

# Выбор оптимального варианта формы и относительной площади лопасти ветрового колеса ветроэнергетической установки малой мощности

<sup>1</sup>\***НУРКИМБАЕВ Сагынш Маратович**, докторант, [nursagynysh@mail.ru](mailto:nursagynysh@mail.ru),

<sup>1</sup>**ШУМЕЙКО Иван Алексеевич**, к.т.н., профессор, [ivan\\_shumeiko@mail.ru](mailto:ivan_shumeiko@mail.ru),

<sup>1</sup>**КАСЕНОВ Асылбек Жумабекович**, к.т.н., профессор, [asylbek\\_kasenov@mail.ru](mailto:asylbek_kasenov@mail.ru),

<sup>1</sup>НАО «Торайгыров университет», Казахстан, Павлодар, ул. Ломова, 64,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Создание и использование возобновляемых источников энергии, в частности, ветровых установок, создает благоприятные условия для устойчивого социально-экономического развития Республики Казахстан. В данной работе акцентировано внимание на повышение эффективности ветроэнергетических и ветроводоподъемных установок малой мощности. Целью работы является исследование параметров ветрового колеса ветроэнергетической установки малой мощности. Основные задачи, поставленные в данном исследовании: проведение исследования зависимости момента частоты вращения и мощности, развиваемых ветровым колесом, от его конструктивных параметров, а именно: формы лопасти (её конструкции), числа лопастей, угла установки и относительной площади лопасти. Кроме того, проведен сравнительный анализ эффективности работы ветровых колес без обтекателя и с обтекателем. Исследование выполнялось на действующих моделях с помощью аэродинамической трубы. В данной статье выявлены оптимальные конструктивные параметры ветрового колеса; число лопастей восемь, угол установки 15°, относительная площадь лопасти 0,05.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, ветроустановка, ветровое колесо, лопасть, буревая защита, крутящий момент, моделирование.

## 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].

По официальной информации Министерства энергетики РК на 19 ноября 2021 года, доля ВИЭ в энергобалансе Республики Казахстан занимает 3%. На территории Казахстана действуют 126 ВИЭ суммарной мощностью 1975 МВт, из которых 654 МВт вырабатывают 33 ветроэнергетические установки (парка). На рисунке 1 представлена Карта размещения проектов ВИЭ. На ветроэнергетические установки приходится 35% генерации ВИЭ в РК за 2021 год [2].

Одной из причин медленного внедрения ветроэнергетических установок для автономного энерго- и водоснабжения в РК является отсут-

ствие ветроустановок, эффективно работающих в условиях малых скоростей воздушных потоков, преобладающих в течение года [3].

Акцентировано внимание на повышение эффективности малых ветроэнергетических установок, широко применяющихся в сельском хозяйстве на отгонных пастбищах, частных подворьях, фермерских хозяйствах.

Проведенный анализ 15 метеостанций за период с 2020 по 2021 годы, расположенных в Павлодарской области, показал, что средняя скорость ветра по Павлодарской области составляет 3,9 м/с, средняя максимальная скорость ветра с учетом порыва 21,6 м/с. В этой связи стоит вопрос применения ветроэнергетических установок малой мощностью, с возможностью выработки электрической энергии при скорости ветра 3,5-4,5 м/с.

Применяемые, в частности, по Павлодарской области трёхлопастные ветроэнергетические установки малой мощности не имеют автоматического регулирования частоты вращения ветрового колеса и могут при высокой скорости ветра



Рисунок 1 – Карта размещения проектов ВИЭ в Республике Казахстан

Примечание: зеленый цвет – действующие объекты ВИЭ, красный цвет – планируемые и строящиеся объекты ВИЭ

раскручиваться до степени выхода из строя электроаппаратуры, и/или разрушения лопастей, рисунок 2.

Установленная на одном из отгонных пастбищ (отгон Дәмелі, с. Казы, район Аққулы) модель установки АВЭУ6-4М мощностью 4 кВт – находится в нерабочем состоянии: выведено из строя двухлопастное ветровое колесо, в результате воздействия ураганного порыва ветра, не работает механизм ориентации навстречу воздушному потоку.

В связи с этим данная проблема требует проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований и разработки эффективных ветроэнергетических установок.

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.

