

Интернет и другие современные технологии коммуникаций открывают возможности по обмену большими объёмами таких данных, их обработки и использования в процессах функционирования и развития энерготехнологических систем. Это позволяет отслеживать техническое состояние объектов электроэнергетики (и основных потребителей энергии), контролировать и управлять режимами электроэнергетических систем и т. д., принимая наиболее ответственные решения в целях получения наилучшего технологического и экономического эффекта как в режиме реального времени, так и в перспективе.

Развитие цифровых технологий не может стать самоцелью или желанием кого-то догнать или опередить. Эти технологии должны создавать возможность эффективного управления как производством, так и потреблением не только электрической, но и тепловой энергии, которые имеют важнейшее социально-экономическое значение для России, большая часть территории которой расположена в суровых климатических условиях.

Можно утверждать, что мир (в широком понимании этого слова) стоит на пороге, когда цифровизация становится не просто основой новейшей технологической платформы, а глобальной системой, охватывающей все стороны экономической, политической и социальной жизни современного мира, но эта система становится и более уязвимой к кибератакам.

Работа выполнена в рамках проекта гос. задания программы фундаментальных исследований СО РАН 17.4.4 (рег. № АААА-А17-117030310449-7) и частично поддержана грантом РФФИ 19-010-00183.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергосистему будущего должны строить лидеры нового поколения. <http://eepir.ru/news/item/9771-energ-budushhego-stroyat-lidderi.html>.
2. Надёжность электроснабжения — наша приоритетная задача. <http://eepir.ru/news/item/10368-nadejnost-elektrosnabjenie.html>.
3. Карантаев В. Г. Вопросы кибербезопасности в меняющейся электроэнергетической отрасли // Релейщик. 2019. № 1. С. 48 — 51.
4. Колосок И. Н., Коркина Е. С. Анализ кибербезопасности цифровой подстанции на основе дерева атак // Релейщик. 2018. № 2. С. 40 — 42.
5. Колосок И. Н., Коркина Е. С. Анализ киберустойчивости ПВК оценивания состояния ЭЭС на основе метода дерева отказов. The 3rd Intern. Conf. on Industrial Engineering. ICIE-2017. Санкт-Петербург, 2017.
6. Колосок И. Н., Гурина Л. А. Повышение кибербезопасности интеллектуальных энергетических систем методами оценивания состояния // Вопросы кибербезопасности. 2018. № 3 (27). С. 63 — 69.
7. Головщиков В. О. Готова ли электроэнергетика России к переходу на новую технологическую платформу, основанную на массовой цифровизации? // Энергетик. 2018. № 11. С. 3 — 6.



О цифровизации в экономике и электроэнергетике

ВОРОНИЦКИЙ В. Э., доктор техн. наук, профессор, Почётный энергетик, действительный член Академии электротехнических наук РФ
vve46@yandex.ru

Применение цифровой техники и технологий (цифровизации) объявлено наиболее актуальным трендом развития экономики и энергетики современной России. В статье рассматриваются основные направления, проблемы и риски цифровизации. Обсуждаются пути достижения реальных эффектов от практической реализации данного тренда в отечественных электрических сетях. Цифровизация должна быть не самоцелью, а стать составной частью долгосрочного плана инновационного развития реальной экономики и электроэнергетики России с конкретными сроками его выполнения, необходимым финансированием и ответственными за выполнение. Главная цель такого плана — повышение благосостояния и качества жизни населения страны и её регионов.

Ключевые слова: цифровизация, экономика, электроэнергетика, электрические сети, риски, эффективность, системный подход.

Десять лет назад руководством РФ было объявлено о новом тренде развития экономики — «модернизации». Считалось, что модернизация и технологическое обновление всей производственной сферы станут локомотивом, способным двинуть экономику страны вперёд. Список сформулированных приоритетов модернизации включал энергосбережение и повышение энергоэффективности, совершенствование ядерных, космических, медицинских, стратегических, информационных и многих других технологий.

За прошедшее время стало очевидно, что надежды, связанные с изменением экономики за счёт модернизации, фактически не оправдались. Затем на смену модернизации в качестве наиболее актуального тренда развития экономики современной России пришла «цифровая экономика».

«Цифровая экономика — это не отдельная отрасль, это уклад жизни, новая основа для развития системы государственного управления, экономики, бизнеса, социальной сферы, всего общества. Формирование цифровой экономики — это вопрос национальной безопасности и независимости России, конкуренции отечественных компаний», — провозгласил глава государства летом 2017 г. на заседании Совета по стратегическому развитию. После этого выступления в стране на разных уровнях активизировалось обсуждение журналистами, специалистами и экспертами перспектив цифровизации экономики и такой стратегически важной её отрасли, как энергетика. Не ставя под сомнение необратимость процесса «перехода на цифру», у ряда участников этого процесса возникли вопросы: «Какие угрозы несёт поспешная и непродуманная цифровизация России?», «Цифровизация выдаётся за модернизацию или же анонсируется идея “прорыва” без всяких на то стимулов?»

В частности, эксперты Московского центра Карнеги предупреждают, что

цифровая трансформация — лишь имитация перемен. В России цифровизацию многие воспринимают как автоматизацию процессов и услуг. При этом одна из ключевых проблем состоит в том, что большинство не осознаёт содержательную сторону цифровизации. В результате часто происходит оцифровка старых функций и документов, а не упрощение процессов управления и создание их нового содержания. В то же время переход к «цифре» неизбежен. Именно поэтому, например, телевидение переводится с аналогового на цифровое вещание, происходит революция в средствах мобильной связи и т. п.

В экспертном сообществе формируется мнение, что стремительное развитие новой цифровой цивилизации может превратиться в неконтролируемый процесс с непредсказуемыми негативными последствиями. Касаясь такой важнейшей отрасли экономики страны, как электроэнергетика, специалисты подчёркивают, что только при оптимизации всех процессов: генерации, передачи, распределения и потребления электроэнергии можно говорить об эффективности её «цифровой трансформации».

Следует заметить, что в настоящее время слово «тренд» (от англ. *trend* — основная тенденция изменения чего-либо) становится всё более модным. В целом ряде выступлений и публикаций это слово стало включаться в популярный лозунг: «Нужно создавать тренды развития и быть в тренде» [1]. Более того, «...как только ты дал себе чёткое определение, ты ограничил себя в развитии. В сегодняшнем мире, когда у нас все инновации поставлены на поток, определения многим вещам давать ненужно. Надо ловить тренд и в нём жить. Понимать, что он позволяет тебе получить более удобные позиции на рынке, увеличить свою производительность и эффективность и двигаться в нём» [2]. Каждый новый (последующий) тренд почему-то счита-

ется самым передовым и перспективным. Всё, что было до него, уже неактуально, неконкурентоспособно и неэффективно. За заявлениями инициаторов нового тренда, как правило, следуют обещания в кратчайшие сроки обеспечить всеобщее счастье и новое качество жизни, повысить производительность труда, зарплату, создать новые рабочие места и т. п.

Часть трендов объявляется для отвлечения внимания общества от его ключевых проблем и от причин, почему предыдущие тренды так и не достигли своих целей. При этом, объявляя новый тренд, инициаторы, по всей видимости, особенно не задумываются о его целях и результатах реализации, так как в дальнейшем отчитываться о выполнении будут (а может и не будут) уже другие люди, которые придумают новые тренды.

