

Д. А. Макеева, канд. техн. наук

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НОВЕЙШИХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Развитие альтернативных источников энергии в настоящее время достигло высоких темпов. Ветроэнергетика занимает одну из лидирующих позиций по распространению среди альтернативных технологий энергетики. Наряду с технологиями, которые уже нашли широкое применение во многих странах, появляются технологии и разработки, многие из которых станут в будущем распространенными и применяемыми так же, как и существующие сегодня. Однако многие из представленных идей находятся на стадии пилотных проектов и ожидают проверки на рациональность, доступность, выгодность. В работе проведен анализ использования ветроэнергетического потенциала разных стран и обзор новейших разработок в области ветроэнергетики.

Ключевые слова: ветроэнергетика, ветроэлектростанции, энергосбережение

Введение

Уже к 2020 году с помощью ветроэнергетики в мире было выработано 252 ГВт электроэнергии. Ветроэнергетика – один из самых перспективных и быстро развивающихся сегментов всей альтернативной электроэнергетики.

Во всем мире на сегодняшний день производится с помощью ветроэнергетических установок более полутора процентов всей электрической энергии.

В отдельных странах, где существует поддержка этого сектора государством, доля энергии, полученной из альтернативных источников, уже достигла более 40 % в Дании, 20 % – в Испании, 16 % – в Германии.

Специалисты прогнозируют, что доля электроэнергии, вырабатываемой ветрогенераторными установками, будет постоянно расти и к 2030 году может достичь пяти процентов. Это произойдет даже при отсутствии мощной поддержки государств и стимулов рынка. При стимулировании же развития со стороны рынка или государства результат может составить около шестнадцати процентов.

Ветроэнергетика, несомненно, является перспективной и основополагающей отраслью промышленности и при соответствующей поддержке со временем может стать одним из важнейших сегментов мировой энергетики. Правительства многих стран осознают, что мероприятия по стимулированию и развитию ветроэнергетики необходимы на международном и общегосударственном уровне. Например, существует план Европейского союза об установке к 2021 году ветроустановок порядка 180 000 МВт.

Современная ветроэнергетика во многих развитых странах мира является частью энергетических систем, а в ряде стран – одной из главных составляющих альтернативной энергетики.

Во всем мире наблюдается интенсивный прирост мощности возобновляемой энергетики. Важным фактором ее развития в различных странах, независимо от размеров, географического положения, экономического состояния и ресурсной базы энергетики, являются экологические преимущества этих источников и постоянно развивающиеся технологии повышения экологической безопасности установок на основе ветряных электростанций (ВЭС), отсутствие эмиссии парниковых газов. Во многих странах происходит выравнивание стоимостей энергии традиционных источников и ВЭС, прежде всего в связи с ужесточением экологических требований и повышением стоимости энергии традиционных электростанций,

особенно угольных, а стоимость оборудования возобновляемой энергетики столь же непрерывно снижается за счет технологического совершенствования [1].

Цель работы – анализ использования ветроэнергетического потенциала десятью ведущими странами мира и исследование возможностей использования новейших технологий в ветроэнергетике, анализ перспективности новых изобретений и пилотных проектов для дальнейшего развития и выбора наиболее целесообразных.

Изложение основного материала исследований

Во всем мире ветроэнергетика развивается быстрыми темпами. Каждый год число ветрогенераторов увеличивается на 20 %. По прогнозу WWEA, к 2022 году их суммарная мощность возрастет в четыре раза и превысит 1000 ГВт.

В настоящее время мировыми лидерами в отрасли ветроэнергетики являются 10 лидирующих стран мира: Китай, США, Германия, Испания, Индия, Италия, Франция, Канада, Бразилия, Дания. В некоторых странах Европы создаются новые проекты использования ветроэнергии, но многие из них основаны на технологических решениях, которые устарели, потому что появились несколько лет назад. Между тем ветроэнергетика динамично развивается. И ведущие страны в области преобразования энергии ветра, такие как Китай, США, Германия и другие, активно занимаются созданием новых технологий, дополняющих «классику» ветроэнергетики и представляют новые идеи, которым предстоит быть проверенными временем.

