



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2011114063/06**, 11.04.2011(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**11.04.2011**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **11.04.2011**(45) Опубликовано: **10.10.2012** Бюл. № **28**(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2359151**, 20.06.2009. **SU 1469204**, 30.03.1989. **SU 27618 A1**, 31.08.1932. **MD 2994 B1**, 28.02.2006. **US 4086026 A**, 25.04.1978.

Адрес для переписки:

**620017, г.Екатеринбург, ул. Лобкова, 2,  
ООО "НТЦ "Кардэя", В.И. Якимову**

(72) Автор(ы):

**Якимов Вадим Иванович (RU),  
Якимов Александр Иванович (RU),  
Якимов Юрий Александрович (RU),  
Якимов Иван Тимофеевич (RU)**

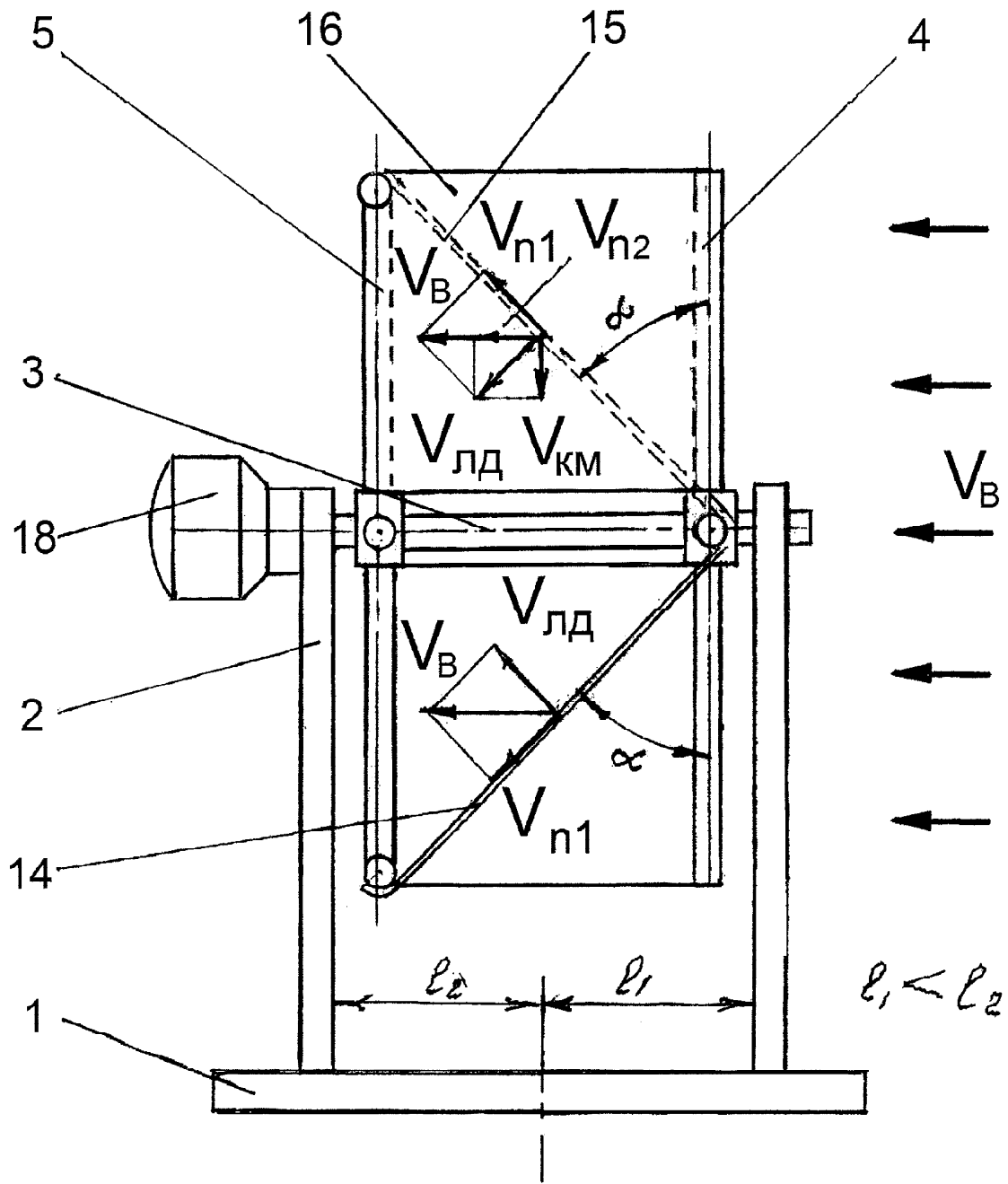
(73) Патентообладатель(и):

