

АЭРОУДАРНАЯ ВЕТРОСИСТЕМА**В.М. Лятхер**

ООО «Новая Энергетика»
 125363 Москва, ул. Штурвальная, д. 5, корп. 1, кв. 129
 Тел./факс: 7(499)492-53-84
 New Energetics Inc.
 563 Bartow La., Richmond Hts., OH 44143 USA
 Тел.: 1(216)272-6765; e-mail: vlyatkher@sbcglobal.net; lyatkhervm@yandex.ru

Заключение совета рецензентов: 01.11.15 Заключение совета экспертов: 05.11.15 Принято к публикации: 09.11.15

Предлагается схема ветроэнергетической установки, в которой формируется перепад давления на рабочем органе, пропорциональный не скоростному напору, как в обычных ветротурбинах, а первой степени скорости потока. Это позволяет ожидать более высокую энергетическую эффективность системы.

Ключевые слова: ветровые электростанции, концентраторы потока, аэроудар.

**AERO-IMPACT WIND POWER UNIT****V.M. Lyatkher**

New Energetics
 129 Shturvalnaya str., 5, corp.1, Moscow, 123363, Russia
 Tel./fax: 7(499)492-53-84
 New Energetics Inc.
 563 Bartow La., Richmond Hts., OH 44143 USA
 Tel.: 1(216)272-67-65; e-mail: vlyatkher@sbcglobal.net; lyatkhervm@yandex.ru

Referred: 01.11.15 Expertise: 05.11.15 Accepted: 09.11.15

A scheme of a wind power plant, wherein the pressure differential is formed on the working body (turbine), not proportional velocity head of wind, as in conventional wind turbines, but to the velocity of flow. This allows us to expect a high level of energy efficiency.

Keywords: wind power plants, flow concentrators, aero-impact.



Виктор Михайлович
Лятхер
Viktor M. Lyatkher

Сведения об авторе: д-р техн. наук, профессор; член Академии водных проблем (Россия); инженер, президент компании «New Energetics» (США); генеральный директор ООО «Новая энергетика» (Россия).

Награды: Первая премия Правительства СССР (1984); премия индийского общества сейсмических технологий, Рурки, Индия (1974); пять медалей Всесоюзной выставки СССР (золото, серебро, бронза) (1958-1988).

Образование: МЭИ (1955); мехмат МГУ (1962).

Область научных интересов: гидравлическое моделирование, гидроэнергетика, гидрология, сейсмология, механика сплошных сред, приливная энергия, ветроэнергетика.

Публикации: 15 книг, больше 200 статей и 70 патентов.

Information about the author: D.Sc. (Engineering); Professor of Moscow University of Environmental Protection; member of Academy of Water Researches, Russia; Project Engineer and Researcher, President of Clean Energy Co.,(USA); General Director of New Energetic Ltd. (Russia).

Awards: First Prize of USSR Government (1984); Award of the Indian Society of Earthquake Technology, Roorkee, India (1974); Five medals of All-Union USSR Exhibition (gold, silver, bronze) (1958-1988).

Education: Moscow Power Engineering Institute (1955); Moscow State University, Department of Mathematician and Mechanics (1962).

Research area: hydraulic modeling, hydraulics of the rivers, lakes and ocean flow; hydrology, water resources management, seismology and earthquake engineering, hydropower, tidal power and wind power construction and equipment.

Publications: 15 books, more than 200 articles and over 70 patents.



При малых скоростях ветра крутящий момент и скорости вращения малы – любые традиционные схемы ветряков работают плохо. Эффективными могут быть эжекторные системы, понижающие давление воздуха за ветряком. Такие системы могут располагаться сразу за рабочим колесом или в удалении от рабочего колеса. Например, на рис. 1 показана схема комбинированной эжекторной ВЭУ с нисходящим и восходящим воздушными потоками.

