

СОСТОЯНИЕ МАЛОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ

*А.А. Мирошниченко, Д.В. Коробатов, А.С. Мартьянов,
Е.Е. Соломин, А.З. Кулганатов, Е.М. Гордиевский*

Южно-Уральский государственный университет
д. 76, пр. Ленина, Челябинск, 454080, Россия
тел./факс: +79123171805; e-mail: e.solomin@bk.ru

1. Введение

Потребление электрической энергии в мире, а вместе с тем и ее стоимость растут из года в год. При этом ресурсы Земли истощаются, и всё большую тревогу вызывают экологические проблемы. В разных странах острую нехватку энергии испытывают фермеры, садоводы, люди, работающие вахтовым методом, геологи, животноводы, изолированные от центральных энергосистем и магистралей. А в городах перебои в подаче электроэнергии становятся обычным явлением из-за природных факторов, проблем с неплатёжеспособностью и просто кражи силовых кабелей. Ситуация осложняется тем, что многие высоковольтные линии электропередач изношены и требуют ремонта или полной замены токоведущих, изолирующих и опорных элементов. Учитывая тот факт, что большая часть населения нашей планеты привыкла жить в освещенных домах и пользоваться многими бытовыми приборами, даже кратковременные перебои в электроснабжении потребителя воспринимаются как небольшая, но все же самая настоящая проблема [1, 2].

В связи с этим интерес к возобновляемым экологически чистым источникам энергии – солнцу, ветру, воде, теплу земли – постоянно увеличивается. Частичное введение возобновляемых источников энергии или полное замещение ими традиционных энергоносителей позволяет не только резко сократить добычу ископаемых ресурсов, но и изменить в целом принципы получения энергии [3]. При определенных условиях и государственной поддержке в считанные десятилетия получение электроэнергии от возобновляемых источников может развиваться во множество вариаций с реализацией в различных климатических и географических условиях, что уже сегодня на опыте ряда стран позволяет рассматривать возобновляемые источники энергии на уровне государственных энергобалансов как прямую конкуренцию традиционным подходам [4]. Данная статья представляет собой анализ отчета в области малой ветроэнергетики по 2016 г. включительно, выполненного Мировой ассоциацией ветроиндустрии (The World Wind Energy Association, WWEA) [5].

При рассмотрении сведений из данной области можно выделить ряд проблем, одной из которых является сбор информации об элементах малой ветроэнергетики разных стран, что является следствием несогласованной работы изготовителей малых ветроустановок, а также трудностей в информировании органов мировой статистики. В связи с этим данные в отчете [5] для каждой страны представлены за год последней отчетности. Несмотря на это, малая распределенная энергетика продолжает свой стремительный рост и развитие.

Всё большую актуальность приобретает ветродородная тематика. Такие системы используются, прежде всего, в гибридных автономных энергокомплексах на основе возобновляемых источников энергии, включающих ветроэнергоустановки и/или солнечные модули [6]. Сдерживающим фактором является проблема безопасности при работе с водородом. Однако последние разработки типа «HYDRNOL» [7] приблизили разработчиков к абсолютно безопасной системе хранения водорода.

В последнее время вырос спрос на чистый водород и существенно расширились сферы его применения. Электролиз воды – это наиболее экономный и гибкий способ получения водорода высокой чистоты и давления (20 ÷ 30 bar). Напротив, такие альтернативные системы добычи водорода, как риформинг нефти и газа требуют больших инвестиций, кроме того, гибкость производства ограничена и очистка не экономна.

2. Малая ветроэнергетика как предмет исследования

С технической точки зрения существует несколько разновидностей малых ветровых турбин: международная организация по стандартизации, Международная электротехническая комиссия (МЭК), определяет объекты малой ветроэнергетики согласно стандарту №61400-2 как ветроэнергетические установки с ометаемой площадью турбины менее 200 м², номинальной мощностью порядка 50 кВт при напряжении ниже 1 000 В на переменном токе или 1 500 В на постоянном токе. В дополнение к этому стандарту



несколько стран разработали свое собственное определение понятия малых ветроустановок. В основном верхний предел мощности на конец 2016 г. составляет 100 кВт. Это значение во многом обусловлено ведущей ролью рынка Северной Америки и Европы. В последние десятилетия наблюдается рост доли энергии, генерируемой с помощью ветроустановок малой и средней мощности. Эта закономерность во многом обусловлена ростом заинтересованности в более крупных объединенных энергетических системах и сравнительно уменьшающемся рынке автономных систем. Тем не менее, для того чтобы правильно установить долю рынка малых ветротурбин, следует определиться с самим понятием малой ветроэнергетики. На практике основное значение верхнего предела мощности на сегодняшний день

равняется 100 кВт, хотя МЭК определяет этот предел 50 кВт [7, 8].

В основном малые ветроэнергетические установки являются автономными, следовательно, нуждаются в аккумулирующем устройстве, поскольку ветер – непредсказуемое явление, и в период безветрия потребитель без аккумулятора энергии окажется обессточенным. Удачными решениями служат разработки итальянской фирмы H2Nitidor, с которой авторы поддерживают устойчивые деловые отношения. В частности, гибридная ветро-водородная установка была опробована итальянской компанией Montalbano для переработки рыбы в автономном энергоснабжении компонентов оборудования (рис. 1).

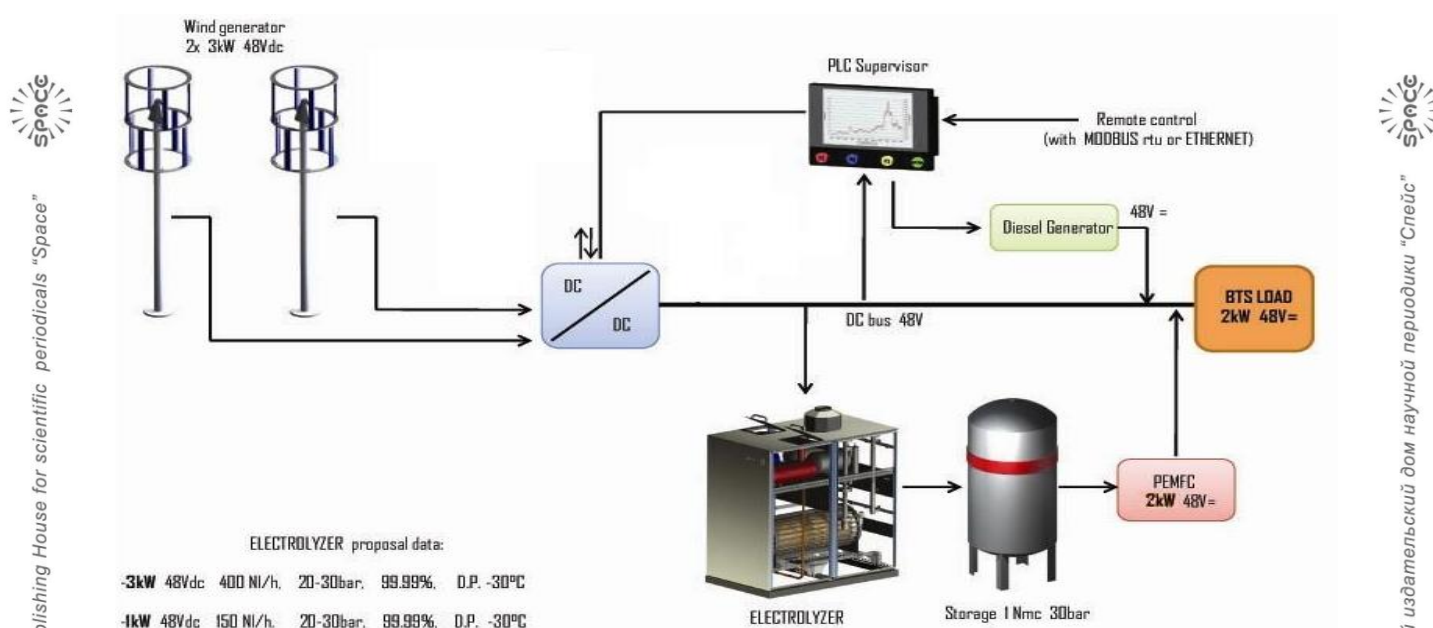


Рис. 1 – Ветро-водородный комплекс с накопителем

В проекте был применен электролизёр на 5Nm³/h давлением 30 bar. Причем качественный очищенный кислород из электролизера подается на топливные элементы, а водород посредством топливных элементов питает электроэнергией всю систему бесперебойного питания, формируя замкнутый водородный цикл в виде аккумулирующего устройства. Таким образом, система представляет собой гибридный замкнутый водородный цикл «энергия – электролизер – накопитель – топливный элемент – энергия».

3. Прирост рынка малой ветроэнергетики

Мировой рынок малой ветроэнергетики демонстрирует медленные темпы роста. После развития ветроэнергетических парков в течение 2014 г. ми-

ровому рынку малой ветроэнергетики пришлось преодолеть трудный 2015 г., которому была свойственна двойственность: маленький рост с точки зрения сроков на установку нового оборудования и большой рост с точки зрения количества установок. Крупнейшие рынки, такие как Китай, США и Великобритания, уменьшили рост количества энергетических установок в сравнении с 2014 г. [7, 9]. Новый гигант на рынке малой ветроэнергетики, Италия, продемонстрировала хороший прирост мощностей (рис. 2). По состоянию на конец 2015 г. во всем мире было установлено не менее 990 000 малых ветряных двигателей (рис. 3). Это увеличение составило 5 % (8 % в 2014 г. и 7 % в 2013 г.) по сравнению с предыдущим годом, когда было зарегистрировано 944 000 единиц [7, 10].

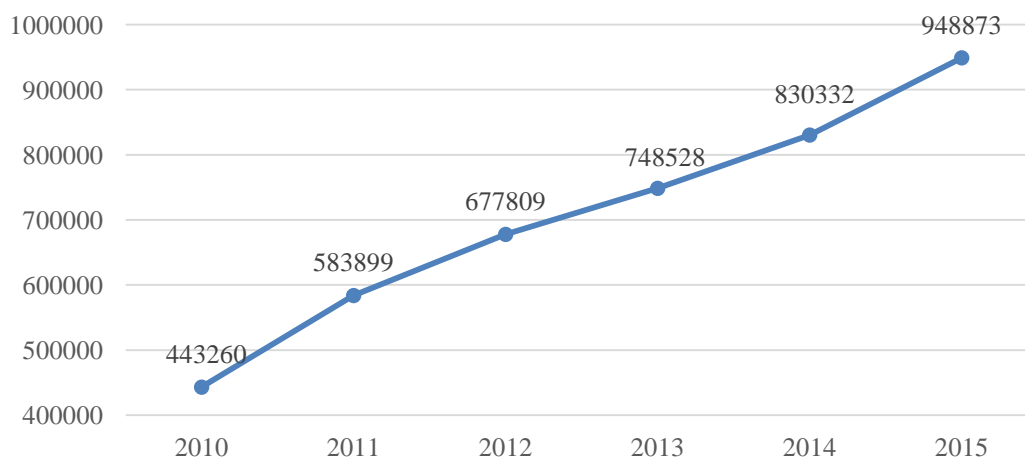


Рис. 2 – Общее количество малых ветроустановок в мире

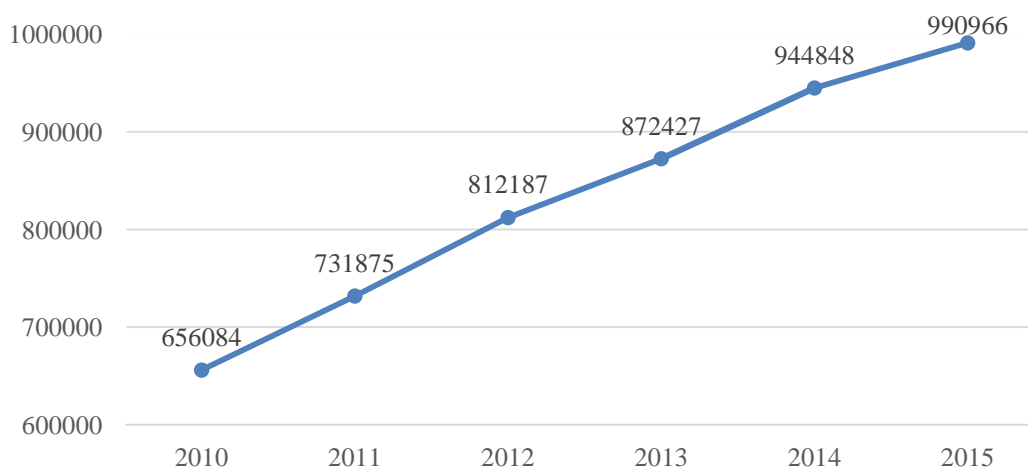


Рис. 3 – Общая совокупная установленная мощность в мире (кВт)

Цифры, представленные в отчете [7], основаны на общедоступных данных, но могут не включать в себя такой крупный рынок, как Индия. Мировая ассоциация ветроиндустрии оценивает общее количество устройств малой ветроэнергетики, установленных во всем мире, близким к одному миллиону единиц.

На начало 2016 г. Китай по-прежнему являлся лидером рынка по количеству установленных устройств. В 2015 г. прирост равнялся 43 000, что примерно на 20 000 меньше, чем в 2014 г., и общее количество ВЭУ к концу 2015 г. достигло 732 000. Китайский рынок составил почти 74 % мирового рынка по количеству установленных и 93 % новых ВЭУ в 2015 г. Согласно оценкам, приблизительно половина турбин продолжает вырабатывать электроэнергию в Китае (этот рынок начал свое развитие только в начале 1980-х гг.).

Малая ветроэнергетика в США прибавила аналогичное с прошлым годом количество новых установок. В течение 2015 г. было изготовлено 1 695 ВЭУ, что на 95 больше, чем в 2014 г. Рынок США является вторым по величине с суммарной установленной мощностью в 161 МВт, уступая Китаю, но значительно опережая ряд других активно развивающихся в сфере ветроиндустрии стран [7, 11] (рис. 4).

Большое влияние на всемирный рынок в течение последних лет оказали изменения в схеме Feed-In, введенной в Великобритании в ноябре 2012 г. В соответствии с программой FiT и Roofit, только в Великобритании в течение 2015 г. было установлено 277 энергоустановок, что составило самый малый прирост ветроэнергетического парка за все время развития страны. К сожалению, информация о доли автономных энергосистем отсутствует [12, 13].

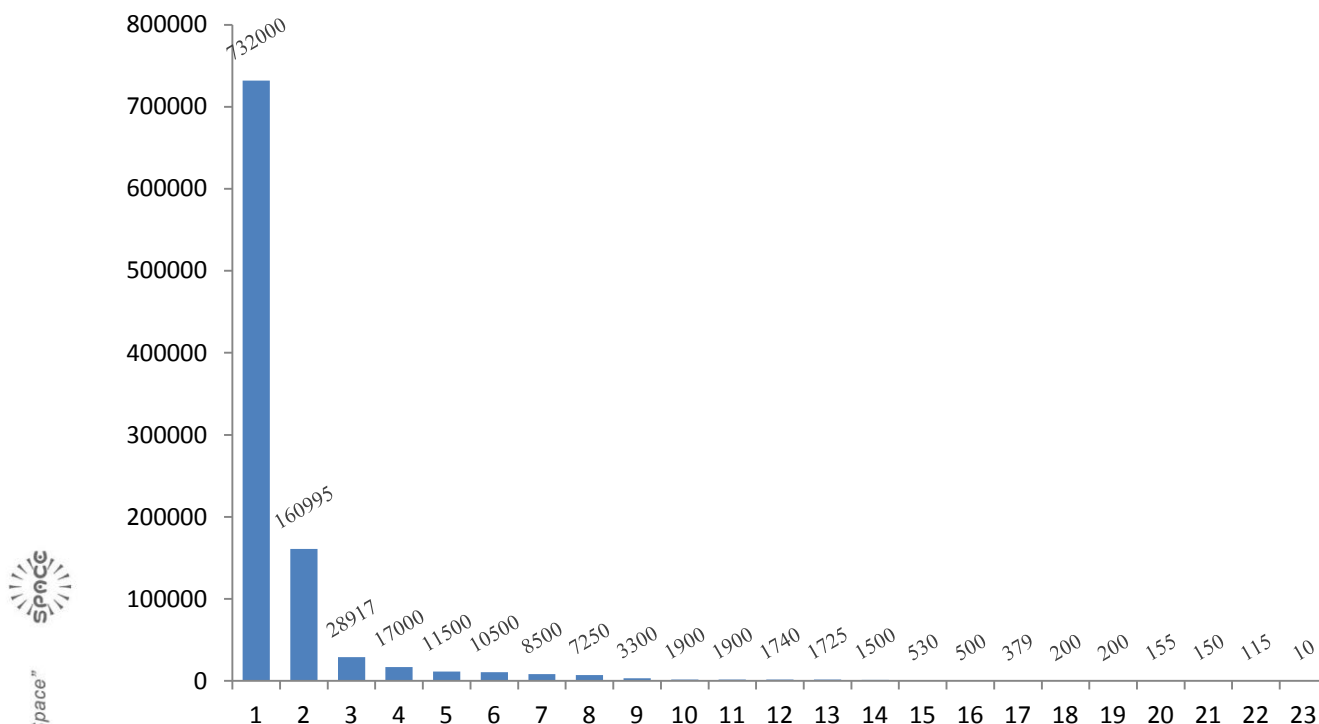


Рис. 4 – Общее количество малых ветроустановок по странам: 1 – Китай (2015); 2 – США (2015); 3 – Великобритания (2015); 4 – Германия (2015); 5 – Канада (2011); 6 – Япония (2011); 7 – Аргентина (2012); 8 – Испания (2011); 9 – Польша (2011); 10 – Швеция (2011); 11 – Южная Корея (2011); 12 – Украина (2015); 13 – Италия (2015); 14 – Россия (2012); 15 – Ирландия (2012); 16 – Дания (2013); 17 – Австралия (2015); 18 – Австрия (2011); 19 – Марокко (2012); 20 – Пакистан (2011); 21 – Куба (2012); 22 – Финляндия (2012); 23 – Афганистан (2013)

Италия стала самым важным рынком ветра среднего уровня во всем мире, особенно в диапазоне мощностей более 50 кВт. В течение 2015 г. было установлено 115 новых ветровых турбин модели SWT. Другие страны, такие как Германия, Канада, Япония и Аргентина, продолжили оставаться рынками среднего размера с общим количеством малых ветряных двигателей между 7 000 и 14 500 [7, 14].

Италия также является инноватором в области водородной энергетики. В частности, компания H2Nitidor [15] разработала одни из самых высокоэффективных топливных элементов с КПД более 24 %.

3. Динамика прироста мощностей рынка малой ветроэнергетики

Мировой рынок малой ветроэнергетики подвергся изменениям в 2015 г. Общая установленная мощность глобального рынка малой ветроэнергетики

увеличилась на 14 % [16]. Мощность рынка малой ветроэнергетики во всем мире достигла показателя более чем 948 МВт к концу 2015 г. (рис. 5). Таким образом, рост составил 14 % по сравнению с концом 2014 г., когда официально было зарегистрировано 830 МВт [15, 17].

С точки зрения установленной мощности (рис. 6), рынок Китая составляет 44 % мирового потенциала, демонстрируя стабильный прирост общего количества установок среднего размера SWT из года в год. Объем второго по величине рынка в мире, США, составляет 25 %, а третьего, Великобритании, – 15 %.

