ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

АВТОР:

Э.М. ПЕРМИНОВ,
К.Т.Н.,
НТК НП «НТС ЕЭС»

Россия сегодня существенно отстает в развитии важного инновационного направления энергетики, которым является возобновляемая энергетика. Хотя электроснабжение в современной России существенно централизовано, очевидно, что с ростом децентрализации потребность в нетрадиционных возобновляемых источниках энергии существенно возрастет.

Ключевые слова: электростанция; энергетика (автономная, децентрализованная (распределенная); глобальное энергетическое объединение; возобновляемая энергетика; энергоресурсы; возобновляемые энергоресурсы; энергоснабжение, энергобезопасность; гидро-, ветро-, гео- и гелиоэнергетика биомасса; ветроэнергетика; ветроэлектростанция (ВЭС); ветроустановка (ВЭУ); ветропотенциал.

В первом полугодии 2020 г. ветряные электростанции всех стран произвели 366 626 тыс. кВт·ч, что является более 30 % всей мировой выработки электроэнергии

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАДИГМЫ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Энергетика — комплекс важнейших производственных отраслей экономики, обеспечивающих разведку, добычу, переработку и транспортировку к потребителю энергоресурсов, энергоснабжение хозяйственной деятельности и жизнеобеспечение населения. Задача состоит в том, чтобы осуществлять это путем экономически, технологически эффективного и экологически приемлемого использования всех известных энергоресурсов: органического ископаемого топлива — газа, нефти, угля, сланца, торфа и т. д., ядерной энергии, возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и других, пока еще не освоенных и не известных энергоисточников. В разных странах топливно-энергетические балансы определяются наличием энергоресурсов, уровнем науки, развития экономики, возможностями создания и производства энергетических технологий и оборудования. С учетом того, что энергетика — это сложные и высокотехнологичные отрасли экономики, а новые энергетические технологии осваиваются в течение длительного времени, для того чтобы не отставать и не быть в технологической зависимости, необходимо постоянно создавать и использовать новые перспективные технологии и оборудование [1].

Электроэнергетика России является важной частью топливно-энергетического комплекса и базовой отраслью российской экономики, обеспечивающей электрической и тепловой энергией внутренние потребности народного хозяйства и населения, а также осуществляющей экспорт электроэнергии за рубеж. Устойчивое и надежное функционирование отрасли во многом определяет энергетическую безопасность страны и является важным фактором ее успешного экономического развития.

Установленная мощность электростанций в мире в конце 2018 г. составила около 6500 ГВт, из них на мощность АЭС пришлось 350 ГВт, а на мощность электростанций на основе ВИЭ — более 2000 ГВт, включая крупные ГЭС. Это почти 30,8 % общей мощности. Новые технологии использования ВИЭ (НВИЭ), включая ВЭС, СЭС, ГеоЭС, МГЭС и т. д., дают более 1000 ГВт электроэнергии, что составляет 15,4 % всего объема [2].

За последние годы в электроэнергетике России произошли радикальные рыночные преобразования: изменилась система государственного регулирования отрасли, сформировался конкурентный рынок электроэнергии, созданы новые компании. Также изменились структура и система управления отрасли, было осуществлено разделение естественно-монопольных (передача электроэнергии, оперативно-диспетчерское управление) и потенциально конкурентных (производство и сбыт электроэнергии, ремонт и сервис) функций, вместо прежних вертикально интегрированных компаний, выполнявших все эти функции, созданы структуры, специализирующиеся на отдельных видах деятельности. Магистральные сети перешли под контроль Федеральной сетевой компании (ФСК), распределительные сети интегрированы в межрегиональные распределительные сетевые компании (МРСК), функции и активы региональных диспетчерских управлений были переданы общероссийскому Системному оператору (СО ЕЭС). Активы генерации в процессе реформы объединились в межрегиональные компании двух видов: генерирующие компании оптового рынка (ОГК) и территориальные генерирующие компании (ТГК). ОГК объединили электростанции, специализированные на производстве почти исключительно электрической энергии. В ТГК вошли, главным образом, теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые производят как электрическую, так и тепловую энергию. Шесть из семи ОГК сформированы на базе тепловых электростанций, а одна (ПАО «РусГидро») — на базе гидрогенерирующих активов. Реорганизация потребовала изменения форм взаимодействия научных и проектных структур, производителей оборудования, генерирующих и сетевых компаний по всем вопросам, включая совершенствование и перспективу развития отрасли.

Ориентация электроэнергетики на нефть, природный газ, уголь, ядерное топливо, которая, по-видимому, сохранится до середины XXI в., уже создает определенные экономические и экологические проблемы. Использование современных энергоэффективных и экологически приемлемых технологий традиционной энергетики, поиск новых энергоресурсов, расширение использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) — пути решения проблем энергоснабжения, энергосбережения и энергобезопасности мира.

У энергетического сообщества вызывает беспокойство то, что при нынешних объемах добычи и темпах роста энергопотребления в мире известные запасы органического ископаемого топлива будут исчерпаны в исторически короткие сроки. Как показывают оценочные усредненные данные по выявленным мировым запасам ископаемых органических энергоресурсов на начало XXI в., разведанные запасы нефти и газа могут закончиться за 55–70 лет. При этом необходимо отметить, что мировых запасов угля при существующем уровне добычи

хватит на 300 лет, а в России — даже на 500 лет [3].

Еще одна вызывающая беспокойство проблема — сохранение природы и климата на планете. Это комплекс сложных вопросов, связанных с загрязнением окружающей среды промышленными и бытовыми отходами, окислами углерода, окислами азота, метаном, с использованием низкокалорийного сернистого топлива. Основным источником загрязнения среди парниковых газов, которые достигли наивысшего за все время наблюдений уровня в 2018 г., является CO_2, образующийся при сжигании ископаемого органического топлива, но есть надежда на улучшение ситуации. Сегодня, по данным международных энергетических организаций, на экологию влияет и ряд других факторов [4, 5].

Метан и оксид азота также являются существенным фактором в процессе изменения климата, а объемы их выделения на планете растут. Животноводство — основной источник метана и оксида азота, а мясомолочные продукты в мире очень популярны. В том числе и из-за выбросов этих газов все больше пропагандируются и выбираются людьми вегетарианская, веганская и флекситарианская диеты, и многие специалисты считают, что это шаг в верном направлении. Например, американский миллиардер Билл Гейтс выступил инвестором двух предприятий по производству бургеров, сделанных из растительного сырья, которые выглядят как мясо и напоминают его по вкусу. В этом стали участвовать и крупные продовольственные компании, такие как Tyson, Danone и Nestle, которые активно инвестируют в продукты на растительной основе, так что в будущем должен появиться широкий ассортимент подобных пищевых изделий.

