

ЭНЕРГОАГРЕГАТ БЕЗ ВНЕШНИХ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЭЛЕМЕНТОВ**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 усовершенствованная конструкция известной системы закручивания потока в вихрь (Торнадо) с глубоким понижением давления в центре вращения. Высокооборотная турбина с генератором размещается в трубе, подающей воздух в центр вращения. Описывается новая конструкция такой турбины и схема подводящих труб, обеспечивающая устойчивость вихря и повышенную эффективность системы.

Ключевые слова: ветроагрегаты, аэроудар, гидростанции без плотин.

ENERGOAGREGAT WITHOUT EXTERNAL ROTATING ELEMENTS**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

It offers advanced design known system of twisting flow in the vortex (tornado) with deep pressure reduction at the center of rotation. High-speed turbine with generator are located in the pipe feeding air to the center of rotation. Describes a new design of the turbine and the circuit feed pipes providing stability of the vortex and increased efficiency of the system.

Keywords: wind generators, aero impact, hydroplants without dams.



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.

Ветроэлектростанции типа «Торнадо», предложенные J.T. Yen в 1976 г. [1], отличаются тем, что концентрация энергии осуществляется неподвижной системой воздухонаправляющих конструкций (проницаемой башней агрегата), обеспечивающих глубокое понижение давление в центре системы. В известных многочисленных решениях, реализующих идею J.T. Yen, в зоне пониженного давления устанавливается традиционный ветряк, но с вертикальной осью вращения, к которому по специальным воздуховодам подается воздух, взятый за пределами башни (рис. 1).

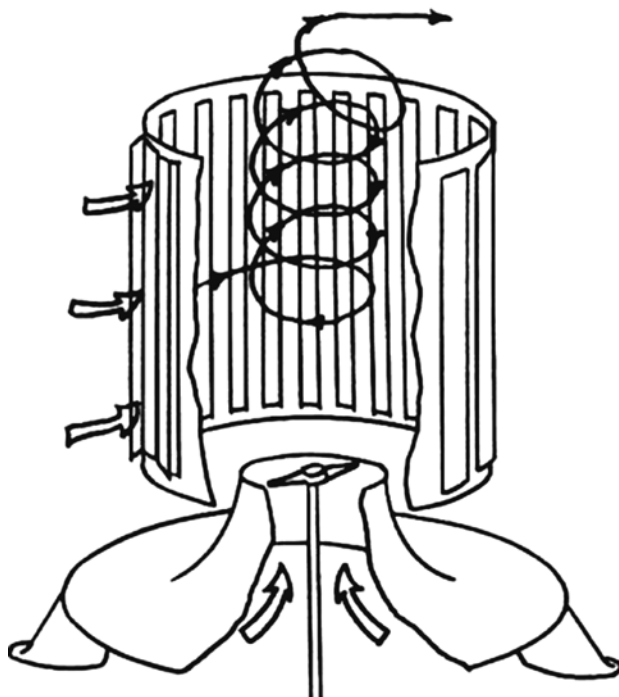


Рис. 1. Схема «Торнадо» в исходном варианте
Fig. 1. Driving "Tornado" in the original version

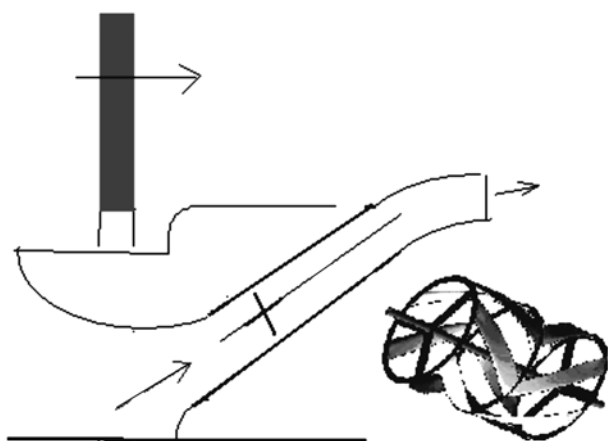


Рис. 2. План (слева) и разрез по одному из воздухопроводов с турбиной (вынесена)
Fig. 2. The plan (left) and section through one of the ducts with a turbine (taken out)

Эта схема имеет ряд недостатков, главным из которых является резкий изгиб и расширение потока, проходящего через рабочий орган, что снижает эффективность системы. Предлагается повысить эффективность системы за счет использования напорных воздухопроводов, выпускающих воздух в центральную зону пониженного давления в тангенциальном направлении (по касательной) к основному вихрю, действующему внутри башни (рис. 2). Эта система названа Торнадо-Модифицированный (ТОРМОД) [2].

