



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Кустикова, студентка,

lotos_aleks@mail.ru

Н.Р. Ахмедова, доцент,

isfendi@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье отражены некоторые результаты исследования скоростей ветра и их продолжительности в течение года. Используется двухпараметрический закон распределения Вейбулла-Гудрича, построены дифференциальные и интегральные повторяемости скоростей ветра, экспериментальные и теоретические вероятности распределения скорости ветра. Используя полученные данные, можно оценить выработку электроэнергии от ветроэлектрических установок и возможность их использования в исследуемой местности.

Калининградская область, ветроэнергетический потенциал, скорость ветра

В условиях дефицита топливно-энергетических полезных ископаемых возникает необходимость поиска альтернативных источников электроэнергии. Одним из альтернативных источников электроэнергии является ветер. К основной технологии освоения ветра относится создание ветроэнергетических парков.

Одной из ведущих стран в освоении энергии ветра является Дания, в которой с помощью ветроэлектрических установок (ВЭУ) производится более 40% всего электричества страны.

Несмотря на то, что Россия является одним из крупнейших производителей и поставщиков энергоресурсов, большинство ее наиболее заселенных районов испытывают дефицит топливных ископаемых. К тому же, в России около 22–25 млн человек [1] проживают в зонах децентрализованного энергоснабжения, или в местах с ненадежной системой центрального электроснабжения. Поэтому приоритетным направлением в развитии ветроэнергетики является внедрение автономного энергоснабжения и разработка наиболее экономически выгодных агрегатов для производства электроэнергии.

Опыт европейских стран показывает, что стоимость производства электроэнергии на ветряных электростанциях (ВЭС) составляет 0,04–0,07 евро/кВт·ч [1].

Калининградская область является одним из «благоприятных» районов России, на территории которого создание ВЭС оказалось бы выгодным. К тому же, в районе поселка Куликово Зеленоградского района Калининградской области расположена крупнейшая в России Зеленоградская ВЭУ мощностью 5,1 МВт. Годовая выработка электроэнергии в 2012 г. составила 3,7 млн кВт·ч.

Важнейшим критерием выбора местности для развития ветроэнергетики является ее ветроэнергетический потенциал.

Гидрометеорологические службы регулярно ведут наблюдения за скоростью ветра, а полученные данные являются основой ветрового кадастра.

Ветровой кадастр представляет собой совокупность данных ветрового режима, позволяющую проследить изменения ветра в течение суток, месяца, года и определить ветроэнергетический потенциал конкретной местности, выработку ветроэлектрических установок (ВЭУ) и ветряных электростанций (ВЭС) [2].

Достоверность полученных характеристик зависит от длительности ряда наблюдений. Для обеспечения удовлетворительной точности при оценке статистических характеристик ветра можно ограничиться 10-летним рядом наблюдения.

Основными характеристиками ветрового кадастра являются:

– среднемесячная скорость ветра ($v_{\text{мес}}$); определяется как среднее значение среднесуточных скоростей, в течение 1 месяца [2].

– среднегодовая скорость ветра; определяется как среднее значения среднемесячных скоростей:

$$v_{\text{год}} = \sum_1^{12} v_{\text{мес}}/12, \quad (1)$$

Оценка ветроэнергетического потенциала территории производится на основании ежедневных наблюдений, взятых с сайта GISMETEO [3], за период с 2007 по 2016 гг. по станциям Мамоново и Калининград.

