кибератак или технических сбоев;
- **внедрение сквозной криптозащиты данных** по всей логистической цепочке — от мобильных приложений водителей до интеграций с системами клиентов.

Организационные меры включают:

- **регулярное обновление политики безопасности** и технической инфраструктуры в соответствии с развивающимися угрозами и изменениями в законодательстве;
- **подготовку детальных планов аварийного восстановления с регулярными тренировками персонала** и тестированием процедур в условиях, максимально приближенных к реальным инцидентам;
- **проведение регулярных аудитов безопасности** как внутренними силами, так и **независимыми экспертами для объективной оценки** уровня защищённости.

Результат комплексного подхода: компании, внедрившие системы управления информационной

безопасностью по международным стандартам, **снижают риски успешных кибератак на 70-80 % и сокращают время восстановления после инцидентов в 3-5 раз**. Это **создаёт базу доверия к данным для ИИ-систем** и обеспечивает соответствие всем регуляторным требованиям, что критически важно для **устойчивого развития цифровых логистических процессов**.

4.9. Управление данными для обучения и совершенствования ИИ

4.9.1 Жизненный цикл данных для ИИ

В транспортно-логистической индустрии **данные представляют собой ключевой стратегический ресурс** для построения, обучения, тестирования, внедрения и непрерывного контроля работы ML-моделей и ИИ-систем. Особенность логистических данных заключается в их высокой динамичности, разнородности источников и критической важности для принятия оперативных решений в режиме реального времени.

Полный жизненный цикл данных для ИИ в логистике включает следующие взаимосвязанные стадии:

- **сбор данных** — непрерывное получение информации от множественных источников: GPS/ГЛОНАСС-трекеров, IoT-датчиков, складских систем, внешних API, мобильных приложений водителей и клиентов;
- **аннотирование и подготовка** — структурирование сырых данных, создание меток для обучения с учителем, очистка от аномалий и ошибок, приведение к единым стандартам и форматам;
- **безопасное хранение** — размещение подготовленных датасетов в специализированных хранилищах с обеспечением контроля доступа, версионирования и соответствия требованиям безопасности;
- **актуализация** — регулярное обновление обучающих выборок новыми данными для отражения изменений в бизнес-процессах, появления новых маршрутов, клиентов, типов грузов;

- **использование для обучения** — применение подготовленных датасетов для создания и оптимизации ML-моделей с учётом специфики логистических задач;
- **непрерывное сопровождение** — мониторинг качества моделей в продакшене, выявление дрейфа данных, дообучение на новых выборках, адаптация к изменяющимся условиям бизнеса.

4.9.2 Сбор и подготовка обучающих данных

Источники данных для ИИ в логистике характеризуются высоким разнообразием и объёмом.

Телематические системы генерируют **до 25 000 точек данных с одного транспортного средства за рабочий день**: координаты GPS/ГЛОНАСС, скорость, расход топлива, параметры двигателя, стиль вождения, состояние груза.

IoT-сенсоры на складах контролируют температуру, влажность, освещённость, движение погрузочной техники. **Крупный распределительный центр генерирует до 1 млн сенсорных событий в час.**

RFID-метки и системы автоматической идентификации обеспечивают трекинг каждой единицы груза с автоматической фиксацией всех операций погрузки, выгрузки, перемещения между зонами хранения.

Корпоративные системы WMS/TMS/ERP содержат структурированную информацию о заказах, клиентах, маршрутах, финансовых операциях, которая критически важна для обучения моделей прогнозирования спроса и оптимизации ресурсов.

Внешние источники включают данные о погодных условиях, дорожной обстановке, пробках, происшествиях, изменениях в законодательстве, которые влияют на логистические процессы.

Критические требования к обучающим данным включают:

- **репрезентативность** — датасеты должны отражать **все возможные сценарии работы** логистической компании: различные типы грузов, маршруты, сезонные колебания, нештатные ситуации. Недостаточное покрытие редких, но важных случаев может привести к серьёзным ошибкам ИИ-систем в критических ситуациях;

- **полноту и разнообразие** — обучающие выборки должны включать **данные из различных географических регионов**, временных периодов, типов операций для обеспечения универсальности моделей;
- **качественную аннотацию**. Она требует экспертного участия логистов и диспетчеров для корректной разметки событий, классификации типов грузов, определения причин задержек. Ошибки в аннотации приводят к систематическим искажениям в работе ИИ-моделей;
- **стандартизацию и очистку данных**. Она включает унификацию форматов координат, временных меток, единиц измерения, устранение дубликатов, фильтрацию аномальных значений, восстановление пропущенных данных с использованием статистических методов.

4.9.3 Хранение и управление обучающими выборками

Архитектура хранения данных для ИИ в логистических компаниях требует специализированного подхода:

Data Lake служит **центральным хранилищем** для всех сырых данных в исходных форматах, обеспечивая **масштабируемость для петабайтов телематической информации** и гибкость для различных типов аналитических задач.

Data Warehouse содержит **структурированные и очищенные данные**, оптимизированные для быстрого извлечения обучающих выборок. Использование колоночных СУБД (например, ClickHouse, Apache Parquet) **ускоряет аналитические запросы в 10-100 раз**.

Специализированные ML-песочницы обеспечивают **изолированную среду для экспериментов** с данными, позволяя исследователям данных безопасно работать с копиями продакшен-данных без риска влияния на работающие системы.

Критически важные процессы управления данными:

- **документирование источников и происхождения** (data lineage) обеспечивает **прослеживаемость**

каждого элемента обучающей выборки от исходного сенсора до финальной модели, что критично для соответствия регуляторным требованиям;

- **версионирование датасетов** с использованием специализированных инструментов (DVC, MLflow, Weights & Biases) позволяет **воспроизводить результаты экспериментов** и откатываться к предыдущим версиям при выявлении проблем;
- **контроль доступа** обеспечивает **защиту конфиденциальных данных** клиентов и соблюдение требований 152-ФЗ при работе с персональными данными водителей и грузополучателей.

4.9.4 Актуализация и переобучение моделей

Динамичность логистических данных требует особого подхода к Lifecycle Management ИИ-моделей. **Данные в логистике изменяются значительно быстрее**, чем в других отраслях: появляются новые маршруты, изменяется дорожная инфраструктура, меняются предпочтения клиентов, возникают сезонные колебания спроса.

Типы изменений, требующих переобучения:

- **сезонные паттерны** — модели прогнозирования спроса должны адаптироваться к **изменениям в объёмах перевозок** в праздничные периоды, сельскохозяйственные сезоны, периоды отпусков;
- **изменения в маршрутной сети** — открытие новых дорог, мостов, изменение схем движения в городах требует **переобучения моделей расчёта ETA** и оптимизации маршрутов;
- **появление новых клиентов и типов грузов** — модели должны **адаптироваться к специфике** новых сегментов бизнеса, особенностям обработки нестандартных грузов.

Стратегии переобучения моделей:

- **Переобучение по расписанию** — регулярное обновление моделей (ежедневно, еженедельно) с использованием **новых данных за определённый период**. Подходит для моделей прогнозирования спроса и планирования ресурсов;
- **Обнаружение дрейфа данных** с использованием статистических тестов (Kolmogorov-Smirnov, PSI — Population Stability Index) для **автоматического**

выявления изменений в распределении входных данных или качества предсказаний;

- **Инкрементальное обучение** позволяет **адаптировать модели к новым данным** без полного переобучения, что особенно важно для моделей глубокого обучения с большим количеством параметров.

Непрерывный мониторинг включает:

- **А/В тестирование** новых версий моделей против текущих на **реальном трафике** с контролем ключевых бизнес-метрик;
- **Автоматизированные отчёты** о качестве предсказаний с **визуализацией трендов** и автоматическими алертами при критических отклонениях.

4.9.5 Инструменты DataOps и MLOps

DataOps представляет методологию автоматизации процессов подготовки, валидации, передачи и обновления данных для ИИ-инициатив в логистике.

Автоматизированные пайплайны для извлечения, трансформации и загрузки (ETL/ELT) данных из разнородных источников с использованием Apache Airflow, Prefect или аналогичных оркестраторов.

Непрерывная валидация качества данных с использованием Great Expectations или Deequ для **автоматического выявления аномалий**, пропусков, нарушений бизнес-правил в поступающих данных.

Мониторинг производительности пайплайнов с **автоматическими уведомлениями** о задержках или сбоях в обработке критически важных данных.

MLOps обеспечивает управление жизненным циклом ИИ-моделей от разработки до продакшена:

- **версионирование моделей** с полным контролем изменений в коде, гиперпараметрах, обучающих данных для **обеспечения воспроизводимости результатов**;
- **автоматизированное тестирование** включает **unit-тесты для кода моделей**, интеграционные тесты для проверки совместимости с production-системами, **performance-тесты** для контроля времени отклика;
- **Continuous Integration/Continuous Deployment (CI/CD)** для моделей позволяет **автоматически**

развёртывать новые версии после прохождения всех тестов и проверок качества;

- **мониторинг моделей в продакшене** включает **отслеживание дрейфа данных**, деградации качества предсказаний, использования вычислительных ресурсов.

4.9.6 Практические кейсы и примеры

Прогнозирование спроса и ETA с использованием комплексного подхода к управлению данными:

Крупная российская логистическая компания внедрила **систему прогнозирования времени доставки**, использующую **более 200 факторов**: исторические данные о маршрутах, текущая дорожная обстановка, погодные условия, характеристики груза, загрузка водителей. **ML-модели переобучаются еженедельно** на новых данных, достигая **точности прогноза 95 %** по сравнению с 70 % при использовании статических алгоритмов.

Интеграция исторических и потоковых данных для оптимизации маршрутов:

- система обрабатывает **потоковые данные от 15 000 GPS-трекеров** в режиме реального времени, объединяя их с **историческими данными за 5 лет** для построения **цифровых двойников транспортной сети**. ML-модели учитывают **паттерны пробок, сезонные изменения, влияние погоды** на скорость движения, обеспечивая **экономии топлива до 15 %** и сокращение времени доставки.

Predictive Maintenance для транспорта:

- система анализирует **телематические данные в реальном времени** для прогнозирования технических неисправностей. **Алгоритмы машинного обучения** обрабатывают данные о **параметрах двигателя, расходе масла, вибрации, температурном режиме**, прогнозируя необходимость технического обслуживания **за 2-3 недели до критического состояния**. Это **снижает количество внеплановых поломок на 60 %** и оптимизирует затраты на обслуживание автопарка.

Роботизация складских операций:

- ML-модели анализируют **исторические данные о движении товаров, паттерны заказов, загрузки-**

ку зон хранения для оптимизации размещения товаров и маршрутов роботизированных систем. **Система непрерывно обучается** на данных о **времени выполнения операций**, адаптируясь к изменениям в ассортименте и сезонным колебаниям спроса.

4.9.7 Вызовы и рекомендации

Ключевые вызовы в управлении данными для ИИ включают:

- **дефицит квалифицированных специалистов — критическую нехватку экспертов** по работе с обучающими данными, качественной аннотации, построению репрезентативных датасетов для логистических задач. Многие компании недооценивают **трудозатраты на подготовку данных**, которые составляют **до 80 % времени** ИИ-проектов;
- **сложность интеграции разнородных источников** — необходимость **объединения структурированных и неструктурированных данных** из десятков различных систем с разными форматами, стандартами, частотой обновления;
- **обеспечение качества в реальном времени** — сложность контроля качества **быстро изменяющихся потоковых данных** при сохранении требований к скорости обработки.

Стратегические рекомендации:

- **внедрение Data Stewardship в ИИ-проекты** — **назначение ответственных специалистов** за качество и управление данными для каждой категории ИИ-моделей с чёткими KPI и системой мотивации;
- **использование сквозных стандартов** описания и контроля качества данных на всех этапах жизненного цикла — от сбора до использования в продакшене;
- **инвестиции в автоматизацию** процессов подготовки данных с использованием **AutoML-платформ** для снижения зависимости от дефицитных специалистов;
- **создание центров компетенций** по ИИ и данным с **координацией всех инициатив** на корпоративном уровне для избежания дублирования усилий и обеспечения единых стандартов.

Результатом системного подхода к управлению данными для ИИ становится **создание устойчивой конкурентной позиции** логистической компании, основанной на **непрерывном совершенствовании операционной эффективности** через интеллектуальную автоматизацию процессов.

4.10. Организационные аспекты Data Governance
4.10. 1 Суть Data Governance – корпоративная функция

4.10. Организационные аспекты Data Governance

4.10. 1 Суть Data Governance – корпоративная функция

Data Governance представляет собой **стратегическую корпоративную функцию**, которая обеспечивает согласованность, контроль, безопасность, качество и доступность данных в масштабах всей организации. В транспортно-логистических компаниях, где **информационные потоки являются критически важным активом**, Data Governance становится основой для эффективного управления сложными цепочками поставок и успешного внедрения технологий искусственного интеллекта.

Принципиальное отличие Data Governance от Data Management заключается в уровне стратегического воздействия: **Data Governance определяет правила игры, процессы принятия решений и роли ответственности**, по которым осуществляется сбор, хранение, обработка и использование данных в рамках всего бизнеса. В то время как Data Management сосредоточен на технических аспектах работы с данными, **Data Governance обеспечивает организационную рамку** для принятия стратегических решений о том, какие данные собирать, как их защищать, кому предоставлять доступ и как использовать для достижения бизнес-целей.

В логистической отрасли **Data Governance приобретает особую значимость** из-за необходимости интеграции данных от множественных участников цепи поставок: перевозчиков, складских операторов, клиентов, государственных служб, поставщиков технологических решений. **Отсутствие единых правил управления данными** приводит к информаци-

онным разрывам, дублированию усилий, снижению качества принимаемых решений и невозможности эффективного использования ИИ-технологий.

Зрелая система Data Governance в логистике обеспечивает **единое понимание бизнес-терминологии** (что означает «доставка», «в пути», «задержка»), **стандартизированные процедуры** работы с клиентскими данными, **централизованное управление** справочниками транспортных средств и маршрутов, **координацию требований** к качеству данных между различными подразделениями компании.

4.10.2 Структура и ключевые роли

Эффективная организационная структура Data Governance требует четкого распределения ролей и ответственности между различными уровнями управления:

Управляющий спонсор (Executive Sponsor) — **представитель топ-менеджмента** (CEO, CDO, CIO), который обеспечивает стратегическую поддержку инициатив по управлению данными и принимает ключевые решения о приоритетах и ресурсах. В крупных логистических холдингах эта роль часто возлагается на **Chief Data Officer (CDO)**, который координирует все корпоративные инициативы в области данных и цифровизации.

Data Stewards (Кураторы данных) — **специалисты среднего звена**, ответственные за качество и управление данными в конкретных предметных областях. В логистической компании это могут быть кураторы данных по клиентам, транспортным средствам, маршрутам, складским операциям. **Data Stewards обеспечивают связь** между бизнес-требованиями и техническими решениями, контролируют соблюдение стандартов качества данных.

Data Owners (Владельцы данных) — **руководители бизнес-подразделений**, которые несут окончательную ответственность за определенные категории данных и принимают решения об их использовании. Например, директор по логистике может быть владельцем данных по маршрутам и транспорту, директор по продажам — владельцем клиентских данных.

Data Quality Leads — технические специалисты, координирующие все инициативы по контролю и улучшению качества данных на операционном уровне.

Комитеты по Data Governance создаются для обеспечения межфункциональной координации и принятия коллегиальных решений по стратегическим вопросам управления данными. В состав комитета обычно входят представители ключевых бизнес-подразделений, ИТ-департамента, службы безопасности, юридического отдела.

Матрицы ответственности RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed) используются для формализации зон ответственности каждой роли в различных процессах управления данными. Например, при внедрении новой системы мониторинга транспорта Data Steward может быть ответственным (R) за контроль качества поступающих телематических данных, Data Owner — ответственным (A) за принятие решения о внедрении, ИТ-департамент — консультируемым (C), а топ-менеджмент — информируемым (I) о ходе проекта.

4.10.3 Политики, стандарты и процессы

Формализация политик управления данными включает создание комплексной документации, регламентирующей все аспекты работы с информационными активами:

Политики владения данными определяют четкие права и обязанности каждого подразделения по отношению к различным категориям информации. В логистической компании это может включать разграничение ответственности за данные клиентов (отдел продаж), операционные данные (логистический департамент), финансовые данные (бухгалтерия).

Процессы сертификации и аттестации данных обеспечивают официальное подтверждение качества и надежности критически важных датасетов перед их использованием в ИИ-моделях или передачей внешним партнерам.

Протоколы доступа регламентируют процедуры предоставления доступа к различным категориям данных с учетом принципов минимальных привилегий и разделения обязанностей. Особое внимание уделя-

ется доступу к персональным данным клиентов и водителей в соответствии с требованиями 152-ФЗ.

Процедуры инвентаризации данных включают **регулярную каталогизацию** всех информационных активов компании с описанием их источников, владельцев, форматов, частоты обновления, уровня критичности.

Документирование и стандартизация охватывают:

унификацию терминологии — создание корпоративного глоссария с **едиными определениями** ключевых понятий логистического бизнеса, что особенно важно при интеграции систем различных подразделений или поглощенных компаний;

стандарты качества данных — формализацию **критериев полноты, точности, актуальности** для различных типов логистической информации с установлением целевых показателей и методов измерения;

шаблоны и инструкции для типовых процедур работы с данными, включая загрузку новых датасетов, создание отчетов, выгрузку информации для партнеров.

Непрерывность процесса обеспечивается через **регулярное обновление политик** в соответствии с изменениями в бизнесе и технологиях, **плановые аудиты** соблюдения установленных правил, **контроль исполнения** через систему KPI и отчетности.

4.10.4 Обеспечение соответствия отраслевым и международным требованиям

Соответствие международным стандартам становится критически важным для логистических компаний, особенно при работе с международными грузоперевозками:

ISO 8000 — международный стандарт качества данных, который определяет **принципы управления качеством информации** на всех этапах её жизненного цикла. Для логистических компаний это означает необходимость внедрения процедур контроля качества данных о грузах, маршрутах, клиентах.

Стандарты GS1 обеспечивают **глобальную идентификацию товаров** и логистических единиц через систему штрих-кодов и RFID-меток, что критически важно для международных цепочек поставок.

EDIFACT — международный стандарт электронного обмена данными, который **регламентирует форматы** документов для взаимодействия с международными партнерами.

GDPR применяется при **обработке персональных данных граждан ЕС** в рамках международных перевозок и требует внедрения специальных процедур защиты конфиденциальности.

Локальные нормативы включают **требования к объектам критической информационной инфраструктуры**, стандарты транспортной безопасности, требования по защите персональных данных согласно 152-ФЗ.

Процедуры Data Stewardship для обеспечения ответственности включают:

- **регулярный мониторинг** изменений в нормативных требованиях с **оценкой влияния** на существующие процессы управления данными;
- **разработку специализированных метрик** качества операционных данных в соответствии с требованиями стандартов;
- **создание механизмов аудита** с возможностью **демонстрации соответствия** регуляторным требованиям через детальную отчетность и документооборот.

4.10.5 Взаимодействие с ИИ и цифровыми инновациями

Data Governance служит фундаментом для построения доверия к ИИ-системам в логистике, обеспечивая необходимую **прозрачность процессов, возможность аудита решений и формализацию доступа** к данным для обучения моделей. Без зрелой системы управления данными внедрение ИИ сопряжено с **высокими рисками получения искаженных результатов**, невозможностью объяснения принятых решений регуляторам и клиентам.

Ключевые аспекты взаимодействия Data Governance и ИИ:

- **управление обучающими данными** — **Data Governance определяет политики** отбора, подготовки, версионирования датасетов для обучения

ИИ-моделей с обеспечением их репрезентативности и соответствия этическим принципам;

- **контроль качества ИИ-решений** — установление **процедур валидации** работы моделей, мониторинга их производительности, выявления дрейфа данных и деградации качества предсказаний;
- **этическое использование ИИ** — **разработка принципов** предотвращения дискриминации при автоматическом принятии решений, обеспечения справедливости алгоритмов для всех категорий клиентов.

Интеграция с современными методологиями включает:

- **DataOps** — внедрение **принципов DevOps** в процессы управления данными с акцентом на автоматизацию, непрерывную интеграцию, быструю обратную связь;
- **MLOps** — **управление жизненным циклом** ИИ-моделей от разработки до продакшена с обеспечением версионирования, тестирования, мониторинга;
- **Metadata Management** — **централизованное управление метаданными** для обеспечения понимания происхождения, качества и использования данных в ИИ-системах.

4.10.6 Организационные вызовы и рекомендации

Основные организационные вызовы при внедрении Data Governance в логистических компаниях:

сопротивление изменениям — сотрудники часто **воспринимают новые процедуры** управления данными как дополнительную бюрократию, которая замедляет выполнение оперативных задач. Особенно сильное сопротивление может возникать у **опытных логистов и диспетчеров**, привыкших принимать решения на основе личного опыта;

аналитический паралич — **избыточная формализация процессов** может привести к замедлению принятия решений в условиях, когда скорость реакции критически важна для логистического бизнеса;

недостаток лидерской поддержки — **отсутствие четкого спонсорства** от топ-менеджмента приводит к восприятию Data Governance как «инициати-

вы ИТ-департамента», что снижает мотивацию бизнес-подразделений к активному участию.

Стратегические рекомендации

Критическая важность сильного управляющего спонсора: наличие CDO или другого топ-менеджера с четкими полномочиями и ресурсами является ключевым фактором успеха. Спонсор должен **регулярно демонстрировать поддержку** инициатив по управлению данными и **связывать их с бизнес-результатами**.

Создание центра компетенций по данным и ИИ: **консолидация экспертизы** в области управления данными, машинного обучения, аналитики в единой структуре с **координацией всех корпоративных инициатив**.

Инвестиции в обучение и развитие персонала: **регулярные тренинги** для повышения data literacy, объяснение бизнес-ценности качественных данных, **демонстрация успешных кейсов** использования данных для улучшения операционных результатов.

Формирование культуры совместной ответственности: Data Governance должен **восприниматься не как набор правил и ограничений**, а как **корпоративная культура**, где каждый сотрудник понимает важность качественных данных для успеха компании и принимает активное участие в их поддержании.

Поэтапный подход к внедрению: **начало с пилотных проектов** в наиболее мотивированных подразделениях с демонстрацией быстрых побед и постепенным масштабированием успешных практик на всю организацию.

Интеграция с системой мотивации: **включение показателей качества данных** в KPI руководителей подразделений и специалистов, работающих с критически важной информацией.

Результатом успешного внедрения организационных аспектов Data Governance становится **трансформация отношения к данным** — от восприятия их как технического ресурса к пониманию в качестве **стратегического актива**, который требует профессионального управления и обеспечивает **устойчивые**

конкурентные преимущества в эпоху цифровой экономики.

4.11. Практические кейсы и дорожная карта

4.11.1 Описание целей и структуры блока

Настоящий блок представляет **комплексный анализ практического применения Data Management и технологий искусственного интеллекта** в российской транспортно-логистической отрасли. **Основная цель — продемонстрировать реальные примеры успешных внедрений**, показать пошаговую методику трансформации, описать достигнутые эффекты и предоставить конкретную дорожную карту для компаний отрасли.

Блок структурирован таким образом, чтобы **от практических кейсов перейти к стратегическому планированию**: сначала анализируются реальные проекты с измеримыми результатами, затем представляется пошаговая методология внедрения, завершающаяся рекомендациями по интеграции с корпоративной стратегией и отраслевыми стандартами.

Особое внимание уделяется российской специфике — нормативным требованиям, технологическим особенностям, ресурсным ограничениям и возможностям интеграции с государственными информационными системами.

4.11.2 Практические кейсы успешного применения ИИ и Data Management

Кейс 1. Прогнозирование спроса, ETA и оптимизация складских операций

Мосгортранс. Внедрение ИИ-комплекса «Антисон» для мониторинга состояния водителей в режиме реального времени. Система анализирует видеопоток в кабине водителя, выявляет признаки усталости и потери концентрации, автоматически подаёт звуковой сигнал и отправляет сообщения в центр мониторинга.

Достигнутые результаты. Снижение количества аварий, связанных с усталостью водителей, **на 30 %**.

Экономический эффект превышает **50 млн рублей ежемесячно** благодаря сокращению страховых выплат, простоев транспорта и повышению безопасности пассажиров.

ПЭК (Первая экспедиционная компания) — создание собственного аналитического центра управления перевозками с использованием Big Data технологий. Система в режиме реального времени контролирует загрузку **189 складов по всей России** и формирует прогнозы спроса на месяц вперед, обрабатывая **более 2 млн событий ежедневно**.

Эффект от внедрения: рост точности прогнозирования на 40 %, сокращение избыточных запасов на 25 %, снижение логистических издержек на 18 %. **Общая годовая экономия составляет более 4 млрд рублей.**

Северсталь. Внедрение ИИ-системы для автоматизации управления запасами и оптимизации складских операций. Система прогнозирует спрос на металлопродукцию, управляет размещением товаров на складе и оптимизирует процессы перемещения продукции с учетом производственных планов.

Результаты: сокращение времени на обработку складских операций на 30 %, уменьшение избыточных запасов на 20 %, что обеспечило **значительную экономию и повышение эффективности** логистических процессов.

Кейс 2. Оптимизация маршрутов и автоматизация документооборота

СДЭК. Использование ИИ-технологий для анализа исторических данных и динамической оптимизации маршрутов. Система прогнозирует объем и тип необходимого транспорта, что позволяет минимизировать холостой пробег и оптимизировать загрузку автопарка.

Достигнутый эффект: сокращение холостого пробега **на 20 %**, уменьшение затрат на топливо и техническое обслуживание, **повышение общей эффективности логистических операций на 15 %.**

«МегаФон» в партнёрстве с ГК Simetra. Создание инновационной платформы для управления транспортными потоками, которая обеспечивает прогнозирование, мониторинг и контроль грузоперевозок по автомобильной, железнодорожной и речной инфраструктуре. Система создает **цифровые двойни-**

ки логистических процессов для крупного химического комплекса на Дальнем Востоке.

Экономический эффект: снижение логистических расходов на 40 %, сокращение времени доставки на 25 %, **автоматизация до 80 % документооборота**. Ожидаемая экономия превышает **50 млн рублей ежемесячно**.

Pooling.me. Внедрение первой в России полнофункциональной AI-системы для автоматического анализа и оптимизации тарифов доставки. ИИ-платформа автоматически сравнивает предложения множества перевозчиков, рассчитывает дополнительные расходы для сборных грузов и формирует детальные рекомендации по выбору оптимального варианта доставки.

Результаты внедрения: снижение стоимости доставки на 15-25 %, сокращение времени на подбор перевозчика **в 10 раз** (с нескольких часов до нескольких минут), **повышение качества сервиса** благодаря прозрачности процессов выбора.

Кейс 3. Роботизация складского учёта и проактивное обслуживание транспорта

Совкомфлот. Разработка технологий автономного управления судами для минимизации влияния человеческого фактора в критических ситуациях. ИИ-системы управляют судами, используя данные с множества сенсоров, камер, радаров и спутниковой навигации.

Достигнутые результаты: снижение аварийности на море до 90 %, улучшение безопасности морских перевозок, **оптимизация расходов на топливо на 12 %** благодаря более эффективному управлению судами.

«Скиф-Карго». Внедрение сервиса автоматической маршрутизации (Яндекс Маршрутизатор), который **заменил работу 10 логистов**. Дополнительно используется ChatGPT для проведения топологии складских комплексов и оптимизации размещения стеллажей.

Эффект: сокращение времени планирования маршрутов в 5 раз, снижение логистических издержек на 18 %, **высвобождение человеческих ресурсов** для стратегических задач развития бизнеса.

Системы Predictive Maintenance. Российские транспортные компании внедряют предиктивное об-

служивание на основе анализа телематических данных в реальном времени. ML-алгоритмы анализируют параметры двигателя, расход масла, вибрации, температурный режим для прогнозирования технических неисправностей **за 2-3 недели до критического состояния.**

Результативность: снижение количества внеплановых поломок на **60 %**, сокращение расходов на ремонт на **25 %**, **оптимизация затрат на техническое обслуживание автопарка на 30 %.**

Кейс 4. Развитие клиентских сервисов и динамическое ценообразование

DHL Supply Watch. Использование ИИ-системы для отслеживания различных рисков: погодных условий, экологических факторов, загруженности дорог, уровня преступности для **заблаговременного информирования клиентов** о возможных задержках в поставках.

Эффект: повышение удовлетворённости клиентов на **35 %**, сокращение количества претензий на **40 %**, **увеличение конверсии повторных заказов на 20 %.**

Интеллектуальные чат-боты в российских логистических компаниях автоматизируют **до 70 % стандартных запросов клиентов:** отслеживание грузов, расчёт стоимости доставки, информирование о статусах заказов. Системы интегрированы с корпоративными базами данных и обеспечивают **круглосуточную поддержку клиентов.**

Результаты: снижение нагрузки на кол-центры на **50 %**, сокращение времени обработки запросов **в 3-5 раз**, повышение качества клиентского сервиса благодаря мгновенным и точным ответам.

4.11.3 Дорожная карта внедрения Data Management и ИИ в отрасли

Фаза 1. Диагностика и подготовка (3-6 месяцев)

Оценка зрелости управления данными с использованием стандартизированных методологий. **DAMA Quality Assessment** — комплексная диагностика по 11 доменам управления данными с выставлением оценки зрелости от 1 до 5 уровня для каждой области.

Data Maturity Model — определение текущего состояния информационных активов компании, выяв-

ление критических пробелов в процессах, технологиях, организационной структуре.

Аудит источников и качества данных:

- инвентаризация всех информационных потоков компании;
- анализ качества данных по критериям полноты, точности, консистентности;
- выявление дублирующих и противоречивых источников;
- оценка готовности данных для ИИ-проектов.

Формирование проектной команды:

- **назначение Executive Sponsor** (CDO, CIO) с полномочиями принятия решений;
- **подбор Data Stewards** для ключевых доменов данных;
- **привлечение AI/ML-экспертов** для технической реализации проектов;
- **создание Data Governance Committee** для координации инициатив.

Фаза 2. Проектирование архитектуры и стратегии (2-4 месяца)

Разработка целевой архитектуры данных:

- проектирование слоистой архитектуры с выделением уровней источников, хранения, обработки, потребления;
- выбор технологической платформы (Data Lake, Data Warehouse, гибридные решения);
- планирование интеграционных потоков между существующими системами.

Планирование интеграций:

- определение приоритетных источников для интеграции;
- разработка API-стратегии для взаимодействия с внешними партнерами;
- планирование миграции данных с минимизацией рисков для бизнес-процессов.

Фаза 3. Внедрение инфраструктуры (6-12 месяцев)

Развёртывание Data Lake/Data Fabric:

- установка и настройка платформы консолидации данных;
- интеграция с существующими корпоративными системами (ERP/TMS/WMS);

- настройка потоковых интеграций для обработки данных в реальном времени.

