

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

---

№ 3 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**Вестник Торайгыров университета**

**Энергетическая серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

**Подписной индекс – 76136**

<https://doi.org/10.48081/AFHU6838>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.  
*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

**Редакция алкасы – Редакционная коллегия**

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*  
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*  
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD*  
Омарова А.Р., *технический редактор*

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/OBSP7632>**\*К. С. Шоланов<sup>1</sup>, А. С. Омаров<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Қарағандинский технический университет имени А. Сагинова,  
Республика Казахстан, г. Караганда

## **ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ С ЗОНТОВЫМ ПАРУСОМ**

*Объектом исследования в работе является парусная ветровая электростанция (ПВЭС) с зонтовым рабочим органом, предназначенная для использования на обширных территориях со средней скоростью ветра от 3 м/с. Цель исследования: совершенствование источников возобновляемой энергии путем изменения методов преобразования ветровой энергии в электрическую и модернизацией конструкции одного из существующего типа ПВЭС. Рассмотрены основные направления исследований в области ветровой энергетики. Раскрыты основные недостатки современных турбинных ВЭС по сравнению с парусной. Проведен аэродинамический анализ паруса в виде зонта в статическом положении с различными типами аэродинамического сечения и характеристиками в программной среде SolidWorks. Выбран парус с лучшими аэродинамическими характеристиками профиля. Разработаны конструкции узлов управляемого зонтового паруса, актуатора, составленного из управляемой демпфирующей системы и системы отбора мощности (СОМ). Описана технология преобразования ветра в электрическую энергию с помощью модернизированного паруса в виде зонта. Результаты исследования позволяют создать управляемый возобновляемый источник электрической энергии имеющий возможность работать с номинальной мощностью при скоростях ветра от 3 м/с и выше независимо от изменения скорости и направления ветра.*

*Ключевые слова: возобновляемый источник энергии, парусная ветровая электростанция, зонтовой парус, параллельный манипулятор, актуатор, аэродинамические показатели.*

## Введение

Экологическая ситуация в мире, связанная с глобальным потеплением, приводит к необходимости замещения органического топлива, загрязняющих окружающую среду, возобновляемыми источниками энергии. Доступная энергия ветра, которая может быть преобразована в другие виды энергии, приблизительно  $1,26 \times 10^9$  МВт [1]. Так как это значение в 20 раз превышает глобальное потребление энергии, то энергия ветра в принципе может удовлетворить все энергетические потребности мира. В связи с этим вопрос преобразования ветра в электрическую энергию является наиболее актуальным среди возобновляемых источников энергии.

В настоящее время широкое распространение приобрели турбинные ветровые электростанции (ТВЭС) с вертикальным и горизонтальным расположением роторов, работающие за счет сил сопротивления и подъема соответственно. Горизонтальные ТВЭС оказались более востребованы ввиду большей энергоэффективности [2].

Проведен анализ современных исследований в области ветроэнергетики направленных на совершенствование ТВЭС. При систематизации результатов анализа исследований ТВЭС они распределены по группам в зависимости от целей исследования. Причем внутри каждой группы приведены основные направления исследований следующим образом:

- оптимизации работы преобразования с помощью: МРРТ технологии для ТВЭС с синхронным генератором [3]; регулирования энергии для ТВЭС с индукционным генератором [4]; решения проблем с падением напряжения [5]; влияния потоков реактивной энергии [6]; демпфирования энергоколебаний в системе [7]; частотного регулирования [8].

мониторинга окружающих условий и работоспособности ВЭС: используя SCADA-системы [9]; используя большие данные [10]; используя прогностические методы [11].

модернизации систем управления для регулирования скорости вращения и снижение нагрузки на ротор: управлением индивидуального наклона лопасти [12]; контроллеры на основе наблюдателей возмущений [13]; мультивариативное робастное управление [14]; многокритериальные и модельные прогностические подходы [15]. Исследования аэродинамики лопастей [16].

Анализ исследований показывает, что несмотря на все достоинства ТВЭС, важным условием для их работоспособности является наличие постоянного ветра со скоростью от 8 м/с, что обуславливает территориальное ограничение по применению таких ВЭС. Основные производственные мощности расположены вдали от береговых линий, где находятся ТВЭС, что влечет расходы на транспортировку выработанной электроэнергии.

Территориальные зоны, расположенные вдали от линий электропередач и имеющие средние скорости ветра до 8 м/с не могут быть охвачены ТВЭС. Другой проблемой является резкопорывистый и непредсказуемый характер ветра, особенно присущий странам центральной и западной Азии, который делает невозможным применение ТВЭС для энергоснабжения.

Следует отметить, что новым направлением исследований преобразования ветра в электрическую энергию является разработка ВЭС, способных работать при малых скоростях ветра с достаточно высоким КПД. Одной из таких разработок является безопасная ВЭС [17], использующая силу сопротивления и вихревые (турбулентные) потоки воздушных масс для преобразования возникающих вибраций рабочего органа в электрическую энергию. Другой инновацией является парусная ВЭС [18,19], основанная на создании колебаний рабочего органа за счет одновременного воздействия сил подъема и сопротивления ветра. С помощью актуаторов манипуляторного преобразователя (МП) Sholkor колебания рабочего органа преобразуются в электрическую энергию.

В данной статье рассматриваются вопросы модификации парусной ВЭС описанных в работах [18,19]. Причем модификация включает введение конструктивных изменений, а именно: регулируемого зонтового паруса и актуаторов МП.

### **Материалы и методы**

Парусная технология издревле используется в преобразовании энергии ветра в механическую энергию (мельницы, кораблестроение). Она позволяет воспринимать как слабые дуновения, так и сильные порывы ветра. В рассматриваемой ВЭС (рис.1) парус является составной частью рабочего органа, совершающего пространственные циклические движения и выполняет роль чувствительного элемента.

Конструкция ПВЭС составлена из паруса 1 в виде зонта с выбранным аэродинамическим профилем; жестко связанного с парусом мачты 2 и верхней платформы 3 манипулятора, которые образуют рабочий орган (РО). Отверстие в центре паруса дает возможность РО после наклона на определенный угол возвратиться в исходное равновесное положение. Тканевая (парашютная) поверхность паруса 1 обеспечивает необходимые аэродинамические характеристики. Верхняя подвижная 3 и нижняя неподвижная платформы манипулятора 4 связаны шестью актуаторами: тремя реберными 5 и тремя диагональными 6. Актуаторы связаны с платформами посредством многозвенных соединений [20, 161]. В данной работе, в конструкции ПВЭС, описанных в работах [18,19] внесены следующие изменения: предложен парус в виде зонта с аэродинамическим профилем, который для изменения парусности складывается и раскрывается в виде веера; предлагается

изменить конструкцию актуаторов шестиподвижного манипуляторного преобразователя Sholkor. Во-первых, для того, чтобы управлять движением РО в актуаторы включены демфирующие системы, состоящие из двух пружин, одна из которых имеет возможность автоматически регулировать преднатяг пружины. Во-вторых, в реберные актуаторы добавлены системы отбора мощности для преобразования возвратно-поступательного движения штока во вращательное движение вала генератора электрического тока. Ниже приведены и подробно описаны введенные модификации.

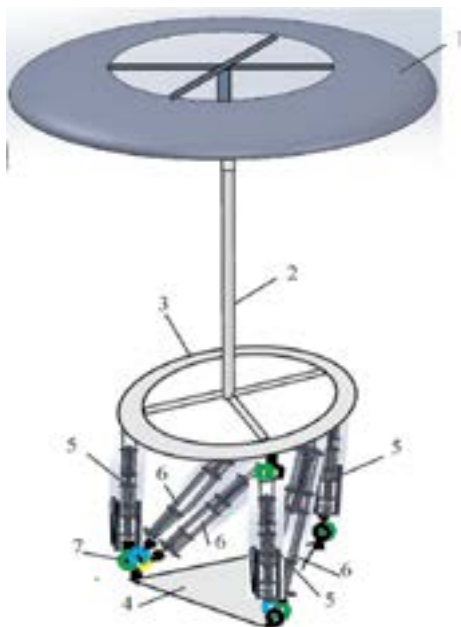


Рисунок 1 – ВЭС с качающимся зонтовым парусом

При выборе паруса в парусных ВЭС принято решать задачи выбора формы и аэродинамического профиля сечения, обеспечивающие высокие значения аэродинамических сил сопротивления и подъема. При этом наиболее предпочтительными оказались паруса с плоским сечением, изготовленные из легких материалов [19]. Регулирование парусности в этих ПВЭС производилось изменением положения паруса по высоте мачты. Однако анализ такой конструкции показал, что она имеет ряд недостатков: во-первых, при сильном ветре требуются существенные затраты энергии, чтобы опустить парус; во-вторых, упругая деформация мачты, а также,

например, обледенения препятствуют перемещению паруса по мачте. Для того, чтобы исключить эти трудности регулирования парусности предлагается конструкция паруса в виде зонта с наружной аэродинамической поверхностью, создающей одновременное действие как сил сопротивления, так и силы подъема. С помощью систем автоматического проектирования, таких как SolidWorks и пакета Flow Simulation промоделированы паруса двух видов A35 и NASA-0024 отвечающие требованиям одновременного действия сил сопротивления и подъема при изменении положения и геометрических размеров. Полученные данные сведены в Табл.1.

Таблица – 1 Аэродинамические характеристики профилей, полученных с помощью ПП SolidWorks и Flow Simulation

Название профиля	Угол атаки, градус	Хорда, м	Внут. диам., м	Подъем. сила, Н	Сила сопротив., Н	Коэф. п.с.	Коэф. с.с.
A35	22	1	2	18,51	9,34	0,28	0,14
A35	24	1	2	18,28	10,06	0,28	0,15
A35	26	1	2	17,48	10,62	0,27	0,16
A35	0	1	1	6,03	2,02	0,16	0,05
A35	0	1	1,5	7,49	2,76	0,15	0,06
A35	0	1	2	8,96	2,94	0,15	0,05
NASA-0024	14	1	2	18,99	5,68	0,30	0,09
NASA-0024	16	1	1,5	14,87	5,15	0,29	0,10
NASA-0024	16	1	2	19,81	6,46	0,31	0,10
NASA-0024	18	1	2	18,35	7,40	0,29	0,12
NASA-0024	20	1	2	17,97	8,25	0,28	0,13
NASA-0024	22	1	2	17,06	9,04	0,27	0,14

По результатам данных из таблицы 1, следует, что аэродинамические силы значительно возрастают при увеличении внутреннего диаметра паруса и неизменной длине хорды профиля. Каждый из профилей имеет критический угол атаки, при котором достигаются максимальные аэродинамические силы и коэффициенты (A35 – 24 градуса, NASA-0024 – 16 градусов). По полученным результатам, подтверждается закономерность изменения коэффициентов сил из [19] в зависимости угла атаки. По результатам аэродинамического анализа для зонтового паруса выбран профиль A35 с внутренним диаметром 2м и углом атаки в 24 градуса.

Принцип регулирования парусности основан на том, что зонт раскрывается и складывается в виде веера, изменяя площадь соприкосновения с воздушным потоком в зависимости от скорости ветра.

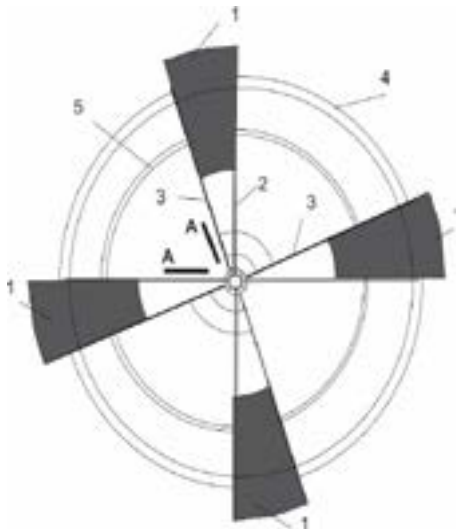


Рисунок 2 – Веерообразный зонтовый парус

Парус 1 состоит из вееров, расположенных в 4-х квадрантах. Причем одной стороной каждый веер закреплен за неподвижную крестовину 2, а другой стороной - за подвижную крестовину 3. При движении подвижной крестовины веер перемещается по направляющим в виде наружного 4 и внутреннего 5 обода (рис.2). Изменение парусности по принципу веера осуществляется за счет вращения подвижной крестовины 7 с помощью механизма управления парусностью (рис. 3).