Сокращение использования угля также влияет на экологию Земли, но позитивно. Добыча ископаемых видов топлива, по-видимому, достигла своего максимума в 2015 г., и с тех пор начался резкий спад. Пять лет тому назад по прогнозу Международного энергетического агентства (МЭА) к 2040 г. добыча угля должна была увеличиться на 40 %, но сегодня агентство прогнозирует рост всего на 1 %. Угольная индустрия переживает банкротства, планы создания новых угольных ТЭС отвергнуты. КНР остановила ввод 151 угольной электростанции, в Англии уголь, обеспечивавший до 40 % производства энергии, теперь обеспечивает только 2 %. Все это произошло благодаря тому, что энергия ветра и солнца стала дешевле. По мере того как стоимость использования НВИЭ снижается, содержание угольных электростанций и сама добыча угля становятся нерентабельными.

Нефть обеспечивает одну треть всей мировой энергии, поэтому сокращение ее использования — непростая задача. Одно из наиболее обнадеживающих решений — это электромобили, которых становится все больше. В настоящее время по продажам электромобилей лидирует КНР, опережая продажи в Европе и США. Сегодня производители автомобилей планируют отдать предпочтение электромобилям. Так, компании Toyta и Tesla уже выпустили электромобили, а Volvo, Jaguar, Land Rover объявили, что намерены остановить выпуск автомобилей, оборудованных только двигателем внутреннего сгорания, к 2021 г. Как утверждают аналитики EV-volumes.com, если такая динамика процесса сохранится, то к 2030 г. 80 % автомобилей уже будут электрическими.

Аккумуляторные батареи являются важным направлением в решении задачи по «озеленению» энергетического комплекса. Серьезная проблема заключается в получении солнечной энергии в облачную погоду и ветровой энергии в безветренные дни. Новые технологии позволяют аккумулировать энергию на случай, если ветер стихнет и солнце спрячется за тучами. С учетом стремительного улучшения технологий аккумуляции энергии ожидается, что к 2030 г. стоимость хранения энергии упадет в два раза. Цена литий-ионных батарей уже снизилась на 75 % за последние шесть лет. Предполагается, что к 2030 г. их стоимость еще снизится на 66 %, что может привести к росту числа частных систем хранения электроэнергии в 17 раз. Новые разработки в области аккумуляторных батарей также способствуют росту спроса на электромобили.

Рис. 1.
Конкурирующие способы электрогенерации

Рис. 2.
ВЭС (Испания)

Рис. 3.
ВЭС (Шотландия)

Рис. 4.
ВЭС (Германия)

НВИЭ, имеющие более приемлемые экологические показатели, сегодня быстро становятся обыденной практикой. Благодаря снижающейся стоимости солнечных панелей и ветровых турбин цены за единицу мощности НВИЭ уже стали ниже, чем в угольной и атомной энергетике. Отработаны модели перехода от жидкого топлива и газа к ВИЭ. Сегодня более половины введенных в строй новых энергетических мощностей приходится на НВИЭ, и во многих частях света уже используют достаточно дешевые источники. В Германии, Испании, Чили в некоторые дни было выработано так много электрической энергии с помощью солнца и ветра, что потребители получали ее безвозмездно [4].

Еще в 2002 г. ООН была сформулирована Энергетическая трилемма (Energy Trilemma): обеспечить баланс между воздействием на экологию, доступом к энергоресурсам и социальной справедливостью. Одной из главных целей тысячелетия по развитию (Millennium Development Goals) наряду с преодолением бедности и снижением опасности изменения климата является обеспечение чистой и доступной энергией. В 2008 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла инициативу «Устойчивая энергетика для всех», предусматривающую решение к 2030 г. трех важных взаимозависимых задач:

– обеспечение всеобщего доступа к современным энергетическим услугам;
– повышение эффективности мирового энергопотребления на 40 %;
– увеличение доли использования НВИЭ в мире до 30 % [4, 5].

Современная возобновляемая энергетика, которая сегодня быстро развивается и становится конкурентоспособной (рис. 1), включает высокотехнологичные производства использования биомассы, гидроэнергетику, в том числе отдельно выделяемую малую модульную гидроэнергетику (МГЭС) мощностью до 10–25 МВт, геотермальные, ветровые, солнечные, приливные, волновые, градиентные установки и электростанции на их основе. Поскольку экологические проблемы НВИЭ менее значительны, чем проблемы традиционной топливной энергетики, они в настоящее время успешно решаются. Например, при эксплуатации 1 МВт солнечных, ветровых, геотермальных энергоустановок, малых ГЭС при выработке электроэнергии в среднем 2–4 млн кВт ч в год заменяется использование до 1–3 тыс. т у. т. ископаемого органического топлива и предотвращается выброс только в атмосферу почти 2 тыс. т двуокиси углерода, до 15 т сернистого газа и до 2 т окислов азота в год.
НВИЭ обладают потенциалом, достаточным для обеспечения потребностей человечества в энергии, поскольку им свойственна децентрализация, т. е. они могут играть особую роль в решении проблем автономного, регионального, децентрализованного энергоснабжения. Маловероятно также, что они станут причиной войн и вооруженных конфликтов, которые часто случаются в богатых нефтью и газом странах.

Мнение о больших отчуждаемых территориях, например, для ВЭС и СЭС также не соответствует действительности. Как правило, они размещаются на неудобных для хозяйствования землях (рис. 2, 3), неиспользуемых площадях или успешно совмещаются, например, с сельскохозяйственным производством (например, в ФРГ, Дании, Голландии; рис. 4). Кроме того, установки все больше перемещаются на пустынные территории или морские побережья, морские шельфы и в море (рис. 5, 6).

Плавающая норвежская ВЭС Hywind Tampen мощностью 88 МВт (рис. 7) расположена примерно в 140 км от берега между нефтегазовыми платформами Snorre и Gullfaks и состоит из 11 ветровых турбин мощностью 8 МВт каждая.