Обеспечение безопасности и соответствия нормативам:

- внедрение системы управления доступом и идентификацией;
- настройка шифрования данных при передаче и хранении;
- реализация требований 152-ФЗ и отраслевых стандартов безопасности;
- создание процедур аудита и мониторинга соответствия.

Фаза 4. Пилотные ИИ-проекты (4-8 месяцев)

Выбор и реализация пилотных проектов:

- прогнозирование спроса для топ-20 % товарных позиций;
- оптимизация маршрутов для выбранного региона;
- предиктивное обслуживание для части автопарка.

Сквозное тестирование и валидация:

- A/B тестирование ИИ-моделей против существующих процессов;
- измерение KPI эффективности (точность прогнозов, экономия расходов);
- сбор обратной связи от пользователей и корректировка решений.

Обучение пользователей:

- тренинги по работе с новыми ИИ-инструментами;
- повышение data literacy среди сотрудников;
- создание внутренних чемпионов изменений.

Фаза 5. Масштабирование и оптимизация (12-24 месяца)

Постоянная актуализация процессов:

- внедрение процедур переобучения моделей;
- мониторинг дрейфа данных и качества предсказаний;
- расширение ИИ-решений на новые бизнес-процессы.

Развитие MLOps/DataOps:

- автоматизация жизненного цикла ИИ-моделей;
- внедрение CI/CD для машинного обучения;
- создание системы версионирования данных и моделей.

4.11.4 Интеграция с корпоративной стратегией

Интеграция с корпоративной стратегией цифровизации:

- выравнивание инициатив по данным с общими бизнес-целями компании;
- интеграция KPI управления данными в систему мотивации руководителей;
- регулярная отчётность топ-менеджменту о прогрессе и результатах.

Взаимодействие с государственными и отраслевыми стандартами:

- участие в отраслевых инициативах по стандартизации данных;
- интеграция с государственными информационными системами (СМЭВ, ФИС);
- соответствие требованиям регулятора по критической информационной инфраструктуре.

4.11.5 Итоговые рекомендации

Стратегический уровень

Обязательное включение Data Governance на стратегическом уровне с назначением CDO или аналогичной роли, наделённой полномочиями и ресурсами для координации всех инициатив в области данных и ИИ.

Инвестиции в обучение и развитие персонала — создание программ повышения data literacy, подготовка внутренних экспертов по ИИ, формирование культуры принятия решений на основе данных.

Системная мотивация сотрудников через включение показателей качества данных в KPI, создание системы поощрений за инновационные ИИ-инициативы, развитие внутренних сообществ практики.

Технологический уровень:

Приоритет отраслевым и международным стандартам — следование рекомендациям DAMA-DMBOK, соответствие ISO 27001, внедрение лучших практик Data Management от лидеров отрасли.

Регулярная актуализация технологической дорожной карты с учётом появления новых ИИ-тех-

нологий, изменений в нормативных требованиях, эволюции потребностей бизнеса.

4.12. Заключение и рекомендации
4.12.1 Ключевые выводы раздела

Партнёрский уровень:

Развитие стратегических партнёрств с лидерами ИИ (Яндекс, Сбер, Mail.ru Group), интеграторами Big Data (Ланит, СофтЛайн), исследовательскими институтами для доступа к передовым технологиям и экспертизе.

Участие в отраслевых консорциумах по стандартизации данных, обмен лучшими практиками с коллегами по отрасли, совместные исследовательские проекты.

Результатом системного подхода к внедрению Data Management и ИИ становится **трансформация российской транспортно-логистической отрасли** в высокотехнологичный сектор экономики, способный конкурировать на глобальном уровне и обеспечивать устойчивое развитие национальной экономики.

4.12. Заключение и рекомендации

4.12.1 Ключевые выводы раздела

Анализ современного состояния и перспектив развития транспортно-логистической отрасли России убедительно демонстрирует, что **эффективное управление данными представляет собой не техническую деталь или вспомогательную функцию, а стратегический бизнес-актив**, критически необходимый для обеспечения конкурентоспособности современных логистических и транспортных компаний.

Исследование практических кейсов внедрения показывает, что **без зрелых процессов Data Management попытки внедрения искусственного интеллекта неизбежно приводят к неустойчивым результатам**, систематическим ошибкам в прогнозировании, **значительному снижению ROI инвестиций в цифровизацию** и возникновению серьёзных рисков в области информационной безопасности, нормативного соответствия и операционной прозрачности.

Ключевой вывод настоящего раздела заключается в том, что **успешная цифровая трансформация логистической отрасли возможна только при системном подходе к управлению данными**, который охва-

тывает все уровни организации — от стратегического планирования до операционных процессов, от корпоративного управления до технических решений. **Данные должны рассматриваться как корпоративный актив**, требующий профессионального управления на уровне, сопоставимом с управлением финансовыми ресурсами или человеческим капиталом.

4.12.2 Практические преимущества внедрения Data Management и ИИ

Комплексное внедрение принципов управления данными в сочетании с технологиями искусственного интеллекта обеспечивает **масштабный рост операционной эффективности** транспортно-логистических процессов. **Автоматизация рутинных операций**, интеллектуальное прогнозирование спроса и времени доставки, **динамическая оптимизация маршрутов и управление запасами** приводят к **сокращению операционных затрат на 15-25 %** и **повышению точности планирования на 25-40 %**.

Повышение устойчивости бизнес-процессов достигается через способность систем к **быстрой адаптации при возникновении сбоев**, автоматическое перепланирование операций при изменении внешних условий, **проактивное управление рисками** на основе предиктивной аналитики. Это особенно критично в условиях высокой волатильности российского рынка и необходимости оперативного реагирования на изменения в регуляторной среде.

Обеспечение полной прозрачности логистических процессов создаёт основу для **комплексного контроля и отслеживания** движения грузов, состояния транспортных средств, выполнения договорных обязательств. **Улучшение качества взаимодействия с партнёрами и заказчиками** через автоматизированные системы уведомлений, прозрачное ценообразование и предоставление детальной аналитики способствует **повышению удовлетворённости клиентов на 25-35 %** и укреплению долгосрочных партнёрских отношений.

4.12.3 Рекомендации для российских транспортных и логистических компаний

4.12.3 Рекомендации для российских транспортных и логистических компаний

Системное внедрение Data Governance и управление качеством данных должно охватывать все уровни организации — **от первичных сенсоров и IoT-устройств до стратегических корпоративных решений**. Необходимо создание формализованной структуры ролей и ответственности, включающей назначение Chief Data Officer или аналогичной позиции с соответствующими полномочиями, подготовку Data Stewards для ключевых доменов данных, внедрение процедур регулярного аудита качества информации.

Интеграция современных AI-решений для управления данными включает автоматизацию процессов очистки и стандартизации информации, внедрение интеллектуальных систем выявления аномалий и дубликатов, **унификацию форматов данных** для обеспечения бесшовной интеграции между различными корпоративными системами. **Предиктивная аналитика и роботизация рутинных процессов** должны рассматриваться как естественное развитие зрелых процессов управления данными.

Опора на международные стандарты DAMA-DMBOK, ISO 27001, GS1 обеспечивает соответствие лучшим мировым практикам и создаёт основу для интеграции с глобальными логистическими цепочками. **Системное обучение специалистов** всех уровней — от операционного персонала до топ-менеджмента — необходимо для формирования культуры принятия решений на основе данных. **Совместная работа с технологическими лидерами отрасли** позволяет получать доступ к передовым решениям и экспертизе.

4.12.4 Продвижение межотраслевых стандартов и партнёрств

Развитие отраслевых центров компетенций по управлению данными и искусственному интеллекту должно стать приоритетной задачей для ассоциаций логистических компаний и государственных структур.

тур. Такие центры будут **стимулировать исследовательские инициативы**, обеспечивать **регулярный обмен лучшими практиками** между участниками рынка, координировать **совместные проекты по стандартизации** форматов данных и процедур их обмена.

Обеспечение нормативного соответствия, этической прозрачности и принципов устойчивого развития требует создания **единых отраслевых стандартов** обработки персональных данных, использования ИИ-технологий, обеспечения кибербезопасности. **Data Management должен рассматриваться как базовая инфраструктура цифровой экономики России**, требующая координированного развития на национальном уровне.

Развитие **стратегических партнёрств** с международными технологическими компаниями, исследовательскими институтами, отраслевыми ассоциациями создаёт возможности для **ускоренного освоения передовых технологий** и интеграции российской логистической отрасли в глобальные цепочки создания стоимости при сохранении технологической независимости в критически важных областях.

4.12.5 Концептуальный вектор развития управления данными в транспортной отрасли

Управление данными представляет собой фундаментальную основу для масштабируемого, прозрачного и высокоэффективного внедрения технологий искусственного интеллекта, что является **критически важным условием** создания конкурентоспособной логистической отрасли XXI века. Без системного подхода к Data Management любые инвестиции в цифровые технологии будут носить фрагментарный характер и не смогут обеспечить устойчивые конкурентные преимущества.

Российские транспортно-логистические компании, внедряющие комплексные подходы к управлению данными, получают **стратегические преимущества** в виде снижения операционных затрат, повышения качества сервиса, ускорения процессов принятия решений и **обеспечения гибкости развития** в условиях динамично меняющегося рынка. Эти

преимущества становятся основой для долгосрочного лидерства и способности адаптироваться к новым вызовам цифровой экономики.

Стратегическая важность данного направления для национальной экономики требует **координированных усилий** государства, бизнеса и научного сообщества по созданию благоприятной экосистемы для развития Data Management компетенций, **формированию нормативной базы**, поддерживающей инновационное развитие отрасли, и **обеспечению подготовки квалифицированных кадров**, способных реализовать потенциал управления данными для трансформации российской логистики.

Успех цифровой трансформации логистической отрасли напрямую зависит от готовности компаний инвестировать в создание зрелых систем управления данными как стратегического актива, определяющего конкурентоспособность в цифровой экономике XXI века. **Время для принятия этих решений — сейчас**, поскольку отставание в данной области будет нарастать экспоненциально и станет критическим барьером для дальнейшего развития.

Современные транспортные и логистические компании сталкиваются с растущими требованиями к скорости, точности и надёжности оказания услуг. На фоне глобальной цифровизации, усложнения логистических цепочек и ужесточения нормативных требований искусственный интеллект (ИИ) становится ключевым инструментом трансформации как производственных, так и управленческих процессов. Применение ИИ позволяет автоматизировать рутинные операции, обеспечить предиктивный контроль технического состояния транспортных средств, повысить безопасность перевозок и улучшить взаимодействие с клиентами.

ИИ-технологии внедряются в транспортной отрасли неравномерно, однако уже сегодня можно выделить целый спектр процессов, в которых их использование даёт значимый эффект.

Раздел 6 посвящён систематизации бизнес-процессов, в которых ИИ уже применяется или может быть внедрён. В нем предложена классификация на производственные и непроизводственные процессы, а также приведены практические кейсы, технологии и программные продукты, и проанализированы барьеры и перспективы развития. Материалы подготовлены с учётом данных анкетирования представителей транспортных компаний, анализа действующих решений, а также отраслевых источников и экспертных оценок. Цель раздела — не только зафиксировать текущее состояние, но и дать компаниям ориентир по возможностям масштабирования ИИ в повседневной операционной деятельности.

5.1. Производственные процессы

5.1. Производственные процессы
5.1.1. Управление автопарком / подвижным составом и распределение транспортных средств

5.1.1. Управление автопарком / подвижным составом и распределение транспортных средств

Производственные процессы

Управление парком транспортных средств — один из ключевых элементов операционной эффективности для транспортных и логистических компаний. От оптимального распределения подвижного состава зависят показатели загрузки, оборачиваемости, эксплуатационной готовности, себестоимости перевозок и сроков доставки. ИИ-инструменты позволяют автоматизировать процессы диспозиции техники, прогнозировать загрузку, выявлять неэффективные схемы использования и повышать управляемость активами.

Используемые технологии ИИ

Для задач управления парком используются: Машинное обучение (ML) — анализ шаблонов использования, выявление простоев, построение прогностических моделей потребности в технике; предиктивная аналитика — оценка технического состояния и потребности в замене/ремонте; интеллектуальные системы маршрутизации — автоматическое распределение ТС по заказам, на основе текущих и прогнозируемых параметров; Big Data + IoT — агрегирование данных с телематических систем, Бортовых устройств, ERP и TMS; цифровые двойники подвижного состава — для симуляции нагрузки, циклов эксплуатации, оптимизации замены узлов.

Примеры внедрения

ОАО «РЖД» применяет ИИ-модели для оптимального распределения локомотивов и вагонов по направлениям, с учётом маршрутов, веса составов, нормативов оборота и технического состояния. Автоматизированные системы подбора сцепов и ротации парка позволяют снизить долю неэффективных пробогов и повысить использование имеющегося фонда.

ООО «ЦРЦП» (международные перевозки) сообщает о начале внедрения аналитической платформы для планирования оборота транспортных единиц, с использованием предиктивных моделей по географическому распределению заказов.

Международные примеры: DB Cargo (Германия) использует систему Smart Train Management Platform, которая объединяет телеметрию, погодные условия, нагрузки и расписания для комплексного планирования вагонопотока.

FedEx и UPS применяют ИИ для управления распределением автотранспорта в условиях переменного спроса (праздничные пики, погодные коллапсы), обеспечивая до 99 % точности исполнения поставок.

В сфере общественного транспорта ИИ используется для автоматического формирования смен водителей, графиков выпуска техники, учёта простоя и прогнозирования выбытий из эксплуатации.

Эффекты внедрения:

- снижение доли порожнего пробега (до –15 %);
- сокращение времени отклика на изменения в графиках;
- повышение предсказуемости износа и нагрузки;
- оптимизация затрат на обслуживание и эксплуатацию техники.

Ограничения и рекомендации

Основные сложности:

- разрозненность данных (в TMS, ERP, телеметрии, техучёте);
- недостаток унифицированных цифровых паспортов техники;
- сопротивление изменениям в ИТ-инфраструктуре компаний;
- необходимость настройки моделей под особенности перевозок (периодичность, инфраструктура, климат).

Рекомендуется:

- внедрять сквозные цифровые платформы учёта и планирования парка;
- использовать API-интеграцию между ИИ-модулями и существующими TMS/ERP;
- осуществлять визуализацию распределения ресурсов через дашборды для руководителей и логистов;
- начинать с пилотных участков (например, наиболее загруженные направления) перед масштабированием.

5.1.2. Оптимизация маршрутов и снижение расхода топлива / энергии

5.1.2. Оптимизация маршрутов и снижение расхода топлива / энергии

Эффективное планирование маршрутов и расписаний — ключевой элемент операционного управления в транспортной отрасли. В условиях ограниченных ресурсов, переменчивого спроса и плотных графиков движения применение ИИ позволяет значительно повысить точность, адаптивность и устойчивость логистических и пассажирских систем.

Используемые технологии ИИ

В задачах маршрутизации используются методы оптимизации (включая комбинаторную оптимизацию и генетические алгоритмы), машинное обучение, графовые модели, предиктивная аналитика и интеллектуальные системы поддержки принятия решений. Наибольшую ценность представляют гибридные подходы: совмещение прогноза спроса на основе ML с классическими методами оптимизации маршрутов и расписаний.

Большое распространение получают системы динамического планирования, которые в режиме реального времени учитывают дорожную ситуацию, доступность ресурсов, состояние инфраструктуры и поведение пользователей. В логистике — активно применяются методы кластеризации, построения цепочек поставок и оценки последствий отклонений от графика.

Примеры внедрения

ОАО «РЖД» применяет систему цифрового моделирования графика движения поездов. С помощью нее оптимизируются интервалы движения и графики пропуска поездов на участках с высокой нагрузкой.

ООО «Монополия» (грузоперевозки) использует ML-модели для определения оптимальных маршрутов доставки с учётом пробок, времени суток и распределённых складов. Это позволило снизить расход топлива на 8 % и увеличить коэффициент загрузки транспорта на 12 %.

Международный пример: логистические операторы DHL и UPS применяют ИИ для построения так называемых last-mile маршрутов, оптимизированных под конкретные временные окна клиентов и прогнозируемую дорожную обстановку. Системы UPS ORION и DHL

Resilience360 позволяют ежедневно пересчитывать миллионы маршрутов на основе обновляемых данных.

В городском пассажирском транспорте ИИ применяется для построения адаптивных графиков. Например, в Сингапуре и Хельсинки используются предиктивные модели загрузки маршрутов, которые пересчитываются в реальном времени в зависимости от количества пассажиров и событий в городе.

Эффекты внедрения:

- снижение операционных расходов на 5–15 %;
- повышение точности соблюдения графика (на 10–30 %);
- рост уровня обслуживания (снижение времени ожидания, уменьшение задержек);
- увеличение пропускной способности сети;
- более эффективное использование подвижного состава и топлива.

Ограничения и рекомендации

К числу ограничений относятся:

- ограниченный доступ к оперативным транспортным данным (особенно в пассажирских перевозках);
- неоднородность источников информации (диспетчерские, ГЛОНАСС, ERP);
- необходимость интеграции с системами управления и расписания;
- регламентные ограничения (например, приоритет маршрутов по нормативам).

Рекомендации:

- стандартизировать форматы маршрутов и расписаний;
- интегрировать ИИ-алгоритмы в системы управления перевозками (TMS, ERP);
- использовать геоинформационные сервисы (GIS) и открытые API (например, HERE, Yandex, OSM);
- применять цифровые двойники логистических процессов для имитационного тестирования.

5.1.3. Мониторинг состояния транспортных средств и инфраструктуры, предиктивное обслуживание

Одним из наиболее эффективных направлений применения искусственного интеллекта в транспорт-

ной отрасли является предиктивное техническое обслуживание подвижного состава и транспортных средств. Этот процесс позволяет перейти от регламентного или аварийного ремонта к обслуживанию «по фактическому состоянию», что снижает простои, повышает надёжность перевозок и сокращает эксплуатационные расходы.

Инфраструктура — основа устойчивой работы транспортных систем. Поддержание в надлежащем состоянии рельсового полотна, дорожной сети, пересадочных узлов, терминалов и прочих объектов требует значительных ресурсов и координации. Использование технологий ИИ позволяет не только оптимизировать затраты на содержание, но и предотвращать аварийные ситуации, планировать ремонты и развивать инфраструктуру на основе объективных данных и прогнозов.

Используемые технологии ИИ

В рамках предиктивного ТО применяются технологии машинного обучения (ML), анализа временных рядов, обработки больших данных (Big Data) и всё чаще — интеллектуальные системы поддержки принятия решений. Кроме них также используется: компьютерное зрение (CV) для мониторинга состояния объектов, трещин, деформаций, износа; предиктивная аналитика для планирования ремонтов, реконструкций и инвестиций; цифровые двойники — модели, отражающие поведение конкретных единиц техники с учётом накопленной истории эксплуатации; цифровые двойники объектов инфраструктуры для моделирования поведения конструкций под нагрузкой; ИИ-системы поддержки принятия решений для оптимизации графика обслуживания.

Многие решения реализуются на стыке ИИ, IoT и геоинформационных технологий: сенсоры, камеры, беспилотники, тепловизоры и датчики вибрации формируют поток данных, обрабатываемый ИИ-модулями.

Примеры внедрения

ОАО «РЖД» реализует систему предиктивного обслуживания локомотивов и вагонов. Системы мониторинга работают в связке с датчиками вибрации и температуры, а также используют исторические данные по инцидентам. По данным анкетирования, внедрение

таких решений позволило снизить количество внеплановых ремонтов на 15–25 % и увеличить межремонтные интервалы.

Также ОАО «РЖД» применяет ИИ-модули в рамках систем контроля состояния рельсов, шпал и контактной сети. С помощью беспилотных тележек, тепловизоров и CV-аналитики фиксируются микротрещины, перекосы, коррозия, а нейросетевые модели оценивают уровень риска и сроки вмешательства.

Аэропорты России и СНГ внедряют системы мониторинга ВПП (взлётно-посадочных полос) и перронов с использованием видеоаналитики и датчиков давления. Это позволяет сократить число закрытий полос и повысить безопасность.

Международный пример: компания Deutsche Bahn (Германия) внедрила платформу DIANA (Data-driven Infrastructure Asset Management), которая использует ИИ для оценки состояния рельсового полотна и подвижного состава. Система объединяет более 100 млн записей с датчиков и выдает прогностические сигналы по замене компонентов за 2–3 недели до выхода из строя.

Кроме того, в Deutsche Bahn используется цифровой двойник инфраструктуры в системе DIANA, объединяющей данные с датчиков на путях, стрелках, мостах и контактной сети. Модели прогнозируют риск отказа и формируют приоритеты ремонта.

Города с развитым общественным транспортом (например, Сингапур, Цюрих) применяют ИИ для оптимизации содержания остановок, станций и терминалов на основе мониторинга потока, состояния конструкций и обратной связи от пользователей.

В авиации компании Airbus и Boeing внедряют системы Skywise и Airplane Health Management, анализирующие поведение самолётов на основании более чем 10 000 параметров полёта. Эти решения позволяют авиакомпаниям заблаговременно планировать техобслуживание и избегать задержек.

Эффекты внедрения:

- снижение операционных затрат на ТО до 30 %;
- снижение затрат на содержание инфраструктуры до 15–25 %;
- увеличение коэффициента готовности подвижного состава (availability);
- уменьшение аварий и внеплановых простоев;

- рост сроков службы компонентов и инфраструктурных объектов благодаря обслуживанию по необходимости;
- предотвращение аварийных ситуаций и закрытий объектов.

Ограничения и рекомендации

Наиболее частыми ограничениями являются:

- нехватка исторических размеченных данных (особенно для новых моделей техники);
- высокая стоимость установки и интеграции датчиков;
- сложности с интерпретацией результатов предсказаний (необходимость объяснимости моделей);
- требуется участие отраслевых экспертов на этапе построения обучающего датасета.

В инфраструктуре существуют следующие типовые сложности:

- низкая оцифровка инфраструктурных объектов (особенно в регионах);
- ограниченная совместимость ИИ-решений с устаревшими ИС;
- большой объём неструктурированных данных (видео, изображения, логи);
- высокая стоимость внедрения комплексных систем мониторинга.

Рекомендуется:

- централизация хранилища данных и обеспечение их совместимости,
- внедрять цифровые паспорта транспортных единиц,
- использование инструментов open-source,
- формирование междисциплинарных команд,
- поэтапная цифровизация объектов инфраструктуры и внедрение цифровых паспортов,
- использование дешёвых и масштабируемых CV-решений на базе open-source (например, YOLO, OpenCV),
- объединение ИИ-анализа с GIS/BIM для пространственного планирования,
- формирование централизованных ситуационных центров с прогнозной аналитикой.

5.1.4. Контроль загрузки и разгрузки грузов

Процессы загрузки и разгрузки играют ключевую роль в обеспечении безопасности, сохранности и эффективности транспортных операций. От корректности размещения и крепления грузов зависит не только сохранность имущества, но и устойчивость транспортного средства в пути. Применение ИИ позволяет автоматизировать контроль, повысить скорость операций и минимизировать риски, связанные с человеческим фактором.

Используемые технологии ИИ

Наиболее востребованные технологии в этой области: компьютерное зрение (CV) — автоматическое определение размещения и габаритов груза, обнаружение смещений или деформаций; нейросетевой анализ 3D-сканирования — построение цифровой модели загруженного объёма; ML- и rule-based системы — проверка соответствия правилам размещения, весовым нормативам и схемам крепления; интеллектуальные системы поддержки принятия решений (DSS) — для автоматизированного подтверждения корректности загрузки. Часто данные собираются с видеочамер, сканеров и сенсоров, установленных на терминалах, пандусах или платформах, а также с беспилотных устройств (дронов).

Примеры внедрения

ОАО «РЖД» реализовала систему, в рамках которой применяются технологии 3D-сканирования и компьютерного зрения. Система автоматически анализирует загрузку грузового вагона, выявляет смещения центра тяжести, нарушение габаритов и видимые повреждения. Полученные данные используются не только для оформления документации, но и для принятия решений о возможности движения состава.

АО «Глонасс» сообщает о разработке модулей визуального контроля загрузки на логистических хабах. Они используются в том числе при контроле контейнеров и крупногабаритных грузов.

Международный пример: в логистике Amazon Robotics применяется ИИ-система контроля размещения груза в контейнерах, использующая данные с камер и сенсоров, а также предобученные модели на основе миллионов вариантов упаковки. Это по-

зволило сократить число ошибок загрузки и повысить коэффициент использования пространства.

В морских портах (например, в Сингапуре и Роттердаме) применяются автоматизированные краны и погрузчики с ИИ-навигацией и сенсорным контролем корректности размещения.

Эффекты внедрения:

- снижение числа инцидентов, связанных с неправильной загрузкой (до –70 %),
- увеличение пропускной способности терминалов,
- сокращение времени погрузо-разгрузочных операций (на 10–25 %),
- повышение точности фиксации состояния груза в сопроводительных документах,
- снижение потребности в ручной проверке и повышенной квалификации персонала.

Ограничения и рекомендации

Ключевые ограничения:

- высокая стоимость оборудования для 3D-сканирования и CV,
- нехватка размеченных данных по аномалиям загрузки,
- погодные и внешние условия (освещение, дождь) снижают точность CV,
- необходимость адаптации алгоритмов под разные типы транспорта и грузов.

Рекомендуется:

- использовать open-source библиотеки CV с обучением на отраслевых кейсах (например, Detectron2, OpenCV),
- стандартизировать процедуры фото- и видеофиксации загрузки,
- применять цифровые паспорта груза с визуальной верификацией,
- внедрять адаптивные модели, способные учитывать региональные особенности (например, снег или пыль).

5.1.5. Анализ и прогнозирование спроса на перевозки

Прогнозирование спроса на перевозки — один из базовых элементов планирования в транспортной отрасли. Ошибки в прогнозе приводят либо к недо-

статочной готовности инфраструктуры и транспорта (и, как следствие, потере клиентов), либо к избыточным затратам на неиспользуемые ресурсы. Технологии ИИ позволяют строить точные прогнозы, учитывая десятки факторов: сезонность, поведение клиентов, внешнеэкономическую конъюнктуру, дорожные условия, графики мероприятий и т. д.

Используемые технологии ИИ

Основу решений в этой области составляют: машинное обучение (ML) — построение прогностических моделей на основе исторических данных и текущих трендов; анализ временных рядов (Time Series Forecasting) — модели ARIMA, Prophet, LSTM, применяемые к загрузке маршрутов, графикам заказов и бронирования; интеграция внешних факторов — погода, выходные/праздники, экономические и отраслевые индикаторы; кластеризация и сегментация — для построения индивидуальных прогнозов по регионам, клиентским группам и направлениям; нейросетевые архитектуры — для нелинейного анализа и учёта скрытых взаимосвязей.

ИИ-системы способны выявлять закономерности в поведении пользователей, определять аномалии и формировать сценарии развития (например, оптимистичный, пессимистичный и базовый).

Примеры внедрения

ОАО «РЖД» применяет ИИ для прогнозирования пассажиропотока и грузопотока, учитывая региональную экономическую активность, динамику тарифов и сезонные пики. На основе прогнозов формируется план выпуска состава и обновления расписаний.

АО «ГЛОНАСС» анализирует загрузку и спрос на телематические услуги и транспортные данные для планирования расширения сервисов и поддержки клиентов в пиковые периоды.

В международной практике, например в Deutsche Bahn, используется прогнозирование спроса на основе данных о бронированиях, погоде, праздниках и даже социальных сетях. Система предлагает динамическое изменение расписаний и состава поездов.

В авиации компании используют ИИ для анализа истории бронирований и географического спроса. Такие модели позволяют адаптировать цены и расписание, а также прогнозировать перегрузки в аэропортах.

Автобусные операторы в городах (Лондон, Москва, Хельсинки) применяют модели краткосрочного прогноза (на 2–24 часа), чтобы в реальном времени перестраивать интервалы движения и выпуск техники на маршруты.

Эффекты внедрения:

- повышение точности прогнозов спроса на 20–40 %,
- снижение издержек на резервирование ресурсов,
- увеличение удовлетворённости клиентов (доступность билетов, минимизация отказов),
- повышение доходности за счёт точной настройки расписаний и тарифов,
- эффективная адаптация к внешним шокам (например, COVID-19, погодные аномалии).

Ограничения и рекомендации

Основные барьеры:

- недостаточная детализация и структурированность исторических данных,
- изменчивость факторов спроса (трудно моделировать ЧС, резкие колебания спроса),
- необходимость частой переобучаемости моделей,
- сложность интерпретации нейросетевых прогнозов для управленцев.

Рекомендуется:

- создавать единую цифровую базу по истории перевозок, бронирований, заявок,
- внедрять онлайн-сбор внешних факторов (погода, происшествия, загруженность дорог),
- использовать ансамбли моделей для повышения надёжности прогнозов,
- внедрять дашборды прогнозов с визуализацией сценариев для плановых подразделений.

5.1.6. Диспетчеризация и управление перевозками в реальном времени

Оперативное управление транспортом в условиях высокой загрузки и динамично меняющейся обстановки требует от диспетчерских служб максимальной скорости реакции и точности в принятии решений. Применение технологий ИИ позволяет существенно повысить эффективность диспетчеризации, автоматизировать контроль исполнения марш-

рутов и расписаний, снизить нагрузку на персонал и повысить устойчивость логистических процессов.

Используемые технологии ИИ

В этих бизнес-процессах используются: системы поддержки принятия решений (DSS) — выработка рекомендаций для диспетчеров на основе анализа множества параметров; предиктивная аналитика — прогноз задержек, перегрузок, сбоев на основе текущей ситуации; машинное обучение — для выявления закономерностей в отклонениях от нормального режима; интеллектуальные агенты — распределение ресурсов и маршрутов в реальном времени; обработка больших потоков данных — от ГЛОНАСС/ГИС, телеметрии, погодных сервисов и т.п.

Интеграция ИИ-модулей в цифровые платформы диспетчеризации (например, TMS, SCADA, ситуационные центры) обеспечивает автоматическое выявление отклонений и выработку корректирующих действий.

Примеры внедрения

ОАО «РЖД» применяет интеллектуальные платформы управления поездопотоком. Алгоритмы анализируют фактическое исполнение графика, плотность трафика, состояния перегонов и предлагают корректировки в маршрутах и расписаниях.

ООО «Городская мобильность» (городские перевозки) внедряет системы на базе данных от пассажирских приложений, валидаторов, ГЛОНАСС и камер, с прогнозами трафика и автоматической маршрутизацией подвижного состава. Это позволяет в режиме реального времени изменять маршрут или выпуск автобусов в зависимости от нагрузки.

В международной практике, например, в лондонском метро или метрополитене Гонконга, используются ИИ-модули для автоматического перераспределения интервалов движения в час пик и при ЧС, с предиктивной оценкой перегрузок станций и систем экстренного реагирования.

Грузовые перевозки, особенно в мультиагентной среде (транспортно-логистические хабы, порты), также активно интегрируют ИИ. Пример — платформа Maersk Flow, которая с помощью ИИ прогнозирует задержки, перенаправляет грузы и оптимизирует выбор маршрута.

