

ваемости способна противостоять внешним воздействиям (ураганы, землетрясения, обледенения) значительной величины.

Данная публикация не затрагивает физико-математических отражений предлагаемой идеи, но очевидно – соответствующие расчеты не превышают трудностей обычного сопромата.

Гиперколесо может служить не только аттракционным, развлекательным целям, но и стать основой создания мощных ветроэнергоустановок, а также различных водоподъемников в системах орошения и канального водоснабжения, крупных машин ряда технологий.

Предполагаемые (подлежащие расчетным уточнениям) габаритные, энергетические, компоновочные, материаловедческие характеристики:

- максимальный диаметр колеса 100-200 метров,
- расстояние между кольцами колеса 5-10 метров,
- ширина кольца по радиусу 1-5 метров,
- количество кабин вместимостью 4-6 человек или других аналогичных объектов 20-30 шт.,
- максимальная вырабатываемая мощность для варианта ветроэнергоустановок 10-50 МВт,
- мощность привода для варианта обзорного колеса или другого аттракционного оборудования 0,5-1 МВт,
- общая масса (конструкция плюс движимый груз) 500-700 т,
- время одного оборота 5-10 мин.,

УДК 620.9

Северянин В.С.

ВЕТРОЭНЕРГОУСТАНОВКА С ТРОСОВЫМ ПРИВОДОМ

Введение

В настоящее время наибольшее распространение получили малоллопастные высокоскоростные ветроэнергоустановки. Они представляют собой комплекс, состоящий из ветроколеса (ветротурбина, ветродвигатель, крыльчатка, махи и т.п.), воспринимающего кинетическую энергию воздушного потока, башни (стойка, колонна, вышка), выносящей ветроколесо на определенную высоту, электрогенератора у ветроколеса на верхней части башни. Так как электрогенератор механического типа, требуется редуктор, повышающий обороты после ветроколеса. Несмотря на «бесплатность» исходного энергоресурса, продукция ветроэлектростанций – дорогой товар, обусловленный большими капитальными затратами. К упомянутым элементам следует добавить электрическую часть (выпрямители, аккумуляторы, преобразователи, регуляторы, электросеть и т.д.). Поэтому в энергетике постоянно присутствует задача совершенствования ветроустановок с целью улучшения экономических и эксплуатационных характеристик, повышения единичной удельной мощности.

Переход на многолопастные тихоходные ветроустановки для энергетики сопряжен со сложными механическими и электрическими изменениями, требую-

- материал несущих элементов – титан,
- занимаемая площадь на земле 250×80 м.

Имеется несколько вариантов доводки гиперколеса для нужд ветроэнергетики:

- установка лопастей по ободу колеса как снаружи, так и вовнутрь окружности, а также вдоль центральной оси, параллельно ей,
- использование вместо лопастей воздухоподъемных устройств крыльевого типа или наполняемых легким или горячим газом,
- применение вспомогательных пропеллерных двигателей для коррекции аэродинамики и увеличения общей мощности,
- оборудование для накопления механической и электрической энергии,
- приборы для метео- и аэродинамических наблюдений, автоматизации энергоснабжения с целью оптимизации работы энергосистем.

В других отраслях и практических приложениях требуются соответствующие совершенствования. Эти «ноу-хау» технологические разработки – предмет последующих исследований.

Кроме выполнения прикладных, коммерческих функций, описываемое гиперколесо может стать символом технических достижений данного государства, представляя сооружение типа Эйфелевой башни, статуи Свободы, монумента Христа-Спасителя.

щими новых технических схем.

Ниже дается пример разработки в виде ветроэнергетического агрегата приемлемой реализуемости, идея которого может служить основой одного из направлений совершенствования ветроэнергоустановок.

Предпосылки применения тросового привода в ветроэнергетике

Энергия ветрового потока, движущегося со скоростью w , имеющего плотность ρ , общей массой m , проходящей через сечение F :

$$E_0 = \frac{mv^2}{2} = \rho F \frac{w^3}{2} = \rho F \frac{w^3}{2} \quad (1)$$

Мощность, вырабатываемая ветроэнергоустановкой:

$$N = \xi E_0 \quad (2)$$

Здесь ξ – коэффициент использования энергии ветра: если скорость ветровоспринимающего элемента равна скорости потока, то $N = 0$; если элемент неподвижен, тоже $N = 0$; в идеальном случае ξ определяется оптимизацией функции N , $\xi_{\text{ид}} = 0,6$. Для реальной установки еще учитываются потери на трение и др., уменьшая N .

Выражения (1), (2) показывают, что для увеличения мощности ветроэнергоустановки можно исполь-

зывать два способа: 1) – увеличение F , т.е. большего охвата воздушного потока, и 2) – увеличение скорости w , что является более существенным фактором, т.к. этот параметр – в третьей степени. Конструктивно эти способы решаются коллекторами (захват потока воздуха различными направляющими поверхностями) и искусственным ускорением потока (сужения в коллекторах) или выносом в область высоких скоростей, т.е. использование особенностей ландшафта, окружающих строений, а так же достижение высоких скоростных потоков, существенно выше уровня земли.

