МОСЭНЕРГО

Некоммерческое партнерство
Научно технический совет
Единой энергетической системы

Использование нейросетей для автоматизации ведения баз данных на предприятиях ЭПК

ПОКАТИЛОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ,
ктн, Главный метролог ПАО «Мосэнерго»,
Руководитель секции НТС ЕЭС,
Член Научно технической комиссии Росстандарта,

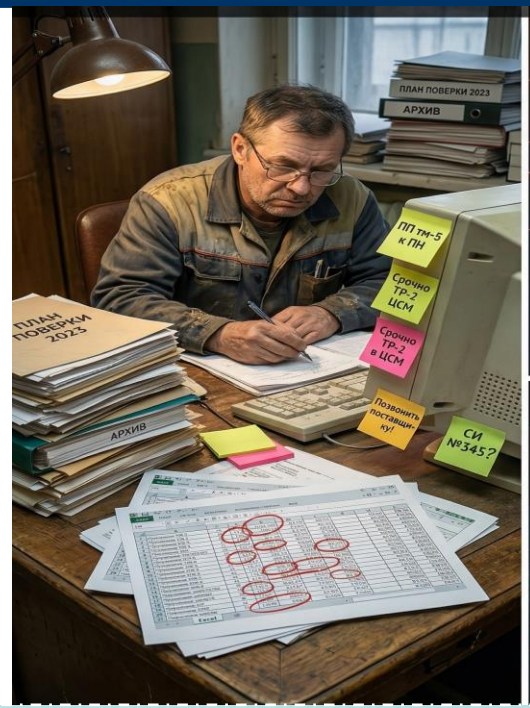
Введение

В презентации рассмотрены проблемы формирования и актуализации БД, применяемых на предприятиях ЭПК. В условиях внедрения цифровых двойников, автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии, тепла, газа, воды, экологических параметров, непрерывного изменения нормативной информации, предприятия ЭПК сталкиваются с общей проблемой: лавинообразным ростом объемов данных при жестких требованиях к их качеству, целостности и достоверности. Описана архитектура нейросетевого технического решения и сценарии его применения на примере БД СИ. Система включает автоматический ввод данных в базу, контроль метрологических параметров с интеграцией ФГИС «Аршин», обнаружение дрейфа погрешности. Представлены предварительные расчеты экономической эффективности, реальный кейс внедрения ИИ, рассмотрены риски использования ИИ и их минимизация, юридические аспекты, дорожная карта внедрения и организационные мероприятия.

Исходное состояние

На сегодняшний день ручное ведение баз данных на предприятиях ЭПК требует значительных временных затрат и подвержено человеческим ошибкам.

Высокая частота поступления данных с объектов генерации и сетевого хозяйства, необходимость обработки неструктурированной документации (паспортов СИ различных производителей, протоколов калибровки, актов разграничения, протоколов испытаний, дефектных ведомостей) и критическая важность минимизации «человеческого фактора» формируют устойчивый запрос на внедрение технологий ИИ.



Проблема	Последствия
10 000+ единиц СИ на крупной ТЭЦ	Метролог «тонет» в Excel-таблицах
Ручной ввод паспортных данных (30 мин/СИ)	Ошибки в заводских номерах, диапазонах
Пропуск МПИ (2% парка в год)	Штраф до 700 000 руб.
Необнаруженный дрейф погрешности	Переплата за топливо, некорректный учет
Ручная сверка с ФГИС «Аршин»	20+ человеко-часов в месяц
ИТОГО:	Скрытые потери — от 2 до 5 млн руб./год на среднюю ТЭЦ.

Цели и задачи исследования

Целью данной презентации является анализ эффективности и разработка возможных подходов к внедрению нейросетевых технологий для автоматизации процессов управления данными на предприятиях ЭПК.

Задачи включают:

- анализ существующих методов работы с БД;
- рассмотрение возможностей автоматизации процесса на основе нейросетей;
- оценку эффективности предложенного решения путём сравнения с традиционными методами;
- выявление и минимизация рисков применения ИИ на предприятиях ЭПК.

Архитектура нейросетевых решений

Предлагаемые решения основаны на использовании нейросетевых алгоритмов для обработки и анализа данных. Система включает в себя модули для сбора, предобработки и классификации данных, а также интеграцию с существующими БД, системами управления и взаимодействие с оперативным персоналом.

Ключевым элементом является модель машинного обучения, которая автоматически выявляет закономерности и аномалии в данных, обеспечивая высокую точность и эффективность ведения БД.

Тип задачи	Особенности применения в ТЭК
Извлечение объектов из текстов	Требуют дообучения на отраслевых документах (акты, протоколы)
Взаимодействие с существующими БД	Необходима адаптация к специфическим типам приборов
Генерация SQL запросов и отчетов	Критически важна точность генерации, требуется валидация результатов
Анализ временных рядов	Эффективность зависит от объема хронологических данных для обучения
Обнаружение аномалий	Возможно обучение на неразмеченных данных

Сценарий 1.
Автоматический ввод данных в базу

1. **Компьютерное зрение** позволяет переводить архивную графическую документацию (чертежи, схемы) в машиночитаемый формат.
2. **Обработка естественного языка (NLP-модели)** обеспечивают извлечение структурированных данных из неструктурированной текстовой документации (актов, протоколов, ведомостей) и поддержание актуальности нормативно-справочной информации.

Как это работает:

1. Техник фотографирует паспорт СИ (или загружает PDF)
2. OCR + RuBERT извлекают: тип прибора, заводской номер, диапазон измерений, класс точности / допустимую погрешность, межповерочный интервал (МПИ).
3. Формирует карточку СИ в БД (после согласования метролога)

Результат: Время ввода: было >30 минут → 2 минуты.
Ошибки ручного ввода: 3% → 0,3%.

Сценарий 2.
Контроль МПИ с интеграцией ФГИС «Аршин»

Осуществляется интеграция ФГИС «Аршин» с системой управления БД СИ на ТЭЦ. Это позволяет в режиме реального времени контролировать метрологические параметры и характеристики измерительных приборов.Данные автоматически синхронизируются между системой и ФГИС, обеспечивая актуальность информации и повышая точность контроля.

Этап	Действие системы	Участие человека
За 90 дней	Проверка МПИ по БД |	—
За 60 дней	Запрос в ФГИС «Аршин», сверка дат	—
За 45 дней	Формирование заявки на поверку	Метролог (подпись)
За 30 дней	Отправка СИ в лабораторию	Техник
После поверки	Распознавание протокола, обновление статуса	Метролог (подпись)
При пропуске (нештатно)	Блокировка СИ в АИИС КУЭ, СЗ главному инженеру	—
Результат: пропуск МПИ → 0% (было 2% в год)		

Полностью автоматизированный жизненный цикл поверки

Сценарий 3. Обнаружение дрейфа погрешности

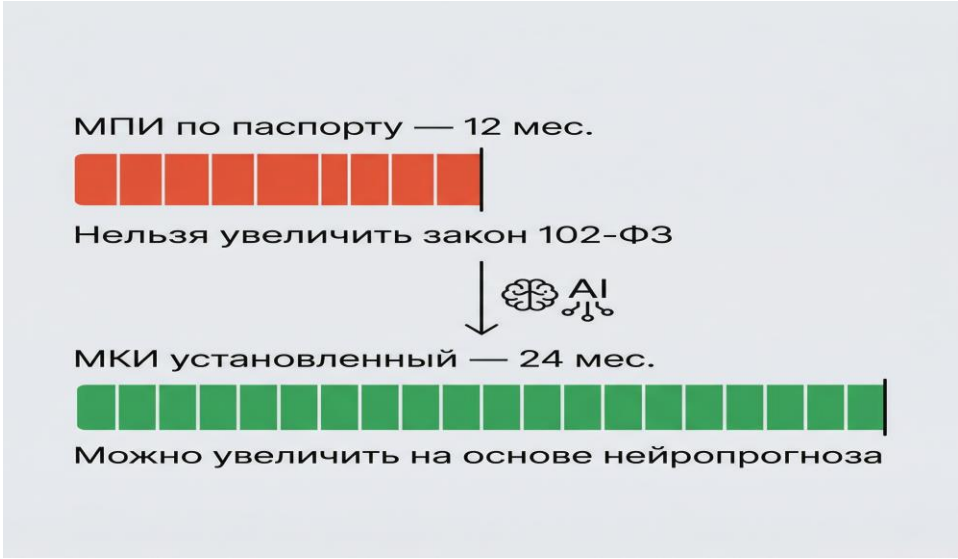
Нейросеть анализирует исторические данные о показаниях приборов и выявляет аномальные отклонения, указывающие на возможный дрейф погрешности. Это способствует повышению надёжности работы оборудования и точности данных на ТЭЦ. Система автоматически формирует уведомления для технического персонала, позволяя оперативно реагировать на изменения в точности измерений.

Проблема: СИ формально «поверены», но погрешность «уплыла» из-за деградации, загрязнения, вибрации.
Решение: нейросеть анализирует корреляцию с эталонными датчиками или математическую балансировку.
Пример: три датчика давления в коллекторе (например алгоритм «2 из 3» в защите АСУ ТП). Модель вычисляет среднее. Если датчик №1 систематически отклоняется на >2%, инициируется предупреждение.
Эффект:
- внеочередная калибровка/поверка по факту дрейфа (а не по плану)
- предотвращение работы СИ с недопустимой погрешностью
- экономия: от 300 000 до 1 млн руб./год (переплата за топливо/потери)

Сценарий 4.
Увеличение МКИ (> МПИ) на основе нейросетевого прогноза

Внедрение нейросетей позволяет автоматически анализировать и обновлять данные о СИ в БД. Это сокращает время, затрачиваемое на ручное внесение информации, и минимизирует вероятность ошибок.

В результате повышается точность и актуальность данных, что критически важно для эффективного управления и контроля на ТЭЦ.



Важное различие:
- МПИ (межповерочный интервал) — установлен в описании типа, увеличивать НЕЛЬЗЯ для СИ в госрегулировании
- МКИ (межкалибровочный интервал) — устанавливает предприятие для СИ ВНЕ госрегулирования, МОЖЕТ БЫТЬ БОЛЬШЕ МПИ

Как нейросеть обосновывает увеличение:
1. Анализирует историю калибровок за 3–5 лет (отклонения)
2. Строит прогноз дрейфа на увеличенный интервал (95% доверие)
3. Сравнивает с аналогичными СИ на других объектах (бенчмаркинг)

Экономия: Увеличение МКИ с 12 до 24 месяцев для 1000 СИ → экономия на калибровках ~1 млн руб./год

Внедрение нейросетей для автоматизации ведения БД на предприятиях ЭПК позволяет сократить время на обработку данных и минимизировать вероятность ошибок, что приводит к повышению общей производительности и снижению затрат на обслуживание оборудования. Оптимизация процессов управления данными способствует более эффективному распределению ресурсов и улучшению качества мониторинга состояния оборудования. Сокращение времени на анализ данных и оптимизация процессов управления способствуют снижению операционных расходов.

Исходные данные (типовая ТЭЦ):
- СИ в госрегулировании: 1500 ед. (поверка)
- СИ вне госрегулирования: 3500 ед. (калибровка)
- штраф за пропуск МПИ: 500 000 руб. (средний)

Статья	Экономия в год
Сокращение ручного ввода	0,3 млн руб.
Предотвращение штрафов за пропуск МПИ	1,0 млн руб.
Снижение внеочередных поверок (дрейф)	0,5 млн руб.
Увеличение МКИ (экономия на калибровках)	1,0 млн руб.
ИТОГО (прямая экономия)	~2,8 млн руб./год
Инвестиции на модернизацию: 1,5–2,0 млн руб.	Срок окупаемости: 6–9 месяцев

1.Hexagon — лидер в области **роботизации физических процессов** измерений. ИИ сокращает время калибровки на 80%.

2.Mitutoyo — лидер в области **интеллектуализации ПО**. Системы способны обучаться на реальных измерениях, что открывает путь к истинно предиктивному обслуживанию и автоматическому планированию калибровок на основе данных.

ИИ применили для оптимизации работы питательных электронасосов в цехе ТЭЦ металлургического комбината

ИТ-компания совместно со специалистами ТЭЦ металлургического предприятия разработала и внедрила цифровой сервис по оптимизации работы 10 питательных электронасосов (ПЭН). Обычно в работе находится от четырех до шести ПЭН. Годовой экономический эффект от реализации сервиса превзошел ожидания команды разработки и составил 19,6 млн руб.
Были проанализированы данные о работе оборудования за несколько лет и установлено, как меняются показатели при включении или выключении каждого из насосов.

