

Микроветроэнергетика – новое направление развития ветроэнергетики

Современные ветроэлектростанции сегодня уже мало чем напоминают свой прототип – старые ветряные мельницы. Практически не изменился лишь сам принцип работы ветроагрегатов: под напором ветра колесо с лопастями вращается, передавая крутящий момент через систему передач валу генератора. Количество электроэнергии, вырабатываемой ветрогенератором, зависит от силы ветра и площади лопастей пропеллеров. Вырабатываемая ветрогенератором мощность прямо пропорциональна кубу скорости ветра.

Сегодня в мире широко распространены ветродвигатели двух типов: крыльчатые и карусельные (роторные). Кроме ветроагрегатов традиционной конструкции, есть множество оригинальных проектов ВЭС, которые говорят о возможностях более эффективного использования энергии ветра для нужд человека [1].

ВЭУ можно разделить на промышленные (работающие исключительно параллельно с сетью) и для индивидуального пользования. Промышленные (агрегаты большой мощности) устанавливаются государством или энергокорпорациями, их объединяют в сети, создавая крупные ветроэлектростанции. Анализируя современный уровень развития ветроэнергетики, можно отметить тот факт, что строительство мощных ВЭС идет исключительно за счет наращивания единичной мощности ветрогенераторов (в США, Великобритании, Дании и Кана-

де производятся ветровые турбины мощностью 1 МВт [2, 5]) и их количества. Это ведет к удешевлению выработки электроэнергии, но в то же время выявляет ряд проблем, связанных с габаритными размерами установок, эрозией почв, сопутствующим шумом, вибрацией и т. д.

В качестве наиболее ярких примеров можно привести ветрогенератор немецкой компании REpower Systems AG с диаметром ротора 126 м. Электростанция REpower 5M (5 МВт) – совместный проект Еврокомиссии и германской земли Schleswig-Holstein. Трехлопастный

ротор (вес гондолы – 200 т) находится на башне высотой более 180 м.

Установка ветрогенераторов в открытом море (офшорные фермы), на большом удалении от берегов, повышает их экономичность, так как на просторах Мирового океана ветра дуют с большой силой. Первый прототип плавающей ветряной турбины был построен компанией H Technologies BV в декабре 2007 г.

Норвежская компания StatoilHydro и немецкий концерн Siemens разработали плавающие ветрогенераторы для морских станций большой глубины. Демонстрационная версия (турбина Hwind мощностью 2,3 МВт с июня 2009 г. находится неподалеку от берегов Норвегии. Вес ее составляет 5 300 т при высоте 65 м (рис. 1).

Недавно [3] была введена в эксплуатацию крупнейшая в мире ветряная электростанция London Array (рис. 2), расположенная в устье Темзы. Мощность станции, генерируемая всеми турбинами (175 турбин, каждая имеет диаметр ротора 120 м и мощность генератора 3,6 МВт), равна 630 МВт. Этого достаточно для сокращения годового выброса CO₂ на 900 тыс. т, что эквивалентно эмиссии 300 тыс. легковых автомобилей. Генерируемая отдельными ветряными турбинами электроэнергия передается на берег по высоковольтным подводным кабелям.

Компания Venger Wind установила на крыше медицинского центра Oklahoma



Рис. 1. Турбина Hwind (Siemens)



Рис. 2. Турбины ветроэлектростанции London Array



Рис. 3. Опытный образец плавучей платформы (Hexicon)



Рис. 4. Масштабная модель Wing 7

Medical Research Foundation в Оклахома-Сити крупнейшую в мире ветроэлектростанцию из 18 вертикальных ветротурбин V2 (4,5 кВт). Каждая из них имеет высоту 5,55 м.

Шведская компания Hexicon разработала опытный образец плавучей платформы в форме шестиугольника. Платформа может вместить 6–7 ветряных турбин общей мощностью до 40 МВт и центральный узел, который используется для управления ими (рис. 3).

Компания Makani Power, разрабатывающая летающие ветротурбины, создала масштабную модель ветряной установки мощностью 600 кВт (рис. 4). Она способна летать на высоте от 250 до 600 м и передавать энергию на землю по проводам, которые одновременно служат и удерживающим ее тросом. Турбины, закрепленные на крыле установки, работают как обычные ветряки. Недавно были проведены первые автономные летные испытания прототипа Wing 7, которые продемонстрировали возможные полетные режимы, включая взлет, планирование и посадку [6].