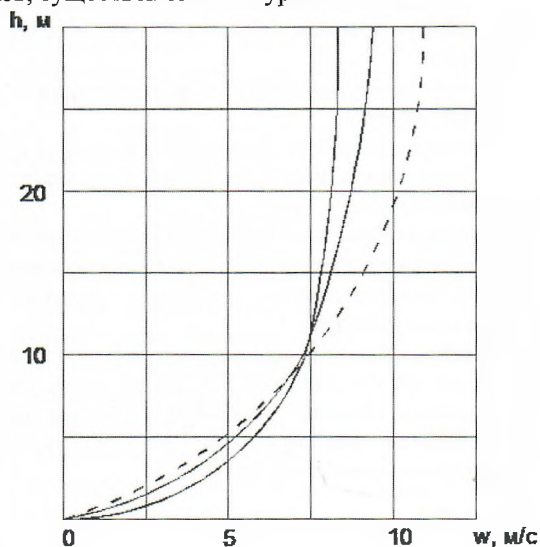


Рис. 1. Скорость ветра по высоте

На рис. 1 показана типичная зависимость скорости ветра от высоты h_1 . Важно отметить, что скорость роста w существенна в начале, затем относительный прирост w замедляется. Такая закономерность характерна для пристеночной аэродинамики. Кроме этой особенности, в исследованиях указывается на увеличение постоянства ветра с высотой. Поэтому задача повышения мощности ветроэнергостановки – это конструктивно выйти из начального участка $w=f(h)$.

Коллекторным способом это реализовать затруднительно, т.к. большие габариты несовместимы с улавливанием вектора скорости ветра с разных направлений. Это ведет к созданию громадных наземных коридорных сооружений.

Поэтому получили широкое применение башенные конструкции ветроагрегатов. Однако стоимость самих башен для удовлетворительных высот (100-200 м) становится соизмеримой или выше самого ветроэлектрогенератора. Имеется информация, что их стоимость с высотой увеличивается в кубе. Кроме этого, чрезмерно усложняются монтаж, строительство и особенно эксплуатация.

Разрабатываются [1,2] ветроэнергостройства с расположением электрогенератора с ветроколесом на поднятом парусной или воздушноподдуваемой системой привязном тросе. При этом передача выработанной электроэнергии на землю производится по электропроводящей тросовой системе. Внешний аналог та-

ких устройств – электрогенератор на воздушном змее. Вполне очевидно, что эти агрегаты, употребительные в ряде случаев, имеют ограничение по величине мощности, вырабатываемой наверху и передаваемой вниз, т.к. общий вес не позволяет разместить все соответствующее оборудование. Поэтому такие «воздухоплавательные» комплексы требуют принципиально другого подхода в своем совершенствовании.

Общая идея рассматриваемого в данной статье устройства состоит в том, чтобы механическую энергию, вводимую на уровне высокого скоростного воздушного потока, механическим способом передавать вниз, на землю, где нет ограничения по габаритно-весовым показателям для преобразователя механической энергии в электрическую. В башенных системах эта передача осуществляется твердым вертикальным валом многообразных конструкций, с соответствующими зубчатыми переходами, подшипниками и пр. Но такая схема, естественно, имеет резкие ограничения по высоте, т.е. длине, массе, конструкционной сложности вертикальных валов в башнях.

Поэтому указанная выше идея реализуется новым для ветроэнергостановок принципом передачи движения вращения на наземный объект, а именно: вращать сам удерживающий, несущий трос вдоль своей оси. При этом вертикальное натяжение обеспечивается различными системами (см. далее), трос имеет некоторый изгиб, трос внизу вращает через редуктор вал электрогенератора или другой машины.

Подробное физическое объяснение усовершенствованной идеи требуется вследствие новизны предложения, когда необходима практическая проверка, т.е. внедрение в энергетическое производство. Безусловно, к материалу, строению, изготовлению тросовой связи предъявляются особые требования: трос работает не только на растяжение, но и на скручивание, причем с изгибом. Вместе с тем можно указать на то, что в механике известны приводы машин, когда оси двигателя и вращаемого вала имеют угловое расположение, обусловленное разными причинами. Такой гибкий привод успешно работает при соблюдении требуемых условий. Можно надеяться на нормальное продвижение тросового привода в ветроэнергетике. Предполагаемый технико-экономический эффект – повышение единичной удельной мощности ветроэнергостановки, удешевление конструкции и эксплуатации, удешевление продукта – электроэнергии или другого технологического выхода.

Ветроэнергетическая установка (см. рис. 2) состоит из гибкой (пленочной и т.п.) оболочки 1 сферической формы с большим отверстием снизу, под которой на подвесных тросах 2 висит подвеска 3 в виде комплекса, основной частью которого является ветротеплогенератор 4, состоящий из ветроколеса 5, соосного с ним электрогенератора 6, расположенного внутри оболочки 1 нагревателя 7. На подвеске 3 смонтированы так же коммутатор 8 (автоматика, радиосвязь, аккумуляторы, горелка, вспомогательное топливо и др.).

Привязной трос 9 (стальной или углепластиковый жгут) длиной десятки-сотни метров сверху прикреплен

Конструкция и действие установки

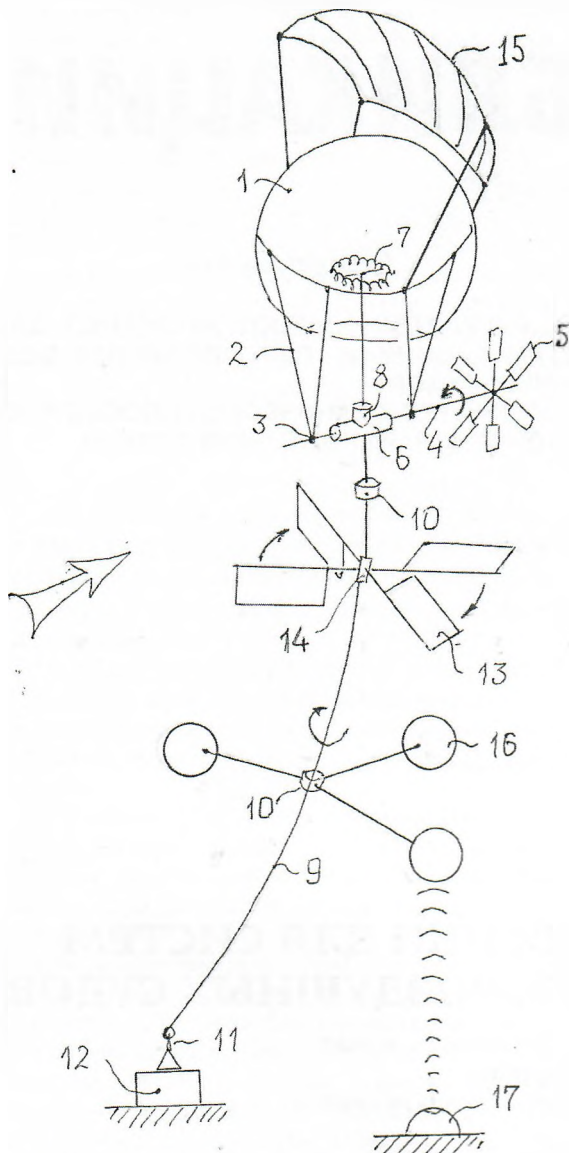


Рис. 2. Ветроэнергетическая установка

к подшипнику 10 радиально-упорного типа, снизу – к редуктору 11 (подсоединение – через карданный узел) потребителя наземного 12 (это электрогенератор повышенной мощности по сравнению с поз. 6).

В качестве потребителя могут быть насосы, измельчители и т.п. У редуктора 11 может быть специальный контейнер для содержания части длины троса 9 при изменении его длины.

Привязной трос 9 снабжен крыльчаткой 13 – это лопасти, поворачивающиеся на горизонтальных осях с упором на одну сторону. Их величина, форма, количество уточняются отдельно. Оси крыльчатки 13 закреплены на привязном тросе 9 при помощи обоймы 14.

Над оболочкой 1 располагается парашют 15 на своих стропах. Ниже крыльчатки 13 на подшипнике 10 смонтированы сферы 16 темного цвета, пленочные, свободно вращаются на тросе 9 на заданной высоте.

Полости сфер 16 снизу облучаются источником инфракрасных лучей 17.

Действует ветроэнергетическая установка следующим образом. Предварительно оболочка 1 при помощи механизмов коммутатора 8 заполняется горячим воздухом (100-200°C), благодаря чему вся система поднимается вверх, вытягивая подвесные тросы 2 и привязной трос 9. Под действием ветра (стрелка) ветроколесо 5 ветротеплогенератора 4 ориентирует систему на максимальный отбор ветрового потока, поэтому сложные регулирующие аэродинамические схемы не нужны. Электрический ток электрогенератора 6 подается к нагревателю 7, устанавливается рабочий режим парусности оболочки 1, благодаря действию подвески 3.

Крыльчатка 13 вращает привязной трос 9 ниже подшипника 10 через обойму 14. Это действие отличает данную установку от известных тем, что вращается не стержень, вал, колонна, а гибкий трос, который передает вращение за счет наличия скручивающих усилий. Редуктор 11 создает требуемые обороты у наземного потребителя 12.

Саморегулировка мощности всего устройства происходит за счет изменения вектора скорости ветра при изменении угла наклона привязного троса 9. При усилении ветра плоскость ветроколеса 5 и крыльчатки 13 наклоняется, поэтому реализуется аналогия с методом «вывод ