

# СИСТЕМНОЕ РЕШЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ ТРЕБУЕТ АКТИВНОГО УЧАСТИЯ ГОСУДАРСТВА

**ВОРОТНИЦКИЙ В.Э.**, д.т.н., профессор, заместитель генерального директора ООО «Энергоэкспертсервис»

В декабре 2020 года наша страна будет отмечать 100-летие Государственного плана электрификации России (ГОЭЛРО). Следует заметить, что об этой электрификации начали заботиться задолго до декабря 1920 года.



**Валерий Эдуардович  
ВОРОТНИЦКИЙ**

В 1886 году по инициативе братьев Вернера и Карла Сименсов, работавших в России с 1852 года и возглавлявших компанию «Сименс и Гальске», в Санкт-Петербурге было создано «Акционерное Общество Электрического Освещения 1886 года» (далее «Общество 1886 года») (рис. 1).

Устав «Общества 1886 года» был утвержден 4 июля 1886 года Высочайшим указом императора Александра III. Устав позволял «как производить электроэнергию, транспортировать ее, так и реализовывать».

5 февраля 1887 года на заседании Правления «Общества 1886 года» в Санкт-Петербурге было заслушано сообщение директора-распорядителя А.А. Троицкого о необходимости «подготовить почву для действия Общества в Москве». Правление поручило директору-распорядителю посетить Москву, чтобы «войти с предложениями устроить центральные электрические станции частного потребления». 5 марта

1887 года Правление поручило М.О. Альберту быть агентом «Общества 1886 года» в Москве и принимать заявления от лиц, желающих пользоваться электрическим освещением. Деятельность «Общества 1886 года» в Москве началась с заключения в апреле 1887 года договора с городской управой, согласно которому Обществу предоставлялось право прокладывать по улицам подземные электрические провода (рис. 2).

31 июля 1887 года Правление «Общества 1886 года» заключает первый контракт на освещение частного владения в Москве – Пассажа госпожи Постниковой на Тверской улице (сегодня в этом здании расположен Театр им. М.Н. Ермоловой). Именно эту дату принято считать днем рождения Мосэнерго.

С 1899 года по 1913 год были проведены 7 Всероссийских электротехнических съездов, на которых велись обсуждения и диспуты по решению основных вопросов и проблем отечественной электроэнергетики, путей ее развития. Публиковались научные доклады, статьи. Возможности науки и техники широко демонстрировались на выставках (рис. 3) [1].

Первый проект по электрификации страны, принадлежащий перу профессора К. Клингенборг, был создан в 1913 году. В этом проекте рассматривались вопросы по строительству гидроэлектростанций и теплоэлектроцентралей, предлагалось перевести промышленность на электричество. В 1914 году положено начало объединению электростанций – электростанцию «Электропередача» включили на параллельную работу со станцией на Раушской набережной.

Первая мировая война и две последующие революции существенно затормозили развитие электрификации страны. Несмотря на огром-



**Рис. 1.** Участники одного из совещаний «Общества 1886 года».



Рис. 2. Фрагмент рекламного документа Московской центральной электрической станции Общества Электрического Освещения 1886 года.

Источник: сайт Музея истории Мосэнерго

ные трудности первых лет Советской власти, голод и разруху в стране, ее правительство отчетливо понимало, что без электрификации России невозможно обеспечить ее экономическую и продовольственную безопасность, независимость и обороноспособность. Уже в январе 1918 года на I Всероссийской конференции работников электропромышленности было предложено создать орган для руководства энергетическим строительством. Через четыре месяца был создан Электрострой. Одновременно с ним был образован преемник и продолжатель всероссийских электротехнических съездов – Центральный электротехнический совет (ЦЭС), в состав которого вошли крупнейшие российские энергетики: И.Г. Александров, А.В. Винтер, Г.О. Графтио, Р.Э. Классон, А.Г. Коган, Т.Р. Макаров, В.Ф. Миткевич, Н.К. Поливанов, М.А. Шателен и другие.

В апреле 1918 года концепцию электрификации страны подготовил Ленин в статье «Набросок плана научно-технических работ», а в 1919 году Кржижановский детализировал эту концепцию в работе «Задачи электрификации промышленности» и получил на нее положительный отклик. Эти две работы легли в основу принятия решения в феврале 1920 года о создании комиссии ГОЭЛРО. В комиссию вошли Г.М. Кржижанов-

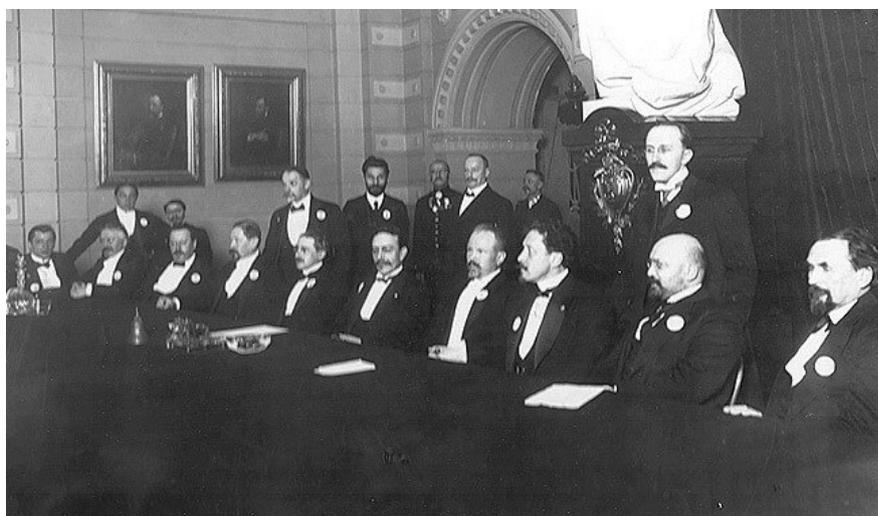


Рис. 3. На одном из Всероссийских электротехнических съездов [1]



Рис. 4. Члены Комиссии ГОЭЛРО за работой [1]

ский, А.И. Эйсман, А.Г. Коган, Б.И. Угрюмов, Н.Н. Вашков, Н.С. Синельников, Г.О. Графтио, Л.В. Дрейер, К.А. Круг, М.Я. Лапиров-Скобло, Б.Э. Стюнкель, М.А. Шателен, Е.Я. Шульгин, Д.И. Комаров, Р.А. Ферман, Л.К. Рамзин, А.И. Та-

иров, А.А. Шварц (рис. 4). В работе по подготовке плана электрификации России принимали участие в общей сложности 240 лучших специалистов, которые к концу года завершили свою работу. С самого начала план ГОЭЛРО разрабатывался как комплексный Государственный план развития экономики. Системный подход к разработке этого плана и сегодня является образцом государственной политики при создании базовой отрасли и ускоренного развития промышленности и экономики страны в целом.

22 декабря 1920 года Председатель комиссии Глеб Максимилианович Кржижановский выступил перед со-

Таблица 1. Динамика развития генерирующих мощностей в России за 1888–1917 гг. [2].

Годы	Мощность в кВт	Количество построенных станций	Средняя мощность одной станции в кВт	Средний ежегодный прирост станций
1888–1892 гг.	5554	5	1111	1
1893–1897 гг.	93905	16	5863	3,2
1898–1902 гг.	161578	36	4489	7,2
1903–1907 гг.	63574	27	2355	5,4
1908–1912 гг.	63798	99	647	19,8
1913–1917 гг.	54736	89	615	17,8
Итого за 30 лет	443145	272	1630	9

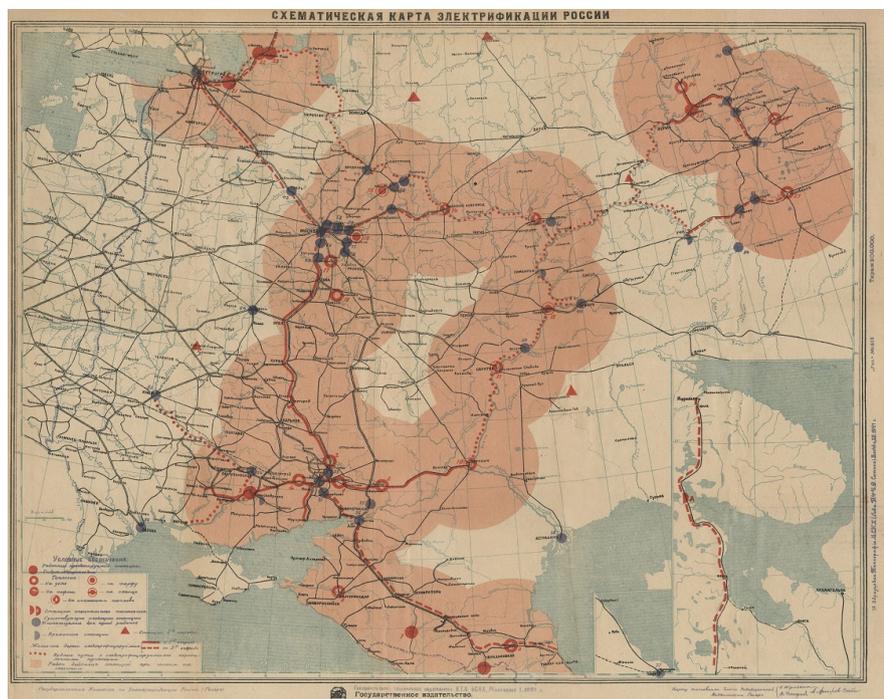


Рис. 5. Карта электрификации России [1]

бравшимися в Большом театре. На огромном стенде с картой России под его указкой зажигались огни на месте будущих электростанций (рис. 5). Для того чтобы осветить такой стенд использовали почти всю мощность Раушской электростанции.

В соответствии с планом необходимо было за 10–15 лет построить 30 районных электростанций общей мощностью 1,75 млн. кВт. При разработке плана ГОЭЛРО страну разделили на 8 экономических районов: Северный, Центрально-промышленный, Южный, Приволжский, Уральский, Западно-Сибирский и Туркестанский. Каждый из этих районов имел свой подробный план реализации, увязанный с планами развития их экономики, отраслей промышленности, железных дорог, водного транспорта и сельского хозяйства (таблица 2) [2].

Помимо нового строительства электростанций, план ГОЭЛРО предусматривал также их так называемое кустование, которое заключалось в объединении существующих станций через электрические сети с целью взаимной поддержки и достижения более правильного распределения нагрузки между станциями. Причем менее выгодные в экономическом отношении станции подлежали закрытию за счет увеличения загрузки наиболее экономичных.

На удивление всему миру, за 15 лет план ГОЭЛРО по основным показателям был не только выполнен, но и перевыполнен. Сегодня известно, какой ценой достигнуто это перевыполнение. На строительстве гидросооружений, электрических станций и сетей, железных дорог, промышленных предприятий в тяжелых условиях трудились не только волонеры-рабочие и крестьяне,

но и огромное количество заключенных. Оборудование для станций и заводов приходилось закупать за границей на валюту от продажи культурных ценностей и пшеницы (во время губительного голода во многих районах страны). Проводилась насильственная коллективизация сельского хозяйства, привлекалось большое число иностранных консультантов [2]. Несмотря на все трудности и жертвы, к 1935 году СССР по производству электроэнергии стал третьим в мире после США и Германии [3]. Была выстроена основа для создания Единой энергетической системы (ЕЭС), которая развивалась в последующие годы с активным участием многих поколений выдающихся отечественных электротехников и энергетиков как единый технологический комплекс с устойчивой и надежной параллельной работой электрических станций и сетей на территории всей страны от Мурманска до Владивостока.

В юбилейный год плана ГОЭЛРО необходимо вспомнить не только связанные с ним победы и достижения, но и тех, кто отдал для них свои жизни.

ЕЭС, как инфраструктурная база энергетической и национальной безопасности, сыграла важнейшую роль в развитии промышленности страны в 20–30 гг. XX века, в победе в Великой Отечественной войне, в восстановлении и развитии экономики СССР в послевоенные годы, в сохранении от развала постсоветской России в кризисные девяностые годы XX столетия.

Построенные в советский период электрические станции и сети и сегодня служат основой электроэнергетики современной России, которая по праву становится частью мировой электроэнергетической системы и развивается с учетом современных вызовов, новых техники и технологий производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.

Таблица 2. Основные показатели плана ГОЭЛРО

Станции	Районы							Всего
	Северный	Центрально-промышленный	Южный	Приволжский	Уральский	Кавказский	Западно-Сибирский и Туркестанский	
Общее число станций	4	6	5	4	4	4	3	30
Общая мощность станций в тыс. кВт	195	360	560	120	210	155	150	1750
Из них:								
Число паровых станций	1	6	4	4	3	1	1	20
Число гидроэлектрических станций	3	-	1	-	1	3	2	10
Мощность паровых станций в тыс. кВт	40	360	330	120	180	30	50	1100
Мощность гидроэлектрических станций в тыс. кВт	155	-	230	-	30	125	100	640

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

В настоящее время мировая электроэнергетика находится на пороге перехода к Четвертой промышленной революции и к шестому технологическому укладу [4]. Этот переход осуществляется на базе трех Д – Декарбонизации, Децентрализации и Диджитализации (цифровизации) с созданием интеллектуальных систем электроснабжения и с активным вовлечением потребителей в управление режимами энергосистем, генерации и потреблением электроэнергии.

Декарбонизация обусловлена необходимостью снижения отрицательного влияния энергетических объектов на климат и окружающую среду и направлена, в первую очередь, на уменьшение вредных выбросов в атмосферу от сжигания топлива на тепловых электростанциях.

Децентрализация электроэнергетики вызвана объективным стремлением потребителей уменьшить зависимость надежности электроснабжения и тарифов на электроэнергию от ее централизованной передачи по электрическим сетям. Для этого все шире используются распределенная генерация (РГ) и возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Мировой рынок РГ растет активными темпами 6–9 % в год. Побудительными мотивами к расширению объемов децентрализации производства электроэнергии и распределенной генерации послужили разработки в 1970–1980 гг. XX века в США и Европе новых газотурбинных, газопоршневых и парогазовых технологий. Эти технологии позволили создавать недорогие и эффективные электростанции небольшой мощности – от десятков кВт до десятков МВт, а их применение – в ряде случаев снизить затраты потребителей на оплату электроэнергии и повысить надежность электроснабжения.

В первом десятилетии XXI века активное развитие получили технологии применения ВИЭ, силовой электроники, накопителей электроэнергии. Их внедрение из политической постепенно превращается в технико-экономическую задачу. Стоимость выработки одного кВт·ч электроэнергии на солнечных и ветряных электростанциях в 2009–2017 гг. в мире упала на 67–86 %. РГ и ВИЭ стали внедряться у потребителей электроэнергии [5].

Следует заметить, что к ВИЭ кроме солнечных и ветроэлектростанций относятся также:

- гидроэнергетика, включая малые ГЭС;
- геотермальная энергетика;
- энергоисточники, использующие энергию:
  - биомассы,
  - приливов и отливов, волн и течений и т.п.;
- гибридные, сочетающие в себе несколько типов параллельно работающих ВИЭ.

Опыт внедрения РГ и ВИЭ в различных странах показал, что это внедрение и интеграция с традиционной централизованной, а в настоящее время уже и частично глобальной энергетикой, дает целый ряд преимуществ и эффектов, в частности:

- обеспечение надежного электроснабжения наиболее ответственных потребителей;
- снятие ограничений на подключение к электросетям новых потребителей и увеличение мощности присоединенной нагрузки;
- снижение затрат на передачу электроэнергии по магистральным и распределенным электрическим сетям за счет оптимизации потоков активной мощности и приближения генерации к местам потребления;
- повышение эффекта от оптимизации потоков реактивной мощности в электрических сетях;
- обеспечение нормативных уровней напряжения в узлах электросетей в послеаварийных режимах;
- отсрочка реконструкции электросетевых объектов за счет снижения перегрузок силовых трансформаторов и линий электропередач за счет выработки мощности в распределительных сетях;
- расширение возможностей интеграции разнородных источников централизованной генерации, ВИЭ и «активных потребителей»;
- повышение эффективности управления электропотреблением и выравниванием формы графиков нагрузки линий и силовых трансформаторов [5].

Одновременно с перечисленными преимуществами и эффектами, при расширении объемов внедрения РГ и ВИЭ приходится решать множество проблем, к главным из которых относятся [6]:

- рост уровней колебания напряжения в узлах сети и в точках поставки электроэнергии потребителям;

- увеличение реверсивных перетоков мощности в электрических сетях низкого и среднего напряжения, из-за которых могут существенно вырасти потери мощности и электроэнергии в этих сетях;
- необходимость изменения структуры, уставок и алгоритмов работы систем релейной защиты и автоматики в сетях низкого и среднего напряжения, рост уровней токов короткого замыкания в этих сетях;

- необходимость обеспечения запасов устойчивости энергосистемы при отключении больших объемов мощности РГ и ВИЭ;

- необходимость дополнительных мер по обеспечению электробезопасности обслуживания электрических сетей при наличии РГ и ВИЭ у потребителей, синхронной работы энергосистем, РГ и ВИЭ.

Широкое внедрение РГ и особенно ВИЭ создает серьезные проблемы прогнозирования производства и потребления мощности и электроэнергии на электроэнергетических рынках – растут погрешности такого прогноза при применении традиционных методик. В результате наблюдается постепенный отход от проектирования сети по ее номинальной пропускной способности и детерминированной исходной информации к вероятностным статистическим методам и подходам, к применению методов искусственного интеллекта при проектировании развития сетей и к оперативному управлению их режимами. Проблемы с прогнозированием приводят к росту локальных небалансов мощности и электроэнергии, в частности, к необходимости держать избыточные мощности для покрытия дефицита из-за невозможности их покрытия возобновляемыми источниками энергии. Из-за колебаний климатических условий в последние годы, выработка электроэнергии ВИЭ отличается все большей нестабильностью.

Решение перечисленных и многих других проблем, связанных с необходимостью обеспечения современных требований к надежности, качеству и экономичности электроснабжения потребителей в новых условиях, послужило причиной разработки и создания новой концепции развития энергетикой, управления режимами энергосистем и сетей. При этом рассматривались различные варианты выхода из складывающейся ситуации. В результате глубокого и всестороннего анализа, проведенно-

го в США, Китае, ЕС, России и других странах был выбран инновационный путь развития, основанный на интеллектуализации энергетики, в том числе, на создании интеллектуальных энергетических систем и электрических сетей (Smart Grid), а в последние годы – на применении цифровых технологий (цифровизации) в энергетике. Эти термины по ряду причин до сих пор не получили единого определения [7].