Китай является мировым лидером в области производства энергии ветра, с самой большой установленной мощностью и перспективой дальнейшего быстрого роста новых ветровых установок (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ветроэлектростанция в Китае

На основании крупных успехов, которые Китай делает в направлении развития ветроэнергетической отрасли, Мировой Банк предоставляет ему грант в рамках программы «Глобальная Окружающая Среда». В 2020 году мощность объектов ветроэнергетики Китая достигла 210 млн кВт. Государство имеет цель – постепенное увеличение сетевой мощности [2]. Страна ставит перед собой цель увеличить сетевую мощность своих установок морских ветроэнергетических объектов более чем на 5 млн кВт.

Второй мировой лидер в области ветроэнергетики – США. Это выражается и в размере существующих станций и в темпах роста установленных мощностей. К 2021 году, по про-

гнозам Американской ветроэнергетической компании, мощность малой ветроэнергетики достигнет 50 ГВт, а это около трех процентов суммарных мощностей всей страны.

На третьем месте находится Германия. В 2020 году работа ветровых электростанций предотвратила выбросы углекислого газа в атмосферу на 20 млн т. По всей Германии можно насчитать более 17 000 ветряных мельниц, а их производство давно поставлено на конвейер. В настоящее время мощность всех установленных ветрогенераторов превышает 56 ГВт, что составляет более 15 % от общей доли ветроэнергетики на планете [3].

Испания является четвертым мировым лидером в области ветроэнергетики. Испания находится в постоянном поиске альтернативных путей добычи энергии. В настоящее время ветроэнергетика обеспечивает около семидесяти процентов необходимой стране электроэнергии. Испанская компания «Аcciona» имеет более девяти тысяч генераторов по всему миру [4]. У страны есть план по полному переходу на возобновляемые источники энергии к 2050 году. Во время этого перехода, к 2030 году, предусмотрено снижение выбросов парниковых газов в атмосферу на 23 %.

Индия занимает пятое место в десятке мировых лидеров ветроэнергетики (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ветроэлектростанция в Индии

Ветроэнергетический потенциал Индии оценивается внутренним профильным министерством в 45 195 МВт. Интересным фактом является то, что любая компания Индии имеет возможность купить ветрогенератор и установить его на общественной ветряной ферме, которая поставляет энергию в сеть штата. По данным специалистов, установленная энергоемкость указанной энергии может достигать 83 ГВт к 2030 году в соответствии с существующей энергетической политикой и может превзойти 150 ГВт, если будут реализованы соответствующие планы [5].

Италия занимает шестое место в рейтинге крупнейших обладателей ветроэлектростанций. Ветроэнергетика в Италии, в конце 2015 года, состояла более чем из 1 847 ветровых турбин общей установленной мощностью 8,958 МВт. Строительство трех ветропарков началось в 2020 году, их ввод в эксплуатацию запланирован на 2021 год. При общей установленной мощности 8 МВт, электростанция сможет генерировать более 22 кВт·ч в год, что эквивалентно энергетическим потребностям около 1 800 итальянских домов. Тем самым можно ежегодно избежать выбросов почти 9 000 тонн CO₂ в атмосферу. Строительство новых «зеленых» мощностей и модернизация существующих электростанций в Италии являются ча-

стью обширной программы по развитию возобновляемых источников энергии. Согласно плану, в период с 2020 по 2022 год в стране будут запущены новые объекты возобновляемой энергетики общей мощностью 700 МВт.

