

Цифровизация в энергетике. Новая эра

© В. Ю. Конюхов, Т. А. Опарина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. В статье определены предпосылки для развития цифровизации в различных областях энергетики в Российской Федерации. В широком смысле цифровизация – это преобразование информации и результатов измерений в численный формат, после чего их можно обрабатывать, хранить и передавать в электронном виде. Цифровых технологий в современном мире становится все больше. Поэтому предлагаются три прогноза цифрового развития России и мира (положительный, базовый, отрицательный), основанные на аналитических данных. Сегодня цифровизация фактически стала синонимом конкурентоспособности, открывая двери для будущих рынков, позволяя управлять более сложными энергетическими системами, разрабатывая широкий спектр новых технологий, включая распределенную генерацию. Оцифровка включает в себя и множество технологий, концепций и тенденций, таких как искусственный интеллект, Интернет вещей и четвертую промышленную революцию. Некоторые цифры шокируют: 90 % современных мировых баз данных были созданы за последние два года, за несколько лет инвестиции в цифровую электронику выросли на 20 %. Благодаря цифровизации, энергетические компании могут увеличить свои доходы в краткосрочной перспективе на 3–4 %. Сегодня экономика всего мира стоит на пороге серьезных преобразований – близится четвертая революция в промышленности, которую принято называть «Индустрией 4.0». Мы говорим о цифровизации, включающей в себя современные тенденции отрасли: дигитализацию производства, использование «умных технологий», создание «цифровых двойников» и многое другое. Россия является неотъемлемой частью глобальной экономики и полноправным участником мирового технологического прогресса. Модернизация и внедрение цифровых технологий сможет стать двигателем для развития нашей промышленности и укрепления её конкурентоспособности.

Ключевые слова: цифровизация, государство, базовый прогноз, государственная политика, инновационные технологии, энергетика

Is digitalization in the energy sector. New era

© Vladimir Yu. Konyukhov, Tatiana A. Oparina

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract: The article defines the prerequisites for the development of digitalization in various fields of energy and national plans for its implementation in the Russian Federation. In a broad sense, digitalization is the transformation of information and measurement results into a numerical format, after which they can be processed, stored and transmitted electronically. There are more and more digital technologies in the modern world. Therefore, three forecasts of the digital development of Russia and the world (positive, basic, negative) based on analytical data are proposed. Today, digitalization has become virtually synonymous with competitiveness, opening the doors to future markets, enabling the management of more complex energy systems, and the development of a wide range of new technologies, including distributed generation. Digitization also includes many digital technologies, concepts and trends such as artificial intelligence, the Internet of Things and the fourth industrial revolution. Some of them are shocking – 90 % of the world's modern databases were created in the last two years, investments in digital electronics have grown by 20 % in a few years. Thanks to digitalization, energy companies can increase their revenues by 3-4 % in the short term. Today, the economy of the whole world is on the verge of serious transformations - the fourth revolution in industry is approaching, which is commonly called "Industry 4.0". We are talking about digitalization, which includes modern trends in the industry: the digitalization of production, the use of "smart technologies", the creation of "digital twins" and much more. Russia is an integral part of the global economy and a full participant in technological progress. Modernization and the introduction of digital technologies can become an engine for the development of Russian industry and strengthening the competitiveness of enterprises.

Keywords: digitalization, state, basic forecast, public policy, innovative technologies, energy

Энергетическая отрасль быстро меняется. Поскольку мы стремимся сократить выбросы углекислого газа и защитить Планету для будущих поколений, то способы производства и потребления электроэнергии меняются. Замена ископаемого топлива на при-

родные источники энергии, такие как ветер и солнце, растут в геометрической прогрессии и к 2050 году на их долю будет приходиться почти 70 % мирового производства электроэнергии. Электрифицируется транспорт и ожидается, что к 2033 году 50 % новых авто-

мобилей, продаваемых по всему миру, будут электрическими. Потребители электроэнергии в настоящее время также становятся производителями электроэнергии, а возможность генерировать собственную энергию с помощью таких технологий как солнечные панели, теперь реальна, чем когда-либо прежде.

Достижения в области цифровых технологий позволяют внести эти кардинальные изменения в нашу энергетическую систему. Цифровизация является важным инструментом и способствует двум ключевым тенденциям отрасли: декарбонизации и децентрализации, которые имеют решающее значение для кардинальных изменений в энергетике, в которых человечество так отчаянно нуждается.

