

Аналитический обзор

Потенциал применения генеративного ИИ для решения инженерных задач

Аналитический обзор потенциала применения генеративного искусственного интеллекта для решения инженерных задач



Содержание

1. Введение

6

- 1.1. Актуальность и проблематика 11
 - 1.2. Спрос на генеративный искусственный интеллект на мировом рынке 12
 - 1.3. Роль генеративного ИИ в трансформации промышленности 13
-

2. Ключевые направления использования генеративного искусственного интеллекта в промышленности

14

- 2.1. Направления применения технологий генеративного искусственного интеллекта в промышленности и инженерии 16
 - 2.2. Технологическая карта генеративного ИИ: основные классы моделей и их промышленное применение 17
 - 2.3. Функциональная карта генеративного искусственного интеллекта: основные категории промышленных процессов 18
 - 2.4. Инфраструктурные модели внедрения генеративного ИИ 19
-

3. Тренды генеративного искусственного интеллекта

20

- 3.1. Научно-исследовательская активность в сфере генеративного ИИ в России и мире 22
 - 3.2. Динамика развития генеративного ИИ в России и мире 23
 - 3.3. Тренды применения генеративного искусственного интеллекта в промышленности 24
 - 3.4. Анализ патентной активности в области генеративного искусственного интеллекта 25
-

4. Кейсы успешного использования генеративного искусственного интеллекта для решения инженерных задач

26

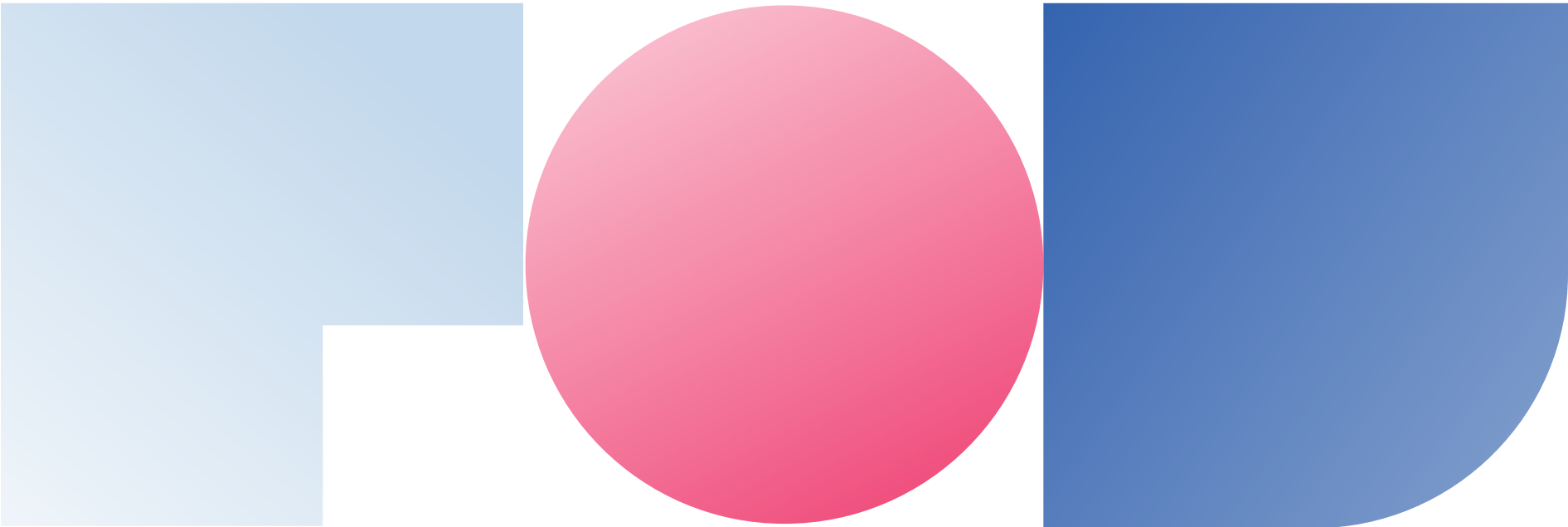
- 4.1. Методика отбора и оценки решений 28
- 4.2. Кейсы 30
- 4.3. Сопоставление мировых практик и российского потенциала масштабирования 51

Содержание

5. Основные эффекты от внедрения генеративного искусственного интеллекта	52
5.1. Эффекты внедрения генеративного ИИ в промышленности и инженерии	54
5.2. Детализация выгод от внедрения генеративного ИИ по технологическим направлениям в промышленности	55

6. Выводы	58
------------------	-----------

Нормативно-правовая база генеративного искусственного интеллекта в России	59
Источники	60
Авторы	62



1. Введение

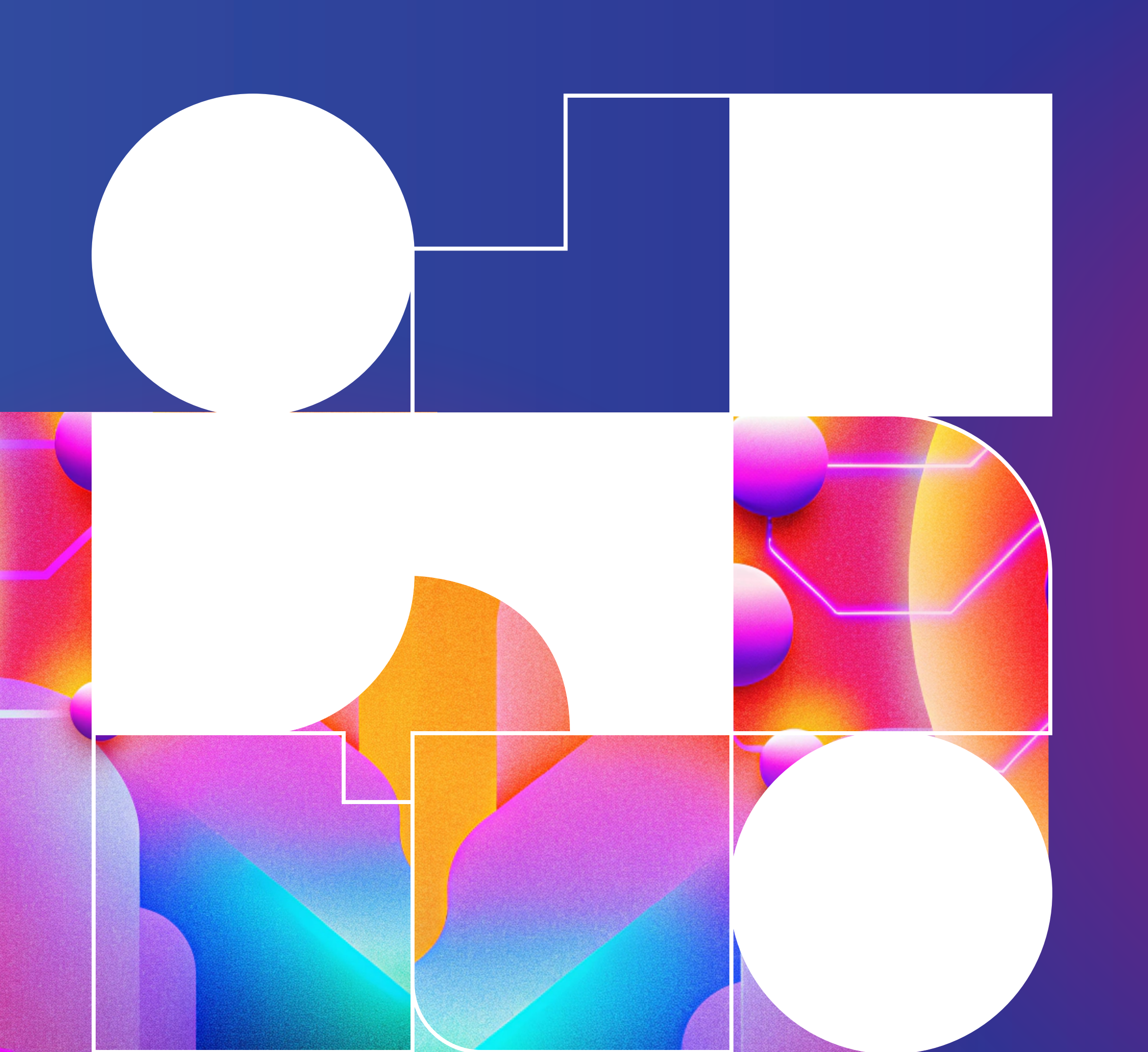
Основные определения

1.1 Актуальность и проблематика

1.2 Спрос на генеративный искусственный интеллект на мировом рынке

1.3 Роль генеративного ИИ в трансформации промышленности





Основные определения

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ (ИИ, AI) — комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые как минимум с результатами интеллектуальной деятельности человека.

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ — направление ИИ, в котором используются обучающиеся модели (включая LLM, трансформеры, диффузионные и мультимодальные модели) для генерации новых решений, текстов, изображений, проектных вариантов и кода. В промышленности генеративный ИИ применяется в задачах R&D, инженерного проектирования, симуляций, оптимизации процессов и цифрового документооборота.

БОЛЬШИЕ ЯЗЫКОВЫЕ МОДЕЛИ (LLM, LARGE LANGUAGE MODELS) — модели искусственного интеллекта, обученные на масштабных корпусах текстов, способные понимать и генерировать текст. Используются в генерации технической документации, инструкций, спецификаций, в чат-ботах и ассистентах.

CAD (COMPUTER-AIDED DESIGN) — Система автоматизированного проектирования — программное обеспечение, предназначенное для создания, редактирования и анализа инженерных объектов в цифровом виде. CAD-системы используются для проектирования изделий, технической документации, моделирования конструкций и подготовки к производству.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК (DIGITAL TWIN) — это виртуальная модель физического объекта, системы или процесса, которая синхронизирована с реальным прототипом и имитирует его поведение в реальном времени.

ИИ-АССИСТЕНТЫ — цифровые помощники на базе больших языковых моделей (LLM), работающие через чат-интерфейсы или панели. Применяются для генерации текста, ответов на запросы, создания технической документации, помощи в анализе и подготовке решений.

COPILOT-РЕШЕНИЯ — интеллектуальные интерфейсы, интегрированные в инженерные и управленческие платформы (например, CAD, PLM, ERP). Обеспечивают контекстную поддержку пользователя: подсказывают параметры, оформляют документацию, повышают производительность специалистов.

Цели и задачи

Цель обзора

- Представление возможностей и перспектив внедрения генеративного искусственного интеллекта для решения инженерных задач

Целевая аудитория

- Собственники отраслевых компаний
- Топ-менеджеры и руководители цифрового развития
- Разработчики и заказчики ИИ-решений
- Эксперты в области ИИ и инженерии
- Инженеры и технические специалисты

Задачи отчёта

- Изучить наиболее успешные кейсы применения генеративного искусственного интеллекта за рубежом
- Определить ключевые направления и форматы использования генеративного искусственного интеллекта в промышленности и инжиниринге
- Сопоставить выявленные практики с текущим уровнем развития в России и оценить потенциал для масштабирования

Направления исследования



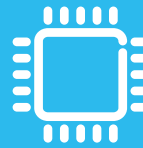
Машиностроение
и автопром



Энергетика и ТЭК



Металлургия



Производственные
цепочки и цифровое
моделирование



Инжиниринг
и техническое
проектирование



Логистика



Роботизация
и автоматизация
производства



Химическая
и фармацевтическая
промышленность

1.1. Актуальность и проблематика

Генеративный искусственный интеллект — это класс технологий искусственного интеллекта, способных создавать новый контент (тексты, изображения, чертежи, 3D-модели, программный код, инженерные решения, симуляции и др.) на основе обученных данных. В отличие от традиционного ИИ, который анализирует и классифицирует информацию, генеративный ИИ производит оригинальные выходные данные, имитируя или комбинируя существующие паттерны.



По данным исследования McKinsey (2023)¹, потенциальный мировой экономический эффект от внедрения генеративного ИИ оценивается в диапазоне 2,6–4,4 трлн долларов в год. Компании, уже применяющие эти технологии, демонстрируют до 250 % ROI, а также значительное повышение производительности (IDC, 2023).

В отдельных случаях, как, например, в проектах Eaton и General Motors, внедрение генеративного ИИ позволило сократить сроки разработки изделий в 6–8 раз и снизить массу компонентов до 80 % без ущерба для их функциональности.

Для России, стоящей перед необходимостью ускоренного технологического суверенитета, внедрение генеративного искусственного интеллекта приобретает стратегическое значение. Первые успешные кейсы и пилотные проекты в авиастроении, энергетике и фармацевтике показывают, что отечественные компании готовы к практическому применению этих решений. Однако для полноценной трансформации отраслей требуется системная работа по интеграции генеративного ИИ в производственные цепочки и нормативное поле.

В условиях глобальной технологической конкуренции и санкционного давления генеративный искусственный интеллект может стать важным инструментом для перехода российской промышленности на новый уровень эффективности. Данная технология, позволяющая автоматизировать процесс создания инновационных инженерных решений, открывает уникальные возможности для преодоления традиционных ограничений в проектировании и производстве.

Данный обзор анализирует текущее состояние и перспективы внедрения генеративного ИИ в российской промышленности, предлагая практические решения для бизнеса.

2,6–4,4

**трлн долларов
в год**

мировой экономический эффект
от внедрения генеративного ИИ¹

250 % ROI

**рентабельность
инвестиций**

средний показатель компаний,
внедряющих генеративный
искусственный интеллект²

1. McKinsey. The Economic Potential of Generative AI. 2023
2. IDC study: Businesses report a massive 250% return on AI investments

1.2. Спрос на генеративный искусственный интеллект на мировом рынке

356,1
млрд долларов США
оценочный объем мирового рынка
генеративного ИИ в 2030 г.

Мировой рынок генеративного искусственного интеллекта, по оценке Statista¹, увеличится с 5,51 млрд долларов США в 2020 году до 356,1 млрд долларов США в 2030 году – рост более чем в 60 раз.¹

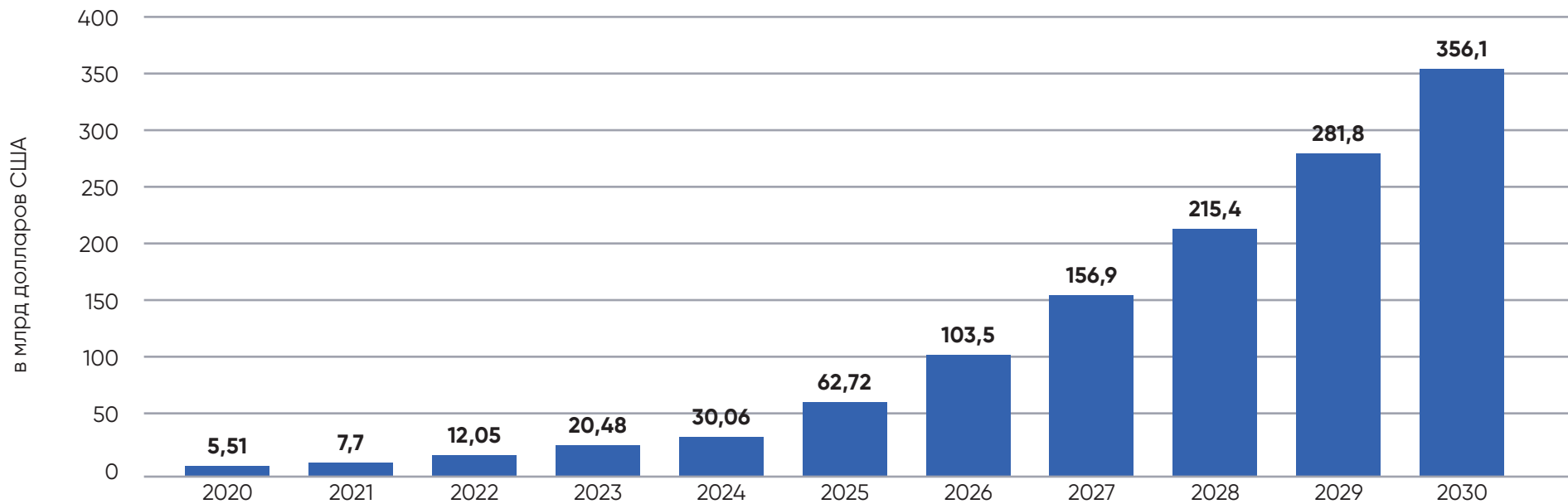
¹ Statista, 2024 – Global Generative AI Market Size

51,7%
среднегодовой темп
роста 2020–2030 гг.

Динамика объема мирового рынка генеративного ИИ по годам:

- 2020 год – **5,51** млрд долларов
- 2025 год – **62,72** млрд долларов
- 2030 год – **356,1** млрд долларов

Объем мирового рынка



1.3. Роль генеративного ИИ в трансформации промышленности

Генеративный искусственный интеллект стремительно эволюционирует от экспериментальных разработок к промышленному внедрению, становясь одним из ключевых элементов цифровой трансформации. Его применение уже охватывает полный производственный цикл — от проектирования и производства до логистики и технического обслуживания, формируя новую парадигму интеллектуальной промышленности.

Согласно исследованиям McKinsey и IDC, генеративный искусственный интеллект входит в тройку наиболее перспективных технологий для промышленного сектора.

По прогнозам аналитиков, к 2030 году генеративный искусственный интеллект может занимать¹ более 40 % всего мирового рынка решений на базе искусственного интеллекта, что более чем в два раза превышает уровень 2024 года. Генеративный искусственный интеллект становится основой для ключевых направлений цифровой трансформации промышленности, таких как генеративный CAD, инструменты оптимизации конструкций, цифровые двойники производственных процессов, платформы автоматизированного проектирования и управления документацией.