Направляющие стенки снабжаются поперечными закрывками, способствующими концентрации потока. Для дополнительного понижения давления башня снабжается крышей в форме эллипсоида, обеспечивающего эжектирующее действие высокоскоростного потока на верхних уровнях башни, защищающей внутреннюю часть башни от осадков (рис. 3).

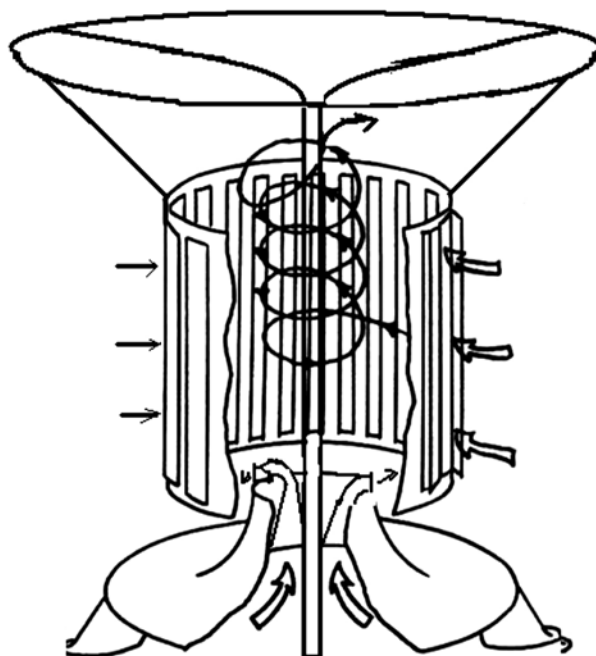


Рис. 3. Модифицированная схема ветроэлектростанции «Торнадо» с эллипсоидальной эжектирующей крышей и супергеликоидными турбинами в воздуховодах, направляющих поток по касательной к вихрю в системе

Fig. 3. The modified scheme wind farm "Tornado" with an ellipsoidal roof and ejecting superhelicoid turbines duct guiding the flow tangentially to the vortex system

Напорные воздухопроводы выполняются прямоугольного сечения. В них размещаются сбалансированные высокоскоростные ортогональные турбины (рис. 4).

Такая турбина в любой момент времени оказывает одинаковое суммарное аэродинамическое сопротивление потоку. Это устраняет главный недостаток ортогональных турбин с прямыми лопастями в на-

порном потоке – высокую турбулизацию (нестационарность) потока и связанные с этим большие потери энергии. Аэродинамическая балансировка турбины достигается использованием стреловидных лопастей, что обеспечивает не только постоянство общего сопротивления и крутящего момента, но и постоянство сил опорных реакций (рис. 5) [3].

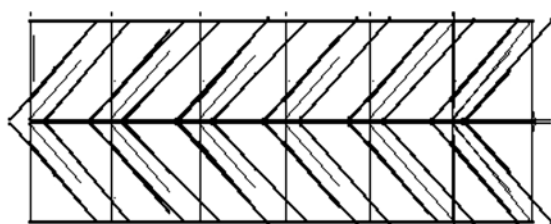
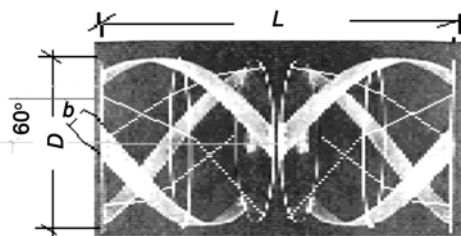


Рис. 4. Общий вид сбалансированной турбины (супергеликоид) и ее развертка (нижний рисунок). Рекомендуется 3 или даже одна лопасть, но в трех ярусах с наклоном винтовой линии оси лопастей в 60-70°
Fig. 4. General view of the balanced turbine (superhelicoid) and its sweep (bottom figure). Recommended 3 or even a single blade, but in three tiers with the helix axis tilting blades 60-70°

