



Подбор площадки для строительства ветроэлектростанции

Использование возобновляемых источников энергии в Российской Федерации, в том числе ветроэнергетических установок (ВЭУ), получает всё большее распространение. Хотя стоимость электрической энергии, выработанной на таких объектах, всё ещё высока по сравнению с объектами «традиционной» (угледо-родной и атомной) энергетики, не стоит забывать, что стоимость эксплуатации непосредственно самих ветряных электростанций ничтожно низкая.

Мощность ветроэнергетической установки, как и стоимость выработанной электрической энергии, в данном случае зависит от скорости ветра. Чем она больше, тем ниже себестоимость произведённой энергии и выше мощность установки (рис. 1).

По данным исследовательской организации Bloomberg New Energy Finance (BNEF) [7], средняя стоимость 1 МВт ветровой энергии в мире в 2018 году составляла один миллион долларов. На рис. 2 представлена зависимость себестоимости электроэнергии от скорости ветра для установки Enercon E-103 EP2 с учётом срока службы в 20 лет.

Следовательно, большое значение для эффективности работы ветроэнергетической станции (ВЭС) имеет процесс выбора места строительства объекта.

Процесс выбора площадки для возведения ВЭС

На предварительном этапе происходит анализ местности, который включает в себя выполнение работ [1]:

- составление базы метеоданных;
- составление базы данных моделей ВЭУ;
- анализ топографических карт;
- предварительный анализ ветроэнергетического потенциала.

Первоначальными источниками информации о скорости и направлении ветра могут являться многолетние архивные спутниковые или наземные данные, такие как METAR и MERRA. Данные METAR — это метеоданные аэропортов, доступные на высоте 10 м с разрешением 30 минут и один час. Данные MERRA могут быть получены из Управления глобального моделирования и ассимиляции NASA. Эти данные доступны на высоте 50 м с шагом 0,5° широты и 2/3° долготы.

Также данные о скорости ветра можно найти на специальных сайтах, таких как «Погода России» (meteo.infospace.ru) или «Расписание погоды» (gr5.ru), где представлены многолетние архивы измерений скорости ветра в определённых районах с детализацией до нескольких измерений в сутки. По полученным данным определяется среднегодовая скорость ветра и роза ветров в данном районе (рис. 3).

Рецензия эксперта на статью получена 19.03.2019 [Expert review on the article received on Mart 19, 2019].

УДК 69.051. Номер научной специальности: 05.14.08.

Подбор площадки для строительства ветроэлектростанции

Илья Н. Бузаджи, магистрант, Российский государственный университет нефти и газа (РГУНИГ им. И. М. Губкина)

В статье рассматривается процесс выбора места размещения будущей ветровой электростанции. На начальном этапе проводится изучение ветра и его параметров на выбранной территории. Используются архивные спутниковые или наземные данные, такие как METAR и MERRA. Составляется роза ветров и определяется целесообразность строительства станции. Далее ведётся более подробное исследование. Изучается рельеф и моделируется его воздействие на ветер. Также уточняются параметры ветрового потока с помощью таких систем, как LIDAR или SODAR, если это необходимо. Это позволяет составить достаточно точную карту ветропотенциала местности и рассмотреть различные варианты размещения ветровой электростанции.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, ветровая энергетика, строительство ветроэлектростанций, оценка ветропотенциала, средства измерения параметров ветра.

UDC 69.051. The number of scientific specialty: 05.14.08.

Selection of platform for construction of wind power plant

Ilya N. Buzadzhi, graduate student, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

This article discusses the process of choosing the location of the future wind power plant. At the initial stage, the study of wind and its parameters in the selected area. Archival satellite or available data such as METAR and MERRA are used. A wind rose is compiled and the feasibility of building the station is determined. Further, more detailed research is underway. The relief is studied and its impact on the wind is modeled. Also, the parameters of the wind flow are specified using systems such as LIDAR or SODAR, if necessary. This allows you to make a fairly accurate map of the wind potential of the area and consider the various options for locating a wind power station.

