

Р.Ф. ДЖУРАЕВ, аспирант гр. ЭТа-251 (КузГТУ)

Научный руководитель Р.В. БЕЛЯЕВСКИЙ, к.т.н., доцент (КузГТУ)

г. Кемерово

**АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА  
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ**

Современные тенденции в электроэнергетике, включая переход к распределённой генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), усложнение сетевой инфраструктуры и рост требований к надёжности, обуславливают необходимость цифровой трансформации отрасли. В 2024 году генерацией РФ было отпущено в сеть 1213,4 млрд. кВт·ч электроэнергии, а транзит по данным крупнейшей сетевой организации страны ПАО «Россети» составил 6847 млн. кВт·ч [6]. Традиционные методы управления становятся недостаточно эффективными, что требует внедрения принципиально новых подходов. Ключевую роль в данном процессе призваны сыграть технологии на основе искусственного интеллекта (ИИ), предлагающие инструменты для анализа больших данных, предиктивной аналитики, оптимизации в реальном времени и создания автономных систем управления.

Развитие цифровой инфраструктуры топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и внедрение ИИ в электроэнергетике регламентируется рядом стратегических документов Российской Федерации.

Так, Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [2] определяет ИИ как сквозную технологию, что подразумевает её активное внедрение в том числе и в ТЭК. Стратегия акцентирует необходимость стимулирования исследований, подготовки кадров и формирования адекватного правового регулирования. Важным механизмом является создание «регуляторных песочниц» для апробации ИИ-решений в контролируемых условиях, что особенно актуально для строго регулируемой электроэнергетики.

Стратегическое направление в области цифровой трансформации ТЭК до 2030 года [3] непосредственно определяет цифровые приоритеты для энергетического сектора. В контексте ИИ ключевыми направлениями являются:

1) создание цифровых двойников объектов генерации, сетевого хозяйства и энергосистем в целом;

2) развитие интеллектуальных аналитических систем для обработки данных с интеллектуальных систем учёта (АИИС КУЭ), датчиков и геоинформационных систем;

3) внедрение систем предиктивного технического обслуживания для прогнозирования отказов критического оборудования.

Энергетическая стратегия РФ на период до 2050 года ставит перед различными отраслями ТЭК долгосрочные цели [4], такие как повышение эффективности, надёжности и экологичности энергоснабжения, определяют ИИ как ключевой инструмент их достижения. Оптимизация режимов работы ЕЭС России, снижение потерь, интеграция ВИЭ и управление спросом являются областями, где применение ИИ демонстрирует значительный потенциал.

В результате анализа вышерассмотренных нормативно-правовых актов (НПА) выявлены аспекты, требующие определённой доработки:

- 1) развитие кадрового потенциала;
- 2) стимулирование кросс-отраслевого взаимодействия;
- 3) создание инструментов для управления рисками, связанными с кибербезопасностью;
- 4) конкурентоспособность отечественных технологий.

Доработка вышеуказанных аспектов позволит преодолеть разрыв между поставленными целями и реальными темпами цифровой трансформации электроэнергетики.

Анализ позволяет выделить несколько наиболее значимых направлений внедрения ИИ.

Прогнозирование генерации и спроса. Высокоточные кратко- и среднесрочные прогнозы выработки ВИЭ и электропотребления на основе алгоритмов ИИ позволяют оптимизировать диспетчеризацию и снизить затраты на резервирование мощности.

Интеллектуальные сети (Smart Grid). ИИ позволяет создавать самовосстанавливающиеся сети, способные автоматически локализовывать повреждения, изолировать аварийные участки и перераспределять потоки мощности, минимизируя время перерывов в электроснабжении [3].

Предиктивная аналитика и цифровые двойники. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования и оптимизация графиков его технического обслуживания позволяют перейти от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию. Цифровые двойники предоставляют платформу для виртуального тестирования новых режимов работы и сценариев развития без рисков для физических активов [3].

Управление активами и кибербезопасность. ИИ-системы мониторинга позволяют отслеживать состояние критически важных активов в режиме реального времени. Алгоритмы машинного обучения способны выявлять

---

кибератаки, аномальное поведение в сетях и оборудовании, обеспечивая проактивную безопасность [1].

Реализация потенциала ИИ сопряжена с рядом системных вызовов:

1) данные: отсутствие единых стандартов, фрагментированность, низкое качество данных и культура их закрытости внутри компаний препятствуют эффективному обучению и применению ИИ-моделей;

2) регуляторные ограничения: жёсткое отраслевое регулирование не успевает за скоростью технологических изменений. Отсутствуют чёткие процедуры валидации и сертификации ИИ-алгоритмов для применения в объектах критической инфраструктуры [1];

3) кадровый дефицит и организационная культура: наблюдается острый дефицит специалистов, сочетающих компетенции в энергетике, data science и IT, сопротивление персонала изменениям и недоверие к решениям, принимаемым «черным ящиком» [2].

Финансовые вложения в разработку и внедрение технологий на основе ИИ в период реализации стратегического плана развития цифровизации ТЭК до 2030 года по сравнению с 2022 годом вырастут в 5 раз и должны достигнуть 60 млрд. рублей, что приведёт к росту ВВП накопленным итогом более, чем в 180 раз, по сравнению с 2022 годом [2].

Примером финансирования мероприятий по комплексному применению и внедрению новых цифровых технологий служат государственная корпорация «Росатом» и ПАО «Россети». Объём финансирования по вышеуказанному предприятию на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в период с 2021 по 2024 год составил около 1,0 млрд. рублей ежегодно в ПАО «Россети» [6] и около 10 млрд. руб в «Росатом» [7].

Таким образом, дальнейшее развитие цифровизации электроэнергетики РФ требует системной координации усилий всех участников отрасли. Ключевыми факторами для массового внедрения технологий на основе ИИ будут являться:

1) синхронизация отраслевых и общегосударственных цифровых стратегий [2, 3, 4];

2) создание адаптивной нормативной базы, стимулирующей технологические инновации [1];

3) формирование непрерывной системы подготовки кадров для цифровой энергетики [2];

4) развитие отечественной научно-технологической базы и исследовательской инфраструктуры [5, 6];

5) построение эффективных механизмов международного технологического сотрудничества [4].

Полученные результаты демонстрируют эффективность применения цифровых методов анализа электрических сетей для выявления узких мест

и обоснования решений по улучшению режимов. Перспективными направлениями развития проекта являются анализ переходных процессов при запуске и отключении мощного оборудования, сверка расчетных данных модели с фактическими измерениями на сети, а также интеграция модели с информационными системами предприятия для оперативного управления электроснабжением. Это позволит повысить достоверность модели, реализовать основной принцип цифрового двойника – двусторонний обмен данными между реальной системой и её цифровой моделью, и расширить возможности её применения при планировании развития сети.

**Список литературы:**

1. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Консультант Плюс. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_475991/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/).
2. Как цифровой двойник повышает надежность и энергоэффективность // Prostor Lab. – 2024. – 13 марта. URL: <https://prostorlab.com/2024/03/13/>.
3. Щуцкий, В. И. Электрификация открытых горных работ: учебник / В. И. Щуцкий. – Москва: Московский государственный горный университет, 2014. – 528 с.
4. Волотковский, С. А. Электроснабжение угольных шахт: учебное пособие / С. А. Волотковский, В. И. Раковский. – Кемерово, 2015. – 180 с.
5. Об особенностях компенсации реактивной мощности в электрических сетях угольных разрезов // ГЕКОМС. – 2021. – 30 июля. URL: <https://gekoms.org/2021/07/30/ob-osobennostjah-kompensacii-reaktivnoj-moshhnosti-v-jelektricheskikh-setjah-ugolnyh-razrezov/>.
6. Повышение качества электрической энергии в подземных электрических сетях высокопроизводительных шахт и разрезов // Диссертация, МИСиС. URL: <https://www.dissertcat.com/content/povyshenie-kachestva-elektricheskoi-energii-v-podzemnykh-elektricheskikh-setyakh-vysokoproiz/>.
7. К вопросу повышения показателей качества электроэнергии в электротехнических системах угольных шахт // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-povysheniya-pokazateley-kachestva-elektroenergii-v-elektrotehnicheskikh-sistemakh-ugolnyh-shaht>.
8. Проблемы и пути решения вопросов надежности внешнего электроснабжения угольных шахт // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-puti-resheniya-voprosov-nadezhnosti-vneshnego-elektrosnabzheniya-ugolnyh-shaht>.

9. ГОСТ Р 57700.37–2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. – Москва: Стандартинформ, 2021.

10. Что нам может дать цифровой двойник // Control Engineering Россия. URL: <https://controleng.ru/innovatsii/cifrovye-dvoyniki/chto/>.

11. Картотека: цифровой двойник // IQ Media. – 2024. – 11 февраля. URL: <https://iq-media.ru/archive/896065069>.

12. Цифровой двойник электростанции // Info-Pro. – 2024. – 19 июня. URL: <https://www.info-pro.ru/mediatsentr/blog/tsifrovoy-dvoynik-elektrostantsii/>.

13. Попали в сети: как работают цифровые двойники в энергетике // RGTR. – 2019. – 5 ноября. URL: <https://rgtr.ru/press-tsentr/1016>.

14. Комплексное обследование и создание цифрового двойника электрических сетей // Siemens. URL: <https://www.siemens-pro.ru/articles/siemens-articles-80.html>.

15. Компания «Сименс» представила концепции цифрового двойника для энергетики // EnergoSMI. – 2019. – 23 апреля. URL: <https://energosmi.ru/archives/34945>.

16. DIgSILENT PowerFactory – единая платформа для расчета электрических сетей // PTСофт. URL: <https://www.rtsoft.ru/project-cards/sgt/PowerFactory/>.

17. EnergyCS – модули для расчета режимов электрических сетей // BimAcad. – 2024. – 18 октября. URL: <https://bimacad.ru/produkty/energycs/>.

**Информация об авторах:**

Джураев Рустам Фахритдинович, аспирант гр. Эта-251, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [dzhuraeffrustam@yandex.ru](mailto:dzhuraeffrustam@yandex.ru)

Беляевский Роман Владимирович, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [brv.egpp@kuzstu.ru](mailto:brv.egpp@kuzstu.ru)