

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/PWGH3542>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,210

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Vaigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***С. М. Нуркимбаев¹, И. А. Шумейко²**

^{1,2}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: nurkimbayev.sagynysh@gmail.com

РАСЧЁТ МЕХАНИЗМА АВТОНОМНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВЕТРОВОГО КОЛЕСА И БУРЕВОЙ ЗАЩИТЫ

Малые ветроэнергетические установки представляют собой привлекательную альтернативу автономной электрификации и перекачиванию воды как в качестве автономных установок, так и в сочетании с другими энергетическими технологиями.

Одним из ответственных узлов установки является буревая защита которая, обеспечивается либо выводом ротора из потока ветра, либо изменением угла атаки лопастей и снижением оборотов вращения.

Исходя из опыта эксплуатации в конструкции ветрового колеса применены лопасти из листовой стали с уменьшающейся к периферии вогнутостью и с незначительной винтовой формой по длине.

В статье рассмотрена работа механизма буревой защиты, предназначенного для снижения частоты вращения ветрового колеса при повышенных скоростях ветра.

При различной скорости ветра на экран воздействует ветровой поток и путем системы тяг лопасти ветровое колесо поворачиваются на определенный угол, вплоть до флюгерного положения (900). Разработанный механизм буревой защиты вступает в работу при скорости ветра свыше 9–10 м/с.

Для обеспечения нормальной работы механизма выполнен расчет мощности, создаваемой ветровым потоком, определены параметры пружины, приводящей механизм в исходное положение.

Достигнут технический результат, заключающийся в обеспечении защиты установки от буревых порывов ветра и повышении надежности работы установки.

Ключевые слова: крутящий момент, частота вращения, механизм ветрового колеса, механизм буревой защиты, ветровое колесо, лопасть, буревая защита.

Введение

В настоящее время прослеживается мировой тренд на децентрализацию энергетики. Переход к ВИЭ – общемировая тенденция. Развитию этой тенденции способствует совершенствование технологии машиностроения, доступность финансовых возможностей и различных программ стимулирования, а также осведомленность населения в вопросах экологии [1].

Рядом стран начата политика по развитию ветроэнергетики, в том числе внедрение и масштабирование установками малой мощности [2].

Спрос и интерес населения (домохозяйств и юридических лиц) к маломасштабным проектам есть и в нашей стране. Этот интерес основан на большой доле населения, проживающего в частном секторе, желании сократить и оптимизировать свои расходы на электроэнергию, для решения проблем, связанных с недоступностью коммунальной инфраструктуры в отдаленных регионах [3, 4].

В результате этого возникает необходимость создания такой ветроэнергетической установка (далее ВЭУ), которая будет максимально приспособлена для климатических особенностей регионов Казахстана. При создании ВЭУ необходимо создать конструкцию ветрового колеса, выдающего максимальные значения по частоте вращения, моменту и развиваемой мощности.

Материалы и методы

Исходными данными является: горизонтально-осевая ветроэнергетическая установка с генератором на неодимовых магнитах, мощностью $P = 300$ Вт, номинальная частота вращения ротора генератора $n_r = 600$ об/мин. Лопастей ветрового колеса (далее ВК) из листовой стали с уменьшающейся к периферии вогнутостью и с незначительной винтовой формой по длине (из опыта эксплуатации ветроэнергетических установок малой мощности) [5, 6] Ориентация навстречу воздушному потоку – флюгер.

Расчёт диаметра ВК выполним на основе известной зависимости [7]

$$D = \sqrt{\frac{8P}{\rho \vartheta^3 \pi \varepsilon}}, \quad (1)$$

где P – мощность ветроэнергетической установки;

ϑ – предельная рабочая скорость ветра, принятая равной 10 м/с;

ε – коэффициент использования энергии ветра, идеальное значение $\varepsilon = 0,593$.

С учётом потерь примем $\varepsilon = 0,467$;

ρ – плотность воздуха, равная 1,29 кг/м³.

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot 300}{1,29 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot 0,467}} = 1,3 \text{ м}$$

Примечание: при скорости, выше указанной, равной 10 м/с, должен начинать работу механизм регулирования частоты вращения ВК и буревой защиты.

Предварительно диаметр обтекателя на основании опыта эксплуатации d принимаем из соотношения $\frac{D}{d} = 4,0$, т.е. $d = \frac{1,3}{4} = 0,32$ м. м. Длина лопасти с фланцем ее оси принята равной 490 мм.

Размеры оснований трапеции лопасти нижнего – 120 мм, верхнего 260 мм. Площадь лопасти $S_l = 0,093 \text{ м}^2$. Относительная площадь лопасти S_o , как отношение площади лопасти к омываемой ВК площади без учёта площади обтекателя, принята равной $S_o = 0,074$.

Быстроходность, как отношение окружной скорости конца лопастей к скорости ветра, определим по формуле [7].

$$X = \frac{\pi R n}{30 \vartheta}, \quad (2)$$

где R – радиус ВК, равный 0,65 м.

Номинальная скорость вращения ротора трехфазного генератора переменного тока с постоянными магнитами 300 Вт – 600 об/мин.

Передаточное отношение мультипликатора при передаче вращения от ВК к генератору принято равным $i = 6$. Тогда необходимая номинальная частота вращения ВК

$$n = \frac{600}{6} = 100 \text{ об/мин.}$$

Быстроходность согласно формуле 2

$$X = \frac{\pi \cdot 0,65 \cdot 100}{30 \cdot 10} = 0,7$$

Расчеты параметров ориентации будем выполнять на основе предварительно конструктивно выбранных данных согласно рисунку 1. Площадь экрана флюгера рассчитана по формуле 3 и составляет $0,4 \text{ м}^2$ [7].

$$A = D^2 \cdot \frac{a}{c} \cdot k_k,$$

где A – площадь флюгера;

a и c – размеры, соответственно от плоскости ВК до оси поворота силовой головки и от оси поворота силовой головки до центра флюгера (a и c приняты равными $a = 0,46 \text{ м}$, $c = 1,625 \text{ м}$);

D – диаметр ВК;

k_k – коэффициент, принятый для тихоходных ВК k_k [7]

