

Аспекты цифровизации электроэнергетики и электротехнической экспертизы

Жуков Олег Алексеевич, аспирант

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г. Томск)

Актуальность исследования обусловлена тем, что цифровизация как процесс является одним из приоритетных направлений стратегического развития страны, и имеет решающее значение для стабильного развития экономики. Цель исследования – дать комплексное представление о цифровизации электроэнергетики. Задачи исследования: 1) представить литературный обзор по основным аспектам цифровизации применительно к электроэнергетике; 2) обосновать цифровизацию электроэнергетики как проявление законотенденции; 3) разработать основные направления цифровизации электротехнической экспертизы. Методами исследования являются процедуры идеализации и абстрагирования, универсальные способы познания – аналогия и сравнение, анализ и синтез, индукция и дедукция, классификация. Результаты исследования: 1) раскрыты многие аспекты процесса цифровизации отрасли; 2) показано, что этот процесс есть проявление законотенденции; 3) предложены основные направления цифровизации электротехнической экспертизы в контексте цифровизации электроэнергетики. Значимость исследования: 1) выявление комплекса проблем, препятствующих процессу цифровизации; 2) новый взгляд на цифровизацию в контексте законотенденции; 3) проецирование цифровой трансформации на электротехническую экспертизу.

Ключевые слова: цифровая электроэнергетика, цифровая трансформация электроэнергетики, цифровые технологии в электроэнергетике, цифровизация электроэнергетики, закон-тенденция, электротехническая экспертиза.

DOI: 10.5281/zenodo.3242081

Введение.

Предметная область исследования – цифровизация электроэнергетики и электротехнической экспертизы, *объект исследования* – электротехника и электроэнергетика, *предмет исследования* – процесс цифровой трансформации. *Суть исследования* – всестороннее раскрытие процесса цифровизации применительно к электроэнергетической отрасли, а также проецирование этого процесса на электротехническую экспертизу. *Причиной необходимости* раскрытия темы исследования явилось стремление автора обосновать важность происходящих в электроэнергетике необратимых и закономерных перемен, а также внести предложения по проецированию этих тенденций на электротехническую экспертизу, концепции теоретических основ которой уже дан старт.

Литературный обзор по основным аспектам цифровизации применительно к электроэнергетике.

1. Суть цифровизации. Цифровизация электроэнергетики является элементом цифровизации экономики. Цифровизация экономики есть новая социокультурно-экономическая реальность («умная» действительность) как результат внедрения и дальнейшего развития информационно-коммуникационных технологий, основанных на использовании двоичного кода [1, с. 4]. В 2017 году цифровизация экономики была включена в перечень основных направлений стратегического развития РФ до 2025 года [12]. В том же году была утверждена Правительством РФ государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [5, с. 29]. Суть цифровой электроэнергетики – создание информационно-телекоммуникационной инфраструктуры и аппаратно-программных средств, обеспечивающих технологическую возможность применения решений промышленного интернета, мероприятия по совершенствованию нормативно-правовой и нормативно-технической документации, меры по кадровому и информационному обеспечению [5, с. 29]. Основой

цифровизации является автоматизация, в т. ч. внедрение интеллектуального учёта электроэнергии [6].

2. Необходимость цифровизации. Предпосылками цифровизации зарубежной электроэнергетики выступают технологические нововведения, в электроэнергетике РФ – научные заделы, развитая инфраструктура, механизмы поддержки инновационных фирм, амбициозные бизнес-компании [7, с. 9-10]. Актуальность цифровизации обусловлена распространением распределённой генерации, созданием микросетей, развитием накопителей электроэнергии и возобновляемых источников энергии, которые потребитель может устанавливать у себя и даже становиться производителем электроэнергии [8]. В РФ необходимость цифровизации вызвана рядом причин: нарастающий износ электроэнергетической инфраструктуры, вовлечение в оборот распределённых энергетических ресурсов (в т.ч. возобновляемых), изменение роли традиционных источников энергии и энергоносителей при одновременном росте спроса на электроэнергию и трансформации его качественных характеристик, изменение модели поведения потребителей [7, с. 10]. У производителей в РФ есть всё для того, чтобы начать выпуск инновационной элементной базы для цифровой электроэнергетики [9]. Цифровизация является стратегическим приоритетом России, имеет большое значение для стабильного развития экономики, энергобезопасности регионов, решения экологических проблем [6]. Ожидается, что в результате цифровизации к 2035 году ежегодная выручка энергетических компаний в РФ составит 40 млрд. долл. [10]. Цифровизация – не самоцель, а средство повышения эффективности отрасли, способ достижения уровней ведущих мировых экономик [5, с. 34]. Согласно прогнозам, технологии цифровизации мировой электроэнергетики в ближайшие 5-7 лет будут иметь годовой прирост рынка более 20% [7, с. 44].