Рынок малой ветроэнергетики в США вырос на 4,4 МВт за 2015 г. после увеличения на 3,7 МВт в 2014 г. Сумма инвестиций в рынок малой ветроэнергетики составила 21 миллион долларов, что стало более высоким показателем по сравнению с прошлым годом.

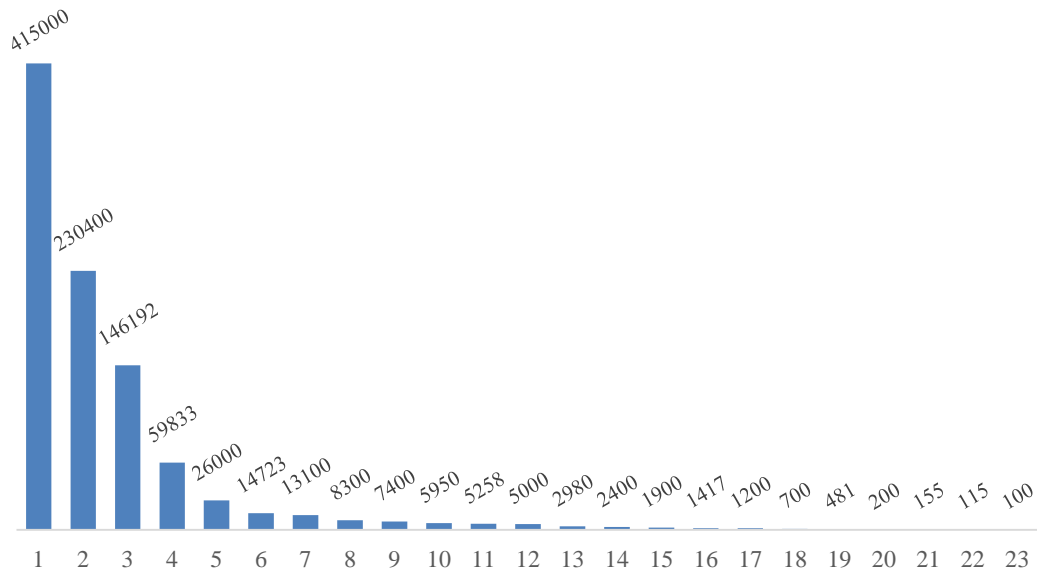


Рис. 5 – Общая установленная мощность по странам (кВт):

- 1 – Китай (2015); 2 – США (2015); 3 – Великобритания (2015); 4 – Италия (2015); 5 – Германия (2015); 6 – Украина (2015); 7 – Канада (2011); 8 – Польша (2011); 9 – Испания (2011); 10 – Аргентина (2011); 11 – Япония (2011); 12 – Дания (2013); 13 – Ирландия (2012); 14 – Индия (2011); 15 – Швеция (2011); 16 – Австралия (2015); 17 – Южная Корея (2011); 18 – Марокко (2012); 19 – Португалия (2011); 20 – Австрия (2012); 21 – Пакистан (2012); 22 – Финляндия (2012); 23 – Афганистан (2013); 24 – Непал (2013)

В Великобритании в диапазоне мощностей 1,5 ÷ 15 кВт развитие идет более активно. Так, в соответствии с программой FiT, общее количество составило 227 ВЭУ, 117 из которых были установлены в течение 2015 г. (рис. 7). Кроме того, в рамках программы Roofit в диапазоне мощностей 50 ÷ 100 кВт в 2015 г. были установлены 143 ВЭУ [5, 18].

В глобальном масштабе наблюдается увеличение среднего размера малых ветряных двигателей: в 2010 г. средняя установленная мощность составляла 0,66 кВт, в 2011 г. – 0,77 кВт, в 2012 г. – 0,84 кВт, в 2013 г. – 0,85 кВт, в 2014 г. – 0,87 кВт и в 2015 г. – 0,96 кВт. В среднем, по странам, мощность ветроэнергетических установок различна. Средняя турбина в Китае имеет мощность 0,56 кВт, у малых ветряных двигателей в США средняя мощность составляет 1,4 кВт, в Великобритании – 5,1 кВт, а в Италии средняя мощность намного выше – 37,1 кВт [5, 19, 20].

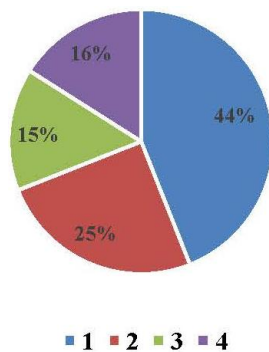


Рис. 6 – Доля в общей установленной мощности: 1 – Китай; 2 – США; 3 – Великобритания; 4 – остальной мир

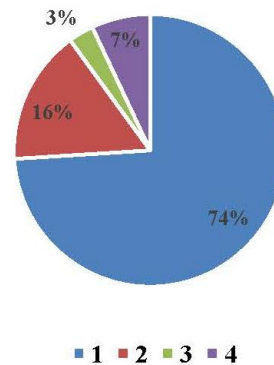


Рис. 7 – Доля всех установленных единиц: 1 – Китай; 2 – США; 3 – Великобритания; 4 – остальной мир

4. Производство малых ветряных двигателей

Пять стран (Канада, Китай, Германия, Великобритания и США) суммарно составляют более чем 50 % производителей установок для малой ветроэнергетики. К концу 2011 г. в мире насчитывалось более 330 идентифицированных производителей таких установок. Эти производители предлагают полноценные коммерческие системы генерации электроэнергии, и вместе с тем существуют свыше 300 дополнительных компаний, которые занимаются поставкой комплектующих, разрабатывают более совершенные технологии, организуют процесс консалтинга и продаж [21]. На основе мирового распределения производители турбин для малой энергетики остаются сконцентрированными в нескольких регионах мира: в Китае, в Северной Америке и в нескольких евро-

пейских странах. Развивающиеся страны продолжают играть второстепенную роль в использовании малой ветроэнергетики [22, 23].

5. Технологии и их основные применения

Доминирующую позицию на мировом рынке ветроиндустрии уже около 30 лет занимает технология HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) – ветроэнергетические установки с горизонтальной осью вращения [24]. Основываясь на исследовании [5], из 327 производителей установок для малой ветроэнергетики с конца 2011 г. 74 % коммерческих предприятия инвестировали средства в установки с горизонтальной осью вращения, в то время как только 18 % отдали предпочтение установкам с вертикальной осью. Оставшиеся 6 % попытались внедрить обе технологии. Поскольку большинство моделей с вертикальной конструкцией оси были разработаны в течение последних десятилетий, охват этой доли на рынке остается относительно небольшим [25]. Средняя номинальная мощность технологии VAWT (Vertical Axis Wind Turbine), по оценкам ученых, составляет 7,4 кВт по сравнению с медианной мощностью, которая равняется всего 2,5 кВт. В сравнении с HAWT, у установок с VAWT средняя и медианная номинальная мощность оказалась намного меньше. Из 157 турбин с вертикальной ориентацией оси у 88 %

мощность оказалась ниже 10 кВт, а у 75 % – менее 5 кВт. Эти показатели хорошо сопоставляются с фактическим рыночным спросом, поскольку мощность средней энергоустановки малой ветроэнергетики, продаваемой (табл. 1) в 2011 г., была 1,6 кВт [26, 27]. Несмотря на потребности рынка в ветроэнергетических установках с подключением к глобальным электрическим сетям, малые автономные ветроустановки продолжают играть важную роль в удаленных районах развивающихся стран. Такие установки обеспечивают электрификацию сельской местности, телекоммуникационные станции, прибрежную генерацию и гибридные системы, работающие совместно с дизельными генераторами и фотоэлектрическими преобразователями. Более чем 80 % производителей предлагают ветроэнергетические установки, предусматривающие автономную работу. Например, в Китае автономные ветроустановки составляли 97 % рынка в 2009 г., и еще 2,4 млн домашних хозяйств до сих пор испытывают трудности с электроснабжением, что говорит о высоком потенциале рынка автономных ВЭУ. В США малые ветряные двигатели, работающие отдельно от единой энергосистемы, составляют большинство установленных в стране ветротурбин. По этим причинам автономные установки будут продолжать играть значительную роль в Китае и во многих других странах с неэлектрифицированными районами [28, 29].

Таблица 1

Тариф за выработку электроэнергии ветроустановками малой мощности

Страна/регион	Мощность, кВт	Стоимость Евро/кВт	Страна/регион	Мощность, кВт	Стоимость Евро/кВт
Канада			Япония	< 20	0,464
Новая Шотландия	< 50	0,340		> 20	0,185
	> 50	0,089	Люксембург		0,091
Китай		0,134 ÷ 0,201	Португалия	< 3,68	0,432
Китайский Тайбэй	1 ÷ 20	0,237	Сербия		0,092
	> 20	0,078	Словения	< 1000	0,095
Чехия		0,071	Швейцария	< 10000	0,179
Дания	< 10	0,330	Великобритания	< 20	0,464
	10 ÷ 25	0,200		> 20	0,185
Греция	< 50	0,250	США		
Италия	< 1000	0,300	Штат Гавайи	< 100	0,110
Израиль	< 15	0,250	Штат Вермонт	< 15	0,200

6. Прогноз развития мирового рынка ветротурбин до 2020 г.

Несмотря на то что в течение последних двух лет на мировом рынке малой ветроэнергетики наблюдался медленный рост, прогнозируется, что рынок

будет расти. Предполагается, что минимальный темп роста составит 12 % в год. Согласно прогнозам (рис. 8), в 2020 г. установленная мощность будет увеличена примерно на 270 МВт, а к 2020 г. она достигнет совокупной установленной мощности около 1,9 ГВт [5, 30].