#### Методика исследований и используемые материалы

Обоснование конструктивных параметров выполнялось на действующей модели с помощью установки, представленной на рисунке 3, с обеспечением постоянства скорости воздушного потока при помощи аэродинамической трубы.

Для оценки выходных параметров ветроэнергетической установки в зависимости от входных конструктивных параметров ветрового колеса разработана принципиальная схема модели и изготовлена модель ветровой установки, позволяю-



Рисунок 2 – ВЭУ, отгон Дәмелі

щей изменять число лопастей от 2-х до 12-ти, т.е. на 2, 3, 4, 6 и 12 лопастей [4-5].

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, развиваемому ветровым колесом. Для создания и измерения тормозного момента было спроектировано и изготовлено специальное приспособление (рисунок 4).

В качестве примера на рисунке 5 приведены зависимости момента, частоты вращения и мощ-

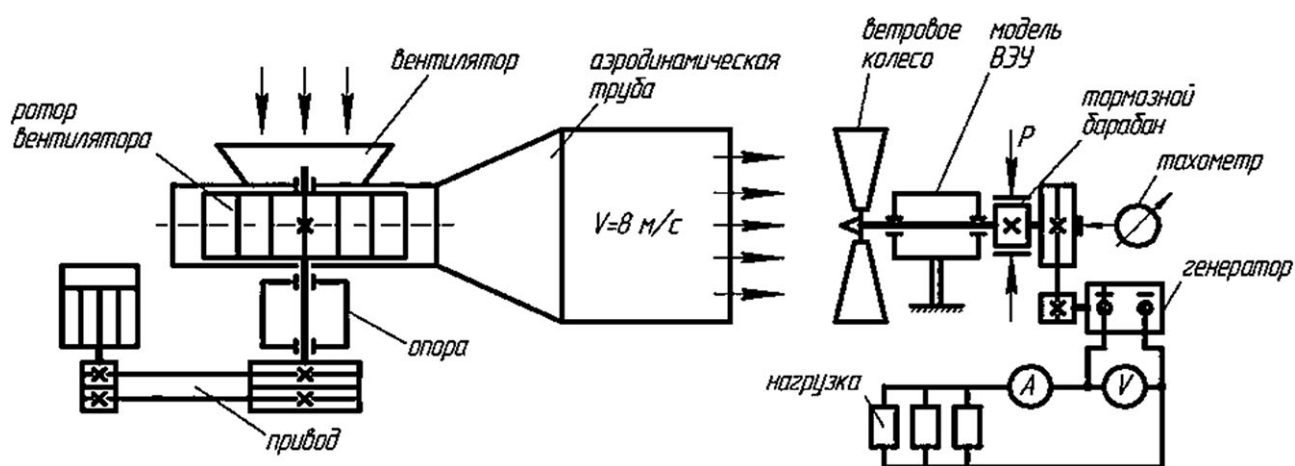


Рисунок 3 – Схема установки для исследования влияния конструктивных параметров ВК на частоту вращения, момент и мощность, развиваемых ветровым колесом

ности 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 [5].

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.

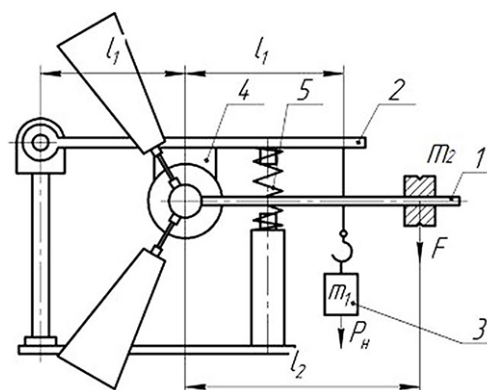
Достоверность результатов измерений подтверждается повторяемостью результатов измерений при многократном повторении одного и того же опыта. Разброс значений не превышает 2-3%.

На основе проведённых экспериментальных исследований были определены: оптимальное число лопастей (рисунок 6, слева), оптимальный угол установки (рисунок 6, по центру) и оптимальная относительная площадь лопасти ВК (рисунок 6, справа).