Активное развитие возобновляемой энергетики во многих странах началось после энергетического кризиса середины 1970-х гг., когда появились коммерческие технологии ее использования, и оно происходит быстрее, чем предполагалось еще 10 лет назад. По данным МЭА, с 2002 по 2015 г. оценка перспективы развития ветровой и солнечной энергетики неоднократно изменялась в сторону резкого увеличения

Рис. 5.
Оффшорная ВЭС (Дания)

Рис. 6.
СЭС «Кагосима» (Япония)

Рис. 7.
Плавающая ВЭС (Норвегия)

с учетом фактически достигаемых показателей. Оценки последних лет более чем в два раза превышают оценки, которые давались в начале XXI в. [4, 5]. Современная мировая энергетика вышла на путь развития, при котором доля НВИЭ в мире неизбежно быстро растет, а доля традиционной электроэнергетики сокращается. Год 2015-й стал переломной точкой, когда объемы ввода НВИЭ в мире превысили объемы ввода традиционной электроэнергетики, и дальше это соотношение будет только увеличиваться в пользу НВИЭ.

Мощность ВЭУ в мире выросла в шесть раз за последние 10 лет и к концу 2019 г. превысила 650 ГВт. Себестоимость производимой электроэнергии снизилась за это время более чем в шесть раз. В мире строится все больше крупных ВЭС мощностью в сотни мегаватт. Число ВЭС, мощность которых превышает 250 МВт, составляет уже около 50 в США, КНР и Индии. Три из них имеют мощность от 1000 до 1548 МВт, пять — более 500 МВт. Крупнейшей является ВЭС «Ганьсу» в КНР с установленной мощностью 20 000 МВт, которую планируется достигнуть к концу 2020 г.

За 10 лет мощность СЭС только на базе фотоэлектрического преобразования (ФЭП) увеличилась в 45 раз и превысила 600 ГВт. Выработка электроэнергии выросла за эти годы в 40 раз, а ее себестоимость снизилась в 10 раз. Сегодня в странах, успешно развивающих возобновляемую энергетику, — КНР, ФРГ, США, Дании, Норвегии, Австрии и ряде других, на крупных промышленных ВЭС и СЭС достигнуты показатели, сравнимые с традиционной крупной энергетикой [4, 5].

В 1953 г. в мире насчитывалось около 2,7 млрд человек, и лишь 30 % из них жили в городах. В 2016 г. в мире было 7,3 млрд человек, и более 50 % из них жили в городах. В 2025 г. предположительно на нашей планете будет жить 8 млрд человек, причем 65 % людей — в городах, и тогда городское население возрастет более чем в пять раз по сравнению с 1953 г. Будущее человечества решается в городах! Уже сегодня более 80 % используемой в мире энергии приходится на города и более 40 % потребности в энергии в мире требуется для зданий. Все большее количество городов на 50–70 % снабжается электроэнергией за счет ВИЭ. Их число увеличилось более чем в два раза в период между 2015 и 2019 г., от 42 до 101, это в том числе такие города, как Окленд, Бразилиа, Сан-Диего, Найроби и Осло. Более 50 городов из 14 стран объявили о своих программах возможного перехода к 100 %-ному энергоснабжению за счет НВИЭ.

Представители американских корпораций Apple, Google, Microsoft, Visa, корейской Samsung и ряда других в 2017–2019 гг. заявили, что все офисы, торговые залы, служебные и производственные объекты кампаний перешли на 100 %-ное энергоснабжение от ВИЭ. Мир постепенно готовится к переходу к энергообеспечению за счет НВИЭ. Мировая энергетика уже сделала выбор в их пользу — программы развития и системы поддержки новой отрасли действуют почти в 200 странах. Это говорит о необходимости и необратимости использования НВИЭ. Целевые ориентиры ведущих стран определены на уровне 2030–2050 гг. от 25–40 % (КНР, США) до 80 % (ФРГ, Швеция, Австрия, Финляндия) производства электроэнергии на базе ВИЭ. Уже сегодня электроснабжение в ФРГ более чем на 40 % обеспечивается за счет НВИЭ (рис. 8).

В ФРГ для производства электроэнергии используются гидроэнергетика, бурый уголь, биомасса (8,6 %), каменный уголь, ветер (24,5 %), нефтяное топливо, солнечная энергия (9 %), природный газ, атомная энергия и пр. В годовом интервале в 2019 г. НВИЭ составили в сумме 46,1 %, а традиционные ископаемые — 53,9 %. Планируется, что к 2050 г. НВИЭ составят 80 %.

IRENA и WWEA представили перспективы развития НВИЭ в мире на уровне 2050 г., которые могут быть достигнуты при ограничении выбросов и реализации Парижских соглашений по климату (табл. 1). При этом предполагается, что через 30 лет мощности НВИЭ более чем в два раза могут превысить мощности всех существующих сегодня электростанций [5, 6].

Можно констатировать, что НВИЭ становятся основным инновационным решением в развитии энергетики XXI в. и меняют мировую энергетическую стратегию. В мировой энергетике совершается техническая революция: за 30 последних лет создана новая крупная высокотехнологичная отрасль, успешно конкурирующая технически и экономически с традиционными технологиями электроэнергетики и имеющая большие перспективы. Возобновляемая энергетика — это одно из наиболее важных достижений XXI в. наряду с информационными и цифровыми технологиями.

Мировое энергетическое сообщество признает, что создается новая парадигма развития электроэнергетики — интегратор многообразия потребителей и производителей электрической энергии. Это связано с рядом факторов: либерализацией рынков, нарастающим множеством субъектов рынков, интенсивным внедрением децентрализованной (распределенной) генерации, появлением новых энергоресурсов и принципиально новых технологий производства, преобразования и передачи электроэнергии и прежде всего НВИЭ.

Особую роль в активном развитии НВИЭ играет использование цифровых технологий, которые позволяют заглянуть в будущее, создавая эффективные виртуальные модели энергетики и соответствующие компьютерные программы, задавая различные граничные условия [7]. Можно сказать, что широкое и активное внедрение цифровых технологий в возобновляемую энергетику обеспечило синергию науки и производства, стало важным фактором ее роста и позволило:

- объединить разные векторы развития и координацию интересов;
- устранить барьеры развития разных стран и технологий;
- обеспечить мониторинг тысяч установок, всех работ и процессов и обратную связь;
- интегрировать национальные информационные системы;
- создать профессиональные кластеры по направлениям НВИЭ;
- объединить интересы участников решения проблемы развития НВИЭ;
- повысить качество оперативного управления тысячами установок;
- осуществлять обмен данными и делать прогнозы развития;
- координировать цены на оборудование и продукцию.