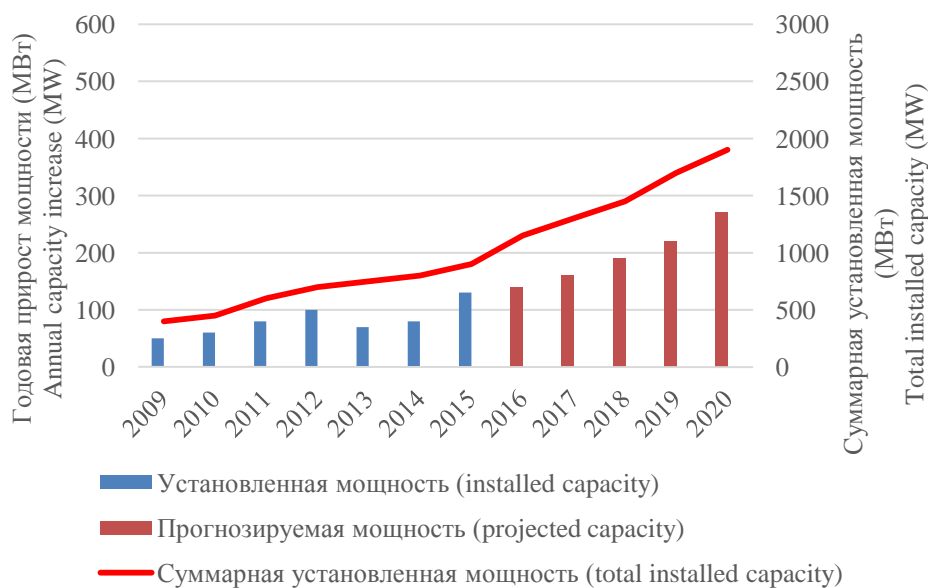


Рис. 8 – Прогноз развития мирового рынка ветротурбин до 2020 г.

7. Заключение

По данным отчета Мировой ассоциации ветроиндустрии в области малой ветроэнергетики прогнозируется дальнейшее развитие мирового рынка ветротурбин.

Ожидаемый прирост парка ветроэнергетических установок до 2020 г. может составить до 2 000 МВт установленной мощности. Это обусловлено возрастающей необходимостью отказа от традиционных видов энергодобычи в пользу возобновляемых источников энергии, особенно малой ветроэнергетики, которая активно развивается наряду с такими гигантами возобновляемой энергетики, как солнечная энергетика и гидроэнергетика.

Очевидна своевременность и необходимость исследования неучтенных мощностей в электрификации удаленных автономных объектов. Проанализирован прирост рынка малых ветротурбин для стран, занимающих лидирующие позиции, с указанием исполнения ветровых энергетических установок (прирост выделен в процентах по каждой стране за определенный период наблюдений). Статистика использования малых ветроэнергетических установок во всем мире показывает, что доминирующую позицию на мировом рынке занимают ВЭУ с горизонтальной осью вращения, однако доля ВЭУ с вертикальной осью вращения увеличивается.

Ожидается, что минимальный темп роста рынка малой ветроэнергетики составит 12 % в год.

Развивается малая ветро-водородная индустрия с использованием гибридного замкнутого водородного цикла «энергия – электролизер – накопитель – топливный элемент – энергия». Такая система может эффективно применяться для автономного питания ответственных объектов (аэропортов, навигационных систем, следящих комплексов и т.д.).

Список литературы

- [1] Сироткин, Е.А. Преимущества аэрации заморных водоемов на основе возобновляемых источников энергии [Текст] / Е.А. Сироткин [и др.] // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2014. – № 5. – С. 37–41.
- [2] Voronin, S.G. Effect of different winding switching methods on regulating and energetic characteristics of synchronous motor with permanent magnet excitation / S.G. Voronin [et al.] // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 129. – P. 962–969.
- [3] Коробатов, Д.В. Способы реализации векторного управления вентильным электродвигателем [Текст] / Д.В. Коробатов, Н.Ю. Сидоренко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2004. – № 5. – С. 84.
- [4] Voronin, S.G. Mathematical model of synchronous motor in small oscillation mode [Текст] / S.G. Voronin [et al.] // Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS. – 2014. – P. 6986862.
- [5] WWEA half-year report [Электронный ресурс]. – Available on: <http://www.wwindea.org>
- [6] Process Economics Program Report 32B. SMALL-SCALE HYDROGEN PLANTS / HIS Markit. – July 2003. [Электронный ресурс]. – Available on: https://www.ihs.com/pdf/RP032B_toc_173682110917062932.pdf.
- [7] Dr. Esmaeel D. Naemi, Dr. Dan Graham, and Barton F. Norton. HYDRNOL™: Organic Liquid Storage for Hydrogen. Material Matters Volume 2 Article 2. Asemblon, Inc. [Электронный ресурс]. – Available on: <https://www.sigmaldrich.com/technical-documents/articles/material-matters/introducing-hydrnol.html>.
- [8] Sirotkin, E.A. State of world wind industry development / E.A. Sirotkin E.V. Solomin // International



Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). – 2014. – No. 1. – P. 22–26.

