

ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЛИДЕРСТВА В ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ*

Б.П. Хозяинов

Кузбасский государственный технический университет им. П.Т. Горбачева
д. 28, ул. Весенняя, Кемерово, 650000, Россия
тел.: +7(3842)39-63-31; e-mail: khozyainov-bp@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2018.22-24.059-067

Заключение совета рецензентов: 15.12.16 Заключение совета экспертов: 10.05.17 Принято к публикации: 12.03.18

Проведён анализ эффективности работы различных конструкций ветротурбин с горизонтальной и вертикальной осью вращения, выделены достоинства и недостатки каждой конструкции, определены возможности каждой из них эффективно работать в условиях ветрового режима России. В результате анализа сделан вывод о том, что для дальнейшего развития ветроэнергетики наиболее приспособлены ветротурбины с вертикальной осью вращения, использующие принцип дифференциального лобового сопротивления, поскольку именно эти ветротурбины способны работать при очень малых скоростях ветра и в большей мере приспособлены для дальнейшего совершенствования. Даны рекомендации по устранению недостатков и развитию преимуществ этих ветротурбин. Предложен ряд патентов, которые позволяют регулировать угловую скорость вращения, вращающий момент и, соответственно, мощность ветротурбины в зависимости от скорости ветра. Представлен патент на конструкцию лопасти с изменяющимися размерами в зависимости от воздействия на нее воздушного потока – внедрение такого устройства содействует повышению аэродинамических характеристик лопасти. Использование ветронаправляющих экранов позволяет запускать ветротурбину в работу при скорости ветра от 0,5 м/с, что способствует эффективной работе в диапазоне скоростей ветра от 0,5 м/с до 4,5 м/с, а при скоростях от 4,5 м/с до 15,0 м/с скорость воздушного потока в объеме ветротурбины регулируется ветронаправляющими экранами. При появлении ураганных ветров ветронаправляющие экраны способны прикрывать ветротурбину, предотвращая ее разрушение. Применение таких ветротурбин положительно скажется на развитии ветроэнергетики на территории России.

Ключевые слова: ветроэнергетика; ветротурбина; вертикальная ось; мощность; эффективность; внедрение.

THE WAYS TO ACHIEVE LEADERSHIP IN WIND ENERGY

B.P. Khozyainov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
28 Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russia
tel.: +7(3842)39-63-31, e-mail: khozyainov-bp@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2018.22-24.059-067

Referred 15 December 2016 Received in revised form 10 May 2017 Accepted 12 March 2018

The article provides the analysis of performance efficiency of various designs of wind turbines with a horizontal and vertical axis of rotation and reveals the advantages and disadvantages of each design and possibility of each of them to work effectively in the conditions of the wind mode of Russia. As a result, we have concluded that the wind turbines with a vertical axis of rotation using the principle of the differential front resistance are most adapted for the further development of wind energy since these wind turbines are capable to work at very small wind speeds and are more adapted for further improvement. Moreover, we have made the recommendations for removal of disadvantages and development of advantages of these wind turbines. The article offers a number of patents which can regulate the

*Хозяинов Б.П. Пути достижения лидерства в ветроэнергетике // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE), 2018;22-24:59-67.



angular speed of rotation of the wind turbine, the size of the rotating moment and, accordingly, its power depending on the natural wind speed. In particular, there is a patent for a design of the blade with varying dimensions depending on the air stream; the introduction of such device will increase the aerodynamic characteristics of the blade. The use of the wind guide screens allows us to start the wind turbine at wind speed from 0.5 m/s. It promotes the effective performance in the range of wind speed from 0.5 m/s to 4.5 m/s, and the wind guide screens regulate the air stream velocity in the wind turbine volume at speed from 4.5 m/s to 15.0 m/s. At gale-force winds, the wind guide screens are capable of cover the wind turbine preventing its destruction. The use of such wind turbines will positively affect the development of wind energy in Russia.

Keywords: wind power; wind turbine; vertical axis; power; efficiency; implementation.



*Борис Петрович
Хозяинов
Boris Khozainov*

Сведения об авторе: канд. техн. наук, доцент Кузбасский государственный технический университет им. П.Т. Горбачева

Образование: Кузбасский государственный технический университет им. П.Т. Горбачева (1968 г.).

Награды: Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, Почетный строитель России.

Область научных интересов: разработка и исследование новых конструкций ветроэнергетических установок, работающих при малых природных скоростях ветра; исследование аэродинамики новых конструкций лопастей ветродвигателей; разработка устройств, усиливающих скорость воздушного потока в объеме ветротурбины; разработка конструкций установок, использующих энергию морских и речных течений.

Публикации: 68, из них 1 монография, 11 патентов РФ на изобретения, 2 свидетельства на полезную модель.

h-index 4; ORCID 0000 0002 0141 8084

Information about the author: Ph.D. in Engineering, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University.

Education: T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 1968.

Awards: Honorary Figure of Higher Education of Russian Federation, Honorary builder of Russian Federation.

Research interests: development and research of new designs of wind-powered engines, operating at low natural wind velocities; research of aerodynamics of new wind-powered blades designs; development of devices, increasing air current velocity in wind turbine; development of design of installations, using sea and river current energy.

Publications: 68, including 1 monograph, 11 Russian Federation patents for inventions and 2 utility model certificates.

1. Введение

В статье [1] анализируется развитие энергетики в странах ЕС и отмечается, что там значительно сокращается потребление традиционных источников энергии за счёт альтернативной энергетики. Кроме того, в [1], а также в [2 и 3] рассматриваются проблемы, стоящие перед ветроэнергетикой в России.

Развитие ветроэнергетики в России имеет большое значение, поскольку для освоения обширных территорий необходимы энергетические ресурсы, которыми достаточно сложно обеспечить удаленные районы. Решить эту проблему можно, в частности, за счет повышения эффективности работы ветротурбин.

Анализ сложившейся ситуации в области ветроэнергетики в России выявил несколько факторов, повлиявших на ее отставание.

– Россия имеет громадные запасы углеводородов, использование которых обеспечивает большую часть потребностей в энергии.

– Несмотря на большую территорию нашей страны, в большинстве районов преобладают низкие скорости ветра. По информации [4], средняя скорость ветра в регионах России в течение года приблизительно составляет: $U < 1$ м/с – 91 день, или 25 %; U от 2 м/с до 5 м/с – 172 дня, или 47 %; $U > 8$ м/с – 54 дня, или 15 %; штиль – 48 дней в году, или 13 %. При этом большинство самых распространенных и эффективных установок с горизонтальной осью вращения начинают работать с 4 м/с или даже с 7 м/с в зависимости от размеров ветротурбины.

Развивать же свою ветроэнергетику, закупая ветрогенераторы, которые предназначены для других ветровых режимов, невозможно.

Целью настоящей статьи является разработка парка новых ветротурбин, которые смогут функционировать в широком диапазоне скоростей ветра – от 0,5 м/с до 15 м/с. Кроме того, предлагаются технологии по регулированию основных параметров для повышения эффективности работы этих ветротурбин.

Список обозначений

Буквы греческого алфавита

ω Угловая скорость вращения ветротурбины

Буквы латинского алфавита

M Вращающий момент ветротурбины, Нм

N Мощность ветротурбины, Вт



<i>Продолжение списка обозначений</i>	
<i>U</i>	Скорость ветра, м/с
<i>Аббревиатуры</i>	
КИЭВ	Коэффициент использования энергии ветра

2. Теоретический анализ

Ветроэнергетические установки делятся на установки с горизонтальной или вертикальной осью вращения. Необходимо выяснить, какие из этих ветротурбин наиболее приспособлены к работе в условиях ветрового режима России.

Следует отметить, что в большинстве ведущих в области ветроэнергетики стран используются ветротурбины с горизонтальной осью вращения, которые, как правило, представляют собой высокую башню с длинными тонкими лопастями и большим диаметром ветротурбины (рис. 1). Лопасти имеют плоско-выпуклый или другой подобный профиль, и в основе работы которых используется эффект подъемной силы (разность давления на противоположные поверхности лопастей). Главным достоинством таких ветротурбин является их высокая эффективность, в большей степени обеспечиваемая быстроходностью лопастей, которая возможна только при больших скоростях ветра.



Рис. 1 – Одна из современных энергетических установок
Fig. 1 – One of the modern power installations

Основные недостатки таких ветротурбин:

1. Малое отношение суммарной площади лопастей к ометаемой ими площади способствует запуску ветротурбины при скоростях ветра $U = 4 \div 6$ м/с, а такие скорости наблюдаются в России лишь по берегам морей и в горах.

2. Очень маленькую суммарную площадь лопастей по отношению к ометаемой ими площади приходится компенсировать быстроходностью этих лопастей. Однако большая длина и быстроходность лопастей приводят к появлению инфразвука, что губительно сказывается на животном мире.

3. При изготовлении сложного аэродинамического профиля с изменением размера сечения и, соответственно, момента сопротивления, а также с учетом изменения местоположения лопасти по высоте с разным ветровым давлением, лопасть испытывает сложное напряженное состояние, которое усугубляется углом закручивания лопасти и разнонаправленной подъемной силой, действующей на лопасть. Это усложняет вращение ветротурбины, приводит к недостаточной эффективности ее работы и частым разрушениям при высоких скоростях ветра $U = 15$ м/с. Следует также отметить, что возможны поломки лопастей вследствие большой длины лопасти при малом поперечном сечении.

4. Несоответствие угла закручивания лопасти с изменяющейся угловой скоростью вращения ветротурбины.

5. При эксплуатации ветротурбин необходимы устройства для ориентации лопастей на ветер, которые начинают работать с некоторым запаздыванием, особенно при часто изменяющемся направлении ветра.



Рис. 2 – Ветроэнергетическая установка Vestas с 12 лопастями
Fig. 2 – Vestas wind turbine with 12 blades

На рис. 2 представлена ветротурбина Vestas с 12 лопастями. В этой ветротурбине ничего не меняется, за исключением того, что на одной башне установлено 4 ветротурбины. Это свидетельствует о том, что

проблема разработки ветротурбин требует качественных решений [5].

Установки с вертикальной осью вращения в основном представлены ротором Дарье и ротором Савониуса (рис. 3), которые получили меньшее распространение по сравнению с установками с горизонтальной осью вращения вследствие низкой эффективности работы.

ониуса (рис. 3), которые получили меньшее распространение по сравнению с установками с горизонтальной осью вращения вследствие низкой эффективности работы.

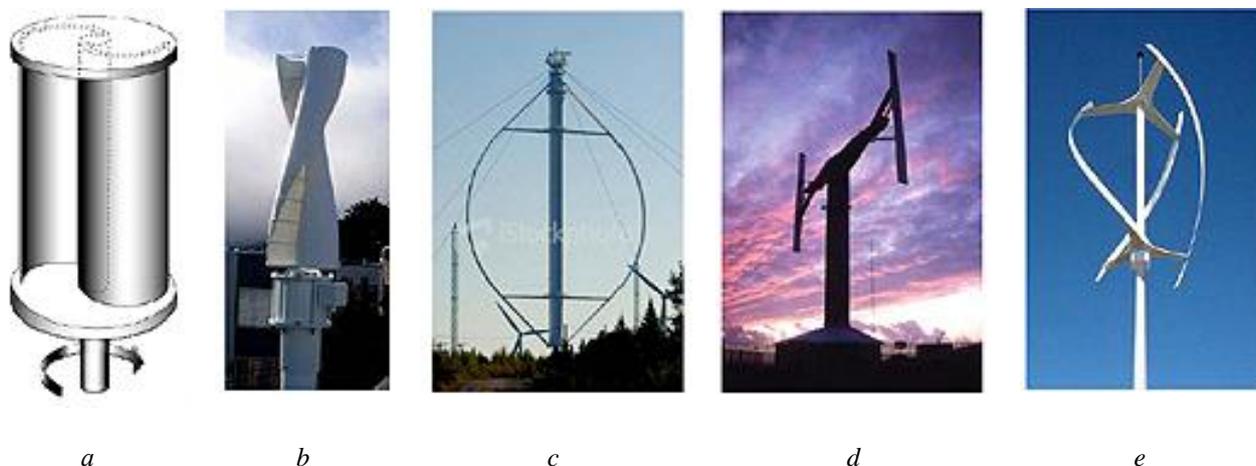


Рис. 3 – Виды ветродвигателей с вертикальной осью вращения:
 а – ротор Савониуса; б – ротор Виндсайт; с – ротор Дарье; д, е – модификации ротора Дарье
Fig. 3 – Types of wind turbines with a vertical axis of rotation:
 а – Savonius rotor; б – Vindsayt rotor; с – a Darya rotor; д, е – modifications of a Darya rotor

Установки с вертикальной осью вращения делятся на два типа:

- 1) использующие эффект подъемной силы лопастей (роторы Дарье и их различные модификации, см. рис. 3а и 3б);
- 2) использующие принцип дифференциального лобового сопротивления (роторы Савониуса и их различные модификации, см. рис. 3с–е).

К общим достоинствам этих установок относятся: отсутствие необходимости ориентации лопастей на ветер и удобство обслуживания генератора, мультипликатора и всех блоков-приспособлений.

К общим недостаткам ветротурбин с вертикальной осью вращения можно отнести: менее эффективную работу лопастей ветротурбины, расположенных с подветренной стороны; низкий КИЭВ по сравнению с высокоэффективными установками с горизонтальным вращением ветротурбины.

Недостатки ветротурбин типа Дарье заключаются в следующем:

- для запуска ветротурбины при малых скоростях ветра требуются специальные устройства;
- эффективность этих установок не превышает эффективность ветротурбин с горизонтальной осью вращения, так как при одном расходе материалов миделевая площадь сечения ветротурбины Дарье меньше ометаемой лопастями площади при горизонтальном вращении ветротурбины.

К недостаткам ветротурбин типа Савониуса относятся:

- в существующем виде такие ветротурбины имеют крайне низкий коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ), который в различных источниках составляет 0,25 (лопасти поставлены очень

близко друг к другу, поэтому большая часть воздушного потока обтекает ветротурбину, что снижает эффективность ее работы);

- близкая постановка лопастей к оси вращения ветротурбины уменьшает главный «козырь» таких установок – увеличение вращающего момента ветротурбины;
- имеются участки противохода лопасти движению воздушного потока;
- очень низкий аэродинамический коэффициент лопастей;
- малая быстроходность этих турбин.

Достоинства ветротурбин типа Савониуса заключаются в следующем:

- ранний запуск ветротурбины при малых скоростях ветра ($U < 3$ м/с) позволяет использовать этот тип ветротурбин на территории России;
- при равенстве миделевой площади ротора Савониуса и ометаемой лопастями площади ветротурбины с горизонтальной осью вращения при одинаковой скорости ветра имеют больший вращающий момент.

На основании этого анализа можно выбрать путь, по которому следует дальше развиваться ветроэнергетике в России (анализ сделан на основе [6 и 7]).

1. Ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения с лопастями, которые имеют плоско-выпуклый профиль и в основу работы которых положен принцип подъемной силы, во многом исчерпали свой ресурс. Тем более что запуск в работу таких ветротурбин осуществляется при больших скоростях ветра, не характерных в должной мере для России.

2. Ветроурубины с вертикальной осью вращения типа Дарье повторяют путь, который уже прошли установки с горизонтальной осью вращения со всеми достоинствами и недостатками.

3. Ветроурубины с вертикальной осью вращения типа Савониуса имеют большое количество недостатков, однако их можно успешно решить. Тем более что преимущества ветроурубин этого типа в большей степени соответствуют ветровому режиму России – ранний запуск ветроурубины в работу при малых скоростях ветра.

Таким образом, в России следует развивать и использовать ветроурубины типа Савониуса.

3. Экспериментальная часть и результаты

Для устранения первого и второго недостатков, по мнению автора данной статьи, необходимо развести лопасти от оси вращения на некоторое расстояние, которое позволит пропускать воздушный поток между лопастями, не снижая при этом скорости ветра в объеме ветроурубины. Одновременно это позволит увеличить вращающий момент ветроурубины. Кроме того, необходимо определиться с количеством лопастей и их размерами, то есть коэффициентом заполнения объема ветроурубины лопастями.

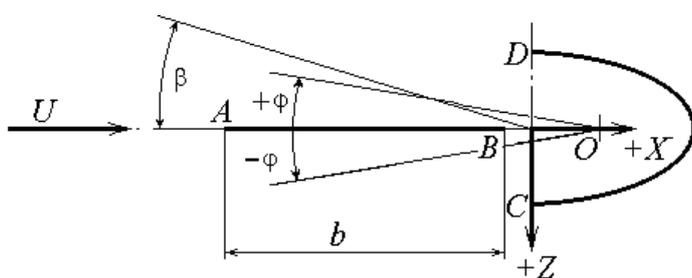


Рис. 4 – Принятый профиль лопасти:
 АВ – ширина стабилизирующей плоскости;
 CD – ширина входной части лопасти;
 O – ось поворота стабилизирующей плоскости; X и Z – оси, для которых определялся аэродинамический коэффициент лопасти; β – угол поворота лопасти при обдувании ее воздушным потоком в аэродинамической трубе
Fig. 4 – The accepted blade profile:
 AB – width of the stabilizing plane; CD – width of the inlet part of the blade; O – axis of rotation of the stabilizing plane; X and Z – axes for which the aerodynamic coefficient of the blade was determined; β – angle of the blade rotation when it was blown by air flow in the wind tunnel



Международный издательский дом научной периодики "Спейс"

Для того чтобы понять, как увеличить аэродинамический коэффициент лопасти, автором данной статьи были проанализированы все существующие профили, использующие принцип дифференциального лобового сопротивления – чтобы аэродинамические коэффициенты с противоположных сторон лопасти имели большую разницу. Среди всех существующих профилей лопастей автору не удалось найти достаточно эффективный, поэтому первоначально автором статьи был запатентован профиль лопасти, состоящий из полуэллипса в виде наконечника лопасти со стабилизирующей плоскостью, который был использован при испытаниях моделей и установки [8] (рис. 4).

Были проведены испытания лопастей различной модификации в аэродинамической трубе 3-АТ-17,5/3, принадлежащей научно-исследовательской и проектно-строительной фирме УНИКОН. Результаты приведены в таблице.

Сравнение аэродинамического коэффициента запатентованной лопасти [8] с профилем NASA 4412 показывает, что при угле $\alpha = 5^\circ$ коэффициенты почти равны, коэффициент профиля NASA 4412 превышает всего на 2 %, что незначительно, а при $\alpha = 10^\circ$ происходит срыв потока. Если использовать про-

филь, указанный на рис. 9, то аэродинамический коэффициент лопасти будет значительно выше традиционных лопастей, использующих подъемную силу.

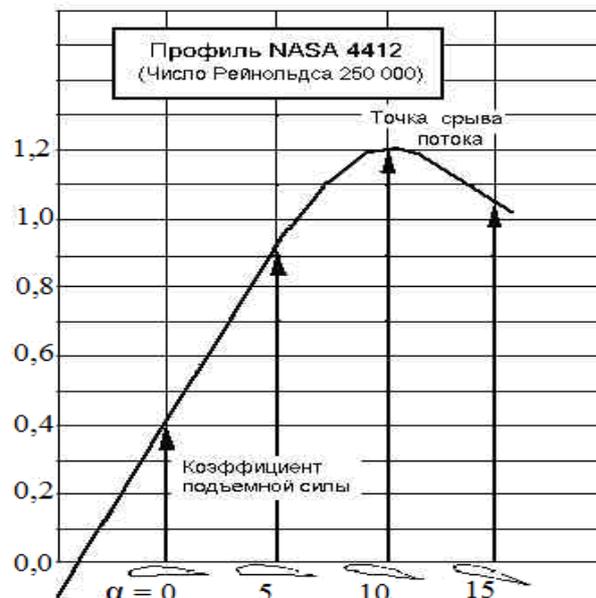


Рис. 5 – Изменение подъемной силы C_y в зависимости от угла атаки профиля NASA 4412 [9]
Fig. 5 – Change of lifting force C_y depending on an angle of the NASA 4412 profile attack [9]

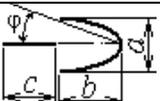
International Publishing House for scientific periodicals "Space"

Таблица

Среднеарифметические коэффициенты C_x и C_z для всех испытанных моделей при обдувании их воздушным потоком с поворотом на 360°

Table

The arithmetic average coefficients C_x and C_z for all tested models when blown by air flow with 360° rotation

Эскиз лопасти	Геометрические параметры лопастей, мм			C_{xcp}	C_{zcp}	φ , град
	a	b	c			
	85	75	80	0,882	1,584	0

Кроме того, автором проводились испытания опытной установки номинальной мощностью 100 Вт в натуральных условиях. Запуск в работу четырехлопастной ветротурбины начинался со скорости ветра $U = 0,478$ м/с, при этом угловая скорость вращения составляла $\omega = 1,104$ 1/с; вращающий момент $M = 0,272$ Нм; мощность $N = 0,301$ Вт, а трехлопастной – при $U = 0,709$ м/с; $\omega = 1,816$ 1/с; $M = 0,272$ Нм; $N = 0,495$ Вт.

На рис. 6–9 представлены предложенные автором этой статьи средства для регулирования и повышения эффективности работы вертикально-осевой ветротурбины. На рис. 6а–д показаны ветронаправляющие экраны [10], позволяющие повышать скорость воздушного потока в объеме ветротурбины и предотвращающие разрушение ветротурбины при ураганных ветрах.

При скоростях ветра от $U = 0,5 \div 4,0$ м/с (рис. 6а) ветронаправляющие экраны, которые состоят из двух частей, раздвигаясь, увеличивают свою ширину, тем самым увеличивая и разность между входной площадью «трубки тока» и выходной площадью. Это приводит к повышению скорости воздушного потока в объеме ветротурбины. При росте скорости ветра $U = 4,0 \div 7,0$ м/с (рис. 6б) отсутствует необходимость в резком увеличении скорости воздушного потока в объеме ветротурбины, поэтому уменьшается ширина ветронаправляющих экранов, что приводит к снижению скорости воздушного потока в объеме ветротурбины. При скорости ветра $U = 7,0 \div 15,0$ м/с (рис. 6с) отсутствует необходимость в ветронаправляющих экранах, поэтому они работают во флюгерном режиме. При ураганных ветрах (рис. 6д) ветронаправляющие экраны прикрывают ветротурбину, предотвращая ее разрушение.

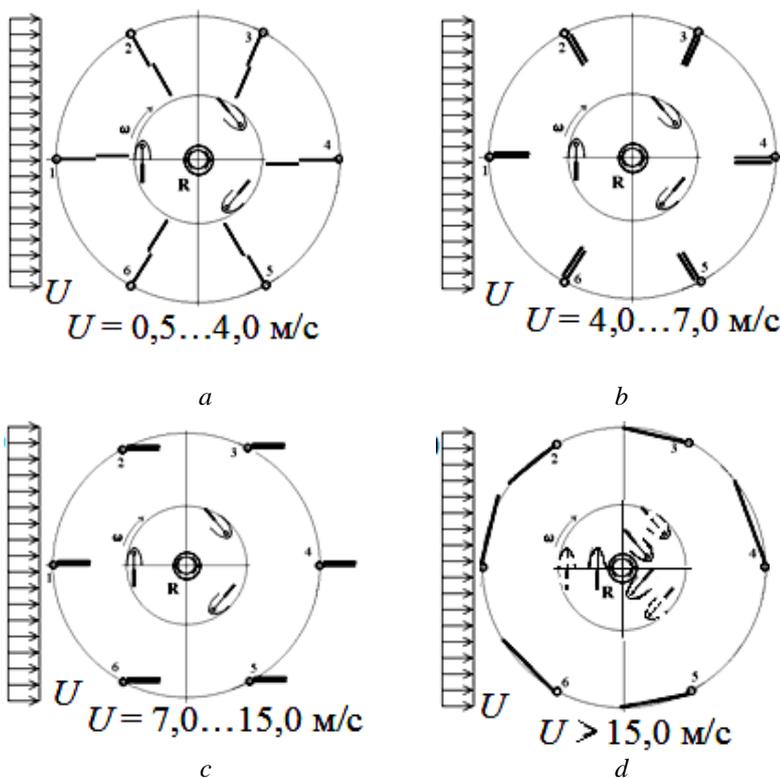


Рис. 6 – Ветроэнергетическая установка с ветронаправляющими экранами:
 а – состоят из двух частей;
 б – ширина уменьшается;
 в – работают во флюгерном режиме
 д – прикрывают ветротурбину

Fig. 6 – The wind turbine with the wind guide screens:
 a – consist of two parts;
 b – width is reduced;
 c – work in a weather vane mode;
 d – cover the wind turbine

На рис. 7 показано устройство, состоящее из грузов [11], которые принудительно радиально перемещаются, регулируя угловую скорость вращения ветротурбины. При радиальном перемещении грузов от периферии турбины к ее оси, угловая ско-

рость вращения повышается, но снижается вращающий момент (рис. 7а), возвращение грузов на периферию ветротурбины снижает угловую скорость вращения, но повышает вращающий момент (рис. 7б).

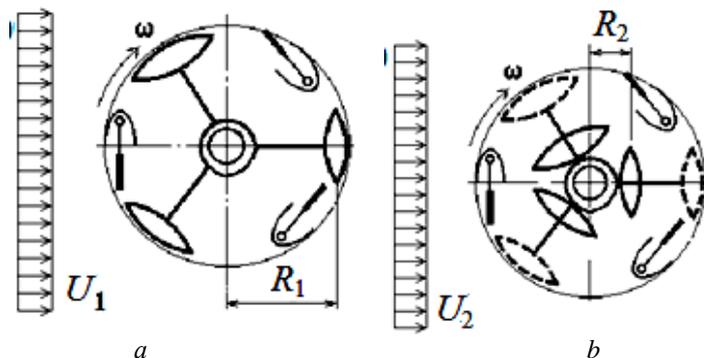


Рис. 7 – Устройство, состоящее из грузов, которые принудительно радиально перемещаются, регулируя угловую скорость вращения ветротурбины
Fig. 7 – The device consisting of freights, which forcibly radially move regulating the angular speed of rotation of the wind turbine

Рис. 8 отражает радиальное перемещение лопастей, которое способствует регулированию вращающего момента ветротурбины и угловой скорости ее вращения [12]. Для уменьшения вращающего мо-

мента необходимо уменьшить плечо действия силы (рис. 8б). При увеличении плеча увеличивается и вращающий момент (рис. 8а).

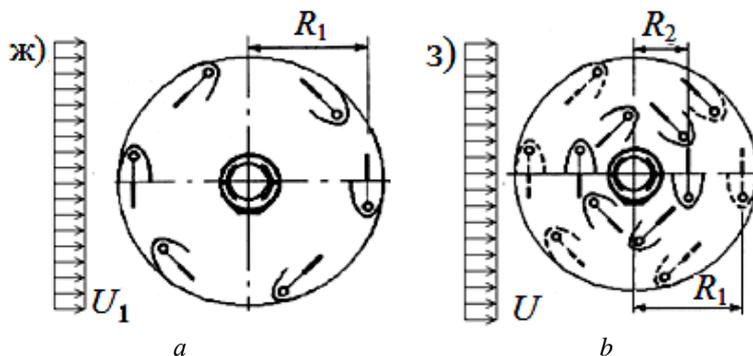


Рис. 8 – Радиальное перемещение лопастей, способствующее регулированию вращающего момента ветротурбины и угловой скорости ее вращения
Fig. 8 – Radial movement of blades promotes regulation of the rotating moment of the wind turbine and angular speed of its rotation

На рис. 9 показана лопасть ветротурбины с изменяющимися габаритами [13]. Данная конструкция лопастей позволяет повысить их аэродинамический коэффициент.

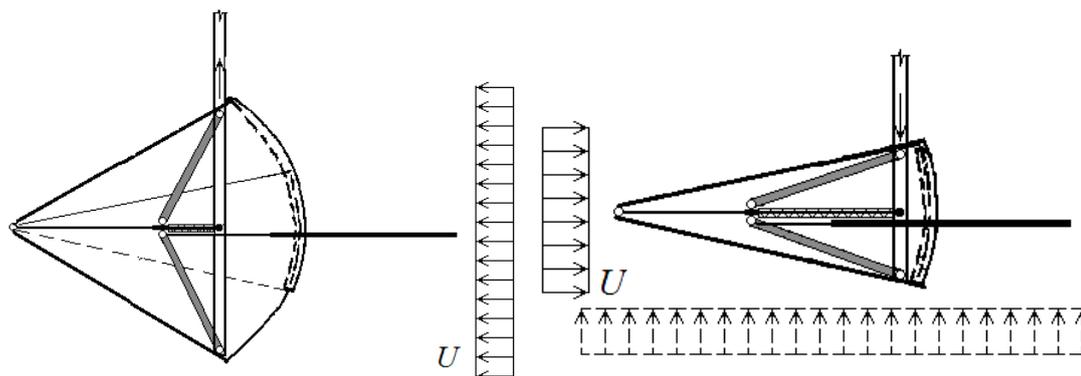


Рис. 9 – Лопасть ветротурбины с изменяющимися габаритами
Fig. 9 – The wind turbine blade with the changing dimensions

Такая конструкция лопастей при действии на них воздушного потока на противоходе или сбоку уменьшается в размерах (см. рис. 9б), а при движении по ветру увеличивает площадь захвата воздуш-

ного потока (см. рис. 9а), что позволяет повысить аэродинамический коэффициент лопастей и эффективность работы ветротурбины.



4. Заключение

Наиболее эффективно работающие ветротурбины с горизонтальной осью вращения на территории России способны функционировать только по берегам морей и в горной местности. Следовательно, использование их на территории России повсеместно нецелесообразно.

