

УДК 620.91

Обзор различных типов ветрогенераторов, использующихся в мире

Пустовойтов Александр Сергеевич, магистрант

Павлов Дмитрий Олегович, магистрант

Чернов Максим Алексеевич, магистрант

Землянский Леонид Олегович, магистрант

Александров Николай Валерьевич, магистрант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, Россия

Аннотация. В данной статье подробно рассматриваются различные типы ветрогенераторов, показана их классификация по виду, описаны преимущества и недостатки таких систем, рассмотрены более подробно принципы работы ветрогенераторов с вертикальной осью вращения. Рассказано как в некоторых странах, ветроэнергетические станции могут вырабатывать большое количество электроэнергии при этом, практически не нанося вреда окружающей среде.

Ключевые слова: ветрогенератор, ветроэнергетическая станция, ротор Дарье, ротор Савоуниса, альтернативная энергия.

Abstract. This article discusses in detail various types of wind generators, shows their classification by type, describes the advantages and disadvantages of such systems, discusses in more detail the principles of operation of wind generators with a vertical axis of rotation. It is described how in some countries, wind power plants can generate a large amount of electricity at the same time, practically without harming the environment.

Keywords: wind generator, wind power station, Darrieus rotor, Savounis rotor, alternative energy.

DOI: 10.5281/zenodo.4072072

Под ветрогенератором или ветроэнергетической станцией (ВЭС) будем понимать электромеханическое(ие) устройство(а), способствующее(ие) преобразованию кинетической энергии воздушного потока в механическую энергию вращения ротора ветроколеса с последующим её преобразованием с помощью электрогенератора в электрическую [4]. Несомненным плюсом таких устройств, является минимальный ущерб окружающей среде в ходе эксплуатации (в качестве топлива не используются полезные ископаемые, типа «угля» или «нефти»). Топливом здесь служит как раз ветер – один из источников альтернативной или возобновляемой энергии. Такой источник энергии теоретически неисчерпаем и экологически безопасен [1]. Любой ветрогенератор по своему виду классифицируется по следующим критериям:

1) По количеству лопастей – тут можно встретить однолопастной, двухлопастной, трёхлопастной и многолопастной ветрогенератор;

2) По номинальной мощности – до 15-20кВт бытовые, до 100кВт- полупромышленного типа, более 100 кВт промышленного типа;

3) По направлению оси – это или горизонтального типа вращения или вертикального типа вращения.

Однако далеко не все ветрогенераторы можно причислить к наземному месту использования, хотя их и подавляющее большинство. Есть ветрогенераторы, которые располагаются или на шельфе недалеко от берега, или в прибрежной части моря или океана. Обычно используется не один, а порядка десятка и более ветрогенераторов, суммарная выработка которых составляет десятки, а то и сотни мегаватт [2]. Такие ветряные электростанции в основном

используются там, где география стран позволяет стоять подобные сооружения – это Дания, Германия, Швеция, Англия, Ирландия, Голландия. Как видно из списка, эти страны преимущественно северного расположения, где в силу и расположения и климата рентабельно использовать ветроэнергетические электростанции, для решения проблемы энергообеспечения. Лидером здесь является Дания, в этой стране ветровая энергия обеспечивает около 18% от годового потребления всей энергии. И на этом правительство этой страны даже не собирается останавливаться, собираясь довести до 50% потребления электроэнергии по своей стране. В других же странах так же инвестируются большие средства на постройку подобных станций, с целью увеличить процент производства электроэнергии таким путём и снизить уровень ущерба окружающей среде в целом [3].

Вернёмся к рассмотрению основных типов ветрогенераторов, которые сейчас используются в мире. Всего существует два основных типа:

1) Вертикально – осевого, у которого вертикальная ось вращения

2) Горизонтально – осевого, у которого горизонтальная ось вращения

Ветрогенераторы горизонтально – осевого типа сейчас наиболее используемые в мире (порядка 90% всех установок). Это объясняется конструкцией этих устройств, которая способна производить высокое количество электроэнергии так как имеет хороший КПД и обладает хорошей надёжностью (40-50%). На рис. 1 как раз показана шельфовая электростанция, с ветрогенераторами такого типа, где ветряное колесо

может само поворачиваться в ту сторону, где находится воздушный поток. Это ещё одно из преимуществ такого типа ветрогенераторов. Ещё как правило такие устройства имеют меньший угол атаки

лопастей в рабочих режимах, поэтому массогабаритные показатели лучше, чем у вертикально – осевых [5].



Рис. 1. Шельфовая электростанция Sheringham Shoal, Великобритания

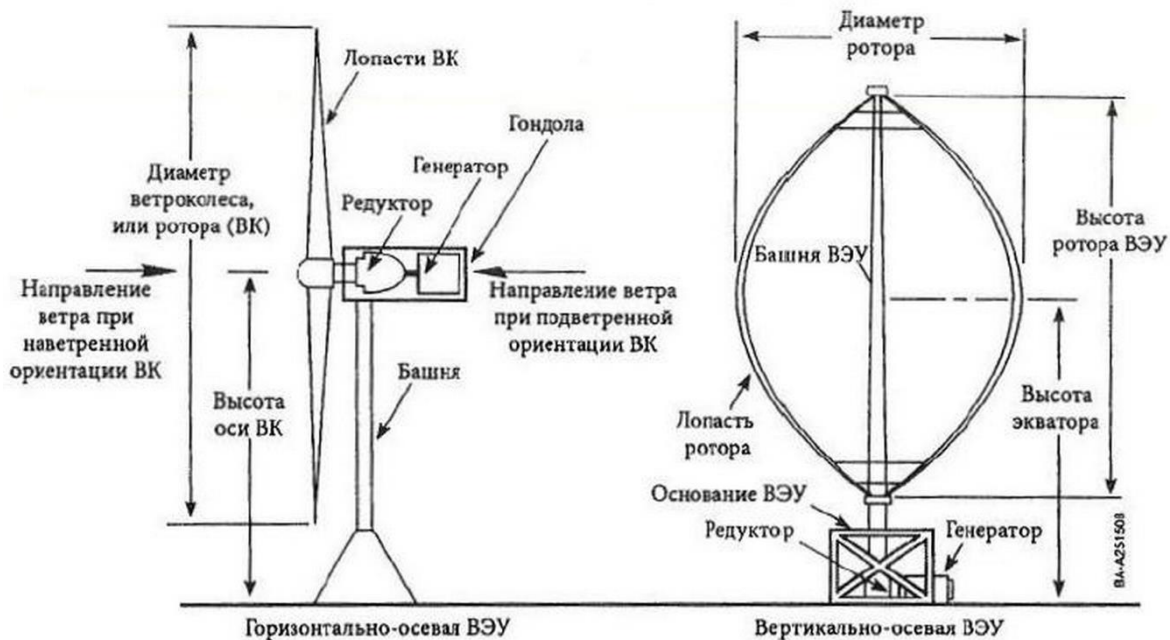


Рис. 2. Конструктивная схема ветрогенераторов 2-х основных типов

На рисунке 2 (левая часть картинка) показана ВЭУ, которую рассмотрим подробнее. Такие типы ветрогенераторы бывают с различным количеством лопастей, как было сказано выше и имеют свои определённые преимущества и недостатки в своём исполнении. Однолопастные хороши тем, что имеют высокую скорость вращения, что позволяет применять их с генераторами, у которых высокая скорость вращения. Однако из-за гироскопического эффекта требуют балансировку лопасти, так как при развороте ротора увеличивается на неё нагрузка. Двухлопастные хороши в своей небольшой стоимости и простоте устройства, сбалансированности. Однако недостаток, это что при таком количестве лопастей возникает излишний шум, сопровождающейся вибрацией конструкции при высоких оборотах ротора. Трёхлопастные, это самые используемые в мире ветрогенераторы. У них высокий КПД, хорошая ориентация на ветер, большая вырабатываемая мощность,

надёжность конструкции. Поэтому все современные ветряные электростанции имеют ветрогенераторы именно с тремя лопастями. Недостатки, это их стоимость обслуживания, шум и монтаж. Многолопастные ветрогенераторы могут иметь до 50 лопастей, которые могут развить высокий крутящий момент. Однако, пожалуй, главный недостаток, это тихоходность таких агрегатов и высокая их стоимость и обслуживание.

На рисунке 2 (правая часть картинка) – это ветрогенератор вертикального типа вращения, его ниже рассмотрим подробнее. Стоит отметить в первую очередь, что ветрогенераторы такого типа имеют более низкий КПД по сравнению с предыдущим типом ветрогенераторов, порядка 15%. Связано это с тем, что ось вращения вертикальная, в силу чего лопасти вращаются перпендикулярно земле и ровно их половина всегда обращена всегда не по ветру и поэтому они и не задействуются. У таких ветрогенераторов

лопасти сами изготавливаются в чётко заданном профиле, чтобы избежать дополнительных нагрузок на конструкцию. Поскольку все конструктивные части установки расположены практически на земле, это упрощает монтаж и эксплуатацию. Одной из самых важных частей ветрогенератора такого типа является как раз ротор, который бывает 2 разных типов с различными модификациями:

1) Ротор Савоуниса – имеет несколько полуцилиндрических тонких изогнутых лопастей прямоугольной формы. В силу создаваемого сопротивления, оказываемого встречному воздушному потоку на вогнутую и выгнутую части лопасти, создаётся вращающий момент. Преимущества данного решения, это

технологичность, хороший пусковой момент, работа при малых скоростях ветра. Малоэффективность работы лопастей это основной недостаток данной конструкции. На рисунке 3 показан пример исполнения такого типа ротора. Модификацией данного ротора является, например, многолопастной ротор. В нём два ряда таких изогнутых пластин (один из которых неподвижный), с тем расчётом, чтобы увеличить скорость воздушного потока и вращения ротора соответственно. Достоинство – эффективность работы. Однако минус стоимость всей конструкции из-за большого количества элементов.

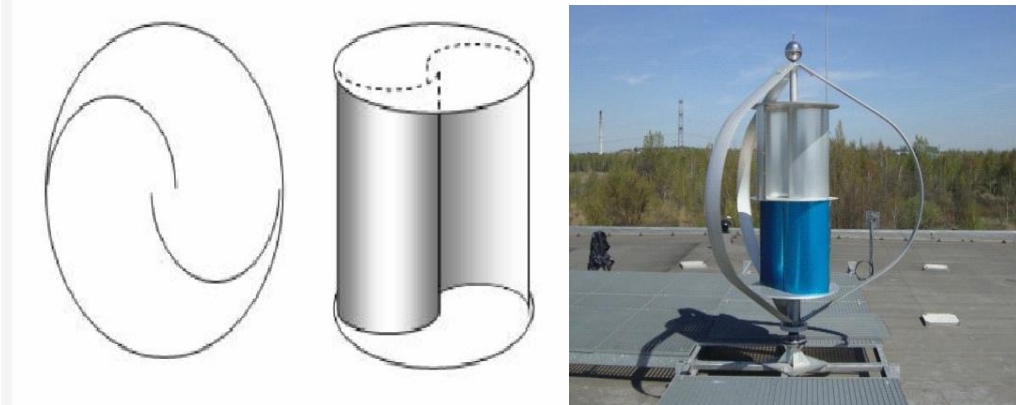


Рис. 3. Ротор Савоуниса

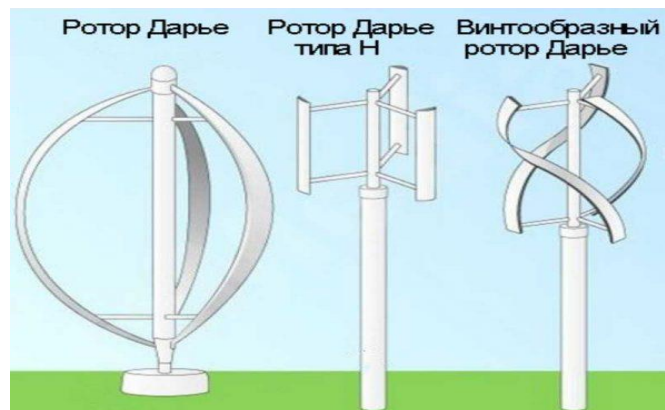


Рис. 4. Три различных конструктивных исполнения ротора Дарье

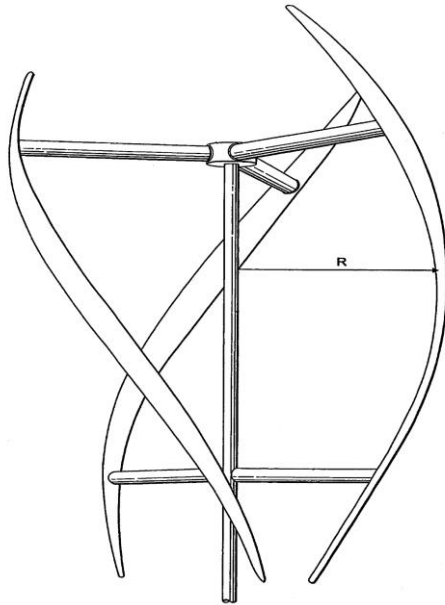


Рис. 5. Геликоидный ротор

2) Ротор Дарье – основной принцип его работы состоит в том, что на каждую лопасть поочередно воздействует подъёмная сила в зависимости от угла атаки лопасти. В следствии этого и происходит вращение. После образование циркуляции воздушного потока, агрегат начинает вращаться постоянно. Это самый главный плюс использования данного типа

Литература:

1. Солоницын, А.А. Второе пришествие ветроэнергетики. /А. А. Солоницын // Сайт «Изобретатели». – М.2007.–18 с.
2. Лукутин Б.В. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями [Электронный ресурс]: учебное пособие / Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Томский политехнический университет, 2015.– 120 с.
3. Шельфовая ветроэнергетика Европы и России. [Электронный ресурс] URL: http://www.cleandex.ru/articles/2007/07/25/offshore_wind_in_europe_and_russia
4. Малышев Н. А. Ветроэлектрические станции / Н.А. Малышев, В.М. Лятхер. – М. Энергоатомиздат, 1988. – 165с.
5. Янсон, Р. А. Ветроустановки: учеб. пособие. М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2017. 37 с.

ротора, что при любом направлении воздушного потока, происходит вращение и соответственно выработка электроэнергии. Можно выделить три типа ветрогенераторов с таким ротором (Рисунок 4).

У каждого типа роторов, показанных на рисунке 4, есть свои существенные недостатки. Первый обладает низкой эффективностью работы и самостоятельно запускаться не может, нужен генератор, как и всем другим. При сильных порывах ветра управляемость значительно ухудшается, что может привести к поломкам. Второй страдает от больших аэродинамических нагрузок на лопасти, что приводит к поломкам и замене (это довольно недешево). Третий в силу своей надёжности конструкции и технологии изготовления очень дорогой и замена лопастей или других компонентов будет дорогой. Одной из модификаций данного ротора (именно винтообразного), является геликоидный ротор или турбина «Горлова» изображенный на рисунке 5. Плюсом модификации является меньшая нагрузка на опорные узлы ротора.

Подводя итог, можно сказать, что в мире существует большое множество конструктивных исполнений ветрогенераторов, однако наиболее широко применяемыми являются трёхлопастные ВЭУ с горизонтальной осью вращения. Остальная область применения ветрогенераторов других типов носит локальный или «экзотический» характер, в силу их невысокой эффективности работы.