Key words: renewable energy, wind energy, construction of wind power plants, wind potential assessment, wind measurement tools.

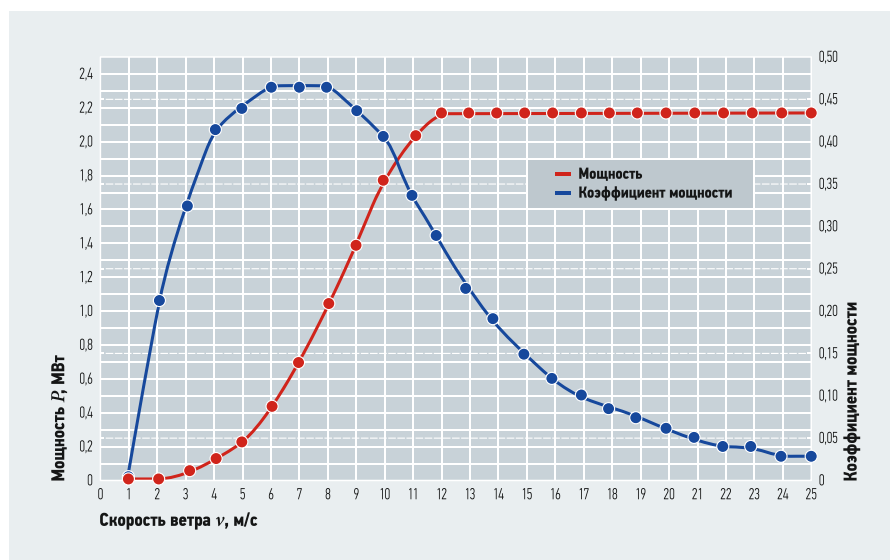


Рис. 1. Зависимость мощности ветроустановки от скорости ветра на примере ветровой турбины Enercon E-103 EP2 (мощность 2,3 МВт, производство компании Enercon GmbH) [2]

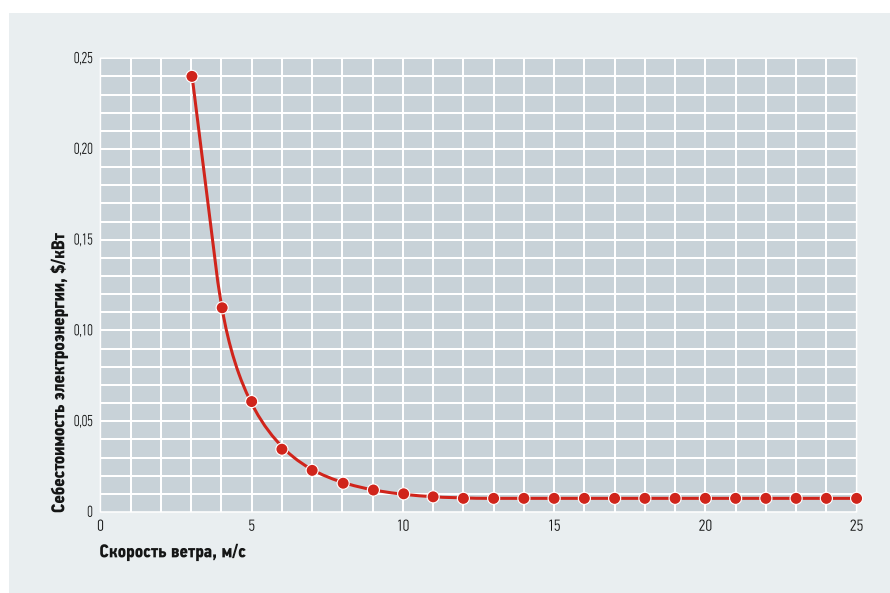


Рис. 2. Зависимость себестоимости электроэнергии, вырабатываемой ветровой турбиной Enercon E-103 EP2 (мощность 2,3 МВт, производство компании Enercon GmbH), от скорости ветра

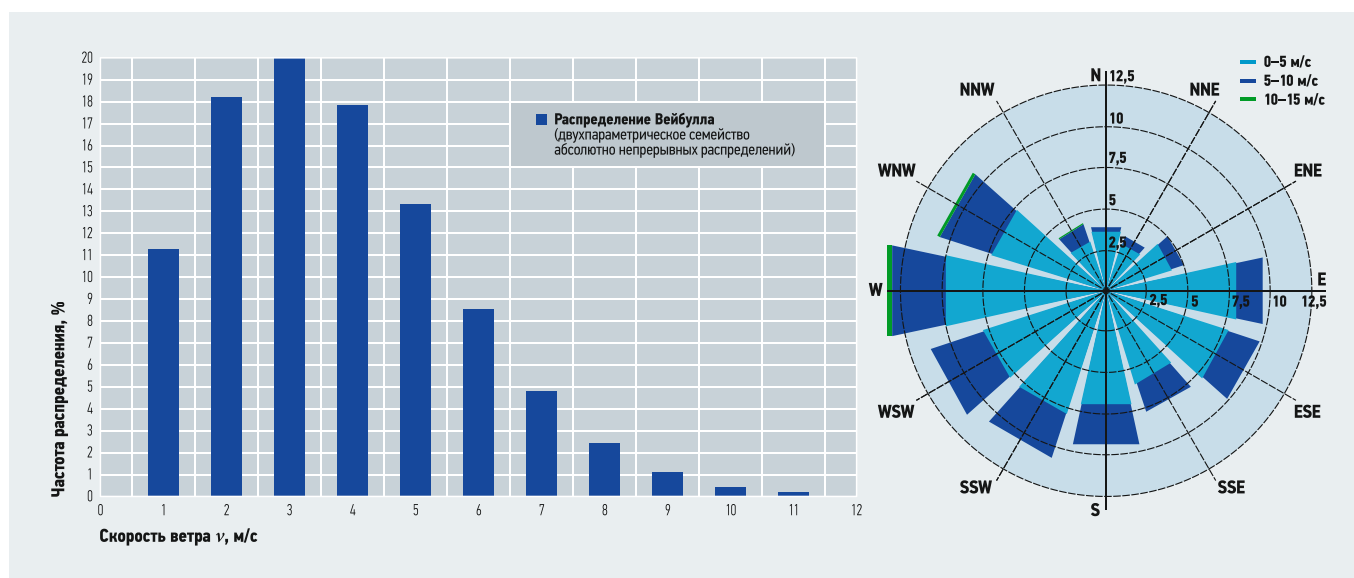


Рис. 3. Пример построения графиков для среднегодовой скорости ветра и розы ветров

Роза ветров служит для графического представления многолетней статистики измерений. На данном этапе происходит принятие решения о целесообразности исследования.

Выбор ветроэнергетической установки также имеет некоторые особенности. Основными техническими требованиями при выборе ВЭУ являются: возможность доставки ВЭУ на площадку монтажа, возможность доставки крана на площадку монтажа, единичная номинальная мощность ВЭУ, допустимые температурные диапазоны ВЭУ [3], класс ВЭУ в соответствии со стандартом IEC 61400-1 [3].

Данные METAR — это метеоданные аэропортов, доступные на высоте 10 м с разрешением 30 минут и один час. Данные MERRA могут быть получены из глобального центра моделирования и ассимиляции NASA, доступны на высоте 50 м

При выборе площадки под строительство ВЭУ необходимо также учесть рельеф местности, так как такие орографические элементы, как холмы, леса, горы, крутые насыпи, а также моря и озера оказывают влияние на местный ветровой климат. Отметим, что создание трёхмерной модели земной поверхности на выбранном участке поможет точнее воспроизвести карту ветрового потенциала местности. Исходными данными для выполнения данной задачи может послужить радарная топографическая съёмка большей части земной поверхности Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), произведённая NASA в 2000 году [6].

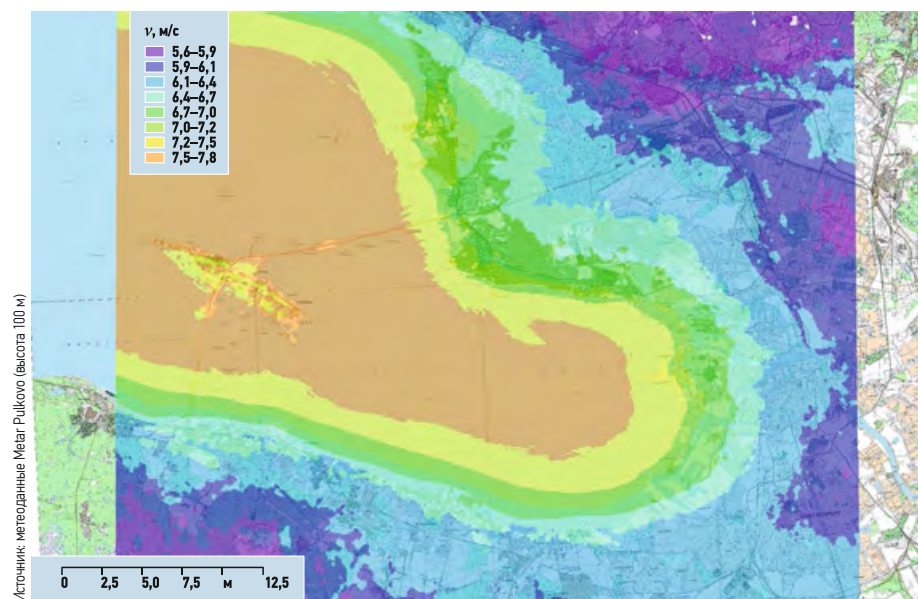


Рис. 4. Пример карты ветроэнергетических ресурсов местности (Финский залив)

Моделирование рельефа включает в себя следующие пункты [1]: выбор исходных данных, преобразование данных и создание трёхмерной модели рельефа.

Затем происходит строительство карты ветрового потенциала местности с помощью компьютерного моделирования (рис. 4). Оно включает в себя [1]: ввод начальных условий, моделирование ветрового потока по основным направлениям, предварительный выбор наиболее перспективных зон, определение площади перспективных площадок.

Данное решение позволяет оценить ветровой потенциал без использования дорогостоящих физических моделей, тем самым сэкономив множество финансовых и трудовых ресурсов. В то же время данный подход обладает достаточной точностью получаемых данных [1].

Для более точного измерения скорости и направления ветра могут быть использованы такие современные измерительные средства, как Light Identification Detection and Ranging (LIDAR) или Sonic Detection And Ranging (SODAR).

Термин LIDAR означает «лазерный дальномер» или «лазерное обнаружение и обработка изображений ранжированием», указывающий, что измерения выполняются с помощью световых волн.

Принцип действия системы LIDAR заключается в следующем. Система посылает лазерный луч в воздух, получаемый свет рассеивается аэрозолями (крошечными частицами пыли с диаметром от 0,1 до нескольких микрон в атмосфере). Свойства атмосферы анализируются на основе принимаемого сигнала. Сигналы от движущихся объектов имеют доплеров-

ское смещение частоты, пропорциональное их скорости, что позволяет рассчитать скорость аэрозолей.

В результате мы можем измерить скорость и направление ветра [4].

SODAR — это системы, которые используются для дистанционного измерения структуры вертикальной турбулентности и профиля ветра в нижних слоях атмосферы. Большинство систем SODAR работают, испуская за короткие промежутки времени акустический пульсирующий сигнал и затем принимая отражённый сигнал.

Вообще, интенсивность, как и так называемое «доплеровское (частотное) смещение» отражённого сигнала анализируется с целью определения скорости ветра, его направления и характеристик турбулентности атмосферы. Профиль атмосферы как функция высоты может быть получен путём анализа отражённого сигнала, который фиксируется приёмным устройством после каждого переданного передатчиком импульса. Отражённый сигнал, который будет зафиксирован при любом времени задержки между передачей и приёмом (откликом), позволяет получить данные о состоянии атмосферы с распределением по высоте, зависящие от скорости распространения звука в различных средах [5].

Также более точные данные о характере ветра в данной местности можно получить с помощью установки ветроизмерительного комплекса. Ветроизмерительный комплекс (ВИК) представляет из себя набор метеорологических приборов, установленных на определённых высотах на метеомачте.

После получения всех необходимых данных проводится уточнённая оценка ветроэнергетического потенциала местности и выработки будущей ветровой электростанции. ●



1. Шакиров В.А., Артемьев А.Ю. Оценка ветроэнергетического потенциала района средствами компьютерного моделирования // Прикладная информатика, 2015. №4. С. 93–104.
2. Ветроустановка Enercon E-103 EP2 [Электр. ресурс]. Enercon GmbH. Режим доступа: enercon.de. Дата обращения: 02.03.2019.
3. ГОСТ Р 54418.1–2012 (МЭК 61400-1:2005). Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Ч. 1. Технические требования.
4. Доплеровский лидар [Электр. ресурс]. Режим доступа: laser-portal.ru. Дата обращения: 10.03.2019.
5. Содары — общая информация [Электр. ресурс]. ООО «Сенс-Оптик». Режим доступа: esnoptec.ru. Дата обращения: 05.03.2019.
6. Farr T.G., Hensley S., Rodriguez E., Martin J., Kobrick M. The shuttle radar topography mission. CEOS SAR Workshop, Toulouse, France. October 26–29, 1999; Noordwijk, Netherlands. 2000. Pp. 361–363.
7. Wind Turbine Prices in U.S. Plummet Faster Than Globally. Bloomberg NEF. Web-source: about.bnef.com. Access data: 12.03.2019.

References — see page 94.

Selection of platform for construction of wind power plant. Pp. 88–90.

Ilya N. Buzadzhi, graduate student, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

1. Shakirov V.A., Artem'ev A.Ju. *Ocenka vetrojenergeticheskogo potenciala rajona sredstvami komp'yuternogo modelirovaniya* [Assessment of wind energy potential of the district by means of computer modeling]. *Prikladnaja informatika* ["Engineering computer science" Magazine]. 2015. No. 4. Pp. 93–104. [In Russian]
2. Vetrustanovka Enercon E-103 EP2. Enercon GmbH. Web-source: enercon.de. Access data: Mart 2, 2019.
3. GOST R [State industry standard of Russia] 54418.1–2012 (IEC 61400-1:2005). *Vozobnovljajemaja jenergetika. Vetrojenergetika. Ustanovki vetrojenergeticheskie. Ch. 1. Tehnicheskie trebovaniya* [Renewable energy. Wind energy. Wind power plants. Part 1: Specifications]. [In Russian]
4. *Doplerovskij lidar* [Doppler's LIDAR]. Web-source: laser-portal.ru. Access data: Mart 10, 2019. [In Russian]
5. *Sodary — obshhaja informacija* [SODARs — general information]. "Sens-Optik", LLC. Web-source: ecmoptec.ru. Access data: Mart 5, 2019. [In Russian]
6. Farr T.G., Hensley S., Rodriguez E., Martin J., Kobrick M. The shuttle radar topography mission. CEOS SAR Workshop. Toulouse, France. October 26–29, 1999; Noordwijk, Netherlands. 2000. Pp. 361–363.
7. Wind Turbine Prices in U.S. Plummet Faster Than Globally. Bloomberg NEF. Web-source: about.bnef.com. Access data: Mart 12, 2019.