**Якимов Вадим Иванович (RU)****(54) КРЫЛЬЧАТО-ПАРУСНАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к ветроэнергетике, а именно к ветроустановкам малой и средней мощности. Крыльчато-парусная ветроэнергетическая установка содержит поворотную платформу, несущую стойки, на которых установлено с возможностью свободного вращения крыльчато-парусное ветроколесо в виде вала, на концах которого установлены передний и задний махи, несущие жестко закрепленные на них лопасти. Передний мах, обращенный навстречу ветру, выполнен в виде трубчатого креста, противоположный ему задний мах выполнен в виде квадратной трубчатой рамки, ребра

которой жестко и перпендикулярно закреплены средней частью на свободных концах трубчатого креста, идентичного переднему кресту. Лопасти выполнены в виде прямоугольных пластин из тонколистового или тканевого материала и жестко закреплены одной из граней на трубках переднего маха и противоположной гранью - на соответствующих половинах внешних ребер рамки заднего маха, параллельных трубкам переднего маха. Изобретение при простоте и технологичности обеспечивает снижение габаритов ветроколеса, что позволяет устанавливать его на крышах жилых и производственных зданий. 2 ил.



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F03D 1/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2011114063/06, 11.04.2011

(24) Effective date for property rights:  
11.04.2011

Priority:

(22) Date of filing: 11.04.2011

(45) Date of publication: 10.10.2012 Bull. 28

Mail address:

620017, g.Ekaterinburg, ul. Lobkova, 2, OOO  
"NTT's "Kardejja", V.I. Jakimovu

(72) Inventor(s):

**Jakimov Vadim Ivanovich (RU),  
Jakimov Aleksandr Ivanovich (RU),  
Jakimov Jurij Aleksandrovich (RU),  
Jakimov Ivan Timofeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Jakimov Vadim Ivanovich (RU)**

(54) **VANE-SAIL WIND POWER PLANT**

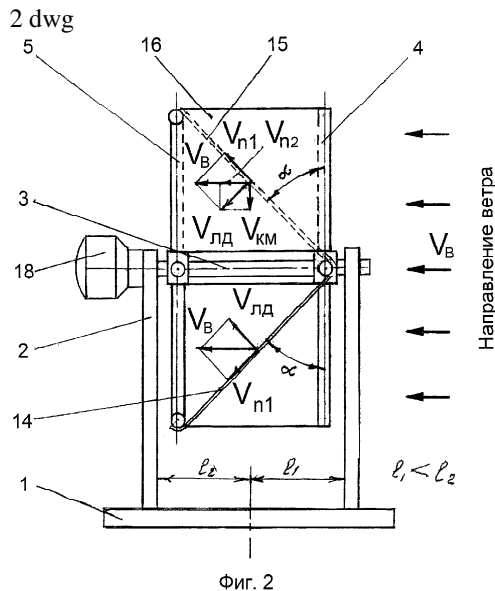
(57) Abstract:

FIELD: power engineering.

SUBSTANCE: vane-sail wind power plant comprises a rotary platform, which carries stands, where a vane-sail windwheel is installed as capable of free rotation in the form of a shaft, at the ends of which there are front and rear swings installed, which carry blades rigidly fixed on them. The front swing facing wind is arranged in the form of a tubular cross, the opposite rear swing is arranged in the form of a square tubular frame, ribs of which are rigidly and perpendicularly fixed with the middle part at the free ends of the tubular cross identical to the front cross. Blades are arranged in the form of rectangular plates from a thin-sheet or fabric material and are rigidly fixed by one of faces on tubes of the front swing and by the opposite face - on appropriate halves of external ribs of the rear swing frame, parallel to tubes of the front swing.