3. Основные документы по цифровизации электроэнергетики в РФ. 1) «Концепция цифровизации распределительного сетевого комплекса». Февраль 2018 г., «Россети»; 2) Паспорт ведомственной Программы «Цифровая трансформация электроэнергетики России». Март 2018г., Министерство энергетики РФ; 3) «План мероприятий (дорожная карта) по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Энерджинет». Апрель 2018 г., Правительство РФ.

4. Финансирование цифровизации. В Европе к 2017 году реализовано 642 проекта по цифровизации электросетевой инфраструктуры, на что было израсходовано 2,82 млрд. € [8]. В США, например, Агентство перспективных исследований в энергетике («ARPA-E») инвестировало 1,1 млрд. \$ в 400 технологических проектов, потенциально трансформирующих сферу энергетики [7, с. 45]. В РФ на программу по цифровизации электросетевого комплекса до 2030 года планируется затратить 1,3 трлн. руб. [11].

5. Сроки цифровизации. В подготовке заявки по направлению «Цифровая энергетика» в рамках программы РФ по цифровой экономике участвовали Минэнерго России, Россети, Росатом, ИнтерРАО, Ростех, Ростелеком, Русгидро [10]. Первая в мире цифровая подстанция (110 кВ, Qijing, Yunpan) была введена в эксплуатацию в Китае в 2006 г. [13], в России – в 2017 г. (110 кВ, ПС им. М.П. Сморгунова, Красноярский край) [14]. В РФ сроки перехода к новой технологической парадигме возможны в период с 2020 по 2035 годы [15].

6. Статус цифровизации в РФ. Трансформация энергорынка РФ в настоящее время незначительна по сравнению с происходящим на рынках других стран [6]. В рейтинге Всемирного экономического форума Россия занимает 41-е место по готовности к цифровой экономике и 38-е место по экономическим и инновационным результатам использования цифровых технологий [16]. В РФ ещё только предстоит решить вопросы, связанные с долгосрочными приоритетами отраслевой технологической политики, а также с оптимальными сроками и механизмами перехода к новому энергетическому укладу [7, с. 4].

7. Проблемы цифровизации в РФ. Анализ источников информации [12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23] позволил выявить следующие причины, являющиеся тормозом для реализации цифровизации отрасли.

1) Низкий уровень инноваций, зависимость от импортных технологий, оборудования и программного обеспечения. Электроэнергетика РФ внедряет инновации с опозданием в 10-20 лет; 2) Недостаточно развиты государственные и частные институты, финансовый рынок; 3) Отсутствие полноценной рыночной конкуренции, осложняемое большими масштабами перекрёстного субсидирования; 4) Невелик объём возобновляемых источников энергии; 5) Распределённая генерация пока представлена слабо; 6) Наличие многочисленных «добавок» к цене мощности на оптовом рынке; 7) Повышение тарифов и цен на электроэнергию для потребителей; 8) Низкая плотность потребления электроэнергии; 9) Высокая стоимость строительства; 10) Низкая производитель-

