

## АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА НА БОЛЬШОЙ ВЫСОТЕ

*Д.П. Крауиньш, к.т.н., доц.,  
Ю.С. Рындина, студент гр. 4НМ81  
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,  
тел.(3822)-444-555  
E-mail: [yulya.ryndina.96@mail.ru](mailto:yulya.ryndina.96@mail.ru)*

В течение многих лет для строительства ветрогенераторов используются мощные конструкции и подъемное оборудование. Башни ветрогенераторов достигают высоты более ста метров, но даже на такой высоте ветра еще медленны и прерывисты. Большие габариты ветроэнергетических установок создают вибрации, пагубно воздействующие не только на жителей близ лежащих территорий, но и на окружающую живую среду в целом: давно известный факт, что на территориях, прилегающих к ветроэнергетическим установкам фауна словно вымирает.

Данной проблеме есть альтернативное решение: размещение ветрогенераторов в воздухе, что не только безопасно для окружающей среды, но и обеспечивает более высокую эффективность работы ветрогенераторов, в связи с их выводом на большие высоты, скорость ветра на которых значительно выше, так как отсутствуют препятствия для ветровых потоков в виде деревьев и зданий.

Рассмотрим приближенную функциональную схему размещения ветрогенераторов в воздушном пространстве (Рис. 1).

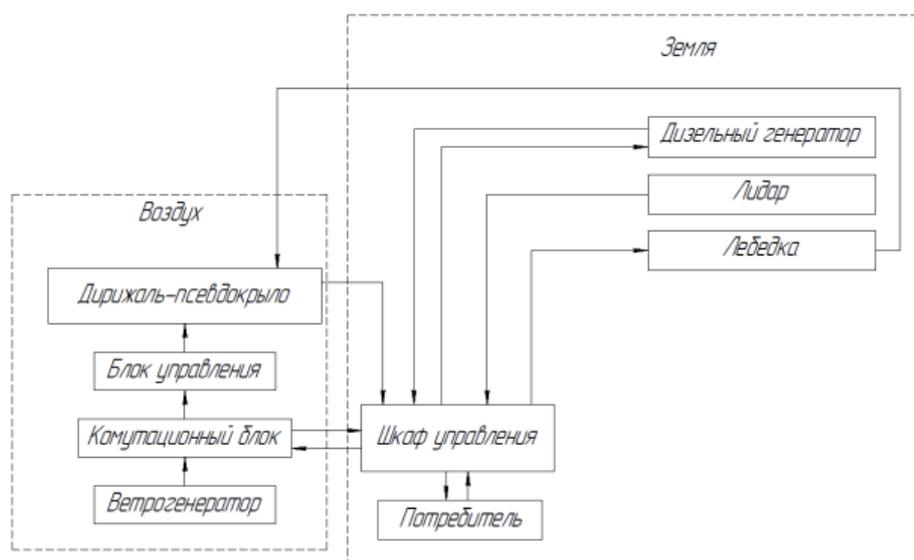


Рис. 1. Функциональная схема ветрогенератора-дирижабля

Конструкция данной ветроэнергетической установки представляет собой герметичный надувной дирижабль, на поверхности которого размещены ветрогенераторы. Дирижабль сам по себе представляет надувное летательное устройство, которое, подобно воздушному шару, плавает в воздухе посредством выталкивающей силы, при условии, что средняя его плотность меньше, либо равно атмосферной плотности. Внутри дирижабля может находиться разогретый воздух, гелий, различные типы нагревателей или водород, что обеспечивает ему подъемную силу и дальнейшее удержание на заданной высоте.

Материал, из которого может быть выполнен дирижабль разнообразен: ранние дирижабли изготавливались из промасленной лакированной ткани или других синтетических материалов, дирижабли выполнялись как однослойными, так и многослойными, что способствовало предотвращению утечек помещенного вовнутрь газа. На данный момент популярно изготовление оболочки дирижабля из стеклопластика, стеклопластик является прочным и долговечным материалом.

Дирижабль надежно соединен тросами, раскручивание и скручивание которых происходит при управлении лебедкой, что способствует фиксированию конструкции в заданной точке пространства.

Контроль работы оборудования, находящегося в воздухе и поступление электроэнергии, ведется через шкаф управления, который связан с коммутационным блоком и блоком управления размещенными в ветрогенераторе-дирижабле. Проходя через шкаф управления, электроэнергия поступает к потребителю.

Контроль скорости ветра в воздушных потоках производится по средствам лидара.

Лидар – прибор для измерения скорости ветра в разных слоях атмосферы, в установке, служит для оптимизации высоты расположения дирижабля, в соответствии с необходимой вырабатываемой мощностью.

В настоящее время уже есть примеры запуска подобных ветряных установок. Одним из самых ярких примеров является ветроустановка Airborne Wind Turbine (AWT) от компании Altaeros Energies. Ветроустановка способна успешно улавливать ветровые потоки на высоте 300 метров. На рисунке 2 представлен прототип данной установки. [1]

Российских проектов подобного плана пока не было представлено, хотя страна со множеством труднодоступных районов как никто другой нуждается в подобных разработках. Например, подобная разработка была бы очень актуальна в использовании в качестве источника энергии на нефтяных месторождениях и других труднодоступных вахтовых городках.



