

Засухина Ольга Александровна,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: olga_a_z@mail.ru

Мных Олег Валерьевич, Стома Наталья Александровна, Соколенко Денис Александрович, Сапунов Вячеслав Сергеевич, Шонников Матвей Анатольевич,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», студенты гр. ЭЭ-24-1

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ
Zasukhina O.A., Mnykh O.V., Stoma N.A., Sokolenko D.A., Sapunov V.S., Shonnikov M.A.
ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES
IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Аннотация. Рассмотрены варианты технологических решений с использованием искусственного интеллекта для электроэнергетической отрасли.

Ключевые слова: искусственный интеллект, электроэнергетика, оптимизация, цифровизация, технологии, внедрение.

Abstract. Variants of technological solutions using artificial intelligence for the electric power industry are considered.

Keywords: artificial intelligence, electric power industry, optimization, digitalization, technology, implementation.

Энергетические системы по всему миру находятся в периоде трансформации [1]. Основными факторами этого процесса являются децентрализация, цифровизация и декарбонизация. Можно прогнозировать, что в ближайшие десятилетия влияние этих факторов приведет к сильной интеграции энергетического, транспортного, промышленного и строительного секторов. А это, в свою очередь, потребует от всех участников совершенно иного уровня взаимодействия и гибкости для оптимального управления такими сложными системами. Концептуальные подходы к трансформации энергосистем хорошо укладываются в парадигму четвертой промышленной революции. Она характеризуется широким внедрением киберфизических систем на всех этапах жизненного цикла продукции: от проектирования до утилизации. Одна из ключевых технологий четвертой промышленной революции — искусственный интеллект (ИИ) (AI – artificial intelligence) [2-4].

Под ИИ понимают комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые как минимум с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (ПО) (в том

числе в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных, анализу и синтезу решений. ИИ часто смешивают с автоматизацией, но эти два понятия различны: автоматизированные системы выполняют повторяющиеся задачи, следуя запрограммированному набору правил, а ИИ выявляет закономерности и делает выводы на основе данных, а также с течением времени «учится» делать это более точно и эффективно [5-7].

ИИ обладает огромным потенциалом для поддержки и ускорения трансформации энергетической отрасли. Решения в области ИИ могут применяться на всех этапах: в генерации — для проектирования новых видов оборудования, оптимизации ремонтов и технического обслуживания, в транспорте электроэнергии — для оптимального проектирования сетей, снижения отключений, в сбытовом секторе — для создания новых услуг, оптимизации бизнес-процессов. Численная оценка экономических выгод от внедрения ИИ затруднена в связи с тем, что, во-первых, создаются новые слабо предсказуемые потоки доходов от новых бизнес-моделей, а во-вторых, снижаются потоки расходов, например, за счет уменьшения затрат на замену оборудования из-за внедрения предиктивной аналитики состояния активов.

На рисунке 1 показаны основные направления применения ИИ в электроэнергетике. Предлагается двойная классификация: по области применения и по характеру используемых входных данных. Технологии ИИ используют в производстве электроэнергии, при прогнозировании спроса и нагрузки, проектировании и эксплуатации сети, создания новых материалов и др. Решения с применением ИИ могут использовать множество форм входных данных: фото- и видеоизображения, речь, данные, полученные от датчиков, установленных на оборудовании, а также данные, собранные вручную или роботизированным способом

В предлагаемой классификации данные разделяются на следующие виды:

- рыночные данные, информация о товарах и погодных условиях в виде временных рядов, применяемые для выявления закономерностей и решения задач прогнозирования;
- изображения и видеоролики, применяемые для распознавания объектов или погодных условий;
- данные оборудования и датчиков, в том числе от оборудования интернета вещей.

Технологии ИИ применяются для решения задачи оптимального размещения электростанций, в том числе солнечных и ветряных, для которых это оказывает решающее влияние на мощность. Решения с использованием ИИ позволяют определить участок для строительства электростанции с наилучшим доступом к существующей сетевой инфраструктуре, управлять графиками строительства, оптимизировать доставку оборудования, контролировать стройплощадку с

помощью машинного зрения, выявлять неэффективные и опасные процессы. ИИ используется для оптимизации конструкций генерирующего оборудования: турбин, генераторов, трансформаторов, фотоэлектрических панелей, силовой электроники, систем управления.

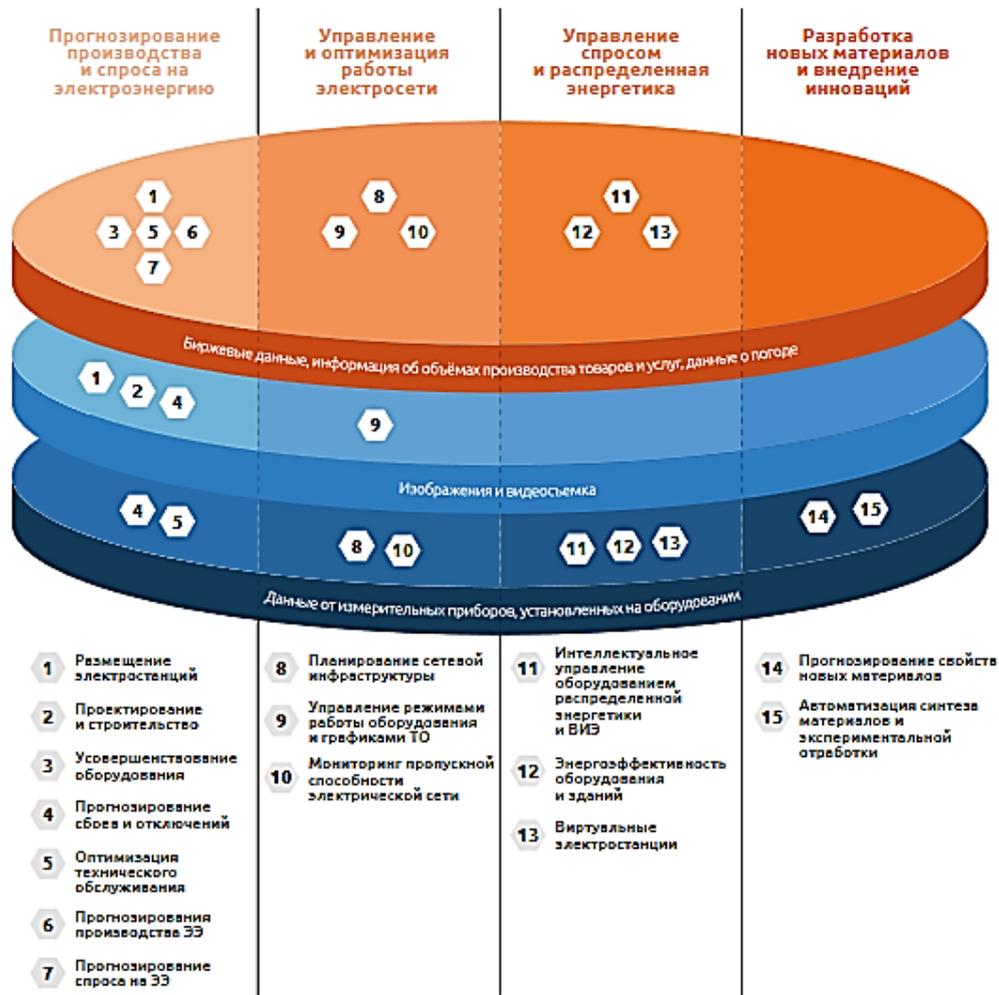


Рисунок 1 - Использование искусственного интеллекта в электроэнергетике

ИИ все чаще интегрируется в процессы технического обслуживания и ремонтов для прогнозирования отказов, и простоев, оптимизации порядка технического обслуживания, предотвращения внеплановой замены дорогостоящего оборудования. Особенно это становится актуальным для ветряных электростанций, расположенных, например, в горной местности или в море. Доля расходов на техническое обслуживание агрегатов такого ветропарка может достигать до 20% от стоимости электроэнергии.

Достаточно сложно прогнозировать выработку электроэнергии солнечными и ветряными электростанциями. Для этого используются интеллектуаль-

ные системы, анализирующие погодные данные от различных источников: температуру, влажность, направление ветра, облачность. Аналогичные системы применяются для прогнозирования спроса на электроэнергию. ИИ позволяет выявлять сложные закономерности в исторических данных о потреблении, составлять прогнозы спроса на различных временных горизонтах, определять резервы мощности. Долгосрочные прогнозы могут быть использованы при планировании энергосистемы, определении необходимых инвестиций.

Решения с применением ИИ используют исторические данные о работе сетей, прогнозы производства и спроса на электроэнергию, климатические данные для оптимального расположения сетевого оборудования, прокладки линий электропередачи (ЛЭП), выбора трансформаторов. Машинное зрение и роботизированные комплексы могут обеспечить дистанционное обследование электросети, системы машинного обучения позволяют выявлять аномалии и отказы, тем самым оптимизировать затраты на техническое обслуживание. Создание цифровых двойников сетей дают возможность повысить эффективность их работы, осуществлять непрерывный мониторинг производительности.

Способность ИИ эффективно выявлять закономерности в больших массивах данных играет важную роль в интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и накопителей энергии. Например, решения на базе ИИ позволяют оптимально переключаться между питанием от сети, накопителя или фотоэлектрической панели с учетом требований потребителя (например, минимизация затрат). Технологии ИИ используются промышленностью, центрами обработки данных для оптимизации энергопотребления. Например, могут быть предложены такие графики работы оборудования, при которых спрос на электроэнергию будет соответствовать максимальному предложению (например, за счет ВИЭ). Также ИИ открывает возможности для управления распределенными энергоресурсами в качестве виртуальных электростанций.

