

УДК 330.34 DOI: 10.14451/1.231.217

# Стратегия развития цифровой инфраструктуры при цифровизации предприятий электроэнергетического комплекса России

© 2024 Шулькин Юрий Андреевич

Аспирант. Национальный исследовательский университет МЭИ, Россия, Москва.

E-mail: ua.shulkin@mail.ru

© 2024 Лейман Евгений Николаевич

Кандидат экономических наук, Доцент кафедры экономики в энергетике и промышленности.

Национальный исследовательский университет МЭИ, Россия, Москва.

E-mail: leiman@mail.ru

**Ключевые слова:** цифровая инфраструктура, электроэнергетика, Россия, эффективность и надежность энергоснабжения, цифровизация, инновации, стандартизация.

В статье рассмотрены тенденции развития цифровой инфраструктуры в электроэнергетике России. Раскрываются проблемы энергетики в контексте реализации цифровых решений, включая относительную недоступность данных, организационные барьеры и рассогласованность информации. Показаны основные направления решения проблем, в частности унификация стандартов, реализация инвестиционного обеспечения модернизации производственного аппарата электроэнергетики и др. Обосновывается необходимость совместных усилий государства и корпораций для успешной реализации цифровизации в энергетике.

В представленной работе анализируются стратегии развития цифровой инфраструктуры электроэнергетического комплекса РФ, в рамках решения проблем эффективности и надежности энергоснабжения.

В современных условиях проблема цифровизации предприятия энергетического комплекса страны предполагает, разработку стратегии, позволяющей не только обеспечить эффективное и надежное функционирование производственного аппарата, но и реализовать эти пре-

имущества в рамках повышения конкурентоспособности на энергетических мировых рынках.

Новизна результатов исследования предполагает возможность актуализации информации, представляемой пользователям (в первую очередь, лицам принимающим решения), учитывающим как состояние цифровой инфраструктуры (и стратегию ее развития), так и трансформацию геополитической ситуации и влияние ее на развитие энергетического комплекса РФ.

Можно сказать, что цифровая трансформация является своеобразной парадигмой переживаемого в настоящее время этапа развития российской экономики и может стать двигателем развития ряда отраслей российской экономики на основе мультипликативного эффекта. С этой точки зрения цифровая трансформация особенно актуальна для электроэнергетики, поскольку формирует количественную и качественную основы энергетического обеспечения всего народного хозяйства. Актуальность данного исследования усиливается тем, что эффективность и надежность энергоснабжения, обеспечение качества энергоснабжения, являются одной из основ устойчивого развития экономики. Соответственно появляется возможность оптимизации управления российской экономикой в целом, отдельными ее отраслями и видами производств и, как результат, предотвращения аварий, снижение повышения коэффициента использования и качество электроэнергии для потребителей. Тем не менее, использование цифровых технологий невозможно без соответствующей перестройки производственного аппарата электроэнергетики, вне рамок общеотраслевой стратегии развития электроэнергетики, предполагающей формирование путей преодоления технических и организационных барьеров, возникающих при внедрении инновационных цифровых решений.

Вначале следует определиться с терминологическим аппаратом объекта исследования, то есть сформулировать определение цифровой инфраструктуры электроэнергетики в России. Анализ имеющихся дефиниций позволяет из множества имеющихся определений выбрать как наиболее близкое к сути вопроса понимание «цифровой инфраструктуры» и трансформировать его применительно к использованию в электроэнергетике: «комплекс интегрированных информационных и технологических ресурсов, включая аппаратное и программное обеспечение, сети передачи данных, системы управления и мониторинга, базы данных, а также квалифицированный персонал, предназначенный для сбора, обработки, анализа и управления данными, связанными с производством, передачей,

распределением и потреблением электроэнергии».

В настоящее время цифровая трансформация электроэнергетики в России представляет собой одно из приоритетных направлений развития этой отрасли. Минэнерго России разработан проект «Цифровая энергетика» (ЦЭ), объединяющий в себе электроэнергетический комплекс, нефтегазовый и угольный комплексы, в совокупности представляющие собой топливно-энергетический комплекс России. В рамках данного проекта основной задачей Минэнерго является создание современных цифровых решений, причем в сфере его компетенций основной задачей представляются именно разработка нормативно-правовой базы, подготовка квалифицированных кадров и переподготовка в соответствии с продвинутыми техническими и цифровыми решениями в области, а также обеспечение реализации контрольно-надзорных функций [8].

Ускорение цифровой трансформации электроэнергетики предполагает создание соответствующих структур. Была создана Ассоциация «ЦЭ» [7], основу которой составили такие компании как «Интер РАО», ПАО «Россети», «Системный оператор единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») и «Росатом».

Круг стратегических задач Ассоциации достаточно широк и включает в себя как повышение эффективности существующих активов, так и инвестиции в новые активы, адекватные цифровому технологическому потенциалу отрасли.

Цифровая трансформация электроэнергетики как важнейшей составляющей топливно-энергетического комплекса, является сложным системным процессом, реализующим новые инструменты регулирования отрасли на федеральном уровне, включая цифровизацию, как один из наиболее эффективных инструментов повышения эффективности деятельности электроэнергетических компаний и их потребителей. На процесс цифровизации электроэнергетики накладываются современные условия ее функционирования. В качестве таковых (не всегда связанных

с геополитическими изменениями и санкционной политикой) можно в первую очередь назвать децентрализацию генерации, выражающуюся в том, что крупные промышленные потребители вовлечены в процесс перехода к собственной генерации, одновременно потребители расширяют взаимодействие с поставщиками услуг, становясь активными участниками (кластерный принцип, сетевые системы) системы. Подобное эффективное взаимодействие возможно лишь на основе цифровых технологий, использование которых позволяет ускорить и повысить эффективность инновационной деятельности в отрасли, хотя при подобной децентрализации появляются риски разбалансирования энергосистем на региональном уровне.

Анализ проблемных ситуаций, возникающих в процессе реализации Стратегии цифровой трансформации ТЭК до 2030 года, можно классифицировать по следующим направлениям [13].

1. Реализация Программы однозначно предполагает внедрение риск-ориентированного управления, что непосредственно связано с динамической задачей оценки рисков. Именно здесь возможны определенные препоны, связанные с отсутствием или недостаточной квалификацией соответствующих специалистов, а также невозможности получения определенной совокупности данных. Все это может привести к сопротивлению при внедрении системы и повлечет за собой сложности организации.
2. Возможна несогласованность получаемой информации, что непосредственно связано с необходимостью сбора и обработки больших данных и, как следствие, к техническим сложностям и временным издержкам.
3. Обеспечение кибербезопасности и защиты данных на цифровой платформе.
4. Надежность энергоснабжения зависит в первую очередь от состояния производственного аппарата энергоснабжающих организаций и необходимости перманентного использования новых технологий и оборудования, и не только на новом техническом

уровне, что требует значительных инвестиций. Нужно отметить, что в 2019 году средний возраст оборудования теплоэлектростанций составлял тридцать лет, средний возраст оборудования гидроэлектростанций составлял тридцать пять лет, причем оборудование со сроком службы более 50 лет, составляло 20,9% [16]. Соответственно, высокая степень износа технологического оборудования приводит к значительному снижению коэффициента полезного действия и надежности его работы.

В имеющихся поставках (еще до февраля 2022 года) преобладало импортное оборудование систем управления и автоматизации предыдущего поколения (то есть 80% инвестиций идет в развитие зарубежных технологий и поставку устаревших решений). Соответственно, возникает проблема, нужна ли цифровизация для устаревшего и физически, и морально энергооборудования, или же необходима модернизация производственного аппарата и лишь параллельно с ней работа по цифровизации нового технологического оборудования.

5. Сложности возникают и при использовании отраслевой технологической статистики: необходимо согласование новых и уже действующих нормативно-правовых актов и стандартов, что занимает (при современном бюрократическом аппарате) достаточно много времени, непосредственно влияя на сроки процесса внедрения, а ограниченные возможности контроля первичных показателей надежности приводят к снижению ответственности сетевых организаций.

Решение указанных проблем возможно на основе Рекомендаций по применению DeepTech и цифровых решений Индустрии 5.0 [12]:

- эффективность внедрения риск-ориентированного управления будет определяться на основе анализа данных с использованием искусственного интеллекта (ИИ). Последнее позволит не просто цифровизировать про-

цесс оценки рисков и выявления отклонений, но и снизить влияние человеческого фактора, обеспечив возможность получения необходимых для анализа данных в режиме реального времени;

- сбор отраслевой отчетности с учетом минимизации затрат предполагает использование технологии внедрения IoT-сенсоров на объектах электроэнергетики. Блокчейн-технология может обеспечить цифровую безопасность собираемых данных [21];
- использование таких методов управления данными, как графовые базы данных;
- именно использование результатов анализа больших данных повышения позволит выявить признаки возможных сбоев системы и, как следствие, снижение аварийности. С технологической точки зрения установка соответствующих датчиков и IoT-устройств на оборудовании, а также широкое использование БПЛА дает возможность проведения удаленного мониторинга и соответствующих управляющих воздействий.

Как уже указывалось выше, цифровая трансформация электроэнергетики является сложным и перманентным процессом. Невозможно однократно провести цифровизацию энергетики в полном ее объеме и на этом прекратить вмешательство в деятельность данного сектора экономики. Сложность и барьеры на пути цифровизации возникают, практически на всем протяжении процесса [9]:

- в приоритетах цифровизации продолжают оставаться надежность и эффективность энергетических систем, при минимизации рисков аварий и сбоев, сохраняя на всем протяжении долгосрочного периода стабильность и сбалансированность системы;
- для преодоления технологических и организационных барьеров и ускорения цифровой трансформации необходима разработка четкой стратегии (стратегического плана) внедрения цифровых решений в первую очередь в части обеспечения высококвалифицированными кадрами и максимально возможной сов-

местимости различных систем и оборудования, обеспечения кибербезопасности для цифровой инфраструктуры [14];

- нельзя не упомянуть и негативное воздействие международных санкций за счет ограничения доступа к технологиям и инвестициям.

Организационное развитие системы цифровой трансформации в России обеспечивается, как говорилось выше, с помощью ассоциации «ЦЭ». Важным направлением деятельности Ассоциации, является разветвленная система привлечения финансирования из различных источников для внедрения новых цифровых технологий и проведения НИОКР, связанных с цифровизацией энергетических предприятий. Неоднократно писалось, что для получения ожидаемого эффекта цифровой трансформации необходимо обеспечение унификации стандартов в различных подотраслях энергетики, унификация данных для формирования единой цифровой модели энергетической системы России [5].

В процессе исследования авторы проанализировали опыт Китайской Народной Республики и Ирана как государств, длительное время находящихся под санкциями, но, тем не менее, занимающих передовые позиции цифровизации энергетики в мире [11]. Так, Китай активно инвестирует в развитие цифровой инфраструктуры энергетики, реализуя крупные национальные программы по цифровой трансформации. Стоит отметить, что в Китае при общем дефиците топливно-энергетических ресурсов понятно стремление к использованию методов для более точного прогнозирования спроса на электроэнергию, оптимизировать работу генерирующего и сетевого оборудования и снижать удельное энергопотребление, что и происходит при использовании Китаем искусственного интеллекта и больших данных. Особое место занимает разработка сетей нового поколения – «умные сети» (Smart Grids), позволяющих на основе передовых систем управления и мониторинга, автоматизировать процессы производства электроэнергии и доставки ее конечным потребителям. Сюда же можно отнести современные технологии ин-

теграции возобновляемых источников энергии в энергетическую систему [6], что способствует обеспечению стабильности электроснабжения.

Развитие энергетики Ирана сопровождается исследованиями и внедрением элементов цифровой инфраструктуры [15]. Нужно отметить, что на протяжении десятилетий Иран не только сталкивается с уникальными вызовами и ограничениями в развитии своей электроэнергетики, но находится под санкциями, ограничивающими его возможности в цифровизации экономики. Тем не менее, в стране не просто разрабатываются собственные решения, позволяющие обеспечить цифровую инфраструктуру, но в первую очередь локализуется производство тех или иных цифровых устройств, может быть, по техническому уровню ниже используемых в технологиях развитыми западными странами, но отечественных. Учитывая длительность и достаточно широкий спектр примененных против Ирана санкций, именно политика импортозамещения позволила разработать оригинальные решения для сетей передачи и распределения электроэнергии, включая разработку систем управления.

Интерес представляет и формирование цифровой среды иранских предприятий при оценке и поиске развития возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, приливная, что способствует диверсификации энергетики и снижению зависимости от традиционных источников (прежде всего, нефти)

как при использовании внутри страны, так и в части экспорта. Цифровая инфраструктура Ирана выступает базовым элементом обеспечения кибербезопасности государства и бизнеса. Иранский опыт развития цифровой инфраструктуры в электроэнергетике отражает стремление страны к самодостаточности и технологическому суверенитету в условиях ресурсных ограничений, что, однозначно, может быть полезно для России в условиях возникновения все новых и новых пакетов санкций.

Цифровая трансформация также открывает новые возможности для инвестиций в развитие новых классов активов и услуг. Энергетические компании могут внедрять современные технологии, такие как smart-сети и хранилища энергии, что позволяет им диверсифицировать бизнес и формировать спектр новых услуг для потребителей.

Как итог цифровой трансформации можно представить увеличение технико-технологического потенциала электроэнергетики, реализация которого позволит повысить уровень автоматизации и роботизации бизнес-процессов, увеличить степень доступности информации и повысить надежность системы.

Процесс цифровой трансформации требует совместных усилий со стороны правительств, компаний и научного сообщества и является ключевым фактором устойчивого будущего энергетики.

### Библиографический список

1. Д. В. Ковалев Н. А. Косолапова Е. А. Л. Стратегии, инструменты и технологии цифровизации экономики. – Ростов-на-Дону – Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 224 с. – ISBN 978-5-9275-3345-9.
2. Доржиева В. В. Цифровая трансформация топливно-энергетического комплекса России: приоритеты и целевые ориентиры развития // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15, № 11. – С. 4079–4094. – DOI: [10.18334/ce.15.11.113802](https://doi.org/10.18334/ce.15.11.113802).
3. Лазаренко И. П. Мировые тенденции цифровизации в сфере энергетики // Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых : Материалы Национальной научно-практической студенческой конференции, Брянск, 07–08 декабря 2022 года. – Брянск : Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, 2022. – С. 270–277.
4. Пальчун Д. А. Иран и мировая энергетическая проблема. «Инновации и инвестиции». – 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iran-i-mirovaya-energeticheskaya-problema> (дата обр. 02.10.2023).
5. Пузырный Н. А., Ковалева Е. В. Адаптация топливно-энергетического комплекса к условиям цифровизации // Вестник МИРБИС. – 2022. – № 3. – С. 105–112. – DOI: [10.25634/MIRBIS.2022.3.11](https://doi.org/10.25634/MIRBIS.2022.3.11).

6. Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития / Экспертно-аналитический доклад. – URL: <https://www.eprussia.ru/lib/341/3454400> (дата обр. 02.10.2023).
7. Сайт «Цифровая энергетика». – URL: <https://www.digital-energy.ru> (дата обр. 02.10.2023).
8. Стратегия цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030. – URL: <https://storage.strategy24.ru/files/news/202108/e819df74a2a8bbcf6b39b5258d256436.pdf> (дата обр. 02.10.2023).
9. Тягунов М. Цифровая трансформация и энергетика // Энергетическая политика. – 2021. – 9(163). – С. 74–85. – DOI: [10.46920/2409-5516\\_2021\\_9163\\_74](https://doi.org/10.46920/2409-5516_2021_9163_74).
10. Филиппова А. В. Глобальные тренды развития мировой электроэнергетики в условиях перехода к возобновляемым источникам энергии // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 9. – DOI: [10.18334/ep.13.9.118732](https://doi.org/10.18334/ep.13.9.118732).
11. Хе Х., Тягунов М. Г., Ту Р. М. Состояние и перспективы развития электроэнергетики Китая в контексте углеродной нейтральности промышленности // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2022. – № 3. – С. 82–92. – DOI: [10.24160/1993-6982-2022-3-82-92](https://doi.org/10.24160/1993-6982-2022-3-82-92).
12. Хитрых Д. О цифровой трансформации энергетической отрасли // Энергетическая политика. – 2021. – 10(164). – С. 76–89. – DOI: [10.46920/2409-5516\\_2021\\_10164\\_76](https://doi.org/10.46920/2409-5516_2021_10164_76).
13. Хоботова Л. В., Непринцева Е. В., Шубин С. А. Стратегия цифровой трансформации: оценка цифровой зрелости электроэнергетической отрасли России // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2022. – 13(3). – С. 234–244. – DOI: [10.17747/2618-947X-2022-3-234-244](https://doi.org/10.17747/2618-947X-2022-3-234-244).
14. Экспертно-аналитический доклад «Цифровой переход в электроэнергетике России». – 2017. – URL: [https://www.csr.ru/uploads/2017/09/Doklad\\_energetika-Web.pdf](https://www.csr.ru/uploads/2017/09/Doklad_energetika-Web.pdf) (дата обр. 02.10.2023).
15. Электроэнергетика Ирана. Обзор 2022-06-16. – URL: [https://www.cdu.ru/tek\\_russia/articles/6/1027](https://www.cdu.ru/tek_russia/articles/6/1027) (дата обр. 02.10.2023).
16. Энергетика требует перемен. – URL: <https://www.eprussia.ru/epr/216/14739.htm> (дата обр. 22.02.2024).
17. Azzuni A., Breyer C. Energy security and energy storage technologies // Energy Procedia. – 2018. – Nov. – Vol. 155. – P. 237–258. – ISSN 1876-6102. – DOI: [10.1016/j.egypro.2018.11.053](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.053).
18. Digital Transformation: A Digital Reality Initiative White Paper. – URL: [https://digitalreality.ieee.org/images/files/pdf/DRI\\_White\\_Paper\\_-\\_Digital\\_Transformation\\_-\\_Final\\_11Nov.pdf](https://digitalreality.ieee.org/images/files/pdf/DRI_White_Paper_-_Digital_Transformation_-_Final_11Nov.pdf).
19. Digitalization of the energy industry as a direction for ensuring the growth of energy efficiency and the energy security of the state / I. A. Kapitonov [et al.] // Public Policy and Administration. – 2020. – ISSN 2029-2872. – DOI: [10.13165/vpa-20-19-2-03](https://doi.org/10.13165/vpa-20-19-2-03).
20. Du M., Wang B., Zhang N. National research funding and energy efficiency: Evidence from the National Science Foundation of China // Energy Policy. – 2018. – Sept. – Vol. 120. – P. 335–346. – ISSN 0301-4215. – DOI: [10.1016/j.enpol.2018.05.058](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.05.058).
21. Kloppenburg S., Boekelo M. Digital platforms and the future of energy provisioning: Promises and perils for the next phase of the energy transition // Energy Research & Social Science. – 2019. – Mar. – Vol. 49. – P. 68–73. – ISSN 2214-6296. – DOI: [10.1016/j.erss.2018.10.016](https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.016).