

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

**\*И. А. Шумейко<sup>1</sup>, А. Ж. Касенов<sup>2</sup>, С. М. Нуркимбаев<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

## **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ С БУРЕВОЙ ЗАЩИТОЙ**

*Казахстан в силу своего географического расположения и климатических условий обладает значительными ресурсами в виде солнечной энергии и энергии ветра. На большей территории страны среднегодовые скорости ветра составляют 4-5 м/с, а в ряде регионов превышают 6 м/с, что создаёт хорошие условия для развития ветроэнергетики.*

*Развитие энергетики в Павлодарской области идёт на основе невозобновляемых источников энергии, что ведёт к истощению природных запасов топлива и ухудшению экологической обстановки. Создание и использование возобновляемых источников энергии, в частности ветровых агрегатов, создаёт благоприятные условия для устойчивого социально-экономического развития Республики Казахстан. Особенно это актуально для удалённых от линий электропередач крестьянских хозяйств, отгонных пастбищ, фермерских хозяйств. Целесообразно использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) и с целью экономии электрической энергии как в сельской местности, так и в частных подворьях в городских условиях.*

*Применяемые, в частности в Павлодарской области, трёхлопастные ВЭУ малой мощности не имеют автоматического регулирования частоты вращения ветрового колеса (ВК) и могут при высокой скорости ветра раскручиваться до такой степени, что выходит из строя электроаппаратура, или даже до разрушения лопастей. Мониторинг ВЭУ Павлодарской области, в основном кустарного производства, показал их низкую эффективность, неустойчивость к порывам ветра, отсутствие какой-либо буревой защиты.*

*Предлагается конструкция ВЭУ малой мощности, повышение эффективности которой будет достигнута путём использования в ВК оптимальных конструктивных параметров (число лопастей, их*

*форма, угол установки, относительная площадь лопасти), полученных в процессе экспериментальных исследований на действующих моделях ВЭУ с помощью аэродинамической трубы, обеспечивающей постоянство скорости воздушного потока.*

*Ключевые слова: ветроэнергетическая установка (ВЭУ), ветровое колесо (ВК), момент, частота вращения, мощность, эксперимент, конструкция, модель, скорость воздушного потока, механизм*

## **Введение**

Казахстан в силу географического расположения и климатических условий обладает значительными ресурсами в виде солнечной энергии и энергии ветра. На большей территории страны среднегодовые скорости ветра составляют 4-5 м/с, а в ряде регионов превышают 6 м/с, что создает хорошие условия для развития ветроэнергетики [1]. Развитие энергетики в Павлодарской области идёт на основе невозобновляемых источников энергии, что ведёт к истощению природных запасов топлива и ухудшению экологической обстановки.

Основным источником электроэнергетики в Казахстане является угольная энергетика, базирующая на дешёвых Экибастузских углях. В настоящее время угольная отрасль республики обеспечивает выработку в Казахстане до 80 % электроэнергии [2, 3]. Чрезмерное потребление каменного угля приводит к истощению его природных запасов и к ухудшению экологической обстановки.

Кроме того, существующая концентрация генерирующих мощностей вблизи угольных месторождений при больших размерах территории приводит к необходимости иметь протяжённые электрические сети, приводящие к значительным потерям электроэнергии при транспортировке. Общие потери электроэнергии составляют примерно 20–40 % от её потребления. Содержание протяжённых электросетей при небольших нагрузках становится экономически нерентабельным. Это создаёт проблему с электроснабжением отдалённых населённых пунктов (в основном сельские территории). Использование местных возобновляемых источников энергии является экономической альтернативой централизованному энергообеспечению, особенно для удалённых районов, испытывающих дефицит электроэнергии.

В некоторых случаях требуется электроснабжение удалённых от линий электропередач точек: отгонных пастбищ, фермерских хозяйств и др. В таких случаях проблема электроснабжения может быть решена только с помощью альтернативных источников небольшой мощности.

Применяемые, в частности, в Павлодаре и Павлодарской области трёхлопастные ветроэнергетические установки (далее ВЭУ) малой мощности не имеют автоматического регулирования частоты вращения ветрового колеса и могут при высокой скорости ветра раскручиваться до такой степени, что выходит из строя электроаппаратура, или даже до разрушения лопастей (рисунок 1). Установленная на одном из отгонных пастбищ (отгон Дәмелі, с. Казахстанское, Лебяжинский район, Павлодарская область) ВЭУ модели АВЭУ6-4М мощностью 4 кВт находится в нерабочем состоянии: выведено из строя двухлопастное ветровое колесо (далее ВК) в результате воздействия ураганного порыва ветра, не работает механизм ориентации навстречу воздушному потоку (рисунок 2). Наблюдение за действующими ВЭУ, в основном кустарного производства, в некоторых сёлах Лебяжинского района Павлодарской области показали их низкую эффективность и неустойчивость к ураганным порывам ветра (рисунок 3).



Рисунок 1 – Разрушение лопастей



Рисунок 2 – ВЭУ, отгон Дәмелі

Развитие электроэнергетики должно определяться, прежде всего, экономической целесообразностью и техническими возможностями, выявленными в процессе рассмотрения всего комплекса вопросов, относящихся к оптимальному энергообеспечению различных объектов народного хозяйства и требованиям потребителей. Комплексное рассмотрение

всех факторов даёт объективные результаты, на основании которых можно судить об экономической целесообразности и технических возможностях применения в конкретных условиях той или иной ветроэнергетической установки.

Однако в зависимости от конкретных условий и целей эффективность использования ВЭУ может оцениваться и другими критериями, которые должны рассматриваться или в качестве главных, или как критерии субъективности варианта, т.е. примыкающие к главному критерию.



Рисунок 3 – Действующие ВЭУ в сёлах Павлодарской области

Принципиальный же подход заключается в том, что для эффективного использования энергии ветра в каждом конкретном случае должна быть определённая совокупность ряда факторов: высокие значения среднегодовой скорости ветра и соответствующая повторяемость его режимов; возможно меньшие вариации скоростей ветра и их направлений; наличие транспортной сети и удобных для установки ВЭУ участков [3].

В таблице 1 приведён потенциал трёх наиболее благоприятных для установки ветровых электростанций регионов Казахстана.

Таблица 1 – Генерирующий потенциал ветровой энергетики РК

№ п/п	Регион передающих сетей	Потенциал ВЭУ (МВт)
1	Западный	2200
2	Северный	11878
3	Южный	3162
Итого		17240

Как видно из таблицы, перспективы использования ветроэнергетики в Казахстане значительны. Большая часть территории Казахстана имеет высокую скорость ветра. По оценкам экспертов Казахстан одна из стран мира, с наиболее подходящими условиями для развития ветроэнергетики.

Одним из актуальных вопросов является электроснабжение сельских потребителей. В силу обширной территории Казахстана для электропередающих сетей характерна передача электроэнергии на большие расстояния. Значительная территория Казахстана и довольно низкая плотность населения в сельской местности обуславливают наличие значительной протяжённости сельских линий электропередач и низкую плотность нагрузки.

Содержание сельских электрических сетей большой протяжённости при низком уровне потребления, равно как и значительные потери, в значительной степени повышают себестоимость электроэнергии у потребителей.

#### **Материалы и методы**

В настоящее время в стране реализуется крайне небольшое количество проектов ветровой энергетики. Импортное же оборудование может не выдержать экстремальные погодные условия Казахстана, что даёт толчок для местного развития.

Комплекс ветротурбин Датской компании Vestas используется в районе г. Ерейментау (Акмолинская область). Эти установки используются для дополнительной подпитки электрических сетей от тепловых электростанций. Эти ВЭУ имеют трёхлопастное ВК очень большого диаметра, что определяет нетехнологичность конструкции ВК и, кроме того, эти ВЭУ не решают проблемы снижения потерь электроэнергии при передаче её на большие расстояния. Они не транспортабельны и по экономическим соображениям не могут применяться в точках, удалённых от линий электропередач (рисунок 4).

Также на рынке малой ветроэнергетики представлены небольшие фирмы, занимающиеся продажей ветроагрегатов из различных стран: «Zonhan Windpower», «Condor Air», «EnergyWind». Далее из Российских фирм предлагают установки ЗАО «Ветроэнергетическая компания», ООО «ЕвроСтандартСервис».

На рисунке 5 представлен агрегат АВЭУ-6 предназначенный для электропитания осветительных, бытовых и нагревательных приборов [4].



Рисунок 4 – Установки «Vestas»

Ветроколесо имеет две металлические лопасти, применена центробежно-аэродинамическая система регулирования поворотом лопастей. Диаметр ВК – 6 м, развиваемая мощность – 3,5 кВт. Номинальная частота вращения ВК (186 об/мин) достигается при скорости ветра 6-7 м/с. С целью обеспечения номинальной частоты вращения ротора генератора применён редуктор с передаточным отношением  $i_p=13,5$ . Механизм ориентации – виндроза с двумя червячными передачами (общ $\Sigma=2350$ ). Недостаточная устойчивость лопастей к ураганным порывам ветра (рисунок 2), высокая скорость ветра для обеспечения номинальной частоты вращения ротора генератора, значительное понижение крутящего момента на валу генератора в связи с большим передаточным отношением редуктора ( $i_p=13,5$ ), сложность механизмов регулирования частоты вращения ВК и его поворота навстречу воздушному потоку, как минимум, затрудняет использование агрегата АВЭУ-6 сельским потребителем.

В Казахстане проблемами повышения эффективности ветроустановок занимается КазНИИМЭСХ [5], при котором проводятся экспериментальные исследования ветроагрегатов типа «Ромашка».

В работе [6] приводятся результаты испытаний ВЭУ в крестьянском хозяйстве «Ар» Илийского района Алматинской области. Исследовались зависимости частоты вращения ВК от скорости ветра и производительности ВЭУ. Экспериментальные исследования проводились в естественных условиях, с непостоянством скорости ветра.