В России уже в 2012 году были разработаны и приняты к исполнению Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС) [8].

Концепция ИЭС ААС была дополнена и конкретизирована в Политике инновационного развития, энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «Россети» (далее Политика), утвержденной Советом директоров компании в апреле 2014 г.

Во исполнение и развитие Политики в 2016 году утверждена Программа инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г. (утв. решением Совета директоров от 30.12.2016 № 250). В этой Программе электрическая сеть нового технологического уклада характеризуется следующими основными свойствами:

- автоматическое, распределенное управление электросетью;
- самодиагностика в режиме реального времени параметров и режимов работы энергосистемы, отдельных объектов и единиц оборудования с целью повышения системной и потребительской надежности, снижения операционных издержек и т.д.;
- гибкая автоматическая реконфигурация сети с учетом изменения ее параметров и топологии (в том числе предотвращение аварий, самовосстановление сети после аварий);
- предоставление различным категориям потребителей специализированных услуг и сервисов (диверсифицированных по времени, объемам, качеству и цене поставок электроэнергии, регулирование спроса и генерации, зарядка электромобилей и др.).

Определены следующие основные цели и задачи Программы инновационного развития:

- достижение среднемировых показателей надежности, безопасности, качества, эффективности и доступности

энергоснабжения потребителей за счет внедрения новой техники и технологий;

- повышение клиентоориентированности ПАО «Россети» за счет совершенствования существующих и создания новых, в том числе высокотехнологичных сервисов;

■ повышение эффективности операционной и инвестиционной деятельности Общества и его ДЗО на новой технологической и методологической базе;

- создание условий для развития перспективных научных исследований, технологических работ и передовых производств для нужд Общества;

■ снижение негативного влияния объектов электросетевого комплекса на окружающую среду;

■ разработка, апробация и обеспечение условий серийного внедрения инновационного оборудования и технологий с учетом факторов комплексной эффективности и на основе принципов управления жизненным циклом объектов и систем;

■ совершенствование взаимодействия с субъектами малого и среднего предпринимательства, вузами, научно-исследовательскими организациями, ведущими отечественными и зарубежными производителями оборудования и т.д.;

■ совершенствование системы управления инновационной деятельностью, в том числе создание Фонда поддержки научной, научно-технической, инновационной деятельности, участие в отраслевом Фонде электроэнергетики и формирование системы управления интеллектуальной собственностью;

■ формирование кадрового потенциала с перспективными компетенциями для обеспечения задач инновационного развития Общества и его ДЗО.

В Программе инновационного развития введен термин «оцифровка», который распространен не только на бизнес-процессы и процессы управления, но и на технологические процессы и определен следующим образом:

*«Оцифровка процессов управления и технологических процессов – переход от аналогового к цифровому принципу управления автоматики, релейной защиты и противоаварийной автоматики, автоматизированной системы управления технологическими процессами, учета электроэнергии и связи (применение цифровых измерительных трансформаторов, векторных регистраторов режима, оборудования цифровых сетей,*

*переход к цифровой подстанции и т.п.); переход на цифровое моделирование и проектирование, цифровизацию управления производственными активами, внедрение цифровых систем наблюдения технологических процессов в электрических сетях и на подстанциях».*

Таким образом, основы применения цифровых технологий (в современном их понимании) в электрических сетях России были сформулированы в отраслевых нормативных документах уже в 2012–2014 гг. Интеллектуализация и широкая автоматизация систем управления на основе применения вычислительной техники в отечественной электроэнергетике была начата в СССР значительно раньше, в начале семидесятых годов прошлого столетия при создании ИОАСУ Энергия.

Существенным стимулом в последние годы к активизации работ по цифровой трансформации энергетики, в том числе электрических сетей, послужило утверждение распоряжением Правительством РФ от 27 июля 2017 г. № 1632-р Программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Во исполнение этой программы Министерством энергетики России сформирован ведомственный проект «Цифровая энергетика» [9]. Одним из активных участников этого проекта и инновационного развития электросетевого комплекса, как инфраструктурной основы электроэнергетики, является ПАО «Россети», которым за последние годы разработаны и утверждены:

- концепция «Цифровая трансформация 2030» (2018 г.) [10];

■ положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе (новая редакция), (утв. Советом директоров ПАО «Россети», протокол от 08.11.2019 № 378) (далее Единая техническая политика).

Перечисленные документы периодически уточняются с учетом опыта их внедрения и дополняются новыми. С вводом их в действие значительно активизировались работы электросетевых компаний и бизнеса для эффективного решения задач Единой технической политики. Эти задачи должны решаться комплексно с учетом их взаимного влияния, анализа передового отечественного и зарубежного опыта. Необходимость такого подхода все отчетливее подтверждается на ежегодных отраслевых выставках техники и технологий для электроэнергетики и

электрических сетей, где экспонируется все большее количество не уступающих передовым зарубежным аналогам: цифровых измерительных приборов; интеллектуальных коммутационных аппаратов, средств и систем диагностики, приборов и систем учета электроэнергии; программно-аппаратных комплексов, построенных на международных стандартах информационного обмена данными и многое другое.

Ведутся 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 систем и приборов, в том числе беспилотных летательных аппаратов, промышленных роботов, для оперативного мониторинга технического состояния и выявления дефектов оборудования подстанций и линий электропередачи.

Утверждены отраслевые стандарты ПАО «Россети»: СТО 34.01-21-004-2019 «Цифровой питающий центр», СТО 34.01-21-005-2019 «Цифровая электрическая сеть. Требования к проектированию цифровых распределительных электрических сетей 0,4–20 кВ». Планируется разработка серии других стандартов с их адаптацией при необходимости к международным стандартам.

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

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

Основное внимание структурных подразделений ПАО «Россети» и разработчиков программного обеспечения для электрических сетей сосредоточено на создании единой базы данных об электрической сети, а также единой модели сети, интегрированных с различными технологическими приложениями, бизнес-приложениями и с соответствующими

программными подсистемами электросетевых компаний. Такая единая база данных и модель сети на западе получила название «цифровой двойник электрической сети» и уже нашла применение в ряде стран [11]. К сожалению, многие из перечисленных разработок проводятся без должной координации, что ведет к их значительному дублированию и излишним затратам.

