

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗНАНИЯ КАК ФУНДАМЕНТ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Предварительный анализ направлений цифровой трансформации промышленности

Версия 5.0

Дмитрий Казаков

Инженер цифровых систем: от архитектуры до промышленного внедрения

dmitrii.kazakov@gmail.com

при участии ChatGPT и Grok

Россия, июль 2026

Краткое резюме	3
Аннотация	4
1. Почему невозможно построить дорожную карту внедрения ИИ без понимания реальных проблем производства	5
2. Методология исследования	6
2.1. Используемые источники	6
2.2. Использование искусственного интеллекта	6
2.3. Ограничения исследования	6
3. Предварительная карта производственных проблем	7
3.1. Кадровые проблемы	7
3.2. Информационные проблемы	7
3.3. Организационные проблемы	8
3.4. Эксплуатационные проблемы	8
3.5. Причинно-следственная связь	8
4. Почему именно сейчас	9
Старение инженерных кадров	9
Рост сложности производства	9
Накопление цифровых данных	9
Зрелость технологий искусственного интеллекта	9
5. Предварительное направление решения	10
5.1. Рекомендуемая последовательность этапов	10
5.2. Организационные условия успеха	11
6. Практический пример	12
6.1. Что цифровая память предприятия не решает	12
7. Предложение по проверке гипотезы на предприятиях Москвы	13
Заключение	14

Краткое резюме

Настоящий документ — предварительный анализ направлений внедрения искусственного интеллекта в промышленность. Анализ выполнен на основе открытых источников по российским и зарубежным предприятиям и сформулирован как рабочая гипотеза, требующая полевой верификации.

Ключевой вывод. Подавляющее большинство наиболее часто встречающихся производственных проблем связано не с отсутствием современных моделей ИИ, а с отсутствием эффективной системы накопления, хранения, поиска и использования производственных знаний («цифровой памяти предприятия»).

Рабочая гипотеза. Основным ограничением внедрения ИИ в промышленности сегодня является не недостаточная зрелость самих моделей, а недостаток качественных, структурированных и накопленных производственных знаний. Искусственный интеллект способен значительно повысить эффективность производства лишь тогда, когда ему есть с чем работать.

Предлагаемая последовательность:

- Создание единой цифровой базы производственных знаний (цифровой памяти предприятия).
- Накопление качественных данных и формирование устойчивой практики документирования.
- Внедрение интеллектуальных сервисов поверх сформированной базы (семантический поиск, анализ повторяющихся неисправностей, рекомендации, автоматическое документирование, прогнозирование).

Документ содержит карту наиболее распространённых проблем, причинно-следственную модель, обоснование актуальности именно сейчас, описание ограничений подхода и предложение по проверке гипотезы на предприятиях Москвы.

Аннотация

В настоящее время обсуждение внедрения искусственного интеллекта в промышленность преимущественно сосредоточено вокруг возможностей современных технологий: больших языковых моделей (LLM), генеративного искусственного интеллекта, компьютерного зрения, предиктивной аналитики и цифровых двойников.

Подобный подход имеет существенный недостаток: сначала выбирается технология, после чего начинается поиск задач, в которых её можно применить.

Настоящее исследование использует противоположную методологию.

В качестве отправной точки рассматриваются реальные производственные проблемы предприятий. Лишь после выявления наиболее значимых болей анализируется возможность их решения средствами цифровизации и искусственного интеллекта.

Первый этап исследования носит разведочный характер и основан исключительно на анализе открытых источников. Несмотря на это, уже удалось выявить устойчивую закономерность, повторяющуюся как в исследованиях российских предприятий, так и в материалах, посвящённых промышленности Германии, США, Японии, Китая и других индустриально развитых стран.

Полученные результаты позволяют сформулировать предварительную рабочую гипотезу, которая должна быть проверена в ходе последующих полевых исследований непосредственно на промышленных предприятиях.

1. Почему невозможно построить дорожную карту внедрения ИИ без понимания реальных проблем производства

Разработка дорожной карты внедрения искусственного интеллекта должна начинаться не с выбора моделей, программных платформ или вычислительной инфраструктуры.

Она должна начинаться с ответа на значительно более фундаментальный вопрос:

Какие производственные проблемы действительно требуют решения?

Если этот этап пропустить, существует высокий риск получить набор модных цифровых инициатив, практически не влияющих на производительность предприятия.

Поэтому в основу настоящего исследования положен следующий принцип.

Сначала — реальные производственные проблемы. Затем — анализ причин их возникновения. После этого — оценка существующих цифровых инструментов. И только затем — определение роли искусственного интеллекта.

Именно такой подход применяется ведущими промышленными исследовательскими центрами мира и позволяет избежать внедрения технологий ради самих технологий.

2. Методология исследования

2.1. Используемые источники

Для предварительного анализа использовались материалы, максимально приближенные к первоисточнику. Приоритет источников:

Приоритет	Источник
A	Интервью инженеров, ремонтников, мастеров, технологов, начальников производств
A	Государственные исследования производительности предприятий
B	Научные публикации, основанные на интервью сотрудников предприятий
B	Материалы отраслевых организаций
C	Годовые отчёты предприятий; материалы профессиональных конференций
D	Исследования консалтинговых компаний
E	Пресс-релизы компаний

Исследование не ограничивалось одной страной. Были сопоставлены материалы российских промышленных предприятий, предприятий Германии, США, Японии, Китая, публикации международных исследовательских центров, исследования Fraunhofer, этнографические исследования производственных процессов, исследования организации технического обслуживания оборудования и интервью сотрудников промышленных предприятий.

Целью исследования являлось не получение статистически репрезентативной выборки, а выявление повторяющихся закономерностей, проявляющихся независимо от страны, отрасли и уровня цифровизации предприятия.

2.2. Использование искусственного интеллекта

Настоящий обзор подготовлен с использованием современных инструментов искусственного интеллекта для поиска, агрегации, структурирования и предварительного анализа открытых источников. Использование подобных инструментов позволило существенно расширить объём рассматриваемых материалов и ускорить выявление повторяющихся закономерностей.

Одновременно необходимо учитывать ограничения данного подхода. Исследование может содержать неполноту выборки, ошибки интерпретации отдельных источников, неточности, обусловленные качеством исходных данных, и смещение, связанное с доступностью публикаций в открытом доступе.

По этой причине все выводы рассматриваются как предварительные рабочие гипотезы и требуют обязательной последующей проверки посредством интервью и обследований непосредственно на промышленных предприятиях.

2.3. Ограничения исследования

Несмотря на использование максимально качественных открытых источников, настоящий анализ представляет собой лишь первый этап исследования. Полноценная дорожная карта внедрения искусственного интеллекта не может быть построена исключительно по материалам сети Интернет.

Для подтверждения или опровержения сформулированных выводов необходимы полевые исследования непосредственно на предприятиях.

Минимально репрезентативной представляется выборка не менее десяти предприятий одной отрасли с проведением интервью различных категорий сотрудников:

- операторов оборудования;
- инженеров технического обслуживания;
- ремонтных служб;
- мастеров смен;
- технологов;
- специалистов по качеству;
- ИТ-служб;
- руководителей производственных подразделений;
- руководства предприятий.

Только подобная выборка позволит определить: какие проблемы действительно являются системными; какие проблемы обладают наибольшим экономическим эффектом; какие направления цифровизации являются наиболее перспективными; какие проекты внедрения искусственного интеллекта способны обеспечить максимальную отдачу.

3. Предварительная карта производственных проблем

Несмотря на существенные различия между странами, уровнем автоматизации предприятий и используемыми информационными системами, анализ показал удивительно высокую степень совпадения наиболее часто встречающихся проблем. При этом оказалось, что большинство из них вообще не связано непосредственно с отсутствием искусственного интеллекта.

3.1. Кадровые проблемы

- потеря производственных знаний после увольнения сотрудников;
- дефицит квалифицированных специалистов;
- длительное обучение новых сотрудников;
- зависимость производства от отдельных экспертов.

3.2. Информационные проблемы

- поиск информации перед ремонтом оборудования;
- отсутствие истории ремонтов;
- отсутствие единой базы знаний;
- распределение информации между бумажными журналами, Excel, электронной почтой, файловыми архивами и памятью сотрудников;
- сложность поиска аналогичных случаев;
- устаревшая или неактуальная техническая документация.

3.3. Организационные проблемы

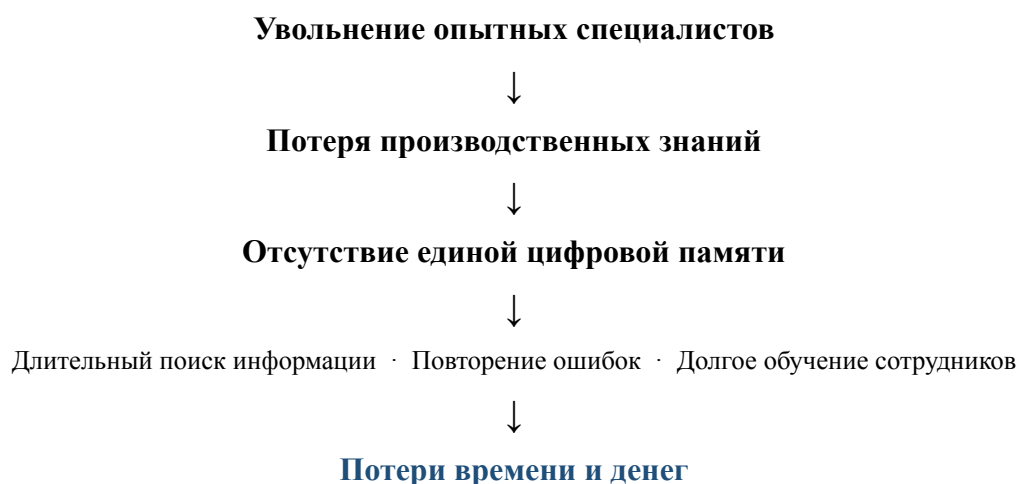
- передача информации между сменами;
- большой объём ручного документирования;
- потеря информации при коммуникациях;
- дублирование записей.

3.4. Эксплуатационные проблемы

- длительная диагностика неисправностей;
- повторение уже известных ошибок;
- недостаток времени на профилактическое обслуживание;
- длительные простои оборудования.

3.5. Причинно-следственная связь

Анализ позволил построить предварительную причинно-следственную модель.



Практически все наиболее часто встречающиеся проблемы оказываются следствием одной общей причины — отсутствия эффективной системы накопления и использования производственных знаний.

4. Почему именно сейчас

Несмотря на то что проблемы управления знаниями существуют десятилетиями, именно сегодня они становятся критически важными. Этому способствует сразу несколько факторов.

Старение инженерных кадров

Во многих странах значительная часть наиболее опытных специалистов приближается к пенсионному возрасту. Одновременно предприятия сталкиваются с дефицитом молодых инженеров. Потеря недокументированного опыта при выходе на пенсию 20–25 % рабочей силы старше 55 лет создаёт системный риск для непрерывности производства.

Рост сложности производства

Современное оборудование становится всё более сложным. Соответственно возрастает объём знаний, необходимых для его эксплуатации и обслуживания.

Накопление цифровых данных

За последние годы предприятия накопили значительные объёмы электронной документации, журналов ремонтов, фотографий и другой информации. Однако эти данные зачастую остаются разрозненными и практически не используются для принятия решений.

Зрелость технологий искусственного интеллекта

Современные языковые модели впервые позволяют работать с большими объёмами внутренней документации предприятия в естественной форме. Это открывает возможность построения интеллектуальных помощников, использующих именно производственные знания предприятия — при условии, что эти знания предварительно накоплены и структурированы.

5. Предварительное направление решения

Полученные результаты позволяют сформулировать предварительную рабочую гипотезу.

Основным ограничением внедрения искусственного интеллекта в промышленности сегодня является не недостаточная зрелость самих моделей ИИ, а недостаток качественных, структурированных и накопленных производственных знаний.

Если данная гипотеза подтвердится в ходе полевых исследований, то первым этапом цифровой трансформации промышленного предприятия должно стать создание единой цифровой памяти предприятия.

Такая система должна объединять:

- техническую документацию;
- историю ремонтов;
- фотографии и видеоматериалы;
- результаты диагностики;
- производственные инструкции;
- инженерные рекомендации;
- журналы смен;
- накопленный практический опыт эксплуатации оборудования.

После формирования подобной цифровой памяти предприятия искусственный интеллект становится естественным следующим этапом развития цифровой инфраструктуры предприятия. В этом случае ИИ используется для:

- интеллектуального (семантического) поиска информации;
- анализа повторяющихся неисправностей;
- выявления закономерностей эксплуатации оборудования;
- формирования рекомендаций инженерам;
- помощи новым сотрудникам (онбординг);
- автоматического документирования;
- анализа накопленной производственной статистики;
- прогнозирования потенциальных отказов оборудования.

Иными словами, искусственный интеллект начинает работать не на основании абстрактных знаний сети Интернет, а на основе собственного опыта конкретного предприятия.

5.1. Рекомендуемая последовательность этапов

Этап 1. Создание единой цифровой памяти предприятия

Объектно-ориентированная цифровая карточка каждой единицы оборудования. Интеграция с существующими ERP, MES, CMMS и файловыми хранилищами (слой поверх, а не замена существующих систем).

Этап 2. Накопление качественных данных и формирование культуры документирования

Упрощение ввода (мобильные интерфейсы, голос, фото), стимулы для сотрудников, контроль качества данных, версионность.

Этап 3. Внедрение интеллектуальных сервисов

Семантический поиск с цитированием источников, анализ повторяющихся неисправностей, рекомендации, автоматическое документирование, прогнозирование.

5.2. Организационные условия успеха

Технология сама по себе не решает проблему. Критические условия:

- время и стимулы для документирования (без них данные будут вводиться формально);
- проектирование интерфейсов под реалии цеха (мобильные устройства, работа в перчатках, шум);
- контроль качества вводимых данных;
- интеграция с существующим ландшафтом систем, а не создание очередного силоса;
- возможность работы в закрытом контуре (on-prem / private cloud), соответствие требованиям по КИИ, использование отечественных языковых моделей или возможность их дообучения.

6. Практический пример

Одним из возможных вариантов реализации подобного подхода является проект Manufacturing Knowledge Management System (MKMS).

Проект рассматривается не как конечное решение по внедрению искусственного интеллекта, а как первый инфраструктурный уровень цифровой трансформации предприятия.

Основной задачей MKMS является формирование цифровой памяти предприятия посредством создания объектно-ориентированной базы знаний, где каждая единица оборудования имеет собственную цифровую карточку, объединяющую документацию, историю ремонтов, фотографии, видеоматериалы, инженерные комментарии и другую информацию, необходимую для эксплуатации и обслуживания.

Таким образом, система создаёт фундамент, поверх которого в дальнейшем могут быть построены интеллектуальные сервисы поиска, анализа и поддержки принятия решений.

Материалы проекта:

- Case Study: <https://gelassen.github.io/blog/2026/06/20/case-study-manufacture-knowledge-management-system.html>
- Документация проекта: <https://gelassen.github.io/manufacture-knowledge-management-system/>
- Исходный код: <https://github.com/Gelassen/manufacture-knowledge-management-system>

6.1. Что цифровая память предприятия не решает

Создание цифровой памяти предприятия само по себе не устраняет:

- физический износ оборудования;
- нехватку инвестиций;
- ошибки проектирования;
- дефицит производственных мощностей;
- необходимость инженерной экспертизы.

Однако она позволяет значительно снизить потери времени и знаний, возникающие практически на всех этапах жизненного цикла оборудования, и создаёт необходимые условия для последующего эффективного применения технологий искусственного интеллекта.

7. Предложение по проверке гипотезы на предприятиях Москвы

Следующим этапом исследования должна стать проверка рабочей гипотезы на репрезентативной выборке промышленных предприятий Москвы с проведением интервью непосредственно на производственных площадках.

Цели:

- подтвердить или скорректировать карту проблем и приоритетность направлений;
- оценить текущий уровень зрелости управления производственными знаниями;
- собрать количественные данные (время поиска информации, доля задокументированных ремонтов, затраты на онбординг);
- сформулировать обоснованную дорожную карту внедрения ИИ, основанную на реальных потребностях.

Минимальная выборка — 8–12 предприятий одной–двух приоритетных отраслей. Интервью с представителями всех ключевых ролей (см. раздел 2.3).

Для проведения полевого этапа желательна поддержка Правительства Москвы в доступе к промышленным предприятиям и возможной организационной поддержке пилотных внедрений цифровой памяти на ограниченном периметре.

Заключение

Проведённый предварительный анализ показывает, что обсуждение внедрения искусственного интеллекта в промышленности целесообразно начинать не с выбора моделей, программных платформ или вычислительной инфраструктуры.

Первичной задачей является создание условий, при которых знания предприятия становятся доступными, накопленными, структурированными и пригодными для последующего анализа.

Производственные знания следует рассматривать как один из стратегических активов предприятия наряду с оборудованием, технологиями, персоналом и интеллектуальной собственностью.

Искусственный интеллект не создаёт этот актив. Он лишь позволяет значительно эффективнее использовать знания, которые предприятие уже накопило или сумело сохранить.

Следующим этапом настоящего исследования должна стать проверка сформулированной гипотезы на репрезентативной выборке промышленных предприятий Москвы посредством проведения интервью непосредственно на производственных площадках. Только после такой верификации станет возможным построение обоснованной дорожной карты внедрения искусственного интеллекта, основанной не на технологических ожиданиях, а на реальных потребностях современной промышленности.

Создание цифровой памяти предприятия следует рассматривать как необходимый подготовительный этап внедрения искусственного интеллекта в промышленность.

Дмитрий Казаков

Инженер цифровых систем: от архитектуры до промышленного внедрения

dmitrii.kazakov@gmail.com

Россия, июль 2026