Конечно, существует достаточно много специалистов, которые, боясь за развитие экономики и общества, честно и с большим энтузиазмом включаются в работу, создают и выполняют программы и проекты по осуществлению очередного тренда, достигая при этом вполне конкретных положительных результатов. Но потом заканчиваются инвестиции, финансирование очередного тренда идёт на убыль, приходят новые руководители, предлагающие новые тренды для развития... Поверившие в очередной тренд, остаются без работы, бизнес разрушается или перекупается. При этом экономика страны стоит практически на месте, в то время как промышленно развитые страны продолжают идти вперёд и отставание от них становится всё более ощутимым. А мы придумываем новый тренд для вменяемого в нём проживания.

Цель статьи — попытаться разобраться в понятиях цифровизации экономики и электроэнергетики (на примере электрических сетей), что подобный тренд несёт не стране в целом и её конкурентоспособности, а простым людям и предприятиям, на которых они работают, что необходимо, чтобы этот тренд превратился для них в реальный полезный эффект.

Что такое цифровизация экономики, каковы её цели и возможные последствия?

Основная цель развития экономики РФ на основе цифровых технологий, сформулированная в Программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [3], направлена «на создание условий для развития общества знаний в Российской Федерации, повышение благосостояния и качества жизни граждан страны путём повышения доступности и качества товаров и услуг, произведённых в цифровой экономике с использованием современных цифровых технологий, повышения степени информированности и цифровой грамотности, улучшения доступности и качества государственных услуг для граждан, а также безопасности как внутри страны, так и за её

пределами». В Программе также дано определение: «*цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, ключевым фактором производства в которой являются данные в цифровой форме, и способствует формированию информационного пространства с учётом потребностей граждан и общества в получении качественных и достоверных сведений, развитию информационной инфраструктуры Российской Федерации, созданию и применению российских информационно-телекоммуникационных технологий, а также формированию новой технологической основы для социальной и экономической среды*».

По постановке цели и определению цифровой экономики возникает множество вопросов.

Что такое «общество знаний» в Российской Федерации? Какое общество и каких знаний? Как можно достичь «повышения доступности и качества товаров и услуг, произведённых в цифровой экономике» с использованием цифровых технологий? Что такое «цифровая экономика», которая «представляет собой хозяйственную деятельность, ключевым фактором производства в которой являются данные в цифровой форме...»? Во-первых, авторы Программы перепутали понятия хозяйственной и производственной деятельности. Во-вторых, ключевым фактором производства являются не данные в цифровой форме, а современные техника и технологии, организация производства, люди и производственные отношения, эффективность которых далеко не в полной мере зависит от уровня цифровизации. Повышение благосостояния и качества жизни граждан должно обеспечиваться не только и не столько повышением «доступности и качества товаров и услуг, произведённых в цифровой экономике», а повышением уровня заработной платы и покупательной способности населения страны, предоставлением достаточного количества рабочих мест. Повышение благосостояния должно основываться на развитии промышленности, сельского хозяйства, науки, здравоохранения, образования, культуры, на строительстве доступного и комфортного жилья и на многом другом.

Нас постоянно убеждают, что денег на снижение уровня бедности в стране пока не хватает, так как нужно бороться с терроризмом, помогать русским во всём мире, повышать обороноспособность страны и т. п. На самом деле, в России, одной из самых богатых в мире по природным ресурсам стране с её профицитным бюджетом деньги пока ещё есть. Главная задача — правильно, обоснованно, справедливо и честно их распределять на благо населения всей страны, а не отдельных олигархических групп. Но для этого абсолютно недостаточно только тренда на цифровизацию. Сама по себе цифровизация не повысит ни производительность труда, ни тем более качество жизни населения. Необходим систем-

ный подход к восстановлению экономики России и к её цифровизации как части этого подхода, но не панацеи от всех бед. В сущности, цифровизация — не цель, а одно из средств достижения цели развития экономики страны, и далеко не самое главное, как это нам пытаются внушить «трендендизаторы».

Уже на старте цифровизации становится ясным, что на путях её эффективной реализации стоит много препятствий и проблем. Главная проблема — отсутствие ясного и понятного всем целеполагания. С одной стороны, по мнению многих специалистов, инициаторы цифровизации до сих пор не могут внятно сформулировать её цели, задачи и оценить риски для отраслей экономики и населения страны, определить затраты на её проведение, сроки реализации и эффект от этих затрат. Создаётся впечатление, что в очередной раз борьба идёт не за эффективное решение задач цифровизации экономики страны, а за банальный «распил» выделяемых на неё денег. С другой стороны, специалисты, которым предстоит внедрять новые цифровые технологии, не понимают, что от них требуется, что конкретно дадут эти технологии для их предприятий, их семей, для них лично, для их будущих поколений? За чей счёт будет осуществляться цифровизация, по каким правилам, нормативным документам, стандартам и техническим требованиям, которые совсем некстати оказались в нашей стране необязательными для исполнения? Сегодня многие не осознают весь объём опасных последствий, которые несут с собой цифровые технологии в экономике и технике. В последнее время всё большее число экспертов и специалистов высказывает свою озабоченность по этому поводу. Об опасностях цифровизации экономики достаточно подробно и убедительно говорит российский учёный-экономист, доктор экономических наук В. И. Катасонов в разделе своей книги «Цифра как инструмент гипноза и программирования сознания» [6]. Не вдаваясь в анализ и описание содержания этого раздела, перечислим лишь говорящие сами за себя наименования некоторых подразделов: математика важна, но она далеко не «царица»; цифровая революция и римский клуб; истоки «цифрового мира»: тотальная математизация экономического знания; цифровое зомбирование; созидающее слово и словесно-цифровая ложь; цифровой мир как паразит. На более чем 100 страницах книги [6] показано, что:

- цифровизация затрагивает не только и даже не столько технику и экономику, сколько, в первую очередь, человека и его сознание;

- цель цифровизации (тщательно маскируемая) — перестройка этого сознания для максимального управления им со стороны «хозяев денег», римского клуба и им подобных.

Примерно о тех же опасностях и рисках внедрения цифровизации, но в большей степени с точки зрения киберугроз, зависимости от богатых

Возможности и риски внедрения новых технологий [7]

Возможности новых технологий	Риски внедрения новых технологий
Новые впечатляющие технологии, прорыв в искусственном интеллекте (ИИ), Интернете вещей, анализе больших данных.	Быстрое навязывание и заимствование западных технологий, деградация собственных компетенций.
Новые функции, возможности общения, ускорение коммуникаций и платежей, новый уровень комфорта.	Новые уязвимости, слежка, утечки персональных данных, потеря тайны личной жизни.
Новые бизнес-модели, новые большие компании, новые массовые сервисы и информационные услуги.	Риск быстрого захвата новых рынков транснациональными компаниями.
Рост производительности труда, рост эффективности, внедрение ИИ, автоматизация, роботизация.	Потеря рабочих мест, безработица, социальная напряжённость, возникновение слоя тунцевцев.
«Экономика обмена», исчезновение посредников, повышение скорости и стандартизации услуг, уберизация ¹ медицины, образования, транспорта, сферы услуг.	Юридическая неопределённость, этические проблемы, рост мошенничества, снижение качества и ответственности, «роботизация» людей, рост социального отчуждения.
Большие данные, анализ персональных данных, электронная идентификация и аутентификация личности, электронный двойник гражданина.	Исчезновение приватности, навязчивая реклама, новый цифровой тоталитаризм, утечка персональных данных граждан за границу к мощным иностранным игрокам.
Инвестиции, стартапы, новые деньги, новые индустрии, «перелицовка» традиционных индустрий.	Захват экономики более сильными и богатыми иностранными игроками. Внешнее управление экономикой.
Итог: новый технологический уклад, новая цифровая экономика, новое лицо традиционной индустрии и сельского хозяйства, государственного управления.	Итог: новая стадия цифровой колонизации, новая цифровая экономика принадлежит не нам, управляется извне, служит чужим интересам, а не Российской Федерации.