Предлагается опытный образец ветроэнергетической установки малой мощности с автоматическим регулированием частоты вращения и буревой



защитой, максимально использующей мощность ветрового потока на основе научно обоснованных конструктивных параметров ветрового колеса.

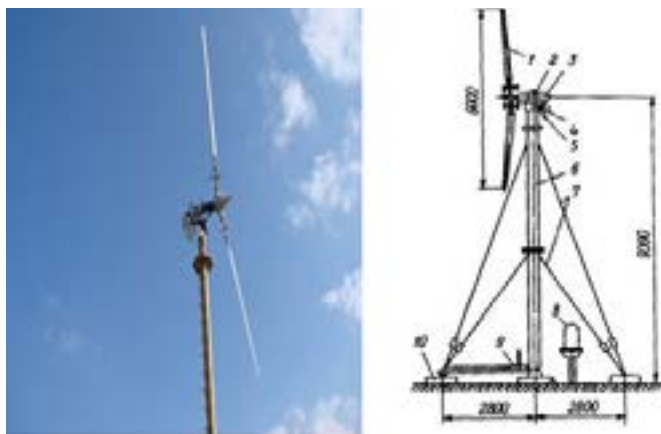


Рисунок 5 – Агрегат АВЭУ-6

Обоснование конструктивных параметров выполнялось на действующей модели с помощью установки, представленной на рисунке 6, с обеспечением постоянства скорости воздушного потока при помощи аэродинамической трубы.

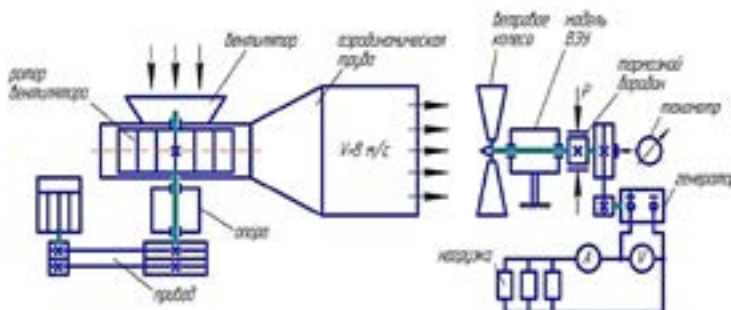


Рисунок 6 – Схема установки для исследования влияния конструктивных параметров ВК на частоту вращения, момент и мощность, развиваемых ветровым колесом

Для оценки выходных параметров ветроэнергетической установки в зависимости от входных конструктивных параметров ветрового колеса

разработана принципиальная схема модели и изготовлена модель ветровой установки, позволяющей изменять число лопастей от 2-х до 12-ти, т.е. на 2, 3, 4, 6 и 12 лопастей [7-10].

Средняя скорость воздушного потока на торце аэродинамической трубы составила 8 м/с.

Угол установки лопастей ветрового колеса обеспечивается путём их поворота и фиксации с помощью резьбового соединения. Для исследования зависимости момента  $M$  (Н×м), частоты вращения  $n$  (об/мин) и мощности  $N$  (Вт) от числа лопастей использовались лопасти различного профиля и относительной площади и формы.

Принято, что тормозной момент, останавливающий ВК при заданной скорости ветра, равен моменту, развиваемым ветровым колесом. Для создания и измерения тормозного момента было спроектировано и изготовлено специальное приспособление (рисунок 7).

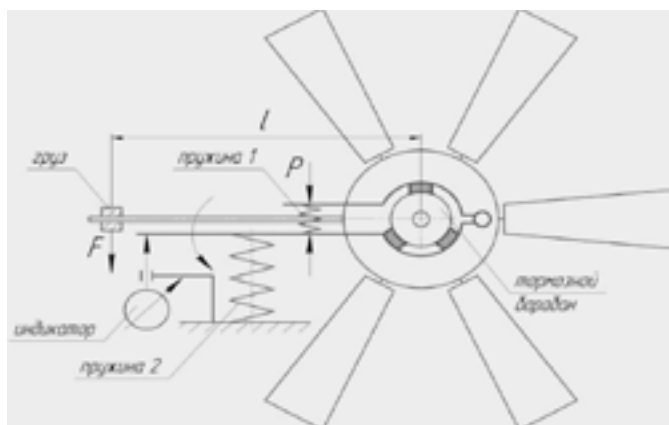


Рисунок 7 – Схема тарировки тормозного момента и его последующего измерения

В качестве примера на рисунке 8 приведены зависимости момента, частоты вращения и мощности от числа лопастей и угла установки для ВК с лопастями из листовой стали с переменной вогнутостью по длине лопасти и относительной площадью, равной 0,05 [9].

Как видно из приведённого примера наблюдается интенсивный рост момента с увеличением числа лопастей при незначительном падении частоты вращения ВК, вследствие чего имеет место значительный рост мощности, как основного параметра ВЭУ.

