

УДК 620.92

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ
ДУЙНӨЛҮК ШАМАЛ ЭНЕРГЕТИКАСЫНЫН ӨНҮГҮҮСҮНҮН АБАЛЫНА
СЕРЕП САЛУУ
REVIEW OF THE STATE OF THE GLOBAL WIND ENERGY

*Белеков Т.Э. к.т.н., доцент, Жуманалиева М.У.
Жалал-Абадский государственный университет*

Аннотации: В статье рассмотрены вопросы возможности и необходимости развития ветроэнергетики в Кыргызской Республике. Проведен краткий обзор использования ветряной энергии в мировой практике.

Макалада Кыргыз Республикасындагы шамал энергетикасын өнүктүрүү мүмкүнчүлүктөрү жана зарылчылыгы каралды. Дүйнөлүк практикада шамал энергиясын колдонуучуларга кыскача сереп жүргүзүлдү

In article questions of an opportunity and need of development of wind power for the Kyrgyz Republic are considered. The short review of use of wind energy in world practice is carried out.

В горных районах Кыргызской Республики определяющие особенности структуры народного хозяйства характерны развитие высокопродуктивного сельского хозяйства, с которым связаны предприятия пищевой промышленности.

Если крупные предгорные и некоторые горные селения можно снабжать электроэнергией от более мощных энергетических установок, то хозяйства малых горных селений, ферм и предприятий должны базироваться на энергии мелких, обычно индивидуальных установок, так как передача небольших количеств энергии на значительные расстояния и часто в трудных условиях строительства линий электропередачи невыгодна.

Для электрификации сельского хозяйства предгорной полосы существенное значение имеет использование энергии ветра. К следующей группе потребителей электроэнергии в горных районах относятся курорты, санатории, туристские базы, альпинистские лагеря и т. п., иногда образующие значительные поселения, иногда же рассеянные в горах изолированными группами. В последнем случае они должны обеспечиваться электроэнергией от небольших энергоустановок, так как объединение их вокруг общей электроснабжающей точки обычно невозможно.

В горных районах, обильных ветрами, развитие народного хозяйства должно базироваться главным образом на ветроэнергии; однако в ряде горных районов роль ее в покрытии энергобаланса до сих пор нулевая.

Уже очень давно, видя, какие разрушения могут приносить бури и ураганы, человек задумывался над тем, нельзя ли использовать энергию ветра.

Ветряные мельницы с крыльями-парусами из ткани первыми начали сооружать древние персы свыше 1,5 тыс. лет назад. В дальнейшем ветряные мельницы совершенствовались. В Европе они не только мололи муку, но и откачивали воду, сбивали масло, как, например в Голландии. Первый электрогенератор был сконструирован в Дании в 1890 г. Через 20 лет в стране работали уже сотни подобных установок [10].

Энергия ветра очень велика. Ее запасы по оценкам Всемирной метеорологической организации, составляют 170 трлн кВт·ч в год. Эту энергию можно получать, не загрязняя окружающую среду. Но у ветра есть два существенных недостатка: его энергия сильно

рассеяна в пространстве и он непредсказуем – часто меняет направление, вдруг затихает даже в самых ветреных районах земного шара, а иногда достигает такой силы, что ломают ветряки [2].

Строительство, содержание, ремонт ветроустановок, круглосуточно работающих в любую погоду под открытым небом, стоит недешево. Ветроэлектростанция такой же мощности, как ГЭС, ТЭЦ или АЭС, по сравнению с ними должна занимать большую площадь. К тому же ветроэлектростанции небезвредны: они мешают полетам птиц и насекомых, шумят, отражают радиоволны вращающимися лопастями, создавая помехи приему телепередач в близлежащих населенных пунктах [4].

Принцип работы ветроустановок очень прост: лопасти, которые вращаются за счет силы ветра, через вал передают механическую энергию к электрогенератору. Тот в свою очередь вырабатывает энергию электрическую. Получается, что ветроэлектростанции работают как игрушечные машины на батарейках, только принцип их действия противоположен. Вместо преобразования электрической энергии в механическую, энергия ветра превращается электрический ток.