стран, говорит в своих выступлениях и статьях известный специалист по кибербезопасности Наталья Касперская. В выступлениях на Парламентских слушаниях в Госдуме [7] она представила весьма наглядную таблицу возможностей и рисков внедрения новых технологий (таблица), перечислила и рассмотрела основные причины, почему не стоит форсированно включаться в гонку цифровизации:

- цели и средства России навязывают извне;
- Россия всегда будет в положении догоняющей, если будет использовать чужие подходы и чужой опыт;
- новые технологии, заимствованные за рубежом, усилят вероятность внешнего управления экономикой и энергетикой;
- основные доходы от внедрения преимущественно иностранных техники и технологий будут неизбежно уходить из страны.

«Импортозамещение» звучит, конечно, впечатляюще, но это лозунг. И как показала практика, чтобы сделать его реальностью, нужны время, деньги, поддержка государства, возрождение науки, отечественной промышленности и многое другое. Все перечисленные причины и риски, если не предпринимать необходимых мер, отметила Касперская, неизбежно приведут Россию к колонизации её экономики. Чтобы этого не произошло, необходимо:

- иметь холодную голову и трезвость ума;
- создавать не модные технологии, а средства повышения реальной экономики, производительности труда, качества жизни, прозрачности и эффективности управления;
- решать не политические задачи кого-то догнать и перегнать, а реальные задачи организаций, предприятий, населения страны, бизнеса и государства;
- помнить о «цифровом суверенитете», как о необходимом условии развития отечественных технологий и обеспечения национальной безопасности страны [7].

Только при выполнении указанных условий мы сможем реализовать возможности технологий, перечисленные в таблице, создать новую цифровую отечественную экономику и электроэнергетику. В четвёртой строке таблицы указан один из важнейших для населения страны рисков, связанных с возможной потерей традиционных рабочих мест. Такой риск может стать реальностью уже в ближайшие годы.

По прогнозам экспертов Оксфордского университета к 2025 г. (уже через пять – шесть лет!), с большой вероятностью исчезнут 47 % ныне существующих профессий. Член комитета Госдумы РФ по труду, социальной политике и делам ветеранов Олег Шеин прокомментировал исследование, проведённое в России, об исчезновении в результате цифровизации в стране

57 существующих профессий к 2030 г. [8]. В результате около 15 млн человек, занятых в сфере услуг, работающих продавцами, охранниками, водителями и в других профессиях, не требующих высокой квалификации, уже через 10 лет могут оказаться на улице. Нужно иметь в виду, что у этих миллионов есть дети, жёны, престарелые родители, которые останутся практически без средств к существованию. Это ещё, как минимум 30 млн человек, т. е. около 30 % населения страны (каждый третий житель страны!). И что же этим людям делать? Переходить в бизнес, как рекомендовал один из руководителей страны? Но уже сегодня действующий малый и средний бизнес влечёт жалкое существование, а в крупный их безусловно не пустят. Значит эти люди обречены? Зачем тогда сорока с лишним миллионам наших соотечественников такая цифровизация? Чтобы смотреть по цифровому телевидению как хорошо они живут? Очевидно, что эти и другие последствия уже на старте деятельности, связанной с цифровизацией, должны быть всесторонне и достаточно глубоко изучены и оценены, доходчиво объяснены людям, чтобы они с открытыми глазами тратили свои заработанные деньги на её реализацию, и чтобы объявленная цифровизация не обернулась в конечном итоге против самого народа. Уже сейчас нужно готовить этих людей к будущим переменам путём переобучения, переквалификации и т. п. При этом необходимо понимать, что такой трудный, дорогостоящий и длительный процесс, затронет всю систему среднего, высшего, специального образования и повышения квалификации, а также систему социальной защиты населения. Возникает вопрос, насколько мы к этому готовы?

В предисловии к своей книге «Россия великая судьба» [9] известный писатель и историк С. В. Перевезенцев справедливо отметил: «Самый главный вопрос, который задаёт русская душа, выражается всего лишь одним словом — “зачем?”. И если русский человек знает ответ на этот вопрос, то тогда ему любое дело по плечу, ему ничего не страшно, он способен своротить горы. Это следует обязательно помнить и понимать: русские — исторически очень активный народ. Миф о русской лени, который нам всячески навязывают, не имеет под собой никакого основания. Более того, русский народ исторически очень результативный народ! Иначе говоря, русские очень быстро добиваются тех целей, которые ставят перед собой! Но так случается только в том случае, когда русским открыт смысл поступка и ясна, духовно и душевно, сердцем и разумом принята цель исторического движения. Однако, как только смысл этого движения терется, как только цель исторического развития скрывается в дымке непознания, то и русский народ оказывается в разладе и распаде. Ибо не-

¹ Уберизация или юберизация — термин, производный от названия компании Uber. Компания разработала мобильное приложение, которое позволяет потребителям подавать запросы на поездки, которые затем переадресуются водителям компании, использующим свои личные автомобили. Термин «уберизация» относят к использованию компьютерных платформ, таких как мобильные приложения, для проведения пиринговых сделок между клиентами и поставщиками услуг, что часто позволяет отказаться от услуг традиционных плановых корпораций. Модель отличается существенно меньшими эксплуатационными расходами по сравнению с традиционным бизнесом.

зачем жить... Ибо нет смысла жизни...»

В подобном разладе мы находимся уже более 100 лет. Сначала наши отцы, деды и прадеды с энтузиазмом и верой в светлое будущее строили социализм и коммунизм. Всей страной мы построили вторую в мире промышленность и экономику. Страна победила фашизм в тяжелейшей за всю её историю войне. В начале 90-х годов прошлого века кто-то за нас решил, что наше будущее — рыночная экономика и капитализм. Нам внушили, что промышленность и вся реальная экономика советским государством управлялись плохо, что значительно лучше ими будут управлять новые собственники и рынок, который сам всё расставит по своим местам. Мы поверили и позволили разрушить своё государство, которое называлось СССР. Большая часть (по некоторым оценкам, около 80 %) важнейших промышленных предприятий этого уже бывшего государства попала под контроль наших «партнёров» на Западе и продолжает туда попадать. Прошло почти 30 лет после этого разрушения. Лучше ли стало большинству из нас за эти годы? Мы так и не смогли себе ответить «зачем?» мы это сделали. Так же, как не могут нам ответить на этот вопрос пока ещё живые и вполне процветающие инициаторы тех «изменений» и «реформ». Мы видим, что мир находится в условиях жесточайшей конкуренции, которая всё более обостряется. Нас убеждают в том, что для того, чтобы победить в ней, нужно быстрее развиваться, разрабатывать и внедрять инновационные технологии и технику, в том числе цифровую. Нужно стремиться быстрее вырваться с отечественными технологиями на международные рынки и побеждать на них. *«Кто будет владеть IT-технологиями, тот будет владеть всем миром!»* Но, даже если мы и освоим современные IT-технологии (а мы ими в значительной степени уже владеем), зачем России владеть всем миром? Нам нужно у себя построить такое государство и такую экономику, чтобы весь мир приезжал к нам в гости, радовался за нас, учился у нас, стремился сделать у себя то же, сотрудничал с нами и не боялся нас.