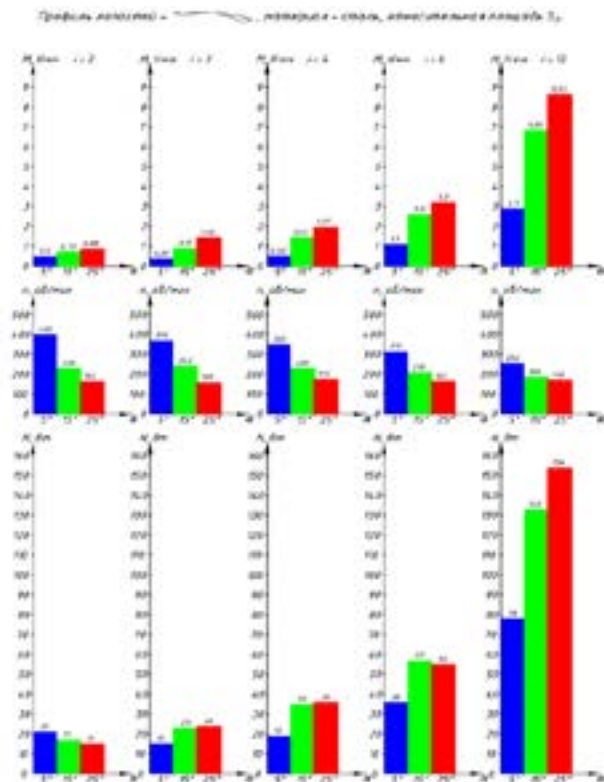


Рисунок 8 – Графики зависимости момента  $M$ , частоты вращения  $n$  и мощности  $N$  от угла установки лопастей и их числа для ВК с лопастями из листовой стали и относительной площадью  $0,05$

Достоверность результатов измерений подтверждается повторяемостью результатов измерений при многократном повторении одного и того же опыта. Разброс значений не превышает 2–3 %.

На основе проведённых экспериментальных исследований были определены: оптимальное число лопастей (рисунок 9), оптимальный угол установки (рисунок 10) и оптимальная относительная площадь лопасти ВК (рисунок 11).

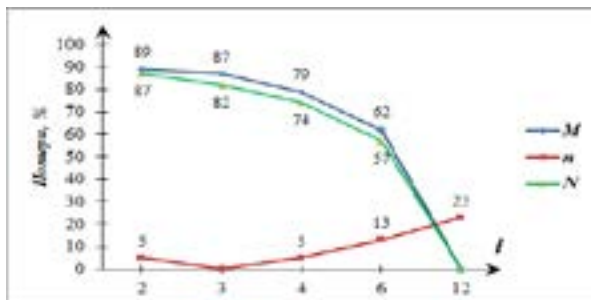


Рисунок 9 – График потерь выходных параметров в зависимости от числа лопастей

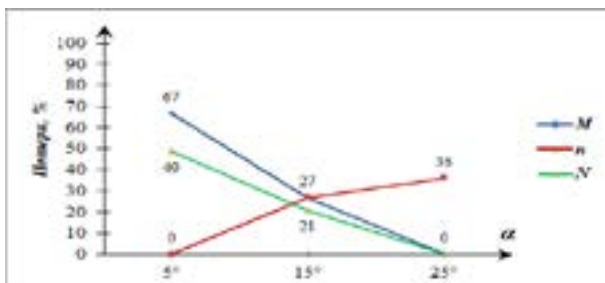


Рисунок 10 – График потерь выходных параметров в зависимости от угла установки лопастей

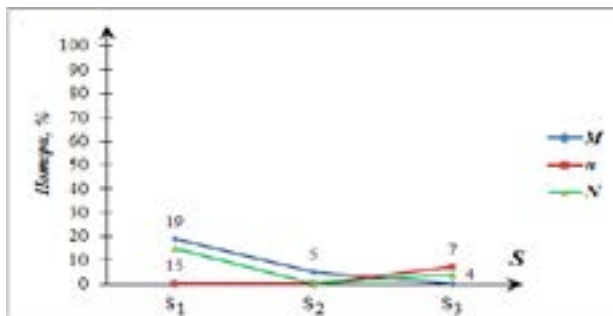


Рисунок 11 – График потерь выходных параметров в зависимости от относительной площади лопастей

Работы [5-9] показали, что для снабжения электроэнергией крестьянских подворий, фермерских хозяйств и особенно для удалённых от линий электропередач точек (например, отгонных пастбищ) нужны ВЭУ малой мощности с многолопастным ВК с автономным регулированием частоты вращения, обеспечивающим агрегатный способ сборки-разборки и тем самым обеспечивающих их хорошую транспортабельность. Серийное производство предлагаемых ВЭУ позволит значительно повысить социальный уровень жизни жителей, прежде всего, в сельской местности.

### **Результаты и обсуждение**

Предлагается опытный образец ветроэнергетической установки малой мощности с автоматическим регулированием частоты вращения и буревой защитой, максимально использующей мощность ветрового потока за счёт научно обоснованных конструктивных параметров ветрового колеса и, вместе с тем, простой по конструкции, надёжной в работе и приемлемой по себестоимости.

Ветроэнергетическая установка (патент на изобретение «Ветроэнергетическая установка» № 31844 [9]) состоит из следующих основных узлов (рисунок 4): силовой головки с механизмом регулирования частоты вращения ВК и буревой защиты, восьмиллопастного ветрового колеса с поворотными лопастями из листовой стали с переменной вогнутостью, опорно-поворотного механизма с токосъемным устройством, флюгера и башни.

ВЭУ оснащена генератором на постоянных магнитах с номинальной частотой вращения 600 об/мин. Заданная частота вращения генератора обеспечивается мультипликатором с передаточным отношением  $i = 6$  и экранно-рычажным механизмом регулирования частоты вращения (патент РК «Ветродвижитель с буревой защитой №26174 [11]). Диаметр ВК для опытного образца мощностью 300 Вт принят равным 1,4 метра, для опытного образца мощностью 2 кВт – 2,5 метра. Для максимального использования энергии ветра используется обтекатель воздуха. Способ сборки-разборки агрегатно-узловой, что обеспечивает достаточно высокую мобильность и транспортабельность ВЭУ [12].

Повышение эффективности ВЭУ достигается путем использования оптимальных конструктивных параметров (число лопастей, угол заклинивания, форма лопасти, относительная площадь лопасти), полученных в процессе экспериментальных исследований на действующих моделях с помощью аэродинамической трубы обеспечивающей постоянство скорости воздушного потока.

Оптимальные конструктивные параметры приняты на основе минимизации потерь по числу лопастей, по углу установки лопастей и по относительной площади.

Применён экранно-рычажный механизм автономного регулирования частоты вращения ветрового колеса и буревой защиты (патент РК «Ветродвижитель с буревой защитой» №26174) [11].

В ветровом колесе используется обтекатель, обеспечивающий повышение мощности на 8–12 % [10]. Повышение мощности связано с тем, что ранее не работавший поток воздуха в центре ВК, теперь направляется на лопасти с учётом действия скорости воздушного потока в третьей степени (см. формулу (1), развиваемой ВК).

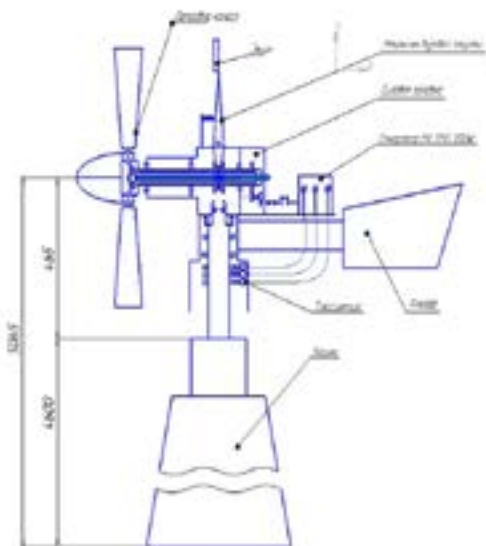


Рисунок 12 – Схема ветроэнергетической установки малой мощности

Экранно-рычажный механизм состоит из трёх составляющих элементов (подузлов). Рычажно-поворотного механизма с тяговой тарелкой, размещённых в ветровом колесе, тяги с тяговой втулкой, размещённых в корпусе силовой головки и отдельного узла крышки силовой головки с размещённым на ней рычажно-экраным механизмом.

При скорости ветра от минимума до рабочей (7 – 8 м/с) рычаг экрана не реагирует на изменение скорости ветра. Угол установки лопастей при этом соответствует номинальному и равному принятому 15 градусов. Ветровое колесо при этом изменяет частоту вращения от минимума до номинальной, соответствующей номинальной мощности генератора (300 Вт).

При скорости ветра 8 и более м/с экран начинает отклоняться и через рычаг с отношением плеч равным семи перемещает тяговую втулку вместе с осью и закрепленной на ней тяговую тарелку. Последняя через рычаги, закреплённые на осях лопастей, начинает поворачивать лопасти на увеличение угла установки. Частота вращения ВК при этом падает до номинальной.

При уменьшении скорости ветра до 7–8 м/с частота вращения ВК остаётся на уровне номинальной. Так обеспечивается регулирование частоты вращения ВК. При увеличении скорости ветра до 15 – 20 м/с лопасти устанавливаются во флюгерное положение и ВК практически останавливается, поломка лопастей предотвращается. Для повышения устойчивости лопастей и гарантированного исключения их поломки, все лопасти шарнирно соединены с общим кольцом (рисунок 13).



Рисунок 13 – Общий вид ветроэнергетической установки с положением лопастей при скорости ветра соответствующей рабочей и при скорости значительно превышающей рабочую

Напряжение с генератора снимается с помощью токосъёмника состоящего из неподвижных токосъёмных колец, установленных на стойке опорно-поворотного механизма, и собственно токосъёмника, соединённого с контактами генератора и установленного на поворотной части опорно-поворотного механизма.

Опорно-поворотный механизм, как самостоятельный узел, состоит из неподвижной стойки, закреплённой на верхней части башни, и поворотного цилиндра с подшипниками скольжения и с пояском для центрирования

силовой головки. Осевое усилие, создаваемое силой тяжести силовой головки и ветрового колеса, воспринимается упорным шариковым подшипником. Верхняя часть башни с платформой для обслуживания силовой головки и ветрового колеса, также является самостоятельным элементом (узлом) ВЭУ.