Поскольку 4-я промышленная революция стирает границы между физическим и цифровым миром, она вызывает фундаментальный сдвиг в энергетической отрасли и разрушает традиционных участников рынка. Мы видели, как другие отрасли «падали» во время технологических и цифровых инноваций, и мы видели как из этого пепла появились новые игроки. Более того, активы энергосистемы являются критически важной инфраструктурой, и операторы должны действовать, основываясь на фактах – нет места обману, когда надежность нашей энергетической инфраструктуры имеет серьезные последствия и может означать разницу между жизнью и смертью [1].

Несмотря на свою важность для будущего энергетической отрасли, цифровизация стала «тенденцией». Модное слово, которое громоздит деловые страницы газет и чрезмерно используется в презентациях. Когда тема не до конца понята, можно легко отмахнуться от неё, вот почему пришло время выйти за рамки шумихи и начать относиться к цифровой трансформации как к любому другому жизненно важному бизнес-процессу, с определенными целями и стратегиями, которые создают долгосрочную ценность и возможность для организаций не только добиться успеха, но и занять лидирующие позиции в быстро меняющейся энергетической среде.

Энергетическая отрасль находится в фа-

зе кардинальных изменений. Чтобы к 2050 году стать углеродно-нейтральным, энергетический сектор должен претерпеть масштабные преобразования, переходя на более устойчивые возобновляемые источники энергии и стимулируя электрификацию. В дополнение к необходимости обезуглероживания отрасль также становится все более децентрализованной, поскольку взаимодействует большее количество различных источников энергии, двунаправленные потоки энергии становятся стандартными, а возобновляемая энергия вырабатывается ближе к месту ее использования.

В ближайшие десятилетия цифровые технологии должны сделать энергетические системы во всем мире более взаимосвязанными, интеллектуальными, эффективными, надежными и устойчивыми. Ошеломляющие достижения в области данных, аналитики и подключения позволяют создавать целый ряд новых цифровых приложений, таких как интеллектуальные устройства, общая мобильность и 3D-печать [2]. Цифровые энергетические системы в будущем смогут определять, кому нужна энергия, и доставлять ее в нужное время, в нужном месте и с наименьшими затратами. Но сделать все правильно будет непросто.

Изменения в отрасли привели к появлению новых бизнес-моделей и изменению ролей по мере выхода на рынок новых и нетрадиционных игроков. Повышенная волатильность, вызванная пандемией Covid-19, и более широкое использование возобновляемых источников энергии означает, что игрокам необходимо более разумно относиться к цепочке поставок электроэнергии. Энергетический сектор сильно отстает от других отраслей, когда речь идет о цифровых инновациях, и сейчас единственным путем двигаться вперед является быстрое ускорение. Вместо того чтобы выступать в качестве еще одной силы, оказывающей давление на отрасль, цифровизацию в энергетическом секторе следует рассматривать как решение для создания добавленной стоимости и повышения эффективности и реагирования энергетических систем на спрос. Разнообразие технологий будет способствовать все большей цифровизации в энергетике.

Цифровизация повысила безопасность, производительность, доступность и отказоустойчивость энергетических систем. Но оцифровка также несет новые риски для безопасности и конфиденциальности. Она меняет рынки, бизнес и занятость. Появляются новые бизнес-модели, и некоторые 100-летние модели, возможно, перестали использоваться. Политики, бизнес-лидеры и другие заинтересованные стороны все чаще сталкиваются с новыми и сложными решениями, часто с неполной или несовершенной информацией. В дополнение к этой задаче энергетические системы отличаются высокой динамичностью и часто строятся на основе крупной, долгоживущей физической инфраструктуры и активов.

Данные, соединения и устройства повсюду

Цифровая тенденция действительно удивительна. Данные растут, экспоненциально-Интернет-трафик за последние пять лет утроился, и около 90 % данных в современном мире генерируется за последние два года [3]. Этот экспоненциальный рост приводит к использованию более крупных единиц измерения. Влияние этих огромных цифровых разработок и их быстрое развертывание в энергетическом секторе поднимает фундаментальный вопрос о том, находимся ли мы на пороге новой цифровой эры в энергетическом секторе.

Влияние оцифровки на энергетику

Энергетическая отрасль одна из первых последователей цифровых технологий. В 1970-х годах энергетические компании были цифровыми пионерами, используя новые технологии, чтобы сделать сети более простыми в управлении и эксплуатации. Нефтегазовые компании уже давно используют цифровые технологии для улучшения решений по разведке и добыче полезных ископаемых, включая коллекторы и трубопроводы. На протяжении десятилетий промышленный сектор использует управление технологическими процессами и автоматизацию, особенно в тяжелой промышленности, чтобы максимизировать качество и выход при минимальном потреблении энергии. Интеллекту-

альные транспортные системы используют цифровые технологии во всех видах транспорта для повышения безопасности, надежности и эффективности.