[9] Sirotkin, E.A. Status of world small wind power / E.A. Sirotkin, E.V. Solomin // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). – 2014. – No. 1. – P. 27–31.

[10] Sirotkin, E.A. Controlling speed of vertical axis wind turbine rotor / E.A. Sirotkin. [et al.] // International scientific journal for Alternative energy and ecology (ISJAEE). – 2014. – No. 1. – P. 32–35.

[11] Коробатов, Д.В. Регулирование мощности ветроэнергетической установки [Текст] / Д.В. Коробатов, Е.А. Сироткин, А.О. Троицкий // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2016. – № 15–18. – С. 67–74.

[12] Сироткин, Е.А. Состояние малой ветроэнергетики в мире [Текст] / Е.В. Соломин, Е.А. Сироткин. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2014. – № 5. – С. 26–31.

[13] Сироткин, Е.А. Состояние развития мировой ветроиндустрии [Текст] / Е.А. Сироткин, Е.В. Соломин // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2014. – № 5. – С. 20–25.

[14] Hannover Messe. Hydrogen. Fuel cells. Batteries. H2Nitidor [Электронный ресурс]. – Available on: <http://www.h2fc-fair.com/hm14/exhibitors/h2nitidor.html>.

[15] Сироткин, Е.А. Историко-экономический анализ ветроэнергетических установок и систем управления [Текст] / Е.А. Сироткин, Д.В. Коробатов, С.В. Козлов // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2016. – № 15–18. – С. 54–66.

[16] Соломин, Е.В. Результаты испытаний и эксплуатации вертикально-осевых ветроэнергетических установок [Текст] / Е.В. Соломин, Е.А. Сироткин, Е.Е. Соломин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – № 3 (15). – С. 70–83.

[17] Троицкий, А.О. Классификация систем управления ветроэнергетических установок [Текст] / А.О. Троицкий, Д.В. Коробатов, С.В. Козлов, Е.А. Сироткин // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2016. – № 13–14. – С. 38–45.

[18] Соломин, Е.В. Мировая малая ветроэнергетика, анализ состояния / Е.В. Соломин // Наука ЮУрГУ Материалы 66-й научной конференции [Электронный ресурс] / Е.В. Соломин, Е.А. Сироткин. – 2014. – С. 1371–1377.

[19] Соломин, Е.В. Анализ развития мировой ветроэнергетической промышленности за 2010–2013 года / Е.В. Соломин // Наука ЮУрГУ Материалы 66-й научной конференции (Электронный ресурс). / Е.В. Соломин, А.С. Аникин, Е.А. Сироткин. – 2014. – С. 1366–1370.

[20] Сироткин, Е.А. Оптимизация процесса работы механических систем торможения ветроэнергетических установок [Текст] / Е.А. Сироткин, Е.С. Бодрова., А.А. Мирошниченко // Вестник науки и образования Северо-запада России. – 2018. – Т. 4. – № 3–С. 50–54.

[21] Sirotkin, E.A. Analysis of wind turbines lifetime stages / E.A. Sirotkin [et al.] // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE). – 2014. – No. 1. – P. 32–35.

[22] Сироткин, Е.А. Система автоматической очистки поверхности солнечного модуля / Е.А. Сироткин, Д.В. Коробатов, О.В. Серадская [Текст] // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2016. – № 11–12. – С. 59–67.

[23] Сироткин, Е.А. Вибрационный генератор энергии для системы аварийного торможения ветроэнергетической установки [Текст] / Е.А. Сироткин, Д.В. Коробатов, С.В. Козлов // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2016. – № 13–14. – С. 31–37.

[24] Sirotkin, E.A. Advantages of ice-covered water pools aeration using renewable energy sources [Текст] // E.A. Sirotkin [et al.] // International scientific journal for Alternative energy and ecology (ISJAEE). – 2014. – No. 1. – P. 53–56.

[25] Сироткин, Е.А. Особенности технологии управления ветроэнергетическими установками [Текст] / Е.А. Сироткин // В сборнике: Наука ЮУрГУ Материалы 68-й научной конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет. – 2016. – С. 849–858.

[26] Sirotkin, E.A. Adaptive control over the permanent characteristics of a wind turbine / E.A. Sirotkin, E.V., Solomin, A.S. Martyanov // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 129. – P. 640–646.

[27] Соломин, Е.В. Эффективные методы регулирования мощности устройств на основе ВИЭ [Текст] / Е.В. Соломин [и др.] // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2016. – № 11–12. – С. 69–78.

[28] Соломин, Е.В. Анализ жизненных фаз ветроэнергетической установки [Текст] / А.С. Аникин [и др.] // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2014. – № 5. – С. 37–41.

[29] Долгошеев, В.В. Обзор мировой ветроиндустрии за 2016 год [Текст] / В.В. Долгошеев [и др.] // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2018 – № 7–9. – С. 105–113.

[30] Мартьянов, А.С. Система освещения, основанная на ветроэнергетической установке [Текст] / А.С. Мартьянов, Е.В. Соломин // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2010. – № 1. – С. 101–105.