В связи с этим мировым энергетическим сообществом активно обсуждаются и решаются вопросы энергетики будущего с учетом прежде всего значительного роста доли НВИЭ. В мире получили распространение и поддержку идеи и предложения, изложенные в книге «Глобальное энергетическое объединение» председателя Государственной ассоциации энергетических предприятий и председателя совета директоров Государственной электросетевой корпорации КНР Лю Чженья, изданной в 2015 г. на китайском, английском и русском

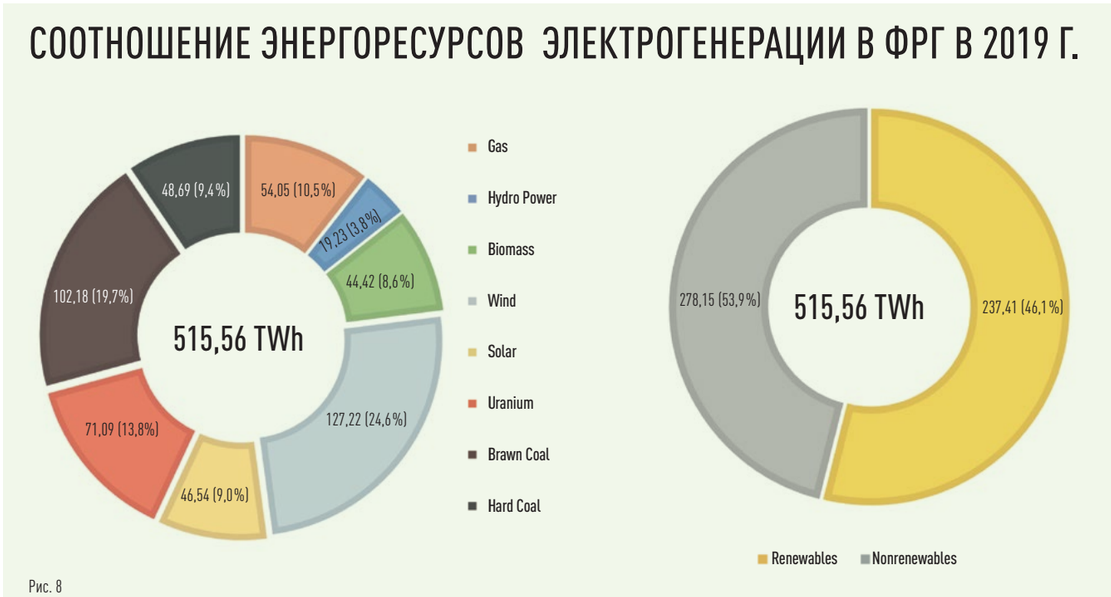

Рис. 8

языках. Автор — энергетик, профессионал с мировым именем рассмотрел стратегию «экологически чистого» долгосрочного развития мировой энергетики и предложил ряд интересных и важных решений. Он раскрыл тенденции замещения ископаемого топлива неисчерпаемыми ВИЭ и отметил, что при решении проблем энергетики необходимо исходить из исторического, дифференцированного и открытого подхода. Рассматривая вопросы энергоснабжения и энергопотребления, регионы концентрации производства электроэнергии на основе НВИЭ в арктической и экваториальной областях, автор изложил план формирования глобального мирового энергообъединения и связанные с этим инновационные технологии и инженерные разработки [9].

Работы по моделированию энергетики будущего, выполненные в США, КНР, Финляндии, Германии, Венгрии и других странах, в том числе и на случай отсутствия солнца и ветра, показывают, что уже к 2030 г. до 80 % мировой энергии будет производиться на базе возобновляемых источников. К 2050 г. их доля будет доведена до 100 %.

Необходимо отметить, что в этих моделях речь идет не только об электроэнергетике, но и об общем потреблении энергии человечеством. По мнению ученых, транспорт, отопление/охлаждение помещений, промышленность, сельское хозяйство, лесное хозяйство и рыболовство должны быть электрифицированы.

Основным производителем энергии может стать солнечная энергетика — фотоэлектрическая и тепловая суммарно составят 57,55 %, ветроэнергетика обеспечит 37,14 %, гидроэнергетика — 4 %, энергия волн — 0,58 %, приливов — 0,06 %, геотермальная — 0,67 %.

МОЩНОСТИ НВИЭ НА УРОВНЕ 2050 Г., ГВТ

1	КНР	4993	12	Россия	281
2	США	2506	13	Австралия	176
3	Индия	1795	14	Канада	122
4	Европейский союз	1154	15	Турция	105
5	Индонезия	382	16	Аргентина	62
6	Япония	297	17	Остальные страны	1564
7	Бразилия	233	18	Мировая мощность	14 333
8	Саудовская Аравия	214			
9	ЮАР	117			
10	Мексика	185			
11	Южная Корея	146			

Таблица 1

При этом предлагается отказаться от атомной и биоэнергетики в связи с экологическими и операционными рисками. Также планируется не увеличивать мощности ГЭС, а лишь повысить их КИУМ с нынешнего мирового уровня в 42 % до 50 % [4, 5].

Такой видится уже ближайшая перспектива мировой энергетики.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ — РОЛЬ И МЕСТО В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ

Россия занимает значительную часть территории двух частей света, владеет 45 % мировых запасов природного газа, 23 % запасов угля, 14 % запасов урана, 13 % запасов нефти и почти половиной мировых запасов лесных ресурсов и пресной воды. В табл. 2 дана общая характеристика электроэнергетики России на начало 2019 г.

При общей мощности электростанций РФ 243,24 ГВт мощность электростанций на ВИЭ, включая крупные ГЭС, в 2018 г. составила 48,5 ГВт, или 20 %, в том числе на НВИЭ, включая ВЭС, СЭС, ГеоТЭС и МГЭС, — 2,3 ГВт, т. е. менее 1,0 %. Производство электроэнергии в России — около 1100 ГВт·ч при сохранении длительное время следующих пропорций: примерно 65 % электроэнергии производится на ТЭС в основном на газе и мазуте, около 20 % — на крупных ГЭС, 15–16 % — на АЭС и около 0,3 % — на НВИЭ [10].