Для получения энергии ветра применяют разные конструкции: многолопастные «ромашки»; винты вроде самолетных пропеллеров с тремя, двумя и даже одной лопастью (тогда у нее есть груз противовеса); вертикальные роторы, напоминающие разрезанную вдоль и насаженную на ось бочку; некое подобие «вставшего дыбом» вертолетного винта: наружные концы его лопастей загнуты вверх и соединены между собой. Вертикальные конструкции хороши тем, что улавливают ветер любого направления. Остальным приходится разворачиваться по ветру [9].

Чтобы как-то компенсировать изменчивость ветра, сооружают огромные «ветренные фермы». Ветро двигатели там стоят рядами на обширном пространстве и работают на единую сеть. На одном краю «фермы» может дуть ветер, на другом в это время тихо. Ветряки нельзя ставить слишком близко, чтобы они не загоразживали друг друга. Поэтому ферма занимает много места. Такие фермы есть в США, во Франции, в Англии, а в Дании «ветряную ферму» разместили на прибрежном мелководье Северного моря: там она никому не мешает и ветер устойчивее, чем на суше [1].

Чтобы снизить зависимость от непостоянного направления и силы ветра, в систему включают маховики, частично сглаживающие порывы ветра, и разного рода аккумуляторы. Чаще всего они электрические. Но применяют также воздушные (ветряк нагнетает воздух в баллоны; выходя оттуда, его ровная струя вращает турбину с электрогенератором) и гидравлические (силой ветра вода поднимается на определенную высоту, а, падая вниз, вращает турбину). Ставят также электролизные аккумуляторы. Ветряк дает электрический ток, разлагающий воду на кислород и водород. Их запасают в баллонах и по мере необходимости сжигают в топливном элементе (т.е. в химическом реакторе, где энергия горючего превращается в электричество) либо в газовой турбине, вновь получая ток, но уже без резких колебаний напряжения, связанного с капризами ветра [8].

Сейчас в мире работает более 30 тыс. ветроустановок различной мощности. Германия получает от ветра 10% своей электроэнергии, а всей Западной Европе ветер дает 2500 МВт электроэнергии. По мере того как ветряные электростанции окупаются, а их конструкции совершенствуются, цена воздушного электричества падает. Так, в 1993 г. во Франции себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии, полученной на ветростанции, равнялась 40 сантимам, а к 2000 году она снизилась в 1,5 раза. Правда энергия АЭС обходится всего в 12 сантимов за 1 кВт·ч [1].

Динамика исследования по видам ВИЭ в мире характеризуется следующими данными.

Установленная мощность ветроустановок в мире увеличилась с 6172 МВт в 1996 г., до 12000 МВт в 1999 г. и до 23000 МВт в 2001 г. Прогноз на 2006 г. – около 3600 МВт. Страны-лидеры: Германия – 4444 МВт, США – 1819 МВт; Дания – 1752 МВт; Испания – 1539 МВт; Индия – 1100 МВт [2].

Оборот ветроэнергетической индустрии в мире в 1998 г. составил 1,7 млрд долларов и по сравнению с 1997 г. увеличился на 31 % [2].

В Германии, например, только за первую половину 2001 г. введены в эксплуатацию ветроэнергетические установки (ВЭС) мощностью 800 МВт, что на 50 % больше, чем за весь 2000 г., а всего в стране на 2001 г. установлено почти 10000 МВт ВУ. Их доля в выработке электроэнергии составила более 2,5 % [1].

Некоторые страны особенно интенсивно развивают ветроэнергетику, в частности, на 2009 год в Дании с помощью ветрогенераторов производится 20 % всего электричества, в Португалии — 16 %, в Ирландии — 14 %, в Испании — 13 %. В мае 2009 года 80 стран мира использовали ветроэнергетику на коммерческой основе [1].