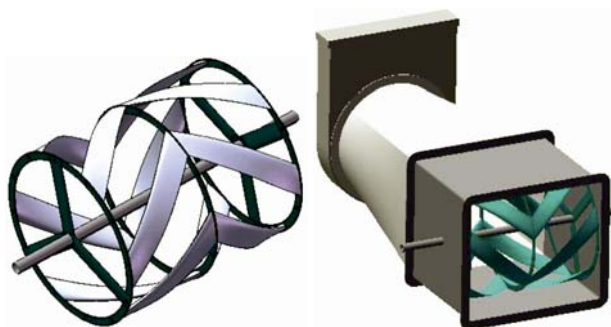


Рис. 5. Уравновешенная турбина с 6 стреловидными лопастями
Fig. 5. Balanced turbine with 6 blades swept

Криволинейные лопасти могут быть аппроксимированы отрезками прямых лопастей (рис. 6).

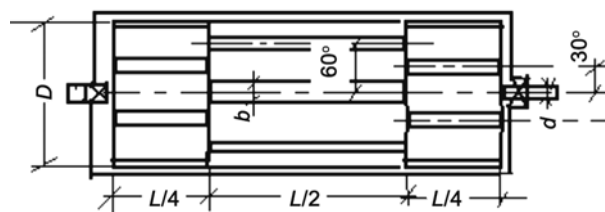
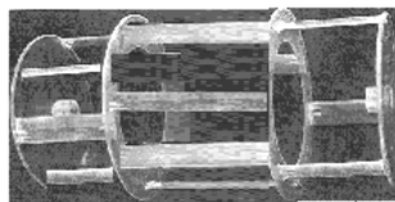


Рис. 6. Аппроксимация кривых лопастей отрезками прямых
Fig. 6. The blades curve fitting line segments

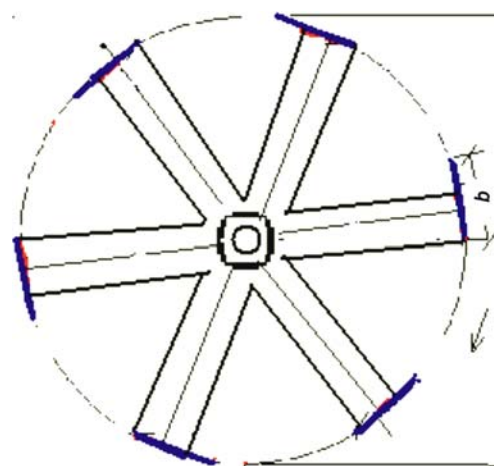


Рис. 7. Вариант торца турбины
Fig. 7. Option end turbine

Торцы турбины выполнены в виде плоских колец, объединяющих лопасти и соединенных с валами тремя хорошо обтекаемыми спицами (траверсами). В средней части турбины соединение лопастей, направленных навстречу друг другу, также осуществляется через плоское кольцо. Возможно выполнение торцов турбин на индивидуальных спицах без объединяющего кольца (рис. 7). Турбины были испытаны на малой ГЭС в Кузнецком районе Пензенской области (рис. 8).



Рис. 8. Ортогональные турбины в напорном потоке
Fig. 8. Orthogonal turbine in the pressure stream

Систематические опыты с одноярусными ортогональными турбинами с прямыми лопастями были проведены на гидравлическом стенде АО НИИЭС (Москва) [4] с моделью турбины диаметром 250 мм, длиной лопастей 200 мм и хордой 50 мм.

Профиль лопастей был близок к симметричному профилю NACA 0024, хорда которого была изогнута по окружности, соответствующей трассе лопастей, траверсы того же профиля имели хорду, в 2 раза меньшую хорды лопастей.

По результатам этих опытов построены универсальные характеристики, связывающие относительную удельную мощность турбины $Y = P/\rho(\Delta p/\rho)^{3/2}$ и относительную скорость ее лопастей $X = V/(\Delta p/\rho)^{1/2}$. Здесь P (кВт/м²) – мощность турбины, отнесенная к единице площади поперечного сечения турбины; V – линейная скорость лопастей турбины; ρ – плотность среды, Δp – перепад давления на турбине (напор на турбине).

Изменение относительной удельной мощности в функции относительной скорости лопастей турбины при различном затенении $\sigma = ib/D$ показано на рис. 9. Здесь i – количество лопастей в одном ярусе; b – хорда лопасти; D – диаметр турбины.

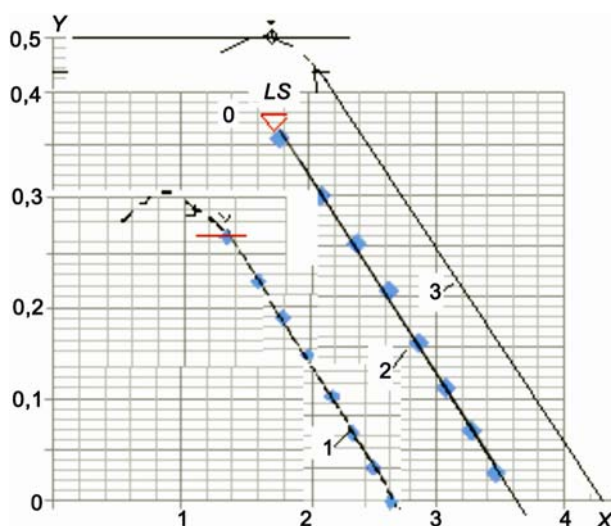


Рис. 9. Универсальные характеристики турбин.

Затенение 1,2; 0,6 и 0,4 – линии 1, 2, 3

Fig. 9. The universal characteristics of the turbines.

Solidity 1.2, 0.6 and 0.4 - lines 1, 2, 3

Уравнения прямых на рис. 9, связывающих относительную удельную мощность турбины $Y = P/\rho(\Delta p/\rho)^{3/2}$ и относительную скорость ее лопастей $X = V/(\Delta p/\rho)^{1/2}$ имеют вид:

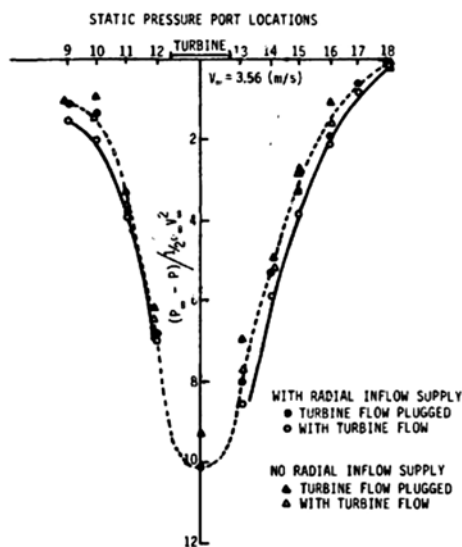
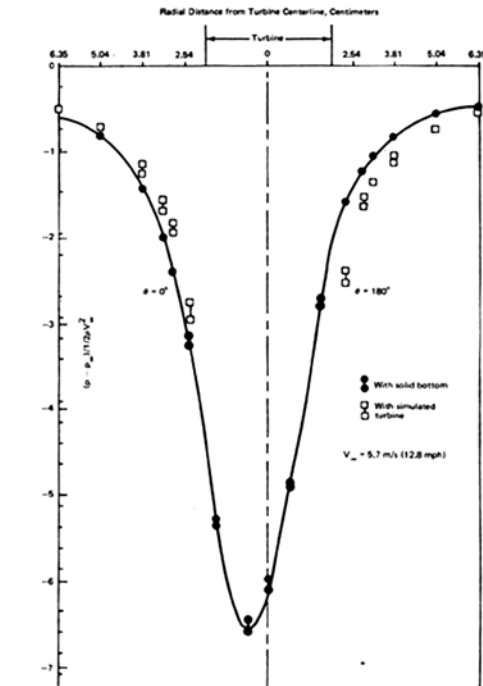
при затенении 1,2: $Y = 0,526 - 0,192X$;

при затенении 0,6: $Y = 0,709 - 0,195X$;

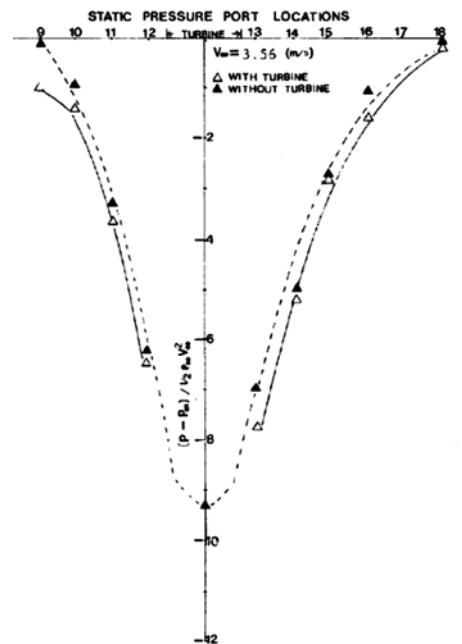
при затенении 0,4: $Y = 0,835 - 0,195X$.

Очевидно, имеет смысл уменьшать затенение и увеличивать скорость вращения турбины.

Согласно современным опытам с обычными системами типа «Торнадо» понижение давления в центре башни (на выходе из воздухопроводов) может достигать 9 скоростных напоров ветра на подходе к башне (рис. 10) [5].



Static pressure drop measured on the tower floor with and without the turbine flow plugged for the spiral TTWT model tested at a wind speed of 3.56 m/s in the wind tunnel.



Static pressure measurements on the tower floor of 0.48(19'') mean diameter spiral model with 10cm(4'')D turbine and 3 screens loading without radial inflow supply at $V_{\infty} = 3.56$ m/s

Рис. 10. Распределение относительного вакуума внутри направляющей системы ТОРНАДО
Fig. 10. Distribution of the relative vacuum within the guide system TORNADO

При скорости ветра на подходе к электростанции 12 м/с величина $\Delta p/\rho$ на каждой из турбин в воздуховодах (3) на рис. 2 составит примерно $9 \times 72 = 648$ (м/с)², а максимальная снимаемая удельная мощность турбины с затенением 0,4 составит около $0,5 \cdot 1,25 \cdot (648)^{3/2} = 10,4$ кВт/м² при скорости лопастей $1,8 \cdot (648)^{1/2} = 45,8$ м/с. Частота вращения турбины $n = 60V/\pi D = 930,4/D$. При диаметре турбины 1 м частота вращения мотор-генератора может быть выбрана 1000 об/мин, а мощность, снимаемая с одной машины диаметром 1 м и длиной, например 2,4 м,

около 25 кВт. Центробежное ускорение, действующее на лопасти турбины, составит 428g. Можно кривые лопасти заменить участками прямых по схеме рис. 6 с длиной пролета лопасти между опорами 0,6 м и применить наши стандартные алюминиевые лопасти с хордой 160 мм, погонной массой 1,65 кг/м и допустимым изгибающим моментом 780 Нм. Скорость потока около лопастей при работе турбины в зоне максимума КПД не превышает 0,4 от скорости лопасти. Таким образом, относительная скорость воздуха равна 1,08 скорости лопасти, и аэродинами-

ческая погонная нагрузка на лопасть не превысит $0,16 \cdot 2 \cdot 1,25 \cdot (1,08 \cdot 45,8)^2 / 2 = 489$ Н/м. При центробежной нагрузке 6928 Н/м максимальный изгибающий момент в пролете составит $(6928 + 489)0,6^2 / 8 = 334$ Нм. Очевидно, турбина с нашими лопастями может быть использована.

Для того чтобы получить мощность 50 кВт при скорости ветра 12 м/с и коэффициенте мощности $C_p = 0,15$, отнесенным к площади поперечника башни, надо иметь башню диаметром 13 м и такой же высоты.

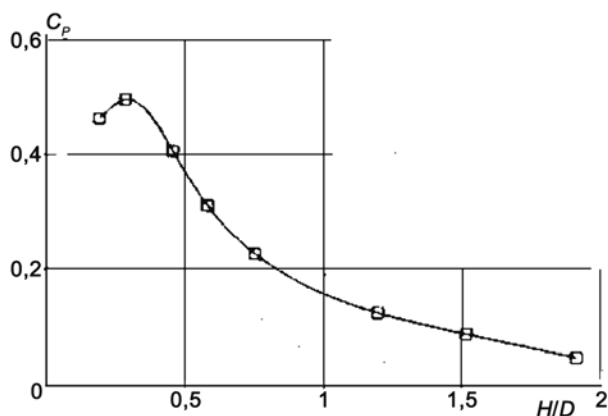


Рис. 11. Коэффициент энергетической эффективности системы в зависимости от формы (высоты) башни
Fig. 11. The energy efficiency ratio of the system depending on the shape (height) of the tower

В результате исследований предполагается повысить эффективность системы и снизить оптимальную высоту башни примерно в 3 раза (рис. 11) [6].

По периметру башни можно расположить 2 воздуховода с турбинами и генераторами мощностью 25 кВт каждый. Для этого площадь поперечного сечения каналов должна быть $2,4 \text{ м}^2$. При диаметре турбины 1 м частота вращения генератора может быть 1000 об/мин при номинальной скорости ветра и 750 или 500 об/мин при обычных малых скоростях ветра. Такие стандартные генераторы существуют.

Требуемым условиям отвечает, например, двигатель 5A225M12/6CH со скоростями полей 1000/500 об/мин, мощностью 25/15 кВт, массой 335 кг. При меньших мощностях ветростанции можно будет применить более высокооборотные (и более дешевые генераторы). При оптимальной высоте системы $H = 0,3D$ возможная мощность станции $P = 9,4D^2U^3 \cdot 10^{-5}$, кВт.

Главная особенность данного предложения состоит в возможности создания безвибрационных и бесшумных ветряков большой мощности без мультипликаторов со стандартным электротехническим оборудованием, что обещает низкую стоимость систем.

Подобное решение может быть использовано и для преобразования энергии течений воды.

Список литературы

1. Yen J.T. Tornado-Type Wind Energy System: Basic Consideration, 1976, BHRA, Cambridge, E4-47 – E4-64.
2. Лятхер В.М. Ортогональный энергетический агрегат для преобразования энергии потоков воды или воздуха. Патент РФ № 2462612, приоритет 04.07.2011, публикация 27.09.2012; Lyatkher V. Power Generating System, Patent US 8,461,712 B1, Jun.4, 2012.
3. Lyatkher V.M. Non-vibrating units for conversion of fluid stream energy, Patent US 7741729 B2, June 22, 2010.
4. Историк Б.Л. и др. // Гидротехническое строительство. 1998. № 12. С. 35-44.
5. DARPA Conference Call, Dr. Deborah Furey, Barbara K. McQuiston & Ray Ellis, January 7, 2010 @ 3 PM Eastern Time (2 PM Central Time), The TWECS Project's New Approach to the Tornado Wind Energy System (TWECS).
6. Ayad S.S. Numerical Study of the Performance of Tornado-Type Wind Energy Systems // J. Energy. 1983. Vol. 7, No. 2. P. 134-140.

References

1. Yen J.T. Tornado-Type Wind Energy System: Basic Consideration, 1976, BHRA, Cambridge, E4-47 – E4-64.
2. Lâther V.M. Ortogonal'nyj énergetičeskij agregat dlâ preobrazovaniâ énergii potokov vody ili vozduha. Patent RF № 2462612, prioritet 04.07.2011, publikaciâ 27.09.2012; Lyatkher V. Power Generating System, Patent US 8,461,712 B1, Jun.4, 2012.
3. Lyatkher V.M. Non-vibrating units for conversion of fluid stream energy, Patent US 7741729 B2, June 22, 2010.
4. Istorik B.L. i dr. // Gidrotehničeskoe stroitel'stvo. 1998. № 12. S. 35-44.
5. DARPA Conference Call, Dr. Deborah Furey, Barbara K. McQuiston & Ray Ellis, January 7, 2010 @ 3 PM Eastern Time (2 PM Central Time), The TWECS Project's New Approach to the Tornado Wind Energy System (TWECS).
6. Ayad S.S. Numerical Study of the Performance of Tornado-Type Wind Energy Systems // J. Energy. 1983. Vol. 7, No. 2. P. 134-140.

Транслитерация по ISO 9:1995