Главным гарантом надежного и безопасного обеспечения электроэнергией и теплом потребителей нашей страны остается Единая энергетическая система России (ЕЭС). Однако даже в XXI в. централизованное энергоснабжение охватывает не более 30 % территории страны, остальные 70 % обеспечивают электроэнергией электростанции, работающие в автономном режиме, или локальные энергосистемы, такие как в Камчатской, Магаданской и Сахалинской областях.

В российской электроэнергетике существуют также проблемы, свя-

занные со старением оборудования, технологическим отставанием от передовых стран в производстве современного оборудования, особенно при децентрализованном энергоснабжении в отдаленных и труднодоступных регионах Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока, которые не охвачены централизованным энергоснабжением, но где проживают более 10 млн человек. Значительная часть этой территории снабжается электроэнергией от дизельных электростанций (ДЭС), а теплом — от мелких неэффективных местных котельных. Объем завоза топлива в эти районы составляет около 7 млн т нефтепродуктов и свыше 23 млн т угля, а затраты бюджета на эти цели превышают 600 млрд руб. С учетом активного развития НВИЭ в мире в 2012–2017 гг. в последние годы были приняты решения на уровне правительства о развитии НВИЭ и в России [9], хотя намеченные показатели выглядели крайне скромно, так как предусматривался ввод 5,871 ГВт мощности к 2020 г. Однако и эти планы не выполняются и могут быть достигнуты только к 2024 г. Тогда НВИЭ составят около 4 % по мощности и около 1 % в балансе производства электроэнергии (табл. 3). Так как Россия в настоящее время существенно отстала в развитии новых высоких технологий НВИЭ, этими же решениями правительства предусмотрена локализация производства в нашей стране зарубежного оборудования и его компонентов, и к концу заданного срока частичный уровень освоения производства иностранного оборудования составит по СЭС 70 %, по ВЭС 65 %, по МГЭС 65 % [11].

Перспективы развития НВИЭ в нашей стране следует рассматривать с учетом проблем и особенностей всех регионов, в зонах централизованного и децентрализованного (распределенного) энергоснабжения, в зоне ЕЭС и вне ее, так как эти проблемы в каждой из таких зон должны решаться поразному.

Различным образом также следует решать проблемы оптового и розничного рынков электроэнергии, изолированных локальных энергосистем. При этом важно изучить и оценить рынок НВИЭ-энергетики, чтобы с его учетом строить работу не только энергетиков, но и машиностроителей оборудования для электростанций. Сама жизнь, нужды населения, потребности развития промышленности, транспорта, сельского хозяйства страны требуют более активного продвижения такой энергетики в Сибирь, на Дальний Восток, в районы Крайнего Севера, отдаленные и труднодоступные территории, где сложно компенсировать нехватку электроэнергии, используя возможности ЕЭС и сезонный завоз дорогого топлива.

Ниже кратко описано положение с НВИЭ в нашей стране на основе материалов секций НТК НП «НТС ЕЭС», а также отечественных и зарубежных форумов и совещаний по данной тематике последних лет [10–12].

В России определены три механизма поддержки НВИЭ:

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ НА НАЧАЛО 2019 Г.

Показатели и регионы	Всего, МВт	ТЭС		ГЭС		ВЭС		СЭС		АЭС
		МВт	%	МВт	%	МВт	%	МВт	%	МВт
ЕЭС РОССИИ	243 243,2	164 586,6	67,7	48 506,3	19,9	183,9	0,08	834,2	0,3	29 132,2
ОЭС Центра	52 447,3	37 049,9	70,6	1 800,1	3,4	-	-	-	-	13 597,3
ОЭС Средней Волги	27 591,8	16 349,3	59,3	6 990,5	25,3	85	0,3	95	0,3	4 072
ОЭС Урала	53 614,3	50 017,5	93,3	1 871,2	3,5	1,6	0	239	0,5	1 485
ОЭС Северо-Запада	24 551,8	15 648,6	63,7	2 950,3	12	5,3	0,02	-	-	5 947,6
ОЭС Юга	23 535,9	13 025,8	55,3	5 942,8	25,3	92	0,4	445	1,9	4 030,3
ОЭС Сибири	51 861,1	26 514,5	51,1	25 291,4	48,8	-	-	55,2	0,1	-
ОЭС Востока	9 641	5 981	62	3 660	38	-	-	-	-	-

Таблица 2

ВВОД УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ НВИЭ, МВТ

Виды НВИЭ	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Всего
	Целевые объемы ввода мощности, МВт							
ВЭС	100	250	250	500	750	750	1000	3600
СЭС	120	140	200	250	270	270	270	1520
Мини-ГЭС	18	26	124	124	141	159	159	751
Итого	238	416	574	874	1161	1179	1429	5871
	Целевые показатели выработки электроэнергии вводимыми объектами, ГВт·ч							
ВЭС	219	548	548	1095	1643	1643	2190	7884
СЭС	137	159	228	285	308	308	308	1731
Мини-ГЭС	46	70	325	325	371	417	417	1971

Таблица 3

1) на оптовом рынке — продажа мощности по договорам о предоставлении мощности квалифицированных генерирующих объектов ВИЭ (постановление Правительства РФ от 28.05.2013 № 449);

2) на розничном рынке — обязанность сетевых компаний покупать электроэнергию квалифицированных генерирующих объектов ВИЭ по регулируемым тарифам для целей компенсации потерь (постановление Правительства РФ от 23.01.2015 № 47), компенсация технологического присоединения к сетям (постановление Правительства РФ от 20.10.2010 № 850);

3) на изолированном рынке — обязанность энергоснабжаюших организаций покупать электроэнергию по регулируемым тарифам, компенсация технологического присоединения к сетям (постановление Правительства РФ от 20.10.2010 № 850).

Подводя некоторые итоги за последние 10 лет, можно сделать несколько выводов, определяющих современную картину положения дел с НВИЭ в России.

1. Оптовый рынок — это сфера деятельности крупных компаний. Он работает и реализует программу развития.

2. Розничный рынок — нормативы пока практически не работают.

3. Изолированная генерация — нет механизмов инвестирования.

4. Основной вопрос, который волнует инвесторов и производителей оборудования: как будет развиваться рынок НВИЭ после 2024 г.? Пока решение не принято, поэтому трудно оценивать перспективу.

5. Сложность организации и подготовки производства нового высокотехнологичного оборудования по иностранным лицензиям. Профинансировать его производство можно в основном из средств федерального бюджета.

В первом полугодии 2020 г. выработка электроэнергии ВИЭ в Европе превысила выработку традиционных тепловых станций и составила 40 % от всей выработки электроэнергии, причем в некоторых европейских странах эта цифра достигает 90 %.

В результате постоянного совершенствования технологических решений, снижения стоимости оборудования и строительства солнечная и ветроэнергетика в ряде стран стала дешевле традиционной генерации.

Уже пять лет подряд по объему вводов «зеленая» генерация превосходит уголь, газ и атом, а глобальные инвестиции в ВИЭ ежегодно превышают 300 млрд долл. Ряд стран ЕС планируют довести к 2050 г. до 100 % климатическую нейтральность электрогенерации, при этом от 1 до 2 % ВВП будет направлено на развитие «зеленой» экономики, основной частью которой являются ВИЭ.

6. Нет эффективной рыночной мотивации для инвесторов, пока основные участники программы — крупные госкорпорации, имеющие государственные средства.

7. Доля первоначальных избыточных затрат слишком велика, и неизвестно, как поддержать тех, кто готов включиться в процесс, но испытывает на начальном этапе острый недостаток средств.

8. Нужно расширять российский рынок и выходить на международный уровень. Но пока речь может идти только о солнечной генерации.

Экономический потенциал ВИЭ в нашей стране составляет более 300 млн т у.т., а это более 25 % внутреннего энергопотребления.

Вселяет определенный оптимизм и то, что в последние годы в отрасль НВИЭ пришли крупные российские и зарубежные инвесторы и ситуация начинает меняться к лучшему. В декабре 2018 г. участники энергорынка возобновляемой энергетики создали Ассоциацию развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), которую возглавил глава «Роснано» и идеолог реформы российской энергетики А.Б. Чубайс. В АРВЭ вошли УК «Роснано», датский производитель ВЭУ «Вестас», ГК «Хевел» («Ренова» и «Роснано»), «Солар Системс» и австрийско-российский консорциум компаний «Вершина Девелопмент», Core Value Capital GmbH и Green Source Consulting GmbH. Вице-президентом АРВЭ избран первый заместитель генерального директора — директор блока по развитию и международному бизнесу «Росатома» Кирилл Комаров. В ассоциацию, как заявили учредители, намерены вступить также «Фортум» (Финляндия),

Рис. 9.
Мутновская ГеоЭС

Рис. 10.
Кислогубская ПЭС — памятник науки и техники

«Энэл Россия», «Росатом», «Северсталь», «ЕвроСибЭнерго». АРВЭ планирует принимать активное участие в обсуждении законодательных изменений и других инициатив, касающихся развития возобновляемой энергетики.

Организация будет представлять интересы своих членов и участвовать в процессе принятия решений, определяющих государственную политику в сфере НВИЭ, а также взаимодействовать с инфраструктурными организациями энергетической отрасли для обеспечения представительства ассоциации в органах управления инфраструктурных организаций. В частности, ассоциация планирует подготовить концепцию механизма поддержки НВИЭ в РФ на период после 2024 г. Участие АРВЭ в конкурсах на строительство СЭС и ВЭС и предприятий переработки ТБО реализуется через механизм договоров поставки мощности (ДПМ) НВИЭ. Это привело к тому, что в 2018 г. упал уровень капитальных затрат в ВЭС с более 130 тыс. до 66–100 тыс. руб. на 1 кВт установленной мощности.

Однако каждый вид НВИЭ в России должен пройти этапы установления сетевого паритета — момента равенства стоимости киловатт-часа электроэнергии, выработанной установками НВИЭ и традиционной генерацией, а именно:

1) отбор мощности по ДПМ НВИЭ;

2) строительство электростанций;

3) трансфер технологий и локализацию производства оборудования;

4) освоение технологии;

5) экспорт оборудования.

Речь идет о создании и успешном функционировании современного нового кластера, включающего в себя генерацию, производство, промышленность, НИОКР и образование. При обеспечении этих условий такой кластер будет самовоспроизводимым и не потребует дотаций уже с 2035 г. при условии ввода за этот период не менее 10 ГВт мощности НВИЭ, т. е. примерно 1 ГВт в год.

В рамках реализации программы к инвесторам будут предъявляться более жестких требования, чем это было раньше. Капитальные затраты на конкурсах должны быть максимально снижены. Одновременно должны формироваться меры промышленной поддержки сектора, начиная от экспорта и заканчивая поддержкой потребителя на розничном рынке. Самая уязвимая часть — это НИОКР и производство, если не гарантировать им достаточный спрос со стороны генерации. Ориентир в 10 ГВт — крайне скромный на фоне мира, это менее 5 % мощности энергосистемы к 2035 г. и лишь 2,4 % в структуре выработки электроэнергии. Такая умеренная стратегия развития ВИЭ в России предполагает сохранение текущего уровня платежей потребителей за мощность. На создание новой отрасли экономики потребуется до 0,5 % ВВП.
Интересно, что определенную международными организациями мощность НВИЭ РФ на уровне 2050 г. в 281 ГВт (см. табл. 1) можно рассматривать как достигаемую за 30 лет при ежегодном вводе не менее 9–10 ГВт. Таким образом, даже самые оптимистичные прогнозы российских и зарубежных инвесторов в России на порядок ниже оценок зарубежных специалистов. Вместе с тем Минэнерго, не меняя системы поддержки «зеленой» энергетики, уже предложило в 2025–2035 гг. построить за 400 млрд руб. только 5 ГВт «зеленой» генерации, а это количество представляет объем в два раза меньше даже ожиданий инвесторов. При этом из выделяемых 400 млрд руб. на поддержку строительства ВЭС (мощность 3,465 ГВт, ежегодная квота на отборе — 315 МВт) запланировали направить 240,5 млрд руб., на строительство СЭС (мощность 1,498 ГВт, ежегодные вводы 245 МВт в 2025–2026 гг. и 112 МВт в 2027–2035 гг.) — 129,5 млрд руб., малых ГЭС — 30 млрд руб. ТБО и другие НВИЭ в прогнозе министерства не упоминаются. В пересчете до 2050 г. с учетом возврата инвестиций за 15 лет совокупная нагрузка на оптовый энергетический рынок за счет НВИЭ по прогнозам, возможно, составит 690–800 млрд руб. в зависимости от инфляции. В министерстве считают, что к 2036 г. НВИЭ-генерация в РФ сможет существовать без субсидий со стороны оптового рынка. Инвесторы и специалисты полагают, что такие малые объемы

Рис. 11.
Адыгейская ВЭС

не позволят обеспечить необходимое развитие НВИЭ.