Франция занимает седьмое место среди лидеров в ветроэнергетике. Правительство страны намерено отказаться от использования АЭС, что в свою очередь способствует использованию альтернативных источников энергии. Комплекс мер, принятых французским правительством, обязал компанию Электрисите де Франс приобретать электричество у «зеленых» генерирующих компаний по установленному тарифу, а также осуществлять значительные инвестиции в отрасль [6]. Сейчас мощность ветрогенераторов во Франции достигает 4 850 МВт. На их долю приходится всего 1,5 % от общего производства электроэнергии. Во Франции введена в эксплуатацию ветровая электрическая станция в коммуне Кулонж, которая считается одной из крупнейших в мире. Мощность станции составляет 36 МВт (рисунок 3).



Рисунок 3 – Ветроэлектростанция Франции

Канада заняла восьмое место среди мировых лидеров. Несмотря на активную добычу нефти, газа и каменного угля, Канада активно занимается развитием ветроэнергетики. Для этого есть все предпосылки – мощный ветровой потенциал территорий и активное развитие технологий.

Бразилия заняла девятое место в десятке мировых лидеров по ветроэнергетике. Главное преимущество Бразилии – это природные условия и особенности климата, что и делает ветроэнергетику эффективным и производительным направлением. По планам властей, к 2026 году Бразилия достигнет отметки 19 ГВт суммарной мощности ветровых установок. Одна из бразильских компаний установила рекордно низкую цену на электроэнергию от ветрогенераторов [7]. На территории Бразилии находятся одни из самых больших в мире ветростанций.

На десятом месте среди лидеров – Дания. Более 20 % электроэнергии жители страны получают благодаря энергии ветра. К 2050 году правительство Дании планирует окончательный полный переход на альтернативные источники энергии.

Исследование и анализ новейших разработок в области ветроэнергетики является актуальной задачей для ученых и технологов всего мира.

Наряду с «классикой» ветроэнергетики в настоящее время появляются и развиваются новые разработки в данной области, которые поднимают эффективность ветрогенераторов на новый уровень. Многие из этих разработок, возможно, не выйдут на уровень массового

производства и использования, однако, несомненно, откроют новые возможности в области ветроэнергетики.

Рассмотрим новые технологии ветроэнергетики:

Компания Makani Power разработала летающий ветрогенератор-планер (рисунок 4). Makani Power начала создавать планер, который будет генерировать экологически чистое электричество [8]. На высоте около 550 метров он может производить до 1 МВт электроэнергии в год.



Рисунок 4 – Ветрогенератор-планер

В последнее время было создано множество прототипов летающей ветряной турбины, специалисты ищут наилучшее решение из них, но пока ни одна из идей не вышла на уровень коммерческого предложения. Для реализации данной технологии одним из основных требований является наличие большого пространства и постоянные ветры. Возможно, проект будет реализован над морской поверхностью.

Для улавливания хаотичных завихрений между высокими зданиями городов предложены сферические устройства, конструкция которых представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Сферический ветрогенератор O-Wind

Идея заключается в том, чтобы создать турбину, которая улавливает потоки со всех сторон, в том числе сверху и снизу. Конструкция имеет приближенную к шару форму и покрыта отверстиями с широким раструбом входа и узким выходом. На основании принципа

Бернулли происходит вращение и преобразование энергии. В настоящее время в использовании только опытные образцы.

Компания Tuer Wind предлагает инновационный конвертер ветровой энергии. Это изобретение стало возможным благодаря инженерной науке, которая повторяет природные способы и методы преобразования энергии. Работа турбины основана на имитации движения крыльев колибри [8]. Ее создание стало возможным после тщательного и глубокого наблюдения за работой «прототипа» в естественных условиях.

Вместо традиционных лопастей ветряк Tuer Wind имеет два крыла из углеродного волокна, форма которых соответствует природному аналогу (рисунок 6).



Рисунок 6 – Революционный ветрогенератор «Колибри»

Готов к выпуску пилотный образец ветрогенератора Machine TW2 Himilse мощностью 1 кВт. Эффективная работа генератора начинается со скорости ветра 3,8 м/с. Указанный ветрогенератор, по заявлениям производителя, обладает довольно высоким КПД, в том числе за счет наличия двух крыльев длиной 1,6 метра.