Работы по созданию мощных ветростанций не прекращаются. Например, на ежегодном конкурсе небоскребов eVolo в 2011 г. лучшим проектом признан небоскреб LOP2 от Atelier CMJN, который планируется построить в Нью-Дели (Индия). Проект LOP2 выглядит как огромное колесо, внутри которого находится ветряная турбина, вырабатывающая электроэнергию для офисов и жилых помещений в здании. Зеленые насаждения на этажах здания предназначены для фильтрации воздуха в городе.

Любопытный экологический небоскреб недавно спроектировал архитектор Викас Павар. Это башня, способная снабжать чистой водой, едой и энергией жителей индийского города Нойды. Эко-небоскреб также будет обеспечивать своих обитателей возобновляемой энергией, получаемой от ветра и солнца. В крытых переходах на верхних уровнях будут находиться массивные установки ветрогенераторов (рис. 5).

Недавно инжиниринговая компания Agur в сотрудничестве с академическим консорциумом при поддержке Rolls

Royce, Shell и BP представила свой проект 10MW Aerogenerator X – гигантский офшорный ветрогенератор с размахом крыльев в 275 м (дизайн основан на подражании крылатке клена-явора). Строительство первой установки планируется завершить в ближайшее время, после чего ее будут испытывать два года [6].

В настоящее время определяется новое направление ветроэнергетики – создание многомодульных установок, состоящих из единичных ветрогенераторов средней и малой мощности, включая микроветроэнергетические установки. На основании этого можно говорить о новом, перспективном и многообещающем направлении развития систем распределенного генерирования энергии – микроэнергетике. В частности, о микроветроэнергетике, что становится возможным благодаря современному уровню развития высоких технологий и позволит более эффективно использовать энергию ветра.

В качестве примера можно привести новую конструкцию ветровых турбин с вертикальной осью вращения Power Flowers (рис. 6а) голландской дизайнер-

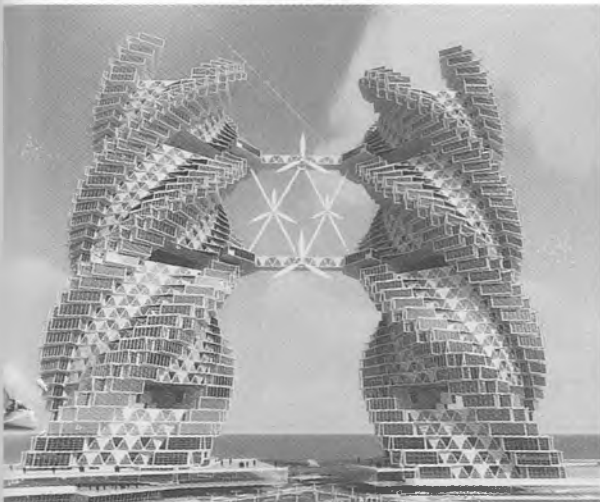
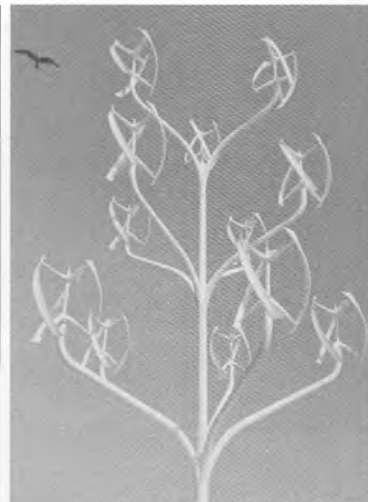


Рис. 5. Эко-небоскреб Викаса Павара



а)



б)

Рис. 6. Ветровые турбины

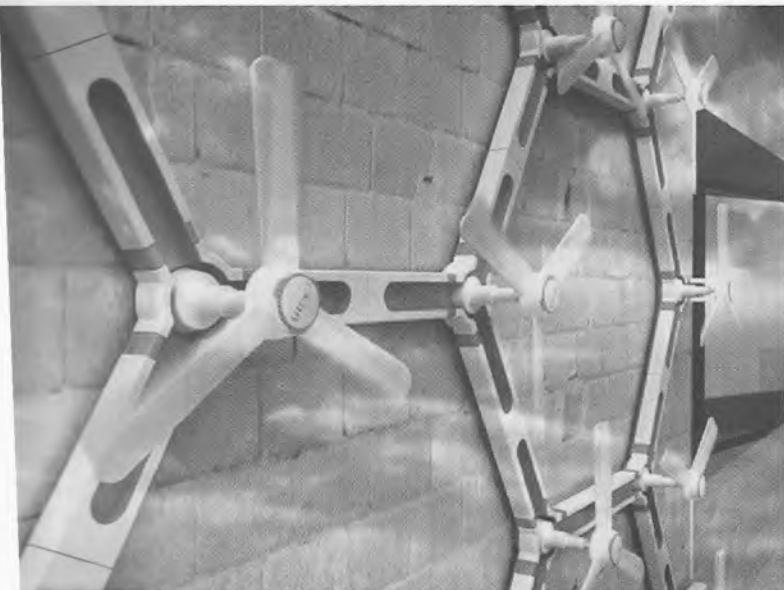


Рис. 7. Система ветряных генераторов Wind Cube



Рис. 8. Проект Solar Wind

студии NL Architects и разработку инженерных систем (Wind Tree) [6] [7], а также систему ветряных генераторов Wind Cube, которая крепится к стене здания, разработанную дизайнерами Ляо-Синь Чен и Вэнь-Чи Чан [7]. Каждая из ветровых турбин имеет большую мощность, но, собранные вместе, они могут генерировать электричество, достаточное для питания нескольких домов. Немаловажным преимуществом установок является их непосредственная близость к домам, что значительно сократит потери при передаче энергии [4].

В том же направлении архитекторами из Польши Коларосси, Джованной Сара-

цино и Луисой Сарацино разработан проект Solar Wind (рис. 8) для реконструкции старого моста между городами Салерно и Реджио (Италия), чтобы создать на его основе солнечную и ветряную электростанцию. Идея заключается в том, чтобы прикрепить к опорам моста 26 ветряных турбин разного размера, которые смогут генерировать до 36 млн кВт·ч в год.

Windflock – модульная система ветряков, которая взяла за основу принцип Lego. Каждый ветрогенератор может функционировать как по отдельности, так и подключенный к группе ветряков для увеличения производительности. Мини-ветряки не только добавляют гибкости конструкции, но и не портят внешний вид,

напоминая трехмерную кристаллическую структуру. Благодаря такому методу крепления ветрогенераторов можно распределять нагрузку на всю систему, уменьшая количество опор и растягивая конструкцию между зданиями. Компания стала победителем в конкурсе Red Dot Awards: Design Concept в 2014 г. [8].

Архитектурный проект компании Arkhenspaces, представленный на конкурсе проектов культурного центра для Тайчжуна, расположенного на Тайване, основан на сочетании устойчивых технологий и идее гибкой пространственной организации. Основной упор сделан на «стену ветра», которая покрыта растительностью и предназначена для поглощения ди-

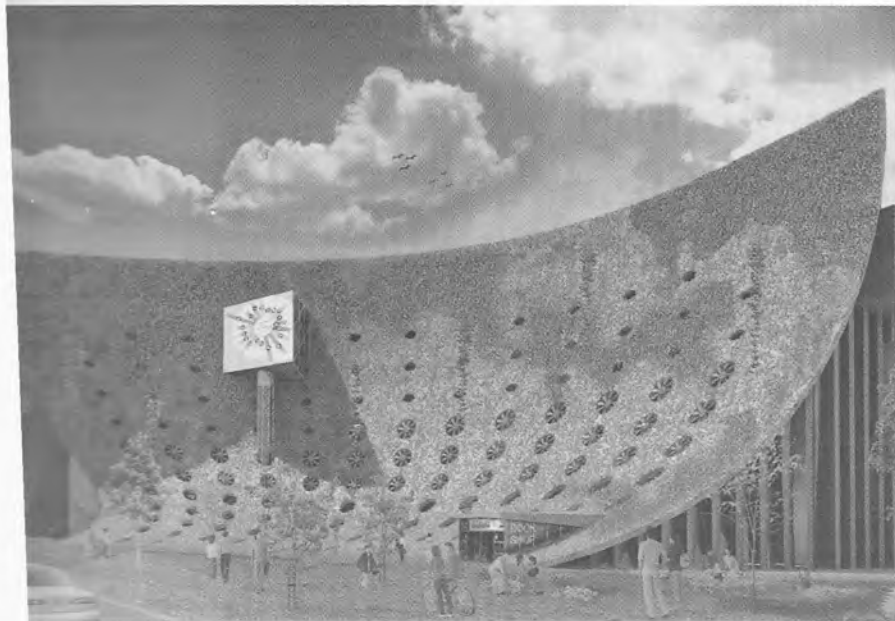


Рис. 9. Архитектурный проект компании Arkhenspaces



Рис. 10. Турбина, разработанная проектным бюро Ренцо Пиано



Рис. 11. Проект Nano Vent-Skin

оксида углерода, а также сбора энергии ветра, чему способствуют встроенные в стену небольшие турбины (рис. 9).

Компания Enel Green Power и известный итальянский архитектор Ренцо Пиано представили прототип лопасти инновационной ветряной мини-турбины. Разработанная проектным бюро Ренцо Пиано новая турбина мощностью 55 кВт улавливает даже разнонаправленный ветер на малых высотах скоростью до 2 м/с, что позволяет ей практически непрерывно вырабатывать электроэнергию. Стремясь максимально естественно вписать ветряную турбину в ландшафт, разработчики отдали предпочтение двухлопастной конструкции, а не традиционной трехлопастной. При полном штиле лопасти занимают вертикальное положение и зрительно выравниваются в одну тонкую линию со стойкой. Серийное производство новых ветряных турбин планируется начать после завершения тестирования. Новые турбины будут использоваться на ветряных электростанциях Enel Green Power в Италии, в Соединенных Штатах, Франции, Испании и Греции (рис. 10).

Лондонский дизайнер Агустин Отегуй разработал проект Nano Vent-Skin, который можно назвать одним из первых в области микроэнергетики. В основе проекта – «кожа», то есть сеть с прямоугольными ячейками по несколько сантиметров в поперечнике. Она составлена из нанопроводов, которые передают энергию и играют роль осей для множества микроветрогенераторов (рис. 11), расположенных по сторонам каждой ячейки. Длина такой микротурбины составляет 25 мм, диаметр – 10,8 мм. Внешняя поверхность турбин покрыта органической фотоэлектрической пленкой. Такая сеть может быть натянута на металлическую

раму. Крупными блоками рам с сеткой можно облицовывать стены зданий [4].

В подтверждение реальности строительства таких конструкций можно привести уже созданные микроветрогенераторы. Например, японская компания Pleiades System Designs представила комплект NYmini – универсальный набор для зарядки мобильных устройств, использующий нетрадиционные источники энергии. NYmini сочетает в себе компактность (новинка выполнена в виде миниатюрной ветряной мельницы и легко помещается на ладони) и высокую функциональность (рис. 12). Главной ее особенностью является возможность заряжать любой работающий от напряжения в 5 В цифровой прибор или мобильный телефон.

Ученые из Университета штата Техас в Арлингтоне разработали крошечный ветрогенератор. Диаметр трехлопастного ротора микромельницы всего 1,88 мм, а башня, на которой он закреплен, «высится» на 2 мм. В одно зернышко обычного риса может поместиться около 10 крошечных устройств. Каждый микроветрогенератор создан по технологии, схожей с техникой оригами. За прочность конструкции отвечает специальная аэродинамическая форма.



Рис. 12. NYmini набор для зарядки мобильных устройств

В среднем на площади в 200 мм² может разместиться до нескольких тысяч микроветрогенераторов. Как говорит разработчик, поместить модуль микрогенератора можно на рукаве или на обуви. При ходьбе и размахивании руки волны ветра будут достаточно сильными, чтобы привести в движение лопасти миниатюрных мельниц и начать получать энергию для подзарядки аккумулятора. В сентябре 2013 г. после успешной демонстрации работы этого устройства в лаборатории тайваньской компании WinMEMS не только заинтересовались технологией, но и получила права на дальнейшие разработки технологии в коммерческих целях [9].