Темпы цифровизации в энергетике растут. За последние несколько лет инвестиции энергетических компаний в цифровые технологии резко возросли. Все сектора спроса на энергию испытывают это воздействие. Цифровые технологии уже широко используются в энергетике, а потенциально преобразующие технологии получают широкое распространение, такие как самоуправляемые автомобили, системы умного дома и аддитивное производство (3D-печать). Хотя они и позволяют снизить энергоемкость производимых товаров и услуг, некоторые из них все-таки оказывают эффект отскока, увеличивая общее потребление энергии. Размер потенциального воздействия и связанных с ним барьеров, сильно варьируется в зависимости от конкретного применения [4].

Потенциальное влияние цифровизации на нефть и газ, уголь и энергетику

Цифровые данные и аналитика позволяют снизить стоимость энергосистем как минимум четырьмя способами: уменьшить эксплуатационные расходы; повысить эффективность электростанций и сетей; сократить незапланированные простои; продлить срок службы активов. В 2020–40 гг. общая экономия этих цифровых мер может достичь 60 миллиардов долларов в год, или около 5 % от общей годовой стоимости производства электроэнергии, на основе расширения глобального развертывания доступных цифровых технологий на всех электростанциях и сетевой инфраструктуре.

Цифровые данные и аналитика могут снизить эксплуатационные расходы за счет прогнозного технического обслуживания, тем самым снижая затраты для владельцев станций и сетей и в конечном счете снижая цены на электроэнергию для конечных потребителей. К 2040 году сокращение расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание на 5 %, достигнутое благодаря цифровизации, может сэкономить предприятиям и конечным потребителям в среднем около 20 миллиардов долларов в год.

Цифровые данные и аналитика могут помочь достичь большей эффективности за счет улучшения планирования, повышения топливной экономичности и снижения потерь в сетях электростанций, а также улучшения общего проектирования сетей. В сети повышение эффективности может быть достигнуто за счет снижения потерь электроснабжения потребителей, например, за счет дистанционного мониторинга, что позволяет более эффективно эксплуатировать устройство и приближать его к оптимальным условиям, а также лучше управлять трафиком операторов сети и так называемыми «узкими» местами.

Цифровые данные и аналитика могут снизить частоту незапланированных простоев за счет улучшения мониторинга и прогнозирования технического обслуживания, а также ограничить время простоя за счет быстрого выявления точек отказа. Это снижает затраты и повышает устойчивость и надежность поставок. Перебои в работе сетей дорого обходятся коммунальным службам и экономике [5].

В долгосрочной перспективе одним из наиболее важных потенциальных преимуществ цифровизации в энергетической отрасли может стать возможность продлить срок службы электростанций и сетевых компонентов за счет улучшения технического обслуживания и снижения физической нагрузки на оборудование. Например, если срок службы всех энергетических активов в мире будет продлен на пять лет, совокупные инвестиции могут быть отложены почти на триллион долларов в течение 2020–2040 гг. В среднем инвестиции в электростанции будут сокращаться на 30 миллиардов долларов в год, а в сеть – на 18 [6].

Блокчейн и смарт-контракты

Технологии блокчейна, в частности смарт-контракты, могут сделать сквозную доставку энергии более простой и эффективной. Это включает в себя учет выбросов и гарантии того, что поставки энергии действительно поступали из источников, указанных в контрактах. Выполненные сделки могут быть автоматически подтверждены и зарегистрированы в блокчейне, что значительно сокраща-

ет задержки и затраты на расчеты. Развивающиеся рынки могут использовать блокчейн для получения финансирования, обеспечения транзакций и повышения прозрачности.

Технологии блокчейна все еще развиваются и в настоящее время недостаточно надежны, чтобы поддерживать большие рынки. Тем не менее готовые к производству фреймворки продолжают появляться, например, вы можете проверить нашу недавнюю демонстрацию блокчейна, созданную для сферы логистики и транспорта. Его основной принцип работает во многих отраслях, включая энергетику и коммунальные услуги, обеспечивая такие преимущества как автоматизация, безопасность и возможность аудита.

Фундаментальный сдвиг в мощности достигается с помощью цифровой системы межсоединений

Наибольший трансформационный потенциал цифровизации заключается в ее способности разрушить границы между энергетическим сектором, повысить гибкость и обеспечить интеграцию всей системы [7]. Энергетический сектор находится в центре этой трансформации, когда оцифровка стирает различие между производством и потреблением и открывает четыре взаимосвязанные возможности: 1) интеллектуальное реагирование на спрос; 2) интеграция переменных возобновляемых источников энергии; 3) внедрение интеллектуальной зарядки электромобилей; 4) появление небольших распределенных энергоресурсов, таких как жилые солнечные фотоэлектрические элементы. Они взаимосвязаны, например, реакция на спрос имеет важное значение для обеспечения необходимой гибкости для интеграции большего объема производства из переменных возобновляемых источников энергии.

1). Интеллектуальное реагирование на спрос обеспечивает гибкость системы в 185 ГВт, что примерно эквивалентно текущей установленной мощности в Австралии и Италии вместе взятых. Это позволило бы сэкономить 270 миллиардов долларов на новых инвестициях в энергетическую инфраструктуру, которые в противном случае были бы необходимы. Только в жилом секторе один

миллиард домов и 11 миллиардов интеллектуальных устройств могут активно участвовать в подключенных энергосистемах, позволяя этим домам и устройствам меняться по мере потребления электроэнергии из сети.

2). Оцифровка может помочь интегрировать переменную возобновляемую энергию, так что сетка лучше соответствует потребностям в энергии, когда светит солнце и дует ветер. Только в ЕС увеличение потребности в хранении и реагировании на цифровые технологии может привести к сокращению производства солнечной фотоэлектрической и ветровой энергии с 7 % до 1,6 % к 2040 году, что позволит избежать 30 миллионов тонн выбросов CO₂ к 2040 году.

3). Интеллектуальные зарядки для электромобилей не будут особенно популярны в России, потому что у нас нет большого спроса на них. Но внедрение технологии умной зарядки для электромобилей может помочь задержать зарядку в периоды низкого спроса на электроэнергию и адекватного предложения.

4). Оцифровка может способствовать развитию распределенной энергетики, такой как жилые солнечные фотоэлектрические панели и хранилища, создавая лучшие стимулы для того чтобы производителям было легче хранить и продавать излишки электроэнергии в сети. Новые инструменты, такие как блокчейн, могут помочь облегчить одноранговые энергетические транзакции в местных энергетических сообществах [8].

Прямое энергопотребление цифровых технологий

Цифровые технологии, которые делают возможными все эти потенциальные преимущества, также используют энергию. По мере того как в ближайшие годы будут подключены миллиарды новых устройств, они будут потреблять электроэнергию в розетке, одновременно стимулируя рост спроса и использования энергии центрами обработки данных и сетевыми услугами. Однако устойчивый рост энергоэффективности может в течение следующих пяти лет сдерживать рост общего спроса на энергию для центров обработки данных и сетей. Центры обработки данных по всему миру потребляли около

194 ТВтч электроэнергии в 2014 году или около 1 % от общего спроса. Хотя в 2020 году рабочая нагрузка центров обработки данных утроилась, и соответствующий спрос на энергию вырос всего на 3 % благодаря постоянному повышению эффективности.

Сети передачи данных, составляющие основу цифрового мира, в 2015 году потребовали около 1,85 ТВтч во всем мире или еще 1 % от общего спроса, при этом на мобильные сети пришлось около двух третей от общего объема. В зависимости от будущих тенденций эффективности в 2021 году потребление электроэнергии из сетей передачи данных увеличилось на 50 %. Этот широкий диапазон подчеркивает решающую роль политики в повышении эффективности. После следующих пяти лет предоставить достоверные оценки энергопотребления цифровыми технологиями чрезвычайно сложно. Прямое использование энергии в долгосрочной перспективе будет оставаться борьбой между ростом спроса на данные и дальнейшим повышением эффективности [9].

Подготовка к неизбежным кибератакам

Хотя цифровизация может принести много положительных преимуществ, она также может сделать энергетические системы более уязвимыми для кибератак. На сегодняшний день сбои в работе энергетических систем в результате зарегистрированных кибератак были относительно небольшими. Однако они становятся проще и дешевле в организации. Более того, рост Интернета вещей (IoT) увеличивает потенциальную «поверхность кибератаки» в энергетических системах. Полное предотвращение их невозможно, но воздействие можно ограничить, если страны и компании будут к этому хорошо подготовлены. Повышение общесистемной устойчивости зависит от того, все ли участники и заинтересованные стороны в первую очередь осознают риски.

