УДК 621.311

Т.Н. ЗАГОРУЙКО, аспирант,
e-mail: zagoruykotatiana@mail.ru

ГБУ «Институт экономических исследований», г. Донецк, ДНР

О СУЩНОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

В статье рассматривается цифровая трансформация энергосистем как одного из ключевых компонентов экономической системы государства. Статья содержит основные тенденции, а также основные направления и условия цифровой трансформации энергосистем.

Ключевые слова: экономика, цифровизация, цифровая трансформация, энергосистемы, ресурсы, информационные системы.

Zagoruyko T.N. On the essence of digital transformation of power systems.

The article discusses the concept of digital economy. A special place is given to the digital transformation of energy systems as a key component of the economic system of the state. The article contains the main trends, as well as the main directions and conditions of digital transformation of power systems.

Keywords: economy, digitalization, digital transformation, energy systems, resources, information systems.

Сегодня в цивилизационных странах все больше различных функций по контролю, управлению, принятию решений, обмену информацией осуществляется с помощью цифровых информационных технологий, в т.ч. с использованием интернета. Мир вступает в цифровой век. Во всем предыдущем опыте человечества по масштабу, объему и сложности четвертая промышленная революция не имеет аналогов. Основным инструментом четвертой промышленной революции выступает во всех сферах технологический прорыв, под которым понимают цифровую трансформацию жизнеобеспечения – цифровую экономику (Экономика 4.0).

Президент Российской Федерации, в своем послании Федеральному собранию 1 декабря 2016 года, отметил: «цифровая экономика – это не отдельная отрасль, по сути, это уклад жизни, новая основа для развития системы государственного управления, экономики, бизнеса, социальной сферы, всего общества». Необходимо отметить, что цифровая экономика вошла в перечень основных направлений стратегического развития Российской Федерации до 2025 года [1].

Исследованию цифровой трансформации энергосистем посвящены работы таких ученых, как Баринов В.А., Бушуев В.В., Кузовков М.О., Новиков Н.Л., Новиков А.Н., Опадчий Ф.Ю., Хитрых Д.П., Хузмиев И.К. и др.

Цель настоящей статьи – раскрыть содержание, а также основные тенденции и направления цифровой трансформации энергосистем.

Энергоресурсы, энергоносители и энергия являются продуктом народнохозяйственного комплекса – энергетики. Энергетику можно определить как систему процессов воспроизводства, первичной доставки, преобразования, распределения и потребления энергоресурсов.

Энергосистему следует понимать как совокупность всех видов энергетических ресурсов, методов получения, рас-

© Т.Н. Загоруйко, 2022

пределения и использования, а также технических средств и организационных комплексов, обеспечивающих снабжение всех потребителей всеми видами энергии. Энергосистема представляет собой иерархическую структуру, уровнями которой являются: население, предприятие, крупный промышленный, транспортный или сельскохозяйственный узел, район, государство. На рис. 1 представлены составляющие подсистемы энергосистемы.