Инновационное развитие электроэнергетики России на долгосрочный период закреплено в «Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» [12] (далее Стратегия), разработанной в соответствии с Федеральным законом «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [13], рядом других нормативных документов и правил. Стратегия определяет цели, ориентиры, приоритеты и направления развития, которые должны конкретизироваться в генеральных схемах развития и инвестиционных программах. Реализация Стратегии разделена на два этапа: до 2024 года и на период 2025–2035 гг. и включает в себя четыре направления: эффективное обеспечение потребностей социально-экономического развития России соответствующими объемами производства и экспорта продукции и услуг ТЭК; пространственное и региональное развитие энергетики; достижение технологической независимости ТЭК и повышение его конкурентоспособности; совершенствование государственного управления и развитие международных отношений. По каждому из этих направлений перечислены задачи, требующие решения для преодоления основных проблем и факторов риска, к которым отнесены:

- критическая зависимость от импорта технологий, оборудования, материалов, услуг и программного обеспечения по ряду наиболее перспективных направлений развития электроэнергетики;
- дефицит инвестиционных ресурсов, в том числе вследствие сдерживания роста тарифов в сфере электроэнергетики, ограничения возможности привлечения долгосрочного финансирования со стороны иностранных инвесторов и слабого развития венчурного кредитования;
- сохранение в электроэнергетике наряду с рыночными отношениями нерыночных отношений и обременений в сфере конечного потребления продукции и ус-

луг в том числе наличие перекрестного субсидирования;

- диспропорция между заявляемыми характеристиками электропотребления при технологическом присоединении и их последующими фактическими значениями;
- низкая платежная дисциплина потребителей на розничном рынке электрической энергии;
- несовершенство действующей модели отношений и ценообразования в сфере энергоснабжения и теплоснабжения и недостаток конкуренции на рынках электрической энергии и мощности;
- сохранение перекрестного субсидирования, снижающее эффективность централизованной системы энергоснабжения;
- недостаточный уровень автоматизации технологических процессов и повышение уязвимости объектов, связанное с усложнением систем и алгоритмов управления этими объектами.

В целом, с учетом выше отмеченного можно констатировать, что российская электроэнергетика находится в общемировом тренде применения современных и перспективных техники и технологий, в первую очередь цифровых, для совершенствования и развития систем управления в отрасли. К сожалению, пока этот тренд ограничивается лишь отдельными пилотными проектами, требующими тщательной технико-экономической оценки результатов их внедрения. Формирование на их основе комплексных проектов и программ пока практически отсутствует, так же, как и реализация таких проектов. По существу, отечественная электроэнергетика, пережившая либеральную реформу, не решила не только перечисленные в Стратегии основные проблемы, но и целый ряд других, рассмотренных ниже, которые сдерживают ее дальнейшее инновационное функционирование и развитие.

## КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Постановление Правительства РФ от 11 июня 2001 г. № 526 «О реформировании электроэнергетики Российской Федерации», Федеральный закон Российской Федерации от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» и Федеральный закон от 26 мар-

та 2003 г. № 36-ФЗ «Об особенностях функционирования электроэнергетики в переходный период...», фактически ликвидировали главное преимущество ЕЭС СССР путем отделения функций естественных монополий от так называемых конкурентных функций. К естественным монопольным видам деятельности были отнесены передача и распределение электроэнергии и функции Системного оператора, к конкурентным – производство (генерация) электроэнергии, сбыт, ремонтные и сервисные функции.

В результате, созданный всей страной единый электроэнергетический комплекс превратился в тысячи технологических не связанных между собой бизнес-единиц и процессов, компаний и организаций, малых, средних и крупных предприятий. Большинство из них оказались в частных руках. Все они были наделены самостоятельными, часто противоречивыми целями и задачами получения прибыли в условиях рынка электроэнергии.

Практика со всей очевидностью показала, что ни одна из целей, поставленных реформой электроэнергетики, не достигнута. Более того, количество проблем ее функционирования и развития не только не снижается, но все более увеличивается. К основным из них относятся:

- снижение эффективности управления отраслью, координирующей роли государства в управлении развитием электроэнергетики, в создании и совершенствовании нормативной базы этого развития;
- высокий и постоянно растущий моральный и физический износ, недостаточная эффективность использования основного оборудования электрических станций, электрических и тепловых сетей;
- неоптимальная структура генерирующих мощностей, возникающая из-за недостатка пиковых и полупиковых маневренных электростанций, что негативно сказывается на эффективности работы АЭС, расположенных в Европейской части страны;
- продолжающееся отставание в создании и применении современных парогазовых и экологически чистых угольных технологий на ТЭС, отставание в создании и применении современных технологий в электросетевом комплексе, систем учета энергоресурсов;

- низкое качество прогнозов, проектов и схем развития электроэнергетики на среднесрочную и долгосрочную перспективу, отсутствие четких, понятных и обоснованных целей, критериев, моделей и задач развития как по стране в целом так и по ее регионам в особенности;

- снижение роли науки и формальное участие экспертного сообщества и специалистов в вопросах стратегии развития электроэнергетики, рост влияния административных, лоббистских и политических решений этих вопросов;

- ликвидация центров ответственности в субъектах РФ, федеральных округах и стране в целом за надежное, качественное и экономичное электро- и теплоснабжение потребителей. Задачи электро- и теплоснабжения заменены на платные услуги по передаче электрической и тепловой энергии. «Гарантирующими поставщиками» электроэнергии назначены энергосбытовые, а не электросетевые организации, что существенно размывает и снижает ответственность за качество и надежность электроснабжения потребителей;

- необоснованное сокращение и ликвидация специализированных ремонтных и строительных подразделений – их деятельность выделена в отдельный бизнес на конкурсной основе. В результате, в ряде случаев повысилась стоимость ремонтов и строительства с одновременным снижением их качества;

- неэффективность и значительная коррупционная составляющая системы конкурсных закупок продукции и услуг, которая стимулирует осуществление этих закупок по минимальным ценам, часто с низким качеством, и блокирует использование более дорогих инновационных и технологических решений, применение высокотехнологичного и энергосберегающего оборудования;

