

Энергетика России в современных условиях

В.Н. Лившиц^I, Е.Р. Орлова^I, М.Н. Мызникова^{II}

^I Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

^{II} ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы развития отечественной энергетики в современных условиях. Констатируется, что нестабильность и неопределенность внешней среды оказывают существенное влияние на реализацию стратегических планов, а депрессивное состояние реального сектора и территорий значительно ослабило интерес к оптимистическим прогнозам и многообещающим стратегиям развития экономики и энергетики. Несбалансированный энергетический переход от традиционной энергетики к декларируемой в последние годы декарбонизации энергетики может поставить под угрозу достижимость заявленных целей. Выделены особенности энергетического перехода и представлено концептуальное видение перспектив развития отечественной энергетики в условиях неопределенности. Особое внимание уделяется использованию накопителей электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии. Делается вывод о необходимости проведения серьезного анализа и использования принципов системного подхода при оценке декларируемого энергетического перехода.

Ключевые слова: энергетическая стратегия, энергетический баланс, «зеленая» энергетика, возобновляемые источники энергии, накопители электроэнергии, эффективность.

DOI: 10.14357/20790279230403 **EDN:** ADNSAR

Введение

В нынешних условиях определение основных тенденций развития экономики и энергетики является сложной задачей. Перспективы безопасности и суверенизации государства сделали более актуальным интерес к ряду проблем, казавшимся ранее малозначимыми. К ним относятся, в том числе, и вопросы технологического развития энергетики.

В настоящее время вся мировая энергетика находится в процессе трансформации. Переходный период предусматривает структурное изменение энергетического баланса – сокращение доли традиционных энергоресурсов и наращивание использования низко- и безуглеродных источников энергии, в частности, возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Однако в ближайшие несколько десятилетий строительство и эксплуатация объектов генерации в необходимых для покрытия энергетических потребностей и обеспечения роста экономики количествах только на основе ВИЭ – маловероятны. [2,3,12].

В качестве основного аргумента энергетического перехода называют доступность энергии

ветра и солнца. Но ключевым барьером расширения использования возобновляемой энергетики на нынешнем этапе технологического развития является нестабильность выработки электроэнергии на ВИЭ, связанная с изменчивостью погодных и прочих условий. Некоторым решением данной проблемы может быть использование накопителей электроэнергии, разработка которых активно ведется в настоящее время. Но следует помнить, что возобновляемая энергетика не сможет в полном объеме обеспечивать потребности общества в энергии. Поэтому традиционная энергетика продолжит занимать доминирующее положение в экономике вплоть до 2040 г. [3,8]

Развитие энергетики России в современных условиях

Основой концептуального видения перспектив развития отечественной энергетики до 2050 г. являются следующие положения [8]:

1. В предстоящие 30 лет в энергетике маловероятна новая техническая революция. Менее

определены, но потенциально более значимы, прорывные энергетические технологии, такие как широкое внедрение накопителей энергии, которые смогут дать импульс массовому применению электрической энергии на основе ВИЭ и улучшить режимы использования возобновляемых энергоресурсов.

2. Существующие прогнозы мировой энергетики и нефтяного рынка дают весьма широкий диапазон ожидаемых цен на нефть. По данным Международного энергетического агентства (МЭА) к 2035 г. диапазон прогнозируемых цен на нефть может составить 100-145 долл./барр. [8]. В связи с этим МЭА разработало консервативный сценарий развития, основанный на использовании углеводородных ресурсов. Этот сценарий является весьма интересным для стран-экспортеров энергоресурсов, в том числе, и России. Согласно прогнозам МЭА, мировое потребление природного газа вырастет к 2040 году на 25 % [3].
3. По всем стадиям преобразования энергии, предложенным МЭА, к 2040 г. возможно существенное нивелирование (исчерпание) технологических показателей.
4. С большой вероятностью можно ожидать снижение ресурсо- и энергоемкости производства во всех отраслях народного хозяйства.

Как показывает практика последних лет, оптимистические предположения о развитии отечественной экономики не оправдались. Принятые в 2013-2014 гг. стратегические прогнозы роста ВВП и ранее не стыковались с экономической реальностью и, скорее всего, не будут подтверждены объемами внутреннего потребления первичной энергии до 2030 года. Разработанный в 2013-2014 гг. сценарий проекта Энергетической стратегии России на период до 2035 года был нацелен на рост экспорта топлива, особенно угля [9]. Но такой сценарий вряд ли реализуем. В настоящее время структура баланса топлива не оптимальна. В России так и не сформировался внутренний рынок топлива. В структуре первичного топлива для электроэнергетики основную долю составляет природный газ (96%), которая в ближайшее время вряд ли будет снижаться [4,10].

Вследствие того, что энергетика является стратегической отраслью, от состояния которой зависит безопасность страны, роль государства в ее регулировании в дальнейшем будет только усиливаться. Следует отметить, что в настоящее время регулятивных мер недостаточно для обеспечения эффективного развития экономики.

Финансовый сектор также не способствует достижимости целей развития промышленного сектора и росту спроса у конечных потребителей

энергии. Одной из причин такого несоответствия является то, что рыночная цена на энергию и тарифы, устанавливаемые традиционными методами, не сбалансированы между собой. Разброс цен на энергию у субъектов Федерации значителен. Применяемые в настоящее время в промышленном секторе методы управления недостаточно эффективны, что привело к формированию крайне размытой структуры добавленной стоимости и переливу реальной прибыли [10].

Сложилась непрозрачная коррумпированная система с множеством локальных монопольных эффектов, приводящая к сохранению инвестиционного перекоса. Механизм решения данной проблемы теоретически известен. Одним из действенных инструментов, позволяющих более грамотно осуществлять переход энергетики на новый путь развития, являются цифровые технологии, дающие возможность более качественного согласования статистической информации и отчетности отдельных организаций энергетического бизнеса. Их развитие, в том числе, нацелено на повышение обоснованности инвестиционных решений.

Широко применяемые административные и рыночные механизмы в энергетической сфере оказались малопродуктивны и требуют переосмысления. Это относится и к новым технологиям управления. Современные технологии требуют не декларативной, а реальной адаптации.

Развитие и внедрение новых методов управления является актуальными по следующим причинам:

1. Формирование краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных планов развития должно осуществляться на основе системного анализа текущего периода.
2. Необходимо выделить основные влияющие факторы, что позволит снизить неопределенность в энергетической системе.
3. Нужно использовать современные методы анализа при определении энергетических приоритетов.
4. Требуются серьезные институциональные преобразования, опирающиеся на достижения научно-технического прогресса в энергетическом комплексе, которые обеспечивают согласование приоритетов развития и всех заинтересованных участников научного и экспертного сообщества, органов государственной власти. Институциональные преобразования должны базироваться на формировании долгосрочных решений по всему жизненному циклу.

В настоящее время радикально изменилась стратегия развития российской экономики и энергетики, расширился спектр возможных направлений и предпочтений. Важным приоритетом

нынешнего переходного периода стало более внимательное отношение к ценности энергоресурсов. Применение новых технологий предоставляет обществу конечную энергию, улучшающую производство и жизнедеятельность людей [8].

Ценностный подход, на наш взгляд, позволяет определить закономерности развития и учитывает перестройку производственной структуры энергетики и экономики.

Одним из возможных направлений развития энергетики является масштабное внедрение декарбонизации, переход к «зеленой энергетике». Но в связи со сложившейся геополитической ситуацией реализация этого процесса замедляется. Тем не менее использование технологий накопления энергии у конечного потребителя позволяет снизить неопределенность перехода к широкому применению возобновляемых источников энергии.

Накопители электрической энергии являются важнейшим элементом энергетической системы и выполняют ряд функций, таких как: выравнивание графиков нагрузки в сети – накопление электрической энергии в периоды наличия избыточной

(дешевой) энергии и выдачу в сеть при дефиците; обеспечение бесперебойного питания особо важных объектов. Возможные сферы применения накопителей в России, приведены в табл. 1 [4;6;7].

Далее хотелось бы остановиться на конкретных примерах внедрения накопителей энергии и попытаться оценить их эффективность. До сих пор нет однозначного мнения относительно возможных объемах применения накопителей энергии. Но хранение энергии в промышленном масштабе на национальном и региональном уровне может произвести революцию в работе электрических сетей. Вместо того чтобы увеличивать базовую мощность электростанций во время пикового спроса на энергию, в настоящее время мир переходит к генерации энергии и мощности, располагаемой ближе к тому месту, где она используется, и хранится до того момента, когда она будет востребована потребителем [5].

Следует отметить о нарастающих изменениях структуры баланса энергетических мощностей. В России на территориях, не подключенных к Единой энергетической системе страны, выработку электроэнергии обеспечивают тысячи автоном-

Табл. 1

Сферы применения систем накопления электрической энергии

Основные функции	Типы потребителей систем хранения электроэнергии			
	Национальные и региональные энергосистемы	Коммерческие и промышленные предприятия	Электрический транспорт	Домохозяйства и конечные потребители
Производство энергии	Гибридные системы производства энергии, автономные энергосистемы, повышение эффективности ВИЭ*	Собственный (резервный) источник энергии, синхронное производство и потребление	Источник энергии общественном, личном и гибридном транспорте	Собственные источники или резервные для домохозяйства и конечного потребления
Аварийный источник энергии	Одновременное управление активной и реактивной мощностью	Источники бесперебойного питания предприятий и снижения технологических потерь	Li-Ion-батареи* к скорости накопления и отдачи заряда, Устойчивая работа при температуре окружающей среды $-50...+50$ °C.	Источники аварийного питания социальных объектов и оборудования
Управление графиком потребления	Поддержка баланса активной мощности и энергопотребления, регулирование частоты, предотвращает снижение напряжения	Автоматическая поддержка частоты в пределах нормативных значений, повышение уровня надежности	Обеспечивает эксплуатационные характеристики со сроком активной эксплуатации до 10 лет	Потребление собственной генерации, безопасность
Регулирование системных параметров	Первичное и вторичное регулирование частоты в энергосистеме	Снижение потерь энергии, более широкое «рабочее окно» регулирования	Рекуперация энергии в сеть	Рекуперация энергии на оборудовании, увеличение пропускной способности ЛЭП

*Li-Ion-батареи – литий – ионные батареи.

ных дизельных электростанций. На закупку и доставку топлива для этих энергетических объектов расходуется около 40% региональных бюджетов. Внедрение гибридных электростанций на основе ВИЭ в сочетании с дизель-генераторными агрегатами дает возможность обеспечить непрерывную подачу электричества потребителям независимо от силы ветра, погодных условий и других факторов. Проект внедрения систем накопления энергии (СНЭ) успешно реализован в гибридных солнечно-дизельных установках на Чукотке. Себестоимость производства электроэнергии (LCOE) уменьшается при применении ветро-дизельной генерации со СНЭ в сравнении с классическими дизель-генераторами более чем в 2 раза – с 25 до 11 рублей за кВт·ч. [11].

Вовлечение СНЭ в энергетический баланс сопряжено с рядом нерешенных вопросов, таких как: слабая разработанность критериев определения системного эффекта от использования СНЭ; несовершенство методов учета затрат на приобретение энергии для сетевых организаций и получения доходов от ее реализации. Все это ограничивает участие СНЭ на рынках электроэнергии. В настоящее время рассматривается возможность приравнять СНЭ к генерирующему оборудованию и изменить статус правообладателя. Владельцы промышленных СНЭ мощностью более 1 МВт станут субъектами оптового рынка и будут продавать электроэнергию наравне с другими крупными электростанциями, а владельцы накопителей смогут покупать дешевую электроэнергию в ночное время суток и продавать ее в пиковые часы. Эффект применения СНЭ показан на рис 1.

