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,

Круглый стол: Пути устойчивого развития и модернизации электроэнергетики: традиционная и распределенная генерация, цифровые технологии, нормативно-правовое и законодательное регулирование

1. Система и проблемы управления развитием электроэнергетики России

Договор о предоставлении мощности (ДПМ) АЭС, ДПМ ВИЭ,. ДПМ ГЭС, конкурсный отбор мощности новых генерирующих объектов КОМ НГО (конкуренция не сработала, ввели гос управление и ИНТЕР РАО, ГЭХ и Технопромэкспорт построить необходимую генерацию), конкурсный отбор мощности на модернизацию КОММод. Передача от СО к публично-правовой компании (ППК) «Росэнергопроект».

2. Современные тенденции развития средств режимного и потивоаварийного управления энергосистемами

2032 год пуск «Нововоронежская АЭС - Москва 550 км мощность 1500 МВт.

3. Энергокомплексы с РБН (реакторы на быстрых нейтронах) как одна из двух компонент новой атомной энергетики РФ

Замкнутый ядерный топливный цикл к 2030 году в Томской области.Рост народонаселения останавливается: Китай и Индия будет уменьшаться, рост за счет Африки.

4. Система мониторинга геоиндуцированных токов с регистратором аварийных событий для силовых трансформаторов

Магнитный полюс смещается в сторону России и к 2050 году войдет. Разработаны и опробованы системы предотвращения влияния ГИТ.

5. Предложения к проекту Концепции о создании конкурентного розничного рынка э/э (мощности) на базе региональных цифровых торговых платформ

6. ТЭС, сжигающая твердые коммунальные отходы (ТКО), – перспективный ВИЭ для распределенной генерации

Германия 100 млн.т ТКО но из них вырабатывается э/э 12 тыс.ГВт-час 2% общей выработки, тепло 17 тыс ГВт-час 12%, Великобритания 54 , Франция 117, Италия и Швеция по 37, Россия 47. Проблема - согласование с местными органами.У них шедевры архитектуры Париж, Токио, Роттердам, Копенгаген.

7. Инвариантность структур при моделировании энергосистем с ВИЭ

Плохая регулируемость АЭС и ВИЭ. Появление парка электробусов, электроавтомобилей, которые заряжаются в ночное время. Необходимость систем накопления э/э.

8. Исследование и разработка технических решений по повышению экономичности ЦОД за счет использования низко потенциального тепла

ЦОД потребление 2024г - 841МВт, 2028г - 2,3ГВт. Низкопотенциальное тепло 40-50град нагреватьдо 95-105град и на турбину. Э/э на холодильники.

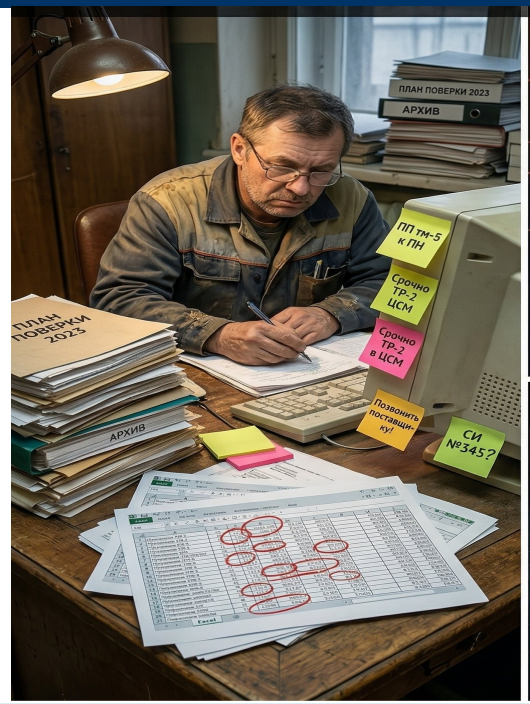
Введение

В презентации рассмотрены проблемы формирования и актуализации БД, применяемых на предприятиях ЭПК. В условиях внедрения цифровых двойников, автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии - АИИС КУЭ, тепла – АСКУТЭ, газа – АСКУГ, воды, экологических параметров и реформирования нормативно-справочной информации (НСИ), 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 экономическая эффективность, реальный кейс, риски использовании ИИ и их минимизация, юридические аспекты, дорожная карта внедрения и организационные изменения.