Ветряные мельницы, производящие электричество, были изобретены в 19-м веке в Дании. Там в 1890-м году была построена первая ветроэлектростанция, а к 1908-му году насчитывалось уже 72 станции мощностью от 5 до 25 кВт [1]

Мощность ветрогенератора зависит от площади, ометаемой лопастями генератора, и высоты над поверхностью. Например, турбины мощностью 3 МВт (V90) производства датской фирмы Vestas имеют общую высоту 115 метров, высоту башни 70 метров и диаметр лопастей 90 метров [3].

| Мощности ветрогенераторов и их размеры | | | |
|--|------------|-------|---------|
| Параметр | 1 МВт | 2 МВт | 2,3 МВт |
| Высота мачты | 50м – 60 м | 80 м | 80 м |
| Длина лопасти | 26 м | 37 м | 40 м |
| Диаметр ротора | 54 м | 76 м | 82,4 м |
| Вес ротора на оси | 25 т | 52 т | 52 т |
| Полный вес машинного отделения | 40 т | 82 т | 82,5 т |

Современные генераторы (2010 год) уже вышли на этот рубеж, и их количество резко растёт в мире. Ветрогенератор начинает производить ток при ветре 3 м/с и отключается при ветре более 25 м/с. Максимальная мощность достигается при ветре 15 м/с

В 2010 году суммарные мощности ветряной энергетики выросли во всем мире до 196,6 ГВт. В 2010 году в Европе было сконцентрировано 44% установленных ветряных электростанций, в Азии – 31%, в Северной Америке – 22% [2].

Технический потенциал ветровой энергии России оценивается свыше 50 000 миллиардов кВт·ч/год. Экономический потенциал составляет примерно 260 млрд кВт·ч/год, то есть около 30 процентов производства электроэнергии всеми электростанциями России [9].

Современные ветрогенераторы работают при скоростях ветра от 3—4 м/с до 25 м/с.

В августе [2002 года](#) компания [Enercon](#) построила прототип ветрогенератора E-112 мощностью 4,5 МВт. До декабря [2004 года](#) турбина оставалась крупнейшей в мире. В декабре [2004 года](#) [германская](#) компания [REpower Systems](#) построила свой ветрогенератор мощностью 5,0 МВт. Диаметр ротора этой турбины 126 метров, вес гондолы — 200 тонн, высота башни — 120 м. В конце [2005 года](#) Enercon увеличил мощность своего ветрогенератора до 6,0 МВт. Диаметр ротора составил 114 метров, высота башни 124

метра. Компания Clipper Windpower разрабатывает ветрогенератор мощностью 7,5 МВт для офшорного применения [3].

Наибольшее распространение в мире получила конструкция [ветрогенератора](#) с тремя лопастями и горизонтальной осью вращения, хотя кое-где ещё встречаются и двухлопастные. Были попытки построить ветрогенераторы так называемой ортогональной конструкции, то есть с вертикальным расположением оси вращения. Считается, что они имеют преимущество в виде очень малой скорости ветра, необходимой для начала работы [ветрогенератора](#). Главная проблема таких генераторов — механизм торможения. В силу этой и некоторых других технических проблем ортогональные ветроагрегаты не получили практического распространения в ветроэнергетике [6].

Наиболее перспективными местами для производства энергии из ветра считаются прибрежные зоны. В море, на расстоянии 10—12 км от берега (а иногда и дальше), строятся офшорные [ветряные электростанции](#). Башни [ветрогенераторов](#) устанавливаются на фундаментах из свай, забитых на глубину до 30 метров [11].

Могут использоваться и другие типы подводных фундаментов, а также плавающие основания. Первый прототип плавающей ветряной турбины построен компанией [H Technologies BV](#) в декабре [2007 года](#). Ветрогенератор мощностью 80 кВт установлен на плавающей платформе в [10,6 морских милях](#) от берега Южной Италии на участке моря глубиной 108 метров. 5 июня 2009 года компании Siemens AG и норвежская [Statoil](#) объявили об установке первой в мире коммерческой плавающей ветроэнергетической турбины мощностью 2,3 МВт, производства Siemens Renewable Energy [11].

В [2008 году](#) суммарные мощности ветряной энергетики выросли во всём мире до 120 ГВт. Ветряные электростанции всего мира в 2007 году произвели около 200 млрд [кВт·ч](#), что составляет примерно 1,3 % мирового потребления электроэнергии. Во всём мире в [2008 году](#) в индустрии ветроэнергетики были заняты более 400 тысяч человек. В 2008 году мировой рынок оборудования для ветроэнергетики вырос до 36,5 миллиардов евро, или около 46,8 миллиардов американских долларов [2].

Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты.

Мощность высотных потоков ветра (на высотах 7-14 км) примерно в 10-15 раз выше, чем у приземных. Эти потоки обладают постоянством, почти не меняясь в течение года. Возможно использование потоков, расположенных даже над густонаселёнными территориями (например — городами), без ущерба для хозяйственной деятельности.

Правительством [Канады](#) установлена цель к [2016 году](#) производить 10 % электроэнергии из энергии ветра.

[Германия](#) планирует к [2020 году](#) производить 20 % электроэнергии из энергии ветра.

Европейским Союзом установлена цель: к [2020 году](#) установить 180 тыс. МВт [ветрогенераторов](#).

В [Китае](#) принят Национальный План Развития. Планируется, что установленные мощности [Китая](#) должны вырасти до 30 тыс. МВт к [2020 году](#).

[Новая Зеландия](#) планирует производить из энергии ветра 20 % электроэнергии.

Международное Энергетическое Агентство International Energy Agency (IEA) прогнозирует, что к [2030 году](#) спрос на ветрогенерацию составит 4800 гигаватт [2].

Себестоимость электричества, производимого [ветрогенераторами](#), зависит от скорости ветра.

| | |
|----------------|--|
| Скорость ветра | Себестоимость (для США, 2004 год) |
| 7,16 м/с | 4,8 цента/кВт·ч; |

| | |
|----------|------------------|
| 8,08 м/с | 3,6 цента/кВт·ч; |
| 9,32 м/с | 2,6 цента/кВт·ч. |

Для сравнения: себестоимость электричества, производимого на [угольных](#) электростанциях [США](#), 4,5—6 цента/кВт·ч. Средняя стоимость электричества в [Китае](#) 4 цента/кВт·ч [2].

Ветроэнергетика является нерегулируемым источником энергии. Выработка ветроэлектростанции зависит от силы ветра — фактора, отличающегося большим непостоянством. Соответственно, выдача электроэнергии с [ветрогенератора](#) в [энергосистему](#) отличается большой неравномерностью как в суточном, так и в недельном, месячном, годовом и многолетнем разрезе. Учитывая, что энергосистема сама имеет неоднородности нагрузки (пики и провалы энергопотребления), регулировать которые ветроэнергетика, естественно, не может, введение значительной доли ветроэнергетики в энергосистему способствует её дестабилизации. Понятно, что ветроэнергетика требует резерва мощности в энергосистеме (например, в виде газотурбинных электростанций), а также механизмов сглаживания неоднородности их выработки (в виде [ГЭС](#) или [ГАЭС](#)). Данная особенность ветроэнергетики существенно удорожает получаемую от них электроэнергию. Энергосистемы с большой неохотой подключают ветрогенераторы к энергосетям, что привело к появлению законодательных актов, обязующих их это делать.

По данным испанских компаний «Gamesa Eolica» и «WinWind» точность прогнозов выдачи энергии ветростанций при почасовом планировании на рынке «на день вперед» или спотовом режиме превышает 95 % [1].

Небольшие единичные ветроустановки могут иметь проблемы с сетевой инфраструктурой, поскольку стоимость линии электропередач и распределительного устройства для подключения к энергосистеме могут оказаться слишком большими. Проблема частично решается, если ветроустановка подключается к местной сети, где есть энергопотребители. В этом случае используется существующее силовое и распределительное оборудование, а ВЭС создаёт некоторый подпор мощности, снижая мощность, потребляемую местной сетью извне. Трансформаторная подстанция и внешняя линия электропередач оказываются менее нагруженными, хотя общее потребление мощности может быть выше [5].