Система самопараметризации цифровых двойников, разработанная учеными Санкт-Петербургского политехнического университета (СПбПУ)

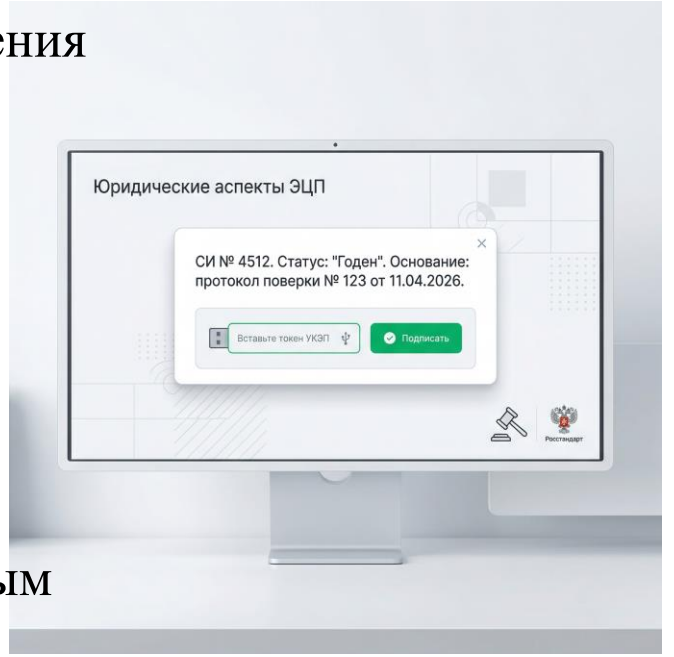
1. **Цифровые двойники:** Создается виртуальная модель оборудования.
2. **Динамическая самопараметризация:** Модель с помощью машинного обучения автоматически корректирует свои параметры, подстраиваясь под изменения в реальном объекте (износ деталей) .
3. **ИИ:** Анализирует данные и прогнозирует будущее состояние оборудования

Несмотря на значительные преимущества, использование нейросетей для автоматизации ведения БД на ТЭЦ сопряжено с определёнными рисками, такими как ошибки в алгоритмах, уязвимости в защите данных и необходимость постоянного обновления моделей.

Для минимизации этих рисков необходимо проводить регулярное тестирование и валидацию алгоритмов, внедрять современные методы шифрования и аутентификации, а также обеспечивать регулярное обучение моделей на актуальных данных. Это позволит снизить вероятность ошибок и повысить надёжность работы системы.

Использование ИИ для автоматизации ведения БД СИ на ТЭЦ требует соблюдения законодательства в области обработки конфиденциальной информации.

Необходимо учитывать требования к защите информации и предотвращению несанкционированного доступа, а также обеспечить соответствие систем автоматизации правовым нормам и стандартам, регулирующим деятельность в сфере энергетики.



Требования 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»:

- Изменение статуса СИ («годен/не годен») → только с ЭЦП метролога
- Автоматическое продление МПИ без подписи → признается недействительным

Предлагаемое решение:

- автоматизированный рабочий процесс с обязательным подтверждением для критических операций;
- для операций с доверием >0,98 — условно-автоматическая подпись (сертификат метрологической службы);
- выборочный пост аудит (5% автоматических решений)

Важно: При проверке Ростехнадзора предъявляется не только решение, но и коэф доверия + объяснение от модели.

1. На первом этапе необходимо провести анализ существующих БД и определить ключевые задачи для автоматизации с помощью нейросетей (ППО).

2. Этап разработка и тестирование алгоритмов обработки данных, интеграция решений с текущей системой управления БД.

3. Завершение внедрения необходимо проводить поэтапно и мониторить эффективность новой системы, проводить обучение сотрудников работе с обновлённым инструментарием.