Наконец, ИИ является мощным инструментом для разработки новых материалов, применяемых в сложных условиях. В частности, применяются решения для прогнозирования свойств материалов по их молекулярной структуре. Также использование ИИ позволяет разрабатывать новые катализаторы, термо- и фотоэлектрические материалы, компоненты накопителей энергии. Автоматизация синтеза материалов и экспериментальной отработки дает возможность сократить срок создания и внедрения нового материала с 20–25 лет до 2–3.

Основные принципы, которых следует придерживаться для раскрытия потенциала ИИ в энергетическом секторе представлены в таблице 1. Они разделены на три части: регулирование, стимулирование разработок и внедрение.

ИИ уже стал неотъемлемой частью электроэнергетики, и его потенциал только начинает раскрываться. В ближайшие годы искусственный интеллект будет играть все более значимую роль в обеспечении устойчивости и эффективности энергосистем.

По данным Минэнерго России, темпы внедрения ИИ в отрасли заметно ускоряются [1]. Если в 2021 году только 29% компаний ТЭК использовали технологии ИИ, то к 2024 году показатель вырос до 58%. Причем динамика роста усиливается: за 2022–2023 годы количество внедрений увеличилось на 11%, а за 2023–2024 годы — уже на 17%. Согласно прогнозам, к 2027 году уровень цифровизации в ТЭК может превысить 70%.

Таблица 1 - Принципы внедрения искусственного интеллекта

Принципы	Описание
Регулирование	
Управление рисками	Согласование общих технологических и образовательных подходов к управлению рисками, связанными с ИИ
Стандартизация	Использование единых подходов к программному обеспечению и интерфейсам (например, отраслевых стандартов)
Ответственность	Однозначное определение зон ответственности разработчиков и эксплуатантов за решения, принимаемые с использованием ИИ (в оборудовании или программном обеспечении)
Стимулирование разработок	
Автоматизация	Внедрение таких подходов к проектированию оборудования, которые позволят повысить уровень автоматизации и автономности ИИ
Устойчивое развитие	При разработке технических решений с применением ИИ ориентироваться в том числе на энергоэффективность и оптимальное использование ресурсов, включая вычислительные мощности
Разработки	Технические решения с применением ИИ должны быть удобными в использовании, а получаемые с их помощью результаты однозначно интерпретируемыми
Внедрение	
Данные	Создание механизмов (платформ) обмена данными, позволяющими повысить их доступность и качество
Стимулирование	Создание рыночных механизмов и нормативно-правового регулирования, позволяющих получать выгоду от использования ИИ
Образование	Активное внедрение технологий ИИ в трудовую деятельность работников, а также инвестирование в образовательные продукты для обеспечения соответствия навыков и технологического уровня

И это неудивительно: по оценкам Правительства Российской Федерации, внедрение ИИ к 2030 году может увеличить ВВП страны на 11,2 трлн. рублей. Учитывая, что доля ТЭК в экономике превышает 20%, ожидаемый эффект от цифровизации отрасли измеряется сотнями миллиардов рублей.

Вывод очевиден: будущее электроэнергетики — не только в строительстве новых объектов, но и в развитии интеллектуальных алгоритмов. Именно они обеспечат устойчивость, надежность и безопасность энергосистем, сделав их более экономичными и эффективными.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Коновалов, Ю.В.** Тенденции развития мировой энергетики в современных условиях / Ю.В. Коновалов, Н.В. Буякова, Н.К. Малинин, А.А. Терехова, А.С. Хухрянская. Д.А. Марченко // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2024. № 21. – С. 302-308.

2. Искусственный интеллект в электроэнергетике // <https://www.digital-energy.ru/wp-content/uploads/2024/07/ИИ-в-Электрэнергетике.pdf?ysclid=m9usrxi1e144152870/>.

3. Искусственный интеллект в электроэнергетике // <https://eepir.ru/article/is-kusstvennyj-intellekt-v-nbsp-elektroenergetike/?ysclid=m9usvaleg120138087>

4. **Коновалов, Ю.В.** Искусственный интеллект в электроэнергетике / Ю.В. Коновалов, А.Е. Вайгачев // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. – С. 225-226.

5. **Коновалов, Ю.В.** Автоматизация и цифровизация объектов электроэнергетики / Ю.В. Коновалов, А.Е. Вайгачев, А.А. Уваров // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2021. № 15. – С. 51-55.

6 **Konovarov, Yu.V.** Cloud technologies in energy / Yu.V. Konovarov, O.A. Zasukhina // Journal of Physics: Conference Series. 13. Ser. "Computer-Aided Technologies in Applied Mathematics". 2020. – С. 012024.

7. **Крюков, А.В.** Применение интеллектуальных технологий для электротехнических комплексов на нефтегазодобывающих предприятиях / А.В. Крюков, Ю.В. Коновалов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2018. Т.1. № 15. – С. 162-169.