Обзор рынка ВИЭ в Казахстане: потенциал, вызовы и перспективы [6] – показал, 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, обеспечивающие агрегатный способ сборки-разборки и тем самым 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



1 – стержень; 2 – рычаг; 3 – груз известной массы; 4 – тормозная колодка; 5 – пружина

Рисунок 4 – Схема тарировки тормозного момента и его последующего измерения

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 [7]) состоит из следующих основных узлов (рисунок 7): силовой головки с механизмом регулирования частоты вращения ВК и буревой защиты, восьмилопастного 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 «Ветродвигатель с буревой защитой» № 26174 [8]). Диаметр ВК для опытного образца мощностью 300 Вт принят равным 1,4 метра, для

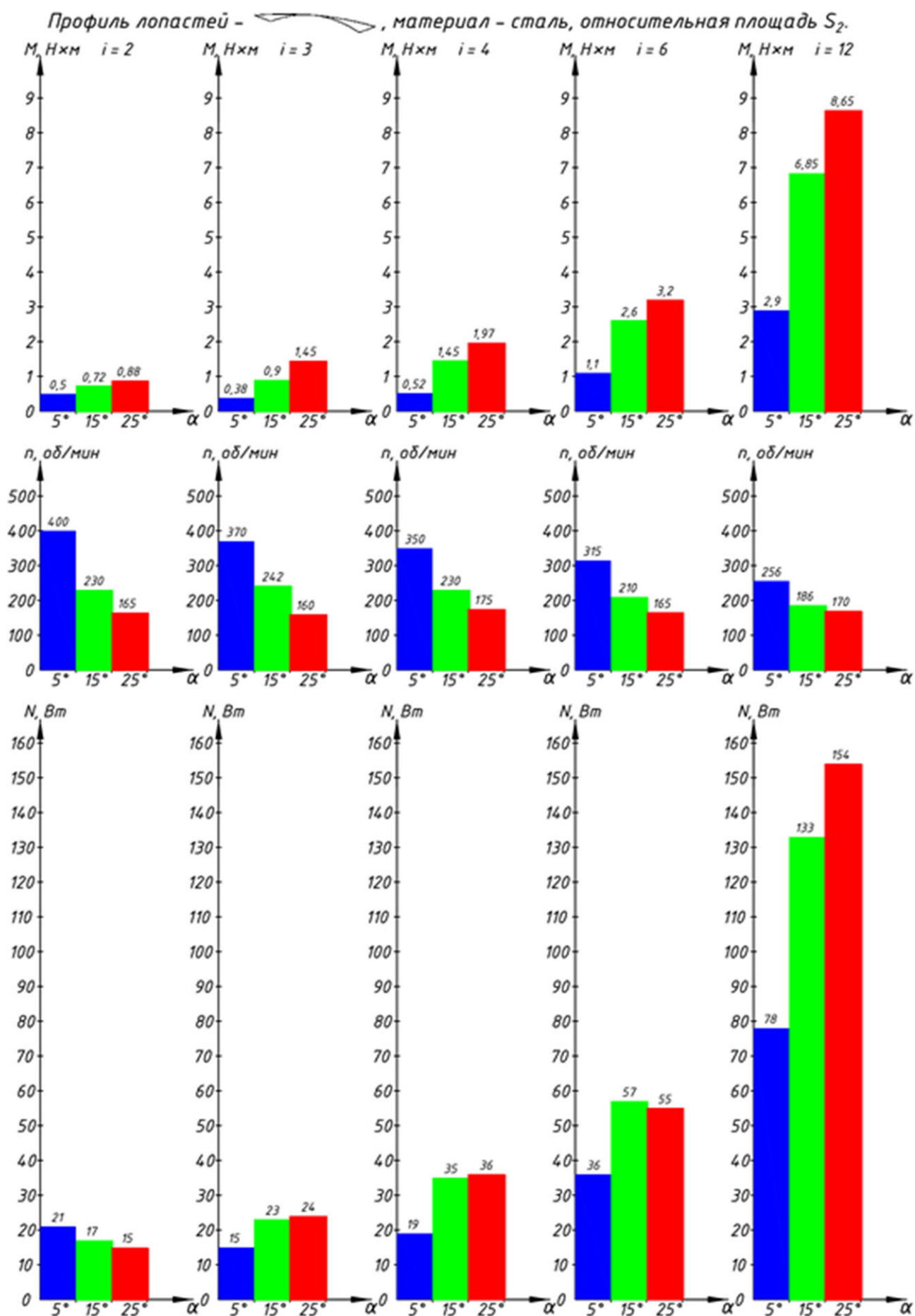
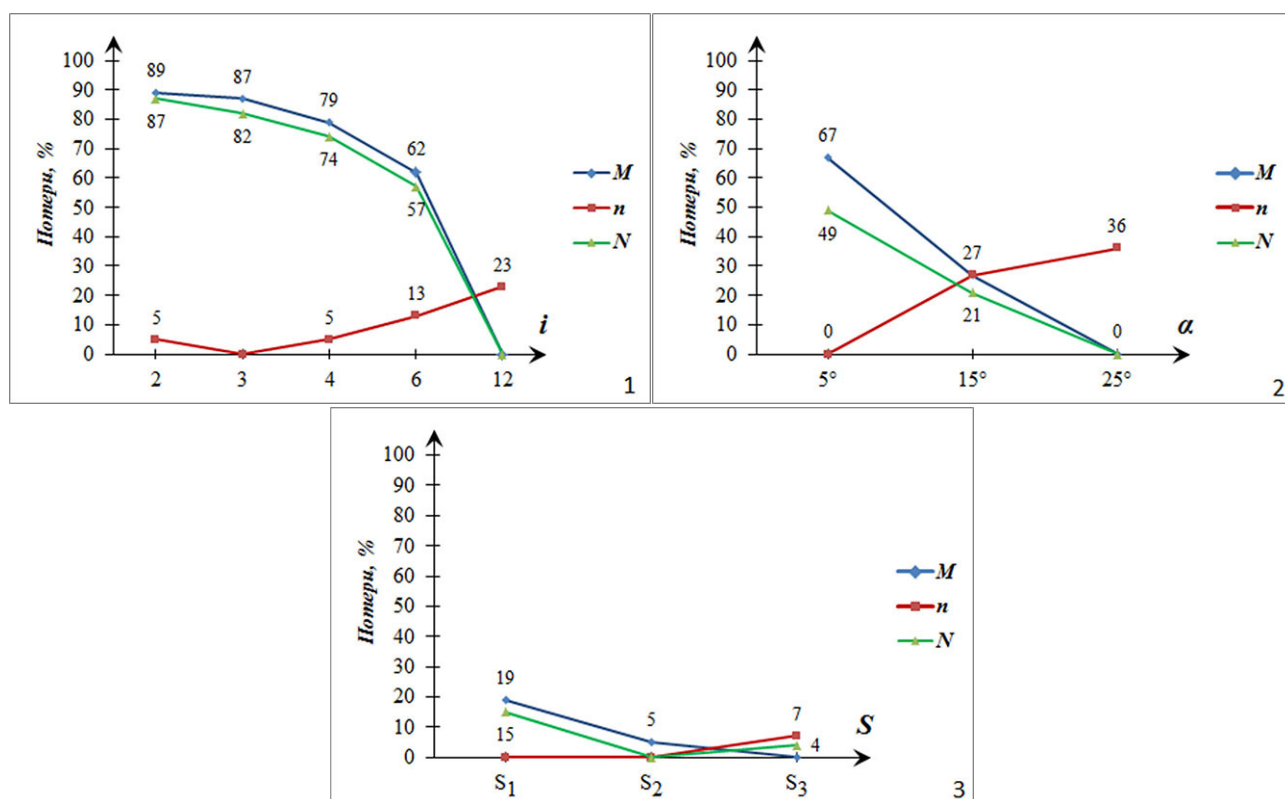