Минэнерго России подготовило также изменения в Федеральный закон «Об электроэнергетике», направленные на стимулирование развития «зеленой» микрогенерации, которые утверждены президентом РФ 27.12.2019. Закон вводит определение микрогенерации. Это объект по производству электроэнергии мощностью до 15 кВт, который используется потребителями для собственного энергоснабжения.

Процедура присоединения микрогенерации к электросетям и особенности определения платы за подключение определяются правительством. Собственники микрогенерации смогут продавать излишки электроэнергии на розничном рынке электроэнергии, и это не будет считаться предпринимательством. Гарантирующие поставщики (основные энергосбытовые компании регионов РФ) будут обязаны заключать с обратившимися к ним владельцами микрогенерации договоры купли-продажи электроэнергии и покупать ее по ценам не выше тех, по которым покупают электроэнергию и мощность на оптовом энергорынке.

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ НВИЭ В РФ

В балансе электроэнергии значительная доля приходится на гидроэнергетику, потенциал которой для строительства крупных ГЭС в Европейской части практически исчерпан. Поэтому дальнейшее наращивание производства электроэнергии за счет строительства гидростанций связывается именно со строительством малых ГЭС. В России экономический потенциал МГЭС составляет около 200 млрд кВт·ч/год, а используется всего пока не более 10 %. Назрело время вернуться к строительству и восстановлению малых и микро-ГЭС в России, поскольку в результате строительства крупных ГЭС, ТЭС и АЭС даже существующие МГЭС были разрушены и заброшены. Однако программа развития малой гидроэнергетики ПАО «РусГидро» пока реализуется медленно.

ИЗ РАСПОРЯЖЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 24.10.2020 № 2749-Р

Новым распоряжением Правительства РФ установлены требования по степени локализации до 2035 г.

Целевой показатель для генерирующих объектов ветроэнергетики составит с 2025 по 2030 г. 87 баллов (для сравнения в 2020–2024 гг. — 65 %), а с 2031 по 2035 г. уже 102 балла. Для солнечной энергетики установлены боле высокие целевые показатели: 110 баллов степени локализации с 2025 по 2030 г. и 120 баллов до 2035 г. при текущем уровне 70 %.

Показатели экспорта для объектов СЭС и ВЭС ВИЭ-генерации будут расти на протяжении 10 лет новой программы. Так, с 2025 по 2029 г. показатель экспорта составит 5 %, далее на протяжении двух лет на экспорт нужно будет поставлять 10 % продукции, а с 2033 по 2035 г. — уже 15 %.

Россия располагает большими запасами геотермальной энергии и является технологическим лидером в этой области. В нашей стране действуют три геотермальные электростанции, расположенные на Камчатке: Паужетская, Верхне-Мутновская и Мутновская, последняя является одной из лучших в мире (рис. 9). На Курильских островах работают три небольшие геотермальные установки. Суммарная мощность всех установок составляет около 80 МВт. Также в нашей стране идет строительство ГеоЭС бинарного цикла, производство оборудования для таких электростанций налажено в ОАО «Калужский турбинный завод». Такие станции позволят значительно расширить возможности использования геотермального теплоносителя.

По расчетам специалистов в европейской части и на Дальнем Востоке нашей страны от приливной энергетики может быть получено более 120 ГВт мощности. В стране более 50 лет действовала и испытывалась одна из первых в мире экспериментальная Кислогубская приливная электростанция (ПЭС; рис. 10), на которой отрабатывались технологии, экологические проблемы, оборудование, в том числе ортогональная турбина, не имеющая аналогов в мире.
В настоящее время подготовлены предложения по строительству крупных Тугурской ПЭС (в Охотском море, мощность 8 млн кВт) и Мезенской ПЭС (в Белом море, мощность 11,4 млн кВт). Ведутся разработки волновых электростанций.

Достойное место в энергобалансе многих регионов нашей страны в перспективе могут занять солнечные энергоустановки теплоснабжения и горячего водоснабжения различных потребителей (особенно перспективно для индивидуальных

потребителей). Это направление НВИЭ развивается наиболее быстро и уже находит практическое применение в ряде регионов России. В 2015–2019 гг. в стране было запущено несколько СЭС в республиках Башкортостан, Алтай, Оренбургской, Астраханской областях, Ставропольском, Краснодарском краях, Якутии. Построены крупные СЭС: Орская мощностью 25 МВт в Оренбургской, Заводская в Астраханской области, и ввод таких станций будет расширяться. Всего в эксплуатацию введено 19 СЭС совокупной мощностью около 800 МВт.

Следует отметить, что солнечные коллекторы ОАО «Ковровский механический завод» и ФГУП НПО «Машиностроение» по своим характеристикам не уступают лучшим мировым аналогам. В стране также созданы современное производство эффективных фотоэлектрических модулей и компонентов для солнечных установок (завод по производству модулей ООО «Хевел» («Роснано» и «Ренова») в Новочебоксарске, производство кремниевых слитков и пластин, совместное со «Шнейдер Электрик», производство инверторов и т. д.). Созданы и работают инжиниринговые и строительные компании по строительству СЭС («Авелар Солар Технолоджи», «ЕвроСибЭнерго-инжиниринг»). Ведутся научные исследования в МГУ им. М.В. Ломоносова, ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН и «Роснано».

Солнечная генерация, как первая из трех стартовавших НВИЭ, прошла все стадии развития и приступила к экспорту российских панелей с одним из самых высоких в мире КПД — 22,7 %. Производство модулей ООО «Хевел» в Новочебоксарске будет в 2020 г. увеличено до 340 МВт в год. В соответствии с заключенными договорами построено и намечено строительство СЭС общей мощностью 547,5 МВт. До 2025 г. предусматривается строительство СЭС в Бурятии, Дагестане, Хакасии, Белгородской, Челябинской, Самарской, Омской, Липецкой областях, Забайкальском крае общей мощностью 1301 МВт.

Хотелось особенно отметить состояние возобновляемой энергетики Республики Крым, где НВИЭ составляют значительную долю энергомощности региона. В Крыму введены в эксплуатацию несколько СЭС общей мощностью более 400 МВт и в свое время одна из крупнейших в мире станция «Перово» мощностью 105 МВт в Симферопольском районе, а также восемь ВЭС общей установленной мощностью 93,2 МВт [13]. Однако эти станции не обеспечивают потребности Крыма и использование НВИЭ надо расширять.

Значительную долю НВИЭ в энергобалансе России намечается обеспечить за счет ветровой энергетики. Экономический потенциал ветровой энергетики в стране составляет примерно 260 млрд кВт·ч/год, т. е. около 25 % производства электроэнергии (рис. 11). В настоящее время в РФ действуют ВЭС мощностью около 300 МВт. В 2018 г. была введена в эксплуатацию современная крупная Ульяновская ВЭС-1 финской компанией «Фортум» мощностью 50 МВТ на базе современных ВЭУ единичной мощностью 2,5 МВт. На российском рынке активно работают General Electric (США), Vestas (Дания), Siemens (ФРГ), фирмы КНР, Lagerwey (Голландия) — партнер «Росатома».

В настоящее время «Фортум» и «Роснано» реализуют масштабную инвестиционную программу. Согласно документу, «Роснано» берет на себя инвестиции в этот бизнес и производство компонентов для ВЭУ, а «Фортум» — роль оператора и инвестора в строительство ВЭС. В рамках этой программы решаются вопросы строительства крупных ВЭУ в Ульяновской области, Республике Адыгея, Краснодарском, Ставропольском краях, Нижнем Новгороде, где осваиваются новые высокие технологии, которые формируются с учетом жестких требований к материалам, компонентам, строительно-монтажным и эксплуатационным компаниям, транспортной инфраструктуре.

Однако ВЭУ добавляют энергетикам проблемы, связанные с необходимостью развития электрических сетей, усложнением диспетчерского управления оперативными режимами, обеспечением надежности и безопасности энергоснабжения потребителей. Это рассматривается как технологический вызов, который успешно решается. До 2024 г. предполагается строительство ВЭС общей мощностью 3047 МВт в Ростовской, Ульяновской, Саратовской, Мурманской областях, Краснодарском и Ставропольском краях и ряде других регионов. Инвесторы и специалисты отрасли полагают, что такие малые объемы не позволят обеспечить необходимое развитие ветроэнергетики и вообще НВИЭ.

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что, несмотря на определенные успехи последних лет, Россия сегодня существенно отстает в развитии важного инновационного направления энергетики. Степень централизации электроснабжения в России значительна, но ситуация будет меняться, и в связи с ростом децентрализации спрос на НВИЭ вырастет. В стране сегодня фактически отсутствуют единая государственная политика и координация практической работы и НИОКР по развитию НВИЭ — этой важной и высокотехнологичной отрасли.

В результате отечественная наука в области НВИЭ стагнирует, так как:

- НИОКР разобщены и дублируются;
- преобладает «мелкотемье», работы редко завершаются организацией производства;
- происходит распыление даже тех небольших ресурсов, которые выделяются;
- нет концентрации сил и средств на решении ключевых научно-технических задач;
- прогнозные и перспективные исследования оказываются невостребованными;
- разработка технологий и внедрение имеющихся наработок затягиваются на неприемлемо длительные сроки.

Все это ведет к разрыву между стадиями инновационного цикла и к увеличению сроков реализации инноваций, а соответственно:

- НИОКР, производство и внедрение оказываются не связанными между собой;
- за редким исключением, не ведутся разработка и внедрение принципиально новых отечественных технологий и оборудования, и они оказываются невостребованными.

Страна несет значительные экономические потери, связанные с тем, что:

- отсутствие отечественных технологий мы пытаемся компенсировать импортом и соответственно потерей добавленной стоимости в российской промышленности;
- более дорогое импортное оборудование и его эксплуатация компенсируются ростом цен на энергию и производимую продукцию, что ложится дополнительной нагрузкой на отечественных потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетика XXI века — время действовать. Доклад МИРЭС, 2000.
2. Прогноз развития энергетики мира и России. ФГБУН «Институт энергетических исследований Российской академии наук»/НОУ Московская школа управления. Сколково, 2019.
3. Углеводородные ресурсы мира/М.В. Голицын, О.Н. Баженова, Н.В. Пронина, А.Я. Архипов, Е.Ю. Макарова//Энергия: экономика, техника, экология. 2006. № 4. С. 21–26.
4. REN21, 2018. Renewable Energy Policy Network or the 21-st Century. Renewables 2017. Global Status Report.
5. Материалы «Международного конгресса REENCON-XXI: Возобновляемая энергетика XXI века: энергетическая и экономическая эффективность». Сколково, 5–6 июня 2018 г.
6. Pure Power — Wind Energy. Scenarios up to 2030. Final Report. EWEA.
7. Материалы Российского международного энергетического форума. Санкт-Петербург, июнь 2019. М.: Изд-во МЭИ, 2019.
8. Материалы международных форумов «Возобновляемая энергетика: пути повышения энергетической и экономической эффективности» (REENFOR — 2013–2017).
9. Лю Чженья. Глобальное энергетическое объединение/Пер. с кит. М.: Изд. дом МЭИ, 2016.
10. Перминов Э.М., Тягунов М.Г. К вопросу о структуре и управлении энергетики будущего//Энергетик. 2020. № 1. С. 33–43.
11. Гринкевич Е.Б., Перминов Э.М. Основные принципы государственной политики по возобновляемой энергетике//Энергетик. 2014. № 2. С. 10–12.
12. Материалы рассмотрения вопросов на заседаниях секций Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС» 2015–2020 гг.
13. Перминов Э.М. Энергетика Республики Крым — состояние и проблемы развития. Новая возобновляемая энергетика — выбор Крыма//Энергетик. 2014. № 5. С. 5–8.

Челэнергоприбор
www.limi.ru

МИКРОМИЛЛИОММЕТР ИКС-1А
комплектация «Энергетик»

Измерение сопротивления обмоток двигателей, генераторов и прочих вращающихся машин

Измерение сопротивления обмоток трансформаторов мощностью до 1000 кВА в сетях 0,4-10 кВ

Измерение болтовых, сварных и других контактных сопротивлений
реклама
www.limi.ru
+7 (351) 211-54-01
info@limi.ru