

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГО ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ

УДК 504.061:502.33

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЕРНЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лапшин Ю.С.

Экологическая академия последипломного
образования и управления Министерства экологии и природных
ресурсов Украины (в дальнейшем – Академия).Ул. Митрополита Василя Липковского, 35, 03035, г. Киев
deabgd@mail.ru

Стаття висвітлює результати дослідження нових вітроенергетичних технологій. Суть цих технологій - використання енергії вітру великих висот (від 300 м) за допомогою вітрил або повітряного змія / аеростата. Висока ефективність цих технологій досяжна при середньорічній швидкості вітру приземного шару (висота - до 10м) не вище 5м / с, що особливо актуально для більшої частини території України. У роботі відображені дослідження по заміні дорогого гелію, що забезпечує підйомну силу аеростата більш дешевими матеріалами, але вимагають (для підтримки підйомної сили) безперервної енергетичного підживлення. Аеростат наповнюється газом / паром з високою температурою. Забезпечення оболонці аеростата високих теплоізоляційних властивостей веде до збільшення її ваги і подорожчання. З іншого боку, зменшуються витрати на компенсацію теплових втрат. У статті дається оцінка вітроенергетичних ресурсів України з урахуванням використання енергії вітру висот, недоступних традиційної вітроенергетики. Дається розрахунок, що підтверджує працездатність і ефективність електростанції потужністю 2 МВт. Розрахунок виконаний з урахуванням внутрішнього тиску аеростата. Отримано аналітичні залежності для визначення параметрів леєра рівносилового перетину. *Ключові слова:* леєр, аеростат, вітросилові установки.

Статья являет освещающей результаты исследования новых ветроэнергетических технологий. Суть этих технологий - использование энергии ветра больших высот (от 300 м) с помощью парусов или воздушного змея/аэростата. Высокая эффективность этих технологий достигается при среднегодовой скорости ветра приземного слоя (высота – до 10м) не превыше 5м/с, что особенно актуально для большей части территории Украины. В работе отражены исследования по замене дорогого гелия, обеспечивающего подъемную силу аэростата более дешевыми материалами, но требующими (для поддержания подъемной силы) непрерывной энергетической подпитки. Аэростат наполняется газом/паром с высокой температурой. Обеспечение оболочке аэростата высоких теплоизоляционных свойств ведет к увеличению её веса и удорожанию. С другой стороны, уменьшаются затраты на компенсацию тепловых потерь. В статье дается оценка ветроэнергетическому ресурсу Украины с учетом использования энергии ветра высот, недоступных традиционной ветроэнергетике. Дается расчет, подтверждающий работоспособность и эффектив-

ность электростанции мощностью 2 МВт. Расчет выполнен с учетом внутреннего давления аэростата. Получены аналитические зависимости для определения параметров леєра равнопрочного сечения. *Ключевые слова:* леєр, аэростат, ветросиловая установка.

Article is to highlight the results of the research of new wind power technologies and materials. The essence of these technologies - the use of wind energy at high altitudes (300 m), with the help of sails or the means of a kite / balloon. The high efficiency of these technologies dos Tiga at an average annual wind speed of the surface layer (height - up to 10m) is not exceeded 5 m / s, which is especially important for most of the territory of Ukraine. The paper reflects the research for the replacement of expensive helium balloon lifting force providing cheaper materials, but require (to maintain lift) of a continuous energy supply. The balloon inflates / steam at high temperature. Ensuring the envelope is of high thermal insulation properties increases its weight and expensive. On the other hand, decreasing costs for compensation of heat losses. The article assesses the wind energy resources in Ukraine with the Use-tion of wind energy heights inaccessible to traditional wind power. Given calculation, confirming efficiency and effectiveness of power capacity of 2 MW. The calculation is performed taking into account the internal pressure of the balloon. Analytical dependences for determining the parameters of a rail section equally strong. *Keywords:* Guard rails, airships, wind power installation....

Актуальность работы

Статья являет освещающей результаты исследования новых ветроэнергетических технологий. Суть этих технологий - использование энергии ветра больших высот (от 300 м) с помощью парусов или воздушного змея/аэростата. В настоящее время Украина нуждается в срочной разработке и освоении таких средств, которые обеспечат её независимость от российского природного газа. Представляются очевидными следующие направления развития, которые в короткий срок (несколько месяцев) могут привести к цели. Это энергосбережение, повышение энергоэффективности, освоение и использование собственных биоресурсов (в основном применение технологии получения биогаза на основе анаэробного брожения) и освоение собственных возобновляемых источников энергии, в первую очередь, энергии ветра. По оценкам авторов, ветроэнергетический потенциал Украины достаточен для удовлетворения всех её энергетических потребностей. Авторы являются сторонниками леєрных ветроэнерге-

тических технологий [1,2,3,4,5,6,7,8]. Эти технологии способны обеспечить освоение ветроэнергетического потенциала 500 – метровой высоты на всей территории Украины без строительства дорогостоящих фундаментов. Не требуют изготовления монтаж опорных мачт не нужны механизмы, обеспечивающие ориентацию ветровой электростанции на ветер. Их изготовление не требует дорогостоящих материалов и высокой точности исполнения оборудования. Некоторые варианты леєрной технологии имеют сложный в изготовлении узел – пропеллерное ветроколесо. Но благодаря большому спросу него массовое производство цена на него доступна. В Украине (до военных действий на востоке) эта продукция выпускалась в Краматорске. Есть надежда, что это производство в ближайшее время будет восстановлено. В настоящее время технологией изготовления пропеллеров в Украине владеет днепропетровское предприятие ЮЖМАШ.

Основное достоинство леєрной энергетики – её способность использовать энергетический потенциал ветра больших высот. Согласно Розину

М.Н., ростом высоты и скорость ветра выражается зависимостью:

$$V_2 = V_1(h_2/h_1)^{0,2}, \quad (1)$$

где V_2 и h_2 – скорость ветра и высота верхнего уровня, а V_1 и h_1 – нижнего уровня [1].

Результаты исследований

Известно, что на большей территории Украины среднегодовая скорость ветра приземного слоя (высота до 10 м) находится в пределах 4,5 – 5м/сек [2]. На основе (1) определим удельную (на 1 м² живого сечения потока ветра) мощность ветра (Е) для других высотных отметок. При $V_1 = 4,5$ м/сек, $h_1 = 10$ м. и среднее для всех высот значение удельного веса воздуха 1,25кг/м³, получаем результат, приведенный в таблице 1. Расчет выполнен по формуле:

$$E = 1,25 * V_2^3 / (2g) \text{ кгм/сек}, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения с учетом (1), т.е. на высоте 10 м значение E определится выражением: $E = 1,25 * 4,5^3 / (2 * 9,81) \text{ кгм/сек} = 5,8 \text{ кгм/сек}$.

Таким образом, на всей территории Украины с помощью высотного энергоресурса можно обеспечить местное энергоснабжение. Лучшими условиями для размещения леерных ветросиловых установок будут: мелководные лиманы, Азовское море, Сиваш т.е. неглубокие водоёмы с повышенным содержанием солей. Последнее условие упрощает решение задачи громотвода. Вторая причина их привлекательности – эти территории, как правило, менее востребованы и могут использоваться с меньшим ущербом для народного хозяйства.

Таблица 1.

h_2/h_1	V_2/V_1	V_2	Е	Кратность увеличения удельной мощности
	М	м/сек	(кгм/сек)/Вт.	Во сколько раз
1	1	4,5	5,8056/56,9	1
2	1,148698	5,169141	8,7995/86,2700	1,5157
3	1,245730	5,605785	11,2233/110,0331	1,9332
4	1,313508	5,937786	13,1563/1289867	2,2662
5	1,379729	6,2087785	15,2478/149,4885	2,6264
10	1,584893	7,1320185	23,1109/226,5774	3,9808
15	1,718771	7,7344695	29,3426/287,6731	5,0542
20	1,820564	8,192538	35,0298/343,4296	6,0338
25	1,903654	8,566443	39,9233/391,4055	6,8767
30	1,974350	8,884575	44,6793/438,0325	7,6959
40	2,091279	9,4107555	53,0951/520,5403	9,1455
50	2,186724	9,840258	60,7033/595,1309	10,4560
60	2,267933	10,205698	66,3696/650,6823	11,4320
70	2,338942	10,525239	74,2814/728,2490	12,7948
80	2,402248	10,810116	80,4772/788,9921	13,8620
90	2,459509	11,067905	86,3745/846,8093	14,8778
100	2,511886	11,303487	92,0030/901,9910	15,8473
150	2,724069	12,2583105	117,3456/1150,4479	20,2125

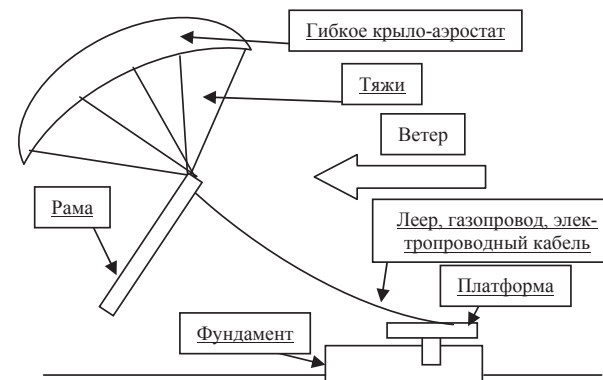


Рис.1.

Авторы рассматривают различные леерные варианты [2,3,4,5,6,7,8] и намерены исследовать возможности конструкции, в которой рама с ветроколесами и генераторами поддерживается на высоте аэростатом регулируемого объема. Аэростат совмещен с гибким крылом и при достаточной силе ветра работает в режиме гибкого крыла. На этот период легкий газ из аэростата перекачивается в баллон. Баллон и компрессор могут находиться на высоте или на земной поверхности. Во втором случае легкий газ от аэростата к баллону подается по гибкому трубопроводу (рис. 1).

В этой конструкции наиболее ответственными элементами являются гибкое крыло-аэростат и леер. В работе исследуются варианты оптимизации их параметров. Изготовление оболочки аэростата не представляет трудностей. Промышленность способна поставлять легкие кордовые материалы в достаточном количестве и по доступным ценам. Наибольшую проблему представляет высокая цена и ограниченность ресурсов гелия. Ес-

ли ветроэнергетическая технология потеснит углеводородную технологию, основанную на использовании углеводородных ископаемых, то цена на гелий возрастет, поскольку на сегодня гелий добывается из отходов газа и нефтедобывающих производств. Целью данного исследования является обоснование надежности работы заменяющих гелий газовых смесей и оптимизация параметров леера. Поскольку стоимость ветроэнергетической установки включает стоимость материалов, стоимость стандартного оборудования, расходы на изготовление и монтаж, то стоимость капитальных затрат на единицу мощности будет тем меньше, чем больше мощность электростанции. Такова зависимость и эксплуатационных расходов. Для нашей конструкции эти утверждения совершенно очевидны. Рассмотрим аэростат в форме шара радиуса – r . Шар разделен внутренними легкими гибкими перегородками на отсеки. Подъемная сила пропорциональна его объему – V . $V = 4\pi r^3/3$. Принимая, что удельный вес воздушной среды, в которой находится

аэростат, $1,2 \text{ кг/м}^3$. В дальнейшем покажем, что мы сможем технически обеспечить и поддерживать значение удельного веса наполняющей воздушный шар газовой смеси в диапазоне $0,3 - 0,5 \text{ кг/м}^3$. Далее в расчетах будем использовать среднее значение $- 0,4 \text{ кг/м}^3$. Таким образом, получаем, что подъёмная сила одного кубического метра газовой смеси составляет $0,8 \text{ кг/м}^3$. В дальнейших расчетах будем считать, что 1 м^2 оболочки аэростата весит $1,5 \text{ кг}$. Определим размеры воздушного шара для ветроэлектростанции мощностью 2 МВт для случая максимальной нагрузки. Максимальная нагрузка на аэростат будет при отсутствии ветра. Чем сильнее ветер, тем больше величины подъёмных сил, возникающих за счет отклонения рамы от вертикали и аэродинамических условий обтекания ветром аэростата. Вес рамы с ветроколесами и электрогенераторами (Р) будем принимать равным весу двух электрогенераторов с такой характеристикой каждого их них: производитель – GESAN, максимальная мощность – $1110,0 \text{ кВт}$, дизель привод, расход топлива – 202 л/ч , вес 6700 кг . Разумеется, что из всего перечисленного в нашей конструкции будет использован только аналогичный электрогенератор. Принимаем, что детали нашей рамы, её подвески и ветроколеса примерно равны по весу деталям: дизель привода, рамы и механизма запуска электрогенератора. Таким образом, $P = 13400 \text{ кг}$. Принимаем, что леер имеет постоянное по длине сечение, а его вес определяется удельным весом (3 т/м^3), длиной (1000 м) и переменной по длине леера площадью поперечного сечения. Площадь поперечного сечения леера находим из условия допустимой прочности на разрыв (1500 кг/см^2) и вели-

чины усилий, отрывающих леер от аэростата и рамы. При нулевой скорости ветра сила, отрывающая леер от аэростата, равна весу леера. Обозначим символом S_0 площадь поперечного сечения леера в месте его крепления к платформе. Для определения изменения площади поперечного сечения по длине леера составляем следующее дифференциальное уравнение, обозначив величину разрывающего леер усилия символом P_L :

$$dP_L = \gamma S dl, \quad (3)$$

где: γ – удельный вес леера в кг/м^3 , S – площадь поперечного сечения леера на расстоянии l (в метрах) от места крепления леера к платформе. С другой стороны, из условия прочности леера в рассматриваемом сечении, имеем:

$$P_L = \sigma S. \quad (4)$$

Из (3) и (4) следует:

$$\sigma dS = \gamma S dl. \quad (5)$$

Разделяем переменные и интегрируем. В результате получаем:

$$l = (\sigma/\gamma) * \ln S + C, \quad (6)$$

где C – постоянная интегрирования. Значение C определяем из следующего условия: площадь поперечного сечения леера равна S_0 при $l = 0$ т.е. $C = - (\sigma/\gamma) * \ln S_0$. Следовательно, изменение площади поперечного сечения равнопрочного леера по длине определяется следующим уравнением:

$$l = (\sigma/\gamma) * \ln(S/S_0). \quad (7)$$

$$\text{откуда } S = S_0 * e^{(\gamma/\sigma)l}. \quad (8)$$

Объём тела леера V определяется выражением

$$V = \int_0^L S dl. \quad (9)$$

где L – длина леера. Из (8) и (9), после интегрирования, получаем:

$$V = S_0 * (\sigma/\gamma) * e^{L(\gamma/\sigma)} - S_0 \sigma/\gamma \quad (10)$$

Очевидно, что общий вес леера G определяется уравнением:

$$G = S_0 * \sigma * e^{L(\gamma/\sigma)} - S_0 \sigma. \quad (11)$$

Таблица 2 содержит результаты вычислений по формуле (11) и определенные для тех же условий ($S_0 = 1 \text{ м}^2$, $\sigma = 1500 \text{ кг/см}^2$, $\gamma = 3000 \text{ кг/м}^3$) значения G_p для леера постоянного по его длине сечения, которые определялись по формуле:

$$G_p = \gamma L S_0 \sigma / (\sigma - \gamma L). \quad (12)$$

Отметим, что при $L = 5000 \text{ м}$ леер постоянного сечения несет нулевую нагрузку, а при большей длине (для принятого нами материала) обрывается под действием собственного веса. Вес леера равнопрочного сечения пяти километровой длины, который выдерживает нагрузку 15000 т , сам будет весить 25650 т . Пока покорение больших высот с их стабильными ураганскими ветрами (высота 5 км) технически недостижимо. К осуществлению этой мечты нас могут приблизить горные вершины и разработка новых сверхпрочных и легких материалов (надежда на нанотрубки). Пока следует сосредоточиться на освоении ветроэнергетического потенциала высот диапазона $500 - 2000 \text{ м}$.

Таблица 2

Lm	Gтонн	Gp тонн	Gp/G
500	1572,51	1666,67	1,06
1000	3309,86	3750,00	1,13
1500	5229,36	6428,57	1,23
2000	7350,07	10000,00	1,36
4000	18301,72	60000,00	3,28

Определяем максимальное усилие, действующее на леер. Полагая, что КПД ветроколеса равно $0,4$ и принимая (в запас расчета) 100 - процентную потерю энергии ветра при прохождении через ветроколесо, получим значение горизонтальной составляющей усилия ветра F_{pr} , набегающего на раму со скоростью 9 м/с :

$$F_{pr} = 2220 * 102 * 2 / (9 * 0,4) \text{ кг} = 125800 \text{ кг}.$$

Горизонтальная составляющая давления ветра на аэростат в случае, когда аэростат функционирует как гибкое крыло, зависит от гидродинамического качества этого крыла. Предложим, что его гидродинамическое качество таково, что при нем подъёмная сила в три раза превосходит горизонтальную составляющую давления ветра на крыло-аэростат. При наличии ветра рама будет обладать подъёмной силой. Но мы пренебрегаем этим фактом в запас расчета. Положим, что основную весовую нагрузку на аэростат создают леер и рама, а суммарный вес прочего оборудования (громоотвод, электропроводный кабель или высоковольтная система передачи выработанной энергии до наземного пользователя, компрессор или шланг, проводящий газ от баллона газохранилища до аэростата и обратно внутренних перегородок аэростата) не превышает 10% от веса рамы то составляется уравнение:

$$0,8 \text{ кг/м}^3 * V = F_L + 1,1P + F_0 \quad (13)$$

где: F_L – вес леера, F_0 – вес оболочки аэростата

$$F_L = 3000 \text{ кг/м}^3 * 1000 \text{ м} * S_L. \quad (14)$$

где S_L – площадь поперечного сечения леера в м^2 . Эта площадь определяется из условия прочности. Усилие, которое разрывает леер P_L , складывается из двух сил: вертикальной составляющей, которая равна весу леера, и горизонтальной силы (давление ветра на аэростат и раму). т.е.

$$P_L = \sqrt{(F_{pr} + F_{pr})^2 + (F_L)^2} \quad (15)$$

$$\text{где } F_{pr} = F_L / 3.$$

Из условия достижения требуемой прочности леера следует:

$$S_L = P_L / 15000000 \text{ кг/м}^2. \quad (16)$$

$$F_L = \sqrt{((F_L / 3 + F_{pr})^2 + (F_L)^2)} / 5 \text{ кг} \quad (17)$$

из чего

$$25 F_{\text{л}}^2 = (F_{\text{л}}/3 + F_{\text{пр}})^2 + (F_{\text{л}})^2. \quad (18)$$

Если $F_{\text{л}} = 27,613 \text{ тн}$, то следовательно, $S_{\text{л}} = 0,0092 \text{ м}^2$. Диаметр круга (поперечного сечения) – 0,108 м. Из (13) определяем радиус шара (аэростата).

$$3,2 \pi r^3 / 3 = 27613 + 13400 * 1,1 + 6 \pi r^2.$$

$$\text{Откуда } r = 25,82 \text{ м. } V = 72103,66 \text{ м}^3.$$

Площадь поверхности шара будет равна - $4 \pi r^2 = 8378 \text{ м}^2$. Вес оболочки аэростата – 12 567 кг.

Описание принципа изготовления, монтажа и работы конструкции изложены в статье «К вопросу об эффективности ветроэнергетических технологий» №6 за 2014 г. журнала «Экологические науки».

Газ, наполнитель аэростата

Раздел с такой тематикой также имеется в указанной публикации, но автор считает целесообразным рассмотреть этот вопрос шире и приводит его основной текст повторно с дополнениями и комментариями, адаптировав его содержание к рассматриваемому случаю.

Водород опасен - он пожаро- и взрывоопасен. В требуемых количествах гелий – недоступен. Один из путей решения вопроса - использование смеси водород – азот (формиргаз) в которой в диапазоне (по объёму) азот 25% и 75% водорода считается не взрывоопасной. Верхний предел этой смеси получается в результате нагревания аммиака при температуре несколько выше 900°C . Цена – доступна. Удельный вес смеси удовлетворяет нашим требованиям, но задачу не решает – смесь горит в воздухе. Уровень пожаробезопасности можно значительно повысить, если уменьшить процентное содержание водорода в смеси. Однако это приведет к увеличению удельного веса и, соответственно, умень-

шению грузоподъёмности. Проблему можно решить следующим путем: смесь нагреть до требуемой температуры, эту температуру поддерживать, разместив внутри каждого отсека лампы накаливания. При этом (с целью увеличения срока службы ламп) подавать на них напряжение на 20 - 30 процентов ниже номинального. Нагрев и поддержание температуры можно осуществить и без затрат электроэнергии по принципу, изложенному в [9,10,11]. Т.е. оборудование для осуществления этой технологии не требует больших затрат. Но поддержание этой температуры вызовет большие энергетические потери. Для их уменьшения потребуется теплоизоляция всей оболочки аэростата. Эта задача не очень сложна. Промышленность выпускает легкие и высококачественные теплоизоляционные материалы. Выполним расчет тепловых потерь при теплоизоляции из хлопковой ваты, коэффициент теплопроводности которой $62 * 10^{-6} \text{ кал/см}^3 * \text{сек}^3 * \text{град}$ [12]. При толщине теплоизоляционного слоя 10 см тепловые потери составят $0,0149 \text{ Вт/(м}^2 * \text{град)}$. Если аэростат наполнить воздухом, то в силу газовых законов ($1,2 = 0,4(1 + T/273)$) при разнице температур внутри аэростата и за бортом 546 град достигается требуемая грузоподъёмность. При этом мощность тепловых потерь установки составит - $546 * 0,0149 * 8378 = 68158 \text{ Вт}$ или 3,4% от мощности электростанции эта величина тепловых потерь завышена. В расчетах не учтены тепловые сопротивления, возникающие при теплообмене стенки с окружающей средой, например, наличие ламинарного пристеночного слоя. Кроме того, теплоизоляция может быть усовершенствована выпол-

нением её в виде многослойных экранов. Препятствием может оказаться высокая температура, которая ограничит применение дешевых, но не теплостойких материалов. Предлагаем для рассмотрения простой путь снижения внутренней температуры наполнителя: осуществим наполнение аэростата не воздухом, а водяным паром. В этом случае для достижения нужной грузоподъёмности потребуется температура, определяемая из соотношения $0,777277 = 0,4(1 + T/273)$, т.е. $257,49^\circ\text{C}$. Поясним, что в последней формуле вместо значения удельного веса воздуха - $1,2 \text{ кг/м}^3$ принят его (удельного веса) эквивалент для водяного пара - $0,777277 \text{ кг/м}^3$, что следует из разницы усредненного молекулярного веса воздуха молекулярного веса воды. Соответственно, при этом потери энергии при принятой нами теплоизоляции составят – $257,49 * 0,0149 * 8378 = 32143 \text{ Вт}$. т.е. 1.6% от вырабатываемой мощности. Использование водяного пара в качестве легкого газа для наполнения аэростата (без водорода) снимает с повестки дня рассмотрение вопроса о пожарной опасности. Однако, приведение установки в рабочее состояние будет связано с энергетическими затратами на испарение воды и доведение пара до требуемой температуры в объёме: $0,4 * 72103 * (537 + 90 + 257,49) / 860 \text{ кВтч} = 29662,5 \text{ кВтч}$. Кроме того, для поддержания необходимого избыточного давления в аэростате (0,0021 атмосферы), которое обусловлено поддерживаемым аэростатом грузом (54920 кг), требуется поддерживать внутреннюю температуру выше расчетной на $0,57^\circ\text{C}$.

Задачи дальнейших исследований

Принятые нами (с целью упрощения расчетов) предпосылки: допущение о стопроцентной потере энергии ветра при прохождении ветра через ветроколесо, отказ от учета подъёмной силы рамы, которая (сила) возникает в результате отклонения рамы (под действием ветра) от вертикали, дали завышенную оценку веса леера. Т.е. запас прочности леера очень велик. Следует выполнить исследования и определить величину этого резерва надёжности.

Разработка системы автоматического управления установкой посредством компьютерной программы: решение вопросов автоматического приведения в рабочее состояние и выведение из него (приземление), управление формой аэростата в зависимости от скорости и характера (порывистости) ветра.

Выбор типа громоотвода и его конструкции (громоотвод может быть совмещен с леером, но может напрямую поддерживать контакт с заземленной шиной, расположенной на поверхности Земли).

Исследование возможности освоения энергии ветра больших высот (порядка 5 км) с помощью многоступенчатой пирамиды (рассмотренный вариант без рамы является первой ступенью этой пирамиды, а рама будет только на самой верхней ступени).

Выводы

Предложенная конструкция ветроэнергетической установки может составить конкуренцию ныне распространенным башенным ветровым электростанциям.

Экономические показатели предложенного варианта ветроэнергетической установки улучшаются с увеличением мощности её установки.

Рассмотренный (теоретически) вариант показывает свидетельствует о целесообразности его изготовления и апробации.

Преимущества предложенного варианта по сравнению с электростанциями, работающими на дизельном топливе, в экономии 404 л /час дизтоплива и предотвращении вредных выбросов в атмосферу.

Литература

1. Розин Н.М. «Парашютный ветряк» Доклад на Международной конференции «Возобновляемая и малая энергетика». Москва. 10.06.09.
2. Ардашов С.А. Лапшин Ю.С. Анализ ветроэнергетики Украины и выявление перспектив её развития / Матер.ХІ Міжнар. Наук.-техн. конф. «Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації»: КрНУ ім. М. Остроградського. Кременчук. 2013.
3. Лапшин Ю.С., Степаненко В.Н., Клецов В.В., Юрченко / В.М.; . Авторское свидетельство СССР № 1000583. Ветроэлектростанция. / заяв. 18.11.1981, опубл. 28.02.1983, Бюл. №8.
4. Авторское свидетельство СССР № 1164458. Устройство для отклонения ветрового потока. / Лапшин Ю.С., Тромшинская Т.Г.; заявл. 28.05.1982, опубл. 30.06.1985, Бюл. № 24
5. Лапшин Ю.С. Ардашов С.А. Безбашенная ветроэнергетическая установка / Вестник КрНУ им. М. Остроградского. Выпуск 3, Кременчуг. 2013.
6. . Лапшин Ю.С. об увеличении производительности гидроэлектростанций за счет перекачки воды из нижнего бьефа в верхний бьеф водохранилищ ветросиловыми установками / Вестник КрНУ им. М. Остроградского. Выпуск 5, Кременчуг. 2013
7. Лапшин Ю.С., Лихачев О.К., Голубцова Н.Ю., Милецкая С.А. Ветроэнергетическая установка.; Авторское свидетельство СССР № 1021805. Роспатент RU (11) 2045683 (13) C1 (51) 6 F03D11/00 заявл 07.07.1992, опубл. 10.10.1995
8. Устройство для отклонения ветрового потока. / Лапшин Ю.С.; заяв. 12.09.1980, опубл. 07.06.1983, Бюл. № 21
9. Седых Н.А. Ветер и возобновляемая энергетика. Винахідник і раціоналізатор, № 1. – 2012р. С.7 – 10.
10. Свен Уделл. Солнечная и другие альтернативные источники энергии. Москва, Знание. 1980. 88 с.
11. Дж. Твайделл, А.Уейр. Возобновляемые источники энергии / Перевод с английского. Москва. Энергоатомиздат. 1990. 392 с.
12. И.К. Кикоин. Таблицы физических величин. М.: Атомиздат. 1976.

УДК 504.37

НОВИЙ ЕТАП РОЗВИТКУ ОСВІТИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ

Сташук А.І.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м.Київ
dei2005@ukr.net

Розглянуто актуальні питання розвитку освіти для сталого розвитку у світі та Україні, основні існуючі та перспективні міжнародні акти у цій сфері. Проаналізовано формування нормативно-правової бази, політичних та організаційних механізмів розвитку освіти для сталого розвитку в Україні, визначено основні напрями їх удосконалення. *Ключові слова:* освіта для сталого розвитку, міжнародні та національні стратегічні та програмні документи.

Новый этап развития образования для устойчивого развития в мире и Украине.
Сташук А. И. Рассмотрены актуальные вопросы развития образования для устойчивого развития в мире и Украине, основные существующие и перспективные международные акты в этой сфере. Проведен анализ формирования нормативно-правовой базы, политических и организационных механизмов развития образования для устойчивого развития в Украине, определены основные направления их совершенствования. *Ключевые слова:* образование для устойчивого развития, международные и национальные стратегические и программные документы.

A new phase of education for sustainable development in the world and Ukraine.
Stashuk A. Discusses topical issues in education for sustainable development in the world and Ukraine, main existing and future international instruments in this field. The analysis of the formation of the legal framework, policy and institutional mechanisms for the development of education for sustainable development in Ukraine, the main directions of improving them. *Keywords:* education for sustainable development, international and national strategic and policy documents.

Однією з цілей Порядку денного на ХХІ століття, прийнятого Конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) стало вдосконалення та переорієнтація освіти з метою перетворення концепції сталого розвитку на систему духовних і професійних установок людства.

Всесвітній Саміт з питань сталого розвитку (Йоганнесбург, ПАР, 2002 р.) запропонував розглядати освіту в галузі сталого розвитку в якості одного з основних пріоритетів досягнення

нових цілей розвитку тисячоліття. Ця модель об'єднала екологічну освіту та освіту в галузі економіки, охорони здоров'я та соціальних проблем і передбачає перехід до міждисциплінарних знань, що базуються на гармонізації взаємовідносин людини, суспільства і природи, в інтересах майбутніх поколінь.

На досягнення сталого розвитку спрямована резолюція про Десятиліття освіти для сталого розвитку з 2005 по 2014 рік (далі – Десятиліття) прийнята Генеральною