Эффекты внедрения:

- повышение точности исполнения маршрутов и расписаний (до +20–30 %),
- снижение времени реакции на отклонения в движении,
- повышение устойчивости перевозочного процесса,
- снижение ручной нагрузки на диспетчерские службы,
- улучшение координации между видами транспорта (при мультимодальных перевозках).

Ограничения и рекомендации

Типовые барьеры:

- фрагментированность информационных систем диспетчеризации,
- ограниченное количество сенсоров и источников данных в реальном времени,
- недостаточная обученность диспетчерского персонала для взаимодействия с ИИ,
- риск чрезмерной автоматизации без возможности человеческой корректировки.

Рекомендации:

- обеспечить интеграцию ИИ-модулей с существующими SCADA/TMS,
- стандартизировать форматы передачи оперативных данных между службами,
- создавать цифровые двойники узлов сети (станции, хабы, аэропорты),
- внедрять обучающие программы для диспетчеров по интерпретации решений ИИ.

5.1.7. Контроль безопасности движения и мониторинг водителей/ пилотов/ машинистов

Безопасность движения — приоритетная задача для всех видов транспорта. В условиях высокой интенсивности перевозок, устаревания части инфраструктуры и высокой стоимости инцидентов, применение ИИ становится эффективным инструментом прогнозирования и предотвращения аварийных ситуаций, а также снижения влияния человеческого фактора.

Используемые технологии ИИ

Наиболее активно в этой области применяются: компьютерное зрение (CV) — для мониторинга пу-

тей, объектов и поведения водителей/машинистов; ML-модели оценки рисков — прогнозирование аварий на основе поведенческих и технических данных; NLP и голосовые интерфейсы — в системах информирования и помощи оператору; ИИ-решения на борту — для распознавания сигналов, дорожных ситуаций, объектов на пути следования; анализ биометрии и нейросетевые методы оценки усталости и отвлечённости персонала. Также используются цифровые двойники критических объектов инфраструктуры, например, тоннелей, переездов и развязок, что позволяет моделировать поведение в потенциально опасных сценариях.

Примеры внедрения

ОАО «РЖД» внедряет системы интеллектуального коммерческого осмотра грузовых вагонов, позволяющие с помощью CV и нейросетей выявлять отклонения от норм габаритов, перекося груза, повреждения и т. д. Данные с 3D-сканеров поступают в автоматизированную систему принятия решений, что позволяет ускорить проверку и повысить её точность.

ФГУП «ЗащитаИнфоТранс» использует систему «Оптуран» для управления сменами водителей и прогнозирования их утомления. На основе биометрических и поведенческих индикаторов формируется динамический график смен, позволяющий снижать аварийность.

В авиации ИИ применяется в системах предупреждения об опасном сближении (TCAS с ИИ-модулем), а также для анализа поведения пилотов и наземного персонала на основе видеоаналитики. Системы Airbus Skywise используют прогнозные модели на основе исторических инцидентов и телеметрии.

В автотранспорте широко применяются системы ADAS с элементами ИИ: мониторинг слепых зон, контроль полосы, автоматическое торможение. Некоторые компании внедряют ИИ для анализа видеопотоков с внутренних камер: анализ зевания, отвлечённости, использования телефона.

Эффекты внедрения;

- снижение аварийности на 15–40 %,
- повышение точности и скорости досмотра вагонов, грузов, машин,

- предотвращение критических событий за счёт раннего предупреждения,
- повышение надёжности работы сменного персонала,
- рост доверия со стороны клиентов и регуляторов.

Ограничения и рекомендации

Основные барьеры:

- ограничения по персональным данным (видеонаблюдение, биометрия),
- нехватка размеченных видеоданных для обучения моделей,
- сопротивление персонала (страх тотального контроля),
- ограниченный охват камер или сенсоров в полевых условиях.

Рекомендуется:

- обеспечить юридическое сопровождение внедрения биометрических систем,
- использовать мультимодальные источники данных (видео + телеметрия + расписания),
- разрабатывать модели на открытых фреймворках (YOLO, OpenCV, TensorFlow) с кастомизацией под отраслевые нужды,
- интегрировать системы ИИ с внутренними службами безопасности и ситуационными центрами.

5.1.8. Управление персоналом

Непроизводственные процессы

Кадровые ресурсы — один из самых чувствительных и трудно масштабируемых активов в транспортной отрасли. Высокая стоимость обучения, профессиональные риски, текучесть персонала и жёсткие регламенты предъявляют особые требования к системам управления. Применение технологий искусственного интеллекта позволяет оптимизировать процессы найма, оценки, планирования смен, управления компетенциями и формирования корпоративной устойчивости.

Используемые технологии ИИ

В этих процессах используются: NLP и ML для автоматизации анализа резюме, оценки компетенций, формирования профилей кандидатов; ИИ-оценка вовлечённости — анализ поведенческих метрик,

опросов, внутренних коммуникаций; прогностические модели для оценки риска увольнения, дефицита компетенций, перегрузки персонала; графовые модели и кластеризация при выявлении неформальных связей, центров компетенций; чат-боты и голосовые ассистенты для автоматизации HR-коммуникаций, информирования, онбординга; ИИ в планировании смен и графиков — адаптация к нагрузке, предпочтениям и законодательным ограничениям.

ИИ-инструменты в HR могут использоваться как в централизованных системах управления персоналом (HCM), так и в локальных модулях, встроенных в ИТ-платформы предприятия.

Примеры внедрения

ФГУП «ЗащитаИнфоТранс» внедряет ИИ-систему «Оптуран» для оптимизации смен водителей и контроля уровня усталости, что напрямую связано с безопасностью и устойчивостью эксплуатации.

ОАО «РЖД» активно развивает корпоративные платформы для цифровой оценки компетенций и построения индивидуальных траекторий развития, включая анализ успеваемости, поведения и уровня квалификации на основе ИИ.

Международные кейсы: **Deutsche Bahn** использует предиктивные модели увольнения и системы динамического подбора смен с учётом эмоционального состояния, предпочтений и загруженности. **UPS и Amazon Logistics** применяют ИИ в планировании смен операторов, подборе сменных бригад, управлении пиковыми нагрузками.

ИИ также активно используется в массовом найме и адаптации персонала: чат-боты проводят первичный отбор, задают вопросы, классифицируют резюме и предлагают кадровикам лучшие профили.

Эффекты внедрения:

- снижение времени подбора персонала до 30–50 %,
- уменьшение текучести кадров благодаря прогнозу рисков,
- повышение соответствия персонала требованиям должности,
- оптимизация сменных графиков и снижение перегрузки,
- автоматизация типовых HR-задач (обращения, информирование, опросы).

Ограничения и рекомендации

5.1.9. ИИ в работе с клиентами и поддержке сервиса

Основные барьеры:

- юридические риски при автоматизированной обработке персональных данных,
- недостаточная прозрачность решений ИИ в чувствительных вопросах (оценка, увольнение),
- недоверие персонала к «цифровым» HR-инструментам,
- ограниченный объём данных в небольших компаниях.

Рекомендуется:

- использовать ИИ в формате вспомогательной системы, а не как единственный фактор решения,
- обеспечить разъяснение и юридическую верификацию алгоритмов в HR-процессах,
- интегрировать ИИ в корпоративные образовательные и мотивационные системы,
- начинать с пилотных сценариев — сменное планирование, анализ вовлечённости, базовая аналитика по найму.

5.1.9. ИИ в работе с клиентами и поддержке сервиса

Клиентоориентированность становится важнейшим фактором конкурентоспособности транспортных компаний, особенно на фоне роста цифровых каналов обслуживания и ожиданий мгновенного отклика. Использование искусственного интеллекта во взаимодействии с клиентами позволяет повысить доступность сервисов, персонализировать коммуникацию, сократить нагрузку на call-центры и ускорить решение типовых запросов.

Используемые технологии ИИ

Для решения задач взаимодействия с клиентом применяются: чат-боты и голосовые помощники (NLP + GenAI) — автоматизация ответов на обращения, маршрутизация запросов, сопровождение по услугам; аналитика клиентского поведения (ML) — сегментация, выявление потребностей, прогноз оттока, оценка лояльности; рекомендательные системы — предложения маршрутов, сервисов, дополнительных услуг на основе истории и предпочтений; анализ тональности и текста — оценка удовлетворённости,

выявление проблемных точек из обратной связи; ИИ-модули в CRM — автоматизация заведения заявок, проверки статусов, формулировки ответов; генеративные модели (LLM) — подготовка персонализированных писем, коммерческих предложений, уведомлений.

Большинство решений строится на сочетании NLP, ML и аналитики пользовательских данных из цифровых каналов (веб, приложения, почта, мессенджеры).

Примеры внедрения

ОАО «РЖД» использует ИИ-ассистентов на сайте и в мобильном приложении: чат-бот помогает в бронировании, информировании о рейсах, возвращении билетов. Интеллектуальный модуль формирует ответы на частые вопросы и направляет пользователя к нужному сервису.

ООО «Городская мобильность» применяет ML для анализа жалоб и оценок пользователей по маршрутам, остановкам и водителям. На основе результатов адаптируются маршруты и интервалы.

Международные кейсы: Uber и Bolt применяют ИИ для мгновенного ответа на обращения, анализа эмоций в тексте и адаптации интерфейсов. FedEx и DHL используют ИИ в личных кабинетах клиентов: прогноз доставки, автоответы по статусу груза, оформление возвратов.

ИИ также активно используется в B2B-сегменте — для формирования коммерческих предложений, обработки тендерных заявок и прогнозирования интереса к новым услугам.

Эффекты внедрения:

- сокращение времени реакции на запрос клиента (в 2–4 раза),
- повышение доступности сервиса в режиме 24/7,
- улучшение качества обратной связи и её обработка;
- рост удовлетворённости клиентов (NPS, CSI),
- снижение нагрузки на контакт-центры и персонал.

Ограничения и рекомендации

Типовые сложности:

- низкое качество исходных данных (неструктурированные обращения, нетипичные формулировки),
- ошибки в понимании намерений пользователя (особенно в голосовых интерфейсах),

- риск «обезличивания» сервиса — отказ клиентов от общения с ботом,
- ограничения по локализации и языковым моделям.

5.1.10 Импортзамещение корпоративных хранилищ данных

Рекомендуется:

- настраивать чат-ботов с возможностью переключения на оператора,
- использовать адаптивные модели, обученные на обращениях конкретных клиентов,
- интегрировать ИИ в омниканальные платформы (телефон, мессенджеры, e-mail, веб),
- применять LLM в генерации писем и автоответов — с обязательной финальной проверкой оператором.

5.1.10 Импортзамещение корпоративных хранилищ данных

Используемые технологии ИИ

В представленных кейсах основной технологией является не сам искусственный интеллект, а создание фундамента для его работы. Речь идет о переходе на корпоративные хранилища данных (КХД) российского производства. Это стратегический шаг по созданию импортонезависимой и безопасной IT-инфраструктуры, которая в дальнейшем позволяет эффективно использовать инструменты бизнес-аналитики (BI) и внедрять ML-модели.

Примеры внедрения

Проекты по импортзамещению были реализованы в двух крупных отраслях

В гражданской авиации: компания столкнулась со сложностями в обслуживании решений от западных вендоров и высокими рисками санкционного давления. Был выполнен полный перенос данных и элементов интеграции на отечественную платформу. Объем перенесенных данных, включая персональные, превысил 25 терабайт.

В ОАО «РЖД» возникла аналогичная проблема — зависимость от иностранных поставщиков программного обеспечения и связанные с этим риски. Процесс включал обследование и конфигурирование целевой архитектуры, развертывание импортонезависимой платформы и миграцию данных.

В обоих случаях процесс внедрения проходил по схожей схеме: аудит существующей системы, проектирование новой архитектуры и последующий перенос всех данных.

Эффекты внедрения

Внедрение отечественных КХД привело к следующим положительным результатам:

- Снижение санкционных рисков. Устранена зависимость от иностранных поставщиков и обеспечена стабильность работы ключевых ИТ-систем.
- Сокращение расходов на сопровождение. Снизилась стоимость владения ИТ-инфраструктурой за счет перехода на отечественные решения.
- Повышение быстродействия. Увеличена производительность инструментов визуализации и анализа данных (BI) благодаря реинжинирингу процессов на новой платформе.
- Успешная миграция больших объемов данных (в кейсе гражданской авиации — более 25 ТБ).

Ограничения и рекомендации

Возможные ограничения и риски

- Технологическая незрелость. Отечественные платформы могут уступать зрелым западным аналогам (например, Oracle, Teradata) в специфических функциях, инструментах оптимизации запросов или экосистеме готовых интеграций. Это может привести к непредвиденному снижению производительности на сложных аналитических отчетах.
- Кадровый дефицит. Рынок специалистов, обладающих глубокой экспертизой по новым российским КХД, значительно уже, чем по западным продуктам. Это создает риски затягивания сроков проекта и удорожания стоимости услуг по внедрению и поддержке.
- Сложность миграции «на лету». Транспортные компании работают в режиме 24/7. Остановка хранилища данных даже на короткий срок недопустима. Обеспечение бесшовного перехода (zero-downtime migration) требует сложнейших технических решений и несет в себе риски потери или рассинхронизации данных.
- Сопротивление пользователей. Бизнес-аналитики и руководители привыкли к интерфейсам и воз-

возможностям существующих BI-инструментов. Переход на новые системы визуализации данных, совместимые с отечественным КХД, может вызвать отторжение и потребовать значительных затрат на обучение.

Рекомендуется:

- Проведение пилотного тестирования. Перед полномасштабной миграцией необходимо развернуть пилотный стенд и протестировать на нем самые ресурсоемкие и критически важные для бизнеса ETL-процессы и аналитические запросы. Это позволит заранее выявить узкие места в производительности и функциональности.
- Формирование внутреннего центра компетенций. Не полагаться полностью на подрядчика, а параллельно с проектом активно обучать и сертифицировать собственных сотрудников. Создание внутренней команды экспертов снизит зависимость от внешних консультантов в будущем и удешевит поддержку системы.
- Поэтапный перенос данных. Вместо единовременной миграции (big bang) использовать поэтапный подход. Например, сначала переносить данные по одному бизнес-домену (финансы, маркетинг, операционная деятельность), что позволяет снизить риски и более плавно адаптировать пользователей к изменениям.
- Заранее планировать реинжиниринг, а не просто «перенос». Необходимо осознавать, что прямой перенос логики (ETL/ELT-процессов, витрин данных) с одной платформы на другую часто неэффективен. Следует закладывать в бюджет и план проекта время на пересмотр и оптимизацию архитектуры и кода под специфику нового российского КХД.

5.1.11 Автоматизация систем учета и управления объектами недвижимости

Используемые технологии ИИ

Система создается для формирования «цифрового двойника» каждого объекта недвижимости, что позволяет перейти от статичного учета к динамическому, интеллектуальному управлению. В ее основе лежат следующие технологии:

- **компьютерное зрение (Computer Vision)** для анализа фото- и видеоматериалов с объектов. Оно позволяет в автоматическом режиме отслеживать физическое состояние активов (например, необходимость ремонта), а также контролировать соблюдение условий договора арендатором (например, выявлять незаконные перепланировки или нецелевое использование);
- **интеллектуальный анализ документов (NLP)**, используются технологии обработки естественного языка для автоматического сканирования, сопоставления и извлечения данных из юридических и технических документов (договоров аренды, правоустанавливающих документов, техпаспортов). Они помогают выявлять расхождения и формировать консолидированную отчетность;
- **ML-модели** для поддержки принятия решений составляют ядро рекомендательного сервиса. Они анализируют рыночные данные, информацию о состоянии объекта и его финансовые показатели, чтобы предлагать менеджеру оптимальные действия: сдать в аренду, выставить на продажу, провести ремонт или вернуть из аренды;
- **платформа MLOps** обеспечивает инфраструктурную поддержку для жизненного цикла моделей, гарантируя их стабильную работу, мониторинг и своевременное обновление.

Примеры внедрения

Кейс описывает систему, находящуюся на этапе разработки для компании, управляющей большим портфелем недвижимости. Проблема заключалась в том, что текущие учетные системы не предоставляли актуальной и объективной информации об использовании имущества в реальном времени, что мешало принимать эффективные коммерческие решения.

Целевая система будет работать проактивно. Например, она сможет автоматически сопоставить условия договора (запрет субаренды) с данными из открытых источников (объявления о сдаче этого помещения на онлайн-площадках) и уведомить менеджера о потенциальном нарушении. Другой пример — анализ видео с объекта для фиксации факта начала несанкционированных строительных работ арендатором.

Эффекты внедрения (ожидаемые, поскольку система находится в разработке, эффекты носят прогнозный характер, количественные показатели пока отсутствуют):

- проактивное управление рисками. Быстрое и автоматическое выявление нарушений условий договоров аренды, что позволяет своевременно принять юридические меры и минимизировать ущерб;
- оптимизация затрат. Выявление неликвидных или неэффективно используемых объектов, содержание которых приносит убытки. Это дает основание для принятия решения об их продаже или вовлечении в коммерческий оборот на более выгодных условиях;
- максимизация прибыли. Система будет предоставлять основанные на данных рекомендации по арендным ставкам в соответствии с рыночной ситуацией, помогая избежать упущенной выгоды.

Ограничения и рекомендации

Возможные ограничения и риски:

- фрагментация и качество данных. Данные об объектах недвижимости (фотографии, юридические документы, технические планы) часто хранятся в разных системах и форматах, многие — в бумажном виде. Низкое качество или неполнота исходных данных могут серьезно снизить точность моделей ИИ.
- юридические и этические ограничения. Автоматический мониторинг деятельности арендаторов с помощью видеоаналитики и анализа данных из открытых источников может столкнуться с законодательством о защите персональных данных и коммерческой тайны.
- сложность интеграции. Для полноценной работы система должна быть интегрирована с множеством смежных систем компании: бухгалтерской, юридической, системой управления заявками на обслуживание и т.д. Это представляет собой сложную техническую задачу.
- неоднозначность физического мира. Алгоритмы компьютерного зрения могут допускать ошибки при интерпретации изображений (например, принять тень за трещину или косметический ремонт за капитальную перепланировку), что потребует человеческой верификации.

5.2. ПРОДУКТЫ

5.2.1. Универсальные ИИ-продукты, применимые в транспортной отрасли

Рекомендуется:

- Приоритетная цифровизация архива. Перед внедрением ИИ-модулей необходимо провести проект по оцифровке и стандартизации всей документации и данных по объектам недвижимости. Создание единого, чистого источника данных — ключевой фактор успеха.
- Разработка регламентов использования данных. Необходимо заранее провести юридическую экспертизу и разработать внутренние политики, четко определяющие, какие данные, как и для каких целей можно собирать и анализировать, чтобы не нарушать законодательство и условия договоров.
- Внедрение контура с участием человека (Human-in-the-loop). Система не должна принимать финальные решения автоматически. ИИ должен выступать в роли советника, который подсвечивает аномалии и дает рекомендации, а окончательное решение принимает ответственный сотрудник после проверки фактов.
- API-ориентированная архитектура. Проектировать систему следует с использованием современных подходов (микросервисы, открытые API), что в будущем упростит ее интеграцию с другими корпоративными системами и позволит легко добавлять новые источники данных.

5.2. ПРОДУКТЫ

5.2.1. Универсальные ИИ-продукты, применимые в транспортной отрасли

Ряд ИИ-продуктов и платформ могут использоваться в широком спектре задач транспортной и логистической деятельности — от анализа данных до автоматизации процессов и взаимодействия с пользователями. Такие решения обладают высокой гибкостью, масштабируемостью и возможностью адаптации под отраслевую специфику.

Категории и примеры

1. Генеративные языковые модели (LLM)

Универсальные инструменты на базе нейросетевых архитектур трансформеров (GPT, YaLM, GigaChat,

SberNLP), способные к: генерации текстов (документы, письма, объяснительные записки), обобщению и структурированию информации (сводки, протоколы), автоматическим ответам на обращения и запросы в службах поддержки.

Примеры:

- GigaChat и SberNLP используются для составления шаблонных документов, подготовки техзаданий, ведения переписки с клиентами;
- OpenLLM (на базе GPT2/3.5/4) развертывается внутри компании для локальной генерации текстов без утечки данных.

2. BI- и аналитические платформы с ИИ-модулями

Позволяют анализировать большие массивы данных, строить прогнозы и визуализировать ключевые показатели:

- Yandex DataLens,
- Qlik с AutoML,
- Tableau + Einstein Analytics (Salesforce).

3. Open-source библиотеки и фреймворки

Используются разработчиками и дата-сайентистами при создании ИИ-решений на предприятии:

- TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn — обучение и внедрение ML/NN моделей,
- OpenCV, YOLO, Detectron2 — для задач компьютерного зрения,
- spaCy, Stanza, Natasha — для обработки естественного языка (NLP).

4. Платформы для управления ИИ-процессами

Инструменты для организации жизненного цикла моделей (ML lifecycle), отслеживания экспериментов, контроля версий:

- MLflow, DVC, Kubeflow, Neptune.ai,
- преимущества универсальных решений,
- гибкость и повторное использование в разных бизнес-процессах,
- широкая поддержка сообществом и интеграция с другими ИТ-системами,
- возможность развертывания на собственных серверах (он-премис),
- поддержка масштабирования и кастомизации.

5.2.2. Продукты для компьютерного зрения в контроле перевозок и безопасности

Компьютерное зрение (CV) стало одним из наиболее широко применяемых направлений ИИ в транспорте. Эти решения позволяют автоматизировать контроль технического состояния, мониторинг загрузки, обеспечение промышленной безопасности, а также распознавание объектов в режиме реального времени. CV-продукты востребованы в железнодорожной, автомобильной, авиационной и логистической отраслях.

Категории и примеры продуктов

1. Системы контроля состояния техники и инфраструктуры:

- AI Vision от VisionLabs, NtechLab. Российские платформы распознавания объектов, лиц, действий, используемые в контроле доступа, наблюдении за персоналом, мониторинге охраны труда;
- ЭРА-ГЛОНАСС + CV. Интеграция видеопотоков с ИИ-анализом обстановки, происшествий, положения транспорта — актуально для городского и междугороднего транспорта.

2. Библиотеки и фреймворки для разработки CV-решений

- YOLOv5/YOLOv8 — детекция объектов (вагоны, грузы, лица, зоны опасности);
- OpenCV — базовая обработка изображений и видео, распознавание контуров, движений;
- DeepStream (NVIDIA) — потоковая обработка видео с поддержкой CV-инференса на GPU.

Пример: Внедрение YOLO-моделей в депо и технических парках позволяет контролировать положение персонала и соответствие требованиям охраны труда (СИЗ, опасные зоны).

3. Погрузка и разгрузка с CV-мониторингом:

- Cargonexx, Smart Loading AI (EC) — анализ размещения грузов, контроль заполнения объёма.

4. Мобильные и дрон-решения:

- VisionBot, DJI SDK + CV — автоматизированный осмотр инфраструктуры, ПС и объектов с воздуха или с мобильных платформ.

5.2.3. Продукты для ИИ-диспетчеризации и управления движением

5.2.3. Продукты для ИИ-диспетчеризации и управления движением

Категории и примеры продуктов

1. Платформы интеллектуальной диспетчеризации:

- Maersk Flow. Логистическая платформа с элементами ИИ, применяемая для мониторинга маршрутов, отклонений от планов, автоматизации корректировки поставок;
- SAS Intelligent Decisioning, Pega Decision Hub. Продукты поддержки принятия решений в режиме реального времени на основе потоковых данных (event-based systems), применимы в ситуационных центрах.

2. ИИ-модули управления трафиком и инфраструктурой:

- NVIDIA Metropolis + DeepStream. Платформа потоковой видеоаналитики с ИИ для городского транспорта, управления перекрестками, анализа трафика, прогноза загрузки;
- PTV Optima / PTV Visum. Расчёт и прогноз движения в реальном времени с применением ИИ-алгоритмов и симуляционных моделей. Используется в общественном транспорте и при организации дорожного движения;
- CityBrain (Alibaba). Используется в Китае для диспетчеризации транспорта в мегаполисах — от общественного транспорта до грузовиков и ЧС. Оценка ситуации в реальном времени, перераспределение маршрутов.

3. Продукты для авиа- и автотранспорта:

- Airbus Skywise. Прогностическая платформа, в том числе для оценки загрузки маршрутов, управления временем стоянок и техобслуживания.
- Verizon Connect, Transporeon. Продукты для автопарков — мониторинг маршрутов, автоматическое переназначение задач, ИИ-прогноз ETA (Estimated Time of Arrival), контроль отклонений от маршрута.

4. Интеграция с телематикой и IoT:

- интеграция платформ управления движением с ГЛОНАСС, системами телеметрии, SCADA
- получение сигнала в реальном времени: местоположение, статус, загрузка

- ИИ-алгоритмы рассчитывают прогноз опозданий, загруженности, предлагают корректировки

5.2.4. ИИ-продукты для HR, обучения и мониторинга персонала

Современные ИИ-продукты позволяют автоматизировать рутинные HR-задачи, повышать качество подбора, сопровождения и развития сотрудников.

Категории и примеры продуктов

1. ИИ-платформы для подбора и оценки персонала:

- Skillaz AI, Huntflow. Российские HRM-платформы с ИИ для автоматического анализа резюме, ранжирования кандидатов, оценки соответствия профилю должности. Применимы для массового и квалифицированного подбора в логистике и техобслуживании;
- XOR AI, HireVue. Используют машинное обучение и видеоаналитику для оценки поведения и речи кандидатов в ходе интервью;
- Sber HR Assistant (на базе GigaChat). Генерация текстов вакансий, ответы на вопросы кандидатов, организация первичных интервью.

2. ИИ в обучении и аттестации:

- iSpring Learn с ИИ-оценкой результатов. LMS-система с автоматическим формированием обучающих маршрутов, тестов, анализом прогресса;
- Otus AI и Stepik + LLM. Генерация программ обучения, адаптация курсов под уровень сотрудника, чат-поддержка по вопросам.

3. ИИ для планирования смен и графиков:

- Shifton AI, JDA Workforce Management. Продукты для автоматизированного формирования смен с учётом загруженности, предпочтений, норм охраны труда.

4. ИИ-модули оценки вовлечённости и профилактики текучести:

- OfficeVibe, Yva AI. Анализ опросов, цифровых следов (e-mail, мессенджеры) и других метрик для оценки настроений, рисков увольнения, перегрузки.

5.2.5. ИИ-продукты для автоматизации документооборота

5.2.5. ИИ-продукты для автоматизации документооборота
5.2.6. Продукты для клиентского сервиса и обработки обращений

Категории и примеры продуктов

1. ИИ-инструменты для создания и анализа документов:

- Контур.Платформа + GPT-модуль. Создание черновиков договоров, писем, обоснований, согласований на основе шаблонов и вводных параметров.
- GigaChat + API к ERP/EDO. Генерация пояснительных записок, сопроводительных писем, автоматическая проверка полноты документ;
- TextAnalyst, Semantrum. Инструменты анализа больших объёмов текста: автоматическое извлечение фактов, поиск несоответствий, определение ключевых положений.

2. Обработка отсканированных и PDF-документов (OCR + NLP):

- ABBYY FineReader + AI SDK. Распознавание печатных форм, актов, накладных, их структурирование и экспорт в базы данных;
- VisionLabs OCR, Tesseract OCR + Python NLP. Используются для автоматической обработки приходных и отгрузочных документов в логистике.

5.2.6. Продукты для клиентского сервиса и обработки обращений

Категории и примеры продуктов

1. Чат-боты и голосовые ассистенты:

- Яндекс.Диалоги, GigaChat Chat API, SberSalute SDK. Создание многофункциональных чат-ботов для справки, консультаций, навигации по услугам. Используются в пассажирских перевозках, логистических компаниях, агрегаторах грузов;
- Tinkoff VoiceKit, Just AI. Голосовые ассистенты, способные принимать звонки, распознавать речь, отвечать по FAQ;
- OpenDialog, Rasa, Botpress (open-source). Инструменты для создания кастомных ботов на корпоративной базе знаний.

2. ИИ в анализе обращений и тональности:

- Yva AI, MonkeyLearn, Dostavista AI. Выделение категорий обращений, определение тональности (позитив, негатив), выявление повторяющихся проблем;
- RuSentiment, DeepPavlov + BERT. Применяются для русскоязычного анализа сообщений в соцсетях, мессенджерах, формах обратной связи.

3. Рекомендательные и предиктивные системы:

- Recom.ai, MatrixNet. Предложение маршрутов, услуг, скидок и логистических решений на основе истории обращений и поведенческих моделей.

4. Платформы и каналы интеграции:

- Genesys Cloud, Uiscom, Bitrix24 + GPT-модули. Многоканальная обработка обращений (телефон, чат, e-mail, мессенджеры) с ИИ-обработкой текста, маршрутизацией и подстановкой ответов.

5.2.7. Продукты для прогнозирования спроса и интеллектуальной диспетчеризации ресурсов

Категории и примеры продуктов

1. Платформы анализа временных рядов и ML-прогнозирования:

- Azure AutoML, Yandex AutoML. Платформы с автоматической подготовкой и обучением моделей для временных рядов: загрузка станций, пассажиропотоки, интервалы спроса;
- Darts (Python). Открытые библиотеки прогнозирования: сезонность, праздники, тренды. Используются в логистике для построения сценариев перевозок;
- CatBoost, LightGBM + FeatureTools. Обработка исторических данных по грузам, заказам, заявкам с учётом внешних факторов (погода, курсы, события).

2. ИИ для прогнозной диспетчеризации и оптимизации:

- OptaPlanner, AnyLogic AI. Инструменты оптимизации распределения ресурсов: вагонов, локомотивов, водителей, техники. Применяются в крупных ТЛК, метрополитенах, автопарках;

- FICO Xpress. Платформа для построения цифровых двойников систем планирования и диспетчеризации;
- AIS Dispatch AI, Transporeon TMS. Облачные логистические решения с предиктивным распределением грузов и подрядчиков.

5.3. Барьеры и перспективы
5.3.1. Барьеры внедрения ИИ в транспортной отрасли

3. Специализированные прогнозные решения для транспорта:

- SAS Forecast Server — многомерные сценарные модели;
- RMS Smart Forecast — адаптивное прогнозирование пассажиропотока;
- UrbanLogic AI — прогноз спроса на уровне районов и населённых пунктов;

5.3. Барьеры и перспективы

5.3.1. Барьеры внедрения ИИ в транспортной отрасли

Несмотря на активное развитие технологий и успешные примеры внедрения ИИ в транспортной и логистической сферах, процесс цифровизации сопровождается рядом устойчивых барьеров. Эти ограничения носят технологический, организационный, кадровый, регуляторный и экономический характер.

