

## ТЕНДЕНЦИИ И СТРУКТУРА РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Клейлат Мохамад

*БНТУ, г. Минск, Беларусь,*

Тенденции и структура развития возобновляемой энергетики

Активизация борьбы с изменением климата, рост производства и удешевление энергии из возобновляемых источников, развитие транспорта, работающего на электричестве (или шире – на альтернативной энергии, включая водород), – все это представляет серьезную угрозу для ископаемого топлива. Если многие страны уже сейчас активно сокращают использование угля, то нефтяная отрасль пока не столкнулась с экзистенциальной угрозой, ведь значительная часть сырой нефти используется в нефтехимии. Однако борьба с пластиком может ударить и по этому рынку. А распространение электромобилей уже становится серьезным вызовом, ведь на дорожный транспорт, по данным Международного энергетического агентства (МЭА) за 2017 г., приходится 49,2% спроса на нефть.

Весной 2013 г. Россия запустила программу поддержки зеленой энергетики на оптовом рынке. Теперь к 2020 г. в стране может (должно) появиться около 1,5 ГВт солнечных станций, 3,6 ГВт ветряков и 900 МВт малых ГЭС: правительство гарантировало девелоперам возврат инвестиций в эти объекты.

К возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относят солнце, ветер, воду (кроме крупных ГЭС), геотермальные источники, биотопливо, т. е. все источники, энергия которых считается неисчерпаемой. В 2012 г., по данным Международного энергетического агентства, доля возобновляемых источников составляла 5% в мировом производстве электроэнергии (без учета ГЭС).

Причин развивать возобновляемую энергетику как минимум две: экологическая безопасность и энергонезависимость. Очевидный плюс ВИЭ в том, что при достижении срока окупаемости вырабатываемая электроэнергия становится почти бесплатной. Минус - в нестабильной выработке, которую пока приходится резервировать традиционной генерацией. Правительствам (а чаще потребителям) приходится оплачивать работу газовых и угольных станций, для того чтобы те могли быстро загрузить энергоблоки в пасмурные или безветренные дни. Человечество идет по пути разработки накопителей энергии, которые могут решить эту проблему, но в промышленном масштабе эти решения пока не используются.

Комментарии к развитию ВИЭ (Обзор)

На территории России находится большое количество удаленных децентрализованных систем электроснабжения, основным генерирующим оборудованием в которых являются дизельные электростанции, что обуславливает высокую стоимость производства электроэнергии.

Проанализирована возможность снижения стоимости производимого кВт×ч с учетом роста годового электропотребления при использовании возобновляемых источников энергии. Показано, что для территории Сибири и Дальнего востока оптимальным вариантом является фото-дизельный комплекс с аккумуляторными батареями с учетом ввода дополнительной производственной нагрузки в виде объектов агропромышленного комплекса из-за сезонности электропотребления. Отмечена целесообразность применения объектов агропромышленного комплекса для решения задачи социально-экономического развития удаленных населенных пунктов с учетом индивидуального распределения возобновляемых энергоресурсов.

Ученые Технологического университета в г. Лаппенранта подсчитали, что к 2050 г. всю эл. энергию в стране могли бы давать возобновляемые источники. Для этого надо иметь СЭС суммарной мощностью до 35 ГВт и ВЭС суммарной мощностью 44 ГВт. Они могли бы

вырабатывать >166 ТВт×ч эл. энергии в год (вдвое больше, чем сейчас). Необходимы аккумуляторные батареи на 20 ГВт×ч. Годовые затрат для таких систем 25 трлн евро

Проанализирован энергетический потенциал отходов, возникающих при производстве и потреблении основных продуктов питания. Отмечены возможности получения экологически чистых органических удобрений на основе переработки отходов животноводства и растениеводства при производстве биогаза. Предложена структура комбинированной солнечной биогазовой установки для малых предприятий, фермерских хозяйств, являющейся частью системы автономного самоэнергообеспечения и обеспечивающей использование биогаза для выработки электроэнергии и тепла на собственные нужды, газового топлива для двигателей и бытового потребления и жидких органических удобрений. Проанализированы перспективы и технико-экономические возможности комбинированных биогазовых установок с использованием возобновляемых источников энергии (солнца, ветра, геотермальной энергии).

Проведен анализ сценариев развития глобального и российского рынков энергетики, в частности возобновляемых источников энергии. Материалами для данной статьи послужили исследования отечественных и зарубежных ученых, компаний и институтов. К методам данного исследования можно отнести: метод формализации, метод восхождения от абстрактного к конкретному и другие. Исследуется структура общего объема мирового рынка энергетики, структура генерируемых объемов электроэнергии, распределение инвестиций по различным видам источников энергии, а также анализируется текущая ситуация на российском энергетическом рынке. Независимо от цен на традиционные энергоносители, возобновляемая энергетика является одним из наиболее перспективных направлений в мире, которое необходимо активнее развивать в РФ.

Проведен анализ региональной энергосистемы с применением метода стохастического программирования в условиях неопределенности. Целью анализа был поиск варианта распределения источников энергии, обеспечивающего минимальные расходы на эксплуатацию энергосистемы и снижение рисков перерывов энергоснабжения и аварий как с учетом требований по охране окружающей среды, так и без их учета.

Широко распространенное мнение о том, что эл. энергия, получаемая с помощью возобновляемых источников, дороже, чем от традиционных технологий, скоро может оказаться ошибочным. Проанализирована стоимость эл. энергии ветровых электростанций и ГЭС малой мощности *Индии*. К 2020 г. она может сильно снизиться.

Показано, что глобальная энергетическая безопасность определяется обеспеченностью топливно-сырьевыми ресурсами и возобновляемыми источниками энергоресурсов; возрастает конкуренция с традиционными невозобновляемыми источниками. Конкуренцию возобновляемым источникам энергии все больше составляет сланцевый газ, рост его добычи может ограничить потенциальный рост спроса на "чистую энергию" на 5% во всем мире и на 10% в США. По прогнозу, в ближайшие десятилетия не более 7% мирового потребления электроэнергии будет приходиться на возобновляемые источники энергии. Доказано, что помимо конкуренции со стороны других источников энергии, развитие "чистой энергетики" пострадало из-за финансовых кризисов, когда многие государства, наращивающие инвестиции в возобновляемые источники энергии, были вынуждены свернуть эти проекты из-за недостатка средств. Приведены меры, которые могут вновь вернуть интерес к инвестированию в чистую энергию: "зеленые сертификаты", поддержка через фиксированные льготные тарифы. Также поможет разработка нормативно-правовой базы, регламентирующей порядок компенсаций стоимости технологического присоединения и установления надбавки к равновесной цене оптового рынка, что позволит официально оформить гарантии инвесторам в получении определенной компенсации.

По данным недавнего исследования, опубликованного американской организацией Solar Foundation, солнечная энергетика создает больше новых рабочих мест в США, чем любая другая индустрия.

Согласно собранным сведениям, солнечная энергетика создает рабочие места в 17 раз быстрее, чем остальные отрасли промышленности в Соединенных Штатах. В 2010 число рабочих мест здесь равнялось 93 000. За 6 лет число сотрудников, занятых производством электроэнергии с помощью солнечного света, вырос до 260 077 человек. Это значит, что в 2016 каждая пятидесятая вакансия приглашала на работу в компанию, так или иначе связанную с солнечной энергетикой, и аналитики считают, что эта тенденция продолжится.

Приведем примеры состояния возобновляемой энергетики в ряде стран.

В 2010 г. электростанциями страны (*Танзания*) с населением 48 млн чел. было выработано 4,3 млрд кВт×ч эл. энергии. Потери в сетях составили 0,95 млрд кВт×ч (22%). Длина сетей 220 кВ - 2624 км, 132 кВ - 1442 км, 66 кВ - 486 км. Крупные ГЭС вырабатывают ~60% всей эл. энергии. Их мощность в 2010 г. составляла 841 МВт, шести самых крупных - 576 МВт. Запасы газа оцениваются в 6,5 млрд. м<sup>3</sup>, добыча в 2011 г. - 0,85 млрд. м<sup>3</sup>. Введен ряд фотоэл. установок. В 2015 г. войдет в строй первая ветровая электростанция мощностью 50 МВт с 24 агрегатами. К 2019 г. ее расширят до 300 МВт.