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. по ст. 19.19 КоАП
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 иследования является анализ эффективности и разработка подходов к внедрению нейросетевых технологий для автоматизации процессов управления данными на предприятиях ЭПК.

Задачи включают:

- анализ существующих методов учёта;
- разработку алгоритма на основе нейросетей для автоматизации процесса;
- оценку эффективности предложенного решения путём сравнения с традиционными методами;
- выявление и минимизация рисков применения ИИ на предприятиях ЭПК.

Архитектура нейросетевых решений

Архитектура предлагаемых решений основана 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 участием оператора.

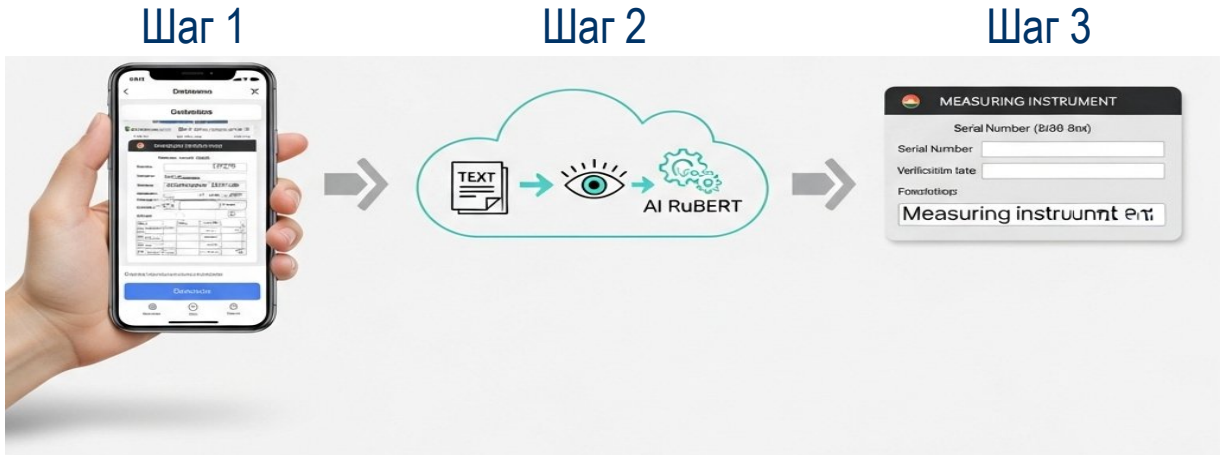
Ключевым элементом является модель машинного обучения, которая автоматически выявляет закономерности и аномалии в данных, обеспечивая высокую точность и эффективность ведения БД.

Тип задачи	Рекомендуемые архитектуры	Особенности применения в ТЭК
Извлечение объектов из текстов	BERT, RuBERT, spaCy	Требуют дообучения на отраслевых документах (акты, протоколы)
Распознавание показаний приборов	YOLO, EfficientNet, OCR (Tesseract, EasyOCR)	Необходима адаптация к специфическим шкалам и условиям освещения
Генерация SQL и отчетов	GPT-4, Llama, Mistral (fine-tuned)	Критически важна точность генерации, требуется валидация результатов
Анализ временных рядов	LSTM, GRU, Transformers (Informer)	Эффективность зависит от объема хронологических данных для обучения
Обнаружение аномалий	Autoencoders, Isolation Forest	Возможно обучение на неразмеченных данных

Сценарий 1.
Автоматический ввод данных в базу

Внедрение нейросетевых алгоритмов позволяет автоматизировать процесс ввода данных, например о средствах измерений, в единую базу.

Система анализирует поступающую информацию, распознаёт и классифицирует данные, минимизируя ручной труд и сокращая время на обработку.