Цифровая устойчивость должна быть включена в технологические исследования и разработки, встроена в политику и рыночные структуры. Международные усилия также могут помочь правительствам, компаниям и др. создать потенциал цифровой устойчивости. Участвуют различные организации, каждая

из которых вносит свой посильный вклад, в том числе для обмена передовым опытом, а также для содействия внедрению цифровой устойчивости в разработку энергетической политики. Разработчики в области энергетики должны участвовать в более широких общегосударственных обсуждениях этих последствий и способов реагирования на них.

Цифровизация может способствовать позитивным изменениям, но только в том случае, если политики будут стремиться понять, направлять и использовать влияние цифровизации и минимизировать ее риски. Хотя нет простой дорожной карты, чтобы показать, как будет выглядеть будущее все более цифрового энергетического мира.

Цифровое управление оптимизирует сети, чтобы максимизировать предложение возобновляемой энергии, снизить спрос, когда электричество является наиболее доро-

гим и углеродоемким, и тем самым повысить экономическую эффективность и устойчивость. Например, энергетические и коммунальные компании с продвинутым уровнем цифровизации добились в среднем 10-процентного увеличения чистой выгоды (доходы минус затраты) [10].

Вместо того чтобы внедрять изолированное цифровое решение и ожидать постоянных преимуществ, компаниям необходимо трансформировать всю систему, чтобы накопить цифровой опыт и быть в курсе постоянно появляющихся технологических достижений. Заинтересованные стороны должны понимать важность инвестиций в цифровизацию и сделать ее стратегическим приоритетом. Проблемы, связанные с безопасностью, конфиденциальностью и регулированием, также должны стать важными факторами в этом долгосрочном подходе.

Список источников

1. Баев И. А. Индикативный анализ энергетической безопасности предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2009. С. 53–58.
2. Паскарь И. Н., Березин Д. С., Герасимов М. А., Савенкова Д. Е., Каракулова Ю. Ю. и др. Переход на «цифру» неизбежен: как меняется электроэнергетика с внедрением цифровых и интеллектуальных систем // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 1 (147). С. 53–64.
3. Панкратов И. Ю., Свертилова Н. В., Лидэ Е. Н. Цифровое государство: новая матрица компетенций для цифровой трансформации // Государственная служба. 2018. № 1. С. 38–43.
4. Конюхов В. Ю., Опарина Т. А. Инновационная активность в развитии Российской энергетики // Молодежный вестник ИрГТУ. 2020. Т. 10. № 1. С. 131–134.
5. Конюхов В. Ю., Опарина Т. А. Принципы «новой» энергетики // Техничко-экономические проблемы развития регионов: материалы научно-практической конференции с Международным участием (Иркутск, 20 декабря 2018 г.). Иркутск: Изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. С. 35–37.
6. Суслов К. В., Потапов В. В., Опарина Т. А. Энергоаудит. Задачи, методология, преимущества // Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 18 марта 2020 г.). Иркутск: Изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2020. С. 14–19.
7. Стефановская О. М., Чемезов А. В. Информационная безопасность в электроэнергетике. Основные факторы развития и функционирования // Информатизация и виртуализация экономической и социальной жизни: материалы III межвузовской студенческой научно-практической конференции с Международным участием (Иркутск, 14 ноября 2017 г.). Иркутск: Изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2017. С. 360–363.
8. Хомякова С. С. Трансформация и закрепление термина «цифровизация» на законодательном уровне // Молодой ученый. 2019. № 41 (279). С. 9–12.
9. Конюхов В. Ю., Каймонова О. О. Экологический эффект от реализации инновационных проектов // Техничко-экономические проблемы развития регионов: материалы научно-практической конференции с Международным участием (Иркутск, 24–25 ноября 2016 г.). Иркутск: Изд-во Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2017. С. 19–22.
10. Холкин Д. И. Интернет вещей // TADVISER. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Интернет_вещей_Internet_of_Things_\(IoT\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Интернет_вещей_Internet_of_Things_(IoT)) (23.04.2022).

Информация об авторах / Information about the Authors

Владимир Юрьевич Конюхов,
кандидат технических наук,
профессор кафедры Автоматизации и управления,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
C12@ex.istu.edu

Vladimir Yu. Konyukhov,
Cand. Sci. (Technics),
Professor of Automation and Control Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
C12@ex.istu.edu

Татьяна Александровна Опарина,
магистрант группы ЭУм-20-1,
Институт энергетики,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
Martusina2@yandex.ru

Tatiana A. Oparina,
Student,
Institute of Energy,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
Martusina2@yandex.ru