Никто не утверждает при этом, что не нужны импортозамещение, энергосбережение, повышение энергоэффективности, внедрение nano- и других новых технологий, не нужны цифровизация, автоматизация, модернизация, реконструкция и т. п. Всё это безусловно не просто лозунги и тренды, а настоятельная необходимость (особенно для электроэнергетики — одной из важнейших отраслей экономики) для всем понятной, повседневной, напряжённой и нормально оплачиваемой работы и жизни.

Все имеющиеся многочисленные проблемы и появляющиеся новые, должны решаться комплексно и системно с расстановкой приоритетов и с учётом ограничений на ресурсы

в интересах всего общества, а не отдельных бизнесов. В основе этих решений должны лежать совесть и нравственность лиц, принимающих решения, а не личная выгода и желание подольше продержаться около власти и её денег.

Что такое цифровая трансформация электрических сетей? Зачем она нужна?

Электроэнергетика — сложный, социально ответственный, территориально распределённый технологический комплекс с единым процессом производства, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии. Эта отрасль реальной экономики страны всегда была одной из самых передовых во внедрении инноваций. Не удивительно, что первые ЭВМ и программное обеспечение, цифровые методы расчётов и оптимизации режимов работы энергосистем стали применяться в отрасли ещё в 70 – 80-е годы прошлого столетия. В конце 80-х – начале 90-х годов была создана интегрированная отраслевая автоматизированная система управления Минэнерго СССР (ИОАСУ-Энергия), ставшая на многие годы основой системы управления самой надёжной в мире Единой электроэнергетической системы. В работах по созданию ИОАСУ-Энергия участвовали высококвалифицированные специалисты сотен отраслевых проектных и научно-исследовательских организаций, профильных промышленных предприятий во всех союзных республиках страны. Работы проводились под руководством Министерства энергетики и электрификации, под контролем Госкомитета по науке и технике СССР, с активным участием Центрального диспетчерского управления Единой энергетической системы по многолетним межотраслевым координационным планам, обеспеченным необходимым финансированием. В планах были поставлены конкретные задачи, установлены сроки и назначены ответственные за их решение. Осуществлялся жёсткий контроль выполнения этих планов.

В настоящее время в условиях обострения конкуренции на международных энергетических рынках, необходимости обеспечения энергетической, экономической и национальной безопасности страны, задачи модернизации и развития основного оборудования и систем управления в электроэнергетике России становятся ещё более комплексными и актуальными. Очевидно, что эффективное решение таких задач невозможно без применения новых техники и технологий, в том числе цифровых. Инновационная стратегия развития электроэнергетики закреплена в целом ряде нормативных документов, утверждённых Правительством РФ и Минэнерго России. К ним, в частности, относятся:

- Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р);

- Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации (утв. распоряжением Правительства РФ от 3 апреля 2013 г. № 511-р);

- План мероприятий («дорожная карта») «Внедрение инновационных технологий и современных материалов в отраслях топливно-энергетического комплекса» (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 июля 2014 г. № 1217-р);

- Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года (утв. Министром энергетики РФ 14.10.2016 г.).

С учётом приоритетов Программы «Цифровая экономика РФ» Минэнерго России сформирован ведомственный проект «Цифровая энергетика». При министерстве планируется создать Совет по цифровой трансформации отраслей ТЭК и Проектный офис по реализации ведомственного проекта, а также центры компетенций цифровизации по отраслям ТЭК, которые должны будут разработать Концепцию трансформации ТЭК [10].

Одним из активных участников инновационного развития электросетевого комплекса, как инфраструктурной основы электроэнергетики, является ПАО «Россети», в котором за последние годы разработаны и утверждены:

- Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС) (2012 г.) [11];

- Политика инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ПАО «Россети» (2014 г.);

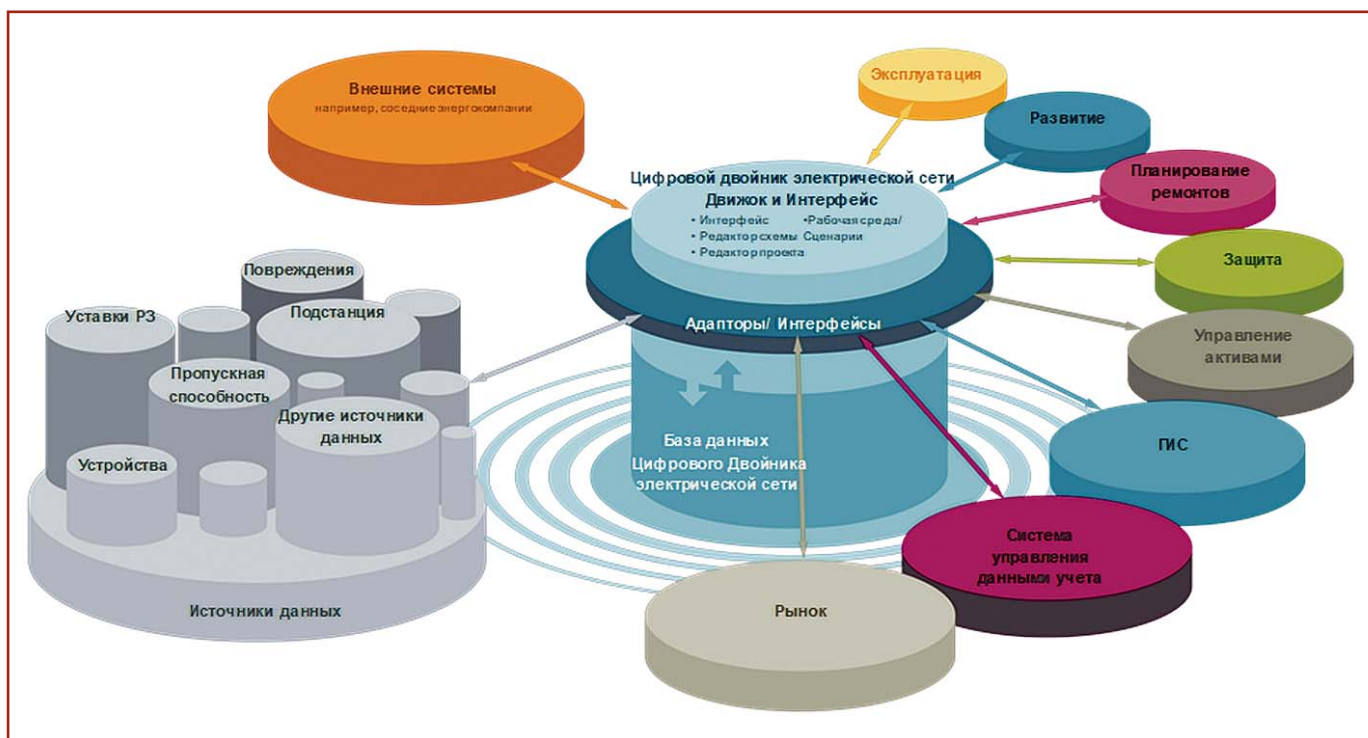
- Программа инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016 – 2020 гг. с перспективой до 2025 г. (2016 г.) [12];

- Концепция «Цифровая трансформация 2030» (2018 г.) [13];

- Проект положения ПАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе, утверждённый Президиумом Научно-технического совета ПАО «Россети» (2019 г.) [14].

Перечисленные документы периодически уточняются с учётом опыта их внедрения и дополняются новыми. С вводом их в действие значительно активизировались работы электросетевых компаний и бизнеса по разработке и внедрению новых, в том числе цифровых, техники и технологий в электрических сетях.