В отдельных секторах рост составляет:

**Промышленность/
цифровые двойники²** с \$17 млрд до \$132 млрд

Здравоохранение³ с \$1 млрд до \$12 млрд

Ожидается, что в структуре цифровых решений в промышленности доля генеративного ИИ составит **не менее 35–40 %^{4 5}** к 2030 году, за счёт его интеграции в PLM, CAD, MES, ERP и облачными инженерными платформами

**Пилотные проекты
демонстрируют:**

30–80 %

ускорение разработки изделий
(в аэрокосмической отрасли —
до 90 %)

до 70 %

снижение материалоёмкости
(кейс Boeing: оптимизация
компонентов самолётов)

200–350 %

достигает ROI для передовых
внедрений (General Electric,
Siemens Energy)

40–60 %

сокращение времени вывода
на рынок новых продуктов

1. Digitalisationworld, Generative AI will make over 40% of total AI industry market size by 2030
2. Fortunebusinessinsights, Hardware & Software IT Services Digital Twin Market, March 24, 2025
3. Grandviewresearch, AI In Healthcare Market Size, Share & Growth Report, 2030
4. Grandviewresearch, Artificial Intelligence In Robotics Market Size Report, 2030
5. Grandviewresearch, Market Size & Trends

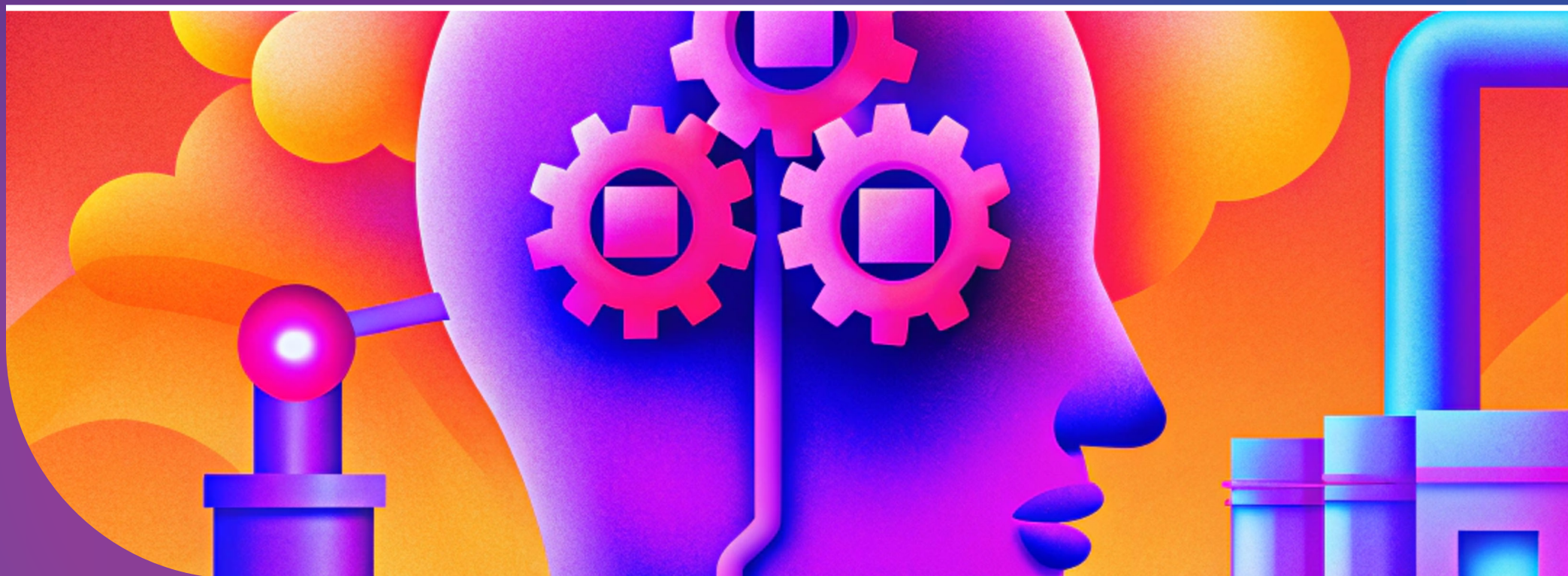
2. Ключевые направления использования генеративного искусственного интеллекта в промышленности

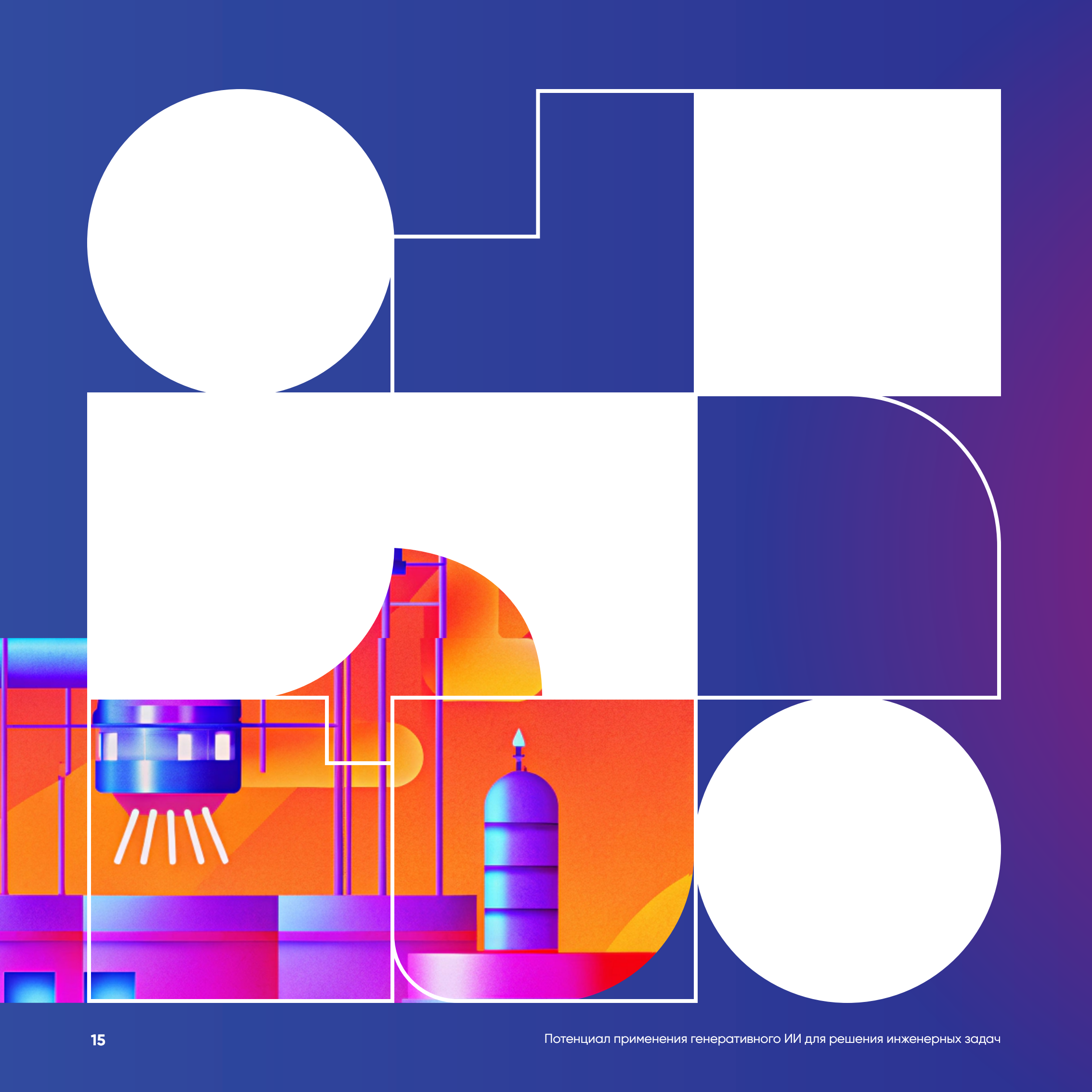
2.1 Направления применения технологий генеративного искусственного интеллекта в промышленности и инженерии

2.2 Технологическая карта генеративного ИИ: основные классы моделей и их промышленное применение

2.3 Функциональная карта генеративного искусственного интеллекта: основные категории промышленных процессов

2.4 Инфраструктурные модели внедрения генеративного искусственного интеллекта





2.1. Направления применения технологий генеративного искусственного интеллекта в промышленности и инженерии

	в 2025 году	в 2030 году
Объем мирового рынка решений искусственного интеллекта в CAD к 2033 году ¹	с \$3,23 млрд	до \$7,6 млрд
ИИ для оптимизации процессов/планирования ²	с \$7,8 млрд	до \$47,9 млрд
Объём рынка цифровых двойников ³	с \$37,2 млрд	до \$155,8 млрд
ИИ в робототехнике ⁴	с \$21,5 млрд	до \$124,8 млрд
Чат-боты и языковые интерфейсы ⁵	с \$9,1 млрд	до \$27,3 млрд

В промышленности и инженерии наибольшее развитие получили решения на базе генеративных моделей, обеспечивающих автоматическую разработку чертежей, 3D-моделей, технической документации, симуляций и оптимизированных проектных решений.

Согласно аналитике McKinsey, доля таких решений в структуре ИИ-применения достигает 35–40 %. Это соответствует текущим трендам по переходу от анализа к созданию новых данных и объектов в инженерных системах.

На втором месте — системы оптимизации производственных процессов, управления энергией и ресурсами, что особенно актуально в металлургии, машиностроении и ТЭК.

Менее активно применяются языковые интерфейсы и визуальные системы (AR/VR), которые чаще используются в логистике и обучении, но пока реже в техпроектах.⁶

1. Market.us Отчёт: AI in CAD Market Size, Share, Trends | 2024–2033
2. Grand View Research Отчёт: Artificial Intelligence in Manufacturing Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024–2030
3. Grand View Research Отчёт: Digital Twin Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024–2030

4. Grand View Research. Отчёт: Artificial Intelligence (AI) in Robotics Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024–2030
5. Grand View Research. Отчёт: Chatbot Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024–2030
6. McKinsey & Company. Экономический потенциал генеративного ИИ: новый рубеж производительности. Июнь 2023.

2.2. Технологическая карта генеративного ИИ: основные классы моделей и их промышленное применение



2.3. Функциональная карта генеративного искусственного интеллекта: основные категории промышленных процессов



1. Проектирование и инженерные расчёты

- Автоматическая генерация проектной и конструкторской документации
- Оптимизация геометрии изделий и компонентов под заданные параметры
- Выполнение инженерных расчётов и симуляций на основе ИИ
- Создание альтернативных проектных решений и конфигураций



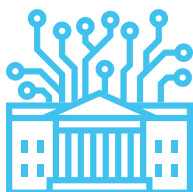
2. Поддержка производственных процессов

- Формирование технологических инструкций и маршрутных карт
- Адаптация конструкций под возможности производства
- Оптимизация размещения компонентов и материалов
- Поддержка внешней логистики и цепочек поставок на основе ИИ
- Оптимизация внутренней логистики и перемещения в цеху
- Интеграция с цифровыми средствами проектирования и производства



3. Поддержка жизненного цикла производства и инженерной деятельности

- Генерация сопроводительной и нормативной документации
- Автоматизация процессов проверки, сертификации и испытаний
- Систематизация инженерных знаний и снижение зависимости от отдельных специалистов
- Документирование и анализ вариантов применения решений



4. Управленческие и стратегические задачи

- Применение языковых моделей для анализа и генерации управленческих решений
- Ускорение разработки новых продуктов и технических решений
- Повышение гибкости проектирования под изменяющиеся требования
- Использование ИИ в поддержке принятия решений на этапах планирования

2.4. Инфраструктурные модели внедрения генеративного ИИ

Реализация промышленных решений на основе генеративного искусственного интеллекта требует соответствующего инфраструктурного обеспечения. Ключевые характеристики таких систем — высокая ресурсоёмкость, чувствительность к задержкам при обработке данных, необходимость гарантированного доступа к вычислительным мощностям и соблюдение требований информационной безопасности — определяют выбор архитектурного подхода к их размещению¹.

На сегодняшний день в промышленной практике используются три базовые модели инфраструктурного исполнения:

Локальная (on-premise) инфраструктура — развёртывание осуществляется в вычислительных центрах предприятий или на периферийных устройствах в технологической среде. Под периферийными (edge) устройствами в данном контексте понимаются вычислительные узлы, размещённые непосредственно вблизи источников данных, например в стойках промышленного оборудования, контроллерах, шлюзах сбора телеметрии или компактных серверных модулях на производственных участках. Такой подход обеспечивает минимальное время отклика, независимость от сетевых каналов и повышенный контроль над потоком данных.

Облачные решения — предполагают использование инфраструктуры внешних провайдеров. Характеризуются высокой гибкостью, возможностью быстрого масштабирования и отсутствием капитальных затрат на оборудование. Используются преимущественно в R&D, в системах с типовыми сценариями генерации, а также при ограниченных ресурсах внутри предприятия.

Гетерогенные (смешанные) архитектуры — предусматривают комбинированное размещение компонентов системы: часть ресурсов функционирует локально, часть в облаке. Такой подход используется для балансировки нагрузки, разделения чувствительных и обобщённых данных, а также оптимизации затрат.

Генеративный искусственный интеллект и инфраструктура. Вызовы и масштабы:

88 %
пилотных GenAI-проектов

в промышленности не переходят в продуктив из-за ограничений инфраструктуры, нехватки GPU, слабой сети, отсутствия MLOps²

\$107 млрд
мировой рынок
AI-инфраструктуры к 2028

серверы, хранилища, сети, при этом 75 % объёма придётся на облако, а более 60 % — на ускоренные узлы³

75 %
корпоративных данных

к 2025 году 75 % корпоративных данных будет создаваться и обрабатываться вне центральных ЦОД — это делает edge- и гибридные архитектуры приоритетом⁴

\$6,7 трлн
инвестиций до 2030

потребуется для удовлетворения спроса на вычисления в AI-ЦОДы, из них более \$5 трлн — на GPU-стойки⁵

1. NVIDIA, «Руководство пользователя NVIDIA DGX B200», техническая документация, 2024.

2. CIO, «88% пилотных проектов ИИ не доходят до промышленного внедрения — и это не всегда вина IT», аналитическая статья, 2023.

3. FutureIoT, «Мировые расходы на инфраструктуру искусственного интеллекта превысят 100 млрд долларов к 2028 году», новостная публикация, 2023.

4. Gartner, «Edge дополняет облако: обзор ключевых трендов», отраслевой отчёт, 2023.

5. McKinsey & Company, «Стоимость вычислений: гонка за \$7 трлн для масштабирования дата-центров», аналитический доклад, 2023.

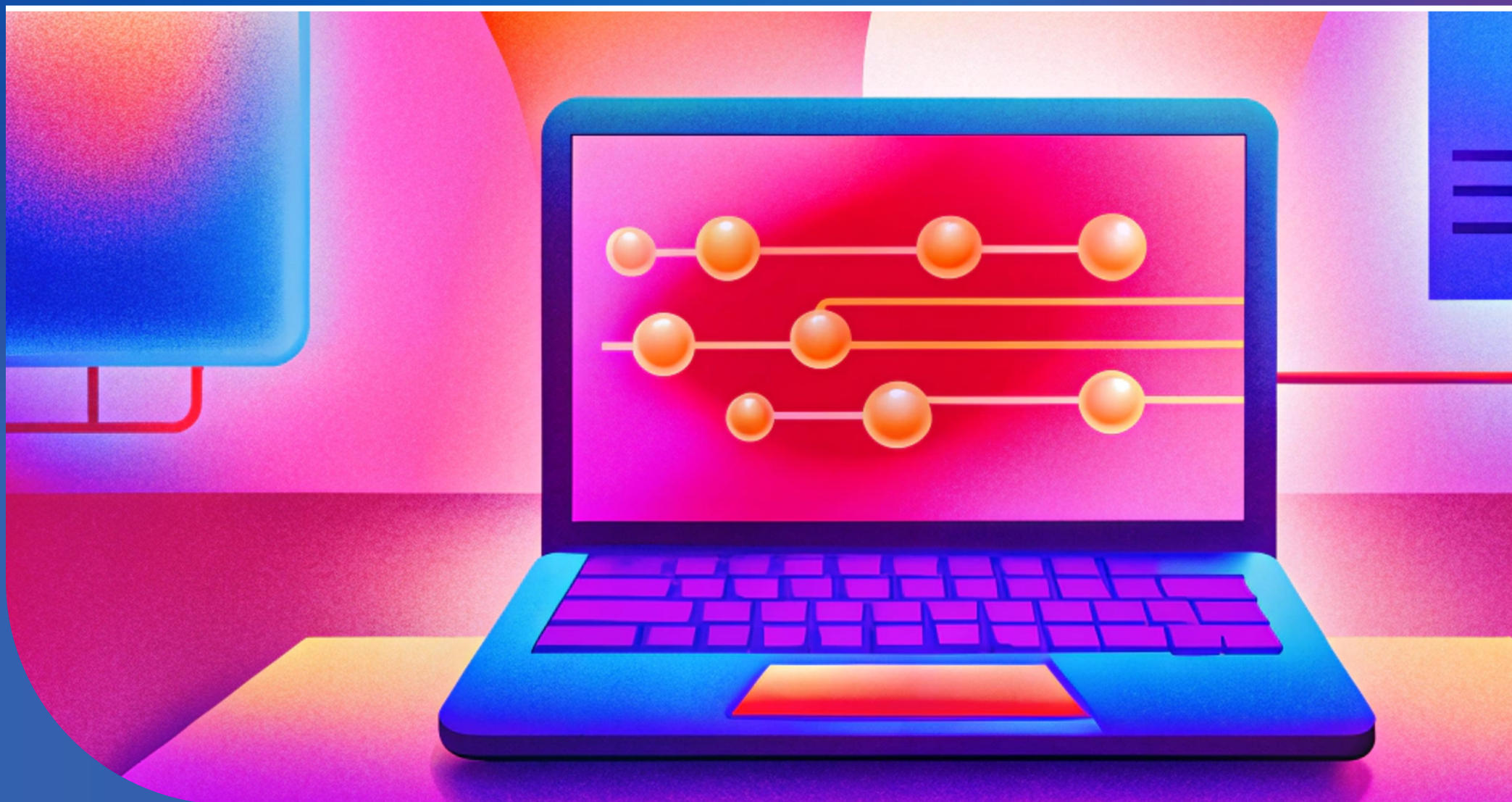
3. Тренды генеративного искусственного интеллекта

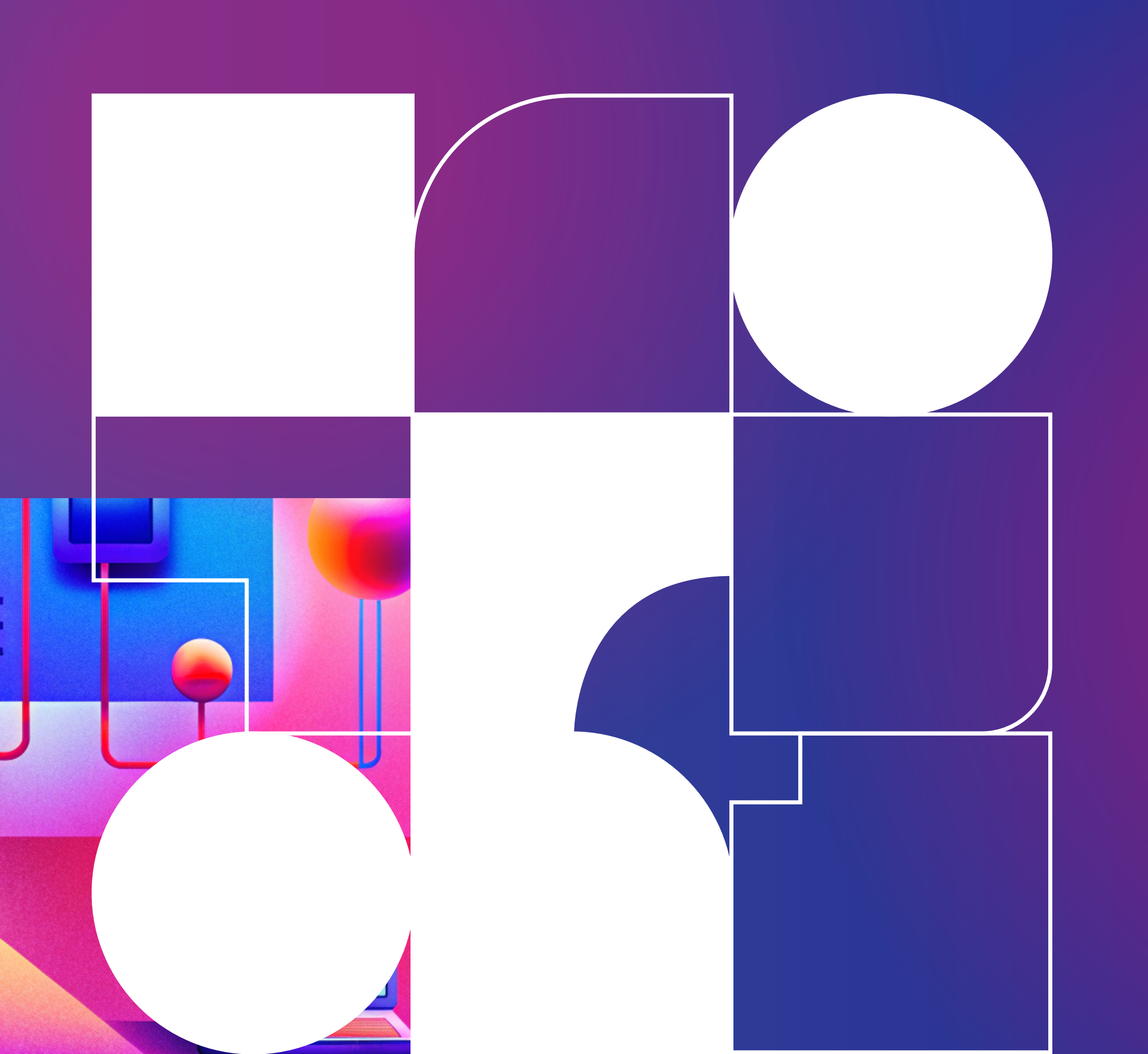
3.1 Научно-исследовательская активность в сфере генеративного ИИ в России и мире

3.2 Динамика развития генеративного ИИ в России и мире

3.3 Тренды применения генеративного искусственного интеллекта в промышленности

3.4 Анализ патентной активности в области генеративного ИИ





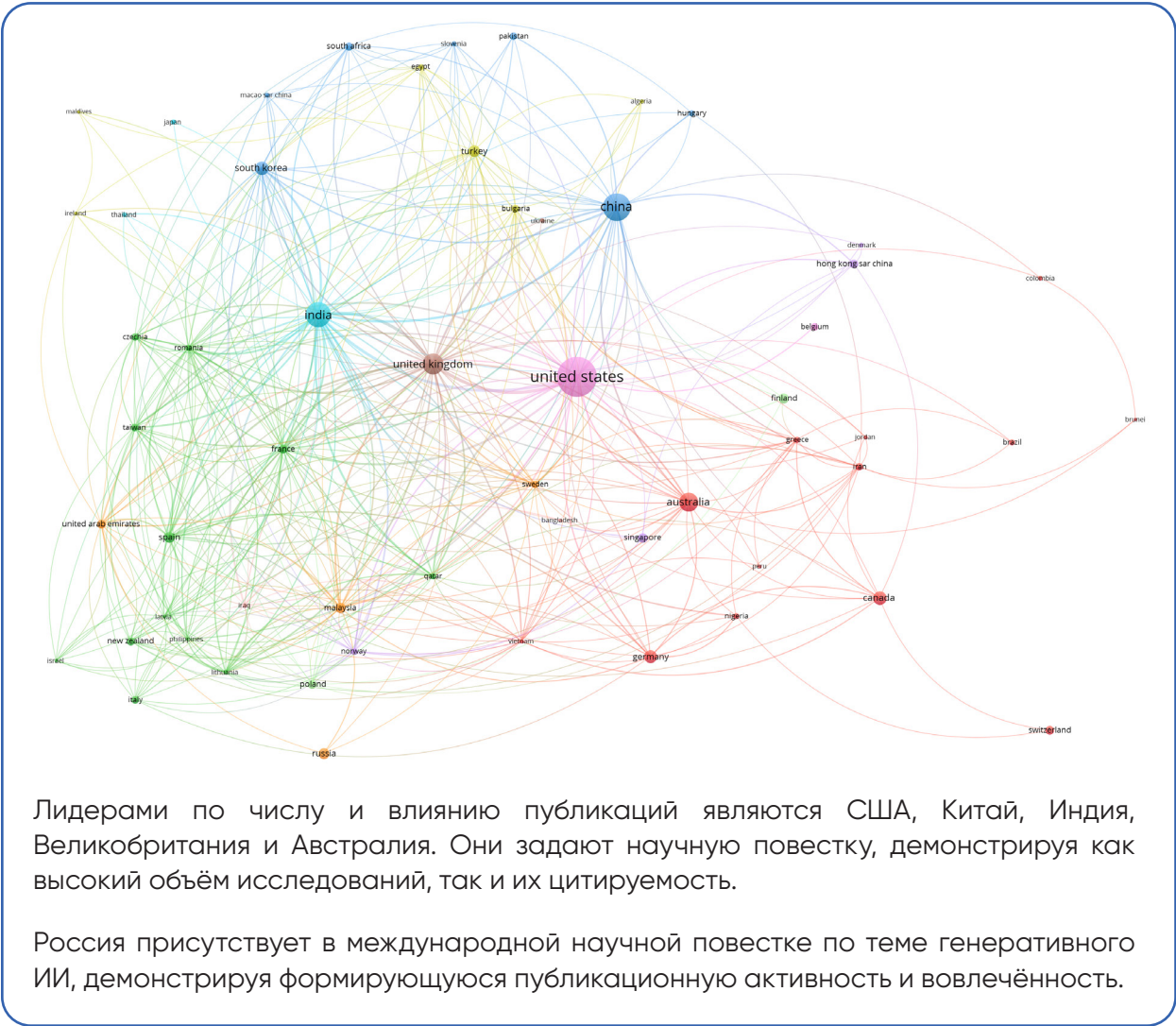
3.1. Научно–исследовательская активность в сфере генеративного ИИ в России и мире



Год	Оценка числа публикаций	
2019	< 300	Индивидуальные академические работы
2020	≈ 500	Начало роста
2021	≈ 800	Систематизация направлений
2022	≈ 1200	Пик публикационной активности
2023	≈ 900	Незначительное снижение



Год	Оценка числа публикаций	
2019	≈ 8 000	Стартовая фаза – интерес к GAN
2020	≈ 10 000	Diffusion и LLM начинают набирать обороты
2021	≈ 18 000	Мощный рост – выход крупных моделей
2022	≈ 30 000	Пик по большинству направлений GenAI
2023	≈ 40 000	Бум публикаций, стабилизация



США
220 публикаций, 5576 цитирований, пик публикаций: 2023

Китай
110 публикаций, 1249 цитирований, пик: 2023

Индия
91 публикация, 1961 цитирование, пик: 2023

Великобритания
65 публикаций, 1811 цитирований, пик: 2022

Россия
18 публикаций, 30 цитирований, пик: 2023*

1. Данные основаны на открытой статистике публикаций из Oecd, Generative AI, Oecd, Live data
2. Данные основаны на открытой статистике публикаций из Oecd, Generative AI, Oecd, Generative AI

* По числу публикаций и связей в базе OpenAlex за 2023 г.

3.2. Динамика развития генеративного ИИ в России и мире

Топ-7 самых цитируемых научных тем*:

1. Computer Science (информатика)

Технический фундамент. Более 6000 связей с другими темами, 766 публикаций.

6.Data Science (наука о данных)

Подготовка обучающих выборок. 1303 связи, 134 упоминания.

2.Artificial Intelligence (искусственный интеллект)

Общее направление исследований. 4929 связей, 569 упоминаний.

7. Deep Learning / Artificial Neural Networks (глубинное обучение)

Архитектуры генеративных моделей. 403 связи, 42 публикации.

3.Engineering (инженерия)

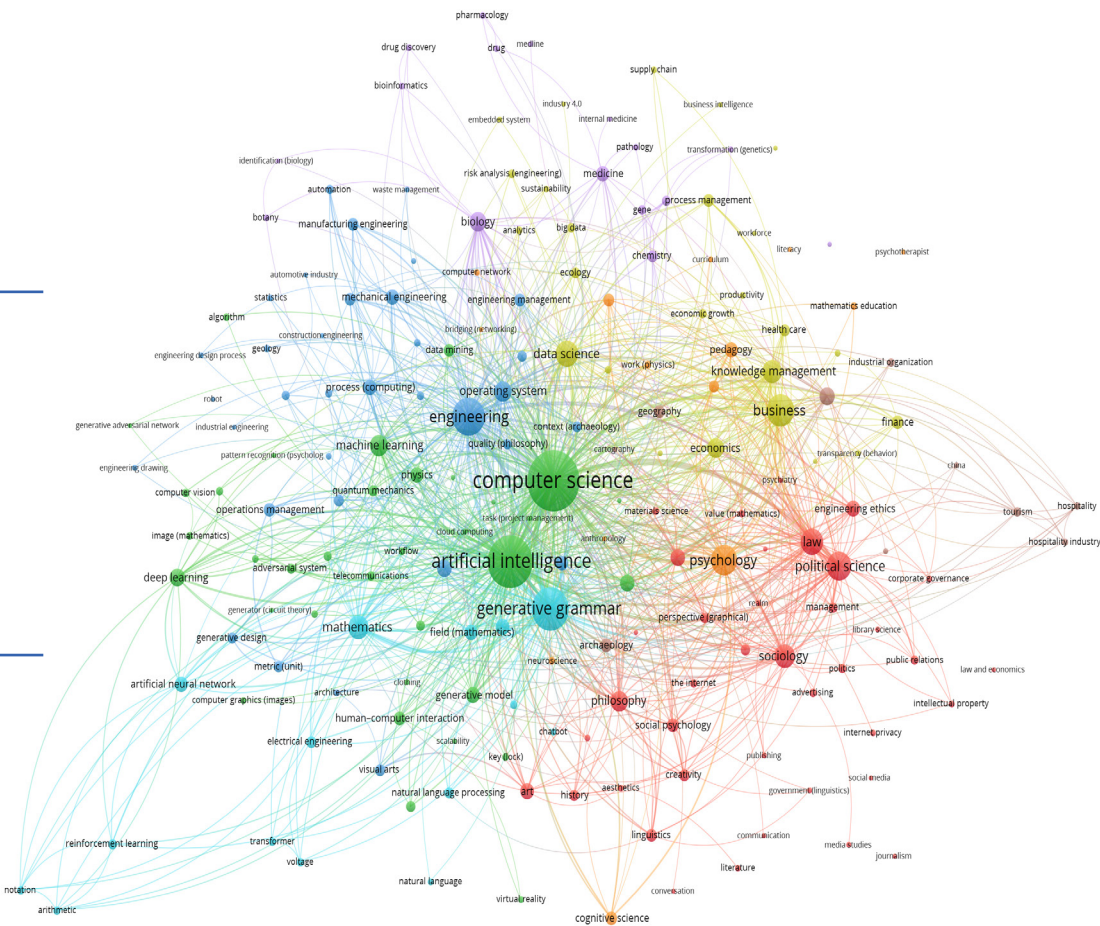
Прикладное проектирование и тестирование. 3353 связи, 363 упоминания.

4.Generative Grammar (генеративная грамматика)

Лингвистическая база языковых моделей. 3133 связи, 344 упоминания.

5.Mathematics (математика)

Теоретические основы моделей. 1405 связей, 123 упоминания.



* По числу публикаций и связей в базе OpenAlex за 2023 г.

3.3. Тренды применения генеративного искусственного интеллекта в промышленности

В последние годы генеративный искусственный интеллект получил сильнейший импульс¹ к развитию за счет прорывов в области обработки данных, обучения на инженерных моделях и масштабного внедрения² в цифровые промышленные цепочки. Рост производительности, ускорение вывода новых изделий³ и снижение зависимости от внешних компонентов делают такие технологии стратегически важными для промышленности.

Мировые технологические лидеры активно разрабатывают⁴ собственные подходы к цифровому проектированию, управлению НИОКР и оптимизации производства с помощью

генеративных моделей. Эти решения⁵ позволяют не только ускорять процессы, но и кардинально менять способы взаимодействия между инженерами, ИТ-системами и производственными средами.

На глобальном уровне технологии генеративного ИИ уже применяются⁶ в машиностроении, приборостроении, фармацевтике, энергетике и металлургии, а также в симуляционных⁷ средах, CAD/PLM и платформах цифровых двойников. Россия пока находится на этапе формирования задела, однако в ряде направлений (например, в оборонной и энергетической промышленности) демонстрирует опережающую динамику.

Сегодня в фокусе развития:

1 автоматическая генерация 3D-моделей и документации по текстовому описанию⁸

2 проектирование конструкций с учётом минимизации массы и стоимости⁹

3 применение искусственного интеллекта в инженерных симуляторах и тестировании¹⁰

4 создание цифровых двойников оборудования, линий, цепочек поставок¹¹

1. Mckinsey, How manufacturing's Lighthouses are capturing the full value of AI, April 9, 2024
2. Nvidia, NVIDIA Combines Digital Twins With Real-Time AI for Industrial Automation, March 18, 2024
3. Autodesk, Generative design AI
4. Blogs.sw.siemens, Automotive Design with 3D Generative Design Tools from Siemens, October 23, 2024
5. Ansys, Accelerating Product Development Using AI/ML,
6. Nvidia, What Is a Digital Twin?

7. Blogs.sw.siemens, How generative AI enhances the PLM process, April 28, 2023
8. Research.autodesk, Generative Design through Quality-Diversity Data Synthesis and Language Models
9. Ansys, Real-Time Generative Design Drives Innovation, March 25, 2019
10. Nvidia, What Is Generative AI?
11. Autodesk, Top 2025 AI Construction Trends: According to the Experts

3.4. Анализ патентной активности в области генеративного искусственного интеллекта

Анализ показывает, что российские разработки в области генеративного ИИ ориентированы в первую очередь на практическое применение в промышленности и инженерных дисциплинах, а не на фундаментальные исследования. Это отличает отечественный патентный ландшафт от глобальных трендов, где значительная доля инноваций связана с мультимодальными генеративными моделями (например, GPT, DALL-E). Вместе с тем, наблюдаемый акцент на обучении с подкреплением и генеративных состязательных нейросетях (GAN) в контексте автоматизации и симуляций позволяет

предположить, что в ближайшие годы эти технологии будут востребованы в таких областях, как:

- роботизированное производство (адаптивные системы управления станками и автономными механизмами);
- генерация синтетических данных для обучения ИИ в условиях дефицита реальных данных;
- цифровые двойники сложных технических систем (судовые двигатели, энергетические установки).

Инженерные и прикладные патенты по генеративному ИИ в России¹ (с 2019 по 2023 гг) :

<p>1. ИИ-агент управления судовым двигателем. Автообучающаяся система адаптивного управления. Сфера применения: промышленная автоматизация, судостроение Технология: Обучение с подкреплением, генерация поведения Патент № 0002821616 (2024)</p>	<p>5. Обучение и применение генеративных состязательных нейросетей. Гибкая архитектура генеративных состязательных сетей. Сфера применения: генерация симуляций, синтетические данные Технология: генеративная состязательная нейросеть (GAN) (общее ядро) Патент № 2024113427 (2024)</p>
<p>2. Генерация и трансформация программного кода. Автоматизация изменений в программном коде. Сфера применения: DevOps, инженерный софт, цифр. проектирование Технология: генерация текста/кода, трансформеры Патент № 0002824522 (2024)</p>	<p>6. Генерация инженерных данных с помощью состязательной нейронной сети (GAN). Создание синтетических обучающих выборок. Сфера применения: цифровые двойники, производственный анализ Технология: GAN, data augmentation Патент № 0002819619 (2022)</p>
<p>3. Отладка рекуррентных нейросетей (RNN) для инженерных систем. Инструмент повышения надёжности ИИ-моделей. Сфера применения: прогнозирование, техническая диагностика Технология: анализ и тестирование генеративных RNN Патент № 0002715024 (2020)</p>	<p>7. Прогнозирование молекулярных взаимодействий. Генеративная архитектура для биоинженерии. Сфера применения: биотех, промышленная симуляция Технология: Технология: GAN-CNN Патент № 0002777926 (2022)</p>
<p>4. Оценка релевантности нейросетей. Компонент архитектур генерации решений. Сфера применения: экспертные системы, цифровые интерфейсы Технология: постобработка результатов генерации Патент № 0002703343 (2019)</p>	

При этом ключевым вызовом остается обеспечение надежности и интерпретируемости генеративных моделей, особенно в свете ужесточающихся регуляторных требований к ИИ в промышленности. Дальнейшее развитие данного направления, вероятно, потребует усиления междисциплинарных исследований на стыке машинного обучения, инженерии и компьютерных наук.

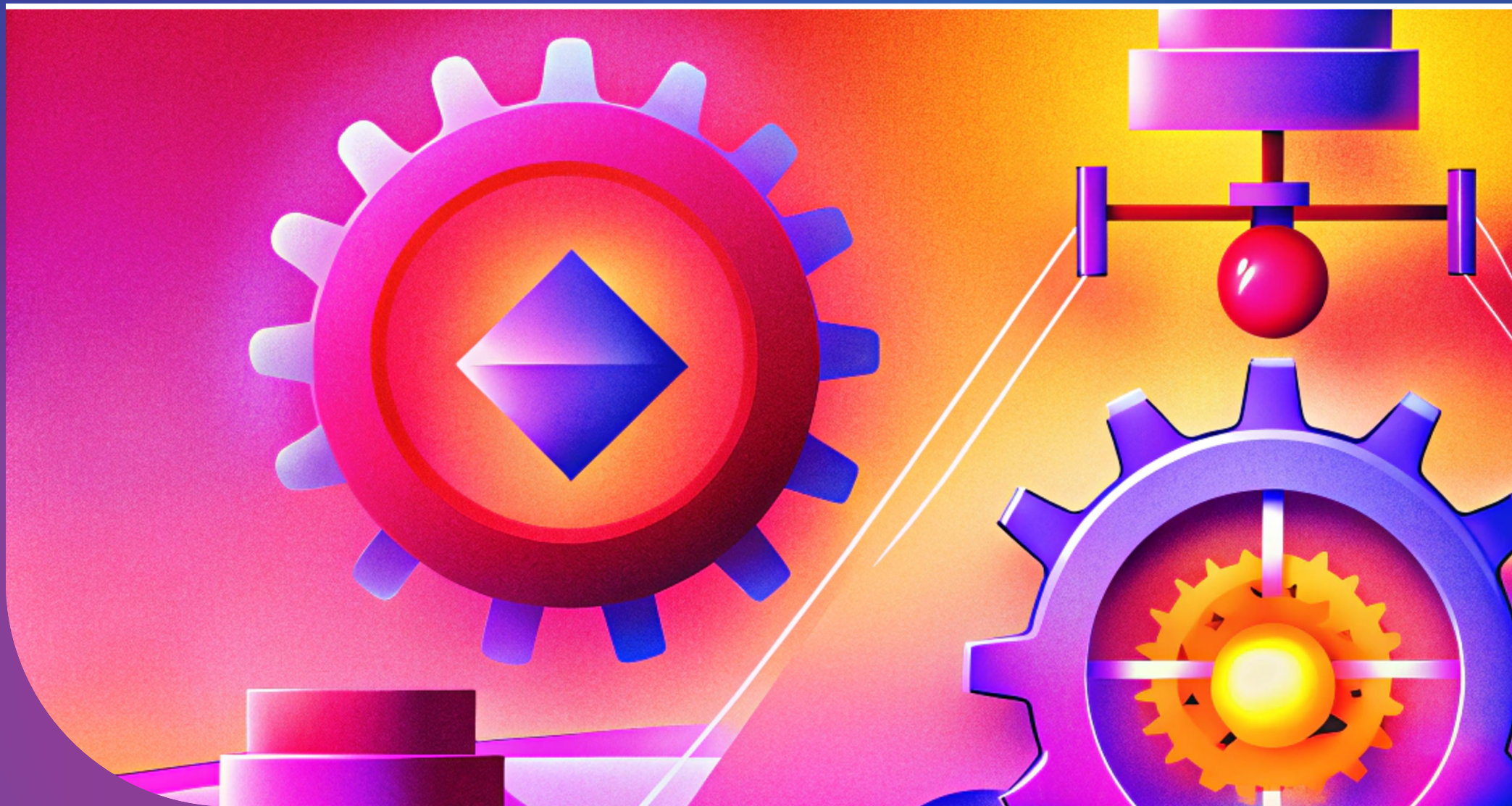
1. Источник патентных данных – WIPO (Всемирная организация интеллектуальной собственности)

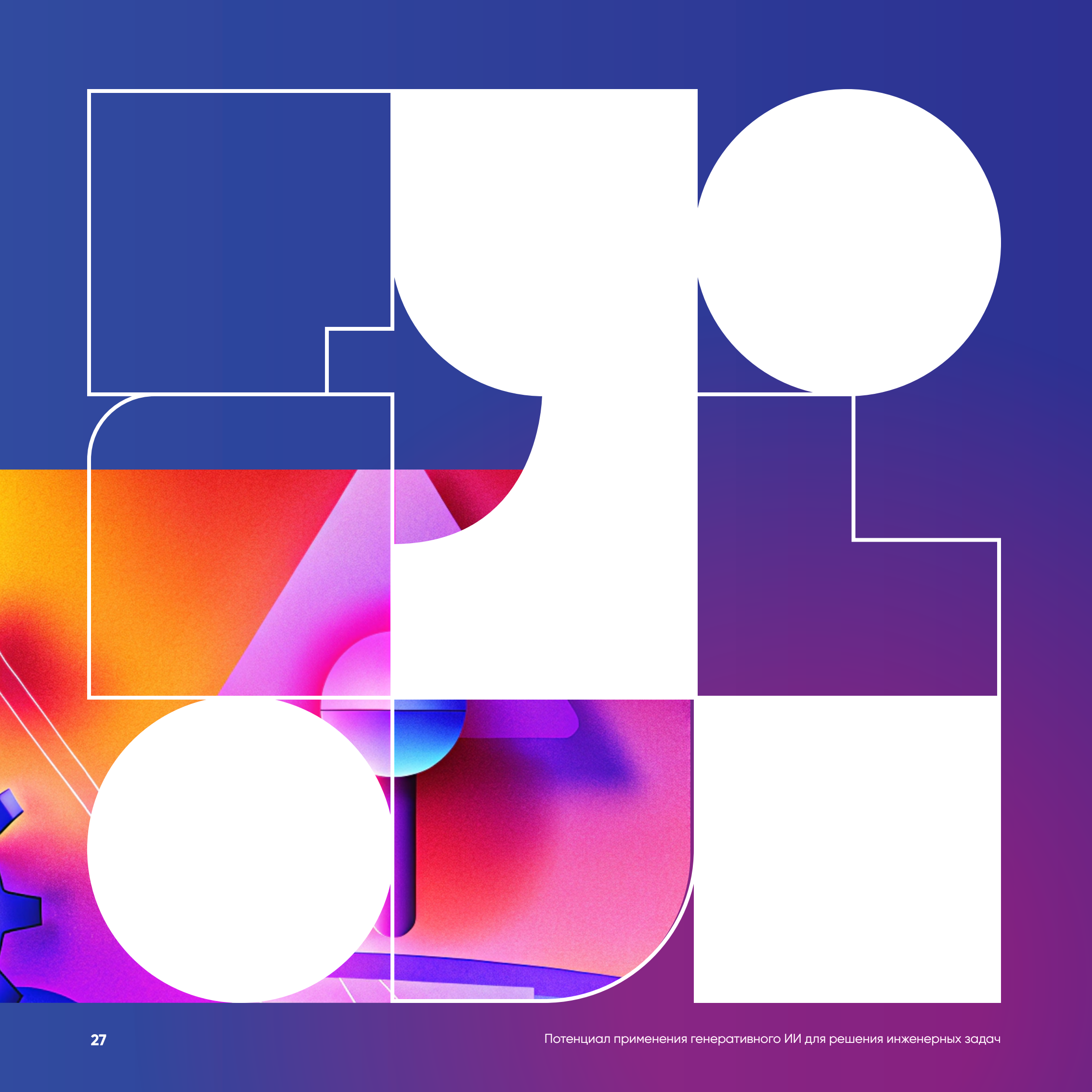
4. Кейсы успешного использования генеративного искусственного интеллекта для решения инженерных задач

4.1 Методика отбора и оценки решений

4.2 Кейсы

4.3 Сопоставление мировых практик и российского потенциала масштабирования





4.1. Методика отбора и оценки решений

Критерии отбора кейсов



Наличие генеративной ИИ-компоненты

Решение включает генерацию новых объектов: моделей, конструкций, текстов, параметров и т.п.



Прикладная применимость в промышленности

Используется в инженерных, производственных, управленческих или R&D-процессах.



Функциональная значимость

Оказывает измеримое влияние на эффективность: сокращение времени, затрат, брака и т.п.



Уровень готовности технологии (TRL)

Доказано пилотом, внедрением или промышленной апробацией. Не гипотеза.



Открытость и воспроизводимость

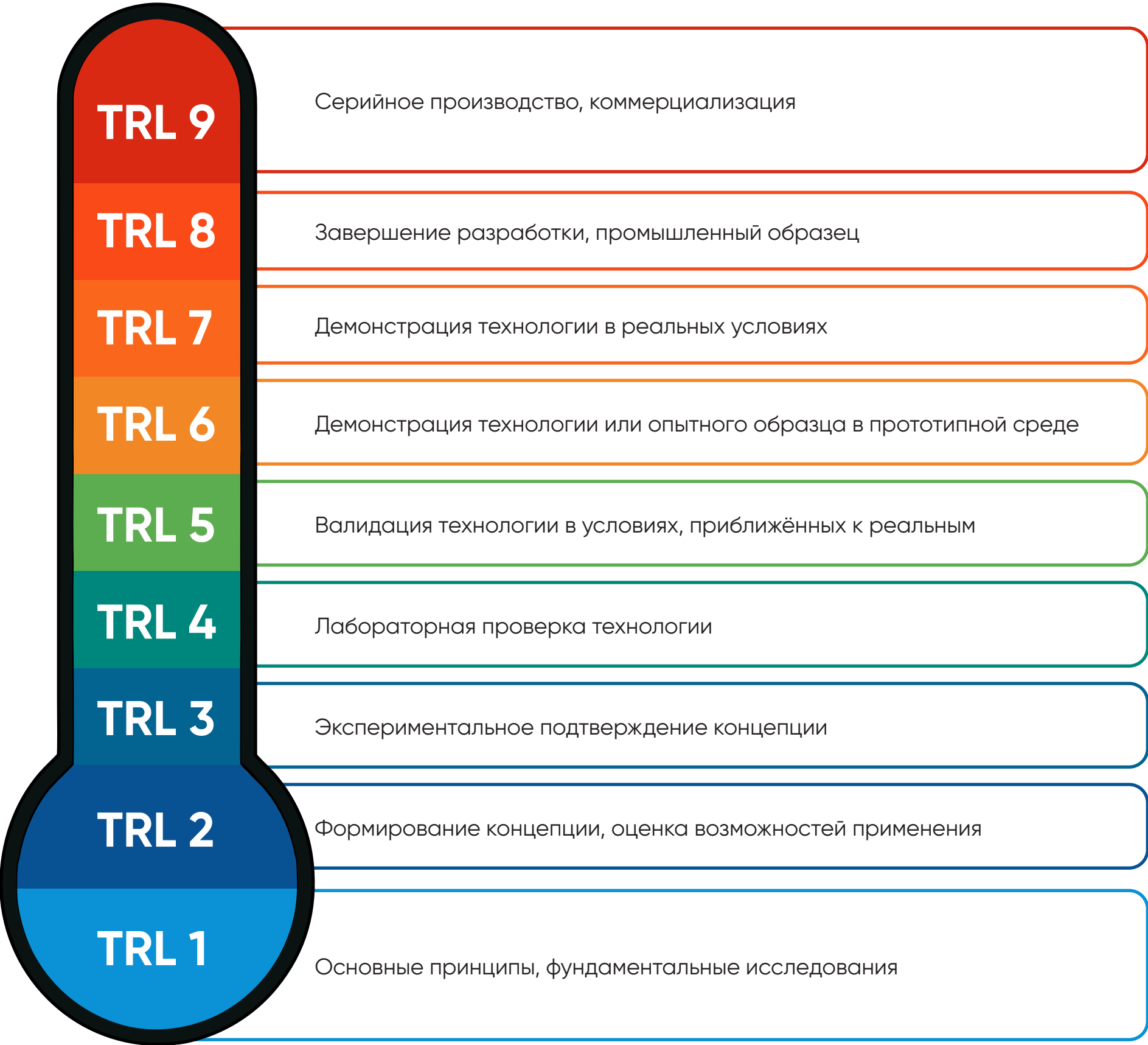
Данные и описание доступны в нескольких различных открытых источниках, кейс верифицируем.



Потенциал масштабирования и тиражирования

Технологию можно тиражировать в других подразделениях или организациях, включая смежные отрасли.

Уровни технологической готовности (TRL)



General Motors: применение генеративного искусственного интеллекта для проектирования автокомпонентов нового поколения



процессы

Конструкторско-технологическая подготовка производства.

стадия

TRL 8 Внедрено для разработки и производства отдельных компонентов, используется в проектировании и прототипировании.

инфраструктурные особенности

On-premise GPU-кластер, интегрированный в инженерную среду. Выбор обусловлен требованием к локальной обработке чувствительных CAD-данных и минимальной задержке.


генеративная модель

Diffusion (+ VAE)

тип технологии

Генеративный дизайн / CAD / CAE / оптимизация конструкции.

разработчик решения



General Motors R&D Center (внутреннее подразделение цифровых разработок)


проблема

Необходимость ускорения разработки новых автокомпонентов с учётом снижения массы, повышения прочности и адаптации к электромобилям. Ограничения по времени и невозможность ручной оптимизации множества параметров.

решение

Компания General Motors использует генеративный ИИ для ускорения проектирования автомобильных компонентов. Система применяется на этапе НИОКР и помогает инженерам быстро создавать и адаптировать варианты деталей. Модель обучена на инженерных данных и чертежах, генерирует конструкции с учётом ограничений по весу, прочности и стоимости. Решение интегрировано с CAD и позволяет сразу тестировать варианты в цифровой среде. В результате снижается время подготовки проектных решений и количество ручных доработок.

заказчик



Дизайнерско-инженерное подразделение GM, направление электромобилей

эффекты

Уменьшение затрат на хранение компонентов на 8 %

Снижение массы деталей на 20 %. Повышение прочности компонентов на 40 %

Повышение надёжности систем автономного вождения на 20 %

Eaton: оптимизация конструкции теплообменников с помощью генеративного искусственного интеллекта



процессы

Конструкторско-технологическая подготовка производства.

стадия

TRL 8 Внедрено для проектирования и производства отдельных изделий, используется в инженерных процессах компании.

инфраструктурные особенности

Локальное размещение на вычислительных мощностях R&D-центра. Решение обеспечивает автономную обработку инженерных моделей и симуляций.

генеративная модель

VAE+Diffusion

тип технологии

Генеративный дизайн / CAD / CAE / цифровая инженерия.

разработчик решения

EAT•N

Eaton R&D Center (внутренний центр инженерных разработок)

проблема

Длительный цикл разработки изделий, высокая материалоемкость конструкций, отсутствие встроенной возможности оптимизации при проектировании.

решение

Внедрение генеративного ИИ-модуля, интегрированного в инженерную платформу. Модель самостоятельно генерирует оптимизированные конструкции теплообменников по заданным параметрам, учитывая прочность, вес и производственные ограничения.

заказчик

EAT•N

Инжиниринговый департамент Eaton

эффекты

Уменьшение себестоимости изделий на 15–25 %

Снижение времени проектирования с 16 до 2 недель (87 %)

Повышение эффективности теплообменника на 30 %

Снижение массы изделий до 80 %

Tecnalia: применение генеративного искусственного интеллекта в моделировании, оптимизации и разработке промышленных компонентов



процессы
НИОКР/Конструкторско-технологическая подготовка.

стадия
TRL 8 Используется для оптимизации и испытаний новых инженерных решений, применяется в опытной эксплуатации.

инфраструктурные особенности
Гибридная архитектура: облачные ресурсы используются для генерации, симуляции и обучения моделей; локальные вычисления применяются при интеграции с промышленными стендами и киберфизическими системами.

генеративная модель
VAE

тип технологии
Генеративный ИИ / CAD / CAE / мультифизическое моделирование.

разработчик решения

Tecnalia Research & Innovation (испанский научно-исследовательский центр)

проблема
Сложность многопараметрического проектирования, низкая скорость подготовки и проверки новых конструктивных решений, высокая стоимость прототипирования.

решение
Применение в инженерных платформах для автоматизированной генерации и оптимизации 3D-моделей компонентов. Создание симуляционных прототипов, оценка параметров, генерация цифровых двойников и быстрая валидация проектных решений без дорогостоящих испытаний.

заказчик
Компании промышленного сектора, сотрудничество с которыми осуществляется в рамках закрытых исследовательских проектов.

эффекты

Сокращение числа физических прототипов

Повышение точности инженерных расчётов

Ускорение передачи разработок в промышленное производство

Ускорение R&D-цикла

Bosch: системное внедрение генеративного искусственного интеллекта в производственные и логистические процессы



процессы

Контроль качества / логистика / производственное планирование / диагностика оборудования.

стадия

TRL 9 Широко внедрено в производственные и логистические процессы компании, применяется в реальных условиях на многих предприятиях.

инфраструктурные особенности

Гетерогенная архитектура: периферийный инференс на производственных площадках и централизованная аналитика на облачной AIoT-платформе.

генеративная модель

GAN + Autoregressive

тип технологии

AI-модуль генеративного и предиктивного анализа / MES / цифровая логистика / визуальный контроль.

разработчик решения

**BOSCH**

Bosch Engineering (внутренние AI-разработки Bosch в рамках платформы Bosch AIoT)

проблема

Высокий уровень производственного брака, большие потери от простоев и логистических отклонений. Отсутствие сквозной цифровой аналитики между производством и цепочками поставок. Низкая предсказуемость нарушений.


решение

Создание интегрированной платформы на базе ИИ, объединяющей генеративную модель анализа производственного брака, предиктивные модели логистики, ИИ-модули контроля качества (в т.ч. визуального). Модели обучаются на производственных данных и предоставляют автоматические предложения по корректирующим действиям в режиме реального времени.

приложение



заказчик

**BOSCH**

Производственные подразделения концерна Bosch

эффекты

Повышение производительности на 6 млн долларов в год

Оптимизация логистики: +7 млн долларов в год

Общий экономический эффект: до 17,7 млн долларов в год.
Снижение уровня брака: экономия 2,2 млн долларов в год


АО «РТ-Техприёмка»: внедрение генеративного ИИ для поддержки инженерных процессов



процессы



Подготовка технических и инспекционных отчётов. Анализ нормативной и регламентной документации. Поддержка инженеров при выявлении и классификации дефектов. Адаптация сотрудников и автоматизация первичного отбор.

разработчик решения



АО «РТ-Техприёмка» (Ростех)

заказчик



АО «РТ-Техприёмка»

стадия

TRL 7–8 Завершено пилотирование, идёт промышленное масштабирование.

проблема

В инженерной и инспекционной практике РТ-Техприёмки используется большое количество нормативных документов, регламентов и стандартов. Их ручной анализ и интерпретация занимают значительное время и требуют высокой квалификации. Подготовка отчётов по результатам контроля качества отнимает часы, отвлекая специалистов от аналитической работы. На фоне кадрового дефицита и высокой нагрузки это снижает эффективность и замедляет принятие решений.

инфраструктурные особенности

Решение развёрнуто во внутреннем (корпоративном) контуре, без доступа к публичным облачным сервисам. Интеграция с корпоративными базами документов, стандартов и отчётности. Все вычисления и хранение данных – в защищённой среде предприятия.

генеративная модель

LLM

тип технологии

Генеративный искусственный интеллект (LLM-ассистент).

решение

Для автоматизации рутинных инженерных задач внедрён LLM-ассистент, интегрированный с корпоративной базой нормативных документов и системой контроля качества. Ассистент принимает голосовые и текстовые запросы, извлекает релевантную информацию, формирует логическую цепочку анализа и генерирует структурированные отчёты. Отдельные модули поддерживают обучение персонала и автоматизируют первичный HR-скрининг. Все компоненты работают в защищённом периметре, с учётом отраслевой терминологии и требований безопасности.

эффекты

Сокращение времени подготовки отчётов

Снижение нагрузки на инженерный персонал

Повышение прозрачности и воспроизводимости решений

Быстрая адаптация новых сотрудников

Северсталь: применение генеративного ИИ для управления технологическим агрегатом непрерывного травления стали



процессы

Управление производственным оборудованием / оптимизация скорости линии / цифровое управление.

стадия

TRL 8–9
Внедрено и эксплуатируется в промышленном производстве на одном заводе с перспективой масштабирования.

инфраструктурные особенности

Решение работает на собственной вычислительной инфраструктуре «Северстали». Обеспечивается технологическая независимость, контроль над данными и соответствие требованиям информационной безопасности.

генеративная модель

Генеративно- состязательная сеть (GAN) + обучение с подкреплением.

тип технологии

Оптимизация технологического процесса / цифровой двойник / предиктивное управление

разработчик решения

Северсталь

Северсталь Диджитал

заказчик

Северсталь

Промышленное подразделение «Северсталь», автоматизация технологических процессов

проблема

Ранее управление скоростью средней части НТА-3 осуществлялось в полуавтоматическом режиме. В АСУ ТП была внесена таблица скоростей для средней части, где значения зависели от толщины проката, его ширины и температуры смотки металла. Данные в таблице были расчетно-экспертными и основывались на опыте предыдущей прокатки. Необходимая скорость подбиралась по таблице и устанавливалась 1 раз за время производства конкретной полосы, что снижало гибкость линии и в некоторых случаях вело к неоптимальным режимам работы.

решение

Модель управляет скоростью агрегата в режиме реального времени, значение скорости задается на уровень АСУ ТП в автоматическом режиме. Подход к управлению скоростью основан на представлении линии как системы ограничений. Целью модели является определение скорости средней части агрегата, позволяющей в каждый момент времени остаться в допустимых границах и при этом достигать максимально возможную скорость транспортировки полосы. К модели подключен интеллектуальный агент, в основе которого содержится алгоритм глубокого машинного обучения (reinforcement learning), что позволяет увеличить производительность за счет исследования среды цифрового двойника и обучения на сочетаниях параметров, которые создает специально для него генеративно-состязательная сеть. Модель вычисляет скорость управления агрегатом, а агент корректирует ее для достижения оптимального результата.

эффекты

Производительность агрегата НТА-3 увеличена более чем на 6,5 %

Более точная настройка скорости

Гибкость и безопасность производственного процесса

«СИБУР»: применение генеративного ИИ для диагностики и предиктивного обслуживания промышленного оборудования



процессы

Диагностика оборудования, анализ технического состояния, предиктивное обслуживание.

стадия

TRL 7–8 Решение проходит пилотные внедрения и опытную эксплуатацию для поддержки диагностики и обслуживания оборудования.

инфраструктурные особенности

Решение работает в корпоративной среде «СИБУРа» с доступом к телеметрии от десятков тысяч агрегатов (≈150 параметров на каждый). Использует исторические данные по инцидентам, инструкции по эксплуатации и протоколы ремонтов. Взаимодействие с инженером – через чат-бот-интерфейс.

генеративная модель

LLM + RAG (retrieval-augmented generation) на основе исторических инцидентов.

тип технологии

Выявление аномалий, анализ нештатных ситуаций, поддержка решений инженеров.

разработчик решения

СИБУР

«СИБУР» совместно с партнёрами («Сбер» / «ЦРТ»)

заказчик

СИБУР

Инженерно-диагностические службы производств «СИБУРа»

проблема

На крупных производствах СИБУРа эксплуатируются десятки тысяч единиц оборудования. Каждое устройство генерирует сотни параметров телеметрии, а количество потенциальных неисправностей – огромно. Инженеры сталкиваются с перегрузкой информации, разрозненными источниками данных и высоким давлением при принятии решений. Потребовалось решение, которое могло бы обобщать аномалии, объяснять возможные причины и рекомендовать действия.

решение

Решение на базе генеративной модели, обученной на реальных случаях инцидентов и протоколов ремонтов. Модель получает на вход аномальные параметры (например, перегрев, вибрации, падение давления) и в диалоговом режиме: формулирует возможные гипотезы неисправности, предлагает наиболее вероятные причины и сценарии устранения, предоставляет обоснование, ссылаясь на похожие случаи из базы инцидентов. Технологически используется LLM в формате RAG (retrieval-augmented generation) – это позволяет ссылаться на реальные внутренние документы. Интерфейс – чат-бот для инженеров-диагностов.

эффекты

Повышение скорости диагностики сложных аномалий

Снижение доли ошибок, связанных с человеческим фактором

Быстрое вовлечение новых сотрудников за счёт автоматической поддержки

Единое цифровое окно для анализа нештатных ситуаций

Siemens: генеративный искусственный интеллект как часть экосистемы цифрового инжиниринга на платформе Xcelerator



процессы

Цифровое проектирование / симуляционное моделирование / PLM / разработка изделий.

стадия

TRL 7-8 Технология внедряется и используется как промышленное решение в цифровых инженерных платформах Siemens.

инфраструктурные особенности

Облачная модель (SaaS). Поддерживается интеграция с локальными ИТ-системами через API и коннекторы.

генеративная модель

Diffusion (+ LLM)

тип технологии

Генеративный ИИ / CAD / CAE / цифровые двойники / Xcelerator / Teamcenter

разработчик решения

SIEMENS

Siemens Digital Industries Software (подразделение Siemens, развивающее платформу Xcelerator и Teamcenter)

заказчик

Инжиниринговые и производственные компании — пользователи Siemens Xcelerator (включая Airbus, BMW, Lockheed Martin и др.).

проблема

Отсутствие единой цифровой среды, позволяющей быстро проектировать и адаптировать изделия под реальные эксплуатационные условия и производственные ограничения. Процесс разработки сложных изделий требует множества итераций между моделированием, симуляцией и созданием 3D-моделей, что увеличивает сроки и затраты.

решение

В рамках платформы Siemens Xcelerator внедрены генеративные модели искусственного интеллекта, интегрированные в инженерные инструменты (NX, Simcenter, Teamcenter). Генеративный ИИ позволяет автоматически создавать проектные решения по заданным требованиям, генерировать 3D-модели, оптимизировать их под физические и производственные ограничения, а также использовать эти модели в составе цифровых двойников для проверки и доработки. Это сокращает количество итераций, ускоряет проектирование и повышает качество финальных инженерных решений.

эффекты

Повышение точности и технологичности конструкций

Сокращение времени на разработку изделий

Возможность интеграции сторонних генеративных ИИ через открытые API Siemens

Уменьшение числа итераций при тестировании

Genix Copilot: генеративный искусственный интеллект для повышения эффективности промышленных операций



процессы

Производственные операции, операционная аналитика, ESG.

стадия

TRL 7 Решение используется в реальных промышленных проектах, но пока внедряется точно под конкретных заказчиков.

инфраструктурные особенности

Полностью облачное развёртывание на платформе Microsoft Azure. Используются LLM через Azure OpenAI.


генеративная модель

Diffusion (+ LLM)

тип технологии

Операционная аналитика, производственное управление.

разработчик решения

**Microsoft**

ABB, Microsoft

проблема

Длительное время на диагностику оборудования, высокая нагрузка на техподдержку, необходимость выездов инженеров.

решение

Genix Copilot – цифровой помощник в экосистеме ABB Ability, использующий генеративный искусственный интеллект на базе больших языковых моделей (LLM). Генеративный ИИ позволяет не просто находить информацию, а самостоятельно формулировать ответы, рекомендации и инструкции по эксплуатации и обслуживанию оборудования. Модель обучена на технической документации, логах, данных с датчиков и сценариях эксплуатации и способна создавать новые, контекстуально релевантные объяснения и действия на основе пользовательских запросов. Это обеспечивает интеллектуальную поддержку инженеров и операторов в реальном времени, снижает время на диагностику и повышает точность решений на производстве.

заказчик




ABB (для промышленного сектора)

эффекты

Сокращение затрат на время выхода из строя и простои

Снижение времени решения инцидентов

Рост показателя first-time fix до 50 %

Повышение качества клиентского сервиса

Synthetica: генерация синтетических данных для обучения промышленных ИИ-моделей (NVIDIA)



процессы

Обучение моделей компьютерного зрения для промышленных роботов: обнаружение объектов, оценка позы, контроль качества, автоматизация сборки.

стадия

TRL 8 Промышленная платформа используется для генерации обучающих данных и подготовки моделей в реальных проектах, но конечное внедрение зависит от внешних заказчиков.

разработчик решения



NVIDIA (Omniverse Isaac Sim, Replicator)

заказчик

Промышленные компании и интеграторы робототехнических систем, нуждающиеся в обучении систем компьютерного зрения для кастомных объектов.

инфраструктурные особенности

Гибридная модель: генерация данных в облаке (DGX Cloud), инференс – на edge-устройствах.

генеративная модель

Diffusion (+ GAN)

тип технологии

Роботизированные производственные системы, цифровые двойники, машиностроение, логистика.

решение

В системе применяется генеративный искусственный интеллект для создания обучающих данных, необходимых роботам для точного распознавания объектов. Сначала используются модели искусственного интеллекта, которые автоматически создают трёхмерные формы предметов и их визуальные описания – такие как форма, цвет, текстура и другие особенности. Среди них – модели, сочетающие понимание текста и изображения, а также нейросети, способные по описанию сформировать внешний вид объекта. После этого в специальной платформе создаются сотни тысяч уникальных сцен: объекты по-разному размещаются в пространстве, изменяются материалы, освещение, фоны и ракурсы. Всё это происходит автоматически – каждая сцена уникальна. В результате формируется более 2,7 миллиона изображений, снабжённых точной разметкой: где находится каждый объект, как он повернут, какие у него границы. На этих данных обучаются системы технического зрения, которые применяются в производстве: они позволяют роботам находить нужные детали, захватывать их, собирать и проверять на соответствие. Благодаря такому подходу обучение роботов становится быстрее, дешевле и охватывает больше возможных ситуаций, чем в случае работы только с реальными фото или видео.

эффекты

Снижение затрат на сбор и разметку данных до 80 % по сравнению с традиционными методами

Быстрый запуск робосистем в новых условиях благодаря универсальным моделям восприятия

Быстрая адаптация компьютерного зрения к новым объектам, освещению и фону без съёмки и разметки

RoboGen: автоматическое обучение роботов на основе генеративного ИИ



процессы

Обучение производственных роботов: захват объектов, перемещение, сборка, взаимодействие с инструментами и элементами оборудования.

стадия

TRL 5–6 Экспериментальный прототип, доступен в исследовательской среде для разработки и тестирования сценариев обучения роботов.

инфраструктурные особенности

Полностью автономная edge-инфраструктура с замкнутым LLM-контуром и локальной координацией исполнительных устройств.

генеративная модель

Autoregressive (LLM) + Diffusion

тип технологии

Роботизированные участки сборки и сортировки, взаимодействие с нестандартизированными объектами, цифровые симуляции для подготовки реальных сценариев.

разработчик решения



Консорциум: DeepMind, Stanford, CMU, UMass Amherst, MIT-IBM Lab, Tsinghua

проблема

Обучение роботов новым действиям и сценариям требует больших затрат времени, программирования и экспериментов в реальной среде. Это ограничивает гибкость и масштабируемость роботизированных производств, особенно при появлении новых объектов или задач.

решение

В системе RoboGen используется генеративный искусственный интеллект на всех этапах подготовки обучающего процесса для робота. Генеративные модели (включая GPT-4, Midjourney, Zero-1-to-3) автоматически: создают описание задачи, которую должен выполнить робот; генерируют 3D-объекты и сцену, в которой задача будет происходить; размещают объекты, настраивают физические параметры и избегают коллизий; формируют правила обучения: условия успеха, цели, награды; выбирают подходящий метод обучения (например, обучение с подкреплением или планирование). Робот затем обучается в симулированной среде, где всё — от задачи до обучения — сгенерировано без участия человека. Полученные навыки можно перенести на реальные производственные участки.

заказчик

Потенциальные пользователи — производственные предприятия и исследовательские лаборатории, использующие роботов для сложных манипуляций и адаптивного обучения в симуляции.

эффекты

Снижение затрат на обучение роботов за счёт отказа от ручного программирования и настройки симуляций

Ускорение подготовки робота к новым производственным задачам; сокращение времени от идеи до прототипа

Возможность массового обучения роботов в симуляции с последующим переносом в физическую среду

Автоматическое масштабирование обучающих сценариев без вмешательства оператора

Huawei: Внедрение генеративного искусственного интеллекта в сталелитейной промышленности



процессы

Производственные процессы в сталелитейной промышленности: плавка, прокат, контроль качества.

стадия

TRL 7 Пилотное внедрение в сталелитейном производстве: система протестирована в реальных условиях на одном заводе и готовится к масштабированию на другие участки.

инфраструктурные особенности

On-premise кластер на базе Ascend 910B в промышленном ЦОДе. Архитектура адаптирована под регуляторные требования.

генеративная модель

Autoregressive (LLM)

тип технологии

Генеративный искусственный интеллект: модель Pangu (модель предиктивной аналитики на базе архитектуры LLM и прогнозных моделей).

разработчик решения



Huawei

проблема

Производственные процессы в металлургии требуют высокой точности и оперативного принятия решений. Управление крановой логистикой, мониторинг состояния оборудования, контроль качества продукции – всё это ранее выполнялось вручную, что приводило к ошибкам, потерям ресурсов и высокой нагрузке на персонал.

решение

Huawei внедрила генеративный ИИ Pangu для сталелитейного производства, который анализирует данные в реальном времени и оптимизирует управление по следующим направлениям. Планирование крановых операций: рассчитывает маршруты и расписания работы мостовых кранов, обновляя планы каждые 30 минут и сокращая время реакции до 1 минуты. Контроль качества продукции: управляет камерами для 180-градусной визуальной инспекции, автоматически выявляя дефекты на конвейере. Мониторинг оборудования: обрабатывает видеопотоки и телеметрию, выявляя износ с точностью до 98 %, что исключает необходимость ручных осмотров. Прогнозирование параметров сталеплавления: предсказывает температуру и химический состав стали на каждом этапе, минимизируя отклонения и потери энергии. Система интегрируется с ИТ-средами и позволяет масштабировать решения, обеспечивая автоматизацию принятия решений, сокращение затрат и повышение стабильности процессов.

заказчик



Hunan Valin Xiangtan Iron and Steel Co., Ltd. (XISC)

эффекты

Снижение затрат на материалы, энергию, НИОКР, документацию

Сокращение сроков проектирования, повышение качества конструкций, снижение итераций

Оптимизация производственных режимов, снижение ошибок и дефектов, повышение точности и надёжности операций

Масштабируемость решений и рост технологической зрелости

FANUC: использование искусственного интеллекта для предиктивного обслуживания сервоприводов



процессы
Производство, обслуживание станков с ЧПУ.

стадия
TRL 8 Программное обеспечение доступно для промышленного внедрения на станках с ЧПУ FANUC, доказано в эксплуатации, но ещё не стало стандартом во всех отраслях.

инфраструктурные особенности
Edge-размещение. Модуль анализа встроен в промышленное оборудование (ЧПУ).

генеративная модель
VAE

тип технологии
Машинное обучение для предиктивного обслуживания.

разработчик решения



FANUC

заказчик
FANUC (внутренние производственные и инженерные подразделения, а также клиенты FANUC, использующие станки с ЧПУ).

проблема
В условиях современного производства оборудование становится всё более сложным, а производственные процессы – динамичными и вариативными. Возникает необходимость в системах, которые способны предсказывать потенциальные сбои заранее, обеспечивая более высокую надёжность, снижение простоев и оптимизацию затрат на обслуживание.

решение
Введена интеллектуальная система предиктивного обслуживания, основанная на генеративных моделях искусственного интеллекта. Система обучается на данных о нормальной работе оборудования (например, сервоприводов станков с ЧПУ) и формирует вероятностную модель «здорового» состояния. На основе этой модели генеративный ИИ способен: генерировать прогнозы будущих рабочих состояний системы, выявлять отклонения от нормы ещё до появления явных симптомов неисправности, оценивать вероятность наступления отказа в заданный временной интервал. Такой подход позволяет реализовать проактивное и адаптивное техническое обслуживание, снижая издержки, увеличивая срок службы компонентов и минимизируя внеплановые простои.

эффекты

Снижение затрат на внеплановый ремонт и тех. обслуживание за счёт перехода к предиктивной модели (до 30 %)

Предиктивное обслуживание

Снижение вероятности незапланированных простоев

Увеличение срока службы оборудования

Ansys TwinAI: интеграция искусственного интеллекта в цифровые двойники для оптимизации производства



процессы

Инженерное проектирование, симуляционное моделирование, разработка цифровых двойников.

стадия

TRL 8–9 Продукт Ansys TwinAI доступен на рынке и успешно применяется в промышленности, находится на этапе масштабируемого внедрения и интеграции.

инфраструктурные особенности

Гибкий сценарий: SimAI доступен в облаке и для локального размещения в защищённых средах.

генеративная модель

Flow-based (+ VAE)

тип технологии

Генеративный искусственный интеллект для симуляционного моделирования и цифровых двойников.

разработчик решения



Ansys

заказчик

Промышленные компании в автомобилестроении, аэрокосмосе, судостроении, микроэлектронике.

проблема

Традиционные инженерные симуляции (CFD, FEA и др.) требуют больших вычислительных ресурсов и времени, особенно при исследовании множества вариантов конструкции. Цифровые двойники зачастую не адаптируются к меняющимся условиям и плохо масштабируются при недостатке физической информации.

решение

Ansys разработала платформу SimAI, которая применяет генеративные модели искусственного интеллекта для ускоренного предсказания результатов инженерных симуляций. Модель обучается на исторических данных расчётов (CFD, FEA и др.), включая геометрию и физические параметры, и затем генерирует непрерывные поля отклика (давление, температура, напряжения) для новых конструкций – без необходимости запускать традиционные симуляторы. Используемые нейросетевые представления позволяют воссоздавать физические поля по геометрии объекта, что особенно эффективно при вариативном проектировании и множественных итерациях. Параллельно, решение TwinAI использует генеративные методы для построения адаптивных цифровых двойников, включая синтез виртуальных сенсоров и прогнозирование поведения оборудования в реальном времени. Это обеспечивает гибкость моделей, точность и их способность адаптироваться к изменениям условий эксплуатации.

эффекты

Сокращение затрат на моделирование (до 90 % при множественных сценариях)

Оптимизация процессов обслуживания

Повышение общей эффективности производства

Поддержка виртуального тестирования и ускоренной валидации

BIOCAD: Применение генеративного искусственного интеллекта в разработке новых лекарственных молекул



процессы

Биотехнологии, фармацевтика, разработка лекарственных препаратов для лечения онкологических и аутоиммунных заболеваний.

стадия

TRL 6–8 Технология активно используется в текущих проектах компании, проходит опытную эксплуатацию и внедряется в реальные разработки новых лекарственных препаратов.

инфраструктурные особенности

Комбинация on-prem CPU-кластера и облачных GPU для масштабируемой генерации и дообучения.

генеративная модель

VAE (+ GAN, Flow)

тип технологии

Генеративный искусственный интеллект, включающий методы компьютерного моделирования и structure-based drug design.

разработчик решения

BIOCAD

BIOCAD

заказчик

BIOCAD

BIOCAD Внутренние исследовательские и разработческие подразделения компании.

проблема

Традиционные методы поиска и разработки новых лекарственных молекул требуют значительных временных и финансовых затрат, что замедляет процесс вывода на рынок эффективных препаратов для лечения различных заболеваний.

решение

BIOCAD применяет технологию structure-based drug design, которая использует методы компьютерного моделирования для направленного поиска молекул. С помощью математического моделирования отобранная молекула оптимизируется под конкретную мишень, а затем воспроизводится в лабораторных условиях. Это позволяет значительно ускорить процесс разработки и повысить эффективность создаваемых препаратов.

эффекты

Повышение эффективности и снижение затрат на исследования и разработку

Ускорение процесса разработки новых лекарственных препаратов

AWS: оптимизация процессов цепочки поставок с помощью генеративного искусственного интеллекта



процессы

Управление цепочками поставок, логистика, интеграция данных.

стадия

TRL 7 Решение внедрено и доступно для клиентов AWS, применяется в реальных условиях управления цепочками поставок, но ещё не масштабировано на всех клиентов и процессы.

инфраструктурные особенности

Облачная инфраструктура AWS с использованием Trainium UltraCluster и платформы Bedrock. Решение реализовано как сервис.

генеративная модель

Autoregressive (LLM)

тип технологии

Генеративный искусственный интеллект, использующий крупные языковые модели (LLM) для автоматизации обработки данных.

разработчик решения



Amazon Web Services (AWS)

проблема

Компании сталкиваются с трудностями при интеграции данных из различных источников для эффективного управления цепочками поставок. Обработка данных вручную занимает много времени и подвержена ошибкам, что приводит к снижению эффективности и увеличению затрат.

решение

AWS внедрила генеративный искусственный интеллект на базе крупных языковых моделей (LLM) через платформу Amazon Bedrock для поддержки системы AWS Supply Chain. Модель автоматически обрабатывает неструктурированные документы (контракты, заявки, отчёты), извлекая из них смысловую информацию и преобразуя её в структурированные форматы, пригодные для последующего анализа. Решение закрывает ключевую инженерную задачу – унификацию и согласование разрозненных данных, поступающих от разных участников цепочки поставок, в том числе из производственных подразделений. Это позволяет компаниям быстрее формировать прогнозы, выявлять риски дефицита или задержек и точнее выстраивать производственные и логистические графики. Модель может быть дообучена под специфику отрасли и не требует построения собственной ИИ-инфраструктуры.

заказчик

Компании, использующие AWS Supply Chain, – логистика, дистрибуция, ритейл.

эффекты

Снижение времени и затрат на ручную обработку данных

Автоматизация интеграции и обработки данных

Улучшение видимости и управления цепочками поставок

Skoltech: полный цикл проектирования и сборки изделий с применением генеративного ИИ



процессы

Проектирование изделий, подготовка цифрового производства, внутренняя логистика, роботизированная сборка.

стадия

TRL 5 Разработан и действует лабораторный прототип системы с генеративным ИИ для автоматизации проектирования и производства, находится на этапе тестирования в условиях, приближённых к реальным.

инфраструктурные особенности

Edge-среда. Все вычисления и управление выполняются в локальной экспериментальной инфраструктуре.

генеративная модель

Autoregressive (LLM)+Diffusion

тип технологии

Генеративный дизайн, автоматизированное 3D-производство, цифровые производственные ячейки, индивидуализированное изготовление изделий.

разработчик решения

Skoltech

Сколковский институт науки и технологий (Skoltech), лаборатория интеллектуальной робототехники (Intelligent Robotics Lab) вместе с западными партнерами

заказчик

Потенциальные заказчики — предприятия с гибкой автоматизированной сборкой и экспериментальные производственные ячейки.

проблема

Классические производственные процессы требуют ручной настройки оборудования, проектирования и координации между этапами. Это снижает гибкость, ограничивает масштабируемость и мешает быстрому выпуску единичных изделий.

решение

Разработан прототип производственной IoT-системы, управляемой генеративным ИИ (LLM). Система получает текстовое описание изделия, генерирует CAD-модель, G-code, координирует печать, логистику и роботизированную сборку. Все действия выполняются распределёнными устройствами (3D-принтеры, дроны, манипуляторы), объединёнными в автономную IoT-сеть. Система преобразует текстовое описание в трёхмерную модель конструкции, автоматически генерирует инструкции для 3D-печати, сборки и логистики, а затем координирует исполнение задач: изделие изготавливается на 3D-принтере, доставляется дронами и собирается роботами по сгенерированному плану. Производственный процесс реализуется без участия человека, включая проектирование, транспортировку и сборку.

эффекты

Снижение совокупных затрат на проектирование и производство до 70 % за счёт автоматизации ключевых этапов

Сокращение времени проектирования более чем в 45 раз (с 23,5 до 0,5 минуты)

Сокращение производственного цикла в 4,4 раза

IndustrialNeRF: генерация цифрового двойника объекта по 2D-изображениям



процессы

Визуальный контроль и документирование промышленных объектов.
Создание и обновление цифровых двойников оборудования.
Подготовка 3D-моделей для моделирования и виртуальных испытаний.
Автоматизация 3D-реконструкции в производственной и инженерной среде.

разработчик решения



Hunan University, Beihang University, Tsinghua University (Shenzhen), HKUST (Guangzhou)

заказчик

Предприятия, создающие цифровые двойники оборудования при ограниченном доступе к 3D-сканированию (мелкие и средние производственные компании, инженеринговые отделы).

проблема

Создание точных 3D-моделей промышленных объектов для цифровых двойников требует использования специализированных 3D-сканеров и ручной постобработки, что затрудняет внедрение технологии в реальном производстве. Особенно это критично при работе с объектами сложной геометрии и ограниченным доступом к ракурсам.

инфраструктурные особенности

Локальное размещение на рабочих станциях.
В перспективе – перенос на edge или в облако в зависимости от сценария.

генеративная модель

Diffusion Implicit neural generative models (NeRF)

стадия

TRL 4 Лабораторная реализация системы подтверждена, продемонстрирована высокая точность, но промышленное внедрение пока не зафиксировано.

тип технологии

Генеративная нейросеть NeRF (Neural Radiance Fields)
Обучение без учителя (unsupervised learning)
Восстановление 3D-модели из 2D-изображений.

решение

Разработана система, которая позволяет создавать 3D-модель промышленного объекта на основе обычных фотографий, сделанных с разных сторон. Вместо использования 3D-сканеров или ручной обработки применяется нейросеть нового поколения – NeRF (Neural Radiance Fields). Она «учится» по снимкам и восстанавливает форму, объём, цвет и даже внутреннюю структуру объекта, дорисовывая недостающие части. Это позволяет быстро и точно строить цифровые двойники оборудования без дорогостоящих инструментов и подготовки данных.

эффекты

Удешевление и ускорение 3D-моделирования

Повышение точности цифровых двойников

Возможность применения без сканеров и ручной разметки

**Amrita Vishwa Vidyapeetham:
обнаружение аномалий
в промышленной среде и IoT
с использованием VAE и BiLSTM**



процессы

Мониторинг оборудования и систем управления. Анализ временных рядов с датчиков. Сигнализация по предиктивным аномалиям. Интеллектуальное обслуживание оборудования.

стадия

TRL 5–6 Экспериментально проверено на реальных промышленных данных, возможно внедрение в цифровую инфраструктуру производств и IoT-системах.

инфраструктурные особенности

Модель обучалась и тестировалась на открытых промышленных датасетах в исследовательской среде. Развёртывание предполагалось в гибридной архитектуре: локальная обработка данных с IoT-устройств и возможность обучения на удалённых вычислительных ресурсах (GPU-кластерах университетов).

генеративная модель

Variational Autoencoder (VAE)

тип технологии

Генеративный искусственный интеллект для тепловых цифровых двойников и мониторинга в аддитивном производстве.

разработчик решения



Amrita Vishwa Vidyapeetham, Индия
(Amrita School of Computing, Coimbatore)

проблема

На промышленных объектах и в IoT-сетях трудно заранее выявлять сбои оборудования и скрытые аномалии. Стандартные методы плохо работают с несбалансированными данными (аномалий мало), из-за чего растут риски сбоев, простоев и аварийных ситуаций.

решение

Разработана система на основе генеративной модели VAE, в которую встроена двунаправленная рекуррентная сеть BiLSTM. Модель обучается на нормальных данных и выявляет отклонения, сравнивая фактические сигналы с теми, которые она «ожидает» в норме. Дополнительно применяется динамическая функция потерь, позволяющая адаптироваться к особенностям аномальных данных. Система успешно протестирована на реальных промышленно-технологических датасетах SKAB и TEP, включая насосы, клапаны, двигатели, датчики давления и температуры.

заказчик

Промышленные предприятия с мониторингом по IoT-данным; тестирование проведено на открытых наборах SKAB (Skoltech) и TEP (Eastman).

эффекты

Предиктивное обслуживание и раннее предупреждение отказов

Снижение числа внеплановых остановок

Повышение надёжности и безопасности производства

NUAA: внедрение генеративного ИИ для предиктивного обслуживания оборудования



процессы

Предиктивное обслуживание, мониторинг состояния оборудования.

стадия

TRL 7–8 Система внедрена в производственных условиях, проходит пилотные испытания и опытную эксплуатацию, готовится к масштабированию.

инфраструктурные особенности

Локальное (on-premise) размещение системы в производственном цехе. Обработка сигналов с датчиков осуществляется в пределах предприятия, без передачи данных во внешние среды. Обучение модели проводится на основе накопленных данных внутри ИТ-инфраструктуры заказчика. Решение интегрировано в промышленную систему мониторинга оборудования.

генеративная модель

LSTM-GAN (Long Short-Term Memory + Generative Adversarial Network).

тип технологии

Прогнозирование отказов на основе синтетических сценариев и анализа аномалий в производственных данных.

разработчик решения



Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (NUAA), Китай

проблема

Данных о поломках недостаточно, а обычные системы не умеют отличать незначительные отклонения от настоящих проблем. В итоге возникают внеплановые простои, срочный ремонт и потеря временных и финансовых ресурсов.

решение

На производстве внедряют систему на базе генеративного искусственного интеллекта, которая предсказывает поломки до их возникновения. Она использует нейросеть GAN, чтобы создавать возможные сценарии отказов – это помогает системе учиться даже при нехватке данных. Модель анализирует сигналы с датчиков (вибрация, ток, шум) и оценивает состояние каждой машины. В результате предприятие заранее знает, что и когда может выйти из строя, и планирует техобслуживание без простоев и аварий.

заказчик

Производственное предприятие (КНР, г. Уси); испытания проведены в промышленном умном цеху с реальными машинами и SCADA-системой.

эффекты

Снижение затрат на диагностику и обслуживание

Точность прогнозов до 99,7 %, раннее выявление проблем

Меньше простоев, адаптивный график ТО

Автоматическое принятие решений без ручной настройки моделей

G-LED: генерация турбулентных потоков и ускорение инженерных симуляций с помощью генеративного ИИ



процессы

Инженерное проектирование оборудования CFD-симуляции в машиностроении и вентиляции. Тестирование обтекателей, каналов, резервуаров. Расчёты давления и завихрений в производственной среде. Поддержка цифровых двойников.

стадия

TRL 5 Лабораторная реализация модели с подтверждённой готовностью к промышленному пилоту в инженерных центрах и НИОКР.

инфраструктурные особенности

Обучение и тестирование модели проводятся в исследовательской среде на облачных и локальных GPU-ресурсах (университетский кластер). Предполагаемое развёртывание решения – в гибридной архитектуре: вычисления могут выполняться как в ЦОДах инженерных подразделений, так и в облаке, с интеграцией в PLM/CAE-среду.

генеративная модель

Diffusion Models

тип технологии

Генеративное моделирование физических процессов / Ускорение симуляций на основе ИИ.

разработчик решения



HARVARD
UNIVERSITY

Harvard University, Computational Science and Engineering Lab

проблема

В машиностроении, энергетике и других отраслях, где проектируются реальные физические объекты (например, вентиляторы, трубы, теплообменники, промышленные обтекатели), часто нужно точно рассчитать, как через них будет течь воздух, вода или газ. Такие симуляции называются CFD (computational fluid dynamics) и требуют колоссальных вычислений: дни, а иногда недели работы даже на суперкомпьютере. Это тормозит разработку и делает точный цифровой анализ дорогим и доступным только крупнейшим компаниям.

решение

Разработан подход на основе генеративного искусственного интеллекта, который позволяет моделировать сложные физические процессы (например, движение жидкости или газа) быстро и с высокой точностью. Метод сочетает два компонента: авторегрессионную модель, обучающуюся на упрощённой (латентной) картине поведения среды, и диффузионную нейросеть, которая восстанавливает из этой упрощённой формы детализированное физическое состояние – давление, скорость, вихри и т. д. Система воспроизводит поведение потока на основе обученных шаблонов, без необходимости заново решать уравнения механики. Это даёт значительный прирост в скорости: расчёты, занимавшие часы или дни, теперь выполняются за минуты. Технология протестирована на инженерных задачах (обтекание препятствий, турбулентность в канале и др.) и может применяться в производственном проектировании – при создании теплообменников, систем вентиляции, насосов и другого оборудования, где важны точные симуляции потоков.

заказчик

Центры инженерного моделирования и научно-исследовательские подразделения, нуждающиеся в ускоренных симуляциях турбулентных процессов.