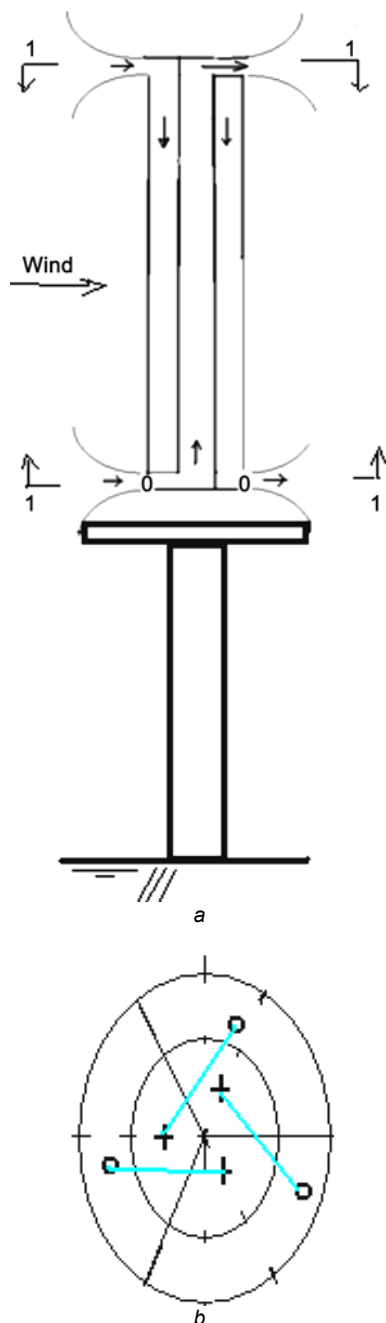


Рис. 1. Эжекторная энергоустановка с восходящими и нисходящими потоками (а); схема воздухоприемных и воздухоотводных каналов (b)
Fig. 1. Aero-impact wind power system: ejector power plant with upstream and downstream driving air intake and air discharge channel (b)

В этой схеме неподвижная цилиндрическая башня, опирающаяся колоннами на фундамент, формирует несущий каркас установки. Внутри башни размещена вертикальная труба, опирающаяся на фундамент вертикальными колоннами, несущими жалюзи аэродинамического профиля, выполняющие функции направляющего аппарата для агрегата, работающего на восходящем потоке воздуха. Неподвижная, многосекторная, схватывающая ветра всех направлений, верхняя насадка (для создания восходящего воздушного потока во внутренней трубе и нисходящего – в кольцевом пространстве между трубой и башней) включает в себя конфузную и диффузную части. Конфузная часть, улавливая встречный ветер, создает напор в верхнем сечении входящего потока, а диффузная часть обеспечивает плавное расширение исходящего потока и сопряжение его с зоной разрежения за диффузором. Неподвижная система конфузор-диффузор у основания башни, самостоятельно схватывающая ветровой поток в приземном слое, служит для создания подпора в нижнем сечении восходящего потока. Неподвижная система диффузоров у основания башни самостоятельно создает разрежение в нижнем сечении нисходящего потока. Одновременный выбор работающих конфузоров и диффузоров осуществляется системой клапанов, реагирующих на повышение давления (кресты на рис. 1, b) для приема воздуха или на понижение давления (круги на рис. 1, b) для выпуска воздуха.

Идея концентраторов в последнее время приобрела особую актуальность благодаря систематическим работам компании Lunar Power по созданию гидротурбин с короткими диффузорами и конфузорами (рис. 2).

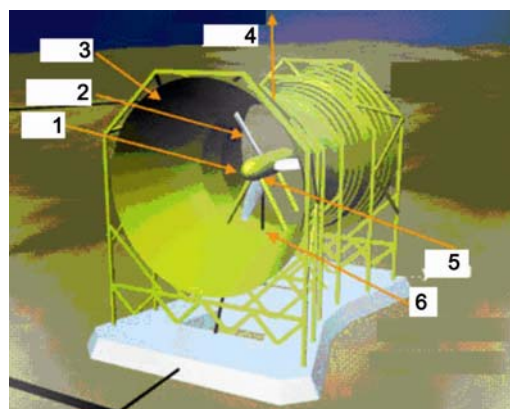


Рис. 2. Гидротурбина с концентратором системы Lunar Power. Мощность 1,5 МВт при скорости потока 3 м/с. Диаметры: на входе 21 м, турбины 16 м, длина 27 м. Необходимая глубина 35 м. Масса 1200 т. 1 – обтекатель; 2 – лопасти турбины; 3 – концентратор; 4 – съемная часть блока; 5 – насос; 6 – гидромотор с генератором
Fig. 2. The water wheel with the Lunar Power System Concentrator. Power is 1.5 MW at a speed of stream of 3 m/s, Diameters: on an entrance 21 m, turbines 16 m, length 27 m. Necessary depth is 35 m. Weight is 1200 t. 1 – fairing, 2 – turbine blades; 3 – the concentrator; 4 – removable part of the block; 5 – the pump; 6 – the hydromotor with the generator

Испытания разработчиками гидротурбины в косом потоке показали систематическое увеличение (!) мощности при некоторых углах (рис. 3) и подтвердили общую эффективность использования концентраторов.