На отраслевых выставках техники и технологий для электроэнергетики и электрических сетей экспонируется всё большее число не уступающих передовым зарубежным аналогам: цифровых измерительных приборов; интеллектуальных коммутационных аппаратов, средств и систем диагностики, приборов и систем учёта электроэнергии; программных и аппаратных комплексов, построенных на основе SIM-моделей и на международных



Структурная схема цифрового двойника электрической сети [16]

стандартах информационного обмена данными.

Проводятся работы по совершенствованию и применению методов искусственного интеллекта для уточнения прогнозов электропотребления и нагрузок в узлах электрических сетей, для анализа аварийных ситуаций в реальном масштабе времени и выдачи рекомендаций диспетчеру сетей в режиме «советчика» по оптимальной ликвидации аварий.

Появились опытно-промышленные образцы роботов и беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга и выявления дефектов оборудования подстанций и линии электропередачи.

Утверждены отраслевые стандарты ПАО «Россети»: СТО 34.01.21-004–2019. «Цифровой питающий центр» и СТО 34.01.21-005–2019 «Цифровая электрическая сеть». Планируется разработка серии других стандартов с их адаптацией при необходимости к международным стандартам.

На десятках объектов ПАО «Россети» проводятся работы по созданию и внедрению пилотных проектов «Цифровая подстанция», «Цифровой РЭС». Развиваются проекты «Цифровой электромонтер», «Цифровой контролёр» и т. п.

Стартовали работы по созданию систем обеспечения информационной безопасности электросетевых компаний, по устранению наиболее вероятных потенциальных угроз кибербезопасности автоматизированных систем технологического управления (АСТУ) [15].

В настоящее время основное внимание структурных подразделений ПАО «Россети» и разработчиков программ-

ного обеспечения для электрических сетей сосредоточено на создании единой базы данных об электрической сети, а также единой модели сети, интегрированных с различными технологическими приложениями и бизнес-приложениями и с соответствующими программными подсистемами электросетевых компаний. Такая единая база данных на Западе получила название «цифровой двойник электрической сети» и уже нашла применение в ряде стран [16]. Укрупнённая структура цифрового двойника электрической сети приведена на рисунке.

Применение единой модели и базы данных электрической сети (в первую очередь наиболее разветвлённой распределительной сети напряжением 0,4 – 110 кВ) позволяет:

- обеспечить электросетевой компании комплексное решение множества разнородных задач по оперативному управлению, эксплуатации, развитию, планированию режимов, управлению активами, учёту электроэнергии и т. п. (рисунок);

- сократить время и затраты труда на подготовку и актуализацию схемных и режимных параметров и базы данных в целом;

- исключить дублирование и ошибки при подготовке исходных данных при решении различных задач;

- повысить точность и оперативность расчётов и принятия решений по управлению электрическими сетями в процессе их эксплуатации, при реконструкции и развитии.

Попытки создания единой унифицированной базы данных предпринимались в самом начале разработок ИОСУ-Энергия. Но в те годы разработчики ещё не располагали возможностя-

ми, которые предоставляют современные технические и системные программные средства.

На работы по проведению цифровизации электросетевого комплекса до 2030 года планируется потратить не менее 1,3 трлн руб. (по некоторым оценкам — до 3 трлн руб.).

Ожидается, что планируемые затраты на цифровизацию отечественных электросетей и системы учёта электроэнергии окупятся не более чем через 10 лет за счёт экономии:

- от снижения частоты и продолжительности перерывов энергоснабжения потребителей;

- сокращения времени поиска и ликвидации аварий;

- повышения качества электроэнергии у потребителей;

- оптимизации загрузки и снижения потерь электроэнергии в электрических сетях;

- уменьшения стоимости технологического присоединения потребителей к сети;

- снижения стоимости, повышения качества и достоверности проектов реконструкции и развития сети;

- оптимизации численности оперативного персонала, совершенствования структуры оперативного управления;

- сокращения затрат и количества персонала на текущее ремонтное и эксплуатационное обслуживание электрических сетей;

- уменьшения затрат на складские запасы, запчасти, внеплановые закупки и т. п. [17].

В различных публикуемых источниках присутствуют количественные оценки ожидаемых эффектов от цифровизации и интеллектуализации электрических сетей. При этом отмечается, что

говорить о какой-либо эффективности цифровой трансформации электроэнергетики можно только при условии, что при её реализации электрические сети трансформируются в гибкое связующее звено между генерацией и потреблением электроэнергии, обладающее возможностью оптимизации технологических и бизнес-процессов.

Приводимые оценки эффективности цифровизации и интеллектуализации электрических сетей носят, как правило, экспертный характер или получены на основе зарубежных публикаций. Серьёзные отечественные исследования и разработки по таким оценкам пока, к сожалению, отсутствуют по ряду причин:

- нет утверждённых методик расчёта эффективности цифровизации;
- не все составляющие эффекта можно оценить количественно;
- эффект от внедрения одних и тех же новых технологий может существенно отличаться для различных сетевых организаций и зависит от большого числа влияющих факторов: номинального напряжения сети; плотности нагрузки и структуры электропотребления на территории обслуживания; технического состояния и режимов работы сети; квалификации и мотивации персонала и т. п.;
- главная же причина состоит в том, что, к сожалению, практически все вышеперечисленные работы и проекты носят пока частный характер. Где-то внедряется система интеллектуального учёта электроэнергии, где-то — система поиска повреждений на основе указателей короткого замыкания. В отдельных МРСК делаются попытки создания единой модели сети и т. п. По этим проектам нельзя достоверно судить об эффективности цифровизации сети. Они не решают в комплексе главные задачи повышения надёжности, снижения потерь и качества электроснабжения потребителей. Более того, потребители в процессе цифровизации сетей практически не участвуют, хотя по опыту зарубежных стран и передовых отечественных предприятий, именно управление нагрузкой может дать основной эффект от применения новых технологий.

Как показала зарубежная практика, существует определённая тенденция к искусственному завышению требуемой эффективности по сравнению с реальной. К тому же, зарубежные оценки эффективности, как правило, не могут в полной мере распространяться на многие отечественные электрические сети. Приведение же их к сопоставимым условиям требует разработки соответствующих методик.

При масштабном внедрении цифровых технологий в электросетевой комплекс, также следует учитывать риски, способные в значительной мере повлиять на надёжность и эффективность функционирования электрических сетей, а именно:

- ограниченная техническая возможность и экономическая нецелесо-

образность внедрения современных, и в том числе цифровых, технологий в электрические сети с высоким уровнем износа основных фондов. Так, на рабочей встрече Председателя Правительства РФ Дмитрия Медведева с Председателем Правления, генеральным директором ПАО «Россети» Павлом Ливинским, которая состоялась 28 июня 2019 г., отмечено, что износ основных фондов электросетевых активов составил 76 % по состоянию на июнь 2019 г. [18];

- длительный расчётный жизненный цикл электросетевых объектов (40 – 50 и более лет) потребует в процессе их эксплуатации учёта дополнительных финансовых ресурсов на неоднократную модернизацию, техническое перевооружение или масштабную замену оборудования и устройств систем управления, защиты, передачи данных в связи с появлением новых технологий, переходом на усовершенствованное или новое программное обеспечение и элементную базу;

- несовершенство и отставание существующей нормативно-технической базы, не отражающей в полной мере требования к проектированию, строительству и эксплуатации электросетевых объектов с высоким уровнем интеграции цифровых технологий;

- сложнопрогнозируемый рост увеличения операционных расходов электросетевых компаний на реализацию мероприятий по кибербезопасности и импортозамещению значительной доли используемых в электросетевом комплексе зарубежных операционных систем и программных продуктов в устройствах управления, защиты, сбора и передачи данных;

- недостаточные темпы реагирования системы профессионального образования и повышения квалификации, направленные на обучение и подготовку персонала, специализирующегося на цифровых технологиях, а также подготовку существующего эксплуатационного персонала.

