



ЦИФРОВАЯ
ЭНЕРГЕТИКА

Влияние технологий искусственного интеллекта на электроэнергетическую отрасль

Конференция блока цифровой трансформации ПАО «Россети», 17-18 апреля 2024 г.



Рисунок сгенерирован нейросетью Kandinsky 3.0 (Сбер) по запросу «Искусственный интеллект в электроэнергетике»

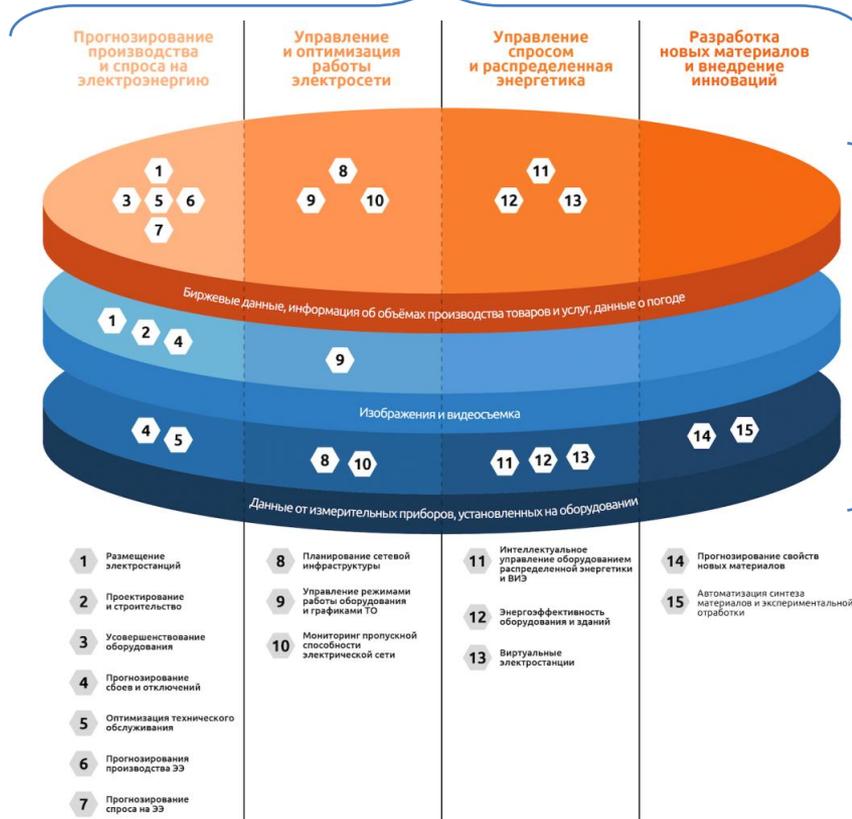
- Системы искусственного интеллекта (ИИ) включают в себя:
 - ИКТ-инфраструктуру;
 - программное обеспечение (в том числе, в котором используются методы машинного обучения);
 - процессы и сервисы по обработке данных, анализу и синтезу решений.
- Рынок ИИ в России:
 - 2022 г. – 550 млрд. руб.¹
 - 2023 г. – 650 млрд. руб.¹
 - К 2030 году может обеспечивать до 4 % ВВП.²
- ИИ в электроэнергетике:
 - Технологические решения на базе систем ИИ;
 - Влияние систем ИИ на электроэнергетические системы с точки зрения изменения потребления и пр.

1. Альманах «Искусственный интеллект». ЦК НТИ «ИИ» МФТИ . 2023.

2. «Искусственный интеллект в России – 2023: тренды и перспективы». Яков и Партнеры. 2023. <https://yakov.partners/publications/ai-future/>



Области применения



Источники данных

- | | | | |
|---|--|--|---|
| 1 Размещение электростанций | 8 Планирование сетевой инфраструктуры | 11 Интеллектуальное управление оборудованием распределенной энергетики и ВИЭ | 14 Прогнозирование свойств новых материалов |
| 2 Проектирование и строительство | 9 Управление режимами работы оборудования и графиками ТО | 12 Энергоэффективность оборудования и зданий | 15 Автоматизация синтеза материалов и экспериментальной работы. |
| 3 Усовершенствование оборудования | 10 Мониторинг пропускной способности электрической сети | 13 Виртуальные электростанции | |
| 4 Прогнозирование сбоя и отключений | | | |
| 5 Оптимизация технического обслуживания | | | |
| 6 Прогнозирование производства ЭЭ | | | |
| 7 Прогнозирование спроса на ЭЭ | | | |

Пример 1. Программное обеспечение «Прогностика»



- **Проблема:** необходимость прогнозирования технического состояния оборудования в различных условиях и режимах работы.
- **Цель проекта:** создание отечественной системы предиктивной аналитики на основе технологии гибридного моделирования.
- *Гибридное моделирование – комбинация цифровых моделей, обученных на исторических данных, с результатами физико-математического моделирования работы агрегатов.*
- **Эффекты:**
 - за год эксплуатации (2023) на ТЭЦ «Академическая» (г. Екатеринбург) удалось предотвратить 13 потенциальных дефектов оборудования, ведущих к аварийной остановке энергоблока;
 - снижение количества штрафов на ОРЭМ;
 - повышение качества подготовки к плановым ремонтам.





- **Проблема:** при отсутствии достоверных прогнозов выработки ВЭС и СЭС возникает необходимость постоянного поддержания резерва мощности в энергосистеме в виде тепловой генерации в неэкономичных режимах, дополнительное резервирование пропускной способности электрических сетей.
- **Цель проекта:** разработка средств прогнозирования вырабатываемой мощности на ВЭС и СЭС с учетом метеорологических условий.
- **Эффекты:**
 - ошибка оперативных прогнозов (15 минут — 60 минут) вырабатываемой мощности ВЭС и СЭС не превышает 5%, краткосрочных прогнозов (от 1 до 4 часов) — не превышает 12%;
 - повышение надежности и стабильности эксплуатации ЕЭС;
 - снижение нагрузки на потребителей.

НТЦ ЕЭС
Информационные
комплексы





- **Проблема:** при строительстве АЭС за рубежом необходимо адаптировать нормативную документацию: выделить требования, классифицировать, учесть в проектной документации. Это занимает до 30 мин работы специалиста на 1 стр. нормативной документации.
- **Цель проекта:** создание и внедрение решения по обработке нормативной документации, позволяющего увеличить производительность и скорость обработки НД в рамках процесса поиска и классификации требований, *за счет применения автоматизированного распознавания и анализа документации.*
- **Эффекты:**
 - увеличение эффективности обработки НД;
 - увеличение скорости реагирования на изменения;
 - снижение влияния человеческого фактора;
 - упрощение прохождения аудитов.



PACU
ROSATOM





- **Регулирование**

- Согласование общих технологических и образовательных подходов к управлению рисками, связанными с ИИ;
- Использование единых подходов к ПО и интерфейсам (отраслевые стандарты);
- Однозначное определение зон ответственности разработчиков и эксплуатантов за решения, принимаемые с использованием ИИ.

- **Стимулирование разработок**

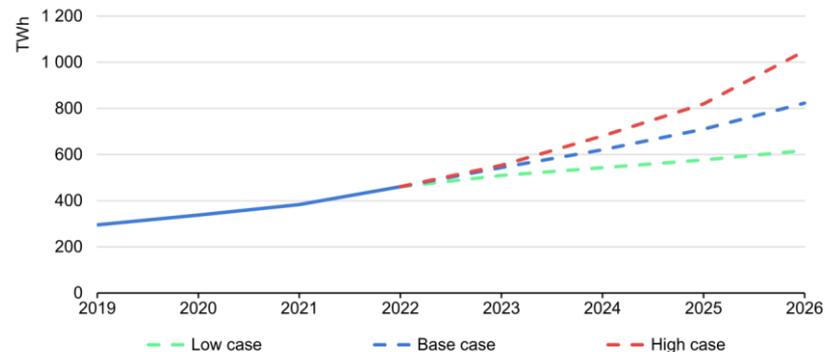
- Внедрение подходов, повышающих уровень автоматизации и автономности ИИ;
- Учет энергоэффективности и оптимального использования ресурсов;
- Результаты, полученные с помощью ИИ, должны быть однозначно интерпретируемы.

- **Внедрение**

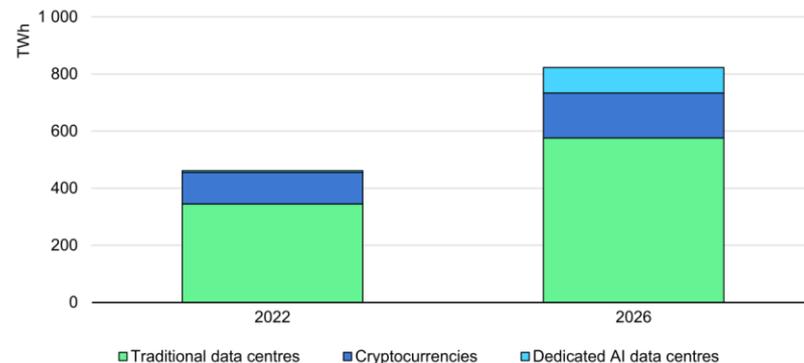
- Создание механизмов (платформ) обмена данными, гарантирующих их доступность и качество;
- Создание рыночных механизмов, позволяющих получать выгоду от использования ИИ.
- Внедрение ИИ в трудовую деятельность работников, инвестирование в образовательные продукты для обеспечения соответствия навыков технологическому уровню.



- По данным МЭА глобальное потребление электроэнергии ЦОД к 2026 году может превысить 1000 ТВт·ч по сравнению с 460 ТВт·ч в 2022 году. В США, Китае и Европейском союзе дата центры обеспечивают до 4-6% от общего потребления электроэнергии.
- Системы ИИ являются более требовательными к вычислительным мощностям, по сравнению с обычными системами.
- Общемировое ежегодное потребление электроэнергии в ЦОД только на задачи ИИ к 2026-2027 годам может достичь от 85 до 134 ТВт·ч.



Потребление ЦОД (прогноз МЭА)



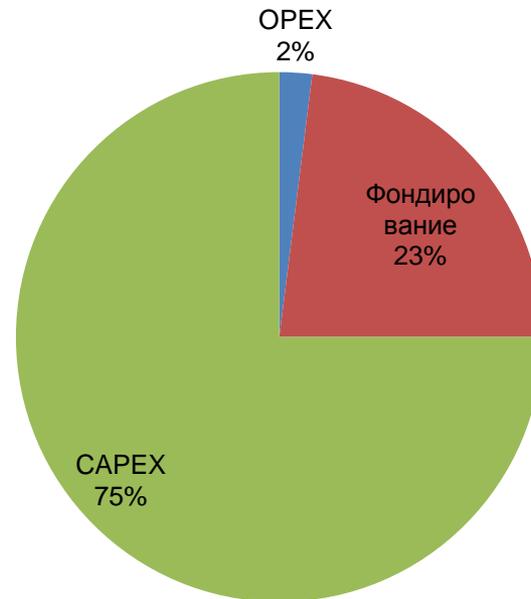
Структура потребления в ЦОД (прогноз МЭА)

1. IEA. Electricity 2024. <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>

2. A. de Vries. The growing energy footprint of artificial intelligence// Joule. 2023. V.7. N. 10. P. 2191-2194. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>



- Структура потребления электроэнергии ЦОД:
 - 40% - вычислительные мощности;
 - 40% - охлаждение;
 - 20% - вспомогательное оборудование.
- Затраты на электроэнергию, как правило, составляют порядка 50% от операционных затрат ЦОД.
- Ежегодная стоимость электроэнергии для ЦОД, направленного на решение задач ИИ, в зависимости от региона может составлять до 1 млрд. руб.
- Операционные затраты занимают малую долю расходов (2-3%) на фоне большого объема капитальных затрат.
- Целесообразно внедрять энергоэффективные технологии, оптимизировать алгоритмы.
- Необходимы дополнительные исследования энергопотребления ИИ.



Примерная структура расходов ЦОД для ИИ
(по данным Sber AI, г. Балаково, Саратовская область)



1. Рынок ИИ растет значительными темпами, оказывая одновременное влияние на отрасль как «изнутри» (внедрение технологических решений) так и «снаружи» - рост потребления ЦОД.
2. Основная проблема на пути внедрения ИИ в электроэнергетике – законодательное определение зон ответственности разработчиков и эксплуатантов за принимаемые решения (в том числе, вопросы страхования ответственности).
3. В отрасли по-прежнему отсутствуют общедоступные репозитории верифицированных данных от оборудования для обучения моделей.
4. Операторам ЦОД для ИИ следует искать пути снижения капитальных, а не операционных затрат.
5. Разработчикам систем ИИ следует стремиться оптимизировать свои алгоритмы для обеспечения энергоэффективности.