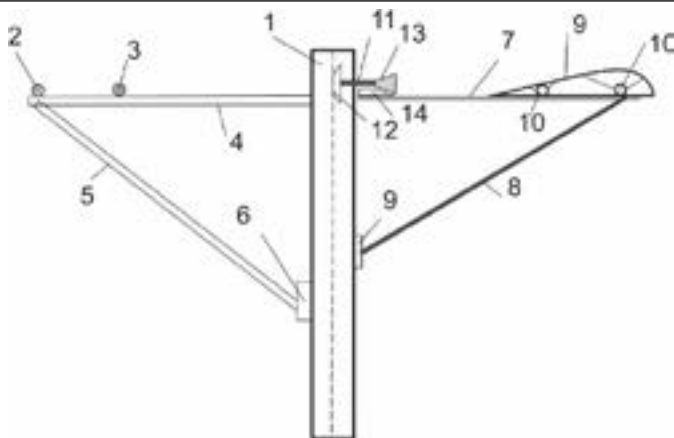


Рисунок 3 – Устройство регулирования парусности

Вид А-А, приведенный на рисунке 3, показывает механизм управления веерами зонта для регулирования парусностью. Здесь с одной стороны мачты показаны наружные 2 и внутренние 3 ободы, расположенные на неподвижных крестовинах 4, которые с помощью четырех распорок 5 крепятся с помощью бандажа 6 к мачте. С правой стороны показана подвижная крестовина 7 с четырьмя распорками 8, вращающимся в подшипниках 9. К каждому лучу подвижной крестовины 7 закреплена конструкция спицы 9, которая с помощью втулок 10 движется по ободу 2 и 3. Кроме указанных спиц используются промежуточные спицы, которые в каждом веере делят угол 90° на равные углы. Ко всем спицам крепится материал полотна паруса. Из-за конфигурации наружной кромки спиц, натянутый на спицы купол каждого веера имеет аэродинамический профиль сечения, который обеспечивает появление сил сопротивления и подъема одновременно. Механизм привода вееров зонта составлен из вала 11, проходящего через корпус мачты 3, в середине которого расположен верхний шкив 12 гибкой передачи связанный с управляемым реверсивным электродвигателем (не показан на рисунке) расположенным на подвижной платформе МП. На оба конца вала насажены конические самотормозящие шестерни 13, образующие зацепление с зубчатым колесом 14, жестко связанным с двумя противоположными лучами подвижной крестовиной 7. Поворотом подвижной крестовины на определенный угол, собираются или раскрываются все веера одновременно с помощью механизма управления.

В конструкции ПВЭС важная роль отводится манипуляторному преобразователю, который преобразует движение РО в движение актуаторов.

В рассматриваемой ПВЭС с зонтовым парусом расширены функции актуаторов МП из параллельного манипулятора Sholkor. На рисунке 4 представлена конструкция актуатора. Актуатор составлен из подвижной части и условно неподвижной части. Подвижная часть включает каретку состоящую из верхней 1 и нижней 2 плиты соединенных со штоком 3 и фланцем 4. Условно неподвижную часть образуют жестко связанные плиты 5, 6, 7 и вал 8. Следует отметить, что название «условное» применяется потому что эта часть образует многосвязное сферическое соединение с неподвижной платформой МП и фактически совершает некоторые сферические движения. Движение подвижной каретки относительно неподвижной части сверху ограничивает пружина 9, а снизу – пружина 10, образующие управляемую демпфирующую систему за счет электродвигателя 11 управляющего преднатягом пружины 9. На валу 8 установлены обгонные муфты 12, на которые насажены барабаны 13, связанные с помощью тросов 14 с плитами каретки.

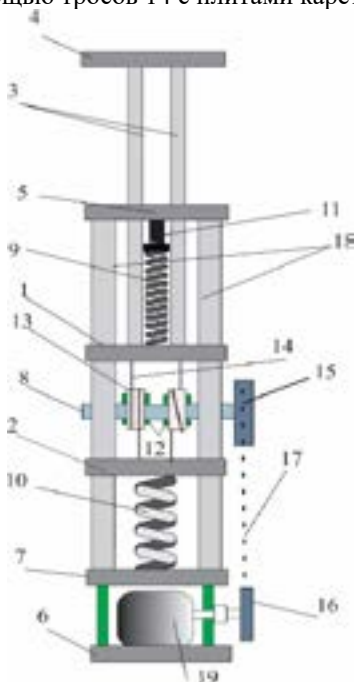


Рисунок 4 – Актуатор

Вал 8, тросовый механизм и ременная передача со шкивами 15,16 и ремнем 17 образуют систему отбора мощности (СОМ).

позволяет преобразовать возвратно-поступательное движение каретки по направляющим 18 во вращательное движение в одном направлении (за счет обгонных муфт 12 вала генератора 19 электрического тока.

### **Результаты и обсуждение**

Технология преобразования энергии движения воздушной массы, применяемая в ПВЭС, заключается в том, что энергия ветра воспринимается парусом, посредством шестиподвижного манипуляторного преобразователя преобразуется в электрическую энергию. Для совершенствования технологии путем повышения эффективности преобразования энергии ветра в электрическую энергию проводится модификация парусной ВЭС. Во-первых, при модификации изменена конструкция паруса, которая имеет высокие аэродинамические характеристики и является менее энергоемкой для управления парусностью. Во-вторых, модификация заключается в изменении конструкции актуаторов манипуляторного преобразователя. При этом, введение управляемой демпфирующей системы, системы отбора мощности, а также встроенного генератора электрического тока значительно уменьшают потери мощности на промежуточные механические узлы, исключает, например, применение дорогого, не эффективного линейного генератора электрического тока. Технология преобразования энергии ветра в электрическую энергию в модифицированной ПВЭС позволяет всем шести актуаторам участвовать в управлении движением рабочего органа и генерировании электрического тока. Управление движением РО производится автоматическим изменением преднатяга пружины демпфирующей системы. Например, если амплитуда колебания актуатора РО выше 100, то увеличивается преднатяг пружины 9. Преобразование электрической энергии генераторов осуществляется схемой системы генерирования, составленной в основном из элементов силовой электроники.

### **Выводы**

В результате модификации получена ПВЭС, в которой зонтовый парус удобен для управления парусностью и обладает более высокой чувствительностью к изменениям направления и скорости ветра. Изменена конструкция актуатора МП путем введения в каждый актуатор демпфирующей системы, СОМ и встроенного генератора электрического тока. Эти модификации повышают эффективность преобразования энергии ветра в электрическую энергию в следствии сокращения множества промежуточных узлов понижающих КПД ПВЭС.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Tong, W.** Fundamentals of Wind Energy. Wind Power Generation and Wind Turbine Design. – WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, 2010. – Vol. 44. – P. 3–48. – DOI: 10.2495/978-1-84564-205-1/01.

2 **Ashwill, T., Sutherland, H., Berg, D. A** retrospective of VAWT technology. – 2012. – DOI: 10.2172/1035336.

3 **Hussain, J., Mishra, M. K.** Adaptive Maximum Power Point Tracking Control Algorithm for wind energy conversion systems // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2016. – Vol. 31. – No. 2. – P. 697–705. – DOI: 10.1109/tec.2016.2520460.

4 **Bubshait, A. S., Mortezaei, A., Simoes, M. G., Busarello, T. D.** Power quality enhancement for a grid connected wind turbine energy system // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2017. – Vol. 53. – No. 3. – P. 2495–2505. – DOI: 10.1109/tia.2017.2657482.

5 **Xiao, X. Y., Yang, R. H., Chen, X. Y., Zheng, Z. X., Li, C. S.** Enhancing fault ride-through capability of DFIG with modified SMEs-FCL and RSC Control // IET Generation, Transmission and Distribution. – 2017. – Vol. 12. – No. 1. – P. 258–266. – DOI: 10.1049/iet-gtd.2016.2136.