*Австралия.* Используются генетический алгоритм и имеющиеся средства моделирования для разработки наиболее дешевых сценариев реализации проектов использования возобновляемых источников энергии, реализуемых до 2030 г. Эти сценарии учитывают нормы надежности рынка эл. энергии Австралии. Наиболее выгодны ветровые электростанции. Далее следуют фотоэл. установки, гелиотермические электростанции, ГЭС и газовые турбины.

*Россия* Предложен обзор развития мировой и российской нетрадиционной энергетики за последние годы. Показано, что Россия существенно отстает в использовании возобновляемых источников энергии, исключая крупные ГЭС. Причинами являются как обеспеченность страны запасами традиционных видов топлива, так и недостаточная институциональная и инфраструктурная поддержка. Анализ прогнозов развития возобновляемых источников показывает, что, несмотря на возможный существенный прогресс, значение нетрадиционной энергетики в России не достигнет уровней, складывающихся во многих других странах. Собственные модельные расчеты автора подтверждают, что программы развития.

*Великобритания* имеет самый высокий в Европе потенциал в сфере ветроэнергетики, а также лучшие в мире приливные и волновые ресурсы, к 2020 году эта страна планирует производить как минимум 15% своей энергии из возобновляемых источников. На сегодняшний день в стране имеется более 250 ветряных ферм, оборудованных 2700 турбинами, большая часть которых имеет мощность от 2 до 3 МВт. В ближайшие годы темпы роста ветровой энергетики морского базирования превысят темпы роста наземного сектора.

Использование энергии возобновляемых источников является частью долгосрочной программы правительства Великобритании по сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу. В настоящее время целью является снижение уровня выбросов на 60% к 2050 году. Запланировано, что к 2012 г. 10% электроэнергии будет поступать из возобновляемых источников. Описываются устройства для преобразования энергии волн в электроэнергию.

Проведено сопоставление затрат на 1 кВт мощности и 1 кВт×ч энергии расположенных на суше ветроэнергетических установок, фотоэлектрических и биомассовых установок с традиционными, работающими на ископаемом топливе. Исследования в рамках MENA-проекта (Средний Восток, Северная Африка) показали, что затраты на фотоэлектрические установки в этих регионах могут быть ниже, чем в других регионах вследствие высокой интенсивности солнечного излучения.

Согласно плану развития энергохозяйство штата Нью-Йорк к 2030 г. полностью переходит на возобновляемые источники. При этом 10% энергопотребления обеспечивается ветрогенераторами на суше, 40% офшорными, 10% СЭС с концентраторами, 10% фотоэлектрические коллектора, 6% коллектора на крышах жилых зданий, 12% на крышах общественных и государственных учреждений, 5% геотермальные ресурсы, 0,5% волновая

энергия, 1% приливные эл. ст и 5,5% ГЭС. Конверсия энергохозяйства обеспечит снижение энергопотребления на 37% и потребует ввода 271 ГВт, и плата за выброс в атмосферу уменьшится на 3,2.

Рассмотрены подходы к выбору электрических накопителей (ЭН) энергоустановок, использующих возобновляемые источники энергии. Отмечена конкурентоспособность литий-ионных ЭН, особенно применительно к мобильным и носимым энергоустановкам, в частности, высокая энергоемкость и высокие зарядные и разрядные мощности, а также возможности использования систем контроля и управления ЭН в качестве системообразующих.

Предложен алгоритм оптимального управления микросетями, содержащими возобновляемые источники и аккумуляторы, учитывающий вероятности неопределенностей уровней и вариаций энергии потребления в течение суток для трех модификаций сети. Алгоритм успешно испытан на одной из работающих микросетей.