эффекты

Резкое сокращение времени на инженерные симуляции

Возможность встроить симуляции в цифровые двойники

Удешевление анализа потоков, завихрений, давлений, температур

Повышение доступности цифрового проектирования для малого и среднего бизнеса

4.3. Сопоставление мировых практик и российского потенциала масштабирования

Россия движется в русле глобальных трендов и развивает генеративный ИИ по всем ключевым направлениям — от проектирования до управления. Пока большинство решений находится на стадии пилотов и НИОКР, но по каждому направлению уже сформирован технологический задел для масштабирования.

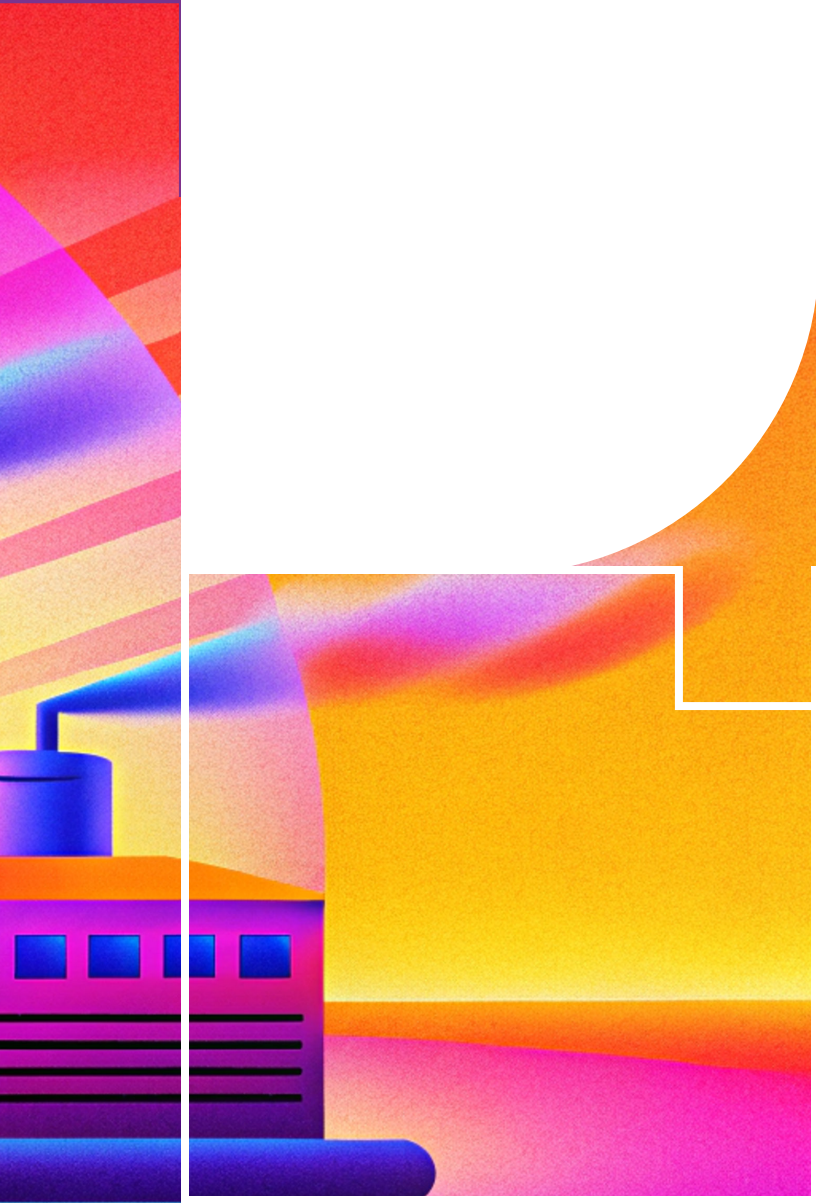
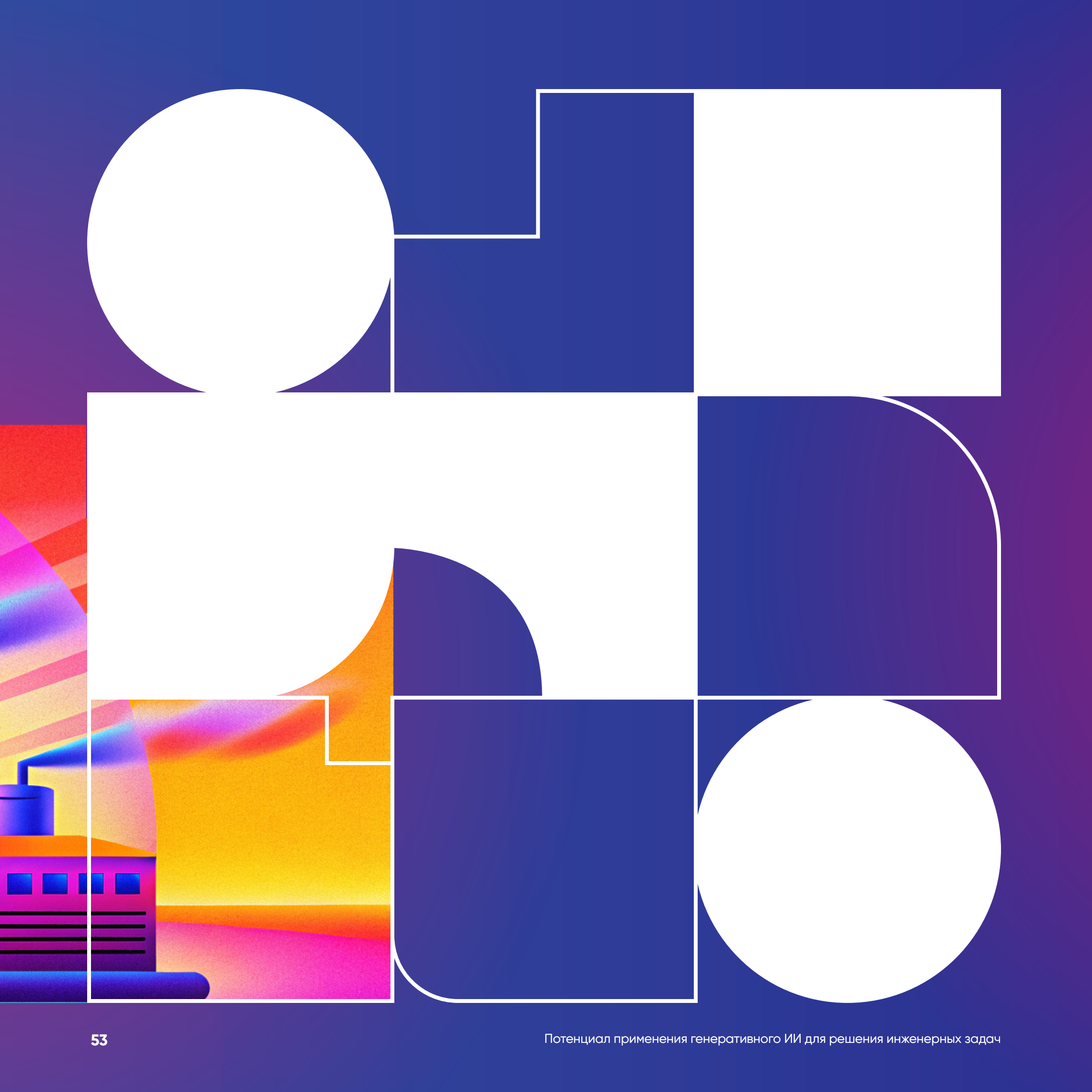
Категория применения	Международные примеры и решения	Текущее положение дел в РФ
Проектирование и инженерные расчёты	<p>Ansys SimAI / TwinAI — резко ускоряет численные аэрогидродинамические и прочностные расчёты, позволяя просчитать десятки вариантов за минуты.</p> <p>Siemens Xcelerator — автоматически порождает 3D-модели, тут же проверяя их в «цифровом двойнике» процесса.</p> <p>General Motors / Eaton — генеративный дизайн уменьшает массу деталей до -80 % без потери прочности.</p>	<p>БЮСАД — поиск лекарственных молекул с применением генеративного ИИ; промышленное использование ограничено опытными сериями (уровень технологической готовности, TRL ≈ 5–6).</p> <p>«Сколтех» — лабораторная линия, прототип.</p> <p>«Северсталь» — управление агрегатом на HTA-3 с помощью GAN + RL, цифровой двойник.</p> <p>«Силовые машины» — генеративный дизайн, интеграция с аддитивными технологиями.</p> <p>КЭАЗ — локальные LLM-агенты для автономных инженерных решений.</p>
Поддержка производственных процессов	<p>FANUC — прогнозное обслуживание приводов: ИИ предупреждает поломку задолго до отказа.</p> <p>Unity / NVIDIA — синтетические изображения обучают камеры роботов находить брак ещё в виртуальном цехе.</p> <p>Bosch AIoT — единая платформа: выявление дефектов, оптимизация логистики, рекомендации оператору в реальном времени.</p>	<p>Цифровые заводы корпораций «Ростех», ЧТПЗ, «КАМАЗ» испытывают ИИ-генерацию маршрутных карт, адаптацию чертежей «под станок» и синтетические данные для визуального контроля. Решения ограничены опытными участками.</p> <p>«РТ-Техприемка» — CV-контроль и генерация синтетических дефектов.</p> <p>«СИБУР» — ИИ ассистент инженера-диагноста на базе LLM + RAG.</p> <p>«РМК» — генерация договоров, проверка проектной документации на нормативку.</p>
Поддержка жизненного цикла изделия (документация, сервис)	<p>ABB Genix Copilot — «говорящий» помощник на больших языковых моделях: формулирует инструкции по ремонту и снижает простой оборудования.</p> <p>Siemens Teamcenter Copilot — автоматически заполняет спецификации и протоколы в системе управления жизненным циклом изделия.</p>	<p>«Сбер GIGA» и «Росатом Pluton» разрабатывают чат-ассистентов для поиска по технической документации и автогенерации отчётов. Глубокой интеграции с системами PLM пока нет.</p> <p>«СИБУР» — AI для закупок, генерация моделей полимеров, чат-боты в инженерной среде.</p> <p>«Норникель» — проектировочный co-pilot и индивидуальный ИИ-ассистент.</p> <p>КЭАЗ — HR-ассистент для обучения, генерация инструкций, локальная эксплуатация.</p>
Управленческие и стратегические задачи	<p>AWS Supply: Chain GPT — большая языковая модель извлекает данные из договоров, прогнозирует риски сбоев поставок.</p>	<p>В системах бизнес-аналитики и корпоративного учёта (1C, SAP и др.) проводятся точечные эксперименты по автоматическому разбору актов, смет и контрактов. Информация об эксплуатационном внедрении не обнаружена.</p> <p>«Силовые машины» — LLM для обоснования инженерных решений, трекинг производственных операций.</p> <p>РМК — автоматизация совещаний, протоколирование и чат-контроль.</p> <p>«Норникель» — концепция персонального ИИ-помощника для экспертов.</p>

5. Основные эффекты от внедрения генеративного искусственного интеллекта

5.1. Эффекты внедрения генеративного ИИ в промышленности и инженерии

5.2. Детализация выгод от внедрения генеративного искусственного интеллекта по технологическим направлениям в промышленности





5.1. Эффекты внедрения генеративного ИИ в промышленности и инженерии

Большая часть кейсов применения генеративного искусственного интеллекта в инженерных и производственных задачах демонстрируют выраженный эффект в виде сокращения времени разработки, оптимизации ресурсов и повышения технологичности решений.

Среди часто отмечаемых результатов – ускорение проектирования, уменьшение количества итераций, рост производительности, а также уменьшение массы, затрат и брака.



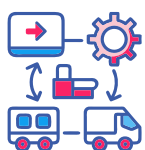
Финансовые эффекты

- Снижение себестоимости продукции до 30 % за счёт генерации оптимальных проектных и производственных решений.
- Снижение затрат на материалы до 20 % за счёт применения топологической оптимизации конструкций.
- Снижение затрат на НИОКР до 30 % за счёт сокращения числа проектных итераций и автоматизации рутинных расчётов.
- Снижение логистических расходов до 12 % за счёт генерации альтернативных маршрутов поставки и оптимизации графиков.
- Снижение складских расходов до 8 % за счёт оптимизации объёмов и циклов поставок на основе прогнозной аналитики.



Инженерно-проектные эффекты

- Сокращение сроков проектирования до 87 % за счёт автоматической генерации вариантов конструкций.
- Снижение массы изделий до 80 % за счёт внедрения процедур топологической оптимизации.
- Повышение прочности конструкций до 40 % за счёт автоматизированного поиска наиболее рациональных проектных решений.
- Сокращение числа проектных итераций до 50 % благодаря генерации приближённых к финальному варианту решений.
- Сокращение времени подготовки проектной документации на 50–80 % за счёт автоматической генерации чертежей и инструкций.
- Снижение трудозатрат инженеров до 80 % благодаря автоматизации рутинных проектных операций.



Логистические и операционные эффекты

- Снижение задержек поставок до 12 % за счёт генерации альтернативных логистических маршрутов.
- Снижение складских расходов до 8 % за счёт оптимизации объёмов и циклов поставок с помощью аналитики на базе ИИ.
- Сокращение времени реакции на сбои в цепочке поставок за счёт автоматического моделирования сценариев.
- Повышение устойчивости логистики к внешним рискам за счёт гибкой адаптации к изменениям.



Производственно-технологические эффекты

- Сокращение времени подготовки производства на 20–60 % за счёт генерации маршрутов и симуляции сценариев производства.
- Снижение количества ошибок при запуске производства за счёт автоматической адаптации изделий под тех. процессы.
- Ускорение передачи инженерных решений в производственные системы благодаря сквозной цифровой интеграции.



Стратегические и инновационные эффекты

- Сокращение времени вывода продукта на рынок на 40–60 % за счёт ускорения этапов проектирования и подготовки производства.
- Повышение тех. гибкости и скорости внедрения новых конфигураций за счёт автомат.генерации и интеграции проектных данных.
- Повышение технологической автономности и качества контроля за счёт ИИ-поддержки процессов планирования и мониторинга.

5.2. Детализация выгод от внедрения генеративного ИИ по технологическим направлениям в промышленности

Различные технологические направления генеративного ИИ приводят к разнонаправленным эффектам в ключевых зонах промышленного цикла – от проектирования до стратегического развития. Эти эффекты структурируются по четырём основным категориям: инженерно-проектные, производственные, финансовые и стратегические (Матрица эффектов сформирована на основе источников 1–7)

Технология	Инженерно-проектные эффекты	Инженерно-производственные эффекты	Финансовые эффекты	Стратегические эффекты
Генеративный CAD, симуляции	Сокращение сроков проектирования до 87 %, уменьшение количества итераций до 50 %, улучшение конструкций ^{3,6}	Сокращение времени подготовки производства на 20–60 % за счёт ускорения моделирования и симуляций ^{3,5,6}	Снижение затрат на НИОКР до 30 % ^{1,2,3,4,5,7}	Ускорение вывода новых продуктов на рынок
Топологическая оптимизация и генерация решений	Снижение массы изделий до 80 %, повышение прочности конструкций до 40 %, автоматизация выбора проектных решений ^{1,3,6}	Повышение технологичности проектных решений и сокращение адаптации под производство ^{3,6}	Снижение затрат на материалы до 20 %, снижение себестоимости до 30 % ^{4,5,6,7}	Повышение технологической конкурентоспособности
Генерация документации, инструкций, актов	Сокращение времени создания проектной документации и инструкций на 50–80 % ⁶	Сокращение трудозатрат на документацию до 80 %, снижение числа ошибок на 20–40 % ^{3,6}	Снижение затрат на разработку технической документации ^{1,4,5,6}	Повышение скорости масштабирования процессов
Автоматизация расчётов и оптимизация конструкций	Ускорение проектных расчётов и анализа альтернативных решений до 50 % ⁶	Повышение скорости адаптации решений к производственным возможностям ^{3,6}	Снижение себестоимости до 30 %, повышение ROI до 250 % ¹	Повышение гибкости инженерных решений и продуктов
LLM-интерфейсы и open API	Сокращение времени на поиск и выбор проектных решений на 30–60 % ⁶	Упрощение и ускорение коммуникации между проектными и производственными подразделениями ^{3,6}	Снижение затрат на интеграцию решений ¹	Повышение гибкости и масштабируемости за счёт быстрого обмена данными
Генерация проектных решений и цифровые двойники	Повышение качества проектирования, сокращение итераций и доработок на 50–70 % ^{6,7}	Ускорение подготовки и запуска производства на 20–60 % ^{3,6,7}	Сокращение затрат на ошибки проектирования и производство ¹	Рост технологической автономии, повышение скорости выхода на рынок

1. Aicadium, Can AI Enhance Your Manufacturing Business? Here are 15 Stats You Should See, March 20, 2024

2. Mitsloan.mit, How generative AI can boost highly skilled workers' productivity, Oct 19, 2023

3. Alpha-sense, Generative AI in Manufacturing, September 18, 2024

4. Forbes, Boosting Manufacturing Profits: The Impact Of Generative AI, Jun 12, 2024

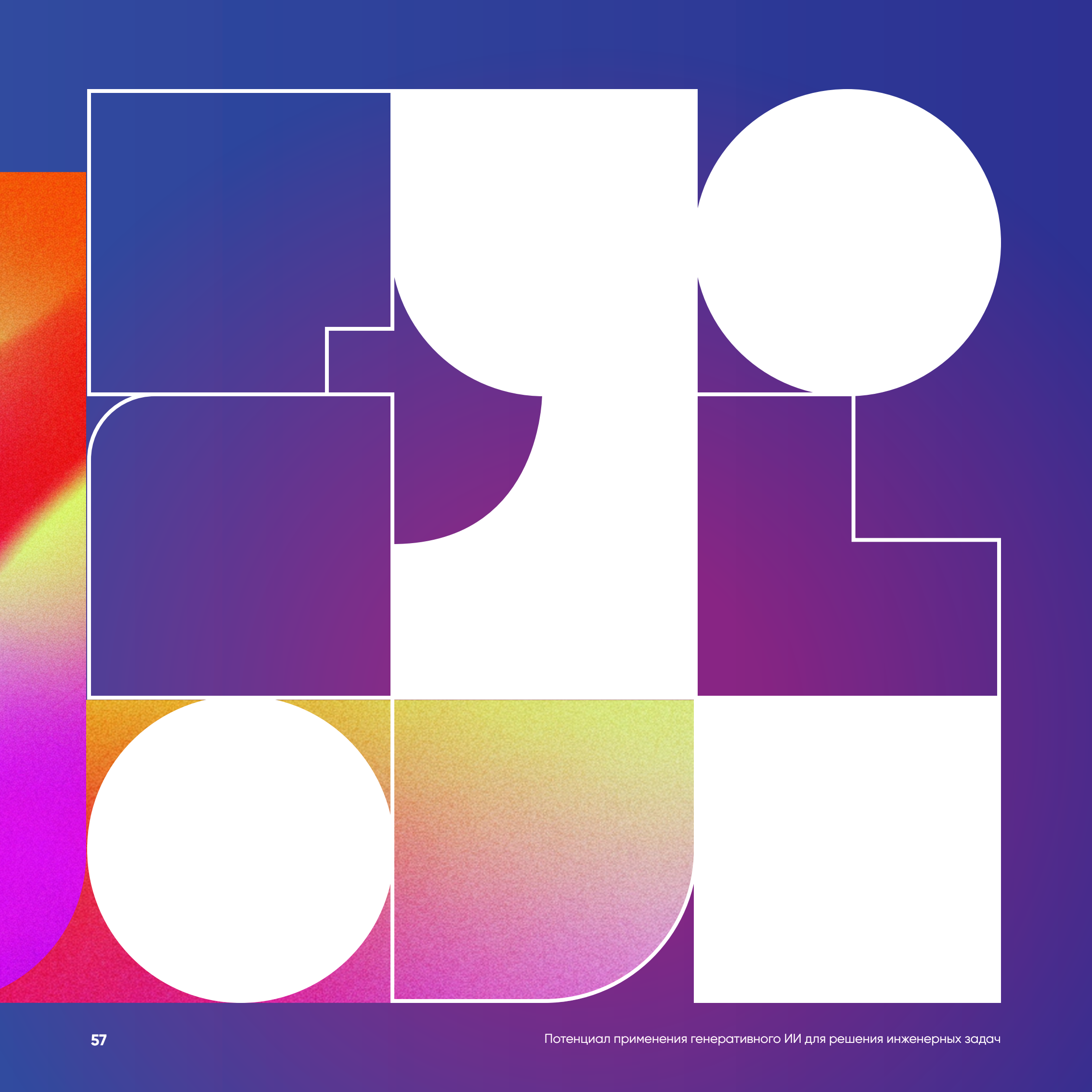
5. Prismetric, Generative AI in Manufacturing: Use Cases, Benefits, Implementation and Real-World Examples, 15 Oct, 2024

6. Straive, The Impact of Generative AI on Manufacturing Industries, December 24th 2024

7. Allaboutai, AI Statistics in Manufacturing 2025: Key Trends and Insights, March 25, 2025

6. Выводы






Выводы

Опыт применения генеративного искусственного интеллекта в промышленности демонстрирует его высокую прикладную ценность. Наиболее значимый эффект достигается в задачах ускорения инженерного проектирования, оптимизации конструкций, генерации синтетических данных и предиктивного обслуживания.


Согласно открытым источникам, интеграция генеративных моделей в производственные процессы позволяет сократить цикл НИОКР, снизить материалоёмкость изделий и оптимизировать эксплуатационные издержки. При этом эффективность решений становится устойчивой только при глубокой интеграции моделей в существующие цифровые цепочки – такие как CAD/PLM, MES и системы цифровых двойников.

В ряде отраслей – включая авиастроение, металлургию, нефтехимию и ОПК – реализованы пилотные проекты, подтверждающие практическую применимость генеративного ИИ. Эти решения используются, в частности, для генерации дефектных изображений, поддержки технической экспертизы, ускорения инженерных расчётов и визуального контроля.


Однако масштабное распространение технологии пока затруднено. Ключевыми ограничениями выступают:




недостаточная доступность вычислительных ресурсов (в первую очередь – GPU-ускорителей)



фрагментированность и закрытость производственных данных



отсутствие утверждённых процедур оценки надёжности и сертификации ИИ-моделей



ограниченное число специалистов, сочетающих знания в инженерии, машинном обучении и информационной безопасности

Кроме того, предпочтение локальным схемам развёртывания (on-premise, edge) связано с требованиями к защите информации, что усложняет использование облачных решений и

обмен технологическими наработками между предприятиями. В результате внедрение генеративного ИИ в большинстве случаев остаётся в рамках изолированных пилотных проектов.

Выводы

Для перехода от пилотных решений к серийному промышленному применению необходим поступательный и сбалансированный прогресс в нескольких ключевых направлениях. Среди них:



развитие отечественной вычислительной инфраструктуры, включая региональные GPU-ЦОДы и гибридные схемы (on-premise + облако)



создание отраслевых дата-наборов и безопасных хранилищ, унификация форматов производственных данных (CAD, телеметрия, документация)



формирование нормативной базы, включающей стандарты сертификации и процедуры валидации ИИ-систем в промышленной среде



подготовка и поддержка специалистов на стыке ИИ, инженерных дисциплин и производственной автоматизации



интеграция генеративных решений в существующие цифровые контуры предприятий



наличие убедительных экономических эффектов в горизонте 2–3 лет, обосновывающих инвестиции



при необходимости — использование открытых моделей и сотрудничество с технологическими партнёрами в рамках дружественных юрисдикций

Генеративный ИИ представляет собой одну из наиболее перспективных технологий цифровизации промышленности. В ближайшие годы можно ожидать расширение его применения в ряде задач — от генерации вариантов конструкций до поддержки предиктивного обслуживания оборудования и создания цифровых двойников с элементами автоматической симуляции. Конкретные темпы и масштаб внедрения будут зависеть от доступности инфраструктуры, готовности нормативной среды, открытости отраслевых данных и практической интеграции моделей в бизнес-процессы. На этом этапе важно сохранять реалистичную оценку возможностей технологии, не снижая при этом внимания к её долгосрочному потенциалу.

Российская промышленность демонстрирует растущий интерес к генеративному ИИ и обладает отдельными успешными примерами его применения. Для перехода от экспериментальных решений к стабильному промышленному внедрению необходимо последовательное развитие инфраструктуры, нормативной среды, кадровой подготовки и исследовательского задела. При обеспечении согласованного прогресса в этих направлениях возможно формирование условий для устойчивого и безопасного использования генеративных моделей в ключевых отраслях российской промышленности.

Нормативно-правовая база генеративного искусственного интеллекта в России

Стратегические документы

- Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Включает федеральный проект «Искусственный интеллект» и создает рамочные условия для развития ИИ в промышленности
- Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р
- Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года, утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р
- Распоряжение Правительства РФ от 3 ноября 2023 г. № 3097-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 г.»

Федеральные законы

- Федеральный закон от 24.04.2020 № 123-ФЗ «О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации – городе федерального значения Москве и внесении изменений в статьи 6 и 10 Федерального закона «О персональных данных»
- Федеральный закон № 258-ФЗ от 31.07.2020 «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций»
- Федеральный закон № 152-ФЗ «О персональных данных». Регламентирует вопросы использования и обработки персональных данных при внедрении генеративных моделей и промышленных ИИ-решений

Указы и поручения Президента

- Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (Национальная стратегия развития искусственного интеллекта)
- Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта» от 29 января 2023 г. № Пр-172
- Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта» от 31 декабря 2020 г. № Пр-2242

Постановления и распоряжения Правительства РФ

- Постановление Правительства РФ от 25.05.2019 № 658 «Об утверждении Правил учёта беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлётной массой от 0,15 килограмма до 30 килограммов, ввезённых в Российскую Федерацию или произведённых в Российской Федерации» (в ред. Постановления Правительства РФ от 19.03.2022 № 415)
- Постановление Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2022 года № 2198 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие транспортной системы»

Нормативно-правовая база генеративного искусственного интеллекта в России

- Постановление Правительства от 02.11.2023 № 1840 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций «Аэрологистика»

ГОСТы и стандарты

- ГОСТ Р 59929–2021 «Искусственный интеллект. Системы ИИ. Термины и определения». Официально вводит категории ИИ-систем с обучением, генерацией решений и когнитивными функциями
- ГОСТ Р 59641–2021 «Искусственный интеллект. Жизненный цикл систем искусственного интеллекта. Общие положения». Определяет требования к созданию, внедрению, эксплуатации и выводу из эксплуатации ИИ-систем, включая генеративные
- ГОСТы по цифровым двойникам и промышленной автоматизации (например, ГОСТ Р 57321–2016, ГОСТ Р 56939–2016 и др.). Описывают стандарты для использования цифровых моделей, автоматизированных систем и ИИ в промышленном производстве

Методические и рекомендательные документы

- Рекомендации Минцифры России по экспериментальным правовым режимам (ЭПР) и внедрению технологий искусственного интеллекта (методические письма, разъяснения и практические руководства)

Саморегулирование и этика

- Кодекс этики искусственного интеллекта (утв. 2021 г.) в области ИИ, включая прикладные технологии, когнитивные системы и интеллектуальные агенты
- Кодекс этики использования данных

ИСТОЧНИКИ

Зарубежные и российские исследования, кейсы и отчёты

1. McKinsey. The Economic Potential of Generative AI.2023
<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier>
2. IDC study: Businesses report a massive 250% return on AI investments
<https://venturebeat.com/ai/idc-study-businesses-report-a-massive-3-5x-return-on-ai-investments/>
3. Artificial intelligence (AI)
<https://sidf.app.deepknowledge.io/Handler/downloadDocument.ashx?fid=16731&ftype=doc>
4. Generative AI will make over 40% of total AI industry market size by 2030
<https://m.digitalisationworld.com/news/68298/generative-ai-will-make-over-40-of-total-ai-industry-market-size-by-2030>
5. Hardware & Software IT Services/Digital Twin Market
<https://www.fortunebusinessinsights.com/digital-twin-market-106246>
6. AI In Healthcare Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Hardware, Services), By Application, By End-use, By Technology, By Region, And Segment Forecasts, 2024 - 2030
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-healthcare-market>
7. Artificial Intelligence In Robotics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Hardware, Software), By Deployment (On-Premise, Cloud), By RobotType, By Technology, By End-use, By Region, And Segment Forecasts, 2024 - 2030
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-robotics-market-report>
8. AI In Education Market
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-education-market-200371366.html>
9. Generative Design Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Deployment (On premise and Cloud), By Application (Topology Optimization & 3D Printing, Lightweighting, Thermal Management, and Others), By Industry (Automotive, Aerospace & Defense, Architecture & Construction, Industrial Manufacturing, and Others), and Regional Forecast, 2023-2030
<https://www.fortunebusinessinsights.com/generative-design-market-106641>
10. CAD and PLM Software Market Size & Share, COVID-19 Impact Analysis, By Deployment (On-premise and Cloud), By Industry (Discrete Industries Automotive, Electronics, Heavy Manufacturing, Others (Aerospace and Defense, High Tech, and Others), Process Industries Oil & Gas, Chemicals, Healthcare, Others (Pharmaceuticals, Petroleum, and Others)), and Regional Forecast, 2023-2030
<https://www.fortunebusinessinsights.com/cad-and-plm-software-market-10713211>
11. Generative AI Market
<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/generative-ai-market-142870584.html>
12. Северсталь, Пресс-релиз, 2020
<https://severstal.com/rus/media/archive/2020-06-19-severstal-vper-vye-vnedrila-reshenie-na-osnove-iskusstvennogo-intellekta-na-chemrk/>
13. Augmented Reality Market Size, Share, and Trends 2025 to 2034
<https://www.precedenceresearch.com/augmented-reality-market>
14. Artificial Intelligence In Robotics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Hardware, Software), By Deployment (On-Premise, Cloud), By Robots Type, By Technology, By End-use, By Region, And Segment Forecasts, 2024 - 2030
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-robotics-market-report>
15. Chatbot Market Size, Share & Trends Analysis Report By Offering (Solution, Services), By Type, By Medium, By Business Function, By Application, By Vertical By Region, And Segment Forecasts, 2025 - 2030
<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/chatbot-market>
16. The economic potential of generative AI: The next productivity frontier
<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier>
17. Generative AI
<https://oecd.ai/en/genai/data?selectedArea=generative-ai-data-&selectedVisualization=generative-ai-research-publications-by-country-from-openalex>
18. Live data
<https://oecd.ai/en/data>
19. Generative AI
<https://www.oecd.org/en/topics/generative-ai.html>
20. Generative AI
<https://oecd.ai/en/genai/data?selectedArea=generative-ai-data-&selectedVisualization=generative-ai-research-publications-by-country-from-openalex>
21. McKinsey – The Economic Potential of Generative AI
<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier#introduction>
22. McKinsey – The Economic Potential of Generative AI
<https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/operations-blog/harnessing-generative-ai-in-manufacturing-and-supply-chains>
23. What Is a Digital Twin?
<https://www.nvidia.com/en-us/glossary/digital-twin/>

ИСТОЧНИКИ

24. How manufacturing's Lighthouses are capturing the full value of AI
<https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/how-manufacturings-lighthouses-are-capturing-the-full-value-of-ai>
25. Staying in Sync: NVIDIA Combines Digital Twins With Real-Time AI for Industrial Automation
<https://blogs.nvidia.com/blog/ai-digital-twins-industrial-automation-demo/>
26. Automotive Design with 3D Generative Design Tools from Siemens
<https://blogs.sw.siemens.com/ee-systems/2024/10/23/generative-design-3d/>
27. Accelerating Product Development Using AI/ML
<https://www.ansys.com/webinars/accelerating-product-development-using-ai-ml>
28. How generative AI enhances the PLM process
<https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/2023/04/28/how-generative-ai-enhances-the-plm-process/>
29. Generative Design through Quality-Diversity Data Synthesis and Language Models
<https://www.research.autodesk.com/publications/generative-design-quality-diversity-data-synthesis-language-models/>
30. Real-Time Generative Design Drives Innovation
<https://www.ansys.com/blog/real-time-generative-design-drives-innovation>
31. What Is Generative AI?
<https://www.nvidia.com/en-us/solutions/ai/generative-ai/>
32. Top 2025 AI Construction Trends: According to the Experts
<https://www.autodesk.com/blogs/construction/top-2025-ai-construction-trends-according-to-the-experts/>
33. Generative Design through Quality-Diversity Data Synthesis and Language Models
<https://www.research.autodesk.com/publications/generative-design-quality-diversity-data-synthesis-language-models/>
34. How generative AI can boost highly skilled workers' productivity
<https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/how-generative-ai-can-boost-highly-skilled-workers-productivity>
35. Generative AI in Manufacturing
<https://www.alpha-sense.com/blog/trends/generative-ai-manufacturing/>
36. Boosting Manufacturing Profits: The Impact Of Generative AI
<https://www.forbes.com/councils/forbesfinancecouncil/2024/06/12/boosting-manufacturing-profits-the-impact-of-generative-ai/>
37. Generative AI in Manufacturing: Use Cases, Benefits, Implementation and Real-World Examples
<https://www.prismetric.com/generative-ai-in-manufacturing/>
38. The Impact of Generative AI on Manufacturing Industries
<https://www.straive.com/blogs/the-impact-of-generative-ai-on-manufacturing-industries/>
39. Boosting Manufacturing Profits: The Impact Of Generative AI
<https://www.forbes.com/councils/forbesfinancecouncil/2024/06/12/boosting-manufacturing-profits-the-impact-of-generative-ai/>
40. AI Statistics in Manufacturing 2025: Key Trends and Insights
<https://www.allaboutai.com/resources/ai-statistics/manufacturing/>
41. Can AI Enhance Your Manufacturing Business? Here are 15 Stats You Should See
<https://aicadium.ai/manufacturing-15stats/>
42. RT-TEK. Новость о внедрении решений на базе ИИ в энергетическом секторе
<https://rttec.ru/media/news/256/>
43. EnergyLand.info. Обзор цифровизации энергосервиса с использованием технологий искусственного интеллекта
<https://energyland.info/news-show-tech-energoservice-228570>
44. VideoMatrix. Коммерческое описание решений компании в области видеоаналитики и интеллектуального видеонаблюдения
<https://videomatrix.ru/solutions/>
45. MarketSteel. Международный кейс применения ИИ на предприятиях компании «Северсталь» для повышения производительности
<https://www.marketsteel.com/news-details/severstal-uses-artificial-intelligence-to-further-boost-productivity.html>
46. Национальная ассоциация НГС. Сообщение о первом внедрении ИИ-решения на Череповецком металлургическом комбинате (ПАО «Северсталь»)
<https://nangs.org/news/it/severstal-vpervye-vnedrila-reshenie-na-os-nove-iskusstvennogo-intellekta-na-chermk>

Авторы

АНО «Цифровая экономика»

Ярослав Авдиев
Куратор проекта

Кристина Меняйленко
Руководитель проекта

Карен Казарян
Главный аналитик

Аналитики

Мария Сайкина
Ведущий аналитик

Михаил Вайнштейн
Аналитик

Эксперты

Алексей Борисов
«Сколково»

Евгений Осадчук
АНО «Цифровая экономика»

Ксения Лапшина
АНО «Цифровая экономика»

Для заметок

Потенциал применения генеративного ИИ для решения инженерных задач



Сайт АНО «Цифровая экономика»
d-economy.ru



Сайт проекта
«Технологическое лидерство 2030»
техлид.рф



Смотрите также исследование
Сколково «GenAI в промышленности:
тренды, сценарии, кейсы»
progenai.sk.ru