- отсутствие эффективной системы стимулирования в отрасли по внедрению новой, энергосберегающей техники и технологий, и, как следствие, низкая энергетическая эффективность отрасли и страны в целом, отставание ее технологического развития от промышленно развитых стран по экспертным оценкам на 20–25 лет;

- рост издержек на производство и распределение электроэнергии, сложность и непрозрачность тарифной политики и ценообразования в отрасли и стране в целом, неуклонный и необоснованный

рост тарифов на энергоресурсы, несмотря на активные усилия Правительства РФ по административному его сдерживанию. Уже в настоящее время тарифы на электроэнергию для промышленности в России сравнялись с тарифами в странах Западной Европы по паритету покупательной способности. По многочисленным экспертным оценкам тарифы на энергоресурсы в стране завышены в среднем не менее чем на 30 %;

- систематическое недофинансирование и сокращение отраслевых научных и проектных организаций, вузовской науки, системы высшего технического образования и повышения квалификации персонала с соответствующим снижением качества научных исследований, проектов развития электроэнергетики, качества обучения, ликвидацией научных школ [14];

- в электроэнергетике России фактически существует две параллельные системы оперативного-диспетчерского управления: одна – в подчинении Системного оператора, вторая – в электросетевом комплексе в виде центров управления сетями. При этом в отличие от ЦДУ ЕЭС СССР, Системный оператор не отвечает за оптимизацию режимов работы в магистральных электрических сетях страны по реактивной мощности и уровням напряжения, что приводит к росту потерь в этих сетях, снижению их пропускной способности и надежности работы. Увеличилось число системных аварий, которые ежегодно возникают в отдельных регионах страны и уже перешли ее границы [15, 16]. О многих из аварий и их причинах можно узнать только из средств массовой информации или из Интернета. Ранее каждую из таких аварий (а их были единицы) в силу их чрезвычайности в то время подробнейшим образом анализировали в Союзтехэнерго (позднее ОРГРЭС) с выпуском специальных бюллетеней и разработкой рекомендаций по предотвращению в будущем. Сегодня такой анализ практически не проводится, а если и проводится, то далеко не публично;

- относительные потери электроэнергии в электрических сетях России в 2–2,5 раза выше, чем в электрических сетях промышленно развитых стран. В некоторых отечественных электросетевых компаниях потери доходят до 20–40 процентов от отпуска электроэнергии в сеть, т.е. до уровня потерь в сетях отдельных аф-

риканских стран [17]. По минимальным экспертным оценкам, потенциал снижения потерь электроэнергии в сетях России находится в пределах 15–25 млрд кВт.ч. в год. Наличие такого потенциала обусловлено: повышенным физическим и моральным износом электросетевого оборудования; низким уровнем компенсации реактивной мощности в электрических сетях и у потребителей; неоптимальными режимами работы электросетей, высоким уровнем бездоговорного и безучетного потребления и погрешностями системы учета электроэнергии; недостаточным уровнем взаимодействия (а часто противостоянием) электросетевых и энергосбытовых компаний и т.п.;

- сравнительно низкое качество электроэнергии, не соответствующее в полной мере нормативам в узлах присоединения потребителей практически по всем показателям, которое влечет за собой значительный экономический ущерб, пока не поддающийся достоверной количественной оценке [18];

- в стране отсутствует единая техническая политика по нормативно-техническому обеспечению электроэнергетики. Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании» фактически отменил обязательность действующих стандартов, что наносит прямой ущерб надежности, качеству и экономичности электроснабжения потребителей и национальной энергетической безопасности страны в целом. Вступление в силу в 2015 году Федерального закона № 162-ФЗ «О стандартизации в РФ» не позволяет в полной мере сформировать целостную систему нормативно-технического регулирования, достаточную для решения задач надежного функционирования энергосистем. У Минэнерго России отсутствуют необходимые полномочия для эффективного исполнения основных положений этого закона. В результате непродуманных и непоследовательных действий, существовавшая в СССР стройная система нормативно-технического обеспечения электроэнергетики практически разрушена.

Одна из причин наличия перечисленных проблем – утверждение 26.03.2003 Президентом РФ Федерального закона № 35-ФЗ «Об электроэнергетике». В этом законе, в частности, дано следующее определение электроэнергетики. Это «...отрасль экономики Российской Федерации, включающая в себя ком-

*плекс экономических отношений, возникающих в процессе производства ... передачи электрической энергии, оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, сбыта и потребления электрической энергии...». Согласно этому определению, электроэнергетика – не часть сложнейшего технологического топливно-энергетического комплекса, а всего лишь отрасль экономики. Она включает в себя только комплекс экономических отношений, а не сложный технологический и научно-технический комплекс. Из этого определения, в числе прочих причин следуют вышеназванные и неназванные проблемы.*

### ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Одна из главных причин нарастающего количества этих проблем состоит в отсутствии должной координации деятельности субъектов электроэнергетики со стороны государства, в снижении качества работ по разработке и обоснованию стратегии развития электроэнергетики России и ее режимов на среднесрочную и долгосрочную перспективу, а также в уверенности руководителей отрасли, что рынок электроэнергии и конкуренция сами все отрегулируют и лучшее само пробьет себе дорогу.

Опыт промышленно развитых стран с реально действующими конкурентными рынками продукции и услуг показывает, что роль государства в создании коммерческих и технологических правил этих рынков, в отраслевой стратегии развития, в стандартизации деятельности субъектов рынка является, как правило, определяющей, и не только не уменьшается, а наоборот повышается. Особенно яркое тому подтверждение демонстрирует Китай, экономика которого в последние 20 лет стала второй в мире. Важная роль при этом принадлежит стандартам и правилам, которые должны иметь статус обязательных, а не рекомендательных. К их разработке должны привлекаться высококвалифицированные компетентные специалисты и эксперты с выделением достаточного финансирования и времени на разработку, согласование, апробацию и внедрение. Развитие отрасли с использованием инновационного оборудования и средств управления вызывают необходимость решения давно назревшей актуализации и утверждения с учетом

современных требований новых Правил устройства электроустановок, Правил технической эксплуатации электрических сетей и станций, Правил пользования тепловой и электрической энергии, Правил коммерческого учета тепловой и электрической энергии. Эти Правила, так же, как и стандарты должны быть обязательными для исполнения.

В последнее время в экспертной среде и среди специалистов высказывается мнение, что для решения перечисленных и многих других проблем было бы целесообразным рассмотреть вопрос о разделении Министерства энергетики России на два: Министерство топливно-энергетических ресурсов (Минтопэнерго) и Министерство электроэнергетики и электрификации (Минэлектроэнергетики) России. Прецедент в стране был создан несколько лет назад, когда Министерство образования и науки России разделили на два – Министерство образования и Министерство высшего образования и науки.

Минтопэнерго России должно отвечать за развитие и эффективность добывающей, перерабатывающей и транспортной инфраструктуры угольной и нефтегазовой отраслей, за эффективность внутренних и внешних рынков топливно-энергетических ресурсов России. Это та область деятельности, которой фактически на 90 % занимается сегодняшнее Минэнерго России.

Минэлектроэнергетики России (или равнозначный ему по полномочиям федеральный орган исполнительной власти) должно отвечать за:

- бесперебойность, качество и эффективность электро- и теплоснабжения потребителей;
- надежность, устойчивость и оптимальные режимы работы Единой электроэнергетической системы России;
- инновационное развитие электроэнергетики страны;
- ее конкурентоспособность на мировых электроэнергетических рынках;
- инвестиционную привлекательность.

При этом министерство должно стать не очередной чиновничьей структурой по бумажному контролю деятельности подведомственных организаций, а штабом по эффективному управлению отраслью. Таким штабом должны руководить грамотные, талантливые инженеры-энергетики, имеющие большой, положительный, практический опыт работы в отрасли.

В существующих условиях и при наметившихся тенденциях сокращения расходов на госаппарат, создание дополнительного министерства несмотря на его целесообразность может оказаться весьма проблематичным. В этом случае требуется существенное усиление деятельности Минэнерго России с созданием соответствующих структурных подразделений, например, Федерального агентства по электроэнергетике, с их наделением необходимыми полномочиями по неформальному и квалифицированному управлению электроэнергетикой.

К основным направлениям деятельности нового министерства или новых подразделений Минэнерго России следовало бы отнести:

- создание отраслевой сети строительно-монтажных и наладочных организаций для нового строительства, комплексной модернизации объектов электроэнергетики и систем теплоснабжения и управление их деятельностью на территории России с учетом развития децентрализованной генерации и возобновляемых источников энергии;
- восстановление иерархической интегрированной системы управления электроэнергетикой в стране в целом и ее регионах с возложением на региональные структурные подразделения ответственности в границах субъектов РФ за гарантированную поставку энергоресурсов, обеспечение надежности, качества и экономичности электроснабжения и теплоснабжения потребителей, за техническое обслуживание и ремонт оборудования, ремонт энергетических зданий и сооружений;
- создание и координация деятельности отраслевых всероссийских научно-технических и проектных центров, отвечающих за разработку оптимальной стратегии развития отрасли, за создание и совершенствование отечественных современных техники и технологий производства, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии, интеллектуальных автоматизированных систем управления и учета энергоресурсов;
- формирование централизованного отраслевого фонда финансирования (с объемом не менее 3–5 % от ВВП отрасли) научных исследований по стратегии, перспективному планированию развития и оптимальному функционированию электроэнергетики, утверждение поряд-

ка этого финансирования и контроля его эффективности;

- обеспечение взаимодействия и координации работ по организации курсов по финансированию НИОКР, пилотных проектов по новой технике и технологиям в электроэнергетике, отраслях промышленности, отраслевой, вузовской и фундаментальной науке, основанных на принципах [19]:

- перехода от модели «распределителя бюджетных/внебюджетных средств» к модели «квалифицированного заказчика»;
- обязательности квалифицированной независимости и оплачиваемой экспертизы как заявок на выполнение работ, так и их результатов;
- отказа от формальных конкурсных процедур (по стоимости выполнения, по заранее оговоренным ТЗ и т.п.), приоритета компетентности и опыта предполагаемых исполнителей, коллектива исследователей и их руководителей;
- приоритета при конкурсном отборе исполнителей НИОКР и пилотных проектов членам консорциума ведущих отраслевых научно-исследовательских и проектных центров и институтов;
- совершенствование разработки, утверждения, практической реализации и актуализации пятилетних Схем развития магистральных (по энергообъединениям) и распределительных электрических сетей (по субъектам федерации и районам электросетей). Актуализация и утверждение современных требований к разработке таких схем. Основными из них должны быть требования: взаимной увязки схем развития электрических и тепловых сетей; достоверный учет развития экономики и промышленности субъектов и регионов РФ, программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- снятие законодательного запрета с электросетевых компаний иметь на своем балансе электростанции распределенной генерации и ВИЭ, а также функции купли-продажи электроэнергии в случаях, когда энергосбытовые компании не справляются с этими функциями. Внесение соответствующих поправок в ФЗ «Об электроэнергетике»;
- внесение поправок в ФЗ «Об Электроэнергетике», в первую очередь, нового определения электроэнергетики как

сложного технологического и научно-технического комплекса, являющегося базовой отраслью реальной экономики России, обеспечивающей энергетическую, экономическую, национальную, экологическую безопасность страны, надежное и экономичное электро- и теплоснабжение ее населения;

- разработка и утверждение программы нормативно-технического обеспечения отрасли, в том числе, целого ряда первоочередных нормативных документов:

- Федерального Закона «Об электроснабжении»;
- правил интеллектуального коммерческого учета на розничном рынке электрической и тепловой энергии (мощности);
- порядка предоставления возможности ТЭЦ (не зависимо от их установленной мощности) поставлять электроэнергию и мощность как на оптовый, так и на розничный рынок;
- положения об активном потребителе электроэнергии на розничном рынке электрической и тепловой энергии (мощности);
- шкалы скидок и надбавок к тарифам на электроэнергию за выполнение нормативов компенсации реактивной мощности и качества электроэнергии;
- утверждение нормативов затрат на все виды энергетического бизнеса: на проектные, строительные, ремонтные работы и услуги по присоединению потребителей к электрическим и тепловым сетям; на оплату труда от рядовых сотрудников до топ-менеджеров энергокомпаний; на премирование персонала за результаты труда;
- создание системы налоговых льгот, уменьшение кредитных ставок для предприятий и организаций, выпускающих и внедряющих новую и энергосберегающую технику и технологии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодняшняя структура и система управления отечественной электроэнергетикой не соответствуют современным вызовам и требует совершенствования, в первую очередь, в направлении более активного и эффективного участия государства в ее функционировании и развитии. Чем дальше будет переноситься это совершенствование, тем больше проблем в отрасли будет накапливаться, тем дороже будут затраты на их ликвидацию,

тем сложнее будут решаться и вопросы развития экономики страны в целом.

Как показывает анализ, проблемы современной отечественной электроэнергетики носят комплексный, системный характер, поэтому такими же системными должны быть подходы к их решению. Основное внимание должно быть уделено совершенствованию и инновационному развитию электроэнергетики и ее управления. Главные цели такого развития: недискриминационное удовлетворение спроса отечественных потребителей на электрическую и тепловую энергию; обеспечение их надежного и качественного и экономичного энергоснабжения; оптимизация тарифов на энергоресурсы; преодоление негативных последствий структурных реформ электроэнергетики.

Для комплексного решения этих проблем с учетом современных тенденций развития энергетики в мире, в публикациях ведущих ученых и специалистов, на различных форумах и конференциях все чаще, особенно в юбилейный год, высказываются мнения о необходимости разработки нового Государственного плана электрификации России (ГОЭЛРО 2). Такой план действительно был бы нужен. Но это должен быть план не только количественного роста объемов строительства энергообъектов, как это было 100 лет назад. Это строительство, техническое и технологическое перевооружение отрасли должно основываться на качественно новом, современном уровне, с учетом передового отечественного и зарубежного опыта. Новый план ГОЭЛРО должен стать частью системы стратегического планирования и управления экономики новой России, предусматривающей сочетание частной инициативы и рыночных механизмов, с одной стороны, и государственной поддержки осуществления совместно выстраиваемых планов развития, с другой. Такой план должен создаваться на основе частно-государственного партнерства и предусматривать взаимную ответственность органов государственного управления, компаний с государственным участием, проектных, научно-исследовательских организаций и частных предприятий за достижение совместно устанавливаемых целей. При этом предприниматели могли бы брать на себя обязательства по наращиванию, модернизации и развитию производства продукции, а государство – по

обеспечению стабильных и благоприятных условий ведения бизнеса, включая предоставление взаимовыгодных долгосрочных кредитов на финансирование инвестиций для выполнения совместно разработанных планов. Образцы такого конструктивного взаимодействия имеются в мире, как и предложения по их реализации в России [20].

Этот план должен быть обеспечен финансовыми и материальными ресурсами со строжайшим контролем их расходования и выполнения поставленных задач и сроков. Такой план, разработанный отечественными специалистами высочайшей квалификации, был создан 100 лет назад в нашей стране и был успешно выполнен и перевыполнен. Сегодня такие специалисты в России пока также имеются. При активной поддержке государства они вполне бы справились с разработкой и реализацией ГОЭЛРО 2 как практической основы для решения задач, поставленных в Энергетической стратегии РФ и программах социально – экономического развития страны в целом на период до 2035 года.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрификация страны: план ГОЭЛРО / история в датах, <https://zen.yandex.ru>
2. Слободкин Г.Л. Электрификация СССР / Григорий Слободкин. Переиздание книги 1925 г. при поддержке компании «Таврида Электрик». М.: 2019 – 264 с.
3. Гвоздецкий В. План ГОЭЛРО: мифы и реальность // Наука и жизнь. – 2001. – № 5. – С. 102–109.
4. Воротницкий В.Э., Моржин Ю.И. Цифровая трансформация энергетики России – системная задача четвертой промышленной революции // Энергия единой сети. Декабрь 2018 – январь 2019. – № 6(42). – С. 12–21.
5. Распределенная энергетика в мире. Потенциал развития. Энергетический центр Московской школы управления Сколково, январь 2018.
6. Илюшин П.В. Предпосылки и подходы к созданию моделей управления объектами распределенной генерации в составе распределительных сетей, Презентация доклада. Seminar\_D2\_25\_06\_2015. <https://docviewer.yandex.ru/view/114281440/?=nmEovJZ>.
7. Воротницкий В.Э. О цифровизации в экономике и энергетике // Энергетик. – 2019. – № 12. – С. 6–14.

8. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью, <https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ies-aas/pdf>.

9. Минэнерго РФ обсуждает с бизнесом сообществом ведомственный проект «Цифровая энергетика», <https://www.energyland.info/analtic-show-138354>.

10. Концепция «Цифровая трансформация 2030». [www.rosseti.ru/investmen/transformatia-2030.pdf](http://www.rosseti.ru/investmen/transformatia-2030.pdf).

11. Никитина Е.В., Полуэктов А.Н. Цифровой двойник для электрических сетей // Энергия единой сети. 2019. – № 4(46).

12. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р Об энергетической стратегии РФ на период до 2035 года. <https://www.garant.ru/products/ipo/prim/doc/74148810/>

13. Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» 9 с изменениями и дополнениями). <https://base.garant.ru/70684666/#frient>

14. Бартоломей П.И. Высшее энергетическое образование в России должно обеспечивать научно-технический прогресс // Электрические станции. 2016. – № 3. С. 51–56.

15. Кудрявый В.В. Системное разрушение системы. Надежность электроснабжения в текущих реалиях. // Энергорынок. Профессиональный журнал. 2012. – № 7(132). – С.14–23.

16. В плену блэкаутов // Энерго. Информационно-аналитический журнал. 2017. – № 7-8. – С 12–15.

17. Воротницкий В.Э. Решение проблем электроэнергетики России должно быть системным и клиентоориентированным // Энергетик. – 2018. – № 6. – С.14–21.

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

19. Семенов В.Г. Отраслевая энергетическая наука. Электронный журнал «Энергосовет». 2017. – № 4. – С. 3–6.

20. Глазьев С.Ю. Рынок в будущем. Россия в новых технологическом и мирохозяйственных укладах. («Коллекция Изборского клуба»). – М.: Книжный мир, 2018. – 768с.