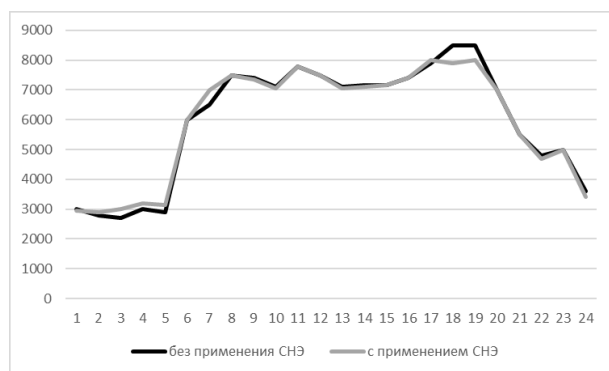


Рис. 1. Почасовое потребление электрической энергии [7]

На рис. 1 виден эффект применения СНЭ для управления суточным графиком потребления электроэнергии при действующих ценах и правилах рынка электроэнергии (мощности) в секторе конечного потребления. Основным системным эф-

фектом, с нашей точки зрения, является снижение потерь и необходимого резерва мощности.

Помимо перечисленных проблем существуют сложности организационного порядка. На наш взгляд, совершенствование организационного механизма рынка электрической энергии (мощности) заключается в возможности включения в реестр субъектов рынка владельцев даже сравнительно небольших накопителей (аккумуляторов) – до 1 МВт. Участники СНЭ на рынке на сутки вперед (основной сектор торговли электроэнергией) смогут подавать специальные ценовые заявки на разность между ценой продажи и ценой покупки электроэнергии. Предполагается, что при конкурентном отборе мощности новые субъекты станут участвовать на общих основаниях. Но для этого необходимо регламентировать требования к готовности несения нагрузки и установить порядок аттестации малых СНЭ.

Безусловно, СНЭ трудно конкурировать с традиционной генерацией, но они могут быть востребованы, например, на рынках резервов мощности. Модельные расчеты показали, что замещение пиковой генерации на несколько десятков часов в год с участием СНЭ позволяет снизить затраты на строительство и эксплуатацию пиковых мощностей почти на 20% [1].

Успешная реализация вышеуказанных технологических и институциональных преобразований для формирования рынка и отрасли СНЭ в РФ требует совместных усилий государства, частного бизнеса, институтов развития и научного сообщества. Стимулирование спроса на их использование связано с совершенствованием нормативно-правового и нормативно-технического регулирования и снижением регуляторных барьеров.

Заключение

В заключение следует отметить следующее. В России есть значительный потенциал технологического развития, и реализуемые сегодня меры государственной поддержки закладывают прочную основу для последовательного перехода всех отраслей топливно-энергетического комплекса к энергетике будущего и по своей сути не приемлет узковедомственного отраслевого подхода к решению основных проблем.

С учетом постоянного улучшения характеристик СНЭ, чрезвычайно важно приступить к формированию рынка уже сейчас и повысить готовность как потребителей СНЭ к их использованию, так и отечественной промышленности к удовлетворению ожидаемого спроса на внутреннем рынке и к выходу на достойные позиции на уже сформированном и быстро растущем глобальном рынке.

В переходный период к «зеленой» энергетике необходимо соблюдать разумный баланс, не забывая про «резервирование» системами накопления энергии, а также про сохранение и развитие традиционной гидрогенерации, включая малые ГЭС, чтобы уменьшить имеющийся дисбаланс энергосистемы страны.

Экономический эффект развития энергетики определяется не столько количественным ростом ее отдельных отраслей, сколько воздействием слагаемых конечной энергии на технологическую структуру экономики в целом, научно-технический прогресс, рост производительности труда и качество жизни человека. [9].