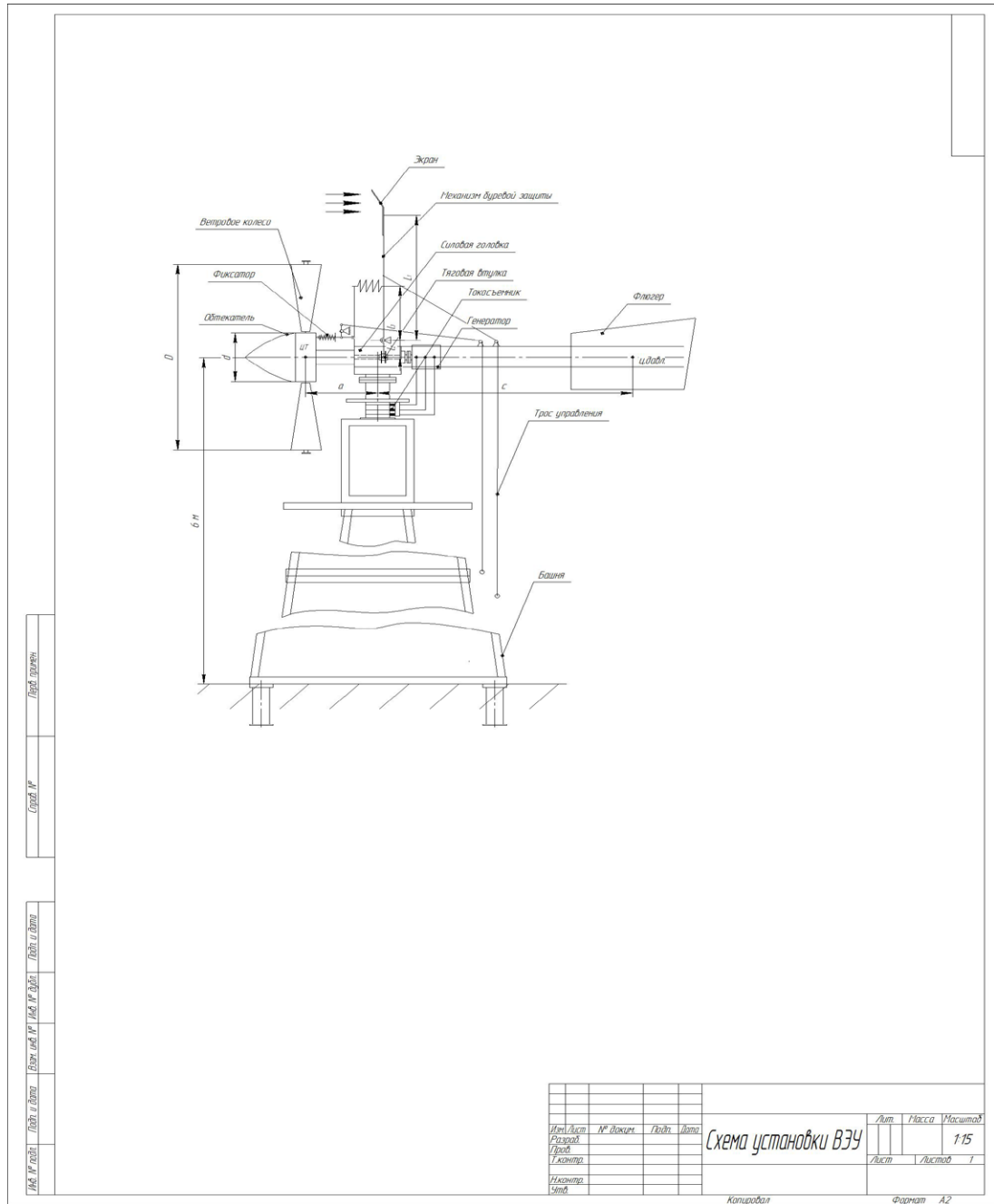


Рисунок 1 – Общая схема ветроэнергетической установки малой мощности

Расчет силы, действующей на флюгер, выполнен по формуле [7]

$$F = \frac{N}{9} \cdot A, \quad (4)$$

где N – секундная мощность, заключенная в воздушном потоке, имеющем сечение 1 м² [7]

Таблица 1 – Силы действия воздушного потока на экран при различной скорости ветра

Номер п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Скорость ветра	4	6	8	9	10	12	14	18	22
$\vartheta, \text{ м/с}$									
$F, \text{ Н}$	4	8,7	16	20	24	38	48	80	125
Момент	6,5	14	26	33	39	62	78	130	203
$M, \text{ Нм}$									

Момент рассчитан из условия действия воздушного потока перпендикулярно плоскости флюгера. С целью снижения интенсивности рывков при ориентации навстречу воздушному потоку флюгер будет выполнен из двух плоскостей с расположением друг относительно друга под углом 20° .

Результаты и обсуждения

Механизм буревой защиты предназначен для снижения частоты вращения ВК при повышении скорости воздушного потока свыше скорости равной 9–10 м/с и выше. Частота вращения ВК для различных значений скорости ветра может быть определена по формуле (5) [7].

$$n = \frac{60 \cdot X \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} \tag{5}$$

Для $\vartheta_1 = 4 \text{ м/с}$,

$$n_1 = \frac{60 \cdot 0,7 \cdot 4}{\pi \cdot 1,3} = 41 \text{ об/мин,}$$

Развиваемая генератором мощность при этой частоте вращения ВК может быть найдена из соотношения

100 об/мин – 300 Вт,
41 об/мин – N_1

Отсюда,

$$N_1 = \frac{41 \cdot 300}{100} = 123 \text{ Вт}$$

Аналогично выполнены расчеты для других скоростей ветра. Данные расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Развиваемая мощность при различной скорости ветра

Номер п.п.	1	2	3	4	5	6
Скорость ветра ϑ , м/с	4	6	8	9	10	12
Частота вращения ВК n , об/мин	41	62	82	93	103	123
Развиваемая мощность N , Вт	123	186	246	279	309	369

$$n_r = 103 \cdot 6 = 618 \text{ об/мин,}$$

Частота вращения ротора генератора незначительно превышает допустимую (600 об/мин).

$$n_r = 123 \cdot 6 = 738 \text{ об/мин,}$$

такое превышение частоты вращения ротора генератора не допустимо, т.к. может привести к выходу из строя генератора. Поэтому при скорости воздушного потока свыше 9–10 м/с необходимо обеспечить первоначальное и последующее отклонение экрана рычага буревой защиты.