Ветровое колесо является основным узлом, преобразующим энергию ветра в механическую энергию его вращения. Момент, развиваемый ветровым колесом, используется для вращения ротора генератора. Диаметр ветрового колеса рассчитан и принят исходя из заданной мощности (300 Вт) согласно известной закономерности [4]

$$P = \rho \times V^3 \times \frac{\pi D^2}{4} \times \xi \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха;

$V$  – скорость воздушного потока;

$D$  – диаметр ветрового колеса;

$P$  – мощность, развиваемая ветровым колесом.

Решая уравнение относительно диаметра  $D$  и приняв рабочую скорость ветра  $V = 8$  м/с и коэффициент использования энергии ветра равным 0,45, получим расчётное значение диаметра ВК равным 1,6 м. С учётом принятого диаметра обтекателя, равным 0,34 м, повышающего эффективность использования энергии ветра, окончательно принимаем диаметр ВК, равным 1,4 м.

На основании ранее проведённых экспериментальных исследований [8, 10] показано, что оптимальным числом лопастей для ВЭУ малой мощности является ВК с числом равным 8–10. Принимаем число лопастей  $i = 8$ . Наиболее технологичной и приемлемой по себестоимости является лопасть из листовой стали. Причём наибольшую эффективность обеспечивает лопасть с переменной, уменьшающейся к периферии, вогнутостью.

Силовая головка выполнена в виде корпусной детали с размещённой в ней валом на подшипниках качения и двухступенчатым редуктором с передаточным отношением  $i = 6$ , увеличивающим частоту вращения ротора генератора в 6 раз.

При частоте вращения ВК равной 100 об/мин будет обеспечена номинальная частота вращения ротора генератора, равная 600 об/мин.

Ориентация навстречу ветровому потоку обеспечивается флюгером.

Запуск в работу ВЭУ обеспечивается в следующей последовательности: вывод фиксатора ВК с помощью тросика управления, установка лопастей в рабочее положение равное 15 градусов с помощью второго тросика управления, после набора ветровым колесом рабочей частоты вращения



– подключение нагрузки. Вывод ВЭУ из рабочего положения и останов выполняются в следующей последовательности: установка лопастей во флюгерное положение, после остановки ВК его фиксация с помощью тех же тросиков управления.

### **Выводы**

Использование ВЭУ будет экономически выгодно в частных крестьянских хозяйствах, отгонных пастбищах, в частных домах, дачных участках и др., а также с целью экономии электрической энергии. В точках же, удалённых от линий электропередач (отгонные пастбища, фермерские хозяйства и др.) нет альтернативы ветроэнергетическим установкам средней и малой мощности.

Повышение эффективности ВЭУ достигается путем использования оптимальных конструктивных параметров (число лопастей, угол заклинения, форма лопасти, относительная площадь лопасти), полученных в процессе экспериментальных исследований на действующих моделях с помощью аэродинамической трубы обеспечивающей постоянство скорости воздушного потока.

Применён экранно-рычажный механизм автономного регулирования частоты вращения ВК и буревой защиты (патент РК).

В ветровом колесе предлагается использовать обтекатель, обеспечивающий, как показали предварительные экспериментальные исследования, повышение мощности на 8-12 %.

Таким образом, предлагаемая конструкция ВЭУ достаточно проста, оснащена устройством автоматического регулирования частоты вращения и буревой защиты, проста в управлении и, в случае получения положительных результатов испытаний в естественных условиях, может быть рекомендована для серийного производства более мощного аналога.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Национальная программа развития ветроэнергетики до 2015 года с перспективой до 2024 года. – Алматы-Астана : Правительство РК, 2007. – 20 с.

2 СТ РК ГОСТ Р 51990-2008 Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Классификация (IDT). Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан от 26 ноября 2008 года № 602-од. – 35 с.

3 **Дорошин, Г. А.** Перспективы использования ветроэнергетики в Казахстане. – Алматы, 2006. – С. 15.

4 **Шефтер, Я. И.** Использование энергии ветра. – М. : «Энергия», 1983. – 201 с.

5 **Сейтбеков, Л. С., Нестеров, Е. Б., Абдикаиров, А.** и др. Ветроподъемник ВВ-5Т / Каталог научно-технических разработок АО «КазАгроинновация» // Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – Алматы.

6 **Нурписова, Г. Б.** Обоснование систем автономного электро- и водоснабжения агроформирований на базе ветроустановок / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук // Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (КазНИИМЭСХ). – Алматы, 2010. – 32 с.

7 **Капуста, Я. Я., Шумейко, И. А.** Методика экспериментальных исследований по выявлению оптимальных конструктивных параметров ветроэнергетической установки // Материалы Международной научной конференции молодых учёных, магистрантов, студентов и школьников «XVII Сатпаевские чтения». Том 19. – Павлодар, 2017. – С. 35–40.