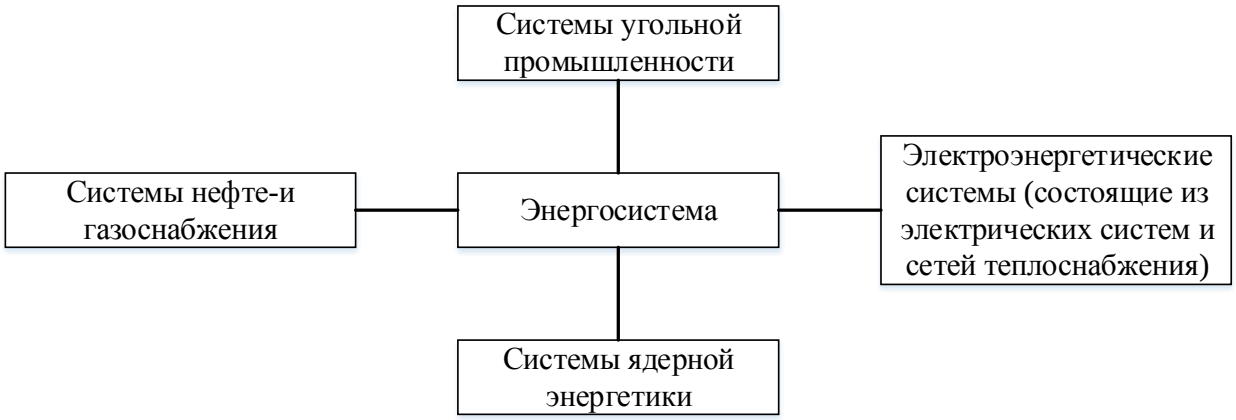

Рис. 1. Подсистемы, входящие в качестве составляющих в энергосистему

Объединение отдельных энергоснабжающих систем в единую систему, иногда также называемую межотраслевым топливно-энергетическим комплексом, связано, прежде всего, с взаимозаменяемостью различных видов энергии и энергоресурсов.

С точки зрения обеспечения государства энергетическими ресурсами, вводят в оборот близкое к понятию энергосистема понятие «энергетическое хозяйство» – комплекс взаимосвязанных подсистем, содержащих энергетические объекты и объединенных для обеспечения потребителей всеми видами энергии.

Развитие энергетики как глобальной системы проявляется, прежде всего, в социальном плане. Разрыв в культурном и экономическом уровне разных стран в значительной мере обусловлен разницей в обеспечении их энергией, энерговооруженностью.

Ядром цифровой трансформации экономики является цифровая энергетика – программа цифровизации всех отраслей топливно-энергетического комплекса: электроэнергетики, нефтегазовой и угольной сферы.

Существующий технологический уклад электроэнергетики достиг предела своей эффективности и в дальнейшей перспективе утратит высокую конкурентоспособность по сравнению с решениями цифровой энергетики. Понятийный аппарат «цифровой» энергетики многогранен и разнообразен, что является проблемой, с одной стороны, в силу возникновения различных точек зрения. Однако, с другой стороны, данный феномен может стать единственным решением принципиальной смены внутренней архитектуры и управления топливно-энергетического комплекса [2].

Для жизнеобеспечения граждан во всех экономических системах непре-

рывно происходят процессы преобразования материальных ресурсов в необходимые товары и услуги с помощью соответствующих компетенций и энергоносителей, которые обеспечивает энергосистема, энергетика. Без энергетики цифровая экономика нежизнеспособна. Таким образом, одной из главных систем жизнеобеспечения цифровой экономики является цифровая энергетика, которая вместе с информационной системой является основой инфраструктуры четвертой промышленной революции. При этом основное направление развития энергетики определяется переходом мировой экономики на новый цифровой технологический уклад. По прогнозам экспертов, к 2040 г. мировое потребление энергии возрастет на треть, за счет роста населения до 9 млрд чел., роста экономики в 1,5 раза, урбанизации и роста количества автомобилей в мире на 1,3 млрд штук [3].

В связи с ресурсными ограничениями из-за конечных размеров планеты и ростом численности населения, дальнейший рост экономики, основанный на безудержном потреблении энергии и ресурсов, не может быть устойчивым.

В начале XXI в. мировая электроэнергетика в целом (особенно – крупнейшие национальные энергосистемы) столкнулась с целым набором новых вызовов, требующих комплексного, системного ответа, который сформировал бы новый вектор ее развития как важнейшей инфраструктуры экономики.

В последние годы в мире все чаще возникают локальные энергетические кризисы, связанные с высокой стоимостью, а нередко – и с недостатком энергетических ресурсов. В этих условиях специалисты особо уделяют внимание широкому освоению возобновляемых источников энергии (энергии Солнца, биомассы, ветра, подземных термальных вод) и рациональному использованию энергосберегающих технологий.

На данный момент возобновляемые источники энергии не могут вытеснить традиционные источники энергии, которая будет актуальна еще 20-30 лет. Исходя из сегодняшних реалий, наиболее оптимальным вариантом является симбиоз возобновляемых и традиционных источников энергии. Необходимо отметить, что возобновляемыми источниками энергии будут не только промышленные источники генерации, но и бытовые.

Мировая электроэнергетика, как и вся экономика, переживает смену технологической парадигмы. Существующая вертикально интегрированная энергетика, как комплексная мультиинфраструктурная система экономики XX-го столетия, должна измениться, отвечая вызовам четвертой промышленной революции. Данный процесс должен одновременно затрагивать преобразования:

архитектуры сети на цифровой технологической базе;

источников и потребителей;

потребительских сервисов, главным из которых является розничный рынок-биржа, совмещенный с биллинговым расчетным центром или уполномоченным банком.