Конструкции ВЭС постоянно совершенствуются: улучшаются аэродинамические и электрические параметры, уменьшаются механические потери и т. д. Огромные перспективы открываются у ветрогенераторов мощностью до 5 кВт (особенно для индивидуального пользования). Например, для снабжения электроэнергией частных домов, палаток на отдаленных маломерных судах, ферм, небольших производств. Создание многомодульных систем на базе мини- и микроветрогенераторов является перспективным путем повышения отдачи ветроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинова С. Типы ветродвигателей. Новые конструкции и технические решения // Энергетика и ТЭК. – 2013. – № 1.
2. [Http://www.zeleneet.com](http://www.zeleneet.com).
3. [Http://www.radiolocman.com/news/new.html!?di=148780Turbines](http://www.radiolocman.com/news/new.html!?di=148780Turbines).
4. [Http://aenergy.ru/3664](http://aenergy.ru/3664).
5. [Http://www.Aenergy.ru/category/energy-device/wind](http://www.Aenergy.ru/category/energy-device/wind).
6. [Http://regreenhub.ru/2010/07/offshoranye-vetrogeneratoriy-stanut-gigantskimi](http://regreenhub.ru/2010/07/offshoranye-vetrogeneratoriy-stanut-gigantskimi).
7. [Http://www.nauka24news.ru](http://www.nauka24news.ru).
8. [Http://www.prolite.ru](http://www.prolite.ru).
9. [Http://www.ecoafisha.ru/renewable-energy/239-mikrovetrogeneratoriy-innovatsionnyj-istochnik-energii](http://www.ecoafisha.ru/renewable-energy/239-mikrovetrogeneratoriy-innovatsionnyj-istochnik-energii).

и дает возможность более активно использовать энергию ветра.

Небольшие ветровые электростанции [5] успешно действуют во многих странах мира. В США очень поощряется строительство ветрогенераторов 1,5 кВт. По данным Американской ассоциации ветряной энергетики (AWEA), в 2006 г. в мире было продано 16 309 ветротурбин общей мощностью 35 027 кВт, причем только в США продано 6 807 малых ветряных турбин. Их суммарная мощность составила 15 543 кВт, а суммарная стоимость – 56 082 850 долл. (примерно 3 200 долл./кВт мощности, себестоимость производимой электроэнергии составила 0,10–0,11 долл./кВт).

Департамент энергетики США в конце 2007 г. объявил о готовности финансирования особо малых (до 5 кВт) ветрогенераторов персонального использования. AWEA прогнозирует, что к 2020 г. суммарная мощность малой ветряной энергетики США вырастет до 50 ГВт, что составит около 3 % от суммарных мощностей страны.

Существует множество различных суждений об эффективности работы ветроустановок, целесообразности развития ветроэнергетики как крупных ВЭС, так

ВЫВОДЫ

В настоящее время основное внимание уделяется конструкциям ВЭУ. Непрерывно решается проблема концентрации ветровой энергии и ее упорядоченности. Строительство мощных ВЭС идет исключительно за счет наращивания единичной мощности ветрогенераторов и их количества, что ведет к удешевлению киловатт-часа электроэнергии, но в то же время выявляет ряд проблем, связанных с размерами установок, эрозией почв, сопутствующим шумом, вибрацией и т. д.

Сегодня явно определяется новое направление развития ветроэнергетики – создание многомодульных установок, состоящих из единичных ветрогенераторов малой мощности, включая микроветроэнергетические установки. Таким образом, можно говорить о новом направлении развития систем распределенного генерирования энергии – микроэнергетике, в частности о микроветроэнергетике.

Современное состояние и существующий мировой опыт эксплуатации ветроустановок показывают значительные возможности и целесообразность дальнейшего развития ветроэнергетики в Беларуси. Для Беларуси представляется весьма перспективным развитие многомодульных систем распределенного генерирования энергии на базе мини- и микроэнергетических установок для индивидуального пользования. Однако в каждом случае необходим обоснованный выбор конкретной конструкции установки с учетом функционального назначения и места эксплуатации.

и установок малой мощности. Но следует признать, что уже имеющийся опыт эксплуатации ветроустановок, постоянное усовершенствование их конструкции, современный уровень развития науки и техники выявляют огромные возможности ветроэнергетики и ее пригодность для создания ветроустановок и ветро-

электростанций от гигаваттных мощностей до долей ватта.

Светлана КОНСТАНТИНОВА,
кандидат технических наук,
доцент Белорусского
национального технического
университета