

УДК 44.39.29

БЕЗБАШЕННАЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

Ю. С. Лапшин

Экологическая академия последиplomного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины

ул. Урицкого, 35, г. Киев, 03035, Украина. E-mail: lanko@ua.fm

С. А. Ардашов

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: ardashov.serhiy@gmail.com

Дано описание конструкции ветроэнергетической установки принципиально нового типа, в которой вращение якоря электрогенератора обеспечивается за счет трансмиссии, приводимой в движение парусами. Выполнены расчеты по обоснованию работоспособности этой ветроэнергетической установки и определению условий её эксплуатации, обеспечивающих максимальную эффективность. Доказано, что КПД паруса, приведенного в рабочее состояние, можно довести до 20 %. Делается заключение, что, благодаря отсутствию башни и возможности использования ветроэнергетического потенциала высот 200–400 м, предложенная конструкция может составить конкуренцию традиционным и поисковым ветроэнергетическим системам. Намечены пути дальнейших исследований этой ветроэнергетической установки, в результате которых будут определены оптимальные параметры всех её звеньев и будет достигнута безопасность, долговечность и эффективность её эксплуатации.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, парашют, генератор, сила ветра.

БЕЗБАШЕННА ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА

Ю. С. Лапшин

Екологічна академія післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України

вул. Урицького, 35, м. Київ, 03035, Україна. E-mail: lanko@ua.fm

С. А. Ардашов

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: ardashov.serhiy@gmail.com

Надано опис конструкції вітроенергетичної установки принципово нового типу, в якій обертання якоря електрогенератора забезпечується за рахунок трансмісії, що приводиться в рух вітрилами. Виконано розрахунки з обґрунтування працездатності цієї вітроенергетичної установки і визначенню умов її експлуатації, що забезпечують максимальну ефективність. Доведено, що ККД вітрила, приведенного в робочий стан, можна довести до 20 %. Робиться висновок, що, завдяки відсутності башти і можливості використання вітроенергетичного потенціалу висот 200–400 м, запропонована конструкція може скласти конкуренцію традиційним і пошуковим вітроенергетичним системам. Намічено шляхи подальших досліджень цієї вітроенергетичної установки, в результаті яких будуть визначені оптимальні параметри всіх її ланок і буде досягнута безпека, довговічність і ефективність її експлуатації.

Ключові слова: вітроенергетична установка, парашут, генератор, сила вітру.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В настоящее время промышленные ветроэнергетические установки (ВЭУ) выпускаются в подавляющем большинстве пропеллерного типа. Небольшая доля рынка принадлежит ВЭУ типа Дарье. Остальные типы ветряков по разным причинам в настоящее время почти совсем не используются. Среди этих типов находятся и парусные ветряки. Их недостатки – малый КПД и сложность управления парусом – не оставляли для них перспектив практического применения. Однако значительное удешевление промышленной автоматики, и создание долговечных материалов, пригодных для изготовления парусов, открывают возможность применения парусных ветряков в современных промышленных ветроустановках.

Цель работы – создание конструкции ветроэнергетической установки принципиально нового типа, в которой вращение якоря электрогенератора обеспечивается за счет трансмиссии, приводимой в движение парусами.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В качестве прототипа была рассмотрена конструкция ВЭУ (рис. 1) [1].

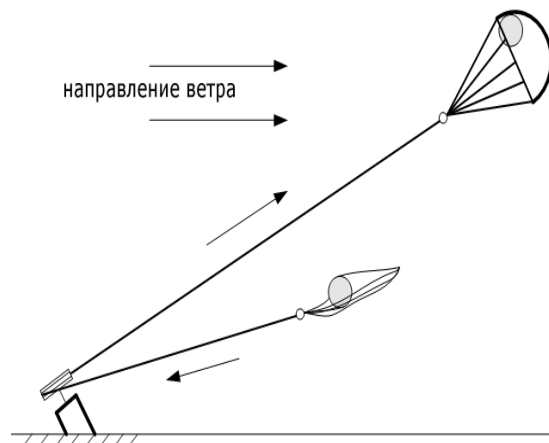


Рисунок 1 – Парашютный ветряк, состоящий из двух парашютов

На внешний вал генератора намотан трос, соединенный с парусом. Парус, совмещенный с небольшим аэростатом (шаром, который наполнен гелием), увлекаемый ветром, разматывает трос и заставляет вращаться вал генератора. Когда выбрана вся длина троса, парус переводится в положение минимального аэродинамического сопротивления и подтягивается назад с помощью второго парашюта, раскрытие которого начинается в момент завершения закрытия первого парашюта. В период времени от закрытия первого парашюта до раскрытия второго парашюта выполняется реверсное переключение, которое обеспечивает сохранение направления вращения ротора электрогенератора при изменении направления движения внешней части вала на противоположное направление. Поскольку после раскрытия второго парашюта, направление вращения внешней части вала изменится на противоположное. В продолжение всего периода отсутствия тягового усилия, якорь электрогенератора вращается по инерции, в основном за счет инерции маховика, находящегося на одном валу вращения с якорем электрогенератора.

Недостатками данного прототипа будет то, что цикл полноценной работы, когда парашют полностью раскрыт и движется в сторону ветра, будет достаточно короткий. К тому же в период возврата, сопротивление парашюта большое, потому что устройство, заложенное внутри, а именно шар, наполненный гелием, при обратном ходе, имеет тот же объем, что и при подъеме. В результате чего и создается дополнительное сопротивление.

Эти недостатки устранены в предлагаемых конструкциях (рис. 2).

Ветер, при появлении паруса 1 на подветренной стороне, начинает увлекать его, приводя в движение трос 2, к которому парус 2 жестко прикреплен. Трос 2 с помощью зубчатой или фрикционной передачи связан с валом генератора 3. После достижения парусом поворота, перед подъемным устройством 4, парус сворачивается и движется в сложенном состоянии к генератору. Таким образом, движение троса 2 будет происходить в одном направлении. Так осуществляется один цикл работы одного паруса, но в данной установке будет использовано несколько парашютов, что позволит избежать недостатков прототипа.

В нашем случае рабочая фаза имеет по времени такую же продолжительность, как и у прототипа, но мы устанавливаем как минимум 3 паруса, а не два, и поэтому период раскрытия и полноценной работы больше, чем у прототипа.

На обратном ходе парашют складывается и занимает малый объем, оказывая при этом минимальное аэродинамическое сопротивление движению.

Принципиальной новизной предлагаемой конструкции является наличие в ней элемента, условно названного «подъемным устройством» – 4.

Назначение этого элемента – фиксация точки окончания рабочего хода парусов на требуемой высоте и обеспечение условий для выполнения работы

по приведению паруса/парашюта в режим холостого (обратного) хода.

Основной деталью этого элемента является колесо (или несколько колес), по пазам обода которого/которых проходит и в них (пазах) надежно удерживается трос 2.

Эти требования к подъемному устройству 4 можно выполнить следующим путем:

- поместив колеса в каркас, который обеспечит надежное удержание троса в требуемом положении;
- снабдив подъемное устройство 4 средством подъема на надлежащую высоту, например аэростат в форме крыла, обладающего хорошим гидродинамическим качеством, или подъемное устройство, построенное по принципу вертолета.

Кроме того, для предотвращения закручивания, в случае использования подъемного устройства в виде аэростата, должен быть установлен груз 6, прикрепленный к оси колеса.

Независимо от того, какого типа будет это средство подъема, оно под действием ветра будет обеспечивать наличие дополнительной силы, разрывающей трос 2.

Это разрывающее трос усилие практически по ровну разделится между восходящей (рабочей) и нисходящей половинами этого троса.

Для обеспечения надежной работы данной ВЭУ, эта половина усилия должна значительно (с инженерным запасом) превосходить усилие, необходимое на перевод паруса/парашюта из рабочего состояния в положение его транспортировки (холостой ход).

Данная установка позволит использовать энергию ветра на высоте 200–400 м, где он в полтора–три раза сильнее, чем на земле, и менее подвержен колебаниям по силе и направлению.

В разработанной установке будут использоваться материалы, которым неопасна молния, но даже в случае необходимости подъемное устройство с помощью отдельного троса можно будет подтянуть и сложить в компактную форму и впоследствии убрать.

Проведем основные расчеты данной установки.

Кинетическая энергия воздушного потока – E определяется соотношением

$$A_v = \frac{mV^2}{2}, \quad (1)$$

где m – масса воздуха, V – скорость ветра.

Если принять скорость ветра – V , а скорость парашюта, с которой он будет двигаться – V_0 , то разница $(V-V_0)$ будет скоростью набегания ветра на парашют.

Тогда сила давления ветра на парашют определится из уравнения изменения количества движения воздушной массы под действием парашюта.

Если предположить, что вся масса воздуха в живом сечении, перекрываемом парашютом, под влиянием парашюта изменяет направление движения на 90 градусов, то имеет место соотношение:

$$Ft = k(V - V_0)^2 S \rho, \quad (2)$$

где F – сила воздействия ветра на парус, t – время действия этой силы (t = 1 с), k – коэффициент, учитывающий несовершенство нашего предположе-

ния об изменении направления воздушного потока под действием паруса, S – площадь живого сечения потока ветра, перехваченная парусом, ρ – плотность воздуха.

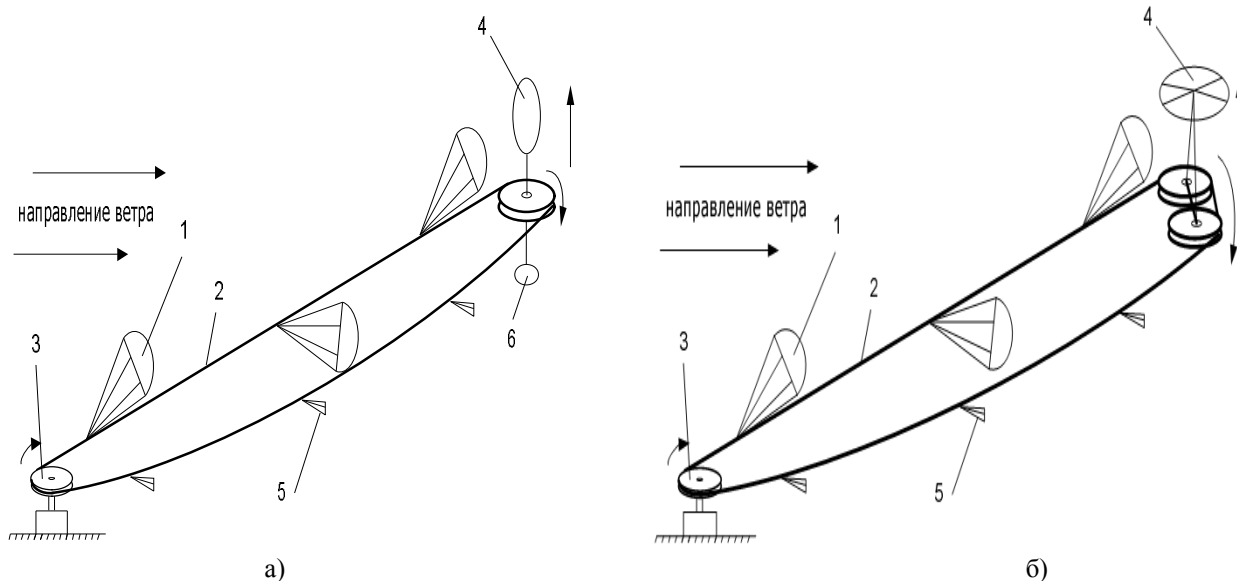


Рисунок 2 – Варианты исполнения безбашенной ветроэнергетической установки с использованием подъемного устройства: а) в виде аэростата, б) построенного по принципу вертолета

Работа A, которую выполнит парус под действием ветра за одну секунду, будет равна:

$$A = FV_0 = kV_0(V - V_0)^2 S \rho. \quad (3)$$

Представляет интерес величина соотношения – V_0/V , при котором значение A окажется максимальным.

Величину этого соотношения находим из условия равенства нулю производной функции A по V_0 .

$$\frac{dA}{dV_0} = \frac{kS\rho \cdot d(V_0(V^2 - 2VV_0 + V_0^2))}{dV_0} = \quad (4)$$

$$= kS\rho(V^2 - 4VV_0 + 3V_0^2) = 0.$$

Откуда, $V_0 = V/3$.

Вторая производная A по V_0 равна:

$$-4V + 6V_0 = -2V. \quad (5)$$

Она отрицательна. Следовательно, имеем максимум A в точке, где $V_0 = V/3$.

Принимаем: ρ – плотность воздуха ($\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ при температуре -15°C и атмосферном давлении 760 мм рт.ст.); k = 0,75; S = 1 м². Получаем:

$$A = 0,75 \cdot 4 \cdot \frac{1,25}{27} = 0,1389 V^3.$$

Энергия одного квадратного метра ветрового потока при тех же условиях будет равна:

$$E = \frac{1,25 \cdot V^3}{2} = 0,625 V^3.$$

Следовательно, коэффициент полезного действия нашего устройства будет – $0,1389/0,625 = 0,22$.

Этот результат получен в предположении отсутствия сопротивления движению троса. В действительности сопротивление за счет трения движущихся механических частей не велико. Однако, сопротивление, движению парусов при их холостом ходе, оказываемое встречным потоком ветра, может быть значительным. Поэтому необходимо произвести оценку величины этого сопротивления.

Определение энергетических потерь, вызываемых сопротивлением воздуха движению сложных парусов при их движении против ветра, выполняем по тем же принципам, что и определение эффективности работы паруса, т.е. с использованием формулы (3). Но в этом случае ветер будет не попутным, а встречным.

Следовательно, эта формула примет следующий вид:

$$A_n = k \cdot V_0 \cdot (V + V_0)^2 \cdot \rho \cdot S_m, \quad (6)$$

где A_n – потеря мощности, возникающая от перемещения каждого свернутого паруса, S_m – максимальная площадь поперечного сечения, свернутого паруса.

Остальные обозначения формулы (6) по смыслу совпадают с таковыми формулы (3).

Допустим, что в рассмотренном нами примере отношение S_m к S равно 1/100. В этом случае

$$A_n = k \cdot V^3 \cdot \rho \cdot S_m \cdot 16/27. \quad (7)$$

Откуда:

$$A_n = A/25. \quad (8)$$

Следовательно КПД нашего устройства в данном случае будет $0,22 \cdot 0,96 = 0,2112$.

Задачи дальнейших исследований – разработать оптимальную технологию, обеспечивающую надежность работы шкивной передачи. Эта технология должна уменьшить нагрузку на наиболее напряженный участок троса, за счет придания парусам формы, при которой в парусах появляется подъемная сила.

Определить оптимальные параметры конструкции (количество и размеры парусов, и расстояния между парусами (шаг)).

Разработать компьютерную систему управления и исполнительные механизмы для обеспечения работы устройства в оптимальном режиме.

Определить оптимальные параметры состоящего из отдельных фрагментов паруса, эффективность которого повышается за счет рыскания.

ВЫВОДЫ. Предложенная авторами ветроэнергетическая установка обеспечивает более чем 20 %-ную эффективность использования энергии ветрового потока.

Благодаря отсутствию башни и возможности использования ветроэнергетического потенциала высот 200–400 метров, конструкция может составить конкуренцию традиционным и поисковым ветроэнергетическим системам [2–5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Розин М.Н. Парашютный ветряк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosinmn.ru/vetro/doclad.htm>.
2. Роспатент RU (11) 2045683 (13) C1 (51) 6 F03D11/00. Ветроэнергетическая установка. /Лапшин Ю.С., Лихачев О.К., Голубцова Н.Ю., Милецкая С.А.; заявл 07.07.1992, опубл. 10.10.1995.
3. А.с. СССР № 1164458. Устройство для отклонения ветрового потока / Лапшин Ю.С., Тромшинская Т.Г.; заявл. 28.05.1982, опубл. 30.06.1985, Бюл. № 24. – 4 с.
4. А.с. СССР № 1000583. Ветроэлектростанция. / Лапшин Ю.С., Степаненко В.Н., Кleshchev В.В., Юрченко В.М.; заяв. 18.11.1981, опубл. 28.02.1983, Бюл. № 8. – 5 с.
5. А.с. СССР № 1021805. Устройство для отклонения ветрового потока / Лапшин Ю.С.; заяв. 12.09.1980, опубл. 07.06.1983, Бюл. № 21. – 4 с.

A TOWERLESS WIND POWER PLANT

Y. Lapshin

Environmental Academy of Postgraduate Education and Management of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine

vul. Uritskogo, 35, Kyiv, 03035, Ukraine. E-mail: lanko@ua.fm

S. Ardashov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: ardashov.serhiy@gmail.com

The authors have described the wind power plant design of a brand new type, in which the rotation of an armature is provided by an electric transmission driven by sails. The calculations to validate the feasibility and performance of the wind power plant as well as conditions for its maximum efficiency operation are presented. It is proved that the efficiency of sails operating can be enhanced up to 20%. It is concluded that, due to the absence of a tower and possibility of use of a wind power potential of such heights as 200 - 400 meters, the proposed design may compete against the traditional search engines and wind energy systems. The authors have discussed the ways for further research of the wind power plant, which would result in determination of the optimal parameters of all components of the plant, its safety, durability and operation efficiency.

Key words: wind power installations, parachute, generator, wind power.

REFERENCES

1. Rozin, M.N. «Parachute wind motor», available at: <http://rosinmn.ru/vetro/doclad.htm>.
2. Rospatent number RU (11) 2045683 (13) C1 (51) 6 F03D11/00. A tower wind power installations Lapshin Y.S., Likhachev O.K., Golubtsova N.Y., Miletzkaya S.A., 10.10.1995.
3. Certificate of authorship USSR № 1164458. Device for deflecting wind flow / Lapshin, Y.S., Tromshchinskaya, T.G.; 30.06.1985.
4. Certificate of authorship USSR № 1000583. Wind driven electric power station. / Lapshin, Y.S., Stepanenko, V.K., Kleshchev, V.V., Yurchenko, V.M., 28.02.1983.
5. Certificate of authorship USSR № 1000583. Arrangement for deflecting wind stream / Lapshin, Y.S. 07.06.1983.

Стаття надійшла 24.04.2013.