ность труда; 11) Фрагментарность усилий по продвижению новых технологий в отрасли; 12) Мало ещё успешных примеров в РФ по внедрению цифровизации с возможностью их тиражирования. Например, в энергетике РФ пока практически нет посчитанных результатов внедрения «интернета вещей»; 13) Не завершён ещё процесс стандартизации информационной безопасности решений по развитию «интернета вещей»; 14) Не решены вопросы возможности прогнозирования опасных ситуаций в отрасли; 15) Не проработана задача онлайн-учёта данных с датчиков, установленных на энергообъектах. Не решён вопрос универсальности данных. Сегодня на энергорынке имеется много протоколов передачи данных, и набор собираемых показателей у каждого свой. Нехватка опыта работы с большим объёмом данных; 16) Моральное и физическое старение всего парка работающего оборудования (более 50 % активов сетей единой национальной энергетической сети имеют сверхнормативный срок эксплуатации — более 25 лет, а износ электроэнергетических систем в РФ составляет от 50 до 70 %); 17) Преобладание импортных поставок систем управления и автоматизации предыдущего поколения (80 % инвестиций идёт в развитие зарубежных технологий и поставку устаревших решений); 18) Настороженное отношение ко всему новому, недостаточный интерес участников рынка к цифровизации; 19) Недостаточность инвестиций в цифровизацию. По самым оптимистичным оценкам, в ближайшие годы модернизация энергетики РФ потребует инвестиций в размере 300 млрд. \$; 20) Отсутствие доверия и координации между ключевыми участниками рынка электроэнергетики. Необходима тонкая настройка организационно-договорной модели взаимоотношений внутри электросетевого комплекса; 21) Нехватка квалификации и опыта практического внедрения новых технологий. Необходима регулярная модернизация образовательных программ для подготовки специалистов по современным информационным технологиями и технологиями цифровой энергетики; 22) В РФ сегодня лишь небольшой процент компаний приступил к практическому внедрению технологий по цифровизации отрасли; 23) Недостаточность нормативной базы для развития цифровой энергетики. Отсутствие единой терминологии по цифровизации; 24) Необходимость обеспечения управляемости, устойчивости и живучести энергетических систем, свойства которых радикально изменяются под влиянием интеллектуализации и цифровизации энергетики; 25) Высокая себестоимость электроэнергии. В России 1 кВт·ч без учёта топливной составляющей и возврата инвестиций более чем в 5 раз превышает аналогичный показатель в европейских странах и США.

8. Основные направления цифровизации. Перечень направлений составлен на основе источников: [7, 12, 15, 21, 22, 24, 25].

1) Расширение использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). По прогнозам «ВВС» к 2050 году весь мир будет полностью обеспечен энергией из ВИЭ; 2) Глубокая децентрализация производства электроэнергии, децентрализованные рынки, частные инвестиции; 3) Интеллектуализация базовой

инфраструктуры, развитие технологий «умных» сетей (smart grids); 4) Переход потребителей («просьюмеров») к активным моделям поведения (активный потребитель в центре энергосистемы), развитие гибких систем, адаптирующихся под запросы потребителей; 5) Технологии систем накопления, хранения электроэнергии, в том числе хранение энергии в водородном цикле («экспорт водорода»); 6) Рост эффективности использования энергии, распространение технологий и практики энергосбережения; 7) Углубление электрификации промышленности и транспорта; 8) Цифровые подстанции; 9) Повышение уровня автоматизации и информатизации; 10) Модель новой конфигурации систем – «интернета энергии» («Internet of Energy»); 11) Разработка систем хранения и обработки больших баз данных («Big Data»); 12) Технология «интернета вещей» - цифровые датчики, сенсоры, актуаторы (исполнительные устройства), средства коммуникации («Internet of Things»); 13) Системы предиктивной (прогнозной) аналитики («Predictive analytics»); 14) Кибербезопасность электроэнергетических систем; 15) Перспективная высоковольтная и высокочастотная силовая электроника.

Цифровизация электроэнергетики как проявление закона-тенденции.

Суть закона-тенденции. Тенденция есть направление развития какого-либо явления или процесса, и форма проявления законов [2, с. 674]. Закон-тенденция является особым видом закона, характеризующимся тремя признаками: 1) имеются противодействующие факторы; 2) действия людей носят массовый характер; 3) субъект общественной деятельности может как способствовать, так и противодействовать проявлению этого закона [3, с. 29]. Законы-тенденции определяют в общих чертах тенденции развития общества [4, с. 281].

Цифровизация электроэнергетики как проявление закона-тенденции. По мнению автора, процесс цифровизации электроэнергетики и, соответственно, процесс цифровизации экономики, частью которой он является, есть проявление закона-тенденции, поскольку отвечает трём вышеназванным признакам, а именно: 1) Наряду с государственной поддержкой цифровизации, как правило, имеются и противники этой тенденции; 2) Цифровизация электроэнергетики в настоящее время является массовым трендом, и охватывает с каждым годом всё новые страны мира; 3) Главы государств и правительств многих государств с помощью законодательных и финансовых инструментов оказывают решающее воздействие на этот процесс. Кроме того, цифровизация электроэнергетики оказывает влияние на уровень технологического развития, что, в свою очередь, сказывается на тенденциях развития общества.

Основные направления цифровизации электротехнической экспертизы.

Процесс цифровизации экономики РФ затронул не только многие отрасли, в том числе электроэнергетику, но и экспертную деятельность [26], составной частью которой в Главгосэкспертизе России является экспертиза проектной документации. Электротехническая экспертиза представляет собой один из видов проектной экспертизы. Уже имеются публи-

кации по разработке концепции общей теории электротехнической экспертизы [27, 28, 29].

Автором рекомендуются представленные ниже основные направления цифровизации электротехнической экспертизы как в контексте цифровой трансформации электроэнергетики, так и с точки зрения их проецирования на концепцию общей теории электротехнической экспертизы.

1) Создание реестра всех экспертных российских и зарубежных организаций электротехнического и электроэнергетического профиля, а также аналогичного реестра ведущих экспертов с указанием основных результатов их работы.

2) Создание банка компьютерных программ, которые прямо или косвенно могут быть задействованы для проведения электротехнической экспертизы.

3) Формирование единого реестра электротехнических проектов, представленных на государственную и негосударственную экспертизу, и единого реестра экспертных заключений по ним.

4) Создание банка защищённых кандидатских и докторских диссертаций в России и за рубежом по электротехнической экспертизе.

5) Полный отказ от бумажного документооборота и переход на электронную форму сбора, систематизации и хранения данных о результатах проведения электротехнических экспертиз.

6) Создание банка научных публикаций в виде монографий, книг, статей, научно-исследовательских работ в сфере электротехнической экспертизы. Этот массив данных должен содержать, как минимум, следующую информацию: названия, авторы, годы публикаций, а также аннотации, результаты, выводы, рекомендации, заключения, представленные в этих публикациях. Такой банк данных позволит «не изобретать велосипед», избежать дублирования при проведении исследований по различным аспектам электротехнической экспертизы.

7) Развитие стандартов и нормативов экспертной деятельности применительно к новым условиям цифровизации электроэнергетики.

8) Постоянное повышение квалификации экспертов, их обучение технологии цифровизации применительно к электротехнике и электроэнергетике.

9) Выявление не только ошибок в электротехнических проектах, но также расчёт и моделирование возможных рисков, негативных последствий от них в аспекте техносферной (производственной, бытовой, экологической) и экономической безопасности, безопасности жизни и здоровья людей.

Реализация обозначенных направлений цифровизации электротехнической экспертизы будет способствовать конструктивной безопасности и эксплуатационной долговечности проектируемых объектов.

Выводы.

1. Дано комплексное представление о цифровой трансформации электроэнергетики.

2. Обозначены основные проблемы, препятствующие процессу цифровизации электроэнергетики в России.

3. Показано, что цифровизация электроэнергетики есть проявление закона-тенденции.

4. Разработаны основные направления цифровизации электротехнической экспертизы.

Рекомендации.

1. Направить усилия ответственных лиц и субъектов РФ на решение обозначенных в статье проблем по цифровизации электроэнергетики России.

2. Реализовать в полном объёме обозначенные в статье направления по цифровизации электротехнической экспертизы в России.

Заключение.

В начале XXI века мировая электроэнергетика вступила в новый этап развития, связанный с цифровой трансформацией, проявляемой как закон тенденция. Актуальность и необходимость процесса цифровизации в электроэнергетической отрасли не

вызывает сомнений, поскольку он направлен на формирование энергетики будущего на новой основе. Тем не менее, имеется ряд обозначенных в статье проблем, препятствующих широкомасштабному внедрению этого процесса в стране. Скорейшее решение этих проблем является условием вхождения России в число развитых экономик мира. Также важно проецирование, в соответствии с разработанными в статье направлениями, процесса цифровизации на электротехническую экспертизу, от чего зависит конструктивная безопасность и эксплуатационная долговечность проектируемых объектов.

Литература:

1. Юдина Т.Н. Цифровизация как тенденция современного развития экономики и драйвер экономического роста в Китае и России. — М., 07.06.2017. — 24 с.
2. Философский энциклопедический словарь. — М.: Советская энциклопедия, 1983. — 840 с.
3. Социальная философия. Учебник. — Под ред. И.А. Гобозова. — М.: Издатель Савин С.А., 2003. — 528 с.
4. Ильин В.В., Машенцев А.В. Философия в схемах и комментариях. — СПб: Питер, 2005. — 304 с.
5. Буслов А.Н. Практическая цифровизация // Энергия единой сети. 2018. № 4 (39). — с. 28-34.
6. Ливинский П. Основой для будущих процессов трансформации в электроэнергетике станет цифровизация сетей: [сайт]. [03.10.2018]. URL: <http://www.gosseti.ru/>.
7. Цифровой переход в электроэнергетике России: Экспертно-аналитический доклад / [под общ. ред. В.Н. Княгинина, Д.В. Холкина]. М.: Центр стратегических разработок, сентябрь 2017. — 47 с.
8. Чистова Е. Передавать с умом // Атомный эксперт. 2018. № 7 (октябрь). — с. 22-27.
9. Итоги петербургского экономического форума в контексте электроэнергетики и цифровизации электросетевого комплекса России: [сайт]. [2018]. URL: <http://www.club.cnews.ru/>.
10. Куда цифровизуется российская энергетика: [сайт]. [08.08.2018]. URL: <http://www.energoatlas.ru/>.
11. Тукалин Г. Цифровизация сетей создаёт риски для участников энергорынка: [сайт]. [15.03.2018]. URL: <http://www.ng.ru/>.
12. Мартынова А. Электроэнергетика 4.0: перейти на цифру: [сайт]. [02.08.2018]. URL: <http://www.rvc.ru/>.
13. Цифровая подстанция. Обзор мировых тенденций развития: [сайт]. [15.12.2010]. URL: <http://www.ruscable.ru/>.
14. «Россети» ввели в эксплуатацию первую цифровую подстанцию в России: [сайт]. [22.12.2017]. URL: <http://www.tass.ru/>.
15. Цифровая энергетика будущего. Ч. 3. Переход к «интернету энергии»: [сайт]. [27.10.2017]. URL: <http://www.2035.media.ru/>.
16. Завальный П. Что такое цифровизация российской энергетики: [сайт]. [13.11.2018]. URL: <http://www.energovector.com/>.
17. Сочетание цифровых и энергетических технологий — необходимое требование развития энергетики: [сайт]. [19.02.2018]. URL: <http://www.smartenergysummit.ru/>.
18. Медведева Е. Цифровая энергетика // ComNews «Стандарт». 2017. № 4-5 (171-172). — с. 16-19.
19. «Интернет вещей» в электроэнергетике России // «PWC». 2018, март: [сайт]. URL: <http://www.pwc.ru/IoT>. — 18 с. — С. 14
20. Гольшко А. Цифровая электроэнергетика: [сайт]. [14.11.2017]. URL: <http://www.habr.com/ru/>.
21. Цифровая трансформация в энергетике. Проблемы и перспективы развития: [сайт]. [31.01.2019]. URL: <http://www.smartenergysummit.ru/>.
22. Новиков Д.А. Проблемы развития цифровой энергетики в России: [Электронный ресурс]: Российская академия наук; Институт проблем управления, 29.11.2018. — 17 с. — С. 14.
23. Грабчак Е. Цифровая трансформация электроэнергетики России: [Электронный ресурс]: Министерство энергетики РФ, 27.03.2018. — 10 с. — С. 6.
24. Цифровая энергетика будущего. Ч. 1. Трансформация: [сайт]. [20.09.2017]. URL: <http://www.2035.media.ru/>.
25. Концепция цифровизации сетей: [Электронный ресурс]: ПАО «Россети», август 2018. — 19 с. — С. 13-16.
26. Андропов В.В. Технологическая революция. Информатизация и цифровизация в работе государственной экспертизы. [сайт]. [01.08.2017]. URL: <http://www.gge.ru/>.
27. Zhukov O.A., Ushakov V.Ya. The Power Expertology Concept. 9th International Conference on «Technical and Physical Problems of Electrical Engineering» (ICTPE 2013). Istanbul-Turkey. 2013. - № 100. - 9-11 September. P. 474-476.
28. Zhukov O.A., Ushakov V.Ya., “Conceptual and methodological basis of power express examination”, International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), Issue 25, Vol. 7, No. 4, pp. 39-48, December 2015.



www.esa-conference.ru

29. Zhukov O, Ushakov V, Plotnikov A, Svechnikova T. Applied Aspects of Theoretical Bases of Express Examination in Electric Power Industry. Indian Journal of Science and Technology. 2016; 9 (27):1-7. DOI: 10.17485/ijst/2016/ v9i27/97585.