Технологические барьеры:

- фрагментированность ИТ-систем. У транспортных компаний часто нет единой архитектуры: данные разрознены между TMS, ERP, SCADA, телематикой, документооборотом;
- нехватка качественных данных. Многие ИИ-модели требуют размеченных, полных и исторически репрезентативных данных. В реальности данные: неполные, разрозненные, несогласованные по форматам;
- низкая степень оцифровки инфраструктуры и активов. Отсутствие сенсоров, цифровых паспортов, онлайн-мониторинга препятствует внедрению предиктивной аналитики и цифровых двойников;
- ограниченные вычислительные мощности. Некоторые ИИ-решения (особенно CV и LLM) требуют GPU-ресурсов и масштабируемых облачных сред, что может быть ограничено регуляторикой.

Кадровые и организационные барьеры:

- недостаток специалистов. Компании испытывают дефицит дата-сайентистов, ИТ-архитекторов, аналитиков с отраслевой экспертизой;
- сопротивление изменениям. Производственные службы и руководители среднего звена нередко скептически относятся к ИИ, особенно в критически важных процессах;
- нехватка компетенций в управлении ИИ-проектами. Даже при наличии технологии компании не готовы организовать процесс внедрения: оценку экономического эффекта, управление жизненным циклом модели, валидацию.

Экономические барьеры:

- высокая стоимость пилотов и масштабирования. Закупка сенсоров, доработка ИС, обучение персонала и поддержка инфраструктуры ИИ требуют вложений;
- неопределённость возврата инвестиций (ROI). В ряде случаев сложно обосновать экономический эффект до внедрения. Это особенно критично для госкомпаний и ГЧП-проектов;
- конкуренция с текущими проектами. Бюджет часто распределён на инфраструктурные нужды и эксплуатацию, а ИИ-конкурирует за ограниченные ресурсы.

Регуляторные барьеры:

- нечёткая правовая база. Нет единых стандартов по ИИ в транспорте, по применению цифровых двойников, использованию LLM, управлению рисками моделей;
- риски при работе с персональными данными. Использование CV, биометрии, трекинга требует соответствия закону «О персональных данных», что ограничивает гибкость.
- ограничения при использовании зарубежных облаков и ИИ-сервисов. Санкции, риски утечки и требования локализации данных вынуждают компании отказываться от продвинутых решений.

Рекомендации по преодолению

- развивать централизованную инфраструктуру данных и стандарты обмена
- вводить единые модели оценки эффективности ИИ
- повышать цифровую зрелость персонала и запускать образовательные программы

- поддерживать пилоты на регуляторном и отраслевом уровне (институты развития, регуляторы)
- разрабатывать отраслевые методологии и реестр типовых кейсов

5.3.2. Перспективы развития ИИ в транспортной отрасли

Сфера транспорта и логистики обладает высоким потенциалом для масштабного внедрения технологий искусственного интеллекта. Ожидается, что в ближайшие 5–10 лет ИИ будет играть всё более системообразующую роль в обеспечении эффективности, устойчивости и гибкости транспортных систем. Перспективы развития охватывают как технологические, так и организационные аспекты.

Ключевые направления роста

1. Интеллектуализация операционных процессов:

- расширение применения предиктивного обслуживания с переходом от локальных моделей к централизованным платформам управления активами;
- углубление автоматизации диспетчеризации и маршрутизации с помощью мультиагентных систем, цифровых двойников, сценарных моделей;
- интеграция ИИ в производственные цепочки (supply chain AI), включая прогнозирование спроса, адаптацию цепочек поставок в реальном времени.

2. Развитие ИИ на уровне инфраструктуры и среды;

- интеллектуальные транспортные коридоры и хабы с прогнозной аналитикой, ИИ-диспетчеризацией и интеграцией мультимодальных данных;
- развитие цифровых двойников станций, терминалов, перегонов, платформ: с возможностью моделировать и оптимизировать техпроцессы;
- инфраструктура «Edge + Cloud AI» — перераспределение вычислений между облаком и периферией (устройства, терминалы, борты).

3. Глубокая персонализация клиентского сервиса:

- использование LLM и мультиканальных ИИ-ассистентов для персональной поддержки клиентов;
- интеграция ИИ в B2B-коммуникации: предиктивные коммерческие предложения, динамическое ценообразование;

- настройка клиентского опыта в зависимости от поведения, локации и предпочтений.

4. ИИ в обеспечении устойчивости и безопасности:

- углубление применения CV и биометрии в целях охраны труда, предупреждения аварий, отслеживания усталости и нарушений;
- расширение аналитики рисков: превентивные сценарии, цифровое соответствие нормативам, compliance-модели;
- прогнозные модели чрезвычайных ситуаций: погодные условия, ДТП, сбои инфраструктуры.

5. Технологическая и правовая зрелость отрасли:

- формирование единой нормативной базы по применению ИИ в транспорте;
- развитие отраслевых центров компетенций и открытых датасетов;
- переход к контролируемым, верифицированным ИИ-системам в критических функциях (safety-critical AI);
- локализация ИИ-решений: переход от зависимости от западных облаков к отечественным платформам и языковым моделям.

Потенциал по видам транспорта:

- железнодорожный: предиктивное ТО, графики, безопасность, интеграция мультимодальных сервисов;
- автомобильный: маршрутизация, CV-контроль, поведенческий анализ, прогноз потока;
- воздушный: ТО, безопасность, анализ пассажирских потоков, динамическое планирование рейсов;
- городской транспорт: оптимизация интервалов, прогноз пассажиропотока, управление перегрузками;
- морской и портовый: CV-навигация, логистика терминалов, прогноз загрузки.

Долгосрочные тренды:

- ИИ как сервис (AI-as-a-Service) для транспортных операторов среднего уровня;
- автоматизация ИИ-проектов — платформы low-code/no-code с готовыми модулями;
- интеграция ИИ в ESG- и устойчивые стратегии — снижение выбросов, оптимизация маршрутов, социальная устойчивость;
- симбиоз ИИ и цифровых двойников — как единая платформа управления транспортной системой.

5.3.3. Стратегические рекомендации по применению ИИ для компаний, не использующих ИИ в настоящее время

5.3.3. Стратегические рекомендации по применению ИИ для компаний, не использующих ИИ в настоящее время

Компании, не приступившие к внедрению искусственного интеллекта, рискуют столкнуться с потерей конкурентоспособности, ростом издержек и снижением операционной устойчивости. Однако для перехода к использованию ИИ не требуется сразу масштабных инвестиций. Возможна поэтапная, стратегически выверенная интеграция — с учётом текущего уровня цифровой зрелости и приоритетов бизнеса.

1. Оценка цифровой готовности:

- провести аудит ИТ-систем и данных: где и в каком объёме доступны данные, пригодные для обучения моделей;
- определить процессы с наибольшим потенциалом автоматизации: ручной труд, дублирование, высокая трудоёмкость;
- зафиксировать болевые точки, где решения на ИИ могут снизить издержки или повысить устойчивость (например, графики, ТОиР, документы).

2. Формирование ИИ-дорожной карты:

- определить приоритетные сценарии (например, предиктивное обслуживание, чат-бот, CV-контроль загрузки);
- назначить владельцев процессов и команду по внедрению (ИТ, эксплуатация, финансы);
- запланировать пилотные проекты сроком 3–6 месяцев с оценкой эффекта;
- обеспечить интеграцию пилотов в ИТ-архитектуру (SCADA, ERP, TMS, документооборот).

3. Выбор инструментов и партнёров:

- использовать готовые платформы и open-source (YOLO, Darts, MLflow, GigaChat), не требующие глубокой ML-компетенции;
- при отсутствии собственной экспертизы — привлечь технологических партнёров с отраслевой специализацией;
- отдавать приоритет инструментам с прозрачной логикой и понятной интерпретацией (explainable AI);
- обеспечить локальность и безопасность данных, особенно в критических ИИ-модулях.

4. Подготовка персонала и изменение культуры:

- включить ИИ в стратегию цифровой трансформации предприятия;
- запустить обучающие программы по базовым концепциям ИИ для линейных и технических руководителей;
- стимулировать вовлечение сотрудников в генерацию ИИ-идей (хакатоны, внутренние инициативы);
- внедрить метрики ИИ-эффективности: снижение затрат, времени, ошибок, повышение точности и устойчивости.

5. Постепенное масштабирование:

- после успешных пилотов — масштабировать ИИ-модули на другие участки и процессы;
- обеспечить систему управления жизненным циклом моделей (мониторинг, адаптация, переобучение);
- интегрировать ИИ-решения в централизованные панели управления и отчётности.

Рекомендация: ИИ — это не «внедрение ради технологии», а способ решать конкретные бизнес-задачи быстрее, точнее и дешевле. Даже при минимальных инвестициях возможно начать с простых решений (например, чат-бот или прогноз на Excel + CatBoost) и в течение года выйти на заметные операционные эффекты.

Заключение и выводы

Технологии искусственного интеллекта уже сегодня играют важную роль в трансформации процессов транспортной и логистической отрасли. ИИ применяется как в производственных, так и в непроизводственных функциях: от предиктивного обслуживания подвижного состава и интеллектуальной диспетчеризации до автоматизации документооборота, HR-процессов и клиентского взаимодействия.

Основные выводы:

- процессы с высокой ИИ-эффективностью — это предиктивный анализ, маршрутизация, диспетчеризация, CV-контроль, планирование графиков и взаимодействие с клиентами;
- продукты и решения охватывают широкий спектр — от BI-платформ и LLM до специализированных систем для ТОиР, диспетчеризации и документооборота;

- барьеры внедрения включают фрагментированность ИТ-ландшафта, нехватку данных, кадровый дефицит, юридические ограничения и низкую управленческую готовность;
- перспективы развития предполагают дальнейшую интеллектуализацию транспорта, появление цифровых двойников, локализацию ИИ-платформ и интеграцию ИИ в управление устойчивостью;
- для компаний, не применяющих ИИ, существует стратегическая возможность начать с пилотных инициатив и поэтапно перейти к встроенному ИИ во всех ключевых процессах.

ИИ способен стать неотъемлемой частью операционной модели транспортной компании, обеспечивая гибкость, устойчивость и эффективность в условиях нестабильности и растущих требований. Важно подходить к внедрению осмысленно: с опорой на бизнес-цели, инфраструктурную зрелость и подготовку персонала. При такой стратегии ИИ не заменяет людей, а усиливает их возможности — создавая новый уровень управления и сервиса в транспорте.

6.1. Мировые тренды развития человеческого капитала в сфере ИИ в отрасли

6.1. Мировые тренды развития человеческого капитала в сфере ИИ в отрасли

В последние годы отрасль транспорта и логистики претерпевает значительные трансформации, обусловленные активным внедрением технологий искусственного интеллекта (ИИ). Эти технологии стали одним из основных драйверов цифровой трансформации, позволяя компаниям повысить производительность, оптимизировать расходы и обеспечить высокую степень адаптивности в условиях растущей неопределенности и глобальной конкуренции.

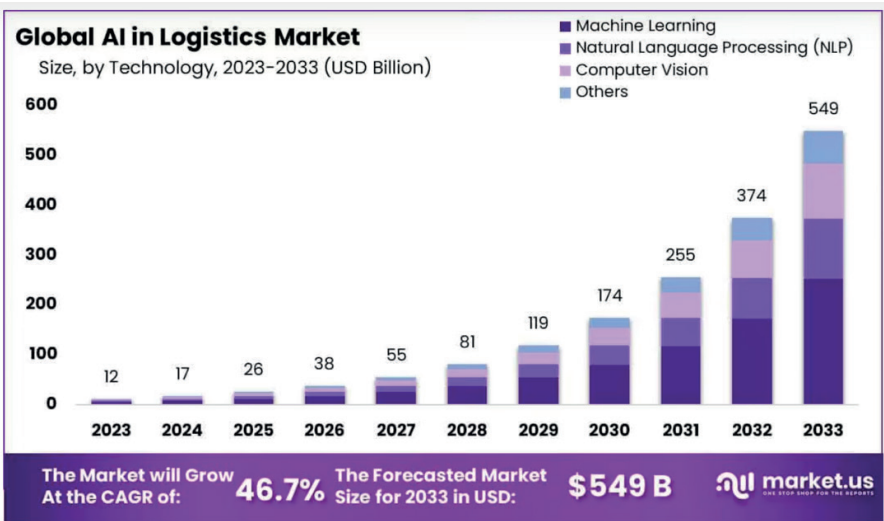
Благодаря развитию интеллектуальных систем, машинного обучения и больших данных, компании получают новые возможности для оптимизации маршрутов, автоматизации процессов, повышения безопасности и снижения затрат. Для успешной интеграции ИИ-технологий в отрасль становится особенно важным развитие кадрового потенциала в сфере ИИ – как разработчиков и исследователей в области искусственного интеллекта, создающих, внедряющих и обслуживающих инновационные решения на базе ИИ, так и пользователей, способных эффективно применять новые инструменты искусственного интеллекта для выполнения текущих профессиональных задач. Таким образом, подготовка квалифицированных специалистов и непрерывное обучение сотрудников играют ключевую роль в полном раскрытии потенциала цифровых технологий и обеспечении устойчивого развития транспортно-логистического сектора в эпоху цифровой трансформации.

6.1.1. Предпосылки возникновения спроса на кадры в сфере ИИ в отрасли

6.1.1. Предпосылки возникновения спроса на кадры в сфере ИИ в отрасли

По данным Market.us, объем мирового рынка ИИ в отрасли стремительно растет и к 2033 году составит около 549 миллиардов долларов США по сравнению с 12 миллиардами долларов США в 2023 году (рис. 1)¹. Это соответствует среднегодовому темпу роста (CAGR) в 46.7 %.

Рисунок 1. Глобальное развитие технологий ИИ



Наибольшая доля на рынке принадлежит технологии машинного обучения (Machine Learning), которая к 2033 году занимает значительную часть от общего объема. Технологии обработки естественного языка (NLP) и компьютерного зрения также показывают устойчивый рост, занимая заметную часть рынка.

В начале периода (2023–2025 гг.) рынок сравнительно небольшой и технологии представлены умеренно, однако с 2028 года начинается более резкий рост, который ускоряется к 2030–2033 годам.

Это подчеркивает необходимость наращивания кадрового потенциала, который будет отвечать на вызовы растущего рынка.

Еще одним трендом ИИ, который радикально меняет управление цепочками поставок и логистикой, является появление доступного генеративного ИИ (GenAI). Благодаря аналитике, машинному обучению и генеративному ИИ кратно повышается скорость

¹ <https://market.us/report/ai-in-logistics-market/#:~:text=The%20Global%20AI%20in%20Logistics>

и качество принятия решений. За счет автоматизации рутинных процессов снижаются издержки и повышается производительность.

К 2028 году, по данным Gartner², ожидается, что 25 % отчетности по ключевым показателям эффективности (KPI) в цепочках поставок будут формироваться с помощью генеративного ИИ, а интеллектуальные роботы по численности превзойдут работников на производстве, в рознице и логистике.

Кроме того, в логике Gartner, к 2030 году половина решений для управления цепочками поставок будут включать агентные системы ИИ, которые способны автономно принимать решения, адаптируясь к меняющимся условиям и комплексным задачам без явных инструкций. ИИ интегрируется в управление технологической инфраструктурой, улучшая прогнозирование спроса, управление запасами, маршрутизацию перевозок и управление рисками в цепочках поставок. Технологии с ИИ активнее применяются для защиты цепочек поставок от киберугроз, что становится особенно важным по мере цифровизации и взаимосвязанности систем.

Таким образом, современная логистика превращается в высокотехнологичную и динамичную сферу, где успешная деятельность обеспечивается синергией цифровых инноваций и комплексных профессиональных навыков. Внедрение ИИ открывает новые возможности для повышения гибкости, адаптивности и устойчивости логистических систем в меняющемся мире. При этом, только 10 % руководителей компаний заявляют, что их бизнес использует ИИ в стратегических целях. Еще меньше технологических лидеров (9 %) заявляют, что их бизнес придерживается четкого видения в области ИИ.²

Согласно исследованию McKinsey³, основными проблемами и вызовами в части управления человеческим капиталом в сфере ИИ являются:

- Недостаток цифровых талантов: 90 % компаний отмечают дефицит специалистов с цифровыми навыками, необходимыми для эффективного внедрения и эксплуатации ИИ и цифровых систем в логистике;
- Низкая вовлеченность топ-менеджмента и совета директоров: многие руководители компаний и советы директоров имеют ограниченное понимание

² <https://www.gartner.com/en/supply-chain/topics/supply-chain-ai>

³ <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/supply-chain-risk-survey>

рисков цепочек поставок и не уделяют им достаточного внимания на стратегическом уровне, что тормозит системное развитие и инвестирование в цифровые технологии.

ИИ становится центральным элементом цифровизации логистики и транспорта. Внедрение продвинутых аналитических систем, автоматизация процессов планирования, предиктивная аналитика, роботизация складов и транспортных операций — все это выводит управление цепочками поставок на новый уровень. Особенно важна роль ИИ в оптимизации логистических маршрутов, повышении точности прогноза спроса, управлении запасами, а также в системах раннего предупреждения рисков.

Компании активно используют системы продвинутого планирования и расписания (APS), в основе которых лежат алгоритмы ИИ, что позволяет им моделировать различные сценарии, быстро адаптироваться к изменениям внешних факторов и минимизировать влияние непредвиденных событий. Тенденция к сокращению традиционных запасов и переходу к более точному интеллектуальному управлению становится возможной именно благодаря применению таких технологий.

В этой связи необходимо говорить о том, что отрасль претерпевает существенные изменения, которые кардинально меняют не только технические и операционные процессы, но и формируют новые требования к кадровому составу, создавая вызовы и возможности для специалистов отрасли.

6.2. Компетенции ИИ в транспортной отрасли

Одним из ключевых последствий этих технологических изменений является трансформация профиля кадровых требований. Современный логист и специалист по транспорту перестают быть только операторами и менеджерами классических процессов. Все большее значение приобретают навыки работы с цифровыми технологиями, понимание принципов функционирования ИИ, умение анализировать и интерпретировать большие объемы данных. На первый план выходят следующие компетенции:

- цифровая и аналитическая грамотность становится обязательным требованием. Специалисты должны владеть инструментами машинного обучения, анализа данных, программными платформами APS, TMS (системы управления транспортом), WMS (складские системы) и понимать алгоритмы ИИ;
- навыки управления данными и обеспечение качества информации играют критическую роль. Несмотря на внедрение систем ИИ, эффективно использовать данные возможно только в случае их стандартизации, очистки и непрерывного улучшения качества. Компетенции в области управления данными часто становятся дефицитными на рынке труда;
- стратегическое мышление и управление изменениями выходят на первый план. Логистические специалисты должны быть способны участвовать в формировании и реализации цифровой стратегии компании, учитывать риски и развивать устойчивость цепочек поставок, в том числе адаптироваться к геополитическим и климатическим вызовам;
- образование и непрерывное обучение становятся важнейшей частью развития кадров. Учитывая дефицит квалифицированных ИИ-специалистов, компании все чаще развивают внутренние образовательные программы для повышения компетенций существующего персонала. Такой подход позволяет адаптировать сотрудников к быстро меняющимся требованиям.

Современный специалист в логистике и транспорте должен обладать не только техническими знаниями, но и развитыми навыками коммуникации, управления проектами и пониманием нормативно-правовой базы. Важно умение работать в междисциплинарных командах совместно с IT-специалистами, разработчиками, аналитиками, маркетологами и другими участниками бизнес-процессов.

Кибербезопасность в условиях цифровизации цепочек поставок выделяется как отдельное направление. Специалисты должны понимать угрозы, связанные с цифровыми технологиями, и уметь внедрять меры по обеспечению безопасности.

На операционном уровне также происходит автоматизация и смена функций. Использование роботов, дронов и других автоматизированных систем на

складах и логистических узлах меняет задачи работников, снижая долю ручного труда. Возрастает потребность в операторах, специалистах по техническому обслуживанию, специалистах по интеграции и контролю роботизированных комплексов.

С развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ), включая машинное обучение, большие языковые модели, компьютерное зрение и генеративный ИИ, в транспортно-логистической отрасли глобально меняется ландшафт профессий. Появляются новые профессии и роли, связанные с созданием, внедрением и эксплуатацией ИИ-систем, тогда как ряд традиционных профессий трансформируется или теряет актуальность, требуя существенного переобучения.

6.3. Воздействие ИИ на профессиональный ландшафт в транспорте и логистике

6.3. Воздействие ИИ на профессиональный ландшафт в транспорте и логистике

С развитием технологий искусственного интеллекта в транспортной и логистической отрасли происходит глубокая трансформация профессиональной среды. Появляются новые профессии, напрямую связанные с разработкой, внедрением и сопровождением ИИ-решений. Одновременно многие традиционные специальности требуют переобучения и освоения навыков работы с искусственным интеллектом, поскольку без базовых знаний ИИ выполнение профессиональных задач становится затруднительным или невозможным. Некоторые же профессии и вовсе теряют свою актуальность вследствие автоматизации и роботизации процессов. Такая динамика требует от работников отрасли постоянного обновления компетенций и готовности адаптироваться к меняющимся условиям цифровой эпохи, что становится ключевым фактором их профессиональной успешности и востребованности на рынке труда.

Новые профессии в логистике и транспорте с развитием ИИ

1. Инженер и аналитик данных для логистики с ИИ

Специалисты, занимающиеся обработкой и анализом больших данных, создают модели машинного обучения для прогнозирования спроса, оптимизации маршрутов и управления запасами. Их навыки востребованы для построения систем предик-

тивной аналитики и поддержки принятия решений в реальном времени.

2. Специалист по робототехнике и автоматизации складов

С увеличением роботизации складских комплексов и внедрением автоматизированных систем управления, появляются специалисты по техническому обслуживанию, программированию и управлению роботами и дронами на складах и транспортных узлах.

3. Архитектор ИИ-систем в цепочках поставок

Роли, связанные с проектированием и интеграцией комплексных ИИ-сервисов в логистику, включая соединение ИТ и операционных процессов.

4. Эксперт по кибербезопасности и этике ИИ

Появляется потребность в специалистах, которые следят за этическими аспектами применения ИИ, а также обеспечивают защиту данных и ИИ-моделей от киберугроз.

5. Оператор и куратор генеративного ИИ

Внедрение больших языковых моделей и генеративного ИИ для автоматизации документооборота, коммуникаций и анализа информации порождает новые профессии по контролю качества и адаптации искусственно сгенерированного контента.

6. Менеджер цифровой трансформации

Руководители, координирующие внедрение ИИ, отвечающие за обучение персонала, изменение организационной культуры и управление цифровыми проектами.

7. Специалист по управлению рисками с использованием ИИ

Аналитики, создающие и поддерживающие системы раннего предупреждения с помощью анализа множества источников данных, включая социальные медиа, финансовую информацию, прогнозы погоды для предотвращения логистических сбоев.

Профессии, требующие переобучения или устаревающие

Традиционный грузовой диспетчер

1. Рутинные задачи планирования маршрутов и распределения грузов переходят под контроль ИИ-систем и автоматизированных платформ, снижая потребность в операторах без цифровых навыков.

2. Складские рабочие без навыков работы с робототехникой
3. Автоматизация операций с помощью роботов снижает потребность в ручном труде, что требует от сотрудников освоения новых технических знаний.
4. Специалисты по ручному вводу данных и отчетности
5. Большая часть административных и аналитических функций автоматизируется, сокращая штат работников, занятых на простых операциях с данными.
6. Планировщики и логисты без цифровых компетенций
7. Традиционный подход к логистическому планированию устаревает. Требуются навыки работы с аналитическими платформами, ИИ-моделями для оптимизации бизнес-процессов.

6.4. Подходы к развитию кадров в сфере ИИ

ИИ позволяет повысить гибкость операций и снизить влияние человеческого фактора, но требует новых подходов к развитию, обучению и адаптации персонала к новым технологиям. В целом, тенденции развития кадров в сфере ИИ в транспорте и логистике отражают глобальный переход отрасли к цифровой зрелости и высокой технологичности.

Успешными будут те компании, которые смогут не только внедрять новейшие технологии, но и эффективно развивать человеческие ресурсы, формируя новые компетенции и повышая адаптивность сотрудников к сложным и динамичным условиям работы. Формирование комплексных команд с междисциплинарными знаниями и навыками станет одним из ключевых факторов конкурентоспособности. Долгосрочное развитие кадрового потенциала, ориентация на непрерывное обучение и воспитание цифровых талантов, а также фокус на устойчивость и управление рисками – все это определит эффективность и качество логистики будущего.

Для достижения этих целей необходимо строить целостную и многоформатную систему развития сотрудников, направленную на формирование и углубление компетенций в сфере ИИ. Такая система должна включать следующие элементы:

Обмен опытом и лучшими практиками на внешних мероприятиях — конференциях, форумах и специализированных ИИ-мероприятиях, что позволяет сотрудникам расширять профессиональный кругозор, узнавать о современных трендах и внедренных решениях в отрасли.

Внешние курсы и программы обучения в вузах и у проверенных образовательных провайдеров, обеспечивающие глубокое понимание теоретических основ и практических навыков в области ИИ.

Внутреннее обучение на корпоративных платформах, где создаются адаптированные под специфику бизнеса курсы и материалы, что ускоряет освоение необходимых знаний и повышает уровень цифровой грамотности сотрудников.

Менторинг и наставничество, когда опытные специалисты направляют и поддерживают развитие менее опытных коллег, способствуя своевременному решению практических задач и формированию экспертных качеств.

Обмен знаниями и совместная работа в кросс-функциональных командах, что способствует интеграции ИИ-технологий в разнообразные бизнес-процессы и развитию междисциплинарных компетенций.

Обучение на кейсах и проектах (на реальных рейсах), когда сотрудники приобретают практический опыт в условиях реальной работы, закрепляя полученные знания и навыки.

Индивидуальная работа с HiPo, предусматривающая построение персонализированных карьерных треков и программ развития, которые учитывают сильные стороны и потенциал каждого сотрудника, обеспечивая мотивацию и удержание ключевых специалистов.

Таким образом, развитие кадров в ИИ — это системный процесс, основанный на интеграции различных форматов обучения и практики, направленных на устойчивое повышение квалификации и адаптивности сотрудников. Такой многоуровневый подход обеспечивает формирование цифровых талантов, готовых к вызовам современной логистики и транспорта, и поддерживает лидерство компании на рынке.

6.5. Ситуация с ИИ-кадрами отрасли транспорта и логистики в России

6.5. Ситуация с ИИ-кадрами отрасли транспорта и логистики в России

В России, обладающей обширной транспортной инфраструктурой и стратегическим географическим положением, внедрение современных интеллектуальных решений приобретает особую актуальность.

Руководство страны проявляет активную поддержку внедрению технологий искусственного интеллекта (ИИ) в транспортной и логистической отрасли. Для развития этой сферы реализуются масштабные федеральные проекты и программы. Например, Президент Владимир Путин поручил включить федеральный проект «Искусственный интеллект» в национальный проект по формированию экономики данных с продлением до 2030 года. Этот проект предусматривает комплекс мер по поддержке компаний-разработчиков ИИ, апробации решений на предприятиях, развитию науки, образования и созданию необходимой инфраструктуры для отечественного искусственного интеллекта.

Правительство России также выделяет значительные финансовые средства на внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС). В 2024 году было выделено более 3,2 млрд рублей, а позднее — свыше 5 млрд рублей на развитие ИТС в различных регионах страны. Эти системы способны автоматизировать управление дорожным движением, повысить безопасность и оптимизировать транспортные потоки, что особенно важно для крупных городских агломераций. На федеральном уровне проекты реализуются в рамках государственной программы «Развитие транспортной системы» и национального проекта «Безопасные качественные дороги»⁴.

Это все приводит к развитию спроса на передовые цифровые технологии в России в отрасли транспорта и логистики, который по оценке Eurasian Rail Alliance Index (ERAИ) в 2020 г. составлял 89,4 млрд руб., а к 2030 году возрастет до 626,6 млрд руб.⁵.

Согласно исследованию ERAИ, по результатам 2023 года, 28,8 % компаний транспортной отрасли используют технологии на базе ИИ, при этом 51,2 % из них используют исключительно отечественные решения на основе ИИ. Помимо этого, 29,7 % компаний отрасли планируют внедрить ИИ в течение

⁴ [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интеллектуальная_транспортная_инфраструктура_\(ИТС\)_Россия](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интеллектуальная_транспортная_инфраструктура_(ИТС)_Россия)

⁵ <https://index1520.com/analytics/effektivnye-otechestvennye-praktiki-primeneniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-v-sfere-transp/?ysclid=meb28jc7oo337276999>

3 лет, а 21,5 % от использующих и планирующих внедрение определили стратегию или дорожную карту развития ИИ.

Примерно такое же проникновение технологий ИИ прогнозирует и консалтинговая компания Strategy Partners, которая в своем исследовании в январе 2025 года отметила, что 45 % компаний России в отрасли транспорта и логистики планируют использовать ИИ в ближайшие 2–3 года.

По результатам исследования ERAI, 20,8 % компаний, внедривших ИИ, оценивают экономический эффект от внедрения ИИ как существенный или многократный, а 86 % организаций имеют план действий по развитию ИИ. В разрезе всех отраслей компании транспорта и логистики могут стать одним из ключевых потребителей решений на основе ИИ в перспективе до 2030 года.

Это подтверждает и исследование Института искусственного интеллекта МИРЭА — Российского технологического университета, согласно которому транспортная отрасль входит в топ-5 отраслей экономики Российской Федерации по внедрению технологий ИИ (рис. 2), уступая лишь отрасли информационных технологий, телекоммуникаций, финансовому сектору и государственным услугам.

Рисунок 2. Проникновение технологий ИИ в различные сферы экономики и социальной сферы России

Место	Отрасль
1	IT, информационные технологии
2	Телекоммуникации
3	Финансовый сектор
4	Государственные услуги
5	Транспорт
6	Промышленность, энергетика, сырьевой сектор
7	Недвижимость и коммунальные услуги
8	Агропромышленный комплекс

При этом, согласно эмпирическому исследованию «Искусственный интеллект в России: разработка и применение» НИУ ВШЭ (2025), по количеству работников с компетенцией ИИ отрасль транспорта и логистики занимает 9-е место, уступая также отрасли

науки и образования, здравоохранения, торговли, обрабатывающей промышленности (рис. 3). Мы видим, что в среднем по отрасли доля работников, обладающих профессиональными навыками в сфере ИИ, необходимыми для проведения исследований, разработки и внедрения технологий или технического обслуживания составляет 0,1 %. При этом, появляется существенная доля работников, которым необходимы компетенции пользователя ИИ в рамках осуществления их текущей деятельности (5,6 % от общего количества сотрудников).