Как это работает:

1. Техник фотографирует паспорт СИ (или загружает PDF)
2. OCR + RuBERT извлекают: заводской номер, диапазон измерений, класс точности / допустимую погрешность, МПИ (межповерочный интервал).
3. Модель сверяет формат документа с эталонным
4. Формирует карточку СИ в БД (предложение метрологу)

Результат: Время ввода: 30 минут → 2 минуты (↓93%) Ошибки ручного ввода: 3% → 0,3% (↓90%)

Сценарий 2.
Контроль МПИ с интеграцией ФГИС «Аршин»

В рамках сценария 2 осуществляется интеграция ФГИС «Аршин» с системой управления базой данных средств измерений 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

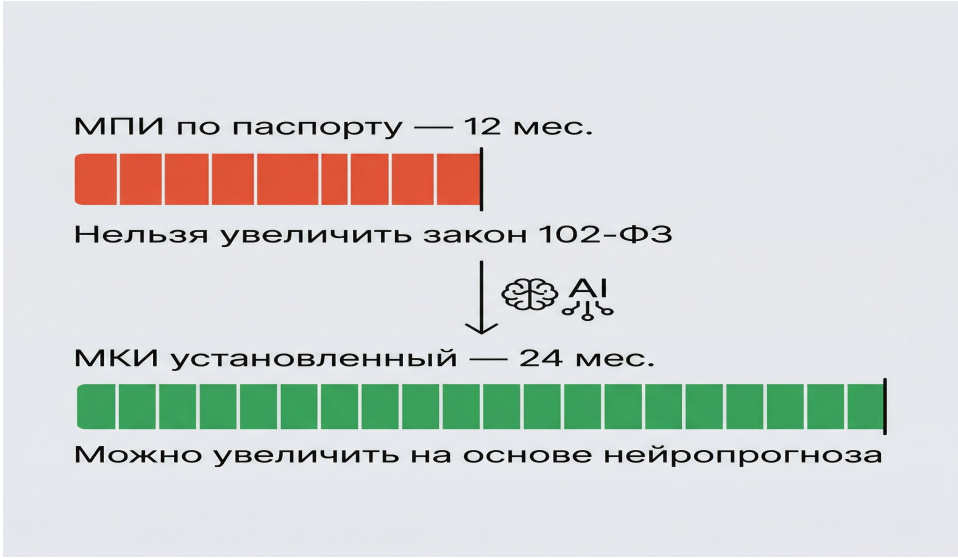
В рамках Сценария 3 нейросеть анализирует исторические данные о показаниях приборов и выявляет аномальные отклонения, указывающие на возможный дрейф погрешности. Это способствует повышению надёжности работы оборудования и точности данных на ТЭЦ. Система автоматически формирует уведомления для технического персонала, позволяя оперативно реагировать на изменения в точности измерений.

Проблема: СИ формально «поверены», но погрешность «уплыла» из-за деградации, загрязнения, вибрации.
Решение: Нейросеть (LSTM) анализирует корреляцию с эталонными датчиками или математическую балансировку.
Пример: Три датчика давления в коллекторе. 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 средствах измерений в базе. 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) — установлен в описании типа, увеличивать НЕЛЬЗЯ для СИ в госрегулировании
- МКИ (межкалибровочный) — 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

Экономическая эффективность

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

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 питательных электронасосов (ПЭН). Годовой экономический эффект от реализации сервиса превзошел ожидания команды разработки и составил 19,6 млн руб.

10 питательных электронасосов ТЭЦ подают воду для котлов насосы имеют приблизительно одинаковые характеристики, но тем не менее отличаются рядом параметров. В зависимости от потребности в паре сотрудники ТЭЦ включают и выключают насосы, обычно в работе находится от четырех до шести ПЭН. Были проанализированы данные о работе оборудования за несколько лет и создали сервис, который дает рекомендации по изменению текущего состава работающих насосов. Для этого были разработаны две модели машинного обучения. Первая модель определяет суммарное потребление электроэнергии при различных составах оборудования, а вторая — давление воды при сохранении текущего расхода. Таким образом получилось установить, как меняются эти показатели при включении или выключении каждого из насосов.