

УДК 550.0 (476)

ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Е. С. Бережкова, П. А. Слесарев

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, katarina0704@tut.by*

Исследование направлено на определение ветроэнергетического потенциала территории Республики Беларусь, и его изменений в рамках потепления климата. Акцентируется внимание на обеспечении удаленных от источников электроэнергии объектов. На примере объемов потребляемой электроэнергии единичной автомобильной заправочной станции (далее – АЗС) рассчитана эффективность использования ветрогенераторов в денежном эквиваленте.

Ключевые слова: ветер; ветроэнергетический потенциал; ветрогенератор; АЗС.

ASSESSMENT OF WIND ENERGY POTENTIAL IN THE TERRITORY OF BELARUS

E. S. Berezhkova, P. A. Slesarev

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4, 220030,
Minsk, Belarus, katarina0704@tut.by*

The study is aimed at determining the wind energy capacity of the territory of the Republic of Belarus and its changes within the framework of climate warming. Attention is focused on providing remote sources of electricity from facilities. Due to the volume of electricity consumed by the only automobile filling station (hereinafter referred to as the gas station), the efficiency of using wind generators in monetary terms was calculated.

Keywords: wind; wind energy potential; wind generator; gas station.

Материалы и методы исследования. Исследование основано на фактических метеорологических данных Белгидромета за период 1991-2021 гг. по 42 метеорологическим станциям Беларуси. Визуализация данных выполнена с помощью ArcGIS.

Ветроэнергетический потенциал рассчитан по формулам:

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot (V^3)_{cp} \quad (1) [1]$$

$$(V^3)_{cp.} = (V_{cp.})^3 \cdot (1 + 3 \cdot c_v^2,2 + A \cdot c_v^3) \quad (2) [1]$$

где P – удельная мощность ветрового потока, Вт/м²; ρ – плотность воздуха, г/см³, (для нормальных условий атмосферы составляет 1,226 кг/м³); V и $V_{cp.}$ соответственно мгновенная и средняя скорость ветра, м/с; c_v – коэффициент вариации скорости ветра; A – коэффициент асимметрии распределения скорости ветра.

Если расчеты выполняются для года в целом, то V , c_v и A являются характеристиками годовой совокупности значений скорости ветра.

Упрощенный вариант расчетов скорости ветра может быть использован с применением функции Максвелла, где значения c_v , и A , принимаются равными 0,52 и 0,63 соответственно:

$$(V^3)_{cp.} \approx 1,9 \cdot (V_{cp.})^3 \quad (3)$$

Общая формула суммарного (полного) ветрового потока, оценивается по формуле:

$$P_T = 0,5 \cdot \rho \cdot (V^3)_{cp.} \cdot S_k \cdot T, \quad (4)$$

где T – период времени, за который производится оценка; S_k – площадь сечения ветрового потока.

Расчет необходимого количества ветроэнергетических установок проведен по формулам:

$$F_1 = \left(\sqrt{\frac{B_1 \div A_2}{\pi}} \right) \cdot 2 \cdot R_0 \quad (5) \quad F_2 = \left(\sqrt{\frac{B_2 \div A_1}{\pi}} \right) \cdot 2 \cdot R_0, \quad (6)$$

где F_1 – необходимое количество установок при максимальной нагрузке на электросеть; F_2 – необходимое количество установок при минимальной нагрузке на электросеть; A_1 – верхний предел диапазона теоретически возможной выработки (0,9 мВт); B_1 – верхний предел диапазона годовой потребности АЗС (26 мВт); A_2 – нижний предел диапазона теоретически возможной выработки (0,4 мВт); B_2 – нижний предел диапазона годовой потребности АЗС (15 мВт); R_0 – 2,8 м. диаметр классического ветроколеса.

Главный энергетический показатель ВЭУ — установленная мощность. Мощность ветрового потока определяется по формуле [2]:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3, \quad (7)$$