Нынешняя геополитическая ситуация не позволяет ускорить переход от традиционной энергетики к альтернативной. В ближайшие 30 лет в энергетике маловероятна новая техническая революция. Потенциально более значимыми являются совершенствование энергетического баланса и формирование рынка топлива для электростанций, внедрение новых энергетических технологий переработки традиционных видов топлива, что приведет к ценности производимой энергии. А широкое внедрение накопителей энергии будет способствовать улучшению использования энергоресурсов и структуры производственных мощностей.

Решение указанных проблем позволит снизить существующий инвестиционный перекоп непрозрачность и коррумпированность в энергетической системе.

Литература

1. Государство. Бизнес. Технологии [электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>.
2. Говсиевич Е.Р., Орлова Е.Р., Орлов Р.В. Применение экспресс-методов оценки сложных инвестиционных программ на примере формирования стратегии развития энергетики // Промышленная энергетика. 2005. № 11.
3. Кулапин А. Энергетический переход: Россия в глобальной повестке // Энергетическая политика. – 2021 г. [электронный ресурс]. URL: <https://energypolicy.ru/energeticheskij-perehod-rossiya-v-globalnoj-povestke/energoperehod/2021/11/12/>.
4. Иванов С.В., Орлова Е.Р., Осетров Е.С. Электрохимические системы накопления электрической энергии и тенденции их применения в мировой экономике // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна», Серия: Естественные и инженерные науки. 2018. №3 (40). С. 18-23
5. Иванов С.В., Орлова Е.Р., Осетров Е.С. Анализ экономического развития промышленных систем накопления электроэнергии в России // Аудит и финансовый анализ. 2020. №3. С. 1-11.
6. Институт энергетики. ВШЭ. Накопители энергии [электронный ресурс]. URL: <https://energy.hse.ru/accenergy>
7. Рынок систем накопления энергии: потенциал развития // под редакцией Ю. Удальцова и Д. Холкина. М.: Роснано. 2018. 72 с.
8. Макаров А.А. Системные исследования развития энергетики. М.: Издательский дом «МЭИ». 2015. 279 с.
9. Макаров А.А. Достижения и проблемы прогнозирования развития энергетики России // Стратегическое планирование в энергетике. 2018. №3. С. 26-33.
10. Мызникова М.Н. Системный анализ эффективности управления энергопотреблением. Казань: Издательство КФУ. 2017. 272 с.
11. Рынок электротехники. Электронный отраслевой журнал. [электронный ресурс]. URL: <https://marketelectro.ru/node/nakopiteli-energii-tehnologii-i-trendy>
12. Системные исследования в энергетике: энергетический переход / Под ред. Н.И. Воропая и А.А. Макарова. М.: ИСЭМ СО РАН. 2021. 594 с.

Лившиц Вениамин Наумович. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник. Доктор экономических наук, профессор. Область научных интересов: экономика, транспорт, энергетика, математика, инвестиции, анализ и оценка эффективности инвестиционных проектов. E-mail: livchits@isa.ru

Орлова Елена Роальдовна. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия. Заведующая отделом. Доктор экономических наук, профессор. Область научных интересов: экономика, транспорт, энергетика, инвестиции, анализ и оценка эффективности инвестиционных проектов. E-mail: orlova@isa.ru

Мызникова Марина Николаевна. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия. Кандидат экономических наук. Доцент. Область научных интересов: экономика, энергетика, инвестиции, системный анализ энергоэффективности, анализ и оценка эффективности инвестиционных проектов. E-mail: yarspers@mail.ru

Russian energy industry in modern conditions

V.N. Livshits^I, E.R. Orlova^I, M.N. Myznikova^{II}

^I Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian of Sciences, Moscow, Russia

^{II} National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Moscow, Russia