Применение лопастей с изменяющимися размерами, в основе работы которых лежит принцип дифференциального лобового сопротивления, значительно повысит аэродинамический коэффициент лопасти и эффективность работы ветротурбины.

Необходимо рационально использовать полный набор представленных в данной статье средств регулирования эффективности работы ветротурбины с вертикальной осью вращения.

Для дальнейшего развития ветроэнергетики в России следует учитывать ветровой режим на ее территории. Для этих целей подходят ветротурбины, способные работать в широком диапазоне скоростей ветра, в том числе при малых скоростях. Такими свойствами обладают установки с вертикальной осью вращения, использующие принцип дифференциального лобового сопротивления, а внедрение предлагаемых патентов по регулированию работы ветротурбины сделает их более эффективными.

Таким образом, российская ветроэнергетика сможет занять лидирующие позиции в мире, если:

1. Начнет использовать ветротурбины, способные генерировать энергию при скорости ветра $U = 1$ м/с.
2. Будет регулировать скорость воздушного потока в объеме ветротурбины и защищать ветротурбины от разрушения при ураганном ветре.
3. Станет использовать технологии, позволяющие регулировать угловую скорость вращения ветротурбины, вращающий момент и, следовательно, эффективность работы ветротурбины при изменяющихся скоростях ветра.
4. Повысит аэродинамические характеристики лопастей.
5. Внедрит новые методики вычисления оптимальных значений, угловой скорости вращения ветротурбины, ее вращающего момента и мощности.

Список литературы

- [1] Коваленко, В. Сколько продлится лидерство ветровой энергетике в странах ЕС? / В. Коваленко // *Электроэнергетика сегодня и завтра*. – 2016. – № 2. – С 78–79.
- [2] Шефтер, Я.И. Использование энергии ветра / Я. И. Шефтер. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 201 с.
- [3] Перминов, Э.М. О состоянии и перспективах нетрадиционной электроэнергии // *Энергетик*. – 1998. – № 10. – С. 13–14.
- [4] Ваш солнечный дом. Скорости ветра в регионах России [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://vetrogenerator.ru/windtable.html> – (Дата обращения: 30.06.18).

[5] FSHOKE. Более эффективная ветровая турбина Vestas с 12 лопастями [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fshoke.com/2016/12/05/vetrovaya-turbina-vestas-s-12-lopastyami/> – (Дата обращения: 30.06.18).

[6] Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии / Д. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. под ред. В. А. Коробкова. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

[7] Simoes, M.G. Fuzzy Logic Based Intelligent Control of a Variable Speed Cage Machine Wind Generation System / M.G. Simoes, B.K. Bose, R.J. Spiegel // *IEEE transactions on power electronics*. – 1997. – Vol. 12. – No. 1. – P. 87–95.

[8] Патент 2292484 Российская Федерация, МПК8 F 03 D 3/00. Ветродвижитель / Б.П. Хозяинов, Д.Б. Хозяинов, М.Б. Лобанова. № 2005118574/06; заявл. 17.06.2005; опубл. 27.01.2007, Бюл. № 3.

[9] Чирков, М.М. Исследование ветряных двигателей в ветросиловой лаборатории ЦАГИ // *Труды Центр. Аэрогидродинамического ин-т им. Н.Е. Жуковского*. – Москва, 1934. – Вып. 164. – С. 40–61.

[10] Пат. 2264558 Российская Федерация, МПК8 F 03 D 3/04. Ветродвижитель с регулирующими экранами / Б.П. Хозяинов, Д.Б. Хозяинов, М.Б. Лобанова. – № 2004114942/06; заявл. 17.05.2004; опубл. 20.11.2005, Бюл. № 32.

[11] Пат. 2516732 Российская Федерация, МПК8 F 03 D 3/04. Способ регулирования угловой скорости вращения ветротурбины с вертикальной осью / Б.П. Хозяинов, Д.Б. Хозяинов, М.Б. Лобанова. – № 2012137351/06; заявл. 31.08.2012; опубл. 10.03.2014, Бюл. № 7.

[12] Пат. 2502893 Российская Федерация, МПК8 F 03 D 3/04. Способ регулирования величины вращающего момента, угловой скорости вращения вертикально-осевой ветротурбины / Б.П. Хозяинов, Д.Б. Хозяинов, М.Б. Лобанова. – № 2012137350/06; заявл. 31.08.2012; опубл. 27.12.2013, Бюл. № 36

[13] Пат. 2664058 Российская Федерация, МПК F 03 D 3/00. Лопасть ветротурбины с изменяющимися габаритами / Б.П. Хозяинов, Д.Б. Хозяинов, М.Б. Лобанова. – № 772017123852; заявл. 05.07.2017; опубл. 14.08.2018, Бюл. № 23.

References

- [1] Kovalenko V. How long will last leadership of wind power in EU countries? (Skolko prodlitsya liderstvo vetrovoi energetiki v stranakh ES). *Power industry today and tomorrow*, 2016;(2):78–79 (in Russ.).
- [2] Shefter, Ya.I. Wind Energy Use (Ispolzovanie energii vetra): 2nd ed. Moscow: Energoatomizdat Publ., 1983; 201 p. (in Russ.).
- [3] Perminov E.M. On the state and prospects of unconventional electricity (O sostoyanii i perspektivakh netraditsionnoi elektroenergii). *Energetik*, 1998;(10): 13–14 (in Russ.).



[4] Your Sunny house. Wind speeds in the regions of Russia (Vash solnechnyi dom. Skorosti vetra v regionakh Rossii). Available on:

<http://vetrogenerator.ru/windtable.html> (06.30.18) (in Russ.).

[5] FSHOKE. More efficient wind turbine Vestas with 12 blades (FSHOKE. Bolee effektivnaya vetrovaya-turbina vestas s 12 lopastyami). Available on: <https://fshoke.com/2016/12/05/vetrovaya-turbina-vestas-s-12-lopastyami/> (06.30.18) (in Russ.).

[6] Twidell J., Ware A. Renewable energy sources. Ed. V.A. Korobkov (Vozobnovlyaemye istochniki energii). Moscow: Energoatomizdat Publ., 1990; 392 p. (in Russ.).

[7] Simoes M.G., Bose B.K., Spiegel R.J. Fuzzy Logic Based Intelligent Control of a Variable Speed Cage Machine Wind Generation System. IEEE transactions on power electronics, 1997;12(1):87–95.

[8] Khozyainov B.P., Khozyainov D.B., Lobanova M.B. Wind Turbine (Vetrodvigatel'). Pat. 2292484 Russian Federation, IPC8 F 03 D 3/00. / No. 2005118574/06; application. 17.06.2005; publ. 27.01.2007, Byul. no. 3 (in Russ.).

[9] Chirkov M.M. A study of wind turbines in TSAGI wind power laboratory (Issledovanie vetryanykh-dvigateli v vetrosilovoi laboratorii TSAGI). *Proceedings Centre. Aerohydrodynamic in-t im. N. E. Zhukovsky*, 1934;164:40–61 (in Russ.).

[10] Khozyainov B.P., Khozyainov D.B., Lobanova M.B. Wind turbine with wind guide screens (Vetrodvigatel s reguliruemymi vetronapravlyayu-shchimi ekranami). Patent 2264558 Russian Federation, IPC7 F 03 D 3/04. No. 2004114942/06; 2005, bull. no. 32 (in Russ.).

[11] Khozyainov B.P., Khozyainov D.B., Lobanova B.M. A method of controlling the angular velocity of rotation of the wind turbine with a vertical axis (Sposob regulirovaniya uglovoi skorosti vrashcheniya vetrotur-biny s vertikalnoi osyu). Patent 2516732 Russian Federation, IPC8 F 03 D 3/04. No. 2012137351/06; 2014, Bull. no. 7 (in Russ.).

[12] Khozyainov B.P., Khozyainov D.B., Lobanova M.B. Method of regulating the magnitude of the torque, angular speed vertical-axis wind turbine (Sposob regulirovaniya velichiny vrashchayushchego momenta uglo-voi skorosti vrashcheniya vertikalnoosevoi vetroturbin). Patent 2502893 Russian Federation, IPC8 F 03 D 3/04. No. 2012137350/06; 2013, Byul. no. 36 (in Russ.).

[13] Khozyainov B.P., Khozyainov D.B., Lobanova M.B. The blade of the wind turbine with changing dimensions (Lopast vetroturbin s izmenyayushchimisya-gabaritami). Patent 2664058 Russian Federation, IPC F 03 D 3/00. No. 772017123852; 2018, bull. no. 23 (in Russ.).

Транслитерация по BSI



2019 3rd European Conference on Materials, Mechatronics and Manufacturing (ECMMM 2019)

Welcome to join in the 2019 3rd European Conference on Materials, Mechatronics and Manufacturing (ECMMM 2019), which will be held in Amsterdam, Netherlands during February 16-18, 2019.

For papers submitted to ECMMM 2019, we offer the publications as following:

Option 1: Publication in IJMMM. Submissions will be reviewed by the conference committees and journal editorial board, and accepted papers will be published in the International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing, which will be indexed by EI (INSPEC, IET), Chemical Abstracts Services (CAS), ProQuest, Crossref, Ulrich's Periodicals Directory, etc.

Option 2: Publication in IJMERR. Submissions will be peer reviewed by the conference committees and IJMERR editorial board, accepted papers will be published in the International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, which will be indexed by Scopus, Index Copernicus, ProQuest, UDL, Google Scholar, Open J-Gate.

Address:

The Important Date:

Submission Deadline

Before September 25, 2018

Notification Date On October 20, 2018

Registration Deadline

Before November 10, 2018

Conference Dates February 16-18, 2019

There are two methods for submitting your paper:

1. By our electric system:

<https://cmt3.research.microsoft.com/ECMMM...>

2. By our contact email box: ecmmm@iacsitp.com

Please feel free contact with us:

Cherry Chan (Conference Secretary)

E-mail: ecmmm@iacsitp.com

Tel: +86-28-86512185

For more information about international conferences, please visit our conference website:

ECMMM 2019 website: <http://www.ecmmm.org/>

www.science-community.org/ru/node/192107