Японская компания Challengery предложила решение для использования энергии тайфунов. Идея преобразования колоссального количества энергии тайфунов давняя, однако только недавно группа ученых и технологов разработала вертикальный генератор, предназначенный для преобразования мощных ветров от тайфунов (рисунок 7). Подсчитано, что определенное количество подобных установок способно обеспечить государство энергией от одного тайфуна на многие годы вперед. Одну турбину установили в округе Японии, чтобы испытания проходили в реальных условиях.



Рисунок 7 – Тайфунная турбина

Также появилась разработка гигантской ветровой турбины, длина лопастей которой около 200 м (рисунок 8). Турбина обладает складывающимися лопастями, которые могут закрываться при скоростях ветра, превышающих предусмотренную [8]. Несмотря на то, что такие масштабные конструкции могут помочь достичь цели Министерства Энергетики США по достижению двадцатипроцентной отметки ветроэнергии в балансе энергетики страны,

сомнения у специалистов вызывает способ монтажа в море таких гигантских конструкций. Возможно, турбины будут иметь модульную конструкцию.

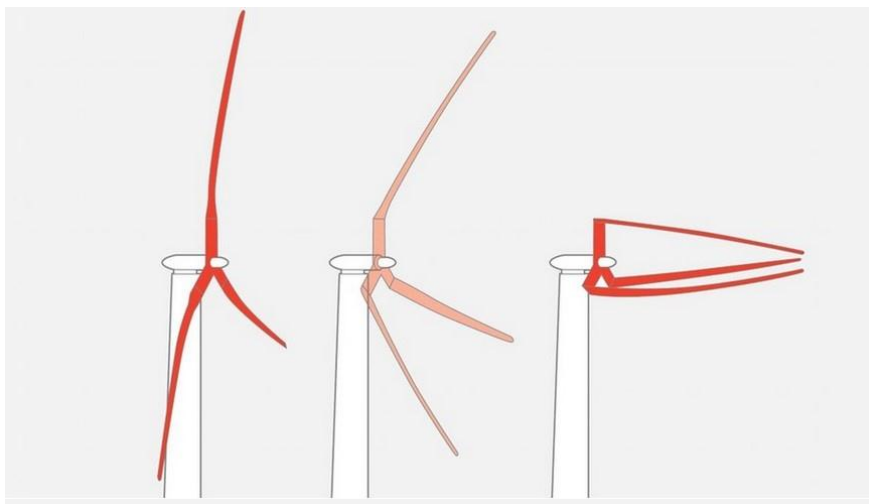


Рисунок 8 – Ветровая турбина (сегментированный ультралегкий трансформирующийся ротор)

Идея создания подобных конструкций также подмечена у природы – прототипом является пальмовый ствол, который состоит из секций, которые не ломаются под нагрузкой сильных ветров.

Еще одной современной инновацией является голландская разработка экоздания с использованием идей ветроэнергетики. Проект предусматривает создание жилого комплекса туристического назначения в форме ветрового колеса с функционирующей системой обратного водоснабжения (сбором дождевой воды) и производством биогаза. Создатели проекта намереваются продемонстрировать технические инновации в области максимального и рационального использования природных ресурсов [9]. Электростатический преобразователь ветровой энергии (EWICON) является технологией, разработанной консорциумом TU Delft and Wageningen University в контексте инновационной программы правительства. Она обеспечивает конвертацию энергии ветра в электрическую без движущихся механических частей (рисунок 9).



Рисунок 9 – Экоздание

Летающий генератор, выполненный из ткани и наполненный гелием, является разработкой Американской компании Altaeros. По планам разработчиков, установка будет парить на высоте около трехсот метров и улавливать энергию сильных порывов и потоков ветра. Помимо основного назначения установка может стать передатчиком мобильных сигналов и точкой сбора метеорологических данных (рисунок 10).