Рисунок 5 – Графики зависимости момента  $M$ , частоты вращения  $n$  и мощности  $N$  от угла установки лопастей и их числа для ВК с лопастями из листовой стали и относительной площадью 0,05





1 – в зависимости от числа лопастей; 2 – в зависимости от угла установки лопастей;  
3 – в зависимости от относительной площади лопастей

Рисунок 6 – Графики потерь выходных параметров

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.

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.

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 «Универсальная ветроэнергетическая установка» № 30336) [9].

В ветровом колесе используется обтекатель, обеспечивающий повышение мощности на 8-12% [9]. 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).

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-экранным механизмом.

При скорости ветра от минимума до рабочих (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 тяговой тарелкой. 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

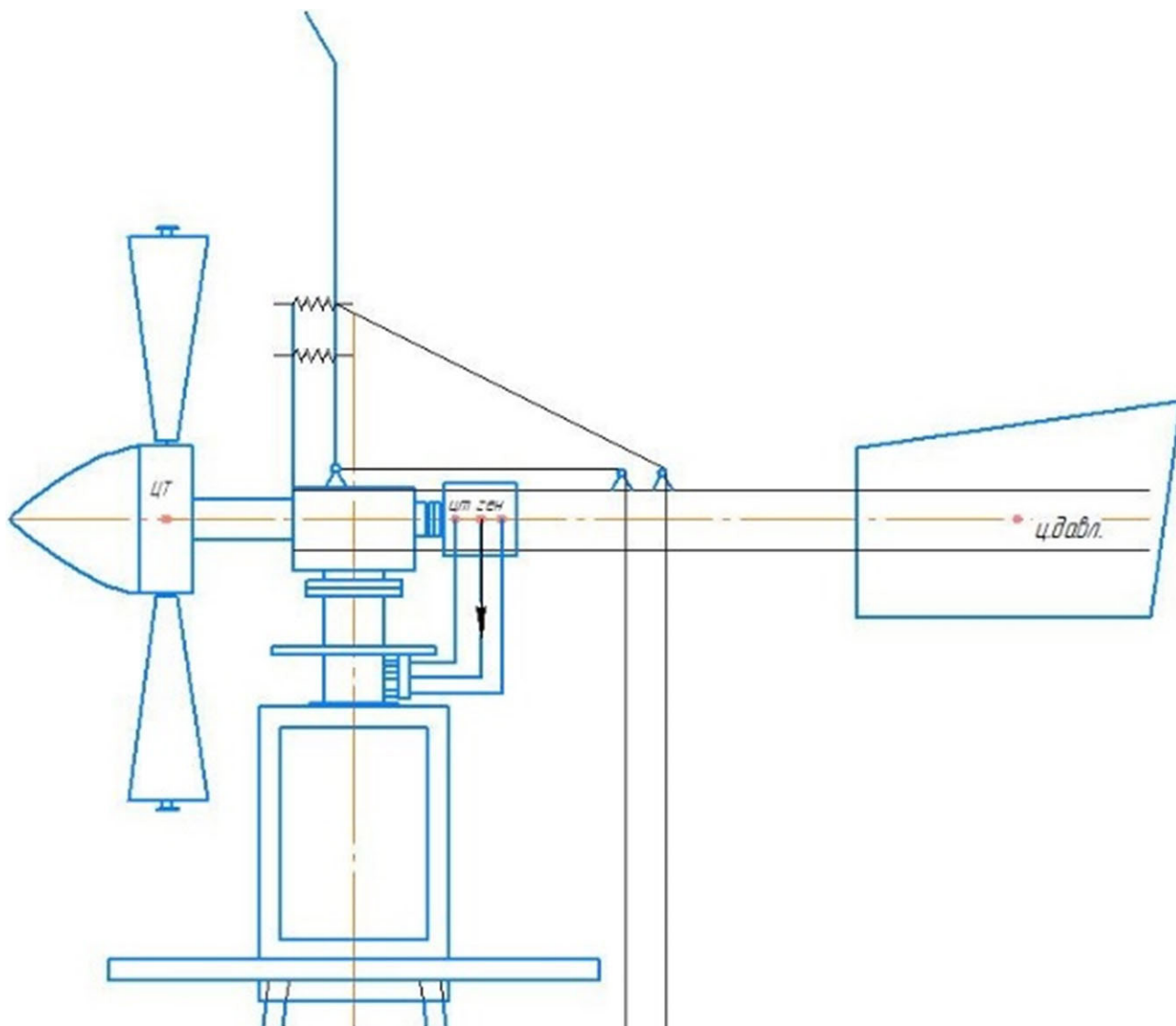


Рисунок 7 – Схема ветроэнергетической установки малой мощности

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 8).

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:

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

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



Рисунок 8 – Общий вид ветроэнергетической установки с положением лопастей при скорости ветра, соответствующей рабочей, и при скорости, значительно превышающей рабочую

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 градусам, 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 останов-

ки ВК его фиксация с помощью тех же тросиков управления.

### Выводы

Использование малых 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.) [10].

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 малой 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 и более мощном исполнении.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тезисы выступления Президента РК на международной конференции по достижению углеродной нейтральности. Официальный сайт Президента Республики Казахстан, ссылка: <https://akorda.kz/ru/prezident-vystupil-na-mezhdunarodnoy-konferencii-po-dostizheniyu-uglerodnoy-neytralnosti-1393134>
2. Официальный сайт Министерства энергетики Республики Казахстан. <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/press/news/details/282045?lang=ru>, дата обращения к источнику 21 ноября 2021 года.
3. Официальный сайт Глобального Совета по ветроэнергетике. <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021>, дата обращения к источнику 21 ноября 2021 года.
4. Шумейко И.А., Нуркимбаев С.М. Выявление оптимальных конструктивных параметров ветроэнергетической установки модели АВЭУ-6 на основе моделирования // Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XIV Сатпаевские чтения». XI том. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2014. – 270 с.
5. Шумейко И.А., Христоводоров А.А., Нуркимбаев С.М. Choosing of optimal constructive parameters the windwheel on the basic of modeling // Материалы международной научно-практической конференции «Зеленая экономика – будущее человечества». – Усть-Каменогорск: Thomson Reuters, 2014.
6. Обзор рынка ВИЭ в Казахстане: потенциал, вызовы и перспективы. Первый выпуск. Май 2021. [www.pwc.com](http://www.pwc.com) / Лим Н., Жаңадилова Ж., Чадиярова Д., Ким М.
7. Шумейко И.А., Нуркимбаев С.М. Патент на изобретение «Ветроэнергетическая установка» № 31844, от 13 июля 2015 года.
8. Шумейко И.А., Коваль Ю.А. Инновационный патент № 26174 на изобретение «Ветродвижитель с буревой защитой». (19) KZ(13)A4(11)26174. – 2010.
9. Шумейко И.А., Нуркимбаев С.М., Христоводоров А.А. Инновационный патент № 30366 «Универсальная ветроэнергетическая установка» от 19 августа 2015.
10. Законодательство в области возобновляемых источников энергии в Казахстане / Батырбеков И. [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31647811&pos=5;-106#pos=5;-106](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31647811&pos=5;-106#pos=5;-106). Дата обращения к источнику 27 сентября 2022 года.

### **Төмен қуатты жел электр қондырғысының жел дөңгелегі қалақшасының пішіні мен салыстырмалы аймағының оңтайлы нұсқасын таңдау**

<sup>1</sup>\***НУРКИМБАЕВ Сағыныш Маратұлы**, докторант, [nursagynysh@mail.ru](mailto:nursagynysh@mail.ru),

<sup>1</sup>**ШУМЕЙКО Иван Алексеевич**, т.ғ.к., профессор, [ivan\\_shumeiko@mail.ru](mailto:ivan_shumeiko@mail.ru),

<sup>1</sup>**ҚАСЕНОВ Асылбек Жұмабекұлы**, т.ғ.к., профессор, [asylbek\\_kasenov@mail.ru](mailto:asylbek_kasenov@mail.ru),

<sup>1</sup>«Торайғыров университеті» КеАҚ, Қазақстан, Павлодар, Ломов көшесі, 64,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Жаңартылатын энергия көздерін, атап айтқанда жел қондырғыларын құру және пайдалану Қазақстан Республикасының орнықты әлеуметтік-экономикалық дамуы үшін қолайлы жағдайлар жасайды. Бұл жұмыста қуаты аз жел энергетикасы мен жел көтергіш қондырғылардың тиімділігін арттыруға баса назар аударылған. Жұмыстың мақсаты төмен қуатты жел қондырғысының жел дөңгелегінің параметрлерін зерттеу болып табылады. Осы зерттеуде қойылған негізгі міндеттер мыналардан тұрады: жел дөңгелегі дамытатын айналу жиілігі мен қуатының сәтінен, оның құрылымдық параметрлеріне тәуелділігінен, атап айтқанда: пышақтың пішіні (оның дизайны), пышақтардың саны, орнату бұрышы және пышақтың салыстырмалы ауданы. Бұдан басқа, жел дөңгелектері жұмысының тиімділігіне айналдыра орағыштармен және айналдыра орағыштарсыз салыстырмалы талдау жүргізілді. Зерттеу жел туннелі арқылы жұмыс істейтін модельдерде жүргізілді. Жел дөңгелегінің оңтайлы құрылымдық параметрлері анықталды: жүздердің саны сегіз, орнату бұрышы 15°, жүздің салыстырмалы ауданы 0,05.

