

**Беспалов Вадим Игоревич**

**Vadim I. BESPALOV**

Ростовский государственный строительный университет

Rostovskiy state building university.

Доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Инженерная защита окружающей среды»

Ростовского государственного строительного университета.

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Head of Department of Environmental Engineering,

Rostov State University of Civil Engineering.

**Ганичева Любовь Захаровна**

**GANICHEVA Lubov Zaharovna**

Ростовский государственный строительный университет

Rostovskiy state building university.

Кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды»

Ростовского государственного строительного университета.

candidate геолого-mineral sciences,

assistant professor of the pulpit engineering protection of environment

Rostov State University of Civil Engineering.

E-Mail: izos-rgsu@mail.ru

## **Методические основы выбора ветроэнергетических установок для автономного электроснабжения жилых объектов**

The main steps of the method of choice for wind turbines autonomous power house

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные этапы методики выбора ветроустановки для автономного электроснабжения жилого дома на основе эксплуатационных параметров, а также эффективности и экономичности ветроэнергостановок.

**The Abstract:** The article deals with the main steps of the method of choice for wind turbines autonomous power house by using their main operating parameters, the efficiency and the economy.

**Ключевые слова:** ветроэнергетические установки, ветроколесо, энергия ветра, ветрогенератор, автономное электроснабжение, эксплуатационные параметры, воздушный поток.

**Keywords:** wind power plants, wind wheel, wind energy, wind generator, autonomous power supply, operating parameters, the air flow.

\*\*\*

Известно, что энергию ветра можно использовать для водо-, тепло- и электроснабжения автономных объектов, удаленных от централизованных систем водо- и энергоснабжения, а также в ветроэнергетически активных зданиях, расположенных в районах городской застройки.

Использование ветродвигателей представляет также значительный практический интерес для фермерских хозяйств, сельских жилых домов и т.п. Использование энергии ветра позволяет решить многие задачи, связанные с обеспечением энергетической автономности перечисленных объектов и, следовательно, энергетической независимости от централизованных систем, в частности, электроснабжения жилых объектов [1].

Кроме того, использование ветровой энергии обеспечивает относительную экологическую безопасность (сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, снижение уровня теплового и электромагнитного воздействия на окружающую среду, отсутствие угрозы радиоактивного загрязнения) [2].

Однако ветроэнергетические установки (ВЭУ) также обладают и рядом недостатков, объясняющих сравнительно медленное их внедрение в практику, в частности:

- ветровой поток характеризуется значительными мгновенными колебаниями вектора скорости;
- средние значения скорости ветра значительно изменяются в суточном и годовом циклах.

Перечисленные факторы обуславливают необходимость аккумулирования производимой энергии в периоды оптимальных ветровых нагрузок и ее использование в периоды пикового потребления.

Анализ возможности применения ВЭУ для целей электроснабжения на территории России доказывает их потенциальную энергетическую эффективность и экономическую целесообразность по сравнению с традиционными источниками электроснабжения.

Многообразие конструктивных и технологических вариантов ВЭУ, а также анализ существующих подходов к их расчету и проектированию позволяет заключить, что в настоящее время, во-первых, практически отсутствует достаточно объективная методика выбора оптимальных конструкции и технологии преобразования ветровой энергии в электрическую, во-вторых, разработка такой методики должна базироваться на эффективности и экономичности ВЭУ как основных критериях оптимизации.

Предлагаемая нами методика выбора оптимальных конструкции и технологии ВЭУ для автономного электроснабжения жилого объекта включает следующие основные этапы реализации [1]:

1. Формирование блока исходных данных для объекта электроснабжения:

1.1. Формирование блока географических и климатических исходных данных на основе определения географического положения объекта электроснабжения и анализа климатических условий местности (район расположения объекта, его географические координаты, рельеф местности, среднегодовая скорость и преобладающее направление ветра).

1.2. Формирование блока архитектурно-строительных исходных данных на основе описания вида собственности, этажности, числа жителей, фактической удельной жилищной площадью, м<sup>2</sup>/чел., длины, ширины, площади объекта в целом и его помещений, виды и характеристики используемых электроприборов и оборудования.

2. Расчёт потребности в электроэнергии объекта электроснабжения, включающий:

2.1. Расчёт потребности в электроэнергии на освещение помещений и объекта в целом  $E_{осв}$  в расчете на  $n$  жителей по формуле:

$$E_{осв} = \frac{\mathcal{E}_{осв.год}}{(7 \cdot 365)} \cdot n, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где: 7 – среднее количество часов использования освещения в течение дня, ч; 365 – среднее количество дней в году, дн.  $\mathcal{E}_{осв.год}$  – годовой расход электроэнергии на освещение в расчете на 1 жителя, кВт·ч/чел., определяемый по формуле:

$$\mathcal{E}_{осв.год} = F_{жн} \cdot W_{уст.осв} \cdot h \cdot h_{max} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт·ч/чел}, \quad (2)$$

где:  $F_{жн}$  – фактическая удельная жилищная площадь, м<sup>2</sup>/чел.;  $W_{уст.осн}$  – установленная мощность источников света единицу общей площади, Вт/м<sup>2</sup>;  $h$  – коэффициент одновременно-го включения осветительных приборов;  $h_{max}$  – среднее количество часов использования максимальной мощности в году, ч/год.

2.2. Расчёт потребности в электроэнергии на стирку и глажение белья  $E_{ксс}$  в расчете на  $n$  жителей по формуле:

$$E_{ксс} = \frac{\mathcal{E}_{ксс.год}}{(52 \cdot 2 \cdot 3)} \cdot n, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где:  $\mathcal{E}_{ксс.год}$  – годовой расход электроэнергии на кипячение, стирку, глажение белья в расчете на 1 человека, кВт·ч/чел.; 52 – среднее количество дней в году расхода электроэнергии на стирку и глажение белья в расчете на  $n$  жителей; 2 – среднее количество дней в неделю расхода электроэнергии на стирку и глажение белья в расчете на  $n$  жителей; 3 – среднее количество часов в день расхода электроэнергии на стирку и глажение белья в расчете на  $n$  жителей.

2.3. Расчёт потребности в электроэнергии на приготовление пищи  $E_{эп}$  в расчете на  $n$  жителей по формуле:

$$E_{эп} = \frac{\mathcal{E}_{эп.год}}{(365)} \cdot n, \text{ кВт}, \quad (4)$$

где:  $\mathcal{E}_{эп.год}$  – годовой расход электроэнергии на приготовление пищи в расчете на 1 человека, кВт·ч/чел.

2.4. Расчёт потребности в электроэнергии для использования холодильника, морозильника  $E_{хм}$  по формуле:

$$E_{хм} = \frac{\mathcal{E}_{хм.год}}{(4 \cdot 339)}, \text{ кВт}, \quad (5)$$

где:  $\mathcal{E}_{хм.год}$  – годовой расход электроэнергии при использовании холодильника, морозильника в расчете на  $n$  жителей, кВт·ч; 4 – среднее количество часов в день расхода электроэнергии на работу холодильника, морозильника; 339 – среднее количество дней в году расхода электроэнергии на пользование холодильником, морозильником.

2.5. Расчёт потребности в электроэнергии для использования телевизора, видеоманитона, компьютера  $E_{твк}$  по формуле:

$$E_{твк} = \frac{\mathcal{E}_{твк.год}}{(4 \cdot 313)}, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где:  $\mathcal{E}_{твк.год}$  – годовой расход электроэнергии при использовании телевизора, видеоманитона, компьютера в расчете на  $n$  жителей, кВт·ч; 4 – среднее количество часов в день

расхода электроэнергии на работу телевизора, видеомэагнитофона, компьютера; 313 – среднее количество дней в году расхода электроэнергии на пользование телевизором, видеомэагнитофоном, компьютером.

2.6. Расчёт потребности в электроэнергии для использования радиоприемника, магнитофона  $E_{рм}$  по формуле:

$$E_{рм} = \frac{\mathcal{E}_{рм.год}}{(2 \cdot 365)}, \text{ кВт}, \quad (7)$$

где:  $\mathcal{E}_{рм.год}$  – годовой расход электроэнергии при использовании радиоприемника, магнитофона в расчете на  $n$  жителей, кВт·ч; 2 – среднее количество часов в день расхода электроэнергии при использовании радиоприемника, магнитофона.

2.7. Расчёт потребности в электроэнергии для использования пылесоса, полотера  $E_{пп}$  по формуле:

$$E_{пп} = \frac{\mathcal{E}_{пп.год}}{(2 \cdot 52 \cdot 2)}, \text{ кВт}, \quad (8)$$

где:  $\mathcal{E}_{пп.год}$  – годовой расход электроэнергии при использовании пылесоса, полотера в расчете на  $n$  жителей, кВт·ч; 2 – среднее количество дней в неделю расхода электроэнергии при использовании пылесоса, полотера; 52 – среднее количество дней в году расхода электроэнергии при использовании пылесоса, полотера; 2 – среднее количество часов в день расхода электроэнергии при использовании пылесоса, полотера.