EFFECT: invention with simplicity and manufacturability provides for reduction of

windwheel dimensions, which makes it possible to install it on roofs of residential and industrial buildings.



RU 2 4 6 3 4 7 3 C 1

RU 2 4 6 3 4 7 3 C 1

Изобретение относится к ветроэнергетике, а именно к устройству ветроколес ветроэнергетических установок (ВЭУ) малой и средней мощности, в том числе для установки на крышах жилых домов и зданий производственного назначения.

Известна ветроэнергетическая установка, ветроколесо которой выполнено в виде крыльчатки с тремя или четырьмя лопастями [1], (стр.111 и 127), жестко закрепленными на одном из концов силового вала, другой конец которого связан с исполнительным механизмом, например посредством упругой муфты.

Такое конструктивное исполнение известного технического решения обеспечивает простоту конструкции крыльчатого ветроколеса и высокие обороты силового вала, что при качественной его балансировке позволяет снизить до минимума уровень вибрации и обеспечить возможность установки ВЭУ на крышах производственных зданий, но на крышах жилых домов их установка не проходит по уровню шума, создаваемого при рассекании частей воздушного потока в межлопастном пространстве.

Но не менее существенным недостатком ВЭУ с крыльчатыми ветроколесами является крайне низкий коэффициент использования ими энергии ветра. Поскольку в настоящее время имеет место произвольное толкование этого критерия для сравнения различных конструктивных схем ветроколес, необходимо привести следующие пояснения.

Этот критерий впервые был сформулирован и введен в обращение инженером Ветчинкиным В.П. в 1914 г., а в 1920 г. профессор Жуковский Н.Е. сделал вывод коэффициента использования энергии ветра идеальным ветряком, имея в виду ветроколесо, у которого: «... - ось вращения параллельна вектору скорости ветра;

- бесконечно большое число лопастей очень малой ширины;

- профильное сопротивление крыльев равно нулю, а циркуляция вдоль лопасти постоянна;

- потерянная скорость воздушного потока на ветроколесе постоянна по всей ометаемой поверхности ветряка;

- угловая скорость ветроколеса стремится к бесконечности».

С учетом этих допущений по мнению Н.Е.Жуковского, В.П.Ветчинкина и Е.М.Фатеева формула для определения идеального коэффициента использования энергии ветра  $\xi$  должна быть:

$$\xi = \frac{P(V - V_1)}{F \cdot \rho \cdot V^3} \quad (66) \text{ [1], стр.96}$$

где  $P$  - лобовое давление воздушного потока на лопасти ветроколеса;

$V$  - скорость рабочей струи воздушного потока;

$V_1$  - то же в плоскости ветроколеса;

$F$  - площадь рабочей струи, ометаемая ветроколесом;

$\rho$  - плотность воздушного потока.

После преобразований уравнение (66) принимает вид:

$$\xi = 2 \cdot \frac{P}{F \cdot \rho \cdot V^2} \cdot \left(1 - \frac{V_1}{V}\right) \quad (66a)$$

Очевидно, величина  $P$  в уравнении (66a) - это та часть общего давления ветрового потока, которая приходится на проекцию тела произвольной формы на плоскость, перпендикулярную направлению ветра, при этом ее называют миделевым сечением и обозначают через  $F_1$ , а величину давления, приходящуюся на миделево сечение,

называют лобовым давлением и обозначают через  $P_x$ .

Известно уравнение для определения величины  $P_x$ , которое представлено в виде:

$$P_x = C_x \cdot F_1 \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (41)[1], \text{ стр.56}$$

Подставив (41) в (66а) после преобразований получим:

$$\xi = C_x \cdot \frac{F_1}{F} \cdot \left(1 - \frac{V_1}{V}\right) \quad (15)$$

где  $C_x$  - коэффициент лобового сопротивления (определяют по таблице 2 [1], стр.49);

$$\frac{F_1}{F} = K_3 - \text{коэффициент заполнения ( см. [1], стр.161) '}$$

$$\frac{V_1}{V} = e - \text{коэффициент торможения (см. [1], стр.84)}$$

Подставив приведенные обозначения в формулу (15), получим окончательную универсальную формулу для определения численного значения коэффициента использования энергии ветра ветроколесами любого типа.

$$\xi = C_x \cdot K_3 \cdot (1 - e) \quad (16)$$

где  $C_x$  учитывает соотношение длины и ширины лопастей;

$K_3$  - показывает, какая доля ометаемой ветроколесом поверхности перекрывается его миделевым сечением, и  $e$  - какая доля скорости ветрового потока расходуется на создание крутящего момента на силовом валу ветроколеса.

Так при  $C_x=1,3$ ;  $K_3=0,208$  (для четырехлопастного ветроколеса) и  $e=0,33$

$$\xi=1,3 \cdot 0,208 \cdot (1-0,33)=0,18 \text{ max.}$$

Яркой иллюстрацией произвольного толкования коэффициента использования энергии ветра является утверждение доктора технических наук Фатеева Е.М. о том, что путем соблюдения ряда условий (относящихся явно к неопределенным понятиям) этот показатель может достигать 46% (0,46), (см. [1], стр.87), что не соответствует действительности.

Известен ротор ветродвигателя [2], содержащий поворотную платформу, несущую стойки, на которых установлено с возможностью свободного вращения парусное ветроколесо, выполненное в виде вала, на концах которого закреплена по спирали конусообразная ленточная упругая лопасть с убывающими радиусом и шагом спирали, при этом один из концов спирали закреплён на втулке, имеющей возможность осевого перемещения вдоль вала.

Такое конструктивное исполнение лопасти обеспечивает высокий коэффициент заполнения и соответствующий коэффициент использования энергии ветра, т.к. при этой конструкции миделево сечение спиральной лопасти практически идентично ометаемой ветроколесом поверхности и численное значение коэффициента заполнения близко к единице.

Однако практическая реализация этого технического решения весьма затруднительна, т.к. конструкция ветроколеса крайне нетехнологична и требует специального оборудования, на общетехнологических базах машиностроительных заводов которого просто не существует.

Кроме того, необходимая жесткость спиральной ленты без сплошного жесткого крепления к валу ветроколеса при ее длине в несколько шагов спирали недостижима, а балансировка ветроколеса по всей его длине весьма затруднительна.

Заявленный объект содержит поворотную платформу, несущую стойки, на которых

установлено с возможностью свободного вращения крыльчато-парусное ветроколесо, выполненное в виде вала, на концах которого установлены передний и задний махи, несущие жестко закрепленные на них лопасти. Передний мах, обращенный навстречу ветру, выполнен в виде трубчатого креста, противоположный ему задний мах  
 5 выполнен в виде квадратной трубчатой рамки, ребра которой жестко закреплены средней частью на свободных концах трубчатого креста, идентичного переднему кресту перпендикулярно им, а лопасти выполнены в виде прямоугольных пластин из тонколистового или тканевого материала и жестко закреплены одной из своих граней  
 10 на трубках переднего маха и противоположной гранью - на соответствующих половинах внешних ребер квадратной трубчатой рамки заднего маха, параллельных трубкам переднего маха.

Технические преимущества заявленного объекта по сравнению с прототипом заключаются в следующем:

15 - выполнение переднего маха в виде, например, трубчатого креста, а заднего маха - в виде трубчатой квадратной рамки, средней частью своих ребер жестко закрепленной на концах трубчатого креста, идентичного переднему маху перпендикулярно им, обеспечивает возможность выполнения лопастей в виде прямоугольных пластин из  
 20 тонколистового или тканевого материала;

- жесткое крепление прямоугольных лопастей одной из своих граней на трубках переднего маха и противоположной гранью - на соответствующих половинах  
 25 внешних ребер квадратной трубчатой рамки заднего маха, параллельных трубкам переднего маха, обеспечивает компактность взаимного расположения лопастей с минимальным межлопастным пространством между ними и разнонаправленность  
 частей ветрового потока, сбегаящих с лопастей в заколесное пространство.

Совокупность указанных технических преимуществ заявленного объекта по сравнению с прототипом обеспечивает технический результат, заключающийся в  
 30 существенном уменьшении длины ветроколеса до 0,25 длины шага спирали прототипа, что позволяет устанавливать заявленный объект на крышах жилых домов и осветительных вышках потенциально опасных участков автомагистралей, повышении технологичности конструкции путем выполнения лопастей в простейшем  
 35 варианте в виде прямоугольных пластин из тонколистового или тканевого материала, жестко скрепляющих между собой все элементы ветроколеса, а также в упрощении технологии и повышении качества его балансировки за счет уменьшения общей длины ветроколеса.

На приведенных чертежах схематично иллюстрируется крыльчато-парусная ВЭУ,  
 40 где на фиг.1 показана ее проекция со стороны, обращенной навстречу ветру; на фиг.2 - то же, вид сбоку. При этом прямыми стрелками показан характер распределения скорости ветра при его взаимодействии с лопастями ветроколеса, где:

$V_{\Pi}$  - потери скорости сбегаящего с лопастей потока ветра в заколесное пространство;

45  $V_{KM}$  - доля скорости, обеспечивающая создание крутящего момента на валу ветроколеса.

Дуговой стрелкой показано направление движения поворотной платформы в процессе самоустановки ветроколеса под действием ветрового потока в  
 50 перпендикулярное к нему положение.

Крыльчато-парусная ветроэнергетическая установка (ВЭУ) содержит поворотную платформу 1, несущую стойки 2, на которых установлено с возможностью свободного вращения крыльчато-парусное ветроколесо, выполненное в виде вала 3, на концах

которого установлены передний 4 и задний 5 махи, несущие жестко закрепленные на них лопасти. Причем передний мах 4 обращен навстречу ветру, а задний мах 5 расположен на подветренной стороне. Передний мах 4 выполнен в виде трубчатого креста с трубками 6, 7, 8 и 9, а задний мах 5 выполнен в виде идентичного переднему маху 4 трубчатого креста, свободные концы трубок которого охвачены квадратной трубчатой рамкой, ребра 10, 11, 12 и 13 которой жестко закреплены средней частью на свободных концах трубок 6, 7, 8 и 9, идентичного трубчатого креста перпендикулярно им и разделены местами крепления на две равные части. На переднем 4 и заднем 5 махах жестко закреплены лопасти 14, 15, 16 и 17, выполненные в виде плоских прямоугольных пластин из тонколистового или тканевого материала, которые жестко закреплены одной из своих граней на трубках 6, 7, 8 и 9 переднего маха 4, а противоположной гранью также жестко закреплены на соответствующей половине внешних ребер 10, 11, 12 и 13 под углом атаки  $\alpha$  к направлению ветра, образуя жесткие связи 6-10-14, 7-11-15, 8-12-16 и 9-13-17, что в совокупности с жесткими связями махов 4 и 5 с валом 3 образует жесткую конструкцию крыльчато-парусного ветроколеса, вращающего исполнительный механизм, например генератор 18 электрического тока.

При появлении ветра со скоростью  $V_B$  его поток давит на лопасти 14, 15, 16 и 17 под углом атаки  $\alpha$ , при этом скорость ветра на каждой лопасти разлагается на составляющие:

$V_{лд}$  - скорость, создающая лобовое давление на лопасть, направленная перпендикулярно ее плоскости, формирующая крутящий момент на валу 3;

$V_{п1}$  - скорость, направленная по плоскости лопасти и уходящая в заколесное пространство в виде потерь, при этом потоки потерь взаимно перпендикулярны и действуют в разных плоскостях, что исключает воздействие потока на депрессионную зону на тыльной стороне вслед идущей лопасти и способствует увеличению лобового давления.

Очевидно, что

$$V_{лд} = V_B \cdot \cos \alpha \quad (17)$$

Однако не вся величина составляющей  $V_{лд}$  идет на формирование крутящего момента, т.к. она не перпендикулярна валу 3 ветроколеса, а образует с направлением  $V_{км}$  также угол  $\alpha$ .

$$V_{км} = V_{лд} \cdot \cos \alpha, \text{ откуда } V_{лд} = \frac{V_{км}}{\cos \alpha} \quad (18)$$

Подставив (18) в (17) и решив уравнение относительно  $V_{км}$ , получим уравнение (19) для определения доли скорости ветра ( $V_{км}$ ), приходящейся на формирование крутящего момента на валу 3 ветроколеса.

$$V_{км} = V_B \cdot \cos^2 \alpha \quad (19)$$

Крутящий момент на валу ветроколеса определяется по общеизвестной формуле:

$$M_k = \frac{P_{км} \cdot b}{2} \quad (20),$$

где  $P_{км}$  - окружное усилие, создаваемое составляющей  $V_{км}$  скорости ветра;  
 $b$  - ширина лопасти.

Величину  $P_{км}$  определяют по уравнению:

$$P_x = C_x \cdot F \cdot \frac{\rho \cdot V_B^2}{2} \quad (41) [1], \text{ стр.56,}$$

где  $C_x$  - коэффициент лобового сопротивления, учитывающий форму лопасти.  
Согласно табл.2 [1], стр.49.  $C_x=1,1$ .

$F$  - площадь миделева сечения ветроколеса.

$\rho$  - плотность воздуха  $1,25 \text{ кг/м}^3$ .

С учетом того, что рассматриваемое ветроколесо содержит 4 лопасти длиной  $L$  каждая, уравнение (41) примет вид:

$$P_{\text{км}} = C_x \cdot 4 \cdot (b \cdot L \cdot \cos \alpha) \frac{\rho \cdot V_{\text{км}}^2}{2} \quad (21)$$

Подставив (21) в (20) с учетом (19) после преобразований, получим:

$$M_k = 2C_x \cdot b^2 \cdot L \cdot \rho \cdot V_B^2 \cdot \cos^5 \alpha \quad (22)$$

Для сравнения заявленного объекта с работающими ветряками по величине коэффициента  $\xi$  использования энергии ветра, определяемого по формуле (15), необходимо определить коэффициент заполнения  $K_3$ , который для рассматриваемой конструкции определяется как отношение площади квадрата к площади круга диаметром, равным его диагонали, т.е. к площади круга описанной окружности.

Из элементарной геометрии известно, что эта величина составляет 0,65.

Тогда  $\xi=1,1 \cdot 0,65 \cdot (1-0,33)=0,472$ .

Результат сравнения коэффициентов известных конструкций и заявленного объекта свидетельствует о том, что этот параметр для последнего выше в 2,472 раза.

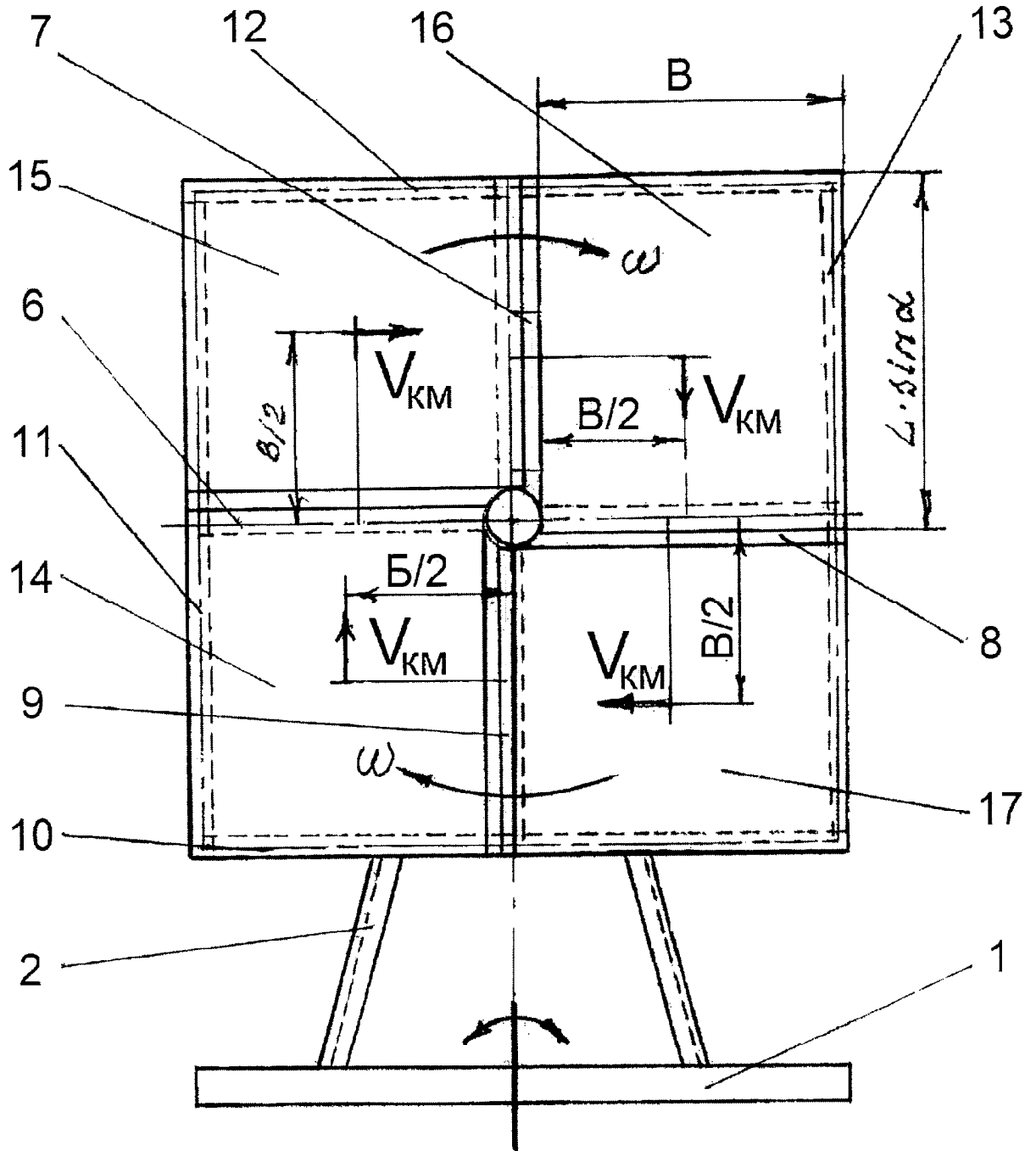
Источники информации

1. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. - М.: ОГИЗ-сельхоз, 1948 г., 185 с.

2. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР №1638359 от 03.04.89 г., МПК F03D 1/06 (прототип).

#### Формула изобретения

Крыльчато-парусная ветроэнергетическая установка, содержащая поворотную платформу, несущую стойки, на которых установлено с возможностью свободного вращения крыльчато-парусное ветроколесо, выполненное в виде вала, на концах которого установлены передний и задний махи, несущие жестко закрепленные на них лопасти, отличающаяся тем, что передний мах, обращенный навстречу ветру, выполнен в виде трубчатого креста, противоположный ему задний мах выполнен в виде квадратной трубчатой рамки, ребра которой жестко закреплены средней частью на свободных концах трубчатого креста, идентичного переднему кресту, перпендикулярно им, а лопасти выполнены в виде прямоугольных пластин из тонколистового или тканевого материала и жестко закреплены одной из своих граней на трубках переднего маха и противоположной гранью - на соответствующих половинах внешних ребер квадратной трубчатой рамки заднего маха, параллельных трубкам переднего маха.



ФИГ. 1