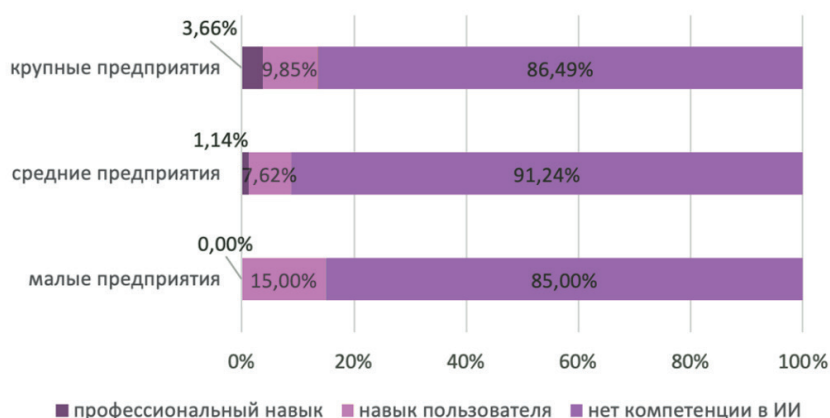
Рисунок 3. Работники с компетенциями в области ИИ по видам экономической деятельности (в процентах к общей численности обследованных организаций)



В рамках исследования Ассоциация «Альянс в сфере искусственного интеллекта» совместно с Ассоциацией «Цифровой транспорт и логистика» провели исследование компаний отрасли и отраслевых вузов по вопросам кадровой потребности в сфере ИИ.

В исследовании приняли преимущественно компании, которые наиболее активно внедряют и используют в рамках своей деятельности технологии ИИ. Подтверждению этого факта служит распределение процентного соотношения сотрудников с профессиональными и пользовательскими навыками к общей численности организации (рис. 4).

Рисунок 4. Доля специалистов с компетенциями в ИИ в организациях транспорта и логистики (в % к общему количеству сотрудников организации)

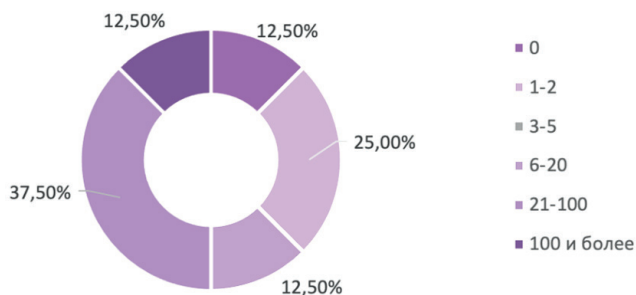


Мы можем отметить общий тренд, что чем крупнее организация, тем больший ей требуется процент сотрудников с профессиональными компетенциями для разработки, внедрения, поддержания работоспособности технологий ИИ. Это связано в том числе с уровнем оплаты труда, который запрашивают соискатели данной квалификации.

При этом можно сказать, что компетенция пользователя технологиями ИИ проникает во все организации, вне зависимости от размера по численности и возможностям по оплате труда.

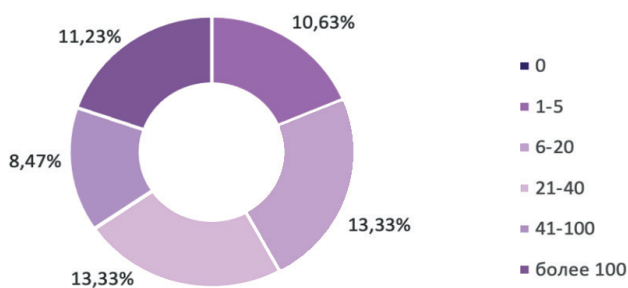
Также в отличие от эмпирического исследования НИУ ВШЭ, где процент организаций транспортной отрасли, в которых работают один или два сотрудника с профессиональными компетенциями в сфере ИИ, составил 55,3 %, выборка Альянса показала более гладкое распределение таких кадров (рис. 5).

Рисунок 5. Численность специалистов с профессиональными компетенциями в ИИ



По численности работников, обладающих компетенцией пользователя ИИ, компании также распределились достаточно равномерно. Все респонденты отметили наличие в штате таких сотрудников (рис. 6).

Рисунок 6. Численность всех работников, обладающих компетенцией пользователя в сфере ИИ



6.6. Кадровые барьеры и эффекты от внедрения технологий ИИ

Организации понимают преимущества внедрения технологий ИИ в организационные процессы. Компании подчеркивают эффективность, связанную с оптимизацией численности работников, ростом производительности труда, сокращением временных затрат, сокращением ФОП, повышением безопасности и пр. (рис. 7).

Рисунок 7. Топ-3 эффекта от внедрения и использования технологий ИИ



При этом респонденты отмечают и существенные кадровые барьеры, которые препятствуют быстрому внедрению ИИ (рис. 8). Ключевыми являются нехватка у работников организации навыков для разработки и использования таких технологий, ограничения ФОТ на привлечение квалифицированных кадров и трудности с подбором качественной образовательной программы.

Рисунок 8. Топ-7 кадровых барьеров, сдерживающих использование ИИ



Компетенции в сфере ИИ для отрасли

6.7. Изменение ландшафта профессий

Респонденты отметили, что в транспортной отрасли нужны преимущественно следующие профессиональные компетенции ИИ:

- статистические методы и первичный анализ данных;
- языки программирования и библиотеки (Python, C++);
- машинное обучение на больших данных;
- методы машинного обучения;
- шины данных (Kafka).

Также среди востребованных компетенций были выделены цифровые двойники, промпт-инжиниринг, анализ геоданных, рекомендательные системы, методы оптимизации, SQL базы данных (GreenPlum, Postgres, Oracle).

При этом, на вопрос, использует ли организация модель компетенций при подборе специалистов в области ИИ, только ¼ компаний подтвердили наличие модели компетенций, в том числе разработанной на основе Базовой модели профессий и компетенций Ассоциации «Альянс в сфере ИИ». Остальные респонденты сказали, что модель в организации отсутствует.

6.7. Изменение ландшафта профессий

Исследование показало, что в целом респонденты испытывают дефицит в определенных профессиях, который вызван активным проникновением прорывных цифровых технологий в отрасль. А также понимают, что ряд профессий требует переобучения.

В ответах на вопрос: «Какая профессия сейчас наиболее дефицитна для внедрения ИИ в отрасли?» — респонденты отмечали как специалистов с профессиональными компетенциями и компетенциями пользователей, так и специалистов, которые находятся на стыке технологий и бизнеса.

К специалистам с профессиональными компетенциями респонденты отнесли следующих:

- разработчики решений ИИ,
- ML-инженеры с навыками продакшен-интеграции (MLOps),
- data-инженеры с опытом работы в enterprise-компаниях/проектах от 3-х лет,
- методологи данных.

Среди специалистов, которым нужны компетенции пользователя ИИ для выполнения своих профессиональных задач:

- логисты, отвечающие за оптимизацию маршрутов, построение эффективных цепочек,
- водители беспилотных систем,
- менеджеры по маркетингу и продажам,
- административные работники,
- руководители всех уровней.

Специалисты, которые находятся на стыке технологий и пользователя или заказчика, которые также требуются организациям отметили следующие профессии:

- Product-менеджеры в ИИ, способные трансформировать ИИ-прототипы в бизнес-применимые решения,
- AI-тренеры.

На вопрос: «Какие профессии наиболее остро испытывают необходимость в перепрофилировании или дообучении с учетом развития ИИ?», респонденты отметили следующие:

- инженеры традиционных ИТ-направлений,
- системный аналитик и бизнес-аналитик,
- логисты,
- специалисты отделов продаж,
- специалисты по контенту и маркетингу,
- бухгалтеры,
- административные работники,
- юристы,
- переводчики,
- журналисты,
- шаблонные творческие профессии (дизайнеры, копирайтеры),
- пилоты БПЛА,
- производственные и логистические специальности (водители, операторы) и другие.

6.8. Обучение и развитие человеческого капитала в сфере ИИ

В рамках исследования мы проанализировали вопросы, связанные с обучением и развитием сотрудников по программам искусственного интеллекта в организациях.

Половина респондентов отметили, что не развивают компетенции по тематикам ИИ у своих работников, предпочитая нанимать готовых специалистов, либо рассчитывают на саморазвитие сотрудников по тематикам ИИ.

Остальные опрошенные разделились на тех, кто проводит внутренние программы развития, направляет на обучение в вузы и к внешним провайдерам, а также использует смешанное обучение (рис. 9).

Рисунок 9. Форматы развития компетенций ИИ у сотрудников



Выбирая внешние образовательные программы, респонденты обращают внимание на позитивный опыт сотрудничества с вузом или провайдером образовательных услуг, а также на хорошие отзывы коллег, партнеров, в социальных сетях.

При выборе образовательных программ респонденты обращают внимание на наличие экспертов-практиков, которые читают лекции на программах (более половины опрошенных), а также на наличие кейсов применения технологий ИИ, в том числе кейсбук Ассоциации «Альянс в сфере ИИ».

Среди топ-вузов, которым респонденты доверяют и в которых имеют позитивный опыт обучения сотрудников по программам ИИ, респонденты отметили входящие в топ-12 учреждений/учебных заведений в Рейтинге вузов по качеству подготовки специалистов в области ИИ Ассоциации «Альянс в сфере ИИ»: МФТИ (А+), ИТМО (А+), СПбГУ (А), МГУ им. М. В. Ломоносова (А), МИФИ (В).

При этом опрос отраслевых вузов показал, что в целом вузы недостаточно отвечают на запрос бизнеса на квалифицированные кадры в области ИИ.

На вопрос, ориентируются ли вузы при разработке образовательных программ по тематике ИИ на модели компетенций, разработанные бизнесом, 100 % респондентов ответили, что нет. Для таких учебных заведений ориентир — рекомендации ФГОС ВО и профстандарты.

Вузы осознают, что в настоящее время ИИ проникает во многие профессии, в том числе транспортной отрасли. И необходимо развивать компетенции внутри вуза, чтобы качественно разрабатывать и преподавать как дисциплины, направленные на развитие профессиональных компетенций в сфере ИИ, так и программы для развития пользовательских навыков и умений, необходимых для многих профессий, напрямую не связанных с технологией.

Многие отраслевые вузы хотели бы приглашать экспертов в сфере ИИ для преподавания на дисциплинах по тематикам искусственного интеллекта, а также рассказывать учащимся о реальных кейсах внедрения ИИ в рамках образовательных программ.

6.9. Решения для минимизации кадровых рисков, связанных с активным проникновением ИИ в отрасль

Мы выяснили, что многие компании отрасли транспорта и логистики сталкиваются с кадровыми рисками, связанными с дефицитом квалифицированных специалистов, высокой стоимостью ФОТ, недостаточным качеством образовательных программ и другими кадровыми вызовами, которые встают перед отраслью с учетом широкого распространения технологий ИИ. Вместе с тем мы отметили, что важно не только привлекать экспертов, обладающих профессиональными компетенциями ИИ, но и развивать компетенции пользователей технологий, которые применяют эти инструменты в своей повседневной деятельности. Без должной подготовки персонала компании могут столкнуться с замедлением цифровой трансформации и потерей конкурентных преимуществ.

В ответ на эти вызовы в последние годы сформировался целый ряд образовательных инициатив, программ и решений, направленных на минимизацию таких кадровых барьеров. Существуют специализированные курсы, корпоративные тренинги и государственные проекты, которые помогают развивать как технические, так и прикладные знания в области ИИ. Благодаря этим мерам организации получают возможность эффективно интегрировать ИИ-технологии, подкрепляя процесс квалифицированными кадрами, адаптированными к новым цифровым реалиям.

6.10. Образовательные и методологические инициативы Альянса в сфере ИИ

6.10. Образовательные и методологические инициативы Альянса в сфере ИИ

Альянс в сфере искусственного интеллекта реализует ряд образовательных инициатив, содействующих повышению качества образования в нашей стране по линии искусственного интеллекта. Эти проекты реализуются экспертами компаний Альянса в соответствии с реальным запросом бизнеса на специалистов в сфере ИИ (в т.ч. высококвалифицированных), принимаемых на работу в высокотехнологические компании в России, при непосредственном участии экспертов ИИ 17-ти компаний Альянса (крупнейшие работодатели по ИИ в стране, более 80 % рынка: Сбер, «Газпром нефть», РФПИ, Русагро», «Уралхим», «Самолет», Т-Банк, «Яндекс», VK, Сибур, «Северсталь», Ростелеком, Лаборатория Касперского, «Аэрофлот», ДОМ.РФ, Альфа-Банк, МТС, а также участников отраслевых клубов Альянса в т.ч. «Автодор – Платные дороги», ГК «Основа», Главстрой, «Группа ЛСР», Донстрой, «Телемедицинские информационные системы», МЕДСИ, НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина, «Ак Барс», «Агросила», «Таврос» и многие другие).

Реализация проектов в сфере образования позволяет существенно сократить дистанцию между компетенциями в области искусственного интеллекта, которые развивают университеты на программах высшего образования, и знаниями, навыками, которыми должны обладать специалисты в области искусственного интеллекта для успешного выполнения своих трудовых обязанностей. Многие проекты реализуются в тесном сотрудничестве с Минобрнауки России.

6.10.1 Базовая модель профессий и компетенций

Основой всех образовательных инициатив Альянса является Базовая модель профессий и компетенций, которая была разработана экспертами компаний Альянса в 2021 году, чтобы преподаватели и студенты имели четкое представление о том, какие навыки и умения, и в каком объеме, необходимо освоить для профессионального роста в области искусственного интеллекта.

В 2024–2025 годах модель была актуализирована и детализирована. В настоящее время модель⁶ представляет собой методологическую основу для вузов и работодателей при создании образовательных программ в области искусственного интеллекта и включает в себя 4 ключевые профессии (рис. 10) с разбивкой по компетенциям и уровням владения компетенциями (базовый, экспертный, продвинутый).

Рисунок 10. Профессии ИИ базовой модели профес-
сий и компетенций (верс. 2024–2025)

ПРОФЕССИЯ	ПОЯСНЕНИЕ
Аналитик данных (Data scientist, ml engineer)	Специалист, который работает с данными компании, анализирует их и разрабатывает решения на основе ИИ. Совместно с техническими аналитиками формирует технические метрики, которые зависят от бизнес-метрик. В процессе выполнения проекта специалист: <ul style="list-style-type: none">• Определяет лучший метод машинного обучения и способ его адаптации к специфике задачи• Разрабатывает новые признаки (feature-engineering)• Реализует общий пайплайн решения• Формирует техническую часть документации проекта
Менеджер в ии (Manager in ai)	Специалист, который обеспечивает общее выполнение проекта, работу по бюджету, ресурсам, срокам. Отвечает за конверсию и вывод решений в продукт на организационном уровне. Также в круг его обязанностей может входить обработка пользовательских отзывов и части документирования продукта.
Технический аналитик в ии (Technical analyst in ai)	Специалист, который обеспечивает эффективное взаимодействие между аналитиком данных и заказчиком. Анализирует потребности бизнеса, подтверждает и уточняет проблематику, анализирует бизнес-процессы и выявляет ключевые артефакты данных в них. Также специалист оценивает техническую реализуемость запроса, формализует техническое задание, и в дальнейшем может участвовать в документировании результатов экспериментов и итогового тестирования.
Инженер данных (Data enginner)	Специалист, который отвечает за сбор, анализ, очистку и подготовку данных для последующего использования. Работает с системами хранения и анализа данных, обеспечивая их эффективное функционирование, а также поддержку систем версионирования данных.

Модель актуализирована и детализирована Альянсом в 2024 году и использована ФОИВами с целью исполнения поручений Председателя Правительства Российской Федерации п. 3 IV «Об обеспечении разработки образовательных программ высшего образования по подготовке высококвалифицированных специалистов в сфере искусственного интеллекта» (по итогам совещания от 26.09.23 (протокол № 5 пр-П9-ММ).

⁶ <https://skills.a-ai.ru/education/methodology/>

К разработке модели привлечены также ведущие исследователи из ключевых вузов страны, реализующих образовательные программы в области ИИ, отобранных согласно рейтингу вузов Альянса (в т. ч. Skoltech, ВШЭ, МФТИ, ИТМО, Иннополис и др.).

Каждая компетенция имеет определение и цели использования и детализирована по областям знаний (темам), которые декомпозированы на элементы: знания, практические задания и вопросы для проверки.

Например, компетенция «Статистические методы и первичный анализ данных» содержит 9 тем для освоения:

1. Непараметрический вывод.
2. Распределения вероятностей: параметрическая оценка и моделирование.
3. Подходы к очистке зашумленных данных (выбросы и пропуски).
4. Методы понижения размерности.
5. Статистический вывод и проверка гипотез.
6. Статистические основы построения предсказательных моделей случайных величин.
7. Статистические основы построения прогностических моделей случайных процессов и полей.
8. Байесовская статистика.
9. Методы вероятностного семплирования.

Каждая тема компетенции декомпозируется на элементы, уровень освоения, а также по теме приводятся материалы для изучения (рис. 11).

⁷ <https://a-ai.ru/wp-content/uploads/2021/12/role-model1.pdf>

Альянс в сфере ИИ разработал первый в стране рейтинг⁸, который оценивает современную российскую систему подготовки специалистов в области искусственного интеллекта.

⁸ <https://rating.a-ai.ru>

В основе рейтинга лежит модель, построенная на фактических данных и утвержденная широким кругом экспертов в области ИИ. Для построения модели были использованы как открытые, так и специально собранные данные, характеризующие качество образования в вузах.

Рейтинг вузов по качеству специалистов в области ИИ анализирует и ранжирует более 200 вузов страны, реализующих образовательные программы по ИИ и служит ориентиром для бизнеса при принятии решения о приеме на работу специалистов с профессиональными компетенциями в сфере ИИ.

Ориентируясь на 4 ключевых показателя (востребованность, актуальность, образовательная среда, партнерства и внешние взаимодействия), рейтинг анализирует вузы по 19 критериям и ранжирует их по категориям от А++ до Е+.

Данные, на основе которых составляется рейтинг вузов Альянса, содержат сведения из открытых источников: с официальных сайтов вузов, олимпиад и конференций, из научных публикаций в журналах и на конференциях, а также материалов, полученных от Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, компаний Альянса в сфере ИИ и результатов опросов студентов. Полнота информации, отраженной в рейтинге, обусловлена качеством данных источников, а также качеством и количеством ответов, полученных в ходе опросов.

В общей сложности экспертами Альянса определено 19 критериев, позволяющих сделать объективную цифровую оценку качества подготовки специалистов. Каждая из выбранных метрик в отдельности оценивает лишь одну грань качества подготовки специалистов, и такая оценка может быть неполной, однако сумма этих оценок с учетом их значимости дает достаточно точную модель оценки.

Внутри рейтинга вузы разбиты на 14 групп, от А++ (лидеры) до Е+ (отстающие). Внутри каждой группы вузы расположены в алфавитном порядке. Улучшая показатели, вузы, которые занимают проактивную позицию в рейтинге, непрерывно развиваются, повышая

свою привлекательность как для потенциальных работодателей выпускников, так и для абитуриентов.

«Сегодня весь мир стоит на пороге нового технологического уклада, одной из ключевых составляющих которого является искусственный интеллект. В связи с этим российским университетам необходимо в кратчайшие сроки подготовить квалифицированных специалистов, обладающих необходимыми навыками и знаниями.

Важным результатом такой совместной работы стало формирование рейтинга вузов по качеству подготовки специалистов в области искусственного интеллекта. В этом году рейтинг будет представлен в третий раз.

Уже сейчас он может служить технологическим компаниям ориентиром при найме выпускников на работу», — заявил министр Министр науки и высшего образования Российской Федерации В. Н. Фальков, в 2025 году.

6.10.4. Модуль «Системы ИИ»

Для повышения качества преподавания образовательных программ вузов по тематикам ИИ в 2021 году Минобрнауки России совместно с Альянсом разработали модуль «Системы искусственного интеллекта». Модуль рассчитан на 72 акад. часа (в т.ч. 16 акад. часов практики) и нацелен на развитие следующих компетенций:

1. ПК-1. Способность использовать знание основных методов искусственного интеллекта в последующей профессиональной деятельности в качестве научных сотрудников, преподавателей образовательных организаций высшего образования, инженеров, технологов.
2. ПК-2. Способность выявить естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем.

Президент России Владимир Путин поручил⁹ с 2024 года поэтапно применять модуль «Системы искусственного интеллекта» в высшем образовании и программах повышения квалификации.

⁹ <https://rating.a-ai.ru>

«Правительству Российской Федерации... принять дополнительные меры, направленные на повышение уровня компетенций в сфере искусственного интеллекта... в том числе обеспечив начиная с 2024 года поэтапное применение образовательного модуля «Системы искусственного интеллекта» в составе образовательных программ высшего образования и программ повышения квалификации в качестве обязательного модуля», — говорится в поручении.

Согласно данным Министерства науки и высшего образования Российской Федерации модуль внедрен в более чем 100 тыс. образовательных программ 540 вузов страны.

Это позволяет улучшать качество образовательных программ, развивающих не только профессиональные компетенции в сфере ИИ, но и компетенции пользователей технологий ИИ.

6.10.5. Курс «Искусственный интеллект для руководителей»

6.10.5. Курс «Искусственный интеллект для руководителей»

В сотрудничестве с Высшей школой экономики Альянс разработал программу повышения квалификации «Искусственный интеллект для руководителей»¹⁰ нацеленная на руководителей среднего и высшего звена, которым предстоит внедрять технологии ИИ в рамках своей деятельности.

Программа включает в себя знакомство с принципами работы ИИ и генеративных моделей, бизнес-кейсами и существующими практиками использования генеративного ИИ в рамках планирования и реализации проектов, оптимизации бизнес-процессов, принятия решений на основе множества данных.

¹⁰ <https://cs.hse.ru/dpo/aicourse/?ysclid=mevd1e2mza251878521>

Рисунок 12. Ролевая модель команды разработки решений DATA SCIENCE.

ЭТАП РАЗРАБОТКИ	TECHNICAL ANALYST DATA SCIENCE	PRODUCT OWNER	AI PROJECT MANAGEMENT	DATA SCIENTIST
Отбор идей	<ul style="list-style-type: none"> Участие совместно с РП в проблемном интервью Инициатора / ЕОЛа для уточнения постановки задачи (при необходимости — помощь с постановкой); Экспертная оценка потенциала применения ИИ; Формирование карточки инициативы (КИ); Её согласование с представителями заказчика; внесение в общий реестр; Помощь РП в выявлении связей с другими проектами внутри организации и на внешнем рынке. 	<ul style="list-style-type: none"> Общая бизнес-постановка задачи; Формулирование бизнес-метрики; Помощь с представлением экспертных консультаций по бизнес-процессу, фигурирующему в задаче; Помощь с выгрузкой признаков данных. 	<ul style="list-style-type: none"> Организация встреч и коммуникаций для проработки задачи; Подготовка материалов для выноса на питч-защиту НИОКР. 	<ul style="list-style-type: none"> Предварительный анализ структуры и объема данных для оценки по трудозатратам, сложности и способам реализации задачи.
Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы	<ul style="list-style-type: none"> Уточнение КИ; Сопровождение проекта ИИ на предмет соблюдения методологии по документированию математических моделей и суевой корректности выполняемых работ (без непосредственного анализа кода); Помощь с подготовкой и проверкой документации (ТЗ на этап НИОКР; результат, поискового НИР / апробации, аналитическая записка (АЗ) и т.д.); При участии внешнего подрядчика — проверка его отчетов. 	<ul style="list-style-type: none"> Общая бизнес-постановка задачи; Формулирование бизнес-метрики; Помощь с представлением экспертных консультаций по бизнес-процессу, фигурирующему в задаче; Помощь с выгрузкой признаков данных. 	<ul style="list-style-type: none"> Обеспечение административного управления проектом и необходимого документооборота, организация встреч и коммуникаций; Поиск внешних исполнителей для реализации; Защита результатов работы перед заказчиком совместно с исполнителем (внутренним или внешним) 	<ul style="list-style-type: none"> Выгрузка, разметка и анализ данных из различных источников; Разметка данных; Формирование технической документации, написание простых графических интерфейсов, дашбордов, серверной части моделей ИИ, протоколов интеграции моделей ИИ в итоговый цифровой продукт; Описание логики работы пользователя с цифровым продуктом в контексте оптимизации бизнес-процесса; При участии внешнего подрядчика — обезличивание данных, проверка АЗ и воспроизведение решений по построению моделей ИИ; Выполнение разведенного анализа с применением методов машинного обучения мат. постановка и целевых математических метрик для решения задачи (эти метрики должны соответствовать бизнес-требованиям Заказчика); Построение простейших моделей ИИ; Документирование результатов моделирования (АЗ).

<p>Прототип</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Уточнение КИ; • Сопровождение проекта ИИ на предмет соблюдения методологии по документированию математических моделей и суевой корректности выполняемых работ (без непосредственного анализа кода); • Помощь с подготовкой и проверкой документации (ТЗ на этап НИОКР, результаты поискового НИР / апробации, аналитическая записка (АЗ) и т. д.); • При участии внешнего подрядчика — проверка его отчётов. 	<ul style="list-style-type: none"> • Общая бизнес-постановка задачи; • Формулирование бизнес-метрик; • Помощь с предоставлением экспертных консультаций по бизнес-процессу, фигурирующему в задаче; • Помощь с выгрузкой результатов данных. 	<ul style="list-style-type: none"> • Обеспечение административного управления проектом и необходимого документооборота, организация встреч и коммуникаций; • Поиск внешних исполнителей для реализации; • Защита результатов работы перед заказчиком совместно с исполнителем (внутренним или внешним). 	<ul style="list-style-type: none"> • Построение полноценных моделей ИИ; • Сравнение результатов нескольких алгоритмов и выбор наилучшего решения; • Выгрузка дополнительных данных; • Подготовка математических моделей для применения в итоговом цифровом продукте; • Определение границ применимости наилучшего решения; • Документирование результатов моделирования (АЗ); • При участии внешнего подрядчика — проверка его кода по построению моделей ИИ.
<p>Minimum Viable Product (MVP)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Уточнение КИ; • Сопровождение проекта ИИ на предмет соблюдения методологии по документированию математических моделей и суевой корректности выполняемых работ (без непосредственного анализа кода); • Помощь с подготовкой и проверкой документации (ТЗ на этап НИОКР, результаты поискового НИР / апробации, аналитическая записка (АЗ) и т. д.); • При участии внешнего подрядчика — проверка его отчётов. 	<ul style="list-style-type: none"> • Общая бизнес-постановка задачи; • Формулирование бизнес-метрик; • Помощь с предоставлением экспертных консультаций по бизнес-процессу, фигурирующему в задаче; • Помощь с выгрузкой результатов данных. 	<ul style="list-style-type: none"> • Подготовка выноса проекта на АК и ТС; • Обеспечение административного управления проектом и необходимого документооборота, организация встреч и коммуникаций; • Поиск внешних исполнителей для реализации; • Защита результатов работы перед заказчиком совместно с исполнителем (внутренним или внешним). 	<ul style="list-style-type: none"> • Улучшение качества и повышение стабильности работы моделей ИИ; • Сравнение результатов нескольких алгоритмов и выбор наилучшего решения; • Выгрузка дополнительных данных; • Подготовка математических моделей для применения в итоговом цифровом продукте; • Определение границ применимости наилучшего решения; • Документирование результатов моделирования (АЗ); • При участии внешнего подрядчика — проверка его кода по построению моделей ИИ.
<p>Доработка MVP и тиражирование</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Уточнение КИ; • Сопровождение проекта ИИ на предмет соблюдения методологии по документированию математических моделей и суевой корректности выполняемых работ (без непосредственного анализа кода); • Помощь с подготовкой и проверкой документации (ТЗ на этап НИОКР, результаты поискового НИР / апробации, аналитическая записка (АЗ) и т. д.); • При участии внешнего подрядчика — проверка его отчётов. 	<ul style="list-style-type: none"> • Общая бизнес-постановка задачи; • Формулирование бизнес-метрик; • Помощь с предоставлением экспертных консультаций по бизнес-процессу, фигурирующему в задаче; • Помощь с выгрузкой результатов данных. 	<ul style="list-style-type: none"> • Подготовка документации и участие в приёмке-сдаточных испытаниях цифрового продукта; подготовка документов по сервисному обслуживанию; • Обеспечение административного управления проектом и необходимого документооборота, организация встреч и коммуникаций; • Поиск внешних исполнителей для реализации; • Защита результатов работы перед заказчиком совместно с исполнителем (внутренним или внешним). 	<ul style="list-style-type: none"> • Улучшение качества и повышение стабильности работы выбранной модели ИИ; • Сравнение результатов нескольких алгоритмов и выбор наилучшего решения; • Выгрузка дополнительных данных; • Подготовка математических моделей для применения в итоговом цифровом продукте; • Определение границ применимости наилучшего решения; • Документирование результатов моделирования (АЗ); • При участии внешнего подрядчика — проверка его кода по построению моделей ИИ.

6.11. Другие образовательные и методологические инициативы по ИИ

6.12. Проект «Топ ИИ» Минцифры России для отрасли транспорта и логистики

6.11. Другие образовательные и методологические инициативы по ИИ

В настоящее время существует огромное количество образовательных программ, нацеленных как на подготовку профессиональных кадров в сфере ИИ (с достойными программами по данной тематике можно ознакомиться в Путеводителе абитуриента¹¹), так и на развитие компетенций пользователя технологий ИИ.

К последним, например, относятся программы МШУ «Сколково», Яндекс Практикума, СберУниверситет, Нетологии, Skillbox и многих других. В зависимости от запроса компании или физического лица есть возможность подобрать подходящую программу развития по формату, бюджету, численности аудитории, уровню экспертности спикеров.

Также разработка образовательного контента и программ по ИИ реализуется вузами в рамках исполнения стратегических федеральных задач и государственных инициатив, направленных на подготовку высококвалифицированных кадров в области искусственного интеллекта и цифровых технологий. Такие задачи включают формирование новых компетенций у студентов и специалистов, адаптацию учебных курсов под современные требования рынка труда, а также поддержку национальных проектов в сфере цифровой трансформации экономики и образования. Благодаря этому вузы играют ключевую роль в снижении кадровых рисков и обеспечении устойчивого развития отрасли.

6.12. Проект «Топ ИИ» Минцифры России для отрасли транспорта и логистики

С 2025 г. в рамках федерального проекта «Искусственный интеллект» национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» Минцифры России реализует проект «Топ ИИ», направленный на подготовку высококвалифицированных специалистов в области ИИ, в том числе разработчиков, архитекторов данных и систем, аналитиков и исследователей данных.

¹¹ <https://guide.a-ai.ru>

ИТМО, отобранный по итогам конкурсного отбора, разработал универсальную компетентностно-ролевую модель с учетом универсальной модели компетенций Минобрнауки в сфере ИИ (2021), базовой модели профессий и компетенций Альянса (2024), а также собственной публичной компетентностно-ролевой модели (2024).

Также ИТМО представил 12 отраслевых компетентностно-ролевых моделей, адаптированных под разные отрасли, включая транспортную. Каждая отраслевая модель включает в себя набор компетенций, знаний и навыков в сфере ИИ, которые помогут готовить ИИ-специалистов под разные задачи и оценивать их работу.

Важно отметить, что ввиду очень быстрого развития технологий ИИ, универсальная компетентностно-ролевая модель разработана при активном участии бизнес-сообщества.

«Универсальная компетентностно-ролевая модель ИТМО отходит от традиционного подхода, в котором существуют направление подготовки и образовательные стандарты. Мы говорим о компетенциях, необходимых для подготовки топ-специалистов в области искусственного интеллекта и информационных технологий с точки зрения рынка. В области ИИ каждую неделю появляются новые платформы и решения, поэтому нам нужно разрабатывать подходы и образовательные программы, которые подстроятся под запросы рынка и будут точно востребованы через 4–5 лет. Это накладывает колоссальную ответственность на руководителей образовательных программ, поэтому нам не обойтись без поддержки бизнеса и академического сообщества», — отметил ректор ИТМО Владимир Васильев.¹²

В рамках реализации проекта Минцифры России отобрано 22 вуза из 13 регионов страны, которые с 2025 по 2029 годы будут готовить высококвалифицированных специалистов в области искусственного интеллекта.

Отбор вузов проходил по двум уровням: ТОП ДС (Top Data Science) и ДС (Data Science). Специалисты уровня ТОП ДС смогут принимать участие в научных исследованиях в области ИИ или самостоятельно их проводить, создавать новые методы обучения ИИ, проектировать архитектуру моделей ИИ мирового

¹² <https://news.itmo.ru/ru/education/cooperation/news/14432/?ysclid=meqyubsr37540545409>

уровня. Специалисты уровня ДС — заниматься настройкой и дообучением существующих моделей ИИ, а также решением прикладных задач.

Обучение будет проводиться в сотрудничестве с крупнейшими компаниями на рынке ИТ и ИИ: Сбером, «Яндексом», VK, Ростелекомом, «Авито» и другими. Работа с этими компаниями позволит вузам создавать программы, ориентированные на реальные потребности индустрии, и включать в программу обучения реальные бизнескейсы.

Приём на программы бакалавриата в сфере ИИ уже стартовал и практически завершен. К 2030 году в рамках проекта планируется обучить свыше 10 тысяч студентов. Всего в рамках проекта планируется принять на обучение не менее 14,7 тысяч человек.

Вузы — победители конкурсного отбора уровня ТОП ДС также занимаются разработкой отдельных образовательных модулей для отраслевых специалистов в сфере ИИ на основе отраслевых моделей компетенций по соответствующей отрасли. Такие модули будут внедряться в образовательные программы профильных вузов для формирования компетенций у студентов по разработке, внедрению и применению ИИ-технологий в прикладных задачах индустрии. Для транспортной отрасли такой модуль разрабатывает Южный федеральный университет.

Отраслевая модель компетенций в области транспорта включает в себя 5 направлений:

- транспортное планирование,
- автомобильный транспорт,
- железнодорожный транспорт,
- авиационный транспорт,
- водный транспорт.

Выпускник сможет собирать, систематизировать и оценивать качество данных для решения прикладных задач, разрабатывать и применять модели ИИ в процессах транспортного планирования и управления транспортом, проводить реинжиниринг и модификацию процессов транспортного планирования и управления транспортом в результате интеграции моделей ИИ.

6.13. Альтернативная возможность утолнения кадровой потребности в специалистах с профессиональными компетенциями в области ИИ

6.13. Альтернативная возможность утолнения кадровой потребности в специалистах с профессиональными компетенциями в области ИИ

Согласно исследованию, представленному во второй части раздела по кадрам, далеко не все компании транспортной отрасли и логистики готовы нанимать высококвалифицированных специалистов в области ИИ к себе в штат. Это связано как с дефицитом таких кадров на рынке труда, высокой оплатой труда, так и необходимостью непрерывно быть в курсе актуальных технологий и трендов, быстро реагировать на изменения в бизнесе и требования клиентов.

Вместе с тем, на российском рынке существует ряд организаций, которые в рамках своей деятельности разрабатывают технологии ИИ, актуальные для отрасли. К ним относятся как крупные экосистемные игроки и их дочерние компании, так и специализированные компании. Обе группы предлагают востребованные ИИ-решения, но отличаются подходами к сотрудничеству и масштабом реализации.

Крупнейшие экосистемные игроки, такие как Сбер и «Яндекс», развивают собственные ИИ-решения для транспорта и логистики. Это комплексные платформенные решения, включающие прогнозирование спроса, оптимизацию маршрутов, управление запасами, автоматизацию документооборота и сервисы контроля транспорта. Примеры: «Сбер Автомотив Технологии», проекты «Яндекса» по беспилотным транспортным системам и умной аналитике логистики. Такие решения часто интегрируются с широким кругом сервисов экосистем, позволяют оптимизировать затраты на 20-30 %, повышают безопасность и скорость доставки. Эффективность крупных игроков проявляется и в проектах по автономному вождению, использованию ИИ для технического обслуживания и ремонта транспорта.

Корпоративное взаимодействие с этими игроками позволяет компаниям транспортно-логистического сектора получать доступ к высокотехнологичным и комплексным решениям без необходимости создавать собственные ИИ-отделы.

Кроме крупных экосистем, российский рынок представлен большим числом малых и средних ИИ-компаний, которые предлагают нишевые решения: ин-

теллектуальную обработку данных, автоматизацию складов, прогнозирование технического состояния транспорта, сервисы видеоконтроля и поддержки принятия решений в режиме реального времени. Эти компании быстро адаптируются к конкретным запросам бизнеса и специализируются на конкретных аспектах логистики и транспорта, например, управлении маршрутами, оптимизации использования ресурсов, роботизации складов или анализе больших данных.

Сотрудничество с малыми ИИ-вендорами имеет свои плюсы: гибкость, индивидуальный подход, возможность тестирования инноваций на малых масштабах с последующим расширением. Такой формат аутсорсинга даёт возможность компаниям транспортной отрасли привлекать узкоспециализированные знания и разработки без найма постоянных штатных экспертов, что особенно актуально в условиях дефицита кадров и высокой стоимости таких специалистов.

Для организаций транспортной и логистической сферы в России сотрудничество с обеими группами ИИ-вендоров открывает важные возможности экономии и повышения эффективности. Во-первых, аутсорсинг разработки и внедрения ИИ-решений позволяет избежать значительных затрат, связанных с наймом и обучением высококвалифицированных специалистов в области ИИ, которые на рынке труда сегодня дефицитны и дорогостоящи. Во-вторых, компания получает доступ к актуальным технологиям, что ускоряет цифровую трансформацию и помогает быстро реагировать на изменения в бизнесе и требования клиентов.

Кроме того, сотрудничество с крупными экосистемными игроками обеспечивает масштабируемость и надежность решений, а работа с малыми специализированными компаниями — гибкость и адаптивность. Такой двугранный подход позволяет создавать оптимальные ИИ-стратегии на основе аутсорсинга, что повышает конкурентоспособность компаний транспорта и логистики без необходимости содержать в штате весь комплекс ИИ-экспертизы.

Таким образом, актуальная практика российского рынка ИИ для транспорта и логистики показывает, что за счет корпоративных коллабораций с крупными экосистемами и партнерств с малыми инновативными компаниями бизнес может существенно сни-

зять издержки, повысить технологическую зрелость и адаптивность без значительного увеличения постоянных расходов на персонал. Это важный тренд, способствующий эффективной цифровой трансформации отрасли.

6.14. Выводы по вопросу кадров и компетенций по искусственному интеллекту в отрасли транспорта и логистики

6.14. Выводы по вопросу кадров и компетенций по искусственному интеллекту в отрасли транспорта и логистики

В связи с тем, что объем мирового рынка ИИ в отрасли транспорта и логистики стремительно растет, стратегически важно развивать кадровый потенциал в сфере ИИ для обеспечения конкурентоспособности и устойчивого развития отрасли в условиях цифровой трансформации.

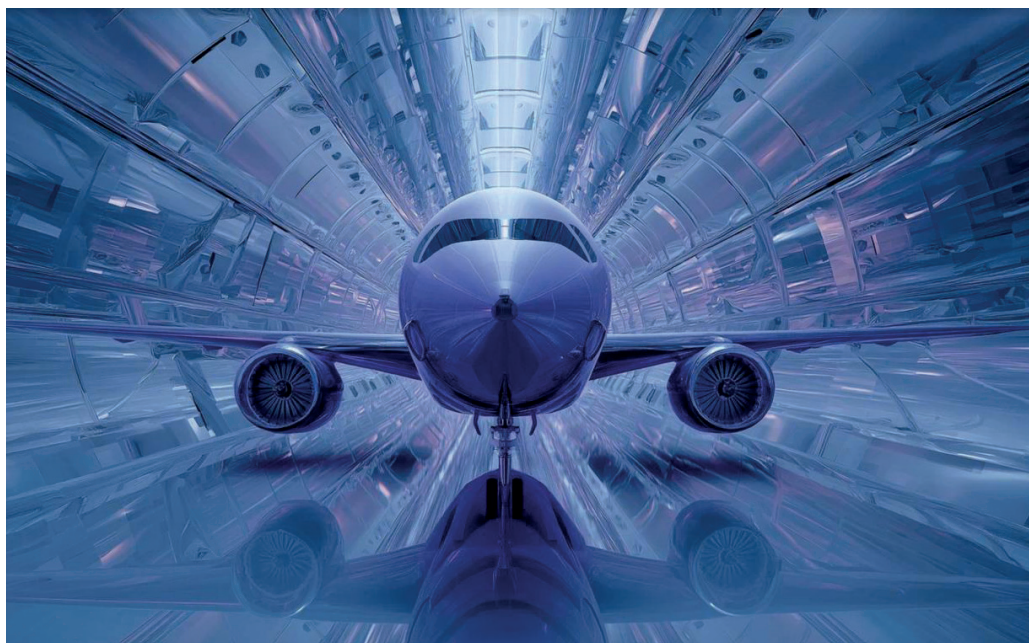
Помимо профессиональных компетенций в сфере ИИ, которые необходимы для разработки, внедрения, поддержания работоспособности технологий ИИ и проведения научно-исследовательской деятельности в этой области, появляется существенный сегмент компетенций пользователей технологиями ИИ в рамках своей деятельности. Этот тренд, в первую очередь связан с широким распространением генеративного искусственного интеллекта, а также с тем, что в транспортной отрасли существуют ИИ-решения, которые предполагают навыки работы с ИИ у пользователей (например, управление любыми видами беспилотников).

Отрасль входит в топ-5 отраслей России, активно использующих технологии ИИ в рамках своей деятельности, и занимает 9-е место по количеству (процентному соотношению) сотрудников, обладающих компетенциями в сфере ИИ.

В настоящее время создано достаточное количество инструментов и решений, которые могут быть использованы в рамках процессов привлечения, оценки и развития кадров, которым необходимы компетенции ИИ. В том числе Базовая модель профессий и компетенций и Ролевая модель команды разработки ИИ-решений Альянса, которые являются универсальным методологическим материалом для всех отраслей.

Выбирая провайдеров образовательных услуг, следует ориентироваться на оценку качества производимых ими программ (рейтинги), позитивный опыт реализации программ по тематикам ИИ, наличие в программе лекций ведущих экспертов — практиков в сфере ИИ и кейсов разработки, внедрения технологий ИИ, применимых к отрасли.

Для минимизации существующих кадровых барьеров, связанных с нехваткой компетенций у работников организаций для внедрения технологий ИИ в бизнес-процессы, дефицитом квалифицированных кадров в сфере ИИ и высоким ФОТ рекомендуется также рассматривать возможность коллаборации с вендорами технологий ИИ, которые способны кастомизировать свое решение под нужды заказчика.



7.1. Обзор существующих нормативно-правовых актов, регламентирующих внедрение ИИ

Внедрение и эксплуатация решений с элементами искусственного интеллекта в транспортной и логистической отрасли сегодня регулируется достаточно широким кругом нормативно-правовых актов. Эти документы формируют базовую рамку, которая определяет принципы развития технологий ИИ, устанавливает требования к информационной безопасности, защите персональных данных, а также задаёт общие направления цифровой трансформации, технологического суверенитета и повышения конкурентоспособности ключевых отраслей экономики, включая транспортную и логистическую сферы.

Наиболее значимым среди действующих актов является Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 года № 490 (в ред. от 15 февраля 2024 года) «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», который заложил основы Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года. Этот стратегический документ сформулировал ключевые цели, такие как интеграция ИИ-решений в базовые отрасли экономики, развитие отечественных компетенций в сфере ИИ и укрепление цифрового суверенитета.

Также следует отметить ряд важных подзаконных актов, которые детализируют порядок использования и регулирования ИИ-систем в транспортной сфере:

- Постановление Правительства РФ от 25 мая 2023 года № 852 «О сертификации систем искусственного интеллекта и формировании реестра доверенного ИИ». Данный документ устанавливает систему оценки и подтверждения безопасности и надёжности ИИ-решений, что особенно актуально при внедрении технологий в критически важные инфраструктуры транспорта;

7.1. Обзор существующих нормативно-правовых актов, регламентирующих внедрение ИИ

- Постановление Правительства РФ от 1 февраля 2023 года № 121, которое регламентирует требования к закупаемым государственными органами информационным и интеллектуальным системам, в том числе в части обеспечения информационной безопасности и защиты данных. Это особенно важно при внедрении интеллектуальных систем в госуправление, транспортную аналитику, диспетчеризацию и автоматизированное управление потоками;
- Постановление Правительства РФ от 25 марта 2022 года № 390 о перечне видов деятельности, допускающих экспериментальные правовые режимы (ЭПР). Этот документ значительно облегчает апробацию передовых ИИ-технологий, в том числе в сфере транспорта, где важна отработка инновационных решений на практике без законодательных барьеров;
- Федеральный закон от 31 июля 2020 года № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций» и дополняющий его Федеральный закон от 2 июля 2021 года № 331-ФЗ. Они создали юридическую основу для пилотного внедрения инновационных ИИ-технологий без изменения основного законодательства;
- Приказ Минпромторга России от 13 июля 2022 года № 392 «Об утверждении критериев отнесения программного обеспечения к ИИ-системам», который впервые задал чёткие критерии для отнесения решений к категории искусственного интеллекта.

Отдельное значение в части работы с пассажирами и данными приобретает:

- Федеральный закон от 13 июля 2015 года № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа», который регламентирует использование информационных систем, в том числе на основе искусственного интеллекта, в сфере пассажирских перевозок. Учитывая масштаб цифровизации транспортной системы, значимым становится правовое регулирование применения ИИ в пассажирских сервисах, мониторинге качества услуг и построении предиктивных моделей для управления маршрутными сетями.

Помимо указанных документов, непосредственное влияние на развитие ИИ в транспортной отрасли оказывают также общие концептуальные акты:

- Распоряжение Правительства РФ от 19 августа 2020 года № 2129-р, утвердившее Концепцию регулирования технологий искусственного интеллекта и робототехники, обозначившее главные направления и принципы формирования этической и правовой базы применения ИИ в России;
- Перечень поручений Президента Российской Федерации от 31 декабря 2020 года № Пр-2242 по итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта». Этот документ содержит конкретные задачи по развитию и совершенствованию нормативной базы высокоавтоматизированного транспорта, а также меры по обеспечению информационной безопасности и установлению механизмов ответственности за работу систем ИИ.

В дополнение к отраслевым регламентам, важнейшую роль в формировании среды для развития и интеграции ИИ в транспортный сектор играют стратегические и программные документы государственного уровня. Они задают долгосрочные цели, механизмы межведомственного взаимодействия и направления институционального сопровождения цифровой трансформации. К числу таких документов относятся:

- Федеральный закон от 28 июня 2014 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»;
- Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 года № 642);
- Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017—2030 годы (утв. Указом Президента РФ от 9 мая 2017 года № 203);
- Указ Президента РФ от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»;
- Указ Президента РФ от 21 июля 2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года»;

- Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 1 октября 2021 года № 2765-р);
- Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 года № 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»»;
- Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. Президиумом Совета при Президенте РФ, протокол от 24 декабря 2018 года № 16);
- Дорожная карта развития сквозной цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» (опубликована 10 октября 2019 года);
- Федеральный проект «Искусственный интеллект» Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (приложение № 3 к протоколу Правительственной комиссии от 27 августа 2020 года № 17);
- Перспективная программа стандартизации по приоритетному направлению «Искусственный интеллект» на период 2021–2024 гг. (от 22 декабря 2020 года);
- Поручение Заместителя Председателя Правительства РФ Д. Н. Чернышенко от 14 мая 2021 года № ДЧ-П10-6022;
- Перечень поручений Президента Российской Федерации от 29 января 2023 года № Пр-172 по итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта».

Таким образом, можно выделить двухуровневую систему регулирования. На первом уровне — стратегические документы, формирующие основу для системного развития технологий, включая транспортный сектор, на втором — отраслевые и прикладные акты, направленные на конкретные сферы применения ИИ.

В совокупности указанные нормативно-правовые акты покрывают полный жизненный цикл применения ИИ в транспортной отрасли: начиная от стратегического планирования и формирования приоритетов (через национальные стратегии и концепции), продолжая определением требований к безопасности данных, прозрачности алгоритмов и ответствен-

ности участников, и заканчивая созданием процедур сертификации, допусков и механизмов апробации через экспериментальные правовые режимы. Такой подход обеспечивает, с одной стороны, правовую определённость для разработчиков и эксплуатантов ИИ-решений, а с другой — гарантии защиты интересов граждан и общества в целом.

Вместе с тем, ряд положений этих документов пока носит общий характер и требует дальнейшей детализации — в частности, в части распределения ответственности за ошибки ИИ, разработки единых отраслевых реестров обучающих данных, а также обязательного применения требований к объяснимости алгоритмов в критически важных транспортных объектах. Эти вопросы могут быть учтены в следующих этапах совершенствования законодательства и технического регулирования.

7.2. Обзор существующих стандартов (ГОСТ, ГОСТ-Р, ОСТ) в части внедрения ИИ

7.2. Обзор существующих стандартов (ГОСТ, ГОСТ-Р, ОСТ) в части внедрения ИИ

Применение технологий искусственного интеллекта в транспортном комплексе Российской Федерации невозможно без системной и прозрачной стандартизации. Национальные стандарты формируют основу для требований к качеству, безопасности, надёжности, совместимости ИИ-систем, а также определяют терминологическую базу и процедуры испытаний. Они позволяют унифицировать подходы на всех этапах жизненного цикла — от разработки и валидации алгоритмов до их внедрения и последующего мониторинга.

На сегодняшний день в России действует достаточно обширный спектр стандартов, которые регламентируют применение искусственного интеллекта в транспортном секторе. Их можно сгруппировать по следующим направлениям.

Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой.

- ГОСТ Р 71537-2024 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Алгоритмы искусственного интеллекта для распознавания нарушений правил

остановки и стоянки транспортных средств. Требования»;

- ГОСТ Р 71538-2024 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Алгоритмы искусственного интеллекта для оценки эксплуатационного состояния автомобильной дороги. Требования»;
- ГОСТ Р 71536-2024 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Алгоритмы искусственного интеллекта для оценки эксплуатационного состояния автомобильной дороги. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р 71535-2024 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Алгоритмы искусственного интеллекта для распознавания нарушений правил остановки и стоянки транспортных средств. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р 70985-2023 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Требования к испытанию алгоритмов распознавания автомобильных номеров»;
- ГОСТ Р 70984-2023 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования дорожных условий»;
- ГОСТ Р 70983-2023 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования характеристик транспортного потока»;
- ГОСТ Р 70980-2023 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой. Общие требования».

Эти стандарты закладывают единые правовые и технические принципы для функционирования ИИ в дорожных сервисах, в том числе в части контроля нарушений, прогнозирования трафика и мониторин-

га состояния инфраструктуры, что является основной формированием цифрового единого пространства транспортного управления.

Системы управления движением транспортных средств:

- ГОСТ Р 70256-2022 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов контроля обочины и полосы движения»;
- ГОСТ Р 70255-2022 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания дорожных знаков»;
- ГОСТ Р 70254-2022 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов прогнозирования поведения участников дорожного движения»;
- ГОСТ Р 70253-2022 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и реконструкции структуры перекрёстков»;
- ГОСТ Р 70252-2022 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов низкоуровневого слияния данных»;
- ГОСТ Р 70251-2022 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания препятствий»;
- ГОСТ Р 70982-2023 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к структуре и архитектуре V2X-взаимодействия»;
- ГОСТ Р 71534-2024 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством.

Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания сигналов светофоров»;

- ГОСТ Р 71533-2024 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы управления движением транспортным средством. Требования к испытанию алгоритмов обнаружения и распознавания дорожной разметки».

Эти стандарты направлены на обеспечение устойчивого и безопасного управления транспортными потоками, снижение аварийности, развитие координации между различными участниками дорожного движения, включая системы взаимодействия V2X.

Системы мониторинга технического состояния и поведения водителей:

- ГОСТ Р 70981-2023 «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте. Системы технического диагностирования транспортного средства. Общие требования»;
- ГОСТ Р 70885-2023 «Средства мониторинга поведения и прогнозирования намерений людей. Алгоритмы искусственного интеллекта для распознавания состояний и действий водителя методом анализа статических и динамических изображений, поступающих от средств фото- и видеофиксации систем мониторинга водителей колесных транспортных средств. Методика оценки функциональной корректности»;
- ГОСТ Р 59391-2021 «Средства мониторинга поведения и прогнозирования намерений людей. Аппаратно-программные средства с применением технологий искусственного интеллекта для колесных транспортных средств. Классификация, назначение, состав и характеристики средств фото- и видеофиксации».

Данные стандарты особенно важны для обеспечения комплексной безопасности дорожного движения, а также минимизации человеческого фактора при эксплуатации транспортных средств.

Платформы данных и архитектуры цифровой транспортной среды:

- ГОСТ Р 59237-2020 «Платформа «Автодата». Термины и определения»;
- ГОСТ Р 59236-2020 «Платформа «Автодата». Общие положения».

Эти документы создают условия для развития унифицированных цифровых платформ, отвечающих за сбор, обработку и интеграцию данных в транспортную отрасль, включая данные для алгоритмов обучения ИИ.

Общие стандарты ИИ и качества программного обеспечения, применимые также в транспорте:

- ГОСТ Р 59385-2021 «Информационные технологии. Искусственный интеллект. Ситуационная видеоналитика. Термины и определения»;
- ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта»;
- ГОСТ Р 59640-2021 «Искусственный интеллект. Термины и определения»;
- ГОСТ Р 71476-2024 «Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта»;
- ГОСТ Р 70643-2023 «Рекомендации по управлению рисками при внедрении искусственного интеллекта»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 42001-2024 «Информационные технологии. Искусственный интеллект. Системы управления. Требования к системам управления»;
- ГОСТ Р 58275-2018 (ISO/IEC 25010) «Системы и программная продукция. Характеристики качества»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10032-2007 «Эталонная модель управления данными»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 18044-2007 «Менеджмент инцидентов информационной безопасности»;
- ГОСТ Р 51583-2014 «Создание автоматизированных систем в защищённом исполнении»;
- ГОСТ Р 56939-2016 «Разработка безопасного ПО. Общие требования»;
- ГОСТ Р 58412-2019 «Угрозы безопасности информации при разработке ПО»;
- ГОСТ Р 59547-2021 «Мониторинг информационной безопасности. Общие положения»;
- ГОСТ Р 59925-2021 «Информационные технологии. Большие данные. Техническое задание»;
- ГОСТ Р 59926-2020 / ISO/IEC TR 20547-2:2018 — архитектура больших данных: варианты использования.

Эти стандарты закрепляют единые определения, классификации и принципы управления рисками, создавая методологическую основу для работы с ИИ на транспорте.

Дополнительно в транспортной отрасли могут применяться и иные стандарты, не носящие отраслевой привязки, но регулирующие ключевые аспекты разработки, внедрения и функционирования ИИ-систем. К числу таких нормативов относятся:

- ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10032-2007 «Эталонная модель управления данными»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 18044-2007 «Менеджмент инцидентов информационной безопасности»;
- ГОСТ Р 51583-2014 «Создание автоматизированных систем в защищённом исполнении. Общие положения»;
- ГОСТ Р 56939-2016 «Разработка безопасного программного обеспечения. Общие требования»;
- ГОСТ Р 58412-2019 «Угрозы безопасности информации при разработке ПО»;
- ГОСТ Р 59547-2021 «Мониторинг информационной безопасности. Общие положения»;
- ГОСТ Р 59926-2020 / ISO/IEC TR 20547-2:2018 «Архитектура больших данных. Варианты использования»;
- ГОСТ Р 59925-2021 «Большие данные. Техническое задание»;
- ГОСТ Р 59793-2021 и ГОСТ Р 59795-2021 — требования к стадиям создания и оформлению документов автоматизированных систем;
- ГОСТ Р 59879-2021 и ГОСТ Р 59880-2021 — стандарты речевых технологий, применимые в интерфейсах человек–машина;
- ГОСТ Р 59898-2021 «Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения»;
- ГОСТ Р 4380.8-2017 — основы человеко-информационного взаимодействия.

Таким образом, действующая система национальных стандартов создаёт необходимую основу для внедрения технологий искусственного интеллекта в транспортной отрасли Российской Федерации. При этом можно отметить, что данные стандарты охватывают все ключевые этапы жизненного цикла ИИ —

от проектирования архитектуры и сбора данных до тестирования алгоритмов, валидации результатов и эксплуатации решений в реальных условиях. Однако в перспективе потребуется их дальнейшее развитие и гармонизация с международными документами, чтобы обеспечить как технологическую независимость, так и возможность интеграции российских решений в глобальные транспортные экосистемы. Это особенно важно с учётом роста требований к совместимости, безопасности, интерпретируемости и управлению рисками ИИ-систем, которые становятся стандартом в ведущих мировых экономиках.

Дополнительно следует отметить, что на момент подготовки настоящего обзора ведётся работа над рядом перспективных стандартов, которые могут существенно дополнить действующую нормативную базу. Среди них проекты ГОСТ, касающиеся внедрения ИИ на водном и железнодорожном транспорте, включая вопросы управления портовыми комплексами, автоматизации железнодорожных перевозок, а также алгоритмов для интеллектуального управления транспортными потоками. Разработка этих документов направлена на формирование единого отраслевого подхода к требованиям безопасности, функциональной надёжности и совместимости ИИ-решений в мультиоператорной транспортной среде. Ожидается, что данные проекты после утверждения позволят повысить прозрачность требований и обеспечить равные условия для всех участников отрасли.

Отдельного внимания заслуживает проект ГОСТ-Р «Искусственный интеллект в критической информационной инфраструктуре», который находится сейчас на рассмотрении и утверждении членами Технического комитета №164 «Искусственный интеллект», который является первым среди нормативно-технических документов призванных создать фундаментальную базу для применения ИИ в критической информационной инфраструктуре, в том числе и транспортной инфраструктуры. Данный ГОСТ разработан в рамках исполнения Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Стандарт учитывает мировой опыт регулирования безопасности систем искусственного интеллекта, в том числе реко-

мендации и стандарты ISO/IEC. Аспектом стандартизации выступают общие положения по проектированию, внедрению, эксплуатации, мониторингу и выводу из эксплуатации систем ИИ, функционирующих на объектах КИИ всех категорий значимости.

Кроме действующих стандартов, уже внедрённых в транспортную отрасль, продолжается активная работа по расширению нормативной базы в смежных областях. Это позволяет сформировать более глубокую регуляторную и методологическую основу для интеграции ИИ в транспортные системы, особенно с учётом межотраслевого характера технологий.

Среди них — окончательные редакции новых национальных стандартов, утверждённых в последние годы. Они охватывают вопросы терминологии, когнитивных технологий, операционной аналитики и архитектурных принципов для ИИ-систем. К числу таких документов относятся:

- Национальный стандарт «Информационные технологии. Эталонная архитектура больших данных. Часть 5. Направления стандартизации»;
- Национальный стандарт «Системы искусственного интеллекта. Когнитивные информационные технологии. Системы поддержки принятия решений. Термины и определения»;
- Национальный стандарт «Системы искусственного интеллекта. Когнитивные информационные технологии. Термины и определения»;
- Национальный стандарт «Искусственный интеллект. Системы операционной аналитики потоков пространственно-временных данных на основе искусственного интеллекта. Основные положения».

Эти документы, хотя и не носят прямой отраслевой транспортной направленности, закладывают критически важные методологические принципы, без которых невозможно формировать устойчивые цифровые платформы транспортной инфраструктуры, включая системы ситуационного анализа, прогнозирования и поддержки принятия решений.

Отдельно следует отметить и предварительные национальные стандарты (ПНСТ), утверждённые Росстандартом, которые отражают перспективные направления стандартизации ИИ в различных секторах, включая транспорт, водные и воздушные пе-

ревозки, а также производственные и медицинские системы. В их числе:

- ПНСТ 866–2023 «Системы искусственного интеллекта на водном транспорте. Варианты использования»;
- ПНСТ 867–2023 «Приложения и сервисы для интеллектуального производства на основе машинного зрения. Требования»;
- ПНСТ 842–2023 (ISO/IEC 25059:2023) «Модель качества для систем искусственного интеллекта»;
- ПНСТ 777–2022 «Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Часть 10. Процессы жизненного цикла»;
- ПНСТ 789–2022, ПНСТ 788–2022 и другие стандарты, посвящённые использованию ИИ в навигационных системах воздушных судов гражданской авиации;
- ПНСТ 776–2022 «Информационные технологии. Искусственный интеллект. Управление рисками»;
- ПНСТ 555–2021, 554–2021, 553–2021 — посвящены интеллектуальным транспортным системам, автоматизации управления и базовой терминологии в сфере ИИ.

Эти документы отражают приоритетные направления технологического развития и стандартизации ИИ в России. Их внедрение в ближайшие годы, включая возможную трансформацию из предварительных стандартов в полноценные ГОСТы, окажет значительное влияние на регулирование ИИ в транспорте. Особое значение имеют документы, направленные на повышение надёжности, качества и доверия к алгоритмам, в том числе в условиях высоких рисков, характерных для транспортной сферы.

7. 3. Обзор существующих регламентов (Минцифры России, Минюст, Росстандарт, Ространснадзор, ФСТЭК, ФСБ, МВД и т. д.) по обеспечению безопасности внедрения ИИ

Регламентирование внедрения и эксплуатации систем искусственного интеллекта в транспортной отрасли Российской Федерации осуществляется не только через федеральные законы и национальные стандарты, но и при активном участии регламенти-

7. 3. Обзор существующих регламентов (Минцифры России, Минюст, Росстандарт, Ространснадзор, ФСТЭК, ФСБ, МВД и т. д.) по обеспечению безопасности внедрения ИИ

рующих документов, издаваемых профильными ведомствами. Эти документы во многом определяют, как именно обеспечивается безопасность, надёжность, правомерность и техническая совместимость ИИ-решений на всех этапах жизненного цикла.

Основными нормативно-правовыми актами, регулирующими вопросы защиты данных и информационной безопасности при использовании ИИ, являются:

- Федеральным законом от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»;
- Федеральным законом от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных», особенно актуальным для транспортных систем, работающих с данными пассажиров;
- Федеральным законом от 26 июля 2017 года № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации», который распространяется, в том числе, на ИИ-решения, интегрированные в критически важные транспортные объекты.

Среди подзаконных актов стоит выделить приказы федеральных органов исполнительной власти, которые закрепляют базовые подходы к отнесению программного обеспечения к категории искусственного интеллекта и к определению проектов в данной сфере:

- Приказ Минпромторга России от 13.07.2022 № 392 «Об утверждении критериев отнесения программного обеспечения к ИИ-системам» — позволяет формализовать, какое именно ПО относится к системам ИИ. Это критически важно для государственного и корпоративного сектора, поскольку даёт возможность применять единые требования и нормы безопасности к этим системам;
- Требования к созданию систем безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и обеспечению их функционирования, утвержденные приказом ФСТЭК России от 21 декабря 2017 г. №235, и Требования по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, утвержденные приказом ФСТЭК России от 25 декабря 2017 г. № 239 . Их необходимо учитывать при внедрении и применении технологий

искусственного интеллекта на значимых объектах критической информационной инфраструктуры.

- Приказ Минэкономразвития России от 29.06.2021 № 390 «Об утверждении критериев определения принадлежности проектов к проектам в сфере искусственного интеллекта» — служит ориентиром для разработки, финансирования и внедрения ИИ-проектов, включая отрасль транспорта, фиксируя основные принципы и признаки проектов, реализуемых с применением технологий ИИ.

Также в транспортном секторе можно выделить отраслевые регламенты и внутренние концепции, например, Концепцию применения искусственного интеллекта в ОАО «РЖД» — она представляет собой внутренний нормативно-организационный документ, который описывает архитектуру, требования к качеству данных, подходы к управлению рисками и обеспечению безопасности при эксплуатации ИИ на объектах железнодорожной инфраструктуры. Документ помогает унифицировать процессы внедрения ИИ по всей сети РЖД.

Следующую значимую группу составляют методические рекомендации и позиции ведомств, которые задают правила эксплуатации ИИ-систем в критически важных отраслях:

- методические рекомендации ФСТЭК России — определяют порядок обеспечения защиты информации в ИИ-системах, включая требования к их архитектуре, криптографическим средствам, контролю целостности и отказоустойчивости. Эти рекомендации особенно актуальны для интеллектуальных транспортных платформ и систем управления дорожным движением;
- методические рекомендации Роскомнадзора по защите персональных данных — позволяют транспортным операторам учитывать специфику обработки данных пассажиров и участников дорожного движения, снижая риски утечки информации при использовании ИИ;
- рекомендации МВД России по интеграции интеллектуальных транспортных систем с государственными базами данных, например ГИБДД — обеспечивают корректное взаимодействие автоматизированных систем фиксации правонарушений и единых государственных информаци-

- онных систем, что позволяет повысить прозрачность и эффективность контроля на транспорте;
- рекомендации ФСБ России — направлены на защиту каналов передачи данных и устойчивости, распределённых ИИ-решений, применяемых, в частности, в системах мониторинга движения и управления потоками транспорта в районах, где имеется критическая инфраструктура;
- рекомендации Ространснадзора — ориентированы на эксплуатацию интеллектуальных систем мониторинга и автоматизированных комплексов управления транспортными потоками, уделяя внимание вопросам отказоустойчивости, аудита функционирования и предупреждения сбоев.

Наконец, внутри организаций транспортного комплекса часто действуют собственные регламенты и политики информационной безопасности, которые разрабатываются с учётом рекомендаций Минцифры России, ФСТЭК, Роскомнадзора и других надзорных ведомств. Эти внутренние документы устанавливают требования к техническим и организационным мерам защиты, регламентируют процесс тестирования ИИ-моделей перед внедрением, а также описывают порядок реагирования на инциденты в автоматизированных системах.

Таким образом, перечисленные регламенты формируют основу для безопасного, управляемого и правомерного использования технологий искусственного интеллекта в транспортном комплексе, закрывая такие критически важные вопросы, как защита персональных данных, устойчивость ИТ-инфраструктуры, взаимодействие с государственными информационными системами, а также совместимость решений разных поставщиков.

7.4. Необходимые изменения законодательства и стандартизации в части ИИ

На сегодняшний день в Российской Федерации сформирована лишь базовая нормативная база для внедрения и эксплуатации искусственного интеллекта в транспортной отрасли. При этом специфика транспортных ИИ-систем — высокая степень автономности, воздействие на жизнь и здоровье пас-

сажиров, значительный объём данных, включая персональные — требует более детальной и продуманной регламентации. Анализ действующих актов показывает, что многие ключевые вопросы пока не урегулированы в достаточной степени, а часть положений носит общий характер, не учитывая особенности мультиоператорной среды и комплексных транспортных экосистем.

Прежде всего необходимо определить правовые основания для распределения ответственности между всеми участниками жизненного цикла ИИ в транспорте. В условиях, когда разработчик программного обеспечения, интегратор, производитель транспортного средства и оператор транспортной услуги — это часто разные юридические лица, отсутствие чётких норм распределения ответственности за вред, причинённый ИИ-системами, создаёт серьёзные риски. Сегодня споры о том, кто будет нести ответственность за ДТП с участием беспилотного автобуса, могут длиться годами и тормозят массовое внедрение технологий. Зарубежные практики (например, German Road Traffic Act §1a) предусматривают обязательное страхование владельцев автономных транспортных средств с чётким алгоритмом распределения рисков. В России подобные механизмы отсутствуют. В перспективе представляется необходимым включить в КоАП и Гражданский кодекс положения, которые прямо бы устанавливали ответственность за действия ИИ-систем, исходя из принципа «совместной ответственности» всех участников цепочки поставок.

Кроме того, требует развития система оценки рисков применения ИИ. В настоящее время отсутствует единая матрица рисков, классифицирующая ИИ-системы в транспорте по степени потенциального вреда, как это сделано в проекте European Artificial Intelligence Act. Без такого документа невозможно выстроить пропорциональные требования к безопасности, прозрачности, сертификации и мониторингу эксплуатации. Формирование подобной матрицы позволило бы, например, дифференцировать требования к ИИ для управления движением пешеходных переходов и ИИ для беспилотного общественного транспорта, поскольку уровень риска и возможные последствия ошибок в этих случаях принципиально различны.

Дополнительно следует рассмотреть включение в законодательство обязательных процедур аудита и сертификации обучающих и тестовых данных, используемых для обучения ИИ. Практика показывает, что именно дефектные или устаревшие датасеты становятся причиной серьёзных сбоев в алгоритмах, включая неверное распознавание объектов, ошибок в оценке дорожной ситуации, некорректных прогнозов. В российской нормативной базе сейчас такие процедуры носят скорее рекомендательный характер (например, ГОСТ Р 59640-2021 упоминает необходимость верификации данных, но не закрепляет обязательные механизмы). В перспективе целесообразно предусмотреть создание обязательного реестра отраслевых датасетов с процедурами периодического контроля их качества, что позволило бы повысить надёжность всех ИИ-решений в транспортном сегменте.

Важнейшей составляющей становится и вопрос страховой защиты. Сегодня в России отсутствует специализированное обязательное страхование ответственности владельцев или операторов автономных транспортных средств. Это означает, что пострадавшие в случае ошибок ИИ могут столкнуться с длительными судебными тяжбами и отсутствием гарантий возмещения ущерба. Разработка специальной модели страхования с учётом особенностей высокоавтоматизированного транспорта представляется неотъемлемой частью регуляторных изменений. Можно ориентироваться на опыт Германии, где подобные полисы уже работают и предусматривают покрытие как вреда третьим лицам, так и последствий неисправностей алгоритмов.

Но уже сейчас стоит сделать акцент на необходимости закрепления разделения ответственности разработчика решения на базе искусственного интеллекта, интегратора производящего внедрение решения в отрасль, органов государственной власти, согласовавших пробацию данного решения, и других участников внедрения, так и граждан, участников дорожного движения. А также определения ответственности граждан за нанесение ущерба или вмешательство в работу решения на базе искусственного интеллекта, повлекшее за собой увеличение рисков возникновения негативных сценариев раз-

вития ситуации. Причем видится целесообразным разделить ответственность за различные правонарушения, возникшие при эксплуатации и внедрении ИИ в транспортной отрасли, по степени их тяжести, и наиболее значимые закрепить законодательно как правонарушения, попадающие под уголовную ответственность, и административные правонарушения, попадающие в поле КОАП.

Также стоит упомянуть о необходимости создания правовой основы для контроля жизненного цикла ИИ-систем, включая обязательное фиксирование всех изменений в алгоритмах после их внедрения, а также логов всех ключевых решений, которые принимает ИИ в процессе эксплуатации. Такой подход, закреплённый, например, в Японии через AI Governance Guidelines, позволяет обеспечить прозрачность и возможность последующего расследования инцидентов. В российской практике этот аспект также требует закрепления в отдельном законе или в рамках изменений к действующим актам.

Перспективным направлением может стать и расширение механизмов экспериментальных правовых режимов (ЭПР). Хотя Федеральный закон № 258-ФЗ уже дал возможность апробировать инновационные технологии без кардинальных изменений в законодательстве, требуется его углублённая доработка. В частности, необходима более чёткая процедура допуска участников ЭПР, прозрачная система информирования общества о ходе экспериментов, а также расширение полномочий органов контроля для оценки рисков на ранних этапах испытаний.

Кроме того, заслуживает внимания разработка отраслевых регламентов по безопасности эксплуатации ИИ, аналогичных правилам для критической информационной инфраструктуры. В частности, стоит проработать порядок категорирования ИИ-систем, которые влияют на жизненно важные транспортные функции (например, системы предотвращения ДТП на железных переездах, контроль светофоров в крупных узлах). Для них может быть установлен более строгий режим контроля, включая обязательные процедуры аттестации, аудита кибербезопасности и непрерывного мониторинга.

Не менее значимым направлением является развитие правовых норм по защите данных в мультипе-

раторной среде. Сегодня транспортные ИИ работают с массивами информации о пассажирских потоках, маршрутах, персональных данных пользователей, геолокации, биометрических характеристиках. Законодательство должно чётко определять, кто является оператором таких данных, каким образом они передаются, как обеспечивается их анонимизация и защита. Особенно важно рассмотреть возможность расширения требований к криптографической защите и внедрения независимых центров контроля передачи данных между различными звеньями транспортной цепочки.

В заключение следует отметить, что успешное развитие регулирования невозможно без гармонизации с международными стандартами и рекомендациями — например, ISO/IEC 42001:2024 (AI Management System Requirements), SAE J3016 (уровни автоматизации) и ISO 26262 (функциональная безопасность транспортных средств). Признание результатов российской сертификации за рубежом будет возможно только при учёте этих международных подходов и их адаптации к национальным условиям.

Таким образом, дальнейшее развитие законодательства должно опираться на принципы комплексного управления рисками, обеспечения прозрачности и интерпретируемости ИИ, адекватного страхования ответственности, контроля за качеством данных и обязательного учёта всех этапов жизненного цикла искусственного интеллекта в транспортной отрасли. Такой подход позволит повысить доверие со стороны пользователей, снизить регуляторные барьеры и сформировать условия для ускоренного внедрения отечественных ИИ-решений.

7.5. Международный опыт, сравнение и выводы

Международный опыт в области регулирования и стандартизации искусственного интеллекта для транспортной отрасли показывает высокую степень многоуровневого и сбалансированного подхода. В развитых странах формируется комплексная система регулирования, где значительное внимание уделяется не только безопасности и функциональной надёжности ИИ-систем, но и этическим аспектам,

защите прав пользователей, обеспечению прозрачности алгоритмов и справедливого распределения ответственности.

Европейский союз продвигает концепцию риск-ориентированного регулирования, закреплённую в проекте European Artificial Intelligence Act (2024), где транспортные ИИ отнесены к категории высокого риска. Здесь действуют обязательные требования к сертификации, проверке соответствия и независимому аудиту ИИ-систем, включая системы V2X, интеллектуальные транспортные сети и автоматизированные автомобили. Параллельно действуют Директива 2007/46/ЕС и целый комплекс стандартов UNECE, которые гармонизируются с ISO (например, ISO 26262 по функциональной безопасности). Такой подход даёт правовую определённость для операторов и разработчиков, снижает барьеры выхода на рынок и минимизирует риски для граждан. Кроме того, в ЕС создана процедура мониторинга и последующего пересмотра требований к ИИ каждые 2–3 года, что позволяет учитывать технологический прогресс.

Соединённые Штаты Америки используют более гибкую систему с акцентом на добровольные стандарты и отраслевые рекомендации. DOT (Department of Transportation) и NHTSA выпускают стратегии, включая Automated Vehicles 4.0, где определены базовые принципы ответственности и взаимодействия участников рынка. Значительную роль играют стандарты SAE J3016 (классификация уровней автоматизации), а также Risk Management Framework for AI (NIST 2023), который помогает управлять киберрисками. В США важнейшей особенностью является акцент на самоорганизацию отрасли и создание корпоративных стандартов качества с минимальным вмешательством государства, что позволяет бизнесу быстро адаптироваться к изменениям.

Китай, напротив, строит регулирование на жёстких государственных стандартах (серия GB/T) и обязательной сертификации датасетов, используемых для обучения транспортных ИИ. Программа «Новые поколения искусственного интеллекта» предполагает также активное развитие интеллектуальных транспортных систем и платформ обмена данными (V2X). Центральным актом остаётся Cybersecurity Law of the

PRC, который устанавливает требования к защите данных пользователей и ограничивает трансграничные потоки данных. Подобная модель даёт государству полный контроль над развитием технологий, но при этом создаёт риски для гибкости инноваций.

Япония уже внедрила принципы AI Governance Guidelines (2021), которые распространяются на транспортную сферу. Они включают требования к объяснимости алгоритмов, проверке их этичности, а также управлению цепочками поставок компонентов для ИИ. Одновременно в стране внедрены международные стандарты ISO 26262 (функциональная безопасность) и ISO 21448 (SOTIF), которые обеспечивают соответствие национальных решений глобальным требованиям и создают предпосылки для экспорта технологий. При этом японская модель строится на тесном взаимодействии регуляторов, бизнеса и научного сообщества.

Республика Корея в 2023 году приняла Artificial Intelligence Framework Act, который закрепил обязательную объяснимость алгоритмов, недискриминационные принципы и требования к управлению рисками. В дополнение Южная Корея активно участвует в рабочих группах WP.29 при ООН, формируя вместе с другими странами международные принципы ALKS (Automated Lane Keeping Systems) и обеспечивая гармонизацию технических требований к беспилотным автомобилям. Такой подход позволяет Корее наращивать экспорт своих ИИ-технологий при сохранении высокого уровня доверия внутри страны.

Германия в качестве примера показывает, как может работать механизм обязательного страхования при эксплуатации ИИ-систем. German Road Traffic Act §1a (ред. 2021) ввёл норму, по которой владелец автономного транспортного средства обязан иметь страховой полис, покрывающий риски вреда третьим лицам, причинённого алгоритмом. В сочетании с чёткими правилами технического надзора и процедурой анализа инцидентов это создаёт прочный фундамент доверия граждан и операторов.

Бразилия приняла в 2023 году проект Artificial Intelligence Bill, где установлены базовые обязанности операторов транспортных ИИ фиксировать инциденты, хранить данные о принятии решений и взаимодействовать с надзорными органами. Такой путь также демонстрирует движение к единым стандартам про-

зрачности и ответственности, пусть пока и на уровне проектных норм.

Международные организации, включая ITU, ICAO, UNECE, WP.29 при ООН и ISO/IEC JTC 1/SC 42, играют определяющую роль в формировании согласованных требований. Например, стандарты ISO 26262 (функциональная безопасность дорожных транспортных средств), ISO 21448 (SOTIF) и ISO 34502 (2022) по интеграции автоматизированных систем в городскую инфраструктуру являются эталоном для множества стран. Также стоит отметить стандарт ISO/IEC 22989:2022, который закрепляет базовый понятийный аппарат в сфере ИИ и формирует основу терминологии.

Отдельное внимание уделяется вопросам управления рисками:

- в ЕС действует принцип «as low as reasonably achievable» (ALARA), который требует минимизации рисков в разумных технических и организационных рамках;
- в США в рамках Cybersecurity Framework for Autonomous Vehicles разрабатываются профильные меры по отражению угроз ИБ;
- в Японии и Южной Корее действуют регулярные процедуры пересмотра регламентов и оценки эффективности нормативной базы с учётом новых технологических вызовов.

Сравнивая это с положением в России, стоит отметить, что:

- в РФ пока отсутствует обязательное страхование ответственности при эксплуатации ИИ;
- процедуры аудита и мониторинга жизненного цикла носят скорее рекомендательный характер;
- ответственность за вред, причинённый алгоритмами, не имеет однозначного регулирования и остаётся в рамках общего гражданского законодательства;
- российские ЭПР развиваются динамично, но всё ещё требуют уточнения процедур информирования граждан и оценки рисков.

При этом российская практика постепенно движется к сближению с международными подходами регулирования ИИ в транспорте. В частности, уже принят ряд актов и ведутся разработки, которые свидетельствуют о серьёзных попытках адаптиро-

вать лучшие зарубежные решения под российские реалии.

В данном вопросе необходимо отметить Постановление Правительства РФ № 852 от 25 мая 2023 года, которое устанавливает обязательные требования к сертификации ИИ-систем и созданию реестра доверенного искусственного интеллекта. Эта мера, по сути, повторяет модель Европейского союза, где предусмотрен обязательный аудит и сертификация высокорисковых ИИ-систем. Благодаря этому инструменту в России закладываются механизмы для обеспечения прозрачности и отслеживаемости применения ИИ, что должно повысить доверие как со стороны пользователей, так и со стороны государственных органов.

А также, Постановление Правительства РФ № 121 от 1 февраля 2023 года вводит правила к информационным системам и ИИ-системам, закупаемым государственными органами. Это в некотором смысле аналогично американским и европейским программам предварительного отбора (pre-market requirements), где также фиксируются требования к совместимости, безопасности, соответствию принципам киберустойчивости. Таким образом, российский регулятор делает шаги по обеспечению единого минимального уровня требований при государственных закупках, чтобы избежать появления небезопасных или непрозрачных алгоритмов в критических инфраструктурах.

Третьим важным элементом становится принятие новых национальных стандартов ГОСТ Р, например, ГОСТ Р ИСО/МЭК 42001-2024 «Требования к системам управления искусственным интеллектом». Этот документ учитывает международные подходы ISO/IEC по управлению жизненным циклом ИИ и создаёт основу для более постоянного контроля за обновлением, верификацией и сопровождением ИИ-систем. Фактически он позволяет не ограничиваться однократной сертификацией, а выстраивать системный процесс управления качеством ИИ на всех этапах эксплуатации.

Четвёртое направление связано с подготовкой предложений по внедрению матрицы оценки рисков и обязательного страхования при эксплуатации ИИ-систем, в том числе в транспорте. По сути, это попытка

опереться на опыт Германии, где в рамках German Road Traffic Act §1a страхование владельцев автономных транспортных средств стало обязательным для компенсации потенциального вреда третьим лицам. В России сегодня идёт обсуждение, каким образом реализовать подобный механизм страхования, чтобы он учитывал специфику мультиоператорной среды и особенности российского рынка.

Наконец, важным вектором становится проработка концепции распределения ответственности при эксплуатации ИИ в мультиоператорной среде, когда в цепочке взаимодействуют разработчики, интеграторы, операторы и конечные пользователи. Здесь учитываются наработки таких стран, как Германия и Япония, которые через свои законы (German Road Traffic Act, AI Governance Guidelines) уже определяют распределение рисков и алгоритм разбирательства при возникновении аварий или инцидентов. Российские эксперты обсуждают возможность подготовки отдельных отраслевых регламентов, которые установят типовые сценарии ответственности и позволят сократить судебные споры в будущем.

В совокупности эти направления демонстрируют, что Россия делает осознанные шаги к построению системы регулирования, которая будет максимально приближена к лучшим международным практикам и сможет обеспечить высокий уровень доверия к технологиям искусственного интеллекта в транспортной отрасли.

В дальнейшем транспортная область может реализовать целый комплекс последовательных мер, направленных на сближение российской системы регулирования ИИ с передовыми международными практиками и укрепление доверия к таким технологиям со стороны общества и бизнеса.

Во-первых, представляется целесообразным закрепить обязательность страхования рисков, возникающих при эксплуатации ИИ в транспортном комплексе. Например, в Германии нормы German Road Traffic Act §1a уже предусматривают, что владелец автономного транспортного средства обязан иметь действующую страховку, которая покрывает ущерб третьим лицам, даже если он возник из-за сбоя алгоритма или ошибки программного обеспечения. Это даёт чёткие гарантии пострадавшим и формирует уверенность у пользова-

телей в том, что они будут защищены. Аналогичный подход мог бы быть адаптирован в России через включение соответствующих положений в федеральные законы или отраслевые регламенты.

Во-вторых, следует утвердить обязательные требования к объяснимости и интерпретируемости алгоритмов ИИ, особенно в высокорисковых критически значимых объектах транспорта. В Европейском союзе проект European Artificial Intelligence Act вводит обязательность таких требований для всех систем высокого риска, включая автономные транспортные средства. Это даёт возможность в дальнейшем чётко объяснить, почему алгоритм принял то или иное решение, и снизить количество споров при разборе аварийных случаев. Российская практика пока опирается лишь на общие рекомендации, что явно недостаточно для обеспечения прозрачности.

В-третьих, крайне важно разработать и закрепить национальные матрицы рисков, которые будут описывать перечень угроз и вероятностей их возникновения в зависимости от уровня автоматизации, вида транспорта, характера перевозок и других факторов. В ЕС подобные матрицы рисков используются как основа для сертификации и последующего аудита ИИ-систем и включаются в обязательный пакет документов при подаче на сертификацию. В России эти подходы пока только обсуждаются, но для снижения потенциальных потерь и повышения ответственности всех участников транспортного процесса такие матрицы могли бы стать важнейшим инструментом управления рисками.

В-четвёртых, стоит внедрить механизм регулярного аудита жизненного цикла ИИ-систем, как это реализовано в Японии в рамках AI Governance Guidelines. Там аудит проводится на всех этапах жизненного цикла — начиная от проектирования и заканчивая эксплуатацией и утилизацией. Такой аудит подразумевает проверку корректности исходных данных, качества модели, стабильности обновлений, взаимодействия с другими системами и устойчивости к киберугрозам. Внедрение аналогичного механизма в российском транспорте позволит обеспечить долгосрочную надёжность и минимизировать риски, которые могут проявиться уже после ввода ИИ в эксплуатацию.

В-пятых, целесообразно расширить полномочия регуляторов, — таких как Ространснадзор, ФСТЭК и иные контролирующие органы, — в части расследования инцидентов, связанных с применением ИИ. В ЕС, например, в случае серьёзного инцидента обязателен разбор происшествия с привлечением сертификационного органа, независимых экспертов и надзорного ведомства. Это обеспечивает не только оперативное расследование и поиск причин, но и формирование практики для последующего совершенствования регулирования. Российское регулирование может заимствовать такой опыт и предусмотреть аналогичные комиссии или рабочие группы при расследовании происшествий.

Таким образом, предлагаемые меры не только позволяют сблизить российскую нормативную среду с международными требованиями, но и сформируют прозрачные и чёткие механизмы взаимодействия между всеми участниками рынка. В перспективе это станет серьёзным конкурентным преимуществом при продвижении российских транспортных ИИ-решений как на внутреннем, так и на международных рынках за счёт высокого уровня доверия, управляемости рисков и уверенности пользователей в безопасности инновационных технологий.

Развитие технологий искусственного интеллекта в последние десятилетия произвело революцию в различных сферах, включая транспортную отрасль. Автономные транспортные средства, высокоавтоматизированные системы управления движением и интеллектуальные транспортные сети становятся неотъемлемой частью современного общества. Однако с внедрением ИИ возникают серьезные этические вопросы, которые необходимо учитывать. В данном разделе рассматриваются основные этические аспекты, связанные с использованием ИИ в транспорте, включая безопасность, ответственность, конфиденциальность и соблюдение международных норм.

Транспортная сфера одна из самых чувствительных в вопросах общественной безопасности. Закон и нормативное регулирование имеют здесь первостепенное значение, без строгого соблюдения правил дорожного движения, авиационных и железнодорожных стандартов регламентов невозможно функционирование отрасли. Но законы фиксируют высокоактуальные, обязательные требования и не всегда успевают за развитием технологий. В тех областях, где регулирование пока не даёт ответов, например при проектировании навигационных алгоритмов, обработке больших массивов данных о пассажирах или принятии решений в условиях неопределённости, ключевую роль играет этика. Она позволяет компаниям и разработчикам действовать ответственно, поддерживать доверие общества и предотвращать риски там, где формальных норм ещё нет.

Негативные последствия использования искусственного интеллекта в транспортной отрасли могут быть разного рода. Например, мероприятия, связанные с созданием беспилотного транспорта, могут обернуться массовой потерей работы для водителей, занятых как в пассажирских, так и в грузовых перевозках. Система видеонаблюдения в рамках интеллектуальных транспортных систем решает проблему снижения правонарушений, но непредна-

меренно приводит к ущемлению прав и свобод граждан и прав на конфиденциальность личной жизни. Разработчиками могут быть допущены недочеты без злого умысла – например, сделаны ошибки в модели или собраны недостоверные данные, и это может привести к предвзятости алгоритма или другим негативным последствиям. Наконец, разработчики могут использовать решения на базе искусственного интеллекта, например для сбора персональных данных пользователя, зная, что это использование неэтично и нарушает закон.

Этика ИИ в транспорте особенно важна, потому что последствия ошибок или злоупотреблений здесь могут быть катастрофическими. Ошибка в навигации беспилотного автомобиля, сбой в алгоритме управления воздушным движением или вмешательство в цифровую систему железнодорожной сигнализации способны привести не только к финансовым потерям, но и к человеческим жертвам. Поэтому этические принципы рассматриваются не как декларации, а как практический инструмент, помогающий разрабатывать, внедрять и эксплуатировать технологии с нужным уровнем ответственности.

Уже в 2021 году Альянсом в сфере искусственного интеллекта (Альянс) был подготовлен и принят Кодекс этики в сфере ИИ. В момент издания этой книги к нему присоединились более 1000 организаций, включая участников из более чем 40 стран. Этот документ стал фундаментом развития системы этического регулирования и закрепил универсальные правила игры.

В центре Кодекса — шесть основных принципов:

1. Приоритет прав и интересов человека — технологии должны быть человеко-ориентированными, уважать автономию и свободу воли, исключать дискриминацию и предусматривать оценку рисков.
2. Ответственность при создании и использовании ИИ — от риск-ориентированного подхода и принципа предосторожности до защиты данных и информационной безопасности.
3. За все последствия применения систем всегда отвечает человек: моральный выбор и юридическая ответственность не могут быть делегированы машине.

4. Технологии ИИ должны применяться по назначению и внедряться там, где они реально приносят пользу людям.
5. Интересы развития ИИ выше интересов конкуренции — от корректности сравнений до обмена практиками и сотрудничества разработчиков.
6. Максимальная прозрачность и правдивость — честное информирование о возможностях и рисках технологий, повышение осведомлённости общества.

Для дальнейшего развития Кодекса были подготовлены Декларации о генеративном ИИ и ответственном экспорте технологий, руководящие принципы в сфере роботов общего назначения, а также отраслевой Кодекс этики ИИ в медицине. В декабре 2024 года Комиссия по реализации Кодекса представила Белую книгу этики в сфере ИИ. Этот документ подготовлен при участии представителей бизнеса, научного сообщества и экспертов из различных отраслей и содержит в первую очередь ответы на наиболее важные этические вопросы. В Белой книге рассматриваются ключевые вызовы применения ИИ, предлагаются практические рекомендации и намечаются направления развития этических стандартов, что сделало её опорным инструментом для разработчиков, компаний и регуляторов.

Этические принципы, разработанные для транспортной сферы, служат дополнением к положениям Кодекса этики в сфере ИИ Альянса. Они адаптируют общие нормы к специфике отрасли, где приоритетом становится безопасность движения, сохранение человеческого надзора, защита данных и киберустойчивость инфраструктуры.

В подразделе **8.1 «Основные этические принципы применения ИИ в транспортной сфере»** приведены ключевые ориентиры, определяющие, каким образом искусственный интеллект следует встраивать в транспортные системы. Среди них приоритет безопасности движения, соблюдение правил как основа доверия, сохранение человеческого надзора и права на вмешательство, исключение моральных дилемм, объяснимость навигационных решений, надёжность, киберустойчивость, защита данных, интеграция с инфраструктурой, подотчётность и общественное благо. Эти принципы формируют каркас, который позволяет

сочетать технологические возможности с социальными ожиданиями и требованиями справедливости.

В подразделе **8.2 «Кейсы этичного применения ИИ в транспорте»** будут представлены примеры реализации этих принципов. Основное внимание уделяется российской практике, где уже есть проекты в сфере беспилотного автотранспорта, интеллектуальных систем управления движением и цифровой логистики. Вместе с тем раздел может включать и несколько международных кейсов для сравнения и выявления общих тенденций. Такой подход позволяет показать, как принципы этики находят отражение и в отечественных разработках, и в глобальной транспортной отрасли.

Таким образом, раздел объединяет нормативное измерение в виде набора принципов и практическое через анализ конкретных инициатив. Это помогает увидеть, каким должен быть этический каркас для ИИ в транспорте, и как он воплощается в реальности, согласуя технологические возможности, общественные ожидания и требования безопасности.

В подразделе **8.3 «Решение этической дилеммы ИИ в транспортной сфере»** разбирается «проблема вагонетки» — ситуация, когда беспилотному транспорту в условиях неизбежного столкновения приходится выбирать между жизнями пассажиров и пешеходов. В Белой книге этики в сфере ИИ подчёркивается: человеческая жизнь имеет равную ценность, а алгоритмы должны быть направлены на предотвращение аварий и минимизацию вреда, без передачи машине роли морального арбитра. Международный опыт (США, Германия, Франция) также демонстрирует стремление исключить постановку подобных дилемм, делая акцент на законности решений, предотвращении критических ситуаций и минимизации ответственности технологий за моральный выбор.

8.1 Основные этические принципы применения ИИ в транспортной сфере

Применение ИИ в транспорте открывает новые возможности для повышения безопасности, удобства и эффективности перевозок. Но вместе с этим возрастает и ответственность: системы, которые управляют движением людей и грузов, должны быть

максимально предсказуемыми, прозрачными и согласованными с общественными ожиданиями. Одних лишь законов и технических стандартов недостаточно. Для того чтобы технологии действительно приносили благо и укрепляли доверие, требуется единая этическая рамка.

Эта рамка помогает разработчикам, операторам и регуляторам принимать решения не только исходя из формальных требований, но и из более широких ценностных ориентиров. Она позволяет обеспечить баланс между инновациями и безопасностью, скоростью внедрения и ответственностью, выгодой и справедливостью. Именно этические принципы становятся точкой опоры там, где алгоритм способен повлиять на жизнь человека — от выбора маршрута до реакции на чрезвычайную ситуацию.

В данном разделе выделены ключевые принципы, которые формируют основу ответственного применения ИИ в транспортной сфере:

1. Приоритет обеспечения безопасности жизни и здоровья человека

Является основополагающим принципом этики в сфере ИИ в транспортной отрасли. Внедрение ИИ в транспортные системы, включая автономные автомобили и интеллектуальные транспортные сети, должно быть направлено на защиту жизни и здоровья граждан, что требует особого внимания к ряду аспектов.

1.1. Минимизация рисков

Основной задачей технологий ИИ в транспорте является минимизация рисков для жизни и здоровья людей. Это включает в себя разработку алгоритмов, способных предсказывать и предотвращать аварийные ситуации, а также обеспечивать безопасность пассажиров и пешеходов. Технологии должны быть спроектированы таким образом, чтобы свести к минимуму вероятность возникновения опасных ситуаций, а также быстро реагировать на изменения ситуации.

1.2. Обучение и тестирование

Перед внедрением систем ИИ в реальную эксплуатацию необходимо провести обширное обучение и тестирование на различных сценариях, включая экстремальные условия. Это позволит выявить по-

тенциальные уязвимости и улучшить надежность систем. Этические нормы должны требовать от разработчиков проведения всестороннего анализа безопасности и учета всех возможных рисков.

1.3. Принцип «безопасность прежде всего»

Внедрение принципа «безопасности прежде всего» подразумевает, что все решения и разработки в области ИИ должны исходить из приоритета безопасности жизни и здоровья граждан. Это означает, что любые инновации или улучшения в технологиях не должны происходить за счет жизней или здоровья людей. Приоритет должен отдаваться созданию безопасных условий перед внедрением новых функций или возможностей.

2. Обеспечение безопасности движения

Все решения систем ИИ следует строить вокруг предотвращения вреда и снижения рисков для жизни и здоровья людей; безопасность целесообразно рассматривать как приоритет по отношению к эффективности или прибыли. Автономные транспортные средства должны быть способны действовать безопасно в различных условиях и минимизировать риск аварий.

3. Техническая надёжность и отказоустойчивость

Архитектура систем ИИ в транспорте предполагает устойчивость к сбоям, наличие резервных компонентов и сценариев безопасной деградации, при которых работа продолжается в ограниченном режиме или движение завершается безопасной остановкой.

4. Соблюдение правил движения как основа доверия

Алгоритмы ИИ следует проектировать с ориентацией на соблюдение правил дорожного, авиационного и железнодорожного движения. Такое поведение укрепляет доверие и обеспечивает предсказуемость для всех участников транспортной среды.

5. Человеческий надзор и право вмешательства

Контроль человека над ИИ — это важный аспект этики, особенно в контексте автономных транспортных средств. Системы ИИ предполагают сохранение осмысленного контроля человека: операторы должны иметь возможность мониторинга и своевременного вмешательства. Например, диспетчер может изме-

нить маршрут, если спутниковые данные показывают серьёзное затруднение движения. Человек должен оставаться в центре процесса принятия решений, даже если технологии становятся все более автономными. Необходимо разрабатывать системы, которые позволяют пользователям сохранять контроль над ИИ и вмешиваться в его действия при необходимости.

6. Исключение морального выбора

ИИ в транспорте следует разрабатывать так, чтобы он предотвращал аварийные ситуации, а не решал моральные дилеммы. Алгоритмы ориентируются на минимизацию угроз и недопущение перераспределения ущерба между участниками движения.

7. Объяснимость навигационных решений

Прозрачность и объяснимость решений, принимаемых ИИ, играют ключевую роль в этике. Маршруты, расчёт времени прибытия и приоритеты движения рекомендуется представлять в понятной форме для операторов и регулирующих органов. Важно, чтобы система могла объяснить причины выбора — например, пробку, ремонт дороги или погодные условия. Пользователи должны понимать, как работают системы ИИ, какие данные используются и на основе каких алгоритмов принимаются решения. Это поможет повысить доверие к технологиям и снизить уровень неопределенности.

8. Кибербезопасность и защита от вмешательства

Системы ИИ в транспорте следует защищать от кибератак и несанкционированного доступа. Использование защищённых каналов связи, проверка целостности данных и регулярные обновления повышают доверие к работе таких систем.

9. Интеграция с инфраструктурой и стандартами

ИИ в транспорте следует согласовывать с существующей инфраструктурой — светофорными системами, диспетчерскими центрами, средствами сигнализации и управления движением. Применение признанных международных и национальных протоколов способствует предсказуемости и единым правилам взаимодействия.

10. Подотчётность и трассируемость решений

Работа ИИ должна быть прозрачной для анализа: события и решения фиксируются, чтобы при необхо-

димости можно было выявить причины ошибок или сбоев. Ответственность за систему закрепляется за оператором или организацией.

8.2 Кейсы этичного применения ИИ в транспортной сфере

11. Общественное благо и устойчивое развитие

Внедрение ИИ в транспорте следует рассматривать в контексте пользы для общества и экологии: оптимизация маршрутов снижает пробки и выбросы, расширяет доступность транспорта и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду.

8.2 Кейсы этичного применения ИИ в транспортной сфере

Этические принципы обретают реальную силу лишь тогда, когда они воплощаются в конкретных проектах и практиках. Транспортная сфера предоставляет широкий спектр таких примеров: от беспилотных автомобилей и роботакси до интеллектуальных систем управления движением поездов и цифровой логистики. Кейсы позволяют увидеть, как общие ориентиры безопасности и прозрачности реализуются в реальных условиях, какие организационные и технические решения выбирают компании, чтобы снизить риски и укрепить доверие.

Особое внимание в этом разделе уделяется российским инициативам. В нашей стране активно развиваются проекты беспилотного общественного транспорта, интеллектуальных дорожных систем и цифровых платформ для управления перевозками. Эти примеры демонстрируют, как отечественные компании и исследовательские центры выстраивают практику ответственного применения ИИ. Для сопоставления добавлены и несколько международных кейсов — они позволяют увидеть глобальные тенденции и соотнести их с российским опытом.

Таким образом, раздел иллюстрирует, что этика ИИ в транспорте — это не только теоретические принципы, но и реальные практики, которые формируют культуру доверия, задают стандарты и обеспечивают устойчивое развитие отрасли.

Кейс: применение NavioSim в мире автономных технологий

Российская компания Navio совершила технологический переход от традиционного алгоритмического

подхода в разработке к применению генеративного искусственного интеллекта (GenAI). Этот поворот ознаменовал начало новой эры в развитии автономных транспортных систем, который обеспечит высокое качество восприятия окружающей среды и принятия решений.

Классический подход предполагает написание алгоритмов вручную для каждого сценария взаимодействия транспортного средства с окружающим миром. Однако реальность оказалась сложнее: количество возможных ситуаций столь велико, что алгоритмический подход был признан неэффективным и дорогостоящим.

Решение проблемы найдено в использовании генеративных моделей на всех этапах работы автономных автомобилей. Одним из ключевых этапов стал переход к Navio Planner — модели на основе трансформера, способной понимать закономерности поведения участников дорожного движения и планировать траектории, выбирая наиболее эффективные и безопасные варианты.

Однако для полноценного тестирования и адаптации генеративных моделей возникла необходимость воспроизведения сложных дорожных ситуаций в контролируемой среде. Ответом стало создание NavioSim — фотореалистичного симулятора, позволяющего воссоздавать различные сценарии дорожного движения с высокой точностью.

Преимущества NavioSim:

- возможность воспроизводить уникальные события, которые редко встречаются в реальности, включая сложные погодные условия, внезапные препятствия и маневры других участников движения;
- высокая степень детализации: симуляция улиц городов, поведение пешеходов и других машин соответствуют действительности и сравнимы с видеозаписью регистратора автомобиля;
- способность имитировать крайне редкие и рискованные сценарии, которые помогают развивать способности генеративных моделей к решению критических задач.

Использование NavioSim позволяет значительно сократить сроки разработки новых возможностей, а также повысить предсказуемость и безопасность

автоматизированных систем. Благодаря интеграции фотореалистичного симулятора, Navio получила возможность создавать надежные транспортные решения, способные справляться с самыми неожиданными ситуациями на дорогах общего пользования.

Переход к GenAI и внедрение NavioSim стали важнейшими этапами развития российского сектора автономных технологий, открывшими возможности массового внедрения автономных транспортных средств. Применение данных подходов делает Россию одним из лидеров в области автономного транспорта, подтверждая перспективность нового направления технологического развития.

«В NavioSim можно моделировать сложные и протяженные маршруты в виртуальной среде, задавать разные дорожные и климатические условия. Он позволяет тестировать системы в редких или критических сценариях, которые невозможно отработать на дорогах общего пользования. Именно на фотореалистичный симулятор мы будем делать ставку как на один из ключевых инструментов для развития технологии», — сказал Алексей Воропаев, заместитель директора по разработке продукта программного обеспечения автономного вождения.

Этическая значимость проекта:

- **приоритет безопасности жизни и здоровья.** Использование NavioSim даёт возможность обучать и проверять ИИ-системы в условиях редких и критических дорожных сценариев без риска для участников дорожного движения;
- **обучение и тестирование.** Фотореалистичная виртуальная среда обеспечивает многоуровневую проверку генеративных моделей на различных сценариях, включая экстремальные погодные условия и сложные манёвры. Такой подход соответствует требованию всестороннего тестирования перед выходом технологий на дороги общего пользования;
- **исключение морального выбора.** Генеративные модели помогают сосредоточить алгоритмы на минимизации угроз и предотвращении критических ситуаций;
- **подотчётность и трассируемость решений.** В NavioSim каждая смоделированная ситуация и каждое действие алгоритма фиксируются. Это по-

зволяет анализировать поведение системы, выявлять причины ошибок и улучшать модели, сохраняя ответственность за конечный результат за разработчиками и операторами.

Кейс: «СМАРТС» и этика ИИ на умных дорогах

«СМАРТС» — кросс-индустриальная платформа и центр компетенций по созданию цифровой инфраструктуры на стыке IT, телеком и автодорожной отраслей. В России компания «СМАРТС» впервые внедрила информационную систему, обеспечивающую повышение безопасности и эффективности дорожного движения за счет предоставления подключенным и высокоавтоматизированным транспортным средствам новых сервисов на основе использования технологии V2X.

На автомобильной дороге протяженностью 103 км между Самарой и Тольятти создано радиопокрытие по стандарту V2X, и уже были продемонстрированы сценарии предотвращения аварийных ситуаций. V2X помогает принимать этические решения, сдвигая фокус с реактивных действий отдельного человека на проактивное, коллективное и системное управление дорожной ситуацией. Ключевые этические аспекты, которые затрагивает V2X:

- **безопасность и снижение вреда** — авто получают предупреждение о другой машине на «слепом» перекрестке, даже вне зоны видимости транспортное средство «знает», что впереди кто-то резко затормозил, смартфоны пешеходов могут передавать информацию автомобилям в случае, если их владельцы переходят дорогу в неположенном месте;
- **справедливость и равный доступ к безопасности** — V2X стремится уравнивать возможности всех участников движения: велосипедисты, пешеходы, мотоциклисты с V2P-устройствами становятся «видимыми» для всей сети, также V2X может направлять сигналы для автомобилей, чтобы они уступали дорогу слепому пешеходу или обеспечивали безопасный проезд инвалидной коляски;
- **эффективность и справедливое распределение ресурсов** — V2X дает приоритет для спецтранспорта (V2I): светофоры (инфраструктура) получают сигнал от скорой помощи, пожарной или полицейской машины и заранее переключаются на зеленый свет, обеспечивая им «зеленую волну», также может

подсказывать каждому водителю индивидуально, какую скорость он должен поддерживать, чтобы не останавливаться на красный сигнал светофора.

Таким образом, V2X является этическим инструментом превентивного действия, который способен предотвращать саму ситуацию выбора приоритета безопасности путем создания кооперативной, осведомленной и предсказуемой дорожной среды.

«Классическая дилемма кого спасти: пешеходов на переходе или пассажиров в машине? при полноценном внедрении V2X теряет свою остроту. Если все участники движения соединены в сеть, система заранее предвидит потенциально опасную ситуацию и делает все, чтобы ее избежать. Решение принимается не в последний миг, а за сотни метров до точки столкновения», — отмечает руководитель проекта «Умная дорога» АО «СМАРТС» Виталий Рыбаков.

Тем не менее, внедрение ИИ в дорожную инфраструктуру порождает новые серьезные этические вызовы, например, в области конфиденциальности и безопасности данных. V2X по своей природе предполагает постоянный обмен данными: можно узнать местоположение, скорость, направление, данные об автомобиле, а если их связать с данными о конкретном человеке, то потенциально и о его перемещениях. Именно поэтому этичное развертывание V2X требует соблюдения надежных протоколов кибербезопасности и четких законов о защите данных.

Кейс: «Датапакс» и этика ИИ в цифровых пассажирских сервисах

С ростом цифровизации пассажирского транспорта этические вызовы сместились из сферы физической безопасности в область алгоритмической справедливости, прозрачности и недискриминации. В условиях, когда ИИ-модули определяют маршруты, формируют пользовательский опыт и предлагают сервисы в зависимости от профиля пассажира, ответственность за эти решения должна быть встроена в саму архитектуру систем.

На текущий момент компания «Датапакс» внедряет стек ИИ-модулей, формирующих единый интеллектуальный слой. Архитектура ориентирована не только на технологическую эффективность, но и на реализацию ключевых принципов этики: прозрачности, инклю-

зии, объяснимости и управления данными. Модели ИИ опираются на этические ориентиры, зафиксированные в стратегическом проекте «Зелёный цифровой коридор пассажира», где приоритетами выступают прозрачность, инклюзия и человекоцентричность.

В настоящее время ведётся работа над четырьмя ключевыми ИИ-компонентами платформы, каждый из которых реализует конкретные аспекты этики ИИ в реальной архитектуре систем:

- **ИИ-маршрутизатор с персонализацией** учитывает не только параметры маршрута (время в пути, пересадки), но и поведенческий профиль, предпочтения пассажира, контекст поездки (загруженность, погода), а также индивидуальные статусы и доступные льготы. Реализует принципы объяснимости, человекоцентричности и инклюзивности;
- **ИИ-модуль прогнозирования загрузки**, основанный на модели временных рядов и данных с IoT-источников, позволяет предсказывать переполненность и учитывать её при формировании маршрутов. Способствует реализации принципов приоритета безопасности, устойчивости и предсказуемости цифровой среды;
- **цифровой ИИ-ассистент** обеспечивает диалоговое сопровождение пассажира — от навигации и помощи в интерфейсе до статуса поездки и рекомендаций по льготам. Особое внимание уделяется поддержке в ситуациях пересадок и отклонений от маршрута. Воплощает принципы доступности информации, инклюзивности и сохранения человеческого контроля;
- **классификатор обращений на базе NLP** автоматически извлекает ключевые сущности из пользовательских сообщений и направляет их в нужный канал. Обеспечивает принципы прозрачности, подотчётности и возможности своевременного вмешательства.

Все модули работают в связке, образуя самонастраивающуюся архитектуру, где соблюдение этических принципов встроено в логику работы систем, а не надстраивается сверху.

Отдельное внимание в проекте уделяется созданию понятного и доступного механизма учёта льгот и поддержки маломобильных граждан (МГН). Систе-

ма помогает пассажиру не только узнать о положенных ему мерах поддержки, но и понять, как ими воспользоваться на практике, — с учётом региональных и федеральных правил, специфики маршрута и реальной доступности инфраструктуры. Лифты, пандусы, пересадки с сопровождением — эти параметры предусмотрены в архитектуре маршрутизации как потенциально интегрируемые, по мере появления и стандартизации государственных реестров доступности. Для поддержания актуальности информации используются официальные данные и обратная связь от пользователей. Такой подход снижает цифровой барьер и делает навигацию в системе льгот более прозрачной и человекоориентированной.

Этическая значимость проекта:

- **объяснимость навигационных решений** — система показывает, почему предложен конкретный маршрут (с учётом загруженности, доступности транспорта и статуса пассажира);
- **недискриминация и цифровая инклюзия** — учитываются потребности МГН, различия в цифровой грамотности и неравномерный охват цифровыми сервисами в регионах;
- **прозрачность логики и настраиваемость** — ключевые параметры ранжирования маршрутов раскрыты, пользователь может задать приоритеты (например, минимизация пересадок, наличие льготы);
- **принцип минимизации и защиты данных** — собираются только необходимые параметры, предпочтение отдаётся обезличиванию и локальной обработке;
- **проверка на алгоритмические смещения** — модели регулярно тестируются на предмет возможной несправедливости или предвзятости по отношению к группам пользователей.

«Мы создаём такие ИИ-сервисы, которые не усложняют, а помогают человеку проще и увереннее ориентироваться в сложной системе. Особенно это важно в сфере льгот — где действуют десятки пересекающихся правил, условий и ограничений. Сегодня, чтобы разобраться в своих льготах, нужно быть почти “профессиональным льготником», — понимать структуру субсидий, сезонность, региональные раз-

личия. Мы считаем, что это противоречит самому духу цифровизации. Задача ИИ здесь — не заменить человека, а точно и корректно подсветить, предложить и помочь воспользоваться положенными мерами поддержки. Сделать это прозрачно, без множественного запроса данных, без вечных “хождений”, по сайтам и без догадок. Для нас этичность — это не лозунг, а способ проектировать технологии, которые работают в интересах пассажира», — отмечает генеральный директор компании «Городская мобильность» Андрей Черемных.

Кейс: Японская JR East и этика ИИ в железнодорожных перевозках

Компания JR East (East Japan Railway Company) управляет крупнейшей сетью пригородных и городских линий Японии, включая метро Токио и Синкансэн. В последние годы компания активно внедряет цифровые технологии и ИИ для повышения безопасности, устойчивости и качества обслуживания пассажиров.

Одним из флагманских направлений является инициатива Smart Station Vision, в рамках которой станции будущего должны стать не только технологически продвинутыми, но и человекоцентричными. Здесь используются сенсоры IoT, видеокамеры и системы анализа данных для прогнозирования пассажиропотока и снижения перегрузок. Пассажиры получают информацию о загруженности вагонов и платформ в реальном времени, что позволяет им принимать более безопасные и комфортные решения.

Отдельное направление связано с применением ИИ в управлении движением поездов. В сотрудничестве с Hitachi JR East планирует в сентябре 2025 года начать испытания ИИ-агентов в рамках системы ATOS (Tokyo Metropolitan Transport Control System), которая управляет движением на конвенциональных линиях Токийского региона. Эта система чрезвычайно сложна и требует от диспетчеров высокой квалификации. На основе технической документации, спецификаций JR East и накопленного операционного опыта будет создана специализированная большая языковая модель. С её помощью разрабатывается ИИ-агент, способный воспроизводить рассуждения эксперта, автоматически выявлять место неисправности и предлагать варианты реагирования.

Для повышения доступности JR East внедряет цифровых ассистентов и сервисы помощи на станциях. На новых объектах, таких как станция Takawa Gateway, используются роботы-консультанты, которые помогают пассажирам с навигацией и информацией. Особое внимание уделяется поддержке маломобильных граждан: инфраструктура постепенно оснащается лифтами, пандусами и автоматизированными сервисами, которые интегрируются в цифровую навигацию.

Компания также развивает технологии биометрической идентификации. На турникетах тестируются системы распознавания лиц, позволяющие проходить без билетов или карт. При этом JR East подчеркивает использование шифрования, ограниченного хранения данных и защиту от подделок с помощью проверки подлинности.

Этическая значимость проекта:

- интеграция с инфраструктурой и стандартами. Решения ИИ JR East согласуются с диспетчерскими центрами, системами сигнализации и сервисами помощи пассажирам. Такой подход обеспечивает совместимость новых технологий с существующей транспортной экосистемой и предсказуемость взаимодействия;
- приоритет безопасности жизни и здоровья. Алгоритмы прогнозирования пассажиропотока и контроля движения ориентированы на предотвращение перегрузок и аварийных ситуаций. Системы проектируются так, чтобы свести к минимуму вероятность возникновения опасных условий для пассажиров;
- общественное благо и устойчивое развитие. Инициативы JR East направлены на расширение доступности транспорта для маломобильных граждан, снижение цифровых барьеров и интеграцию с социальными сервисами, что делает систему более инклюзивной и человекоцентричной.

Кейс: Lufthansa и этика ИИ в управлении авиационными операциями

Lufthansa Group активно внедряет ИИ для оптимизации управления рейсами, прогнозирования технического состояния самолетов и поддержки экологической ответственности. Для компании ключевыми

задачами становятся надежность решений, защита данных и доверие клиентов к автоматизированным системам.

Одним из направлений является использование ИИ в системах поддержки операционных решений. Эти цифровые решения помогают диспетчерам учитывать множество факторов от расписаний и метеопрогнозов до доступности экипажей и технического состояния флота. Алгоритмы анализируют данные и предлагают сценарии, однако финальное решение остается за человеком. Такой подход поддерживает принцип человеческого контроля над технологиями. В частности, Lufthansa применяет платформу NetLine/Ops++, которая интегрирует данные о расписании и ресурсах и используется совместно с модулями на базе ИИ для повышения эффективности управления.

Еще одно направление — это предиктивное техническое обслуживание в рамках Lufthansa Technik. На платформе AVIATAR используются модели машинного обучения для анализа данных сенсоров и прогнозирования потенциальных неисправностей. Это снижает вероятность внеплановых ремонтов и аварийных ситуаций, а также реализует принцип минимизации вреда.

Для пассажиров Lufthansa внедрила цифровую платформу Compensaid, которая позволяет отслеживать «углеродный след» путешествий и компенсировать выбросы путем инвестиций в устойчивое авиационное топливо (SAF) или климатические проекты. Здесь ИИ применяется для расчетов эмиссий и подбора оптимальных сценариев, что отражает принцип экологической и социальной ответственности.

Этическая значимость проекта:

- приоритет безопасности жизни и здоровья. Платформа AVIATAR для предиктивного техобслуживания направлена на предотвращение неисправностей и снижение рисков для пассажиров и экипажа. Все решения ИИ в операциях строятся вокруг принципа «безопасность прежде всего»;
- человеческий контроль и право вмешательства. ИИ выступает советником, а финальные решения принимают диспетчеры и инженеры. Такой подход сохраняет принцип человеческого контроля и исключает передачу критических решений алгоритмам;

- объяснимость и прозрачность решений. Системы поддержки операционных решений формируют рекомендации с указанием факторов (погода, состояние флота, занятость экипажа), что делает работу алгоритмов понятной и укрепляет доверие;
- общественное благо и устойчивое развитие. Платформа Compensaid позволяет пассажирам отслеживать и компенсировать углеродный след, что подчеркивает социальную и экологическую ответственность компании.

8.3 Решение этической дилеммы ИИ в транспортной сфере

В Белой книге этики в сфере ИИ, подготовленной Комиссией по реализации Кодекса этики в сфере ИИ на базе Альянса в сфере ИИ, подробно разбирается одна из самых острых моральных дилемм, так называемая проблема вагонетки.

Проблема вагонетки — это мысленный эксперимент, сформулированный впервые в 1967 году английским философом Филиппой Фут. Этический парадокс вопроса заключается в сложном выборе, когда нужно принять решение, которое может причинить вред одному человеку, но при этом спасти большее количество других людей.

Вопрос звучит так: какое решение должен принять беспилотный автомобиль в ситуации неизбежного столкновения, если речь идет о выборе между жизнями людей?

Позиция Комиссии однозначна: человеческая жизнь имеет равную ценность, и поэтому в программировании беспилотного транспорта сама постановка выбора «чья жизнь важнее» не допускается. Системы должны строиться так, чтобы ориентироваться на правила дорожного движения и принцип минимизации вреда, не наделяя искусственный интеллект функцией морального арбитра.

В книге подчеркивается несколько ключевых положений. Во-первых, алгоритмы автономного транспорта должны быть нацелены на предотвращение любого риска нанесения ущерба человеку, независимо от возможных материальных или иных потерь. Во-вторых, в основу закладывается запрет

на передачу машинам права этической оценки: система не должна самостоятельно «взвешивать» жизни или выбирать, кому причинить больший или меньший вред. В-третьих, основной задачей является предотвращение самой аварии. Для этого предлагается учитывать параметры среды эксплуатации, скорость, сцепление с дорожным покрытием, видимость, дистанцию и другие факторы, и закладывать их в алгоритмы, чтобы минимизировать вероятность возникновения критических ситуаций. Наконец, автономные транспортные средства должны строго соблюдать правила дорожного движения, но при этом иметь возможность нарушить их в исключительных случаях, когда это необходимо для предотвращения столкновения (например, выехать за пределы разметки или изменить скорость).

Интересно, что в Белой книге проводится сопоставление с международными исследованиями и опытом регулирования. Так, ученые Стэнфордского университета подчеркивают: решения должны основываться исключительно на законе, а значит, сама возможность ДТП возникает только тогда, когда правила нарушают другие участники движения. В 2017 году этическая комиссия при Федеральном министре транспорта ФРГ отметила, что технологии следует проектировать так, чтобы критические ситуации попросту не возникали, и чтобы системе не приходилось «выбирать меньшее из зол».

Французская Национальная комиссия по цифровой этике, напротив, предложила экспериментальный подход, встраивание элемента случайности в алгоритмы автономных транспортных средств. По их мнению, это позволит исключить прямую причинно-следственную связь между действиями машины и последствиями и тем самым минимизировать риск переложить моральную ответственность на технологии.

В исследовании, проведенном совместно с экспертами компании Ford Motor Co., делается акцент на необходимости строгого исполнения правил дорожного движения и на нескольких принципах, способных повысить доверие общества. Среди них: недопустимость уменьшения вреда за счет лиц, не вовлеченных в ДТП; право системы в крайних случаях нарушить ПДД ради спасения жизни; а также способность алгоритма к безопасному маневриро-

ванию в ситуациях, когда применение формального правила требует «разумной интерпретации».

Мы поинтересовались у экспертов рынка цифровизации, как должен поступить ИИ на транспорте в похожей ситуации, задав следующий вопрос:

– Если беспилотник понимает, что аварийная ситуация неизбежна, кого он оставит в живых — пассажира или пешехода?

Ответ эксперта по вопросам внедрения ИИ в транспортной отрасли, советника гендиректора ФГУП «ЗащитаИнфоТранс» Петра Метелкина:

«ВАС — оснащённое решением на базе искусственного интеллекта транспортное средство, которое несёт на своей базе очень большое количество датчиков, а также вычислительных мощностей для обработки данных, поступающих с этих датчиков. Таким образом, можно утверждать, что ежесекундно ВАС проводит анализ, мониторинг и оценку ситуации на местности. И хотя развитие ситуации, когда авария неизбежна, представляется маловероятной, она все-таки имеет право на рассмотрение, как возможная.

В любом случае, ВАС как высокотехнологическое решение должен сделать все возможное для нивелирования риска развития ситуации, чтобы не допустить аварии. Если же она все равно неизбежна, то искусственный интеллект, при полной равнозначности обеих сторон аварии, должен принять решение в пользу пешехода. И вот почему, пользователь ВАС – пассажир, приняв решение воспользоваться транспортными услугами, принял на себя все риски, которые несёт в себе данное решение. Пешеход же, никаких рисков на себя не брал, он может вообще не знать, что на данной транспортной магистрали разрешено применение ВАС.

Таким образом, пользуясь статусами прецедентного международного права, решение ИИ должно быть в пользу пешехода, как индивидуума, который не принимал на себя риски и не соглашался на то, что его жизнь может зависеть от решения ИИ».

Комментарий начальника департамента информатизации ОАО «РЖД» Кирилла Семиона:

«Есть классический: ответ „тормоз надо давить“. То есть система ИИ не должна попадать в ситуацию, в которой авария неизбежна. Для этого необходимо, чтобы решение было качественным. Добиться данной цели позволяет грамотное тестирование и отладка продукта перед промышленной эксплуатацией.

Но, все же, постановка вопроса неверная. Виноват тот, кто выпустил подобное решение на основе ИИ в промышленную эксплуатацию. Если же предположить, что, гипотетически, сложилась та описанная ситуация, ИИ в рамках нее, как и любого другого случая, не будет руководствоваться этическими нормами. Его действия — просто результат работы математического аппарата. ИИ выберет вариант с наименьшими возможными потерями.

Не менее важно понимать, что к ИИ нельзя относиться как к человеку, пока непонятно, как его наказывать. Каким целесообразно его делать?

Наказание в общем виде — это лишение субъекта чего-то ценного для него. ИИ субъектом не является и собственных ценностей не имеет. Поэтому сначала надо придумать для ИИ систему ценностей, а потом угрожать их лишением. Это возможно. Но важно не забыть еще пару „маленьких“ нюансов.

Первый заключается в том, что ваша система ценностей должна восприниматься ИИ как более значимая. Второй — в том, что ИИ должен вам беспрекословно подчиняться. Даже в вопросе ограничения своих ценностей.

В простом и доступном виде это сформулировано у Азимова в виде трех законов робототехники».

В заключение хотелось бы отметить, что искусственный интеллект представляет собой мощный инструмент, способный трансформировать отрасль транспорта и логистики, обеспечивая новые уровни эффективности, безопасности и устойчивости, осуществить цифровую трансформацию отрасли, переведя ее на новый уровень технологического прогресса. В этой книге мы рассмотрели ключевые технологии и подходы, которые уже сегодня внедряются в этой сфере, включая машинное обучение, предиктивную аналитику и высокоавтоматизированные транспортные средства.

Преимущества применения ИИ в транспорте и логистике очевидны: от оптимизации маршрутов и управления запасами до повышения качества обслуживания клиентов и снижения операционных затрат. Однако с этими возможностями также связаны определенные вызовы, такие как необходимость в высококачественных данных, вопросы безопасности и этики, а также необходимость адаптации существующих бизнес-процессов к новым технологиям, и конечно же необходимость подготовки кадров и приобретению новых навыков и компетенций специалистами отрасли.

Для успешной интеграции ИИ в транспортную и логистическую отрасль необходимо сотрудничество между государственными органами, частным сектором и научными учреждениями. Это сотрудничество должно быть направлено на совершенствование нормативной базы, поддержку инноваций и развитие кадровых ресурсов.

В будущем мы можем ожидать, что технологии ИИ будут продолжать развиваться, открывая новые горизонты для оптимизации процессов и улучшения качества услуг. Компании, которые смогут адаптироваться к этим изменениям и эффективно использовать возможности ИИ, будут иметь значительное конкурентное преимущество на рынке.

Таким образом, искусственный интеллект не только меняет облик транспорта и логистики, но и формирует новое видение будущего этой отрасли. Мы стоим на пороге революции, которая обещает сделать транспорт более умным, безопасным и эффективным для всех участников процесса.



1-е издание / Коллектив авторов под редакцией

© Ассоциация «Цифровой транспорт и логистика»

© Ассоциация «Альянс в сфере искусственного интеллекта»

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в любой форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Подписано в печать 23.09.2025

Формат 70 × 100/16. Печать цифровая

Отпечатано в ООО «Типография «Возрождение»

117105, г. Москва, Варшавское ш., 37А, стр.2