2.8. Расчёт потребности в электроэнергии для использования швейной машины  $E_{шм}$  по формуле:

$$E_{шм} = \frac{\mathcal{E}_{шм.год}}{52}, \text{ кВт}, \quad (9)$$

где  $\mathcal{E}_{шм.год}$  – годовой расход электроэнергии при использовании швейной машины в расчете на  $n$  жителей, кВт·ч; 52 – среднее количество дней в году расхода электроэнергии при использовании швейной машины.

2.9. Расчёт потребности в электроэнергии для использования мелких бытовых приборов  $E_{мбп}$  по формуле:

$$E_{мбп} = \frac{\mathcal{E}_{мбп.год}}{365}, \text{ кВт}, \quad (10)$$

где  $\mathcal{E}_{мбп.год}$  – годовой расход электроэнергии при использовании мелких бытовых приборов в расчете на  $n$  жителей, кВт·ч.

2.10. Расчёт потребности в электроэнергии  $E_{кон}$  на кондиционирование воздуха в расчете на  $n$  жителей по формуле:

$$E_{кон} = 0,44 \cdot n, \text{ кВт}. \quad (11)$$

2.11. Расчет суммарной потребности в электроэнергии  $E$  для электроснабжения жилого объекта по формуле:

$$E_{потр} = E_{осв} + E_{кс} + E_{эп} + E_{хм} + E_{твк} + E_{рм} + E_{пп} + E_{шм} + E_{мбп} + E_{кон}, \text{ кВт}. \quad (12)$$

3. Выбор конструктивных вариантов ВЭУ, энергетическая мощность  $E_{вэу}$  которых удовлетворяет условию:

$$E_{вэу} \geq E_{потр} . \quad (13)$$

4. Для каждого варианта ВЭУ, выбранного по п.3, расчёт основных технических и энергетических параметров, включающий определение:

4.1. Кинетической энергии воздушного (ветрового) потока в единицу времени, определяемой по формуле:

$$K=m/V^2, \text{ Вт} , \quad (14)$$

где:  $V$  – скорость ветра, м/с;  $m$  – массовый расход воздуха, кг/с, определяемый по формуле:

$$m=\rho VS, \text{ кг/с} , \quad (15)$$

где:  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $S$  – площадь, охватываемая вращающимся ветроколесом, м<sup>2</sup>, определяемая по формулам:

- для аксиальных ветродвигателей:

$$S = \frac{1}{4} \pi D^2 , \text{ м}^2 ; \quad (16)$$

- для ортогональных ветродвигателей:

$$S=DH, \text{ м}^2 , \quad (17)$$

где:  $D$  – диаметр аксиального или ортогонального ветроколеса, м<sup>2</sup>;  $H$  – высота ортогонального ветроколеса, м.

4.2. Мощности ветрового потока:

$$P=\rho V^3 S/2, \text{ Вт} . \quad (18)$$

4.3. Коэффициента использования мощности:

$$C_p=P_{вк}/P. \quad (19)$$

4.4. Коэффициента момента окружных сил:

$$C_M=2M/qFD, \quad (20)$$

где:  $P_{вк}$  - мощность потока, использованная ветроколесом в процессе его вращательного движения, Вт;  $M$  – момент, создаваемый окружной силой, Нм;  $q$  – скоростной напор, определяемый по формуле:

$$q=\rho V^2/2, \text{ Н/м}^2 . \quad (21)$$

4.5. Коэффициента быстроходности:

$$Z= \omega R/V, \quad (22)$$

где:  $\omega$  – угловая скорость на внешней стороне ветроколеса.

5. Выбор оптимальной по конструкции и технологии ВЭУ для автономного электрообеспечения жилого объекта на основе:

- сопоставления технических и энергетических параметров ВЭУ между собой при соблюдении условия:

$$P_{\text{вэу}} / P \rightarrow 1, \quad (23)$$

где:  $P_{\text{вэу}}$  – номинальная мощность ВЭУ, кВт;

- минимальных капитальных затрат и эксплуатационных расходов;
- минимального срока окупаемости;
- простоты конструкции и управления ВЭУ.

## ЛИТЕРАТУРА

Беспалов В.И., Ганичева Л.З. Технология использования возобновляемых видов энергии. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГСУ, 2012. – 169 с.

1. Шишкин Н.Д. Малые энергоэкономичные комплексы с возобновляемыми источниками энергии. – М., Готика, 2000. – 220 с.