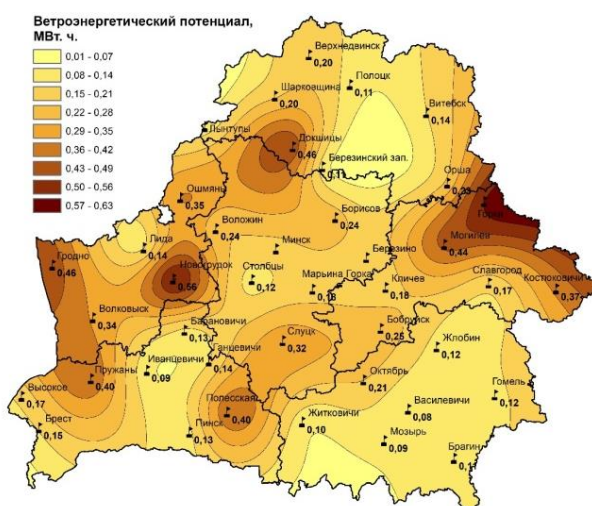
где P – мощность ветрового потока (Вт); ρ – плотность воздуха (при обычных условиях принимается равной $1,225 \text{ кг/м}^3$); S – площадь сечения поперечного ветрового потока (м^2); v – скорость ветра (м/с).

Если известна среднегодовая скорость ветра (и распределение скоростей ветра имеет типичный характер), то средняя мощность ветрового потока определяется из выражения:

$$P_C = 1,17 \cdot S \cdot v_C^3, \quad (8)$$

где P_C – средняя мощность ветра (Вт); v_C – средняя скорость ветра (м/с).

Результаты расчетов ветроэнергетического потенциала были визуализированы и представлены на рисунке.



Пространственное распределение значений ветроэнергетического потенциала на высоте 10 м. [по фактическим метеорологическим данным Белгидромета, составлено автором]

Выявлено, что максимальный ветроэнергетический потенциал характерен для Оршанской и Новогрудской возвышенностей [3, 4].

Основываясь на результатах расчетов, определено оптимальное количество ветроэнергогенераторов для обеспечения одной АЗС. Единичный объект требует от 2 до 3 ветроэнергетических установок с диаметром ветроколеса 2,8 метра.

Расчеты эффективности использования ветроэнергетических установок по отношению к удельному топливу позволили выявить, что годовая экономия условного топлива составляет по отношению к оценочной годовой потребности в электроэнергии для АЗС 7,6 тыс. рублей в год (в долларовом эквиваленте — 1 514 \$). Годовая экономия условного топлива по

отношению к фактической годовой потребности в электроэнергии для АЗС составляет 7,0 тыс. в год (в долларовом эквиваленте — 1 395 \$.)

Удельная экономия затрат на топливо при оценки экономической эффективности для общей стоимости получаемой электроэнергии составила 6 889 руб. или же порядка 2 090 \$. Для получаемой электроэнергии с учетом простоя ветрогенератора на техническом обслуживании составила порядка 6 348 руб. либо 1 925 \$. Общая экономия получаемой электроэнергии как для полного года, так и с учетом простоя ветроэнергетической установки на техническом обслуживании (45 дней, 1 080 часов) составила порядка 576 \$ для полного года и 530 \$ с вычетом простоя ВЭУ.

Выводы. 1. Максимальный уровень ветроэнергетического потенциала характерен для Оршанской и Новогрудской возвышенностей.

2. Оптимальное количество ветроэнергетических установок для обеспечения одной АЗС — 2 до 3 ветроэнергетических установок с диаметром ветроколеса 2,8 метра.

3. Использование ветрогенераторов на АЗС является эффективным при существующих средних скоростях ветра на территории Беларуси.

Библиографические ссылки

1. Соляр А. Б. Об эффективности использования ветроэнергетических установок в Самарской области / А. Б. Соляр, С. С. Голубев, К. В. Трубицын. Текст: непосредственный // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки работ студентов, аспирантов и молодых ученых (Екатеринбург, 18–21 декабря 2012 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2012. С. 385-390.

2. Кулаков Г. Т. К вопросу совершенствования показателей эффективности использования топлива в белорусской энергосистеме / Г. Т. Кулаков, А. Т. Кулаков, В. В. Кравченко // Опубликовано в: Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика: науч.-техн. и произв. журн. / учредители: Электроэнергет. совет СНГ [и др.]. 2010, № 1-6. № 2. С. 77-83.

3. Бережкова, Е. С. Изменение скорости ветра на территории Беларуси / Е. С. Бережкова, П. Д. Слесарев // Сб. матер. Уч-ов XIX Большого географического фестиваля, посвященного 220-летию со дня начала первой русской кругосветной экспедиции под руководством И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского (1803-1806 гг.). Санкт-Петербург: Свое издательство, 2023. С. 241-244. ISBN 978-5-4386-2282-6

4. Бережкова Е. С., Лопух П. С. Трендовые риски, связанные с опасными метеорологическими явлениями, в гражданской авиации на территории Беларуси. География; 1. 2023 С. 3-7