Ветер - это движение воздуха относительно земной поверхности, обусловленное разностью атмосферного давления и направленное от высокого давления к низкому. Причиной неравномерного распределения давления атмосферы является неодинаковый нагрев воздуха, в основном, за счет солнечной радиации. Ветер характеризуется скоростью и направлением. Скорость выражается в м/с, км/ч или приблизительно в баллах по шкале Бофорта. Ветроэнергетика - это отрасль энергетики, связанная с разработкой методов и средств, для преобразования энергии ветра в механическую, тепловую или электрическую энергию. Важной особенностью энергии ветра, как и солнечной, является то, что она может быть использована практически повсеместно.

С точки зрения автономности использования различаются ВЭУ [7]:

- автономные;
- работающие с другими энергоисточниками (дизельные электростанции, фотоэлектрические установки и др.);
- работающие в составе энергосистемы электроснабжения.

Высота мачты имеет существенное значение для ветроэлектрических установок. Уже на высоте 9 м скорость ветра, как правило, на 15—25% больше, чем в 1,5 м от земли, а даже небольшой прирост средней силы ветра позволяет получить от станции намного больше электроэнергии.

По оценке ученых, существующие способы преобразования ветроэнергии в электрическую с помощью традиционных лопастных ветроэнергетических установок (ВЭУ) пока экономически неоправданны. Во-первых, из-за высокой пусковой скорости ветра (4-5 м/сек), высокой номинальной скорости (8-15 м/сек) и небольшой годовой производительности в условиях слабых континентальных ветров - 3-5 м/сек; во-вторых, стоимость ВЭУ составляет \$1000-\$1500 на кВт установленной мощности. Поэтому будущее ветроэлектрических станций зависит в первую очередь от затрат на их сооружение.

Ветряная электростанция — несколько ВЭУ, собранных в одном или нескольких местах и объединённых в единую сеть. Крупные ветровые электростанции могут состоять из 100 и более ветрогенераторов. Иногда ветровые электростанции называют «ветровыми фермами» (от англ. *Wind farm*). Основными являются типы ветровых электростанций: наземные, прибрежные, шельфовые, плавающие, парящие, горные.

В настоящее время различают три основных типа конструкции ВЭС: пропеллерные, барабанные, карусельные. Мощность одной ВЭС колеблется в диапазоне от 10 до 1000 Вт и эти параметры зависят только от делового чутья ее собственника.

На сегодняшний день силами наших ученых-специалистов необходимо разработать высокоэффективные ветроэнергетические установки, полностью адаптированные для работы в условиях Кыргызской Республики, со сроком службы до 25 лет, не требующие дорогостоящего обслуживания, с непревзойденными характеристиками по основным показателям.

Список использованной литературы:

1. «Ветроэнергетика Европы в 2007 году»
2. «Мировая ветроэнергетика в 2007 году»
3. Lema, Adrian and Kristian Ruby, «Between fragmented authoritarianism and policy coordination: Creating a Chinese market for wind energy)», *Energy Policy*. Vol. 35, Issue 7, July 2007
4. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Книга 1. Ветроэлектрогенераторы. –Х.: ХАИ. 2003.
5. Янукович В. Ф., А. А. Минаев Перспективы большой ветроэнергетики// Энергетика и электрификация. — 2000. — № 5. — С. 1 — 6.
6. Кривцов В.С., Яковлев А.И. Ветроэнергетика в Украине: Реальность и перспективы//Проспект Правды. – 1998. -№5(12).
7. Кривцов В.С., Яковлев А.И. Ветроэнергетика в Украине: Реальность и перспективы//Проспект Правды. – 1998. -№7(14).
8. Шихайлов Н.А. Развитие ветроэнергетики в Украине//Нетрадиционные источники, передающие системы и преобразователи энергии. –Х: ХАИ. -1997. –Ч.1. –С. 9-10.
9. Шидловский А.К., Лищенко А.И., Резцов В.Ф. Проблемы преобразования энергии ветроэлектрических установок//Техническая электродинамика. -1993. -№3. –С. 41-45.
10. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. –М.: Энергоатомиздат, 1983. -193с.
11. <http://www.wind-energie.de/en/wind-energy-in-germany/overview/>