Таким образом, даже поверхностный экспресс-анализ работ, проводимых по цифровизации в электроэнергетике России (особенно в электрических сетях), показывает, что работы ведутся широким фронтом, но по принципу «Дорогу осилит идущий!» При этом пока не очень ясно, куда приведёт эта дорога, в тупик или к светлому будущему.

Результаты работ и перспективы их развития в электросетевом комплексе систематически обсуждаются на многочисленных форумах, конференциях, круглых столах, экспертных секциях, научно-технических советах, в печати [19 – 21]. Поднимается целый ряд вопросов, которые требуют тщательного обсуждения и всестороннего решения. Главные из них, так же, как и по цифровизации экономики, сводятся в основном к следующему: что такое цифровая трансформация электрических сетей, каковы её цели и первоочередные

задачи; что такое цифровая электрическая сеть, кому и зачем она нужна?

Ряд экспертов полагает, что цифровизация относится только к бизнес-процессам и не включает в себя автоматизацию. В то же время есть мнения, что цифровизация и автоматизация — единый и неразрывный процесс, так же, как и процесс производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии [22]. Одно из наиболее полных определений цифровизации дано ещё в 2016 г. [12]. Тогда она называлась «оцифровкой». «Оцифровка процессов управления и технологических процессов — переход от аналогового к цифровому принципу управления автоматике, релейной защиты и противоаварийной автоматике, автоматизированной системы управления технологическими процессами, учёта электроэнергии и связи (применение цифровых измерительных трансформаторов, векторных регистраторов режима, оборудования цифровых сетей, переход к цифровой подстанции и т. п.), цифровое моделирование и проектирование; цифровизация управления производственными активами, внедрение цифровых систем наблюдения технологических процессов в электрических сетях и на подстанциях» [12].

В СТО 34.01.21-005–2019 дано определение: *цифровая электрическая сеть — организационно-техническое объединение электросетевых объектов, оснащённых цифровыми системами измерения параметров режима сети, мониторинга состояния оборудования и линий электропередачи, защиты и противоаварийной автоматики, сетевого и объектового управления, информационный обмен между которыми осуществляется по единым протоколам с обеспечением синхронизации по времени* [23]. Было бы полезным дать чёткое определение цифровой электросетевой компании (организации), цифровизации её бизнес-процессов, в том числе, экономического, производственно-технологического и оперативно-диспетчерского управления.

Цель цифровизации электрических сетей — повышение эффективности услуг по передаче и распределению электроэнергии, обеспечению доступности, надёжности, качества и экономичности электроснабжения потребителей на уровне передовых мировых достижений. При этом требуется чётко определить такой уровень для каждого этапа цифровизации отечественных сетей различного назначения. Очевидно, что любые определения и цели цифровизации сетей носят субъективный характер, будут и должны меняться по мере развития самих сетей и управления ими. Тем не менее, чем конкретнее они будут сформулированы на каждом этапе, чем точнее будут определены ключевые целевые показатели эффективности цифровизации, тем меньше будет дискуссий: нужна или не нужна цифровизация; готовы ли мы к ней; каковы оп-

тимальные пути и этапы цифровизации и реальные эффекты от её внедрения и т. д. и т. п. Только после достижения консенсуса между основными участниками решения проблемы цифровизации и чёткого понимания «Как?», «Что?» и «Для кого?» будет осуществляться цифровизация, после создания и опытно-промышленного внедрения комплексных пилотных проектов можно будет переходить к масштабному на триллионы рублей применению цифровых техники и технологий в электросетях и электроэнергетике в целом.

При определении целей цифровизации в экспертном сообществе постоянно возникает не менее важный вопрос: как совместить её внедрение с высоким (около 76 %) износом сетей, особенно распределительных напряжением 0,4 – 110 кВ?

В 2010 г. ОАО «Холдинг МРСК» разработана Программа реновации распределительного электросетевого комплекса на период 2010 – 2020 гг. Необходимый планируемый объём финансирования в соответствии с проектом данной программы должен был составить 2,85 трлн руб. и обеспечить выполнение целевого ориентира — снижение износа распределительных электрических сетей до 50 % к 2020 г. В настоящее время для этого потребуются, скорее всего, ещё большая сумма. Если прибавить 1,3 трлн руб. (а может быть и 3 трлн руб.) на цифровизацию, реконструкцию и цифровизацию только сетей ПАО «Россети» и их систем управления потребуются колоссальные затраты от 4 до 6 трлн руб. Откуда взять эти деньги? Если они найдутся, как это отразится на тарифах на электроэнергию для конечных потребителей? Где конкретные проекты решения этих важнейших задач? Кто их будет выполнять, кто главный конструктор? Где нормативная база и стандарты, нормы и правила, по которым всё это надо делать? Ответов пока нет. Есть только концепции, стратегии, политики, намерения, отдельные пилотные проекты, рапорты об их реализации и т. п.

Также следует учитывать, что кроме сетей ПАО «Россети» ещё существуют независимые сетевые компании, а также более 1000 ТСО, у которых проблем со старением оборудования не меньше, чем в ПАО «Россети». Кто сегодня там осуществляет техническую политику и финансирует работы по их развитию и цифровизации? А эти сети самым непосредственным образом влияют на надёжность электроснабжения потребителей в малых городах, посёлках и населённых пунктах на огромной территории России.

И, наконец, цифровизацию почему-то начали с наименее подготовленного и в то же время наиболее проблемного, низшего звена управления электросетевым комплексом — районных электрических сетей (РЭС). Не ясно, как цифровизация будет сопрягаться с текущим состоянием сетей в районах, где уровень телеуправления составляет

не более 16 %, где доля современных интеллектуальных автоматизированных систем учёта электроэнергии составляет всего 10 % от необходимого объёма; где квалификация эксплуатационного и оперативного персонала пока не готова к эффективному применению цифровых технологий, где средняя месячная заработная плата персонала составляет 20 — 40 тыс. руб., что примерно в 5 – 10 раз меньше средней месячной зарплаты электромонтера в США. Доля сетевой составляющей в России в тарифе для конечного потребителя сегодня достигла 46 % (при среднем мировом значении, не превышающем 20 %)¹. Относительные потери электроэнергии в электрических сетях России в 2 – 2,5 раза выше потерь в сетях Германии, Японии, США, Китая и других промышленно развитых странах. В электрических сетях 0,4 – 10 кВ отдельных районов страны они могут достигать 40 – 50 % от отпуска электроэнергии в сеть. Снизить такие потери до уровня указанных стран только за счёт внедрения интеллектуального учёта электроэнергии не удастся. Существует множество проблем, связанных с качеством электроэнергии у потребителей и надёжностью их электроснабжения, которые носят системный характер [24].

По данным Минэнерго России [25], в стране каждый день происходит авария с отключением потребителей суммарной мощностью не менее 10 МВт (данные по числу аварий за 2018 г. приведены далее). О многих из наиболее крупных аварий мы узнаём только из СМИ. Серьёзный всесторонний и глубокий анализ аварий, который когда-то проводил ОРГРЭС, в настоящее время практически отсутствует. По существу, разрушен и сам ОРГРЭС.

Число аварий в ЕЭС России в 2018 г.

Показатели аварийности	Численное значение
Число аварий на электрических станциях установленной мощностью 25 мВт и выше	3277
Число аварий в электрических сетях 110 кВ и выше	14 350
Число аварий, приведших к прекращению электроснабжения потребителей в объёме 10 мВт и более	453

Ясно, что решить перечисленные и многие другие проблемы электросетевого комплекса и электроэнергетики в целом [26] только путём цифровизации распределительных сетей 0,4 – 10 кВ и отдельных системных подстанций 220 кВ и выше — невозможно. Нужны системный подход к проблеме, комплексный технико-экономический анализ существующего положения и программа перспективного развития экономики и энергетики страны на среднесрочный и долгосрочный период

¹ Кузовкин А. И. Тарифная политика в электроэнергетике и её влияние на экономику. Презентация доклада на секции НП «НТС ЕЭС» 22.04.2019.

[26]. Цифровизация экономики и энергетики должна быть неотъемлемой частью этой программы с чёткими, честными и понятными для всех ответами на вопросы: «Какие конкретные задачи она решает?» и «Сколько она стоит?», «Какой эффект будет получен?», «В какие сроки она будет осуществляться?», «Какие риски при этом могут быть?», «Кто конкретно отвечает за реализацию и как её осуществлять?» По ходу реализации очевидно будут возникать и другие не менее важные вопросы.

Цифровая трансформация и технологическое развитие электроэнергетики — часть комплексного плана развития экономики России и её регионов

В сегодняшних условиях всё большему числу специалистов становится понятным, что одному бизнесу и рынку без государственной поддержки со всеми накопившимися проблемами в стране и электроэнергетике не справиться [27]. Необходим переход к управляемой государством рыночной экономике России. Рынок должен быть только там, где есть реальная и эффективная конкуренция и где существуют понятные и прозрачные для всех участников правила рынка. Государство в лице профильных министерств должно сформировать такие правила, ввести их в действие и обеспечить условия для честной и равноправной конкуренции. Пока всего этого нет, необходимо усиление роли государства в управлении экономикой и управлении энергетикой, как её базовой отраслью.

В 2020 г. исполнится 100 лет с момента утверждения государственного плана электрификации России (ГОЭЛРО). Это был не только (и даже не столько) план электрификации, но план развития народного хозяйства в целом. Сегодняшняя электроэнергетика страны остро нуждается в разработке, утверждении и реализации аналогичного нового плана, равноценного по комплексности, обоснованности и проработанности, утверждённому в 1920 г. В его разработке участвовали лучшие специалисты — энергетики того времени с высочайшей квалификацией и ответственностью. В основу плана были положены исследования и наработки лучших российских энергетиков царской России с актуализацией на период утверждения и с долгосрочной перспективой развития страны.

Новый план ГОЭЛРО современной России должен основываться на разрабатываемых схемах и программах развития Единой энергетической системы России (ЕЭС) и комплексных программах развития (КПР) электрических сетей на территориях субъектов РФ (далее — Программы). Для этого должны быть созданы Центры современных компетенций федерального и региональных уровней, а также необходимая нормативно-правовая и норма-

тивно-техническая база. Как и ранее, должна быть также чётко и жёстко распределена ответственность за достоверность и обоснованность и за полное и своевременное выполнение этих Программ. Кроме того, должна быть создана действенная система мотивации выполнения планов и Программ.

Программы должны содержать подробный анализ и оценку:

- современного состояния и последствий «реформ» отечественной электроэнергетики по стране в целом и по каждому субъекту Российской Федерации;

- тенденций и перспектив развития мировой и отечественной энергетики, новых техники и технологий;

- запасов отечественных энергоресурсов на настоящий момент, приоритетов и перспектив их расходования на период до 2050 г., в первую очередь внутри страны, и во вторую — для продаж за рубеж;

- экономики страны и каждого из субъектов Российской Федерации по отраслям промышленности, численности населения, муниципального жилищного строительства, модернизации и реконструкции инфраструктуры, сельского хозяйства и сельских территорий и т. п.;

- затрат на развитие экономики и эффекта от этих вложений.

В Программах должны быть предусмотрены:

- модернизация и реконструкция основного оборудования электрических станций и сетей и управления ими на основе современных и перспективных техники и технологий, в том числе цифровых;

- восстановление и развитие отечественных электротехнической и электронной промышленности, производства средств связи, автоматики, цифровой техники и технологий;

- восстановление, развитие и достойное финансирование отечественного отраслевого научно-проектного комплекса, повышение уровня подготовки и престижа квалификации российского инженера-энергетика, которая за последние 25 лет превратилась в низшую должностную ступень;

- разработка и актуализация на постоянной основе схем перспективного развития распределительных электрических сетей 0,4 – 35 кВ, находящихся в зоне ответственности РЭС на среднесрочную (пять – семь лет) перспективу, разработка требований к таким схемам с оценкой экономического эффекта от внедрения новых техники и технологий, в том числе, цифровых;

- актуализация и развитие отраслевой нормативно-правовой и нормативно-технической базы отечественной электроэнергетики и обязательности её исполнения;

- возрождение системы оперативного мониторинга и анализа: эффективности эксплуатационной, ремонтной и оперативной деятельности субъектов электроэнергетики, надёжности, каче-

ства и экономичности энергоснабжения потребителей, надёжности работы и технического состояния первичного и вторичного оборудования электроэнергетики и многое другое.

К разработке нового плана ГОЭЛРО должны быть привлечены наиболее профессиональные отечественные, а не иностранные, эксперты и специалисты, способные системно подойти к решению перечисленных и других задач и проблем электроэнергетики. Такие специалисты и эксперты в России пока ещё имеются в институтах РАН, отраслевых научных и проектных организациях, российских технических университетах, в компаниях-разработчиках. Вопросы цифровой трансформации электроэнергетики, в том числе электрических сетей, должны стать важной частью нового плана ГОЭЛРО. При этом программа цифровой трансформации электрических сетей должна быть преобразована в программу создания многоуровневой интегрированной интеллектуальной энергетической системы страны, концепция которой была разработана в 2014 г., с применением цифровых технологий [11]. Она должна быть увязана с программой развития экономики страны и её регионов, программой развития электрических сетей, перспективами развития оперативно-диспетчерского управления, управления режимами работы энергосистем, оптимизации таких режимов и согласована с программами развития распределённой генерации, возобновляемых источников электроэнергии, программами энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Заключение

Технический прогресс в мире — объективная реальность. Российская Федерация находится на пороге четвёртой промышленной революции и шестого технологического уклада [28]. Эта революция может принести человечеству огромные блага, если разумно распорядиться её главными достижениями. Но может стать и глобальной катастрофой, и концом человеческой цивилизации. Всё будет зависеть от того, какие цели и задачи будут поставлены перед созданием новых технологий. Россия может и должна быть интегрирована в общемировые процессы развития. Эта интеграция, создание и развитие новых техники и технологий, в том числе цифровых, должны осуществляться в интересах России с учётом национальных, территориальных, экономических, социальных, исторических, климатических и многих других особенностей. При этом в целях развития экономики нашей страны, повышения качества жизни, образования и культуры наших граждан, роста национального человеческого капитала не следует слепо копировать зарубежный опыт, а необходимо внимательно его изучать.

Главной целью нового плана ГОЭЛРО, в том числе программ цифровой экономики и электроэнергетики, должно стать превращение России из страны, торгующей своим сырьём,

природными и энергетическими ресурсами, в современную культурную и промышленную державу. Страна должна быть ориентирована не на превосходство в мире, а на устойчивую и комфортную жизнь её граждан и на увеличение благосостояния населения во всех её регионах.

При этом цифровая экономика нужна не как очередная тренд и лозунг, а как реальная эффективная экономика с применением цифровых технологий, как основа для достойной жизни населения страны. В той же мере нужна эффективная и надёжная, доступная и экологически безопасная энергетика с необходимым уровнем кибербезопасности, использующая цифровые технологии для бесперебойного энергоснабжения потребителей с нормальным качеством поставляемых энергоресурсов и доступными тарифами на эти ресурсы.

Нужны не тренды, а конкретные эффективные дела и результаты на благо нашей страны и каждого её гражданина. Силы и средства, люди и компетенции для этого у нас пока имеются!

Автор выражает благодарность членам редколлегии журнала «Энергетик» Г. Б. Лазареву, В. И. Эдельману и начальнику управления Федерального испытательного центра В. В. Князеву за конструктивные и доброжелательные замечания по тексту статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Текслер А. Минимум — быть в тренде. Максимум — создавать тренды // Вести в электроэнергетике. 2018. № 6(98). С. 4 – 6.
2. Цифровизация энергетики: от локальных решений к трансформации отрасли. Ключевые выводы. 5.10.2018. <http://bit.ly/2DnpbGQ>.
3. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 г., № 1632-п. <http://bit.ly/2DmYr9c>.
4. Почти половине российских семей денег хватило только на еду и одежду. <http://bit.ly/33sGxN4>.
5. Базанова Е. В России будет взрыв // Ведомости. 28.07.2019.
6. Катасонов В. Ю. Трансформация мировой закулисы. От «хозяев денег» к «хозяевам мира» (Серия «Финансовые хроники профессора Катасонова»). Вып. IX. — М.: Книжный мир, 2019. — 480 с.
7. Касперская Н. Цифровая экономика и риски цифровой колонизации. Развёрнутые тезисы выступления на Парламентских слушаниях в Госдуме. <http://bit.ly/37KQs3S>.
8. В Госдуме назвали число россиян, которым грозит потеря работы. <https://ura.news/news/1052393950>.
9. Перевезенцев С. В. Россия великая судьба. — М.: Белый город, 2006. — 704 с.
10. Эдельман В. И. Российская энергетика: новый инвестиционный цикл // Энергетик. 2019. № 4. С. 46 – 53.
11. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью. <http://bit.ly/2snhvlQ>.

12. Программа инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016 – 2020 г. с перспективой до 2025 г. <http://bit.ly/2OOD71R>.

13. Концепция «Цифровая трансформация 2030». <https://www.rosseti.ru/investment/KontseptsiyaTsifrovayaTransformatsiya2030.pdf>.

14. Протокол заседания Президиума Научно-технического совета ПАО «Россети» от 05.09.2019 № 10 <http://bit.ly/2Dn3NS5>.

15. Опыт создания и внедрения системы обеспечения информационной безопасности электросетевой компании / А. В. Майоров, А. Н. Иванов, В. А. Сердюк // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 1(46). С. 36 – 40.

16. Никитина Е. В. Цифровой двойник для электрических сетей // Энергия единой сети. 2019. № 4(46).

17. Качан М. Вопросы оценки эффективности ИТ-проектов в распределительных сетевых компаниях // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. № 3(36). С. 54 – 57.

18. Встреча Дмитрия Медведева с Председателем Правления, генеральным директором ПАО «Россети» Павлом Ливинским. <http://government.ru/news/37191/>.

19. Международный форум «Электрические сети» // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 1(52). С. 10 – 16.

20. Переход к новой цифровой архитектуре электросетевого комплекса // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 1(46). С. 4 – 16.

21. Главные инженеры электросетевых комплексов обсудили вопросы цифровизации электрических сетей // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 6(51). С. 12 – 16.

22. Воротицкий В. Э., Моржин Ю. И. Цифровая трансформация энергетики России — системная задача четвертой промышленной революции // Энергия единой сети. 2019. № 6(42), декабрь 2018 — январь 2019. С. 12 – 21.

23. СТО 34.01.21-005–2019. Цифровая электрическая сеть. <http://bit.ly/2L2i3UK>.

24. Организация комплексного процесса управления качеством электроэнергии — приоритетная задача энергетической стратегии развития России / В. Э. Воротицкий, Ю. А. Дементьев, Г. Б. Лазарев, Ю. Г. Шакарян // Электроэнергия. Передача и распределение. 2017. № 4. С. 40 – 52.

25. Информатизация об аварийности в электросетях и генерации. Министерство энергетики РФ. <https://minenergo.gov.ru/node/267>.

26. Воротицкий В. Э. Решение проблем электроэнергетики России должно быть системным, квалифицированным и клиентоориентированным // Энергетик. 2018. № 6. С. 14 – 21.

27. Беляев Л. С. Необходимость возобновления государственного регулирования в электроэнергетике. <http://www.eeseaec.org/vestnik-energetiki-eaec/s12>.

28. Шваб К., Дэвис Н. Технологии Четвертой промышленной революции. Пер. с англ. — М.: Эксмо, 2018.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Основные направления в проектировании металлических опор воздушных линий из высокопрочных стальных уголков и квадратных труб

КАЧАНОВСКАЯ Л. И., канд. техн. наук

КАСАТКИН С. П., СБОЙЧАКОВА Т. И.

НИЛКЭС ООО «ПО “Энергожелезобетонинвест”»

191036, Санкт-Петербург, Невский просп., 111/3, оф. 327

info@nilkes.ru



Л. И. Качановская С. П. Касаткин Т. И. Сбойчакова

Приведены основные результаты эскизного проектирования опор воздушных линий (ВЛ) 110 – 500 кВ из высокопрочных элементов уголкового и квадратного профиля. Показано, что применение шпренгельной схемы для решётчатых конструкций в сочетании с использованием сталей повышенной прочности позволяет экономить 20 – 40 % металла по сравнению с типовыми опорами ВЛ.

Сделан вывод о целесообразности разработки серии новых конструкций и приведены требования создания 3D-моделей опор для использования информации при формировании цифрового двойника ВЛ.

Ключевые слова: решётчатая опора ВЛ, шпренгельная система, квадратный профиль, сталь повышенной прочности, атмосферостойкая сталь, цифровой двойник ВЛ.

Большинство типовых решётчатых опор воздушных линий (ВЛ), массово применяемых в электросетевом строительстве, спроектированы из стали С245 уголкового прокатного профиля или труб. Современные технологии металлургического производства позволяют получать элементы уголкового проката, а также трубы квадратного профиля как из высокопрочной, так и из атмосферостойкой сталей. Выпуск этих сталей успешно освоили крупнейшие отраслевые предприятия России, такие как ЕВРАЗ и Северсталь.

Для внедрения нового сортамента актуальна разработка новых конструкций решётчатых опор для ВЛ 110 – 500 кВ. Это приведёт к значительному сокращению финансовых затрат при

новом строительстве, реконструкции и эксплуатации ВЛ.

Основные предпосылки достижения поставленной цели:

– Рациональное использование сталей повышенной прочности позволит при сохранении несущей способности, существенно снизить металлоёмкость опор ВЛ и уменьшить стоимость конструкций.

– Применение фасона квадратного и прямоугольного профиля для опор ВЛ приведёт к максимальному эффекту за счёт использования механических характеристик таких сечений, которые существенно отличаются от уголкового проката большей жёсткостью при работе на сжатие.

– Использование атмосферостойкой стали позволит отказаться от затрат на оцинковку металлоконструкций, обес-