



УДК 62.621

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ



## ANALYSIS OF DESIGNS OF WIND GENERATORS AND PROSPECTS FOR THEIR APPLICATION AT OIL AND GAS INDUSTRIES

**Попов Сергей Анатольевич**

доцент кафедры электротехники  
и электрических машин,  
Кубанского государственного  
технологического университета  
sa\_popov@inbox.ru

**Елфимов Михаил Александрович**

аспирант,  
кафедры электротехники  
и электрических машин,  
Кубанского государственного  
технологического университета  
elfimovma@mail.ru

**Ивашкин Илья Ильич**

аспирант,  
кафедры электротехники  
и электрических машин,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
warmuru@mail.ru

**Асташов Максим Александрович**

аспирант,  
кафедры электротехники  
и электрических машин,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
i.am.jlaku@gmail.com

**Попова Светлана Валентиновна**

аспирант,  
кафедры электротехники  
и электрических машин,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
s.sv23@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье произведен анализ различных конструкций, ветрогенераторов, приведены их достоинства и недостатки, а также рассмотрены перспективы их применения на предприятиях нефтегазовой отрасли.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, ветротурбина, электро-снабжение.

**Popov Sergey Anatolyevich**

Assistant Professor  
of electrical engineering  
and electrical machines,  
Kuban state technological university  
sa\_popov@inbox.ru

**Elfimov Mikhail Alexandrovich**

Graduate student,  
chairs of electrical engineering  
and electrical machines,  
Kuban state technological university  
elfimovma@mail.ru

**Ivashkin Ilya Ilyich**

Graduate student,  
Kuban state technological university  
warmuru@mail.ru

**Astashov Maxim Alexandrovich**

Graduate student,  
Department of Electrical Engineering  
and Electric Machines,  
Kuban state technological university  
i.am.jlaku@gmail.com

**Popova Svetlana Valentinovna**

Graduate student,  
Department of Electrical Engineering  
and Electric Machines,  
Kuban state technological university  
s.sv23@mail.ru

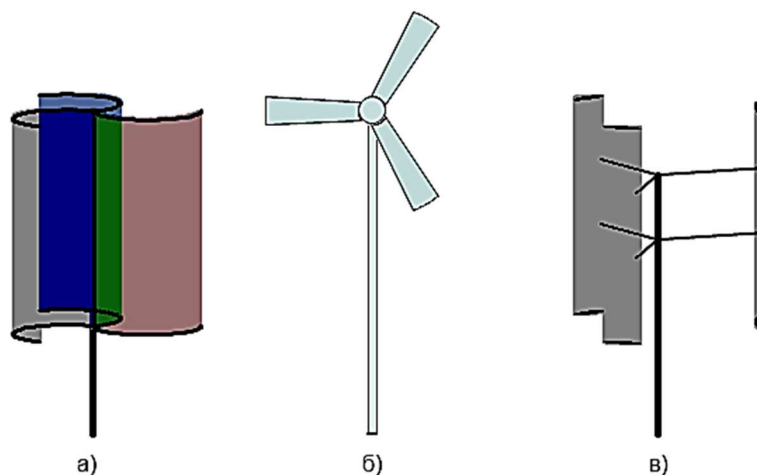
**Annotation.** This article analyzes various designs, wind generators, their advantages and disadvantages, and also discusses the prospects for their use in enterprises of the oil and gas industry.

**Keywords:** wind power, wind turbine, power supply.

Современные проблемы электроэнергетики побуждают к расширению сектора альтернативных источников питания [1, 2, 3]. Наиболее интересной является энергия ветра, получившая широкое распространение и наибольшие темпы роста в странах Европы. Для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую энергию с необходимыми параметрами используют ветрогенераторы.



Ветрогенераторы – это устройства, основными элементами которого являются ветротурбина и электрический генератор [4]. Принцип действия схож с ветряными мельницами, где лопасти захватывают потоки ветра, раскручивая вал и приводя в движение механизм. Первая известная ветротурбина, используемая для производства электроэнергии, построена в Шотландии в 1887 г., профессором Джеймсом Блайтом из колледжа Андерсона в Глазго [5]. Данная ветротурбина имела горизонтально-осевую конструкцию и использовалась для зарядки аккумуляторов, для питания освещения в коттедже. Данная конструкция ветротурбины имеет ряд преимуществ: возможность контролировать угол атаки лопасти, а с применением автоматики делать это удаленно, что дает возможность контролировать выходные параметры ветрогенератора; применение опыта в конструировании пропеллеров воздушных судов, позволяет решить задачу надежности конструкции. Главным недостатком данной конструкции является работа в номинальном режиме только при потоке ветра в одном направлении, поэтому необходимо применение систем дополнительной ориентации по ветру. В 1929 г. финским инженером Сигурдом Савониусом изобретен вертикально-осевой ротор Савониуса. Конструкция состояла из вала и симметрично закрепленных на нем двух лопастей в форме полуцилиндра. Работа ротора построена на разности сопротивлений, которая создается при обтекании воздушным потоком крыльев ротора. Преимущества данной ветротурбины стало независимость работы от направления ветра, что решило проблему с его ориентацией, и простота конструкции, что увеличивает её надежность, а также большой начальный крутящий момент. Недостатком данной конструкции является малая эффективность (всего 15 % энергии), данные установки нашли применение в малой энергетике частного сектора. В 1931 г. французский авиационный инженер Жорж Жан Мари Дарье запатентовал конструкцию ветродвигателя с вертикальной осью, называемую ветротурбиной Дарье, лопасти данной конструкции имеют форму изогнутой арки. Среди достоинств данной конструкции можно отметить: независимость работы от направления ветра, простота конструкции, т.е. ось ветрогенератора совпадает с осью опорной мачты, что вместе с симметрией расположения лопастей позволяет установить центр масс всей конструкции на единой оси. Недостатком же такой конструкции является высокая скорость ветра, при которой начинается движение ветротурбины. Чаще всего используют в паре с ротором Савониуса, у которого большой крутящий момент, для обеспечения высокого пускового момента.



**Рисунок 1** – Основные конструкции ветротурбин:  
а – ротор Савониуса; б – Горизонтально-осевой ротор; в – Н-ротор Дарье

Перспектива использования ветрогенератора на промышленных объектах заключается в использовании его как независимого источника в совокупности с установкой аккумуляторных батарей, отдельно стоящего, либо закрепленного на сооружении молниеотвода.

Использование ветрогенераторов для зарядки аккумуляторных батарей требует соблюдение следующих условий: регулирования частоты вращения ветроколеса, с помощью поворота лопастей либо выводом из-под ветра; передачи мощности ветроколеса непосредственно на вал генератора; защита аккумуляторных батарей от перезаряда и глубокого разряда [6]. Наилучшим решением в данной ситуации будет применение горизонтально-осевой ветротурбины с возможностью контроля скорости вращения ветроколеса, посредством регулирования угла атаки лопастей и угла поворота опоры. На предприятиях нефтегазовой отрасли в процессе производства используются и образуются взрывоопасные вещества, которые образуют взрывоопасную зону и должны быть защищены в соответствии с РД 34.21.122-87 и СО 153-34.21.122-2003. Для защиты от прямых ударов молний наружных установок, создающих согласно ПУЭ взрывоопасные зоны В1-г, молниезащита должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на защищаемом объекте стержневыми молниеотводами рассчитанными



в соответствии с РД 34.21.122-87. Высшей и наиболее опасной для попадания молнии точкой ветрогенератора, является его лопасть находящаяся в момент удара молнии в верхнем положении. Согласно [7], молниезащита лопастей генератора предусматривается путем установки молниеприемника или молниеприемной сетки расположенных на поверхности лопасти, токоотводы же могут быть предусмотрены как по поверхности, так и внутри самой лопасти. Система токоотвода предусматривается по вертикальным токоотводам, располагающимся внутри мачты. Общий принцип молниезащиты ветрогенератора можно сравнить с отдельно стоящим молниеотводом.

Таким образом, применение ветрогенераторов с горизонтально-осевой ветротурбиной на предприятиях нефтегазового комплекса позволит решить сразу две проблемы: необходимость независимого источника для потребителей 1-ой особой категории электроприемников и молниезащиту взрывоопасных зон В1-г.

### Литература

1. Попов С.А., Марченко С.И., Голова В.В., Шевелев С.С. Электромашинный ветро-солнечный преобразователь : Технические и технологические системы // Материалы десятой международной научной конференции «ТТС-17» (22–24 ноября 2017 года); ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 78–82.
2. Попов С.А., Асташов М.А., Нечесов В.Е., Вершняк А.В. Обоснование применения гибридных ветро-солнечных энергоустановок на основе электромеханических преобразователей // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. – Армавир : АМТИ, 2019. – С. 76–79.
3. Черкасский П.А., Попова С.В., Асташов М.А. Повышение эффективности работы распределительной сети путём применения альтернативных подходов // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы. – Армавир : АМТИ, 2019. – С. 115–117.
4. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения : ГОСТ Р 51237-98.
5. History of Wind Turbines By Zachary Shahan : многопредмет. науч. сайт. – URL : <https://www.renewableenergyworld.com/2014/11/21/history-of-wind-turbines/#ref>
6. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Классификация : ГОСТ Р 51990-2002.
7. Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 24: Молниезащита : ГОСТ Р 54418.24-2013.

### References

1. Popov S.A., Marchenko S.I., Golova V.V., Shevelev S.S. Electric machine wind-solar converter-user : Technical and technological systems // Materials of the tenth international scientific conference «TTS-17» (November 22–24, 2017); FSBOU VPO «KubGTU», A.K. Serov KVVAUL. – Krasnodar: Publishing house – South, 2017. – P. 78–82.
2. Popov S.A., Astashov M.A., Nechesov V.E., Vershnyak A.V. Justification of the hybrid wind-solar power installations based on the electromechanical converters // Modern electrotechnical and information complexes and systems. – Armavir : AMTI, 2019. – P. 76–79.
3. Cherkasskiy P.A., Popova S.V., Astashov M.A. Distribution network operation efficiency increase by means of the alternative approaches application // Modern electrotechnical and information complexes and systems. – Armavir : AMTI, 2019. – P. 115–117.
4. Non-conventional power engineering. Wind power engineering. Terms and definitions : GOST R 51237-98.
5. History of Wind Turbines By Zachary Shahan : Multi-disciplinary scientific site. – URL : <https://www.renewableenergyworld.com/2014/11/21/history-of-wind-turbines/#ref>
6. Unconventional energy. Wind power. Wind power plants. Classification : GOST R 51990-2002.
7. Renewable power engineering. Wind energetics. Installations of wind energetic. Petroleum products – Wind turbines – Part 24: Wind turbines. Lightning protection : GOST R 54418.24-2013.