Abstract. In the article the problems of domestic power engineering in modern conditions are regarded. It is stated, that nonstability and uncertainty of external environment influences greatly the strategic plans’ realization and depressive state of the real sector and territories significantly slacken the interest to optimistic forecasts and promising strategies of the economy and power engineering development. Unbalanced energetic transition from traditional power engineering to the recited recently power decarbonization can endanger the attainability of the announced goals. The authors distinguish the peculiarities of energy transition and give a conception vision concerning the perspectives of the domestic power engineering in terms of uncertainty. Special attention is given to using power accumulators based on renewable sources of energy. A conclusion is made on the necessity of conducting a serious analysis and using systems analysis principles while assessing the declared energy transition. Key words: energy strategy, energy balance, «green» energy, renewable sources of energy, power energy accumulators, efficiency

Keywords: *energy strategy, energy balance, green energy, renewable energy sources, electricity storage, efficiency.*

DOI: 10.14357/20790279230403 **EDN:** ADNSAR

References

1. State. Business. Technologies [Rules for the citing of sources]. Available at: <https://www.tadviser.ru/index.php> (accessed September 20, 2023).
2. Govstievich E.R., E.R., Orlova, Orlov R.V. 2005. Application of express methods for assessing complex investment programs using the example of forming an energy development strategy [Application of express methods for assessing complex investment programs using the example of forming an energy development strategy] *Industrial Energy* [Industrial Energy]. 5:11-15.
3. Kulapin A. Energy transition: Russia on the global agenda. 2021. Energy Policy. Available at: <https://energeticheskij-perehod-rossiya-v-globalnoy-povestke/energoperehod/2021/11/12/> (accessed September 20, 2023).
4. Ivanov S.V., E.R., Orlova, Osetrov E.S. 2018. Electrochemical systems for storing electrical energy and trends in their application in the global economy. [Electrochemical systems for storing electrical energy and trends in their application in the global economy] *Bulletin of the International University of Nature, Society and Man “Dubna”, Series: Natural and Engineering Sciences* [Bulletin of the International University of Nature, Society and Man “Dubna”, Series: Natural and Engineering Sciences]. 3 (40) :16-23.
5. Ivanov S.V., E.R. Orlova, Osetrov E.S. 2020. Analysis of the economic development of industrial electricity storage systems in Russia [Analysis of the economic development of industrial electricity storage systems in Russia] *Audit and financial analysis* [Audit and financial analysis]. 3: 1-11.
6. Institute of Energy. HSE. Energy storage devices. [Rules for the citing of sources]. Available at: <https://energy.hse.ru/accenergy> (accessed September 10, 2023).
7. Udaltsov Yu., Kholkin. D. 2018. Market for energy storage systems: development potential // edited by. [Operation of turbine generators with direct cooling]. Moscow: Rusnano, 72 p.
8. Makarov A.A. 2015. Systematic studies of energy development. Moscow: Publishing house “MEI”. 279p.
9. Makarov A.A. 2018. Achievements and problems of forecasting the development of Russian energy [Achievements and problems of forecasting the development of Russian energy] *Strategic planning in the energy sector* [Strategic planning in the energy sector] 3. P. 26-33.
10. Myznikova M.N. 2017. System analysis of the efficiency of energy management. Kazan: KFU Publishing House. 272 p.
11. Electrical equipment market. Electronic industry journal. Available at: <https://marketelectro.ru/node/nakopiteli-energii-tekhnologii-i-trendy> (accessed September 5, 2023).
12. Voropay N.I., A.A. Makarova. System research in energy: energy transition. Moscow: Rusnano, ISEM SB RAS. 2021. P. 594.

Livshits V.N. Doctor of Economics, Professor. Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian of Sciences, Moscow, Russia, E-mail: livchits@isa.ru

Orlova E.R. Doctor of Economics, Professor. Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian of Sciences, Moscow, Russia, E-mail: orlova@isa.ru.

Myznikova M.N. Associate Professor, Ph.D., National Research University “MEI”, Moscow, Russia, E-mail: yarspers@mail.ru