

Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию С. Сейфуллина = С. Сейфуллиннің 130 жылдығына арналған халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. - 2024. – Ч.ІІІ. - С. 265-268.

УДК 620.9 :662.6

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА СО СКЛАДЫВАЮЩИМИСЯ ЛОПАСТЯМИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

*Куатова А., докторант 1 курса  
Нурмаганбетова Г.С., PhD, и.о. ассоциированного профессора  
Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина  
г. Астана*

Одной из основных проблем электросетевого хозяйства Казахстана является устаревшая система электроснабжения, особенно в сельской местности. Оборудование электрических станций и распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже находится в худшем состоянии, с износом, превышающим 50 лет эксплуатации в отдельных случаях. В результате, сельские электрические сети часто находятся в критическом состоянии [1]. Также существует значительный дефицит мобильных альтернативных источников энергии, адаптированных к климатическим условиям Казахстана. Имеющиеся на рынке маломощные ветрогенераторы в основном не отвечают потребностям автономных потребителей по надежности и стоимости. Рынок преимущественно заполнен китайскими ветрогенераторами, которые не приспособлены для работы при сильных порывистых ветрах. Разработка новых конструктивных решений в сочетании с передовыми технологиями может стать одним из решений этой проблемы [2-3]. Для более активного использования ветрогенераторов сверхмалой мощности в отгонном животноводстве необходимо обеспечить их мобильность. Также требуется повысить коэффициент полезного действия за счет внедрения новых технических решений и технологий. Использование неметаллических материалов в конструкции позволит снизить стоимость и вес мобильных ветроустановок, а также улучшить их ремонтпригодность, что особенно важно для долгосрочной эксплуатации. Потенциал возобновляемых источников энергии в Казахстане значителен, особенно в отношении ветрогенерации. На примерно 50% территории страны скорость ветра составляет 4-5 м/с на высоте 30 метров. Высокий ветровой потенциал наблюдается в районе Каспийского моря — Атырауской и Мангистауской областях, а также в Северном и Южном Казахстане. По данным концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года, общий ветровой потенциал страны оценивается в 1 820 млрд кВт\*ч в год [4]. Большинство научных исследований сегодня сосредоточено на разработке новых решений для использования возобновляемых источников энергии. Особое внимание уделяется способам повышения их

эффективности, перспективам их использования, а также разработке мобильных установок для выработки электроэнергии [5-7].

На сегодняшний день наблюдается растущий интерес к разработке ветрогенераторов малой мощности с вертикальной осью, предназначенных для использования в удаленной сельской местности, где прокладка линий электропередачи не является рентабельной [8-13]. Казахстан обладает значительными ресурсами ветровой энергии. Средняя годовая скорость ветра в Акмолинской области колеблется от 3,4 до 5,4 м/с, что является самым низким показателем среди областей страны. Эта скорость недостаточна для раскрутки большинства типов ветрогенераторов до их номинальной мощности. Ветер в этом регионе часто бывает порывистым и меняет направление в течение коротких промежутков времени, что снижает эффективность ветрогенераторов с горизонтальной осью, особенно больших и средних мощностей. В этом контексте мобильная ветроэлектростанция малой мощности представляется оптимальным решением, так как скорость ветра для самостарта таких установок составляет 1-3 м/с, а их номинальная скорость ниже, чем у средних и больших ветрогенераторов. С учетом опыта разработки ветрогенераторов, в частности ветроколес с вертикальной осью вращения, было принято решение разработать собственную конструкцию, отвечающую требованиям потребителей по простоте, надежности и стоимости. Особое внимание уделено повышению коэффициента использования энергии ветра (КИЭВ). В отличие от традиционных ветрогенераторов «карусельного типа», лопасти ветроколеса могут складываться, что снижает сопротивление вращению.

Разработанный ветрогенератор предназначен для использования в сельской местности и его основное назначение — зарядка 12-вольтовых аккумуляторов емкостью от 50 до 90 А·ч, используемых в автономных системах электроснабжения. Для отгонного животноводства нет необходимости в мощных источниках электрической энергии. Электроэнергия требуется в первую очередь для освещения, связи, радиоприемников и других бытовых приборов. Большинство из этих устройств может работать напрямую от аккумулятора, при необходимости можно использовать инвертор для подключения электроинструментов и других устройств. Каркас ветроколеса и его лопасти изготавливаются из водопроводных полипропиленовых труб, обтянутых водонепроницаемой тканью. Для усиления конструкции используются дюралюминиевые диски, которые обеспечивают крепление лопастей к генератору. Эти технические решения позволяют максимально снизить металлоемкость и себестоимость изделия. Из-за сопротивления лопаток встречному потоку ветра теряется часть мощности, что приводит к снижению КИЭВ ветрогенератора. В предложенной конструкции лопасти установлены по диагонали, и при движении навстречу потоку ветра они складываются благодаря давлению воздуха и силе гравитации. Поток ветра раскрывает лопасти, и после прохождения определенной части окружности они складываются.

Гипотеза заключается в том, что данное техническое решение позволит увеличить КИЭВ как минимум на 5%. В целом конструкция ветроколеса и элементов его крепления позволяет потребителю с минимальными затратами энергии и времени производить монтаж и демонтаж изделия с использованием стандартных инструментов.

На рисунке 1 представлены фотографии ветрогенератора в закрытом и раскрытом состояниях.

Для проведения полевых испытаний были выполнены следующие работы:

- 1) выполнен монтаж ветрогенератора на мачте;
- 2) на базе микроконтроллера разработана и смонтирована система измерения и контроля количества вырабатываемой энергии и других электрических параметров;
- 3) установлена контрольно-измерительная аппаратура в герметичном электрическом шкафу;
- 4) проложен соединительный электрический кабель;
- 5) выполнена настройка измерительной части и подключена электрическая нагрузка;
- 6) настроена программная часть для передачи параметров от контроллера по каналам сотовой связи на смартфон.
- 7) Лазерный бесконтактный тахометр Victor DM6234P.
- 8) Цифровой мультиметр UNI-T UT50E.
- 9) Ваттметр Atorch DT3010, который позволяет измерять напряжение, силу тока, мощность, емкость аккумулятора, сопротивление, температуру, энергопотребление и время.

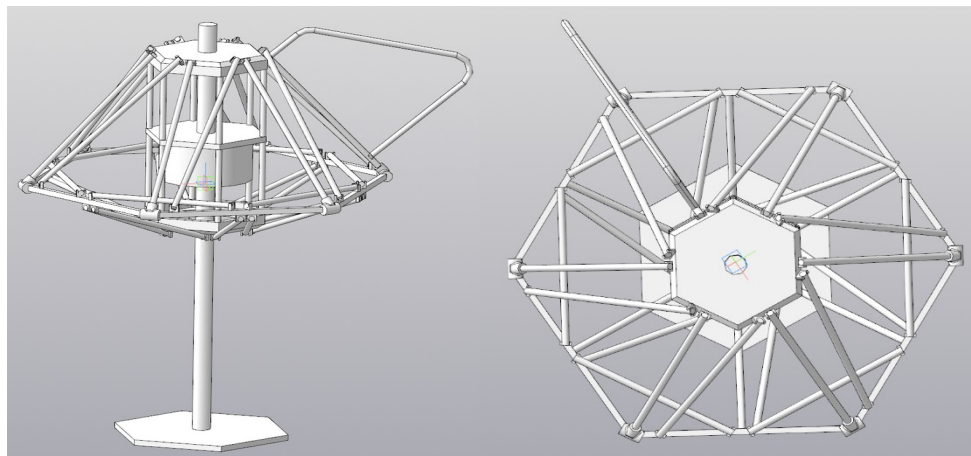
При установке Bluetooth на компьютер и использовании программы E-test можно в режиме онлайн контролировать все основные характеристики работы устройства. Информация о контроллере и схеме его подключения изложена на сайте [3]. Характеристики ваттметра Atorch DT3010 отражены в таблице 1, а на рисунке 3 показан его внешний вид.

В течение 2023 года проводились замеры количества вырабатываемой электрической энергии за месяц. Значения вырабатываемой мощности оценивались в кВт·ч/сутки. На основании полученных данных был построен график с использованием программы Microsoft Excel. На рисунке 2 представлена схема измерения, использованная при проведении испытаний, где 1- ветрогенератор; 2 – полупроводниковый выпрямитель; 3 – опорной стойка (мачта); 4 – трос для крепления стойки; 5 – силовой соединительный электрический кабель; 6 – шкаф для аппаратуры контроля; 7 – контролер постоянного тока для измерения вырабатываемой мощности; 8 – электрическая нагрузка.



## Рисунок 1 – Фото ветрогенератора

С использованием программы КОМПАС-3D, обладающей широкими возможностями для конструирования и моделирования, была создана модель ветрогенератора. На рисунке 2 представлены некоторые этапы моделирования каркаса, компоновки узлов и механизмов.



Рисунок

### 2 - Фрагменты процесса моделирования каркаса ветроколеса

Конструкция ветроколеса обладает высокой ветроустойчивостью и прочностью благодаря использованию упругих материалов. Корпус и лопасти ветроколеса остаются целыми даже при скорости ветра свыше 30 м/с. Испытания показали, что для эксплуатации при отрицательных температурах ниже  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  необходимо применять морозостойкие полипропиленовые трубы и фитинги.

Вибрации ветрогенератора, установленного на мачте высотой 2,7 м, наблюдаются, но они не приводят к разрушению конструкции ветроколеса. Надежность и прочность конструкции подтверждены длительными испытаниями в реальных условиях открытой местности, где скорость ветра достигала более 30 м/с. В ходе наблюдений за период 2023 года и начала 2024 года не выявлено нарушений в его работе. Конструкция доказала свою надежность при эксплуатации в зимних условиях.

Компоновка ветрогенератора обеспечивает высокую мобильность, а также возможность быстрого монтажа и демонтажа. Использование вертикальной оси вращения в сочетании со складными лопатками позволяет увеличить скорость вращения по сравнению с известными конструкциями роторов Савониуса и их аналогов.

### Список литературы

1 Оразбекова, АК, Лукутин, БВ. (2018). Состояние электроснабжения удаленных объектов агропромышленного комплекса в регионах казахстана и перспектива применения ВИЭ. *Журнал «Инновации в науке»*, 11(87).

2 Smagulova, Sh.1, Yermukhanbetova, A., Akimbekova, G., Yessimzhanova S., Razakova, D., Nurgabylov, M., Zhakupova. S. (2022).

Prospects for Digitalization of Energy and Agro-Industrial Complex of Kazakhstan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(2), 198-209.

3 Pereira, F., Nidia, S., Caetano, C. (2021). Felgueirasa. Increasing energy efficiency with a smart farm-An economic evaluation. The 8th International Conference on Energy and Environment Research ICEER.

4 *Как будет расти доля ВИЭ в энергобалансе Казахстана* (2023). <https://kz.kursiv.media/2023-02-23/kak-budet-rasti-dolya-vie-v-energobalanse-kazahstana/>

5 Открытый доступ: <https://co-di.com.ua/ua/p1258705927-vattmetr-atorch-dt3010.html>.

6 Мехтиев, АД, Нешина, ЕГ, Олжабай, АШ. (2022). Модель гибридной ветро-солнечной электростанции сверх малой мощности. *Қазіргі заманғы маңызды мәселелер: Халықаралық ғылыми журнал*, 4 (38), 127.

7 Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748–764.