Согласно оценкам Navigant Research, размер рынка цифровых технологий в энергетике оценивается в пределах 53 млрд долл. США и в ближайшие 5 лет будет увеличиваться (рис. 2).

Повсеместная цифровизация является общемировым трендом. На данный момент в лидерах находятся западноевропейские страны, которые являются пионерами в области внедрения цифровых технологий.

Например, в Германии еще в 2008 г. начала действовать пятилетняя программа поддержки «Цифровая энергетика», а также ряд других инициатив, которые позволили добиться больших успехов в данном направлении.

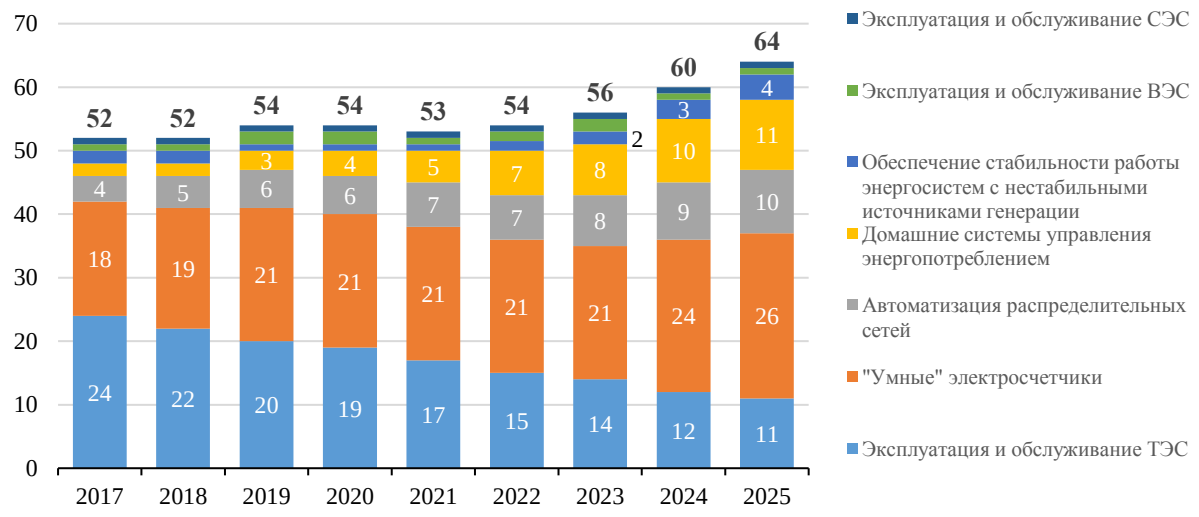

Рис. 2. Динамика инвестиций рынка цифровых технологий в энергетики в 2017–2025 гг., млрд долл. США

В 2009 г. компания NEXT запустила проект виртуальной электростанции (VPP, Virtual Power Plants), который представляет собой программу, позволяющую управлять большим количеством разрозненных объектов генерации электроэнергии в режиме единой электростанции. Энергетическая компания E.ON развивает направление умных домов. А компания Envision предоставляет программное обеспечение EnOS, которое собирает и обрабатывает данные об использовании оборудования, с помощью искусственного интеллекта создает цифровые модели энергетических объектов, позволяет прогнозировать объемы производства электроэнергии и нагрузки в режиме реального времени.

В Китае Национальная Энергетическая Администрация (NEA) развивает проект «Интернет+», подразумевающий интеграцию интернета, больших данных (Big Data), искусственного интеллекта (AI) с бизнес-процессами.

Среди основных тенденций развития мировой энергетической сферы, можно выделить:

1. Рост спроса на электроэнергию во всем мире: в ближайшие 20 лет прогнозируется быстрый рост экономик с низким и средним уровнем национального дохода. По прогнозу МЭА, потребление энергии на душу населения в 2040 г. будет расти такими же темпами, как и в 1970 – 1990 гг. (0,7 % в среднем за год) и увеличится на 30 %, наиболее высокие темпы роста ожидаются в Индии.

2. Повышение технологических требований и экологических стандартов в отношении функционирования энергетических предприятий: развитие всех составляющих энергетического сектора экономики, включая отрасли добычи, транспортировки, переработки и потребления ресурсов, влияет на различные сферы окружающей среды. Характерной чертой этого влияния является его многоплановость (одновременное влияние на различные элементы окружающей среды), разнообразие характера воздействия (от механических изменений ландшафта до радиоактивного загрязнения), а также масштаб

(негативные эффекты проявляются не только на региональном, но и на глобальном уровне).

3. Ускорение темпов производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии (ВИЭ): развитие нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в документах, стратегиях, планах во многих странах мира определено одним из перспективных направлений развития энергетики. Наличие неисчерпаемой ресурсной базы и экологическая чистота, где являются определяющими их преимуществами в условиях исчерпаемости экономически целесообразных ресурсов органического топлива и растущих темпов загрязнения окружающей среды. Альтернативная энергетика как одно из базовых направлений развития технологий в мире, вместе с информационными и нанотехнологиями, становится важной составляющей нового постиндустриального технологического уклада. Согласно выводам доклада «Глобальная энергетическая трансформация: Дорожная карта до 2050 года» [4], энергетическая система должна трансформироваться в высокоэффективную систему, которая основана на широком применении ВИЭ и потенциала цифровых технологий.

Грандиозные изменения за последние 5 лет произошли во всех отраслях топливно-энергетического комплекса благодаря внедрению уникальных инновационных технологий и разработке новейших цифровых продуктов. В секторе энергетики активно внедряются технологии «smart grids» (умные сети), виртуальная прогностика и мониторинг состояния генерирующего оборудования, а также диспетчеризация энергообъектов для повышения качества энергоснабжения.

Технологии «smart grids», которые рассматриваются как основа модернизации и усовершенствования электроэнергетической отрасли, в последние несколько лет активно применяются в компаниях Европейских стран [5]. Накопленный опыт стратегических разработок и управленческих концепций в сфере интеллектуальной цифровой энергетики разных стран мира показывает, что ее создание нацелено не только на преодоление определенных инженерных, экономических или управленческих задач, но и на реализацию системной технологической платформы, которая будет отвечать энергетическим нуждам новой цифровой экономики.

Сутью цифровой энергетики является развитие производственных и экономических отношений в отрасли на основе цифровых подходов и средств.

Некорректно воспринимать цифровизацию только как автоматизацию энергетических объектов и систем. Внедрение цифровых систем приборов учета и контроля важно для снижения потерь и предотвращения опасного развития аварийных ситуаций, для повышения надежности и эффективности энергетики. Но это не единственная и даже не самая важная задача цифровизации. Нельзя с помощью цифровой автоматизации создать умную скважину, умную подстанцию и умную сеть. Цифровизация как средство создания интеллектуальных объектов имеет значение лишь для эргатических (человеко-машинных, энергоинформационных) систем, где когнитивное творческое начало человека и высокая скорость цифровой обработки информационных сигналов создают новые самоуправляемые и самонастраивающиеся комплексы в энергетике. При этом становится возможным управление «в темпе процесса», что чрезвычайно важно при высокой скорости всех, в т. ч. и аварийных, процессов. Ориентация только на техническое оснащение энергетических объектов может приводить и к обратному эффекту – повышению аварийности в системе.

Так, за последние годы число аварий, обусловленных избыточными и неправильными действиями цифровой автоматики, в 3–4 раза выше, чем аварий по вине персонала [6]. Системный оператор страны в ЕЭС часто не по инструкции, а интуитивно принимал верные решения по предотвращению каскадного развития аварий. Поэтому замена персонала на диспетчеров-роботов не обеспечивает необходимой живучести систем. Прогресс достигается только при интеграции человека и машины.

Основные задачи цифровизации электросетевого комплекса — снижение, по сравнению с текущими, затрат как на развитие, так и на содержание имеющейся инфраструктуры, а главное — повышение надежности и качества их функционирования за счет интеллектуализации процессов управления как в централизованных системах, так и в системах собственного энергообеспечения. Необходимо не противопоставлять эти системы и не ставить самоцелью стремление к развитию альтернативной энергетики (в т. ч. на базе ВИЭ), а исходить из принципа «золотой пропорции»: соотношения 0,62:0,38 в пользу централизованных систем при концентрации нагрузки свыше 40 кВт на 1 км^2 и такого же соотношения в пользу децентрализованных систем — при плотности нагрузки менее 10 кВт на 1 км^2 [6].