8 **Ордабаев, М. Е., Шумейко, И. А., Коваль, Ю. А.** Исследование момента, частоты вращения ветрового колеса и мощности на его валу в зависимости от числа, формы лопастей и угла установки // Сборник статей «Инновационное развитие науки в современном Казахстане». – Алматы, 2011. – Ч. 3.

9 **Шумейко, И. А., Нуркимбаев, С. М., Христоводоров, А. А.** Выбор оптимального варианта формы и относительной площади лопасти ветрового колеса ветроподъемной установки на основе моделирования // Наука и техника Казахстана. – 2013. – № 1-2. – С. 61-71.

10 **Капуста, Я. Я., Шумейко, И. А.** Технический проект маломощной ветровой электрической станции с буревой защитой // Материалы Международной научной конференции молодых учёных, магистрантов, студентов и школьников «XV Сатпаевские чтения». Том 14. – Павлодар, 2015. – С. 102–107.

11 **Шумейко, И. А., Нуркимбаев, С. М.** Патент РК №31844 на изобретение «Ветроэнергетическая установка». 15.02.2017, бюлл. № 3.

12 **Шумейко, И. А., Коваль, Ю. А.** Инновационный патент № 26174 на изобретение «Ветроподъемник с буревой защитой». 14. 09. 2012, бюлл. № 9.

## REFERENCES

1 Natsional'naya programma razvitiya vetroenergetiki do 2015 goda s perspektivoy do 2024 goda [National Program for the development of wind energy

until 2015 with a perspective until 2024]. – Almaty-Astana: Government of the Republic of Kazakhstan, 2007. – 20 p.

2 **ST RK GOST R 51990-2008** *Netraditsionnaya energetika. Vetroenergetika. Ustanovki vetroenergeticheskoye. Klassifikatsiya (IDT) [ST RK GOST R 51990-2008 Unconventional energy. Wind energy. Wind power installations. Classification (IDT)].* Committee on Technical Regulation and Metrology of the Ministry of Industry and Trade of the Republic of Kazakhstan dated November 26, 2008 No. 602-od. – 35 p.

3 **Doroshin, G. A.** *Perspektivy ispol'zovaniya vetroenergetiki v Kazakhstane [Prospects for the use of wind power in Kazakhstan].* – Almaty, 2006. – p. 15.

4 **Shefter, Ya. I.** *Ispol'zovaniye energii vetra [The use of wind energy].* – M.: «Energy», 1983. – 201 p.

5 **Seitbekov, L. S., Nesterov, E. B., Abdikairov, A.** et al. *Vetrovodopod"yemnik VV-5T [Wind power lifter BB-5T] / Catalog of scientific and technical developments of JSC «Kazagroinnovation» // Kazakh Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture.* – Almaty.

6 **Nurpeisova, G. B.** *Obosnovaniye sistem avtonomnogo elektro- i vodosnabzheniya agroformirovaniya na baze vetrustanovok [Substantiation of systems of autonomous electric and water supply of agricultural formations based on wind turbines].* Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Kazakh Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture (KazNIIMESH). – Almaty, 2010. – 32 p.

7 **Kapusta, Ya. Ya., Shumeyko, I. A.** *Metodika eksperimental'nykh issledovaniy po vyyavleniyu optimal'nykh konstruktivnykh parametrov vetroenergeticheskoy ustanovki [Methods of experimental research to identify optimal design parameters of a wind power plant].* Materials of the International Scientific Conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XVII Satpayev readings». Volume 19. – Pavlodar, 2017. – P. 35-40.

8 **Ordabaev, M. E., Shumeyko, I. A., Koval, Yu. A.** *Issledovaniye momenta, chastoty vrashcheniya vetrovogo koleasa i moshchnosti na yego valu v zavisimosti ot chisla, formy lopastey i ugla ustanovki [Investigation of the torque, rotation frequency of the wind wheel and power on its shaft depending on the number, shape of the blades and the angle of installation] // Collection of articles «Innovative development of science in modern Kazakhstan».* – Almaty, 2011. – Part 3.

9 **Shumeyko, I. A., Nurkimbayev, S. M., Hristodorov, A. A.** *Vybor optimal'nogo varianta formy i otnositel'noy ploshchadi lopasti vetrovogo koleasa vetrovodopodyemnoy ustanovki na osnove modelirovaniya [Choosing the optimal variant of the shape and relative area of the blade of the wind wheel of a wind-lifting installation based on modeling] // Science and Technology of Kazakhstan.* – 2013. – No. 1–2. – P. 61–71.

10 **Капуста, Ya. Ya., Shumeyko, I. A.** Tekhnicheskii proyekt malomoshchnoy vetrovoy elektricheskoy stantsii s burevoy zashchitoy [Technical project of a low-power wind power plant with storm protection] // Materials of the International Scientific Conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XV Satpayev readings». Volume 14. – Pavlodar, 2015. – P. 102–107.

11 **Shumeyko, I. A., Nurkimbayev, S. M.** Vetroenergeticheskaya ustanovka [Wind power plant]. Patent of the Republic of Kazakhstan No. 31844 for the invention. 02/15/2017, byul. No. 3.