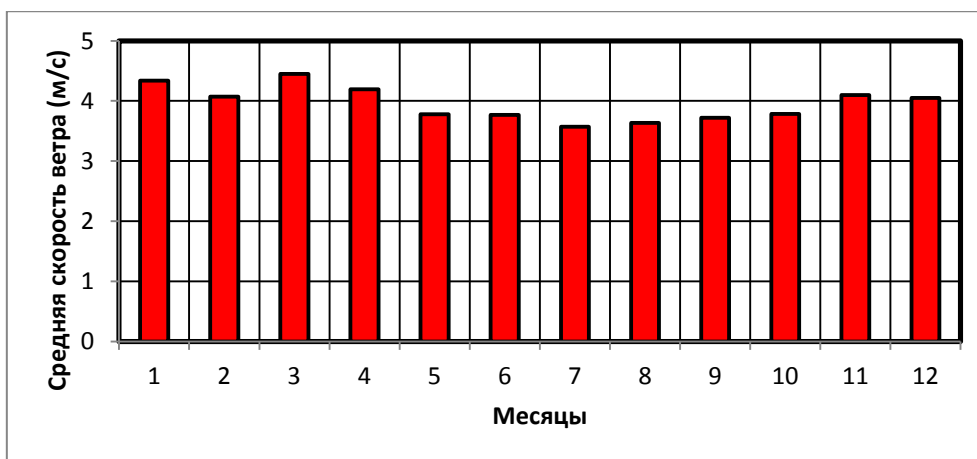


Рис. 1. Годовое распределение скорости ветра по станции Мамоново

Для выбранной местности среднегодовые скорости ветра по станциям Мамоново и Калининград равны 3,95 и 2,4 м/с соответственно. Распределение среднемесячных скоростей представлены на рисунках 1 и 2.

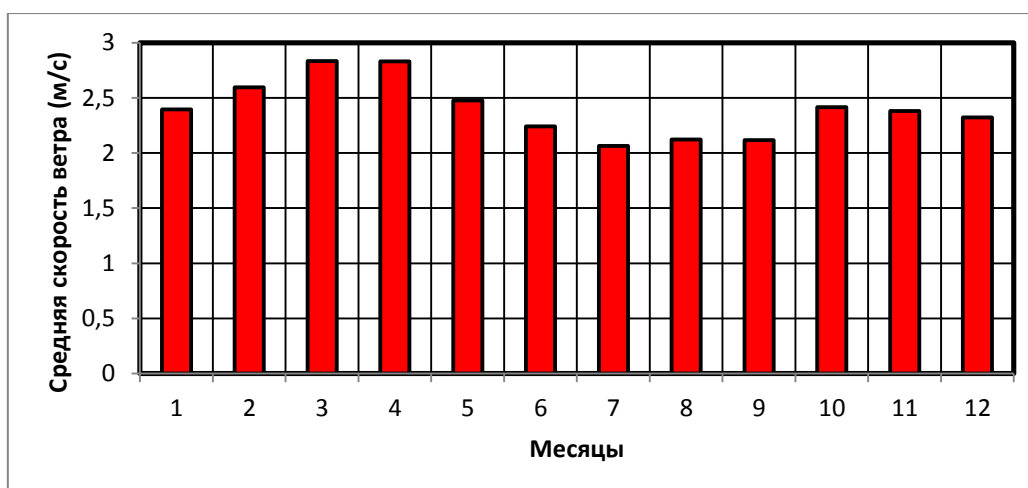


Рис. 2. Годовое распределение скорости ветра по станции Калининград

Статистические данные метеонаблюдений для г. Мамоново Калининградской области показывают, что наивысшая ветровая активность наблюдается с ноября по апрель, средние скорости в эти месяцы превышают 4 м/с (рисунок 1).

Согласно полученным данным по станции Калининград, наивысшая активность ветра проявляется в весенний период, но и тогда средние скорости не превышают 3 м/с (рисунок 2).

Так как средняя скорость не отражает продолжительности ветровой активности, рассматривается продолжительность скорости ветра, то есть вероятность скорости ветра по градациям, представленным на рисунках 3 и 4. Это распределение является вероятностью значений заданных интервалов скорости в % от общего числа случаев за рассматриваемый период времени.

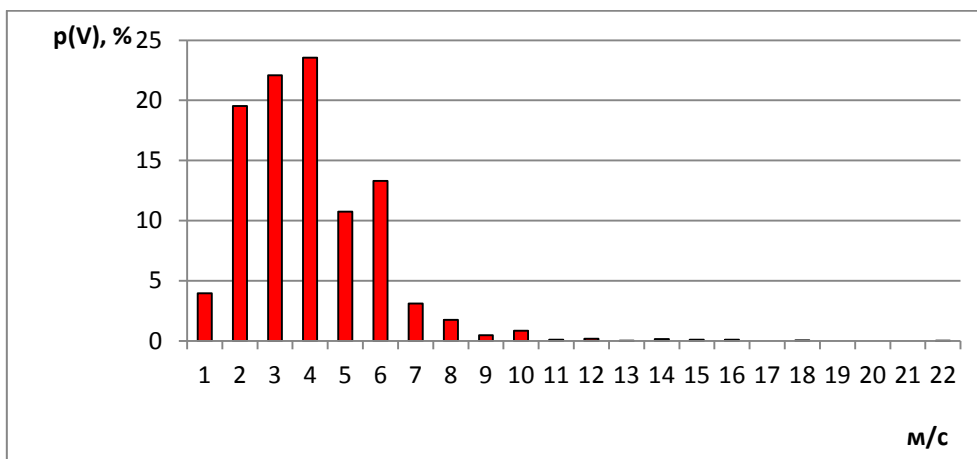


Рис. 3. Гистограмма вероятности скорости ветра по градациям (станция Мамоново)

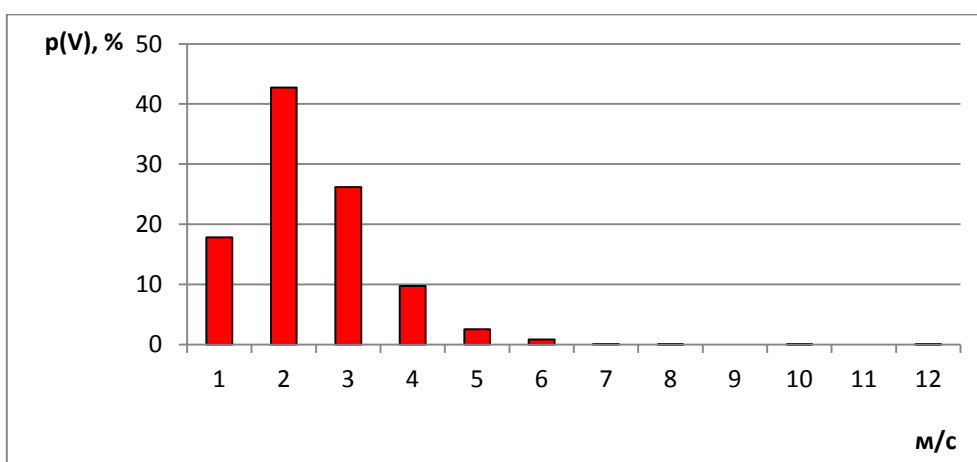


Рис. 4. Гистограмма вероятности скорости ветра по градациям (станция Калининград)

Повторяемость скорости ветра по градациям дает дифференциальную и интегральную зависимости скорости ветра на интервале от 0 до заданного значения.

Несмотря на то, что в климатологической практике для выравнивания скоростей широко использовался гауссовский закон распределения, для исследований был выбран двухпараметрический закон распределения Вейбулла-Гудрича. Данный закон используется для условий равнинной местности и считается наиболее оптимальным, чем закон Гаусса, так как требует для надежной оценки меньший объем выборки.

Двухпараметрический закон распределения Вейбулла-Гудрича имеет вид:

$$F(V > v) = \exp(-v/\beta)^\gamma, \quad (2)$$

где F – функция распределения скорости ветра,

β – параметр масштаба, имеет размерность м/с и близок к значению $1,1 \cdot u_{\text{год}}$,

γ – безразмерный параметр формы распределения, изменяется в пределах от 0,8 до $2 \div 2,5$ [2, 4]. Параметры β и γ связаны между собой через среднее значение скорости ветра:

$$\beta = \frac{v_{\text{год}}}{\Gamma(1+1/\gamma)}, \quad (3)$$

Интегральная повторяемость выражается:

$$F(v) = 1 - \exp[-(v/\beta)^\gamma], \quad (4)$$

Дифференциальная повторяемость выражается:

$$f(v) = \gamma/\beta \cdot (v/\beta)^{\gamma-1} \cdot \exp[-(v/\beta)^\gamma], \quad (5)$$

где $\Gamma(1 + 1/\gamma)$ – гамма функция.

С помощью математического пакета MathCad были построены графики интегральной и дифференциальной повторяемостей, экспериментальной и теоретической вероятностей распределения скорости ветра по двум станциям, представленные на рисунке 5–8.

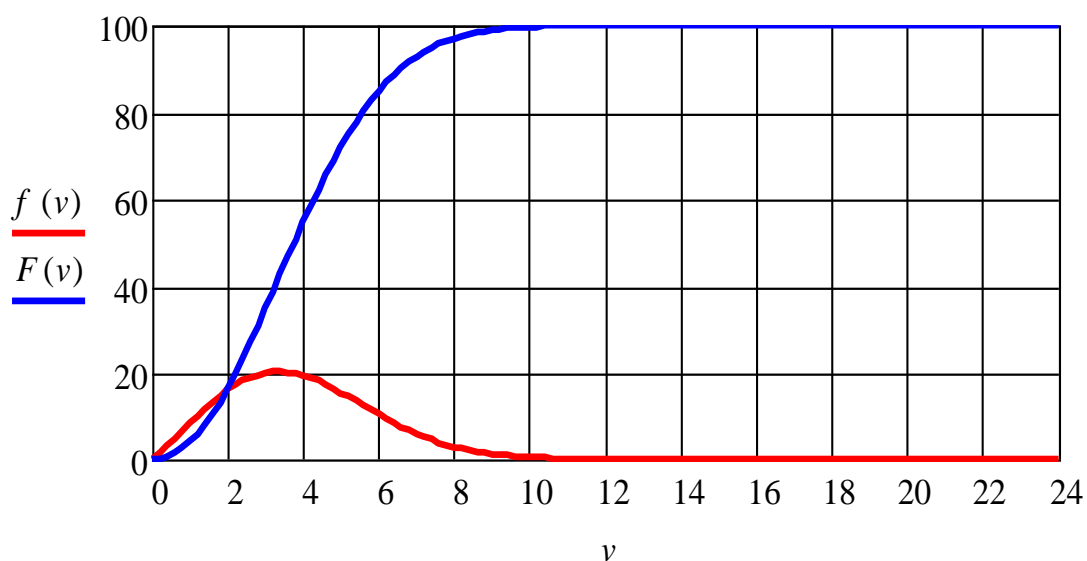


Рис. 5. Интегральная $F(u)$ и дифференциальная $f(u)$ повторяемости в % скорости ветра м/с (станция Мамоново)

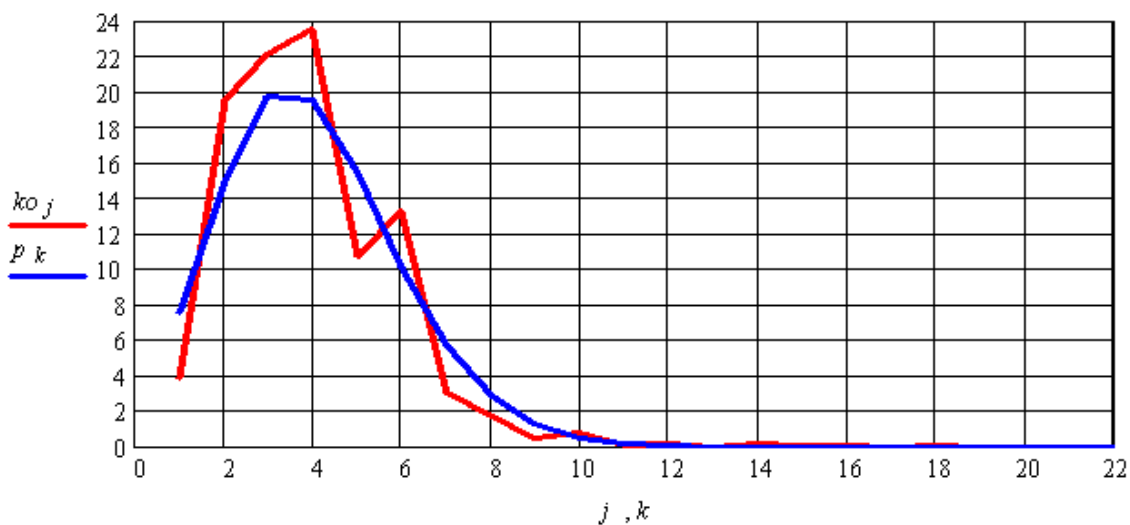


Рис. 6. Экспериментальная ko_j и теоретическая p_k вероятности распределения скорости ветра м/с (станция Мамоново)

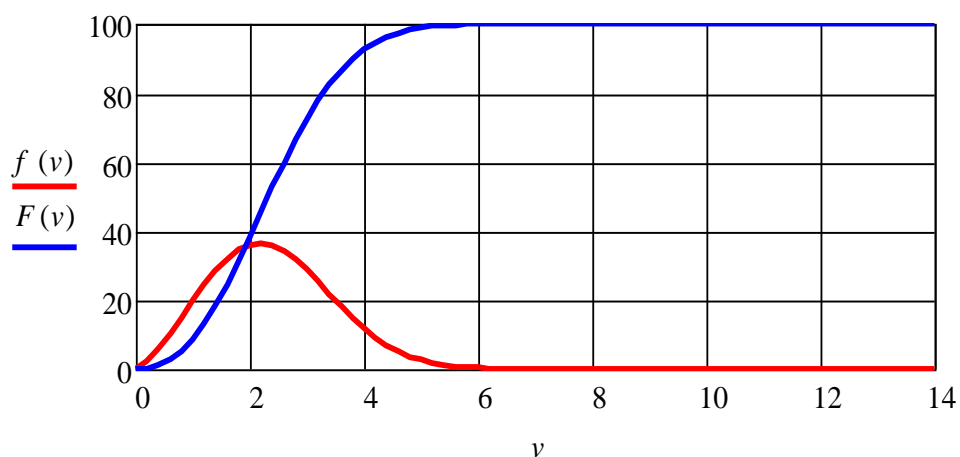


Рис. 7. Интегральная $F(u)$ и дифференциальная $f(u)$ повторяемости в % скорости ветра м/с (станция Калининград)

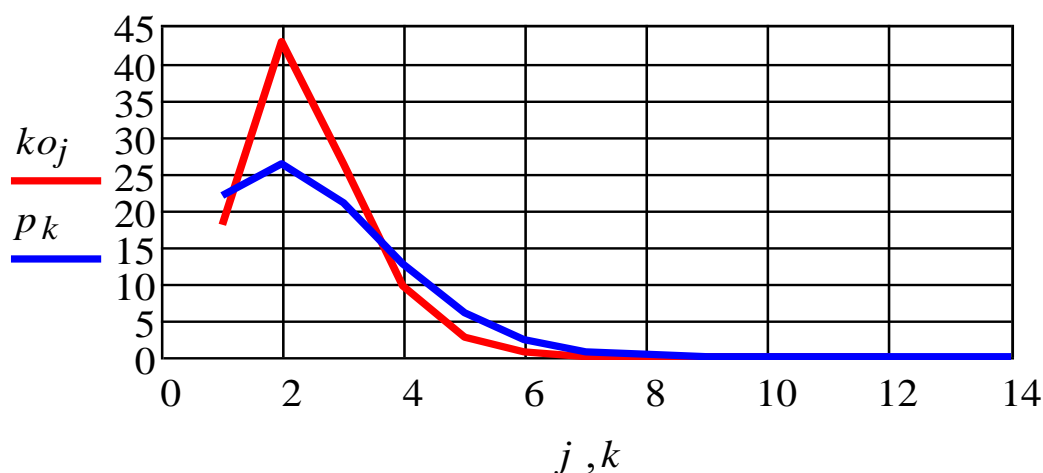


Рис. 8. Экспериментальная ko_j и теоретическая p_k вероятности распределения скорости ветра м/с (станция Калининград)

Таким образом, была подтверждена целесообразность применения двухпараметрического закона распределения Вейбулла-Гудрича при расчете ветроэнергетических ресурсов территории. Также определив функцию распределения по месяцам, продолжительность скорости ветра и аналитическую функцию зависимости мощности ВЭУ от скорости ветра в исследуемых районах, можно рассчитать ожидаемую выработку электроэнергии в течении года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возобновляемая энергия в России: от возможности к реальности / Е. Дураева [и др.] – Москва: Международное энергетическое агентство, 2004. – 120 с.
2. Елистратов, В.В. Теоретические основы нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Ч. 1. Определение ветроэнергетических ресурсов региона: методические указания / В.В. Елистратов, М.В. Кузнецов. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 55 с.
3. GISMETEO.RU: Gismeteo. Дневник: Дневник погоды в Мамоново за январь 2007 г. Архив погоды за январь 2007 г. по г. Мамоново, Россия, [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/4227/2007/1/>. – (Дата обращения 5.02.2017).

4. Рыхлов, А.Б. Анализ применения различных законов распределения для выравнивания скоростей ветра на юго-востоке европейской территории России / А.Б. Рыхлов // Известия Саратовского университета. – 2010. – №2. – С. 25–30.

DETERMINATION OF VETROENERGETHIC POTENTIAL
FOR THE SOUTHWESTERN PART OF THE KALININGRAD REGION

A.A. Kustikova, student,
lotos_aleks@mail.ru
N.R. Akhmedova, assistant professor,
isfendi@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

The article reflects some results of the study of wind speeds and their duration throughout the year. The two-parameter Weibull-Goodrich distribution law is used, differential and integral wind speed recurrences, experimental and theoretical wind speed distribution probabilities are constructed. Using the obtained data it is possible to estimate the generation of electricity from wind power plants and the possibility of their use in the investigated area.

Kaliningrad region, wind energy potential, wind speed