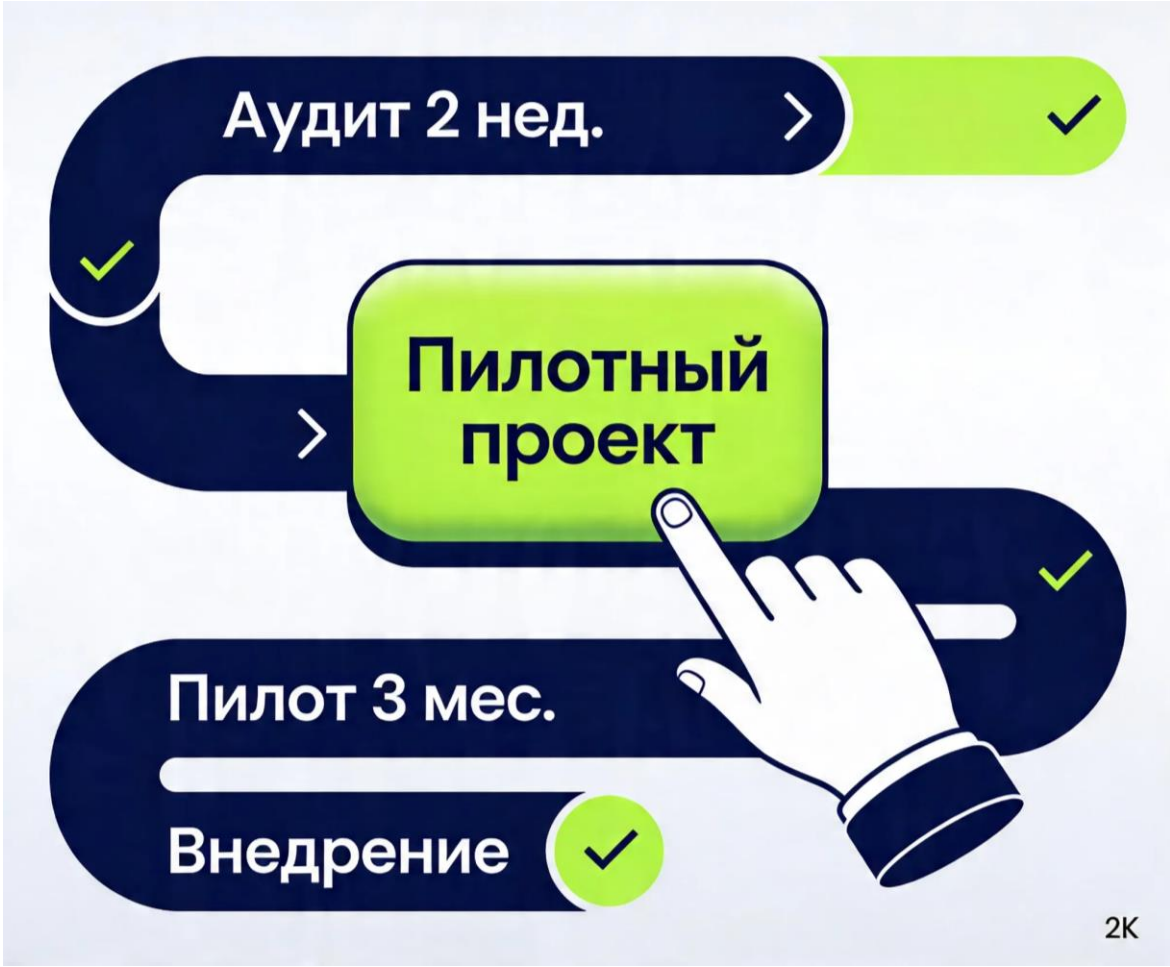
Внедрение нейросетей для автоматизации ведения базы данных средств измерений на ТЭЦ требует пересмотра текущих рабочих процессов и распределения обязанностей сотрудников.

Оптимизация алгоритмов позволит сократить время на обновление данных и перераспределить ресурсы для более эффективного мониторинга и анализа состояния оборудования. Это создаст предпосылки для повышения общей эффективности работы и улучшения качества обслуживания измерительных систем.

Внедрение нейросетей для автоматизации ведения БД СИ на ТЭЦ повышает эффективность работы и снижает вероятность ошибок.

В общем случае использование ИИ позволяет оперативно обрабатывать большие объёмы данных и выявлять закономерности, что способствует более точному и своевременному техническому обслуживанию оборудования. Это, в свою очередь, повышает надёжность и безопасность работы ТЭЦ.

В презентации рассмотрены различные сценарии работы нейронной систем с существующими на предприятии базами данных, проведена предварительная оценка экономической эффективности предложенных решений, показаны риски и юридические аспекты внедрения, а также обозначены основные шаги по внедрению и организационные изменения, которые потребуются.



Для продолжения обсуждения:
Покатилов Александр Васильевич,
ПАО «Мосэнерго»
Телефон: +7 (985) 968-53-78
Email: PokatilovAV@mosenergo.ru
Сайт: www.mosenergo.ru