12 **Shumeyko, I. A., Koval, Yu. A.** Vetrodvigatel' s burevoy zashchitoy [Wind turbine with storm protection] Innovative patent No. 26174 for the invention. 14.09.2012, byull. No. 9.

Материал поступил в редакцию 15.09.22.

*\*И. А. Шумейко<sup>1</sup>, А. Ж. Касенов<sup>2</sup>, С. М. Нуркимбаев<sup>3</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға 15.09.22 түсті.

## **АЗ ҚУАТТЫЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ ТИІМДІ ЖЕЛ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫ ДАУЫЛДАН ҚОРҒАНЫСЫМЕН**

*Қазақстан өзінің географиялық орналасуына және климаттық жағдайларына байланысты күн энергиясы мен жел энергиясы түрінде айтарлықтай ресурстарға ие. Елдің үлкен аумағында желдің орташа жылдық жылдамдығы 4-5 м/с, ал бірқатар өңірлерде 6 м/с-тан асады, бұл жел энергетикасының дамуына жақсы жағдай жасайды.*

*Павлодар облысында энергетиканы дамыту жаңартылмайтын энергия көздері негізінде жүргізілуде, бұл отынның табиғи қорларының сарқылуына және экологиялық жағдайдың нашарлауына алып келеді. Жаңартылатын энергия көздерін, атап айтқанда жел агрегаттарын құру және пайдалану ҚР-ның орнықты әлеуметтік-экономикалық дамуы үшін қолайлы жағдайлар жасайды. Бұл әсіресе электр беру желілерінен алыс шаруа қожалықтарына, шалғайдағы жайылымдарға, фермерлік шаруашылықтарға қатысты. Ауылдық жерлерде де, сондай-ақ қалалық жағдайда жеке аулаларда да электр энергиясын үнемдеу мақсатында жел энергетикалық қондырғыларды (ЖЭҚ) пайдалану орынды.*

*Атап айтқанда, Павлодар облысында қолданылатын қуаты аз үш қалақты ЖЭҚ-те жел доңғалағының (ЖД) айналу жиілігін автоматты реттеу жоқ және желдің жоғары жылдамдығы*

кезінде электр аппаратурасы істен шығатын дәрежеге дейін немесе қалақтар бұзылғанға дейін бұрыла алады. Павлодар облысының жел көтергіш қондырғылардың, негізінен қолөнер өндірісінің мониторингі олардың төмен тиімділігін, желдің екпініне тұрақсыздығын, қандай да бір бұрқақты қорғаныстың жоқтығын көрсетті.

Тиімділігі ЖД-та ауа ағыны жылдамдығының тұрақтылығын қамтамасыз ететін аэродинамикалық құбырдың көмегімен қолданыстағы ЖЭҚ модельдерінде эксперименттік зерттеулер процесінде алынған оңтайлы конструктивтік параметрлерді (қалақтардың саны, олардың пішіні, орнату бұрышы, қалақтың салыстырмалы ауданы) пайдалану арқылы қол жеткізілетін қуаты аз ЖЭҚ конструкциясы ұсынылады.

Кілтті сөздер: жел энергетикасы қондырғысы (ЖЭҚ), жел дөңгелегі (ЖД), момент, жылдамдық, қуат, эксперимент, дизайн, модель, ауа ағынының жылдамдығы, механизм.

\*I. A. Shumeiko<sup>1</sup>, A. Zh. Kassenov<sup>2</sup>, S. M. Nurkimbayev<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 15.09.22.

## HIGHLY EFFICIENT LOW-POWER WIND POWER PLANT WITH STORM PROTECTION

*Kazakhstan, due to its geographical location and climatic conditions, has significant resources in the form of solar energy and wind energy. In most of the country, the average annual wind speeds are 4–5 m/s, and in some regions exceed 6 m/s, which creates good conditions for the development of wind energy.*

*The development of energy in the Pavlodar region is based on non-renewable energy sources, which leads to the depletion of natural fuel reserves and deterioration of the environmental situation. The creation and use of renewable energy sources, in particular wind turbines, creates favorable conditions for sustainable socio-economic development of the Republic of Kazakhstan. This is especially true for farms remote from power lines, driving pastures, farms. It is advisable to use wind power plants and in order to save electric energy both in rural areas and in private farmsteads in urban conditions*

*Used, in particular in the Pavlodar region, three-bladed low-power wind turbines do not have automatic control of the speed of rotation of the*

*wind wheel (WW) and can be unwound at high wind speed to such an extent that electrical equipment fails, or even to the destruction of the blades. Monitoring of wind turbines of Pavlodar region, mainly of handicraft production, showed their low efficiency, instability to wind gusts, the absence of any storm protection.*

*The design of a low-power wind turbine is proposed, the efficiency of which will be improved by using optimal design parameters in the WW (the number of blades, their shape, installation angle, relative blade area) obtained in the course of experimental studies on existing models of wind turbines using a wind tunnel that ensures the constancy of the air flow velocity.*

*Keywords: wind power installation, wind wheel (WW), torque, speed, power, experiment, design, model, air flow velocity, mechanism*

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