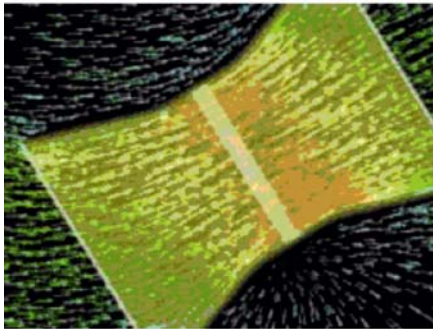
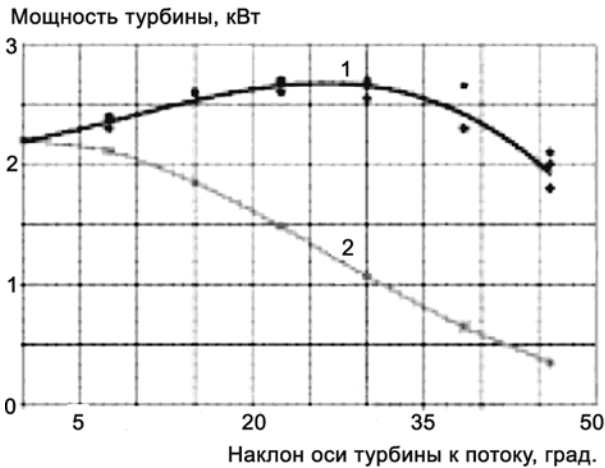


Рис. 3. Результаты испытаний турбины в косом потоке при наличии концентратора (1) и в его отсутствие (2)
Fig. 3. Results of tests of the turbine in a slanting stream in the presence of the concentrator (1) and in its absence (2)

Такие концентраторы можно расположить в одной или в двух плоскостях так, чтобы их работа не зависела от направления ветра (рис. 1). При любом направлении ветра в некоторых секторах, расположенных со стороны набегания ветра, формируется повышенное давление, открывается клапан (знак +) и в него устремляется воздух, выходящий в дугом секторе, где действует пониженное давление и открыт клапан на выход (знак -). Вход и выход соединены трубами (синие линии на рис. 1). В этих трубах реализуются описанные ниже аэроударные явления.

Воздушные турбины могут располагаться горизонтально, как показано на рисунке, или вертикально, но на нижних отметках.

Ясно, что наружная несущая башня этой сложной конструкции может выполнять несколько функций: нести телевизионные антенны, водогрейный котел солнечной электростанции и др. Одним из преимуществ описанной довольно сложной схемы ВЭУ является малая удельная материалоемкость машиностроительных элементов.

Механическое и электрооборудование ветроагрегата можно сделать более компактным, если повысить рабочее давление воздуха, действующего на турбину. Повышение давления на напорной стороне турбины и понижение его на низовой стороне турбины может осуществляться за счет нестационарных, ударных явлений. Принцип использования таких явлений состоит в следующем [1]. На начальном этапе работы воздух свободно движется по трубе 1 со скоростью U (рис. 4).

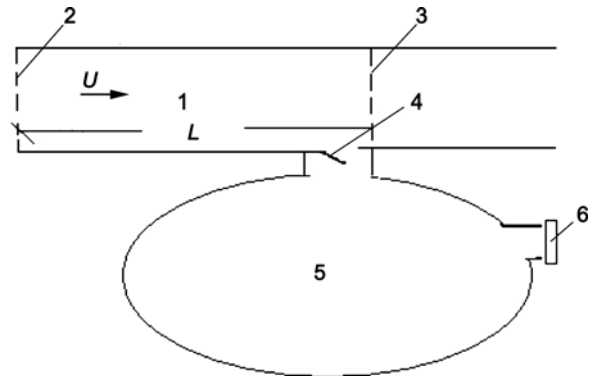


Рис. 4. Схема аэроударной установки
Fig. 4. Driving aero-impact installation

В некоторый момент закрывается затвор 3, вызывая ударную волну, бегущую справа налево (навстречу течению), за фронтом которой давление составляет $p_3 = \rho UC$, а скорость равна нулю. После достижения ударной волной затвора 2 он закрывается. В результате в трубе сосредоточилась энергия $\rho U^2 L \Omega / 2$, где L – длина трубы; Ω – площадь ее поперечного сечения. Далее открывается затвор 4, и часть этой энергии переходит в емкость 5 – эта часть зависит от давления, которое поддерживается в емкости 5. После этого затвор 4 закрывается, а затворы 2 и 3 открываются и в трубе восстанавливается свободное движение воздуха. На выходе из емкости 5 стоит турбина 6, которая вырабатывает мощность

$$P = \Delta p Q_T, \quad (1)$$

где Δp – разность давлений между емкостью 5 и атмосферой; Q_T – расход воздуха через турбину.

Оценим возможную мощность турбины 6. После закрытия затворов 2 и 3 плотность воздуха в трубе увеличится на величину

$$\Delta \rho = \rho U / C. \quad (2)$$

Если в емкости 5 поддерживается давление

$$p_5 = \alpha \rho UC, \quad \alpha < 1, \quad (3)$$

то после открытия затвора 4 в емкость поступит масса

$$\Delta M = (1 - \alpha) \rho U L \Omega / C. \quad (4)$$

Время затекания этой массы мало – порядка

$$t_{in} = \alpha_{in} L / C \sim L / C. \quad (5)$$

Время восстановления течения в трубе 1 после открытия затворов 2 и 3, согласно опытам У.Р. Лийва, имеет величину порядка

$$t_{out} = \alpha_{out} L/U \sim 0,5L/U \gg t_{in}. \quad (6)$$

Средний объемный расход через турбину 6 составляет

$$Q_T = (1 - \alpha)(UL\Omega/C)/(t_{in} + t_{out}). \quad (7)$$

Мощность турбины, рассчитываемая по (1) – (7), записывается в виде

$$P = \alpha \rho U C (1 - \alpha)(UL\Omega/C)/(t_{in} + t_{out}) = \alpha(1 - \alpha)\rho U(UL\Omega)/(t_{in} + t_{out}), \quad (8)$$

будет максимальной при $\alpha = 0,5$:

$$P = 0,25\rho U^2\Omega/(\alpha_{in}/C + \alpha_{out}/U) \sim \rho U^3\Omega/2. \quad (9)$$

Таким образом, аэроударная ВЭС оказалась примерно в 2-3 раза более эффективной, чем свободный ветряк с ометаемой поверхностью, равной площади сечения трубы Ω .

Строительная конструкция ВЭУ может выполняться по типу строительной конструкции ВЭУ со встречными нисходящим и восходящим потоками (рис. 1). Вместо воздушных турбин в проточной части ВЭУ аэроударного типа имеет затворы для перекрытия каналов воздушного потока. Затворы должны иметь специальный автоматический привод дистанционного программного управления для периодического открытия и закрытия каналов воздушного потока с целью образования в этих каналах ударных аэродинамических волн.

Аэроударная схема может быть построена так, чтобы использовать и фазу сжатия, и фазу разрежения. Для этого создаются две емкости, между которыми ставится турбина. Воздух в фазе сжатия нагнетается в емкости повышенного давления, а в те же периоды отсасывается из емкости пониженного давления. Агрегаты ВЭС, содержащие воздушную турбину и генератор, работают на перепаде давлений емкостей повышенного и пониженного давления.

Аэроударная схема способна сглаживать пульсации скорости ветра, выполняя функции небольшого аккумулятора. Перепад давлений на турбине в этой схеме может быть порядка

$$\Delta p = 4\rho C U_0, \quad (10)$$

где C – скорость звука в воздухе; U_0 – скорость ветра на подходе к ВЭУ.

Материалоемкость турбины и генератора, очевидно, здесь должна быть примерно на порядок меньше, чем в других схемах. Расчеты показывают, что площадь проточной части аэроударной установки Ω может быть примерно 0,2 от площади сечения концентратора Ω_0 , а максимальная мощность оптимальной системы с концентратором, диффузором и затворами на нагнетательной и отсасывающей линиях составит

$$P = 3,4\rho U_0^3\Omega_0. \quad (11)$$

Оценка (11) на порядок превышает предел Бетца – Жуковского. Что это – новое качество существенно нестационарной системы или следствие неточных промежуточных гипотез? Этот вопрос в конечном итоге должен быть решен практическим экспериментом с реальным изделием.

Аэроударная система имеет ту особенность, что она может работать при любых скоростях ветра. Ее компактное энергетическое и электротехническое оборудование располагается на земле и может состоять из нескольких групп турбин-генераторов, рассчитанных на 2-3 диапазона давлений.

Так как давление в резервуарах пропорционально первой степени скорости потока (а не скоростному напору), то при изменении скорости ветра на порядок, что перекрывает энергетически значимый диапазон, перепад давления на турбинах тоже изменится только на порядок, что существенно расширяет возможности энергетического регулирования и заметно увеличивает выработку и время использования установленной мощности.

Важно, что аэроударная установка в принципе позволяет эффективно использовать глубокие низкочастотные колебания давления, возникающие за концентраторами, усиливать эти колебания путем выбора соответствующего ритма маневрирования рабочими затворами, использовать эти колебания для привлечения энергии потоков, проходящих мимо конструкций ВЭС, увеличивая мощность и выработку системы.

Список литературы/References

1. Lyatkher V. Dam-Free Hydro-Power Plant, Patent US 8177477 B2, May 15, 2012.