Снижение частоты вращения ВК осуществляется за счет поворота лопастей на угол, больше номинального, равному предварительно принятому $\alpha = 15^\circ$ (из опыта эксплуатации ветроэнергетических установок малой мощности) [8, 9, 10, 11]. При повышении скорости воздушного потока свыше 9–10 м/с экран двухплечего рычага механизма буревой защиты отклоняется и перемещает вдоль оси вала ВК втулку с тягой, последняя, в свою очередь, перемещает тяговую «тарелку» с подшипниками, установленными на концах рычагов осей лопастей (на рисунке не показано). Чем больше скорость ветра, тем больше угол поворота лопастей, тем меньше частота вращения ВК. При скорости ветра больше 20–22 м/с лопасти поворачиваются на угол до 90° , т.е. они практически устанавливаются во флюгерное положение и ВК останавливается. В этом положении рычаг экрана, а следовательно, и лопасти, фиксируются до снятия с фиксатора вручную.

Далее выполним расчет мощности, создаваемой ветровым потоком, действующим на экран рычага буревой защиты, для различных скоростей воздушного потока.

$$\text{При скорости ветра } \vartheta_1 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad N_{\vartheta 1} = N \cdot S_{\vartheta} = 40 \cdot 0,35 = 14 \text{ Вт}$$

где N – табличное значение мощности, кВт/м²;

$$\text{при скорости ветра } \vartheta_2 = 6 \text{ м/с} \quad N_{\vartheta 2} = N \cdot S_{\vartheta} = 130 \cdot 0,35 = 46 \text{ Вт и т. д.}$$

S_{ϑ} площадь экрана, предварительно принята равной 0,35 м².

Результаты расчета для всех значений ϑ сведены в таблицу 3

Выполним расчет силы F_{ϑ} , действующей на экран, по формуле

$$F_{\text{э}} = \frac{N_{\text{э}}}{g} \cdot S_{\text{э}},$$

$$F_{\text{э}1} = \frac{14}{4} \cdot 0,35 = 1,2 \text{ Н}, F_{\text{э}2} = \frac{46}{6} \cdot 0,35 = 2,7 \text{ Н и т.д.}$$

Расчетные значения силы $F_{\text{э}}$ занесены в таблицу 3. Момент, создаваемый силой $F_{\text{э}}$ на длине плеча $l_2 = 0,873 \text{ м}$ (рисунок 1),

$$F_{\text{э}1} = 1,2 \cdot 0,873 = 1,0 \text{ Нм}, F_{\text{э}2} = 2,7 \cdot 0,873 = 2,4 \text{ Нм и т.д.}$$

Результаты расчетов заносим в таблицу 3.

Для определения силы создаваемой возвратной пружиной, составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \Sigma M_i = F_{\text{э}} \cdot l_2 - F_{\text{пр}} \cdot l_3 - F_{\text{Т}} \cdot l_1 = 0 \\ \Sigma F_i = F_{\text{э}} - F_{\text{пр}} + F_{\text{Т}} = 0 \end{cases}$$

где $F_{\text{Т}}$ – сила, необходимая для перемещения тяговой втулки и следующим за ним поворотом лопастей на угол от $\alpha = 15^\circ$ (номинальный угол) до $\alpha = 90^\circ$.

Из уравнения II выражаем силу $F_{\text{Т}}$ через $F_{\text{э}}$ и $F_{\text{пр}}$ т.е. $F_{\text{Т}} = F_{\text{пр}} - F_{\text{э}}$.

Подставляя в уравнение I это значение силы $F_{\text{Т}}$ и решая его относительно $F_{\text{пр}}$, получим:

$$F_{\text{пр}} = \frac{(l_2 + l_1) \cdot F_{\text{э}}}{l_3 + l_1} = \frac{(0,873 + 0,125) \cdot F_{\text{э}}}{0,328 + 0,125} = 2,2 \cdot F_{\text{э}}$$

Результаты расчета силы $F_{\text{пр}}$ заносим в таблицу 3. Силу $F_{\text{Т}}$, необходимую для перемещения тяговой втулки, определим из равенства $F_{\text{Т}} = F_{\text{пр}} - F_{\text{э}}$. Результаты расчетов также занесем в таблицу 4. Действительная сила тяги $F_{\text{Тд}}$ (без действия пружины) определялась экспериментально с помощью динамометра на опытном образце ветроэнергетической установки мощностью 0,3 кВт. Результаты измерений под буквенным символом занесены в таблицу 3. Значения углов поворота лопастей α начиная с исходного равного $\alpha = 15^\circ$ для полученных значений усилий $F_{\text{э}}$ в центре экрана определялись экспериментально, путем задания нагрузки по динамометру и регистрацией углов α с помощью угломера. Значения углов α и соответствующие им удлинения h в мм предварительно подобранной пружины занесены в таблицу 3.