Рис. 2. Ветрогенератор-дирижабль Airborne Wind Turbine [1]

В примере ветроустановки Airborne Wind Turbine ветрогенератор дирижабль скомпонован таким образом: дирижабль имеет форму надувного кольца, внутри которого располагается ветрогенератор. Это расположение имеет свои преимущества: дирижабль для ветрогенератора играет роль диффузора, то есть улавливает поток воздуха и направляет его через ветрогенератор, однако форма данного ветрогенератора подразумевает большую парусность, и при сильных порывах ветра дирижабль может вырвать лебедку. Форма дирижабля может быть и более простой, напоминать собой пароплан, при такой форме ветрогенераторы будут размещаться на поверхности дирижабля. Такой дирижабль проще изготовить, и в отличие от предыдущего варианта парусность здесь достаточно низкая, что обуславливает его обтекаемая форма, в

следствии чего аварийные ситуации менее вероятны. На рисунке 3 представлен эскиз дирижабля-пароплана.

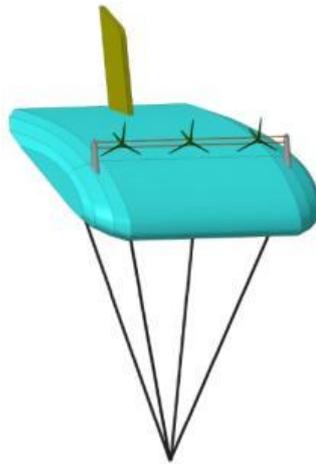


Рис. 3. Эскиз установки «Ветрогенератор-дирижабль»

При использовании дирижабля формы пароплана (псевдокрыла) возникает вопрос расположения ветрогенераторов: их можно располагать сверху (как представлено на рисунке 3) и снизу, однако, наиболее продуктивным является расположение ветрогенераторов сверху, что обуславливается следующим. Если рассмотреть аэродинамическую составляющую псевдокрыла, можно заметить, что крыло имеет плоскую нижнюю и выпуклую верхнюю поверхность. При поступательном движении происходит разделение встречного воздуха на два потока. Известно, что поток проходящий снизу пересекает путь АВ фактически по прямой, а поток обтекающий крыло сверху, проходит по кривой, длинной траектории. После прохождения за задней кромкой крыла происходит объединение потоков, из чего следует, что воздух над крылом проходит большее расстояние, посредством движения с большей скоростью, чем нижний поток, что более выигрышно для работы ветрогенераторов (схема обтекания псевдокрыла потоком представлена на рисунке 4). [2]

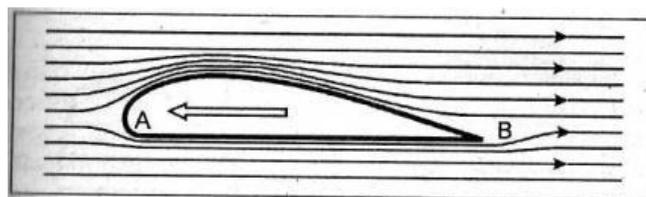


Рисунок 4. Схема обтекания псевдокрыла потоками воздуха [3]

Данное заключение основывается на аэродинамических исследованиях Н. Е. Жуковского.

По завершению обзорного исследования можно констатировать, что идея внедрения воздушных ветроустановок вполне реальна и актуальна на данный момент на территории России. В дальнейшем планируются конструирование модели, проведение математических расчетов поведения модели в реальных условиях воздушного пространства, проведение аэродинамических испытаний установки в среде Solidworks Flow Simulation, создание и испытание опытного образца воздушной ветроустановки.

#### Список литературы:

1. Летающие ветрогенераторы — прорывная инновация? [Электронный ресурс]. – URL: <https://econet.ru/articles/164497-letayuschie-ventrogeneratory-proryvnaya-innovatsiya> (дата обращения 05.11.18.)
2. Испытание ветрогенератора-аэростата [Электронный ресурс]. –URL: <http://www.dnevnik.ykt.ru/Сур%20Бере/491963> (дата обращения 05.11.18.)
3. Аэродинамика круглого парашюта [Электронный ресурс]. –URL: <https://megaobuchalka.ru/7/493.html> (дата обращения 05.11.18.)
4. [Белов С. В.](#), [Гордиенко А. В.](#), [Проскурин В. Д.](#) Аэродинамика и динамика полета// Оренбургский государственный университет -2014 г. С 80-95
5. [Жуковский Н.Е.](#) Вихревая теория гребного винта – М.: Издательство ГИТТЛ - 1918 г. С 200-220
6. [Оглоблин А.П.](#) Систематические исследования крыльев//Труды центрального аэродинамического института -1933 г. С15.