**Кілт сөздер:** жел энергетикасы, жел қондырғысы, жел дөңгелегі, қалақ, бұрғылау қорғанысы, айналым сәті, модельдеу.

### **Choosing the Optimal Variant of the Shape and Relative Area of the Blade of the Wind Wheel of a Low-power Wind Power Plant**

<sup>1</sup>\***NURKIMBAYEV Sagynysh**, Doctoral Student, [nursagynysh@mail.ru](mailto:nursagynysh@mail.ru),

<sup>1</sup>**SHUMEYKO Ivan**, Cand. Tech. Sci., Professor, [ivan\\_shumeiko@mail.ru](mailto:ivan_shumeiko@mail.ru),

<sup>1</sup>**KASENOV Asylbek**, Cand. Tech. Sci., Professor, [asylbek\\_kasenov@mail.ru](mailto:asylbek_kasenov@mail.ru),

<sup>1</sup>NCJSC «Toraighyrov University», Kazakhstan, Pavlodar, Lomov Street, 64,

\*corresponding author.

**Abstract.** 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. In this paper, attention is focused on improving the efficiency of wind power and wind-lifting installations of low power. The purpose of the work is to study the parameters of the wind wheel of a low-power wind power plant. The main tasks set in this study consist of: conducting a study of



*the dependence of the torque of the rotational speed and power developed by the wind wheel on its design parameters, namely: the shape of the blade (its design), the number of blades, the angle of installation and the relative area of the blade. In addition, a comparative analysis of the efficiency of wind wheels without a fairing and with a fairing was carried out. The study was carried out on existing models using a wind tunnel. In this article, the optimal design parameters of the wind wheel are identified; the number of blades is eight, the installation angle is 15°, the relative area of the blade is 0.05.*

**Keywords:** wind power, wind turbine, wind wheel, blade, storm protection, torque, modeling.

## REFERENCES

1. Abstracts of the speech of the President of the Republic of Kazakhstan at the international conference on achieving carbon neutrality. Official website of the President of the Republic of Kazakhstan, link: <https://akorda.kz/ru/prezident-vystupil-na-mezhdunarodnoy-konferencii-po-dostizheniyu-uglerodnoy-neytralnosti-1393134>
2. Official website of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan. <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo/press/news/details/282045?lang=ru>, accessed 21 November 2021.
3. Official website of the Global Wind Energy Council. <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021>, accessed November 21, 2021.
4. Shumeiko I.A., Nurkimbaev S.M. Identification of the optimal design parameters of the wind power plant model AVEU-6 based on modeling // Materials of the international scientific conference of young scientists, undergraduates, students and schoolchildren «XIV Satpayev readings». XI volume. – Pavlodar: PSU im. S. Toraigyrova, 2014. – 270 p.
5. Shumeiko I.A., Khristodorov A.A., Nurkimbaev S.M. Choosing of optimal constructive parameters of the windwheel on the basic of modeling // Materials of the international scientific-practical conference «Green economy – the future of mankind». – Ust-Kamenogorsk: Thomson Reuters, 2014.
6. Overview of the renewable energy market in Kazakhstan: potential, challenges and prospects. First edition. May 2021. [www.pwc.com](http://www.pwc.com) / Lim N., Zhanadilova J., Chadiarova D., Kim M.
7. Shumeiko I.A., Nurkimbaev S.M. Patent for the invention «Wind power plant» No. 31844, dated July 13, 2015.
8. Shumeiko I.A., Koval Yu.A. Innovative patent No. 26174 for the invention «Wind turbine with storm protection». (19)KZ(13) A4(11)26174. – 2010.
9. Shumeiko I.A., Nurkimbaev S.M., Khristodorov A.A. Innovative patent No. 30366 «Universal wind power plant», dated August 19, 2015.
10. Legislation in the field of renewable energy sources in Kazakhstan / Batyrbekov I. [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31647811&pos=5;-106#pos=5;-106](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31647811&pos=5;-106#pos=5;-106). Date of access to the source September 27, 2022.