По расчетному значению усилия $F_{\text{пр}}$ выполнены расчеты и подобраны параметры пружины: $D = 15 \text{ мм}$, $d = 1,6 \text{ мм}$, $C = 0,88 \text{ Н/мм}$, количество витков – 42, общая длина 63 мм, длина при максимальном растяжении 173 мм.

Частота вращения ВК при этом могла иметь недопустимо большое значение.

Таблица 4 – Результаты расчётов

Номер п.п.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$v, м/с$	4	6	8	9	10	12	14	18	22
$P, Вт$	14	46	109	160	214	400	585	1260	2188
H	1,2	2,7	4,9	6,2	7,5	11,7	14,6	26	34
	1	2,4	4,3	5,4	6,5	10,2	12,7	21,4	31
	2,2	6	10,8	13,6	16,5	26	32	54	85
	1,2	3,6	6	7,4	9	14,3	17,4	29,5	42
$h, мм$	0	0	11	14	18	30	39	68	84
$\alpha, град$	15	15	21	25	28	38	46	75	90
	3	4	4	8	8,5	8,5	16	20	26

Выводы

Из приведенных в таблице цифровых значений видно, что при скорости ветра равной 8 м/с, расчетная сила тяги, равная $F_T = 6$ Н, превышает действительную $F_{ТД} = 4$ Н, что соответствует началу поворота лопастей на угол до 21° , начиная с номинального угла.

Далее значение угла поворота лопастей растет, частота вращения ВК при этом падает. Резкое падение частоты вращения ВК будет иметь место при скорости ветра 18–20 м/с, при которой расчетное значительно превышает действительное, а угол поворота лопастей достигает предельных значений 72° – 90° . При скорости ветра 21–22 м/с угол поворота достигает значения $\alpha=90^\circ$, т.е. лопасти устанавливаются во флюгерное положение, ВК останавливается, а рычаг экрана фиксируется в этом максимально отклоненном положении.

Следовательно, выбранная площадь экрана $S_э = 0,35$ м² обеспечивает правильное управление частотой вращения ВК.

Следует отметить, что выполнялся расчет параметров с применением экрана площадью $S_э = 0,25$ м², поворот лопастей при этом начинался при скорости воздушного потока равном 10–12 м/с, что не допустимо, т.к. это может вызвать риск выхода из строя генератора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Выступление Президента Республики Казахстан К.К. Токаева на международной конференции по достижению углеродной нейтральности. Официальный сайт Президента Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – <https://www.akorda.kz/ru/prezident-vystupil-na-mezhdunarodnoy-konferencii-podostizheniyu-uglerodnoy-neytralnosti-1393134>.

2 Лим, Н., Жанадилова, Ж., Чадьярова, Д., Ким, М. РWC. First edition. Обзор рынка возобновляемых источников энергии в Казахстане : потенциал, проблемы и перспективы. – 2021.

3 Mathivanan S., Amrith S., Jemshid A., Anvar Sadik N. ETEDM. Проектирование и изготовление механизма перекачки воды с использованием энергии ветра. – Выпуск 9. – № 10. – 2021.

4 Использование ветроэнергетических установок малой мощности. Официальный сайт Глобального Совета по ветроэнергетике. – [электронный ресурс]. – <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021>.

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

6 Шумейко, И. А., Касенов, А. Ж., Нуркимбаев, С. М. Высокоэффективная ветроэнергетическая установка малой мощности с буревой защитой. // Вестник Торайгыров университета. Наука и техника Казахстана. Энергетическая серия – 2022. – № 3. – С. 224–243.

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

8 Коваль, Ю. А., Шумейко, И. А. №26174 «Бұрғылаумен қорғалған жел қозғалтқышы» өнертабысына патент.

9 Шумейко, И. А., Нуркимбаев, С. М. «Повышение эффективности маломощных ветровых электрических установок», // Praha, Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2013. – 7 с.

10 Шумейко, И. А., Нуркимбаев, С. М., Касенов, А. Ж. Выбор оптимального варианта формы и относительной площади лопасти ветрового колеса ветроэнергетической установки малой мощности, // Республиканский журнал Труды университета – 2023 – № 2. – С. 25–33.

11 Нуркимбаев, С. М., Шумейко, И. А., Итыбаева, Г. Т. Исследование и обоснование параметров ветрового колеса ветроэнергетической установки малой мощности различного назначения, // Республиканский журнал Труды университета – 2023 – № 3. – С. 72–78.

Принято к изданию 07.12.23.

REFERENCES

1 Vy`stuplenie Prezidenta Respubliki Kazaxstan K. K. Tokaeva na mezhdunarodnoj konferencii po dostizheniyu uglerodnoj nejtral`nosti. Oficial`ny`j sajt Prezidenta Respubliki Kazaxstan [Speech by the President of the Republic of Kazakhstan K. K. Tokayev at the international conference on achieving carbon neutrality. Official website of the President of the Republic of Kazakhstan] [Electronic resource]. . – <https://www.akorda.kz/ru/prezident-vystupil-na-mezhdunarodnoy-konferencii-po-dostizheniyu-uglerodnoy-neytralnosti-1393134>.

2 Lim, N., Zhanadilova, Zh., Chadyarova, D., Kim, M. PWC. First edition. Obzor ry`nka vozobnovlyaemy`x istochnikov e`nergii v Kazaxstane : potencial, problemy` i perspektivy` [PWC. First edition. Overview of the renewable energy market in Kazakhstan: potential, problems and prospects]. – 2021.

3 Mathivannan S., Amritha S., Jemshid A., Anvar Sadik N. ETEDM. Proektirovanie i izgotovlenie mexanizma perekachki vody` s ispol`zovaniem e`nergii

vetra [ETEDM. Design and manufacture of a water pumping mechanism using wind energy]. Issue 9 – № 10 – 2021.

4 Ispol`zovanie vetroe`nergeticheskix ustanovok maloj moshhnosti [The use of low-power wind power plants]. [electronic resource]. Official website of the Global Wind Energy Council <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021>.

5 **Shumeyko, I. A., Nurkimbayev, S. M., Khristoforov, A. A.** Vy`bor optimal`nogo varianta formy` i otnositel`noj ploshhadi lopasti vetrovogo koleasa vetrovodopod`emnoj 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. – № 1–2. – P. 61–71.

6 **Shumeyko, I. A., Kasenov, A. Zh., Nurkimbayev, S. M.** Vy`sokoe`ffektivnaya vetroe`nergeticheskaya ustanovka maloj moshhnosti s burevoj zashhitoy [Highly efficient low-power wind power plant with storm protection] // Bulletin of Toraighyrov University. Science and Technology of Kazakhstan. Energy Series. – 2022. – № 3. – P. 224–243.

7 **Shefter, Ya. I.** Ispol`zovanie e`nergii vetra [The use of wind energy]. – Moscow : «Energy», 1983. – 201 p.

8 **Koval, Yu. A., Shumeyko, I. A.** [Patent for the invention «Wind turbine with storm protection»]. – № 26174.

9 **Shumeyko, I. A., Nurkimbayev, S. M.** «Povy`shenie e`ffektivnosti malomoshhny`x vetrovy`x e`lektricheskix ustanovok» [«Improving the efficiency of low-power wind power plants»]. – Praha : Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2013. – 7 p.

10 **Shumeyko, I. A., Nurkimbayev, S. M., Kasenov, A. Zh.** Vy`bor optimal`nogo varianta formy` i otnositel`noj ploshhadi lopasti vetrovogo koleasa vetroe`nergeticheskoy ustanovki maloj moshhnosti. [Choosing the optimal variant of the shape and relative area of the blade of the wind wheel of a low-power wind power plant] // Republican Journal Proceedings of the University. – 2023. – № 2. – P. 25–33.

11 **Nurkimbayev, S. M., Shumeyko, I. A., Itybayeva, G. T.** Issledovanie i obosnovanie parametrov vetrovogo koleasa vetroe`nergeticheskoy ustanovki maloj moshhnosti razlichnogo naznacheniya [Investigation and substantiation of the parameters of the wind wheel of a low-power wind power plant for various purposes] // Republican Journal Proceedings of the University. – 2023. – № 3. – P. 72–78.

Принято к изданию 07.12.23.

***С. М. Нұркімбаев¹, И. А. Шумейко²**

^{1,2}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Басып шығаруға 07.12.23 қабылданды.

ЖЕЛ ДӨҢГЕЛЕГІНІҢ АЙНАЛУ ЖИІЛІГІН ЖӘНЕ БҰРҒЫЛАУ ҚОРҒАНЫСЫН АВТОНОМДЫ РЕТТЕУ МЕХАНИЗМІН ЕСЕПТЕУ

Шағын жел қондырғылары автономды қондырғылар ретінде де, басқа энергетикалық технологиялармен үйлескенде де автономды электрлендіруге және суды айдауға тартымды балама болып табылады.

Орнатудың жасапты қондырғыларының бірі-бұрғылау қорғанысы роторды жел ағынынан шығару немесе пышақтардың шабуыл бұрышын өзгерту және айналу жылдамдығын төмендету арқылы қамтамасыз етіледі.

Жел дөңгелегінің конструкциясындағы жұмыс тәжірибесіне сүйене отырып, периферияға қарай кішірейетін ойыс және ұзындығы бойынша шамалы бұрандалы пішіні бар қаңылтыр болаттан жасалған қалақтар қолданылады.

Мақалада желдің жоғары жылдамдығында жел дөңгелегінің айналу жиілігін төмендетуге арналған бұрғылау механизмінің жұмысы қарастырылады.

Желдің әр түрлі жылдамдығымен жел ағыны экранға және қалақ тарту жүйесі арқылы жел дөңгелегі белгілі бір бұрышқа бұрылып, ауа райына дейін (900) әсер етеді. Бұрғылаудан қорғаудың әзірленген механизмі желдің жылдамдығы 9–10 м/с жоғары болған кезде іске қосылады.

Механизмнің қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін жел ағынынан пайда болатын қуатты есептеу орындалды, механизмді бастапқы күйге келтіретін серіппенің параметрлері анықталды.

Қондырғыны желдің дауыл екінінен қорғауды қамтамасыз ету және қондырғының сенімділігін арттыру болып табылатын техникалық нәтижеге қол жеткізілді.

Кілтті сөздер: айналу моменті, айналу жиілігі, жел дөңгелегі механизмі, бұрғылау механизмі, жел дөңгелегі, қалақ, бұрғылау қорғанысы.

***S. M. Nurkimbaev¹, I. A. Shumeiko²**

^{1,2}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Accepted for publication on 07.12.23.

CALCULATION OF THE MECHANISM OF AUTONOMOUS CONTROL OF THE WIND WHEEL ROTATION SPEED AND STORM PROTECTION

Small wind power plants represent an attractive alternative to autonomous electrification and water pumping, both as stand-alone installations and in combination with other energy technologies.

One of the critical components of the installation is the storm protection provided either by removing the rotor from the wind flow, or by changing the angle of attack of the blades and reducing the rotation speed.

Based on operational experience, the design of the wind wheel uses blades made of sheet steel with a concavity decreasing to the periphery and with a slight helical shape along the length.

The article considers the operation of the storm protection mechanism designed to reduce the rotation frequency of the wind wheel at increased wind speeds.

At different wind speeds, the wind flow affects the screen and by means of a thrust system, the blades of the wind wheel turn at a certain angle, up to the weather vane position (900). The developed storm protection mechanism comes into operation at wind speeds above 9–10 m/s.

To ensure the normal operation of the mechanism, the calculation of the power generated by the wind flow was performed, the parameters of the spring that brings the mechanism to its initial position were determined.

A technical result has been achieved, which consists in ensuring the protection of the installation from wind gusts and increasing the reliability of the installation.

Keywords: torque, rotation speed, wind wheel mechanism, wind protection mechanism, wind wheel, blade, wind protection.

Теруге 08.12.23 ж. жіберілді. Басуға 29.12.23 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 17,26 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4166

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 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

nitk.tou.edu.kz