Рисунок 10 – Ветрогенератор-аэростат

Принцип преобразования энергии ветра такой же, как и в наземных установках – внутри турбины установлен генератор с лопастями, которые вращает ветер. Установка фиксируется тросом-кабелем, который удерживает ее на определенной высоте. Предполагается использование конструкции в сложных погодных условиях, поэтому подразумевается защита от различных воздействий среды. Использование аэростатов-ветрогенераторов будет в первую очередь возможно в зонах, где установка обычных ВЭУ осложнена, или в зонах, требующих срочного обеспечения электричеством [8].

Испанская компания Vortex Bladeless предлагает ветрогенератор без лопастей (рисунок 11) и заявляет, что данная конструкция превосходит традиционные ветряки по безопасности, эффективности и удобству монтажа. Турбина представляет собой вертикальные столбы, которые генерируют электричество, преобразовывая энергию вихрей воздушных потоков, образующихся при обтекании поверхности столба и раскачивании конструкций [8]. Затраты на обслуживание таких конструкций ниже, чем у традиционных установок, есть возможность устанавливать большее количество генераторов на отведенной территории, что является важным моментом при создании значительных по масштабам электростанций.



Рисунок 11 – Безлопастные генераторы

Выводы

1. Во всем мире наблюдается интенсивный прирост мощности возобновляемой энергетики. В работе проведен анализ использования ветроэнергетического потенциала десяти ведущих стран и исследование возможностей новейших технологий в ветроэнергетике, а также анализ перспективности новых изобретений и пилотных проектов для дальнейшего развития и выбора наиболее целесообразных. Эти страны постоянно развивают свои возможности и достигают новых масштабов и способов использования ветроэнергии.

2. В последние годы ветроэнергетика выходит на новый уровень и количество электроэнергии в общем мировом энергетическом секторе постоянно увеличивается.

3. Наряду с использованием классических технологий по улавливанию и преобразованию энергии ветра постоянно появляются и разрабатываются новые идеи, которые призваны использовать их еще более рационально. Многие новые разработки, пройдя соответствующие проверки и испытания, перейдут на уровень массового производства и внедрения. Некоторые разработки, которые не были внедрены в массовое производство, могут продемонстрировать миру новые возможности науки и техники в разных областях и подтолкнуть разработчиков к новым идеям.

Список литературы

1. Понятов, А. Вступив в эпоху электричества... / А. Понятов. – Текст : электронный // Наука и жизнь. – 2020. – № 1. – С. 13–19. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/37880/>.
2. Экономика Китая. Ветроэнергетика в Китае. – Текст : электронный // Epoch Times : [сайт]. – URL: <https://www.epochtimes.ru/vetroenergetika-v-kitae-sozdano-krupnejshee-v-mire-vetryanoe-koleso-99031946/>.
3. Ветряки в Германии. Ветрогенераторы и экология в Германии. – Текст : электронный // Ветродвиг.ru : [сайт]. – URL: <https://vetrodvig.ru/vetroenergetika-v-germanii/>.
4. Ветроэнергетика (развитие ветроэнергетики в Испании). – Текст : электронный // ALTER 220 : портал про альтернативную энергию. – URL: <https://vetrodvig.ru/vetroenergetika-v-germanii/>. – Дата публикации: 20.07.2017.
5. Сардана, А. Энергия ветра в Индии. – Текст : электронный // Электроэнергетика в современном мире : [сайт]. – URL: <https://myelectro.com.ua/347-enerniia-vetra-v-indii>. – Дата публикации: 02.08.2015.
6. Энергетика Франции / Развитие энергетики Франции. – Текст : электронный // Мысль: журнал о науке : [сайт]. – URL: <https://mysl.su/2019/01/energetika-francii/>. – Дата публикации: 22.01.2019.
7. Бразилия может стать мировым центром ветровой энергетики. – Текст : электронный // Econet : [сайт] / Развитие ветроэнергетики в Бразилии. – URL: <https://econet.ru/articles/178989-braziliya-mozhet-stat-mirovym-tsentrom-etrovooy-energetiki>.
8. Летящие ветряки Makani от Alphabet. – Текст : электронный // ЭкоТехника : [сайт]. – URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/3911-letayushchie-vetryaki-makani-ot-alphabet-teper-budet-sponsirovat-i-shell.html> (дата обращения: 14.02.2019).
9. Dutch Windweel – огромная ветровая турбина, концептуальное здание Роттердама. – Текст : электронный // ЭкоТехника : [сайт]. – URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/26-dutch-windweel-ogromnaya-etrovaya-turbina-v-kotoroj-budut-zhit-lyudi-kontseptualnoe-zdanie-rotterdam.html>.

Д. А. Макеева

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

Анализ и исследование возможностей новейших разработок в области ветроэнергетики

Развитие альтернативных источников энергии в настоящее время достигло высоких темпов. Ветроэнергетика занимает лидирующие позиции по распространению и использованию в мире. Наряду с технологиями, которые уже нашли широкое применение во многих странах, появляются технологии и разработки, многие из которых станут в будущем распространенными и применяемыми так же, как и существующие сегодня. Однако многие из представленных идей находятся на стадии пилотных проектов и ожидают проверки на рациональность, доступность, выгодность. Во всем мире наблюдается интенсивный прирост мощности возобновляемой энергетики. Важным фактором ее развития в различных странах, независимо от их размеров, географического положения, экономического состояния и ресурсной базы энергетики, являются экологические преимущества этих источников и постоянно развивающиеся технологии повышения экологической безопасности установок на основе ВЭС, отсутствие эмиссии парниковых газов. Показано, что во многих странах происходит выравнивание

стоимостей энергии традиционных источников и ВЭС, прежде всего в связи с ужесточением экологических требований и повышением стоимости энергии традиционных электростанций, особенно угольных, а стоимость оборудования возобновляемой энергетики столь же непрерывно снижается за счет технологического совершенствования.

В работе проведен анализ использования ветроэнергетического потенциала десяти ведущих стран и исследование возможностей новейших технологий в ветроэнергетике, а также анализ перспективности новых изобретений и пилотных проектов для дальнейшего развития и выбора наиболее целесообразных.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА, ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

D. A. Makeeva

Donetsk National Technical University, Donetsk

Analysis and Study of the Latest Developments Possibilities in the Field of the Windpower Engineering

The development of alternative energy sources has now reached high rates. Wind power is the world's leader in the distribution and use. Along with technologies that have already found wide application in many countries, technologies and developments appear, many of which will become widespread and applied in the future in the same way as those existing today. However, many of the presented ideas are at the stage of pilot projects and are awaiting verification for rationality, accessibility, and profitability. All over the world, there is an intensive increase in renewable energy capacity. An important factor in its development in various countries, regardless of the size, geographic location, economic condition and resource base of the energy sector, are the environmental advantages of these sources and the constantly developing technologies to improve the environmental safety of installations based on WPPs, the absence of greenhouse gas emissions. In many countries, the cost of energy from traditional sources and wind farms is being equalized, primarily due to the tightening of environmental requirements and an increase in the cost of energy from traditional power plants, especially coal, and the cost of renewable energy equipment is also continuously decreasing due to technological improvement.

The paper analyzes the use of the wind energy potential of a dozen leading countries and studies the latest technologies in wind energy, analyzes the prospects of new inventions and pilot projects for further development and selection of the most expedient ones.

WIND POWER, WIND POWER PLANTS, ENERGY SAVING

Сведения об авторе:

Д. А. Макеева

SPIN-код: 9826-0615

Телефон: +38 (071) 420-25-17

Эл. почта: daria.makejeva@mail.ru

Статья поступила 05.10.2020

© Д. А. Макеева, 2020

Рецензент: М. В. Коновальчик, канд. техн. наук, АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»