Во многих развитых странах мира реализуются сценарии, трансформирующие электроэнергетику на базе клиентоцентричных распределенных архитектур энергосистем (данное направление принято называть energy transition — энергетический переход). Данный переход ориентирован на масштабное использование распределенной возобновляемой энергетики, на вовлечение частных инвестиций и формирование децентрализованных рынков. Он также подразумевает интеллектуализацию инфраструктуры и переход потребителей к активным, просьюмерским моделям поведения: потребители превращаются в поставщиков электроэнергии.

Цифровые технологии смогут модернизировать как область производства, так и сектор транспортировки и распределения электрической энергии, улучшение которого направлено на создание активно-адаптивных («умных» или интеллектуальных) энергетических систем, которые созданы для решения основных задач устойчивого развития:

1) соединить в единую энергосистему генерирующие объекты, отличающиеся между собой по мощности, а также типу используемого энергетического носителя, и расположенные на коротких, дальних и сверхдальних расстояниях;

2) создать непрерывный контроль за состоянием технического оборудования, а также перетоками, накоплением и распределением электрической энергии;

3) увеличить рамки взаимодействия всех участников рынка (потребителей с поставщиками и между собой в различных комбинациях), реализовать принцип «направление в сеть избытков – получение энергии при нехватке».

Помимо автоматизации текущих процессов или выстраивания многоканальной системы коммуникации с потребителем, цифровизация предполагает глубокую перестройку системы внутренних процессов организации – от сокращения количества шагов и страниц документации до автоматизации принятия решений. В распределении электроэнергии первыми кандидатами для цифровой трансформации выступают процессы, которые предполагают большое число повторяющихся действий: подключение новых потребителей, обслуживание сети, управление инвестициями, данными по оборудованию, потерями.

Таким образом, цифровая трансформация энергосистем – это процесс по внедрению как точечных технологий, направленных на снижение отрицательных эффектов, так и перекрой существующей системы для оптимизации процессов, в результате чего возможно появление новых форм взаимодействия. В рамках трансформации энергетической системы требуется решение следующих задач:

сочетания централизованных и локальных энергосистем, а также управления потреблением электроэнергии;

широкое использование децентрализации производства электроэнергии из возобновляемых источников, а также системы хранения энергии;

распространение цифровых сетей и интеллектуальных систем управления;

изменение модели поведения потребителей посредством обучения энергетической грамотности населения;

распространение новых финансовых технологий;

повышение технологических требований и экологических стандартов в отношении функционирования энергетических предприятий.

Одним из направлений развития исследуемой проблематики может стать обоснование научно-практической методики обучения формированию энергетической грамотности населения.

Список использованной литературы

1. О положении в стране и основных направлениях внутренней и внешней политики государства : Послание Президента Российской Федерации Федеральному собранию от 01.12.2016 [Электронный ресурс] // официальном сайте Президента России. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41550

2. Балашова, Е.С. Цифровая трансформация сектора энергетики. Международный опыт. Российская перспектива / Е.С. Балашова, К.С. Майорова // Инновационная экономика. – СПб, 2020. – №1 (255). – С. 66–75.

3. Хузмиев, И.К. Цифровизация энергетики России // Научные труды Вольного экономического общества России. – М., 2018. – Т. 210 (№2). – С.135–150.

4. Global Energy Transformation: A roadmap to 2050 [Electronic source] // International Renewable Energy Agency. – 2018. – URL: https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Global-Energy-Transition-A-Roadmap-to-2050

5. Джестон, Д. Управление бизнес-процессами. Практическое руководство по успешной реализации проектов / Д. Джестон, Й. Нелис. – М.: Символ,2015. – 512 с.

6. Васильев, В.В. Интеллектуальное развитие электроэнергетики с участием «активного потребителя» / В.В. Васильев, В.В. Бушуев, Б.Б. Кобец, Н.Н. Лизалек // Энергетическая политика. – 2013. – 84 с.

T.N. ZAGORUYKO, postgraduate student,
e-mail: zagoruykotatiana@mail.ru,

SFI “Economic Research Institute”,
Donetsk, Donetsk People’s Republic

Статья поступила в редакцию 05.07.22