

## **ОСОБЕННОСТИ ДВУХРОТОРНЫХ ВЕТРОУСТАНОВОК И МЕСТА ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА**

**Кайдар Аргын Бауыржанулы,**

*главный менеджер, м. т. и т., АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», Шу,*

*e-mail: [argin\\_intel@mail.ru](mailto:argin_intel@mail.ru)*

**Марковский Вадим Павлович,**

*заведующий кафедрой, кандидат технических наук,*

*Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, Павлодар,*

*e-mail: [wadim54@mail.ru](mailto:wadim54@mail.ru)*

**Кислов Александр Петрович,**

*декан энергетического факультета, кандидат технических наук,*

*Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, Павлодар,*

*e-mail: [kislovpsu@mail.ru](mailto:kislovpsu@mail.ru)*

**Шапкенов Бауыржан Кайдарович,**

*профессор, кандидат технических наук, Павлодарский государственный*

*университет имени С.Торайгырова, Павлодар, e-mail: [argin\\_intel@mail.ru](mailto:argin_intel@mail.ru)*

**Кайдар Мадина Бауыржанкызы,**

*менеджер, АО «КазТрансГаз», Астана, e-mail: [m.kaidar@amangeldygas.kz](mailto:m.kaidar@amangeldygas.kz)*

## **FEATURES DOUBLE-ROTOR WIND TURBINES AND THEIR LOCATION ON THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN**

**Kaidar Argyn Bauyrzhanuly,**

*Sen. manager, m. of eng. and tech., JSC «MC SEZ HimPark Taraz», Shu,*

*e-mail: [argin\\_intel@mail.ru](mailto:argin_intel@mail.ru)*

**Markowsky Vadim Pavlovich,**

*Head of Department of Electricity, C.t.s., S.Toraigyrov Pavlodar State University,*

*Pavlodar, e-mail: [wadim54@mail.ru](mailto:wadim54@mail.ru)*

**Kislov Aleksandr Petrovich,**

*Dean of the Faculty of Energy, C.t.s., S.Toraigyrov Pavlodar State University,*

*Pavlodar, e-mail: [kislovpsu@mail.ru](mailto:kislovpsu@mail.ru)*

**Shapkenov Bauyrzhan Kaydarovich,**

*Professor, C.t.s., S.Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar,*

*e-mail: [argin\\_intel@mail.ru](mailto:argin_intel@mail.ru)*

**Kaidar Madina Bauyrzhankyzy,**

*Manager, JSC «KazTransGas», Astana, e-mail: [m.kaidar@amangeldygas.kz](mailto:m.kaidar@amangeldygas.kz)*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности двухроторных ветроустановок и места их расположения на территории Казахстана.

**Abstract.** The features of two-rotor wind turbines and their location on the territory of Kazakhstan.

**Ключевые слова.** Ветроустановки, ротор, ветроколесо, ветровой поток.

**Keywords.** Wind turbines, rotor, wind wheel, wind flow.

Большинство горизонтальных ветроустановок (ВЭУ) являются однороторными, обеспечивающие простоту, надежность и долговечность работы. Тем не менее, существуют физические ограничения на количество энергии, которое может быть использовано из воздушного потока с помощью однороторной ветровой установки. Основным недостатком ВЭУ с горизонтально-осевым ветродвигателем является то, что они начинают производительно работать при скоростях ветра больше 6 м/с, что

ограничивает область их использования, т.к. во многих районах отсутствуют постоянно действующие сильные ветровые потоки.

Японская ветроустановка с линзовыми концентраторами (диффузором) ветрового потока превзошла атомные станции по дешевизне производства электричества. Например, при диаметре турбины 3 м (площадь сечения  $S = 7\text{ м}^2$ ) и скорости ветра  $W = 8\text{ м/с}$  ветер несет энергии 21 кВт/ч в створ турбины.

Одной из наиболее перспективных задач в малой ветроэнергетике является создание ветроэнергетических установок с двумя ветроколесами, вращающимися в противоположные стороны. В этом случае достигается увеличение генерации мощности от определенного ветрового потока одним генератором. Это решение позволяет утилизировать не только минимальные скорости ветра, улучшить пусковые характеристики агрегата, но и повысить эффективность работы ВЭУ.

Для выбора оптимальных параметров ветроустановки необходимо провести оценку ветроэнергоресурсов на территории РК. При оценке энергетических характеристик ветра принято воспользоваться Ветровым атласом Казахстана.

Для обоснования технических параметров ВЭУ для автономных систем необходимо определить ветропотенциал, приходящийся на единицу площади поперечного сечения ветроколеса (ВК). По полученным данным для групп метеостанций со среднегодовыми скоростями ветра 2 м/с, 3 м/с, 4 м/с, 5 м/с построены зависимости повторяемости скорости ветра и распределения годовой удельной энергии ветра, организован расчет удельного валового ветропотенциала  $W_{\text{вэ}}$  на единицу площади ветроколеса за период времени  $t$ , для условной установки с диаметром 1 м и определены значения установленной рабочей скорости ветра  $V_p$  из условия:

$$W_{\text{вэ}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot t \cdot V^3 f(V) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – скорость ветра, м/с;

$f(V)$  – функция распределения скоростей ветра.

С учетом полученных зависимостей функции распределения составлены и решены уравнения для определения значения  $V_p$  по значению среднегодовой скорости ветра  $V_r$ . После обработки данных в СУБД получена зависимость для определения оптимальной рабочей скорости ВК по значению  $V_r$  (квадрат смешанной корреляции  $R^2 = 0,866$ ):

$$V_p = -0,2471V_r^2 + 3,752V_r - 1,498, \text{ м/с}. \quad (2)$$

Для полученных значений расчетной скорости ветра проведен расчет кинетической энергии воздуха  $N_{\text{вк}}$ , проходящего в единицу времени через поперечное сечение ВК, и годовой удельной выработки энергии ветра  $W_{\text{вр}}$ :

$$N_{\text{вк}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^3, \text{ Вт}, \quad (3)$$

$$W_{\text{вр}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot \sum_{V_i=0}^{V_i=V_p} V_i^3 \cdot t_{V_i}, \text{ Вт} \cdot \text{ час}, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь ВК, м<sup>2</sup>;

$t_{V_i}$  – время действия скорости ветра  $V_i$ , час.

В результате этого выделены 5 типов местности по значению среднегодовой скорости ветра, для которых определены оптимальные значения расчетной скорости ветра, пределы изменения поступления кинетической энергии и удельный ветропотенциал в год на единицу площади ВК (таблица 1).

Подсистема ВЭУ состоит из следующих элементов: ветроколесо (ВК), мачта (М), привод (Пр), генератор с контрвращением (Г), преобразователь тока или инвертор (И), контроллер (К) [1] (рисунок 1).

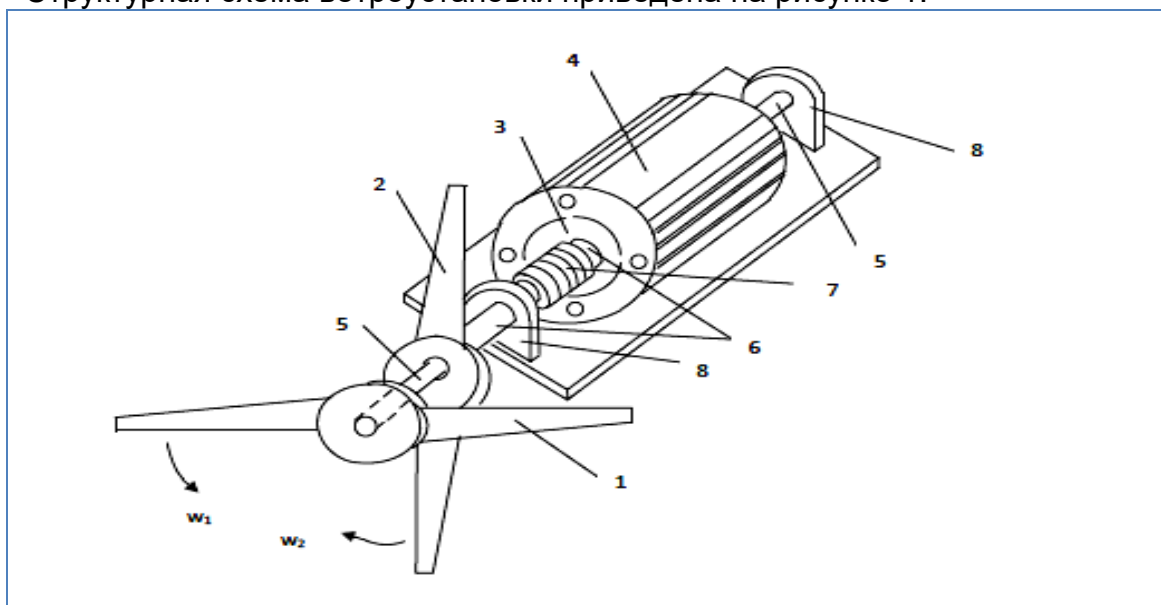
При выборе параметров ВЭУ учитываются ограничения:

$$\begin{cases} N_H \geq (2,5 \div 5) N_{\text{потр. макс}}; \\ W_{\text{сут}} \geq W_{\text{потр. сут}}; \\ h_H \geq \frac{D}{2} + 4,5. \end{cases} \quad (5)$$

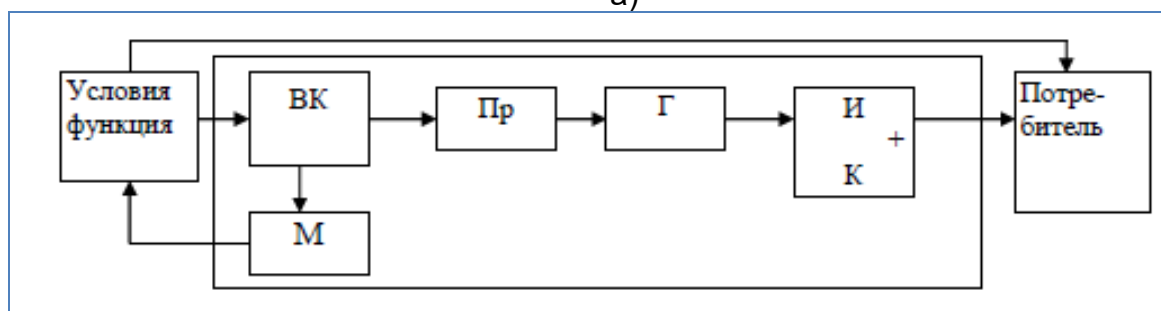
Таблица 1 – Показатели ветропотенциала на территории РК по пяти характерным типам местности [2, 3]

Тип	$V_{\text{Г}}$ , м/с	$V_{\text{Пр}}$ , м/с	$N_{\text{ВК}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	$W_{\text{УГ}}$ , кВт·час в год /м <sup>2</sup>
1	<2	5	70	<115
2	2-3	5-7,5	70-250	115-330
3	3-4	8-9,5	250-500	330-700
4	4-5	10-11	500-800	700-1200
5	>5	>11	>800	>1200

Структурная схема ветроустановки приведена на рисунке 1.



а)



б)

Рисунок 1- Ветроустановка с встречно вращающимися ветроколесами на генераторе Г (а) и структурная схема ветроэнергетической установки (б)

где  $N_H$  – номинальная мощность автономной ВЭУ, кВт;

$N_{\text{потр max}}$  – пиковое значение мощности из графика нагрузки, кВт;

$W_{\text{сут}}$  – суточная выработка установки, кВт·ч;

$W_{\text{потр сут}}$  – суточная потребность в электроэнергии, кВт·ч;

$h_m$  – высота мачты, м;

$D$  – диаметр ВК, м.

К 4-5 типам можно отнести север Казахстана (Костанай, Кокшетау, Петропавл, Астана, Павлодар), прикаспийскую низменность у Мангыстау и участок между Кызылордой и Шымкентом [2].

Для увеличения количества вырабатываемой ВЭУ энергии, можно предпринять следующие шаги: увеличить коэффициент использования энергии ветра ( $\xi$ ) за счет улучшения аэродинамических характеристик ВК; увеличить к.п.д. генератора ( $\eta_g$ ); увеличить к.п.д. привода ( $\eta_{\text{пр}}$ ); согласовать скоростные и моментные характеристики ВК, генератора и привода для работы в оптимальном диапазоне рабочих скоростей ( $V_0, V_p, V_{\text{max}}$ ) для данной местности.

Для согласованной работы ВК, привода, генератора необходимо определить требуемые значения механической мощности на валу ( $N_{\text{ВК}}$ ) и частоты вращения ВК ( $n_{\text{ВК}}$ ):

$$N_{\text{ВК}} = \frac{N_{\text{пр}}}{\eta_{\text{пр}}} = \frac{N_{\text{г ном}}}{\eta_{\text{г ном}} \cdot \eta_{\text{пр}}}; \quad (2.6)$$

$$n_{\text{ВК}} = \frac{n_{\text{г ном}}}{i_{\text{пр}}}; \quad (2.7)$$

где  $N_{\text{пр}}$  – мощность привода, кВт;

$i_{\text{пр}}$  – передаточное отношение привода.

Механическая мощность на валу ВК при расчетной скорости ветра:

$$N_{\text{ВК}} = 0,000481\xi D^2 v_p^3. \quad (2.8)$$

### Выводы.

Горизонтальные ветроустановки пропеллерного типа сравнительно просты и надежны в эксплуатации. Их главным недостатком является низкая эффективность при низких скоростях ветра.

Создание ветроустановок со встречным вращением ветроколес позволяет увеличить производительность верогенератора и обеспечивает достижение паспортной мощности при более низких скоростях (до двух раз), улучшает пусковые характеристики.

### Список использованных источников

1. Пат. № 31254 РК. F 03 D 7/00. Ветрогенератор со встречно вращающимися ветроколесами / Шапкенов Б.К., Кайдар А.Б. 19.06.16, бюл. № 6.
2. Шапкенов Б.К. Ветросолнечные электрические станции / Шапкенов Б.К., Кайдар А.Б. // Учеб. пособие. – Кереку, 2016. – С. 168, ISBN 978-601-238-641-7.
3. Кайдар А.Б. Энергоэффективные ветрогенераторы с улучшенными энергетическими показателями / Кайдар А.Б., Шапкенов Б.К., Кислов А.П., Марковский В.П., Жумадилова А.К., Шахман Е.Т. Сборник Международной научно-практической конференции «VIII Торайгыровские чтения. Качество жизни в Павлодарской области. Состояние и перспективы», посвященной 55-летию Павлодарского государственного университета имени С.Торайгырова. – Павлодар: 2015 г., т. 5, с. 293-298. ISBN 978-601-238-552-6.