6 **Ou, R., Xiao, X. Y., Zou, Z. C., Zhang, Y., Wang, Y. H.** Cooperative control of SFCL and reactive power for improving the transient voltage stability of grid-connected wind farm with dfigs // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. – 2016. – Vol. 26. – No. 7. – P. 1–6. – DOI: 10.1109/tasc.2016.2574344.

7 **Gao, C., Liu, H., Jiang, H., Li, Y., Tang, X.** Research on the sub-synchronous oscillation in wind power connected to series compensated power system and its influencing factors // CES Transactions on Electrical Machines and Systems. – 2017. – Vol. 1. – No. 3, – P. 334–340. – DOI: 10.23919/tems.2017.8086113.

8 **Ochoa, D., Martinez, S.** Fast-frequency response provided by DFIG-wind turbines and its impact on the grid // IEEE Transactions on Power Systems. – 2017. Vol. 32. – No. 5. – P. 4002–4011. – DOI: 10.1109/tpwrs.2016.2636374.

9 **Sun, P., Li, J., Wang, C., Lei, X.** A generalized model for wind turbine anomaly identification based on SCADA data // Applied Energy. – 2016. – Vol. 168. P. 550–567. – DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.01.133.

10 **Canizo, M., Onieva, E., Conde, A., Charramendieta, S., Trujillo, S.** Real-time predictive maintenance for wind turbines using big data frameworks // IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM). – 2017. DOI: 10.1109/icphm.2017.7998308.

11 **Tamilselvan, P., Wang, Y., Wang, P.** Optimization of wind turbines operation and maintenance using failure prognosis // IEEE Conference on Prognostics and Health Management. – 2012. DOI: 10.1109/icphm.2012.6299538.

12 **Dou, Z., Peng, S., Ling, Z., Cai, X.** Reduction of wind turbine torque fluctuation using individual pitch control based on edgewise moment // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. – 2013. – Vol. 5. – No. 24. – P. 5665–5676. DOI: 10.19026/rjaset.5.4253.

13 **Girsang, I. P., Dhupia, J. S.** Collective pitch control of wind turbines using stochastic disturbance accommodating control // Wind Engineering. – 2013. – Vol. 37. – No. 5. – P. 517–533. DOI: 10.1260/0309-524x.37.5.517.

14 **Hassan, H. M., ElShafei, A. L., Farag, W. A., Saad, M. S.** A robust LMI-based pitch controller for large wind turbines // Renewable Energy. – 2012. – Vol. 44. – P. 63–71. DOI: 10.1016/j.renene.2011.12.016.

15 **Fakharzadeh J. A., Jamshidi, F., Talebnezhad, L.** New approach for optimizing energy by adjusting the trade-off coefficient in wind turbines // Energy, Sustainability and Society. – 2013. – Vol. 3. – No. 1. – DOI: 10.1186/2192-0567-3-19.

16 **Dutton, A. G., Bonnet, P. A., Hogg, P., Leong, Y. L.** Novel materials and modelling for large wind turbine blades // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. – 2010. – Vol. 224. – No. 2. – P. 203–210. – DOI: 10.1243/09576509jpe858.

17 **Oswal, P.** Bladeless Wind Turbine // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. – 2018. – Vol. 6. – No. 3. – P. 2549–2553. – DOI: 10.22214/ijraset.2018.3576.

18 **Sholanov, K. S., Kabanbayev, A., Abzhaparov, K.M.** Study and Selection of Parameters of Automatically Controlled Wind Power Station with Swaying Sails // International journal of renewable energy research. – 2020. – Vol. 11. – No. 2. – P. 723–737. – DOI: 10.20508/ijrer.v10i2.10581.g7947.

19 **Sholanov, K. S., Mirzabayev, B. I., Ceccarelli, M.** Expansibility of Electric Power Production by Sail Wind Power Stations // International Journal of Mechanics and Control. – 2021. – Vol. 22. – No. 02. – P. 117–126.

20 **Sholanov, K. S.** Parallel Manipulators of Robots: Theory and Applications. – Springer, 2020. – P. 119–132. – DOI: 10.1007/978-3-030-56073-7\_7.

Материал поступил в редакцию 15.09.22.

\*Қ. С. Шоланов<sup>1</sup>, А. С. Омаров<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Ө. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

Материал баспаға 15.09.22 түсті.

## **ЗОНТТЫҚ ЖЕЛКЕНДІ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ ЖЕЛ ЭНЕРГИЯСЫН ТҮРЛЕНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЖӘНЕ КОНСТРУКЦИЯСЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ**

*Зерттеу нысаны желдің орташа жылдамдығы 3 м/с болатын кең аумақтарда пайдалануға арналған зонттық жұмыс органы бар желкенді жел электр станциясы (ЖЖЭС). Зерттеу мақсаты: жел энергиясын электр энергиясына түрлендіру әдістерін өзгерту және ЖЭС-тың қолданыстағы түрінің бірінің конструкциясын жаңғырту арқылы жаңартылатын энергия көздерін жетілдіру. Жел энергетикасы саласындағы зерттеулердің негізгі бағыттары қарастырылды. Қазіргі заманғы турбиналық ЖЭС желкенді салыстырғанда негізгі кемшіліктер анықталды. SolidWorks бағдарламалық ортасында әр түрлі аэродинамикалық қимасы және сипаттамалары бар статикалық күйдегі зонттық түріндегі желкендерге аэродинамикалық талдау жүргізілді. Ең жақсы аэродинамикалық профиль сипаттамалары бар желкен таңдалды. Басқарылатын демпферлік жүйеден және қуатты іріктеу жүйесінен (ҚАЖ) тұратын актуатордың және басқарылатын зонттық желкені тораптарының конструкциялары өзірленді. Зонт түріндегі жаңартылған желкенді пайдаланып желді электр энергиясына түрлендіру технологиясы сипатталған. Зерттеу нәтижелері желдің жылдамдығы мен бағытының өзгеруіне қарамастан, желдің жылдамдығы 3 м/с және одан жоғары болған кезде номиналды қуатпен жұмыс істей алатын басқарылатын жаңартылатын электр энергиясын көзін құруға мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер: жаңартылатын энергия көзі, желкенді жел электр станциясы, зонттық желкені, параллельдік манипулятор, актуатор, аэродинамикалық көрсеткіштер.*

*\*К. S. Sholanov<sup>1</sup>, A. S. Omarov<sup>2</sup>*

*<sup>1,2</sup>A. Saginov Karaganda Technical University,  
Republic of Kazakhstan, Karaganda.*

*Material received on 15.09.22.*

---

## **DESCRIPTION OF THE CONSTRUCTION AND TECHNOLOGY OF WIND ENERGY CONVERSION BY THE POWER PLANT WITH AN UMBRELLA SAIL**

*The object of the research is a sailing wind power plant (SWPP) with an umbrella working body, designed for use in vast areas with an average wind speed of 3 m/s. The purpose of the study: improving renewable energy sources by changing the methods of converting wind energy into electrical energy and upgrading the construction of one of the existing types of SWPP. The main directions of research in the field of wind energy are considered. The main disadvantages of modern turbine WPPs compared to sailing ones are revealed. An aerodynamic analysis of an umbrella-shaped sail in a static position with various types of aerodynamic cross-section and characteristics is carried out in the SolidWorks software. A sail with the best aerodynamic profile characteristics has been chosen. The designs of the nodes of controlled umbrella sail and actuator, composed of a controlled damping system and power take-off system (PTOS), have been developed. The technology of converting wind into electrical energy with the help of an upgraded sail in the form of an umbrella is described. The results of the research make possibilities to create a controlled renewable source of electric energy that can operate with rated power at wind speeds of 3 m/s and higher, regardless of changes in wind speed and direction.*

*Keywords: renewable energy sources, wind power plant, umbrella sail, parallel manipulator, actuator, aerodynamics.*

Теруге 15.09.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3 Mb RAM

Шартты баспа табағы 19,8. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3989

Сдано в набор 15.09.2022 г. Подписано в печать 30.09.2022 г.

Электронное издание

3 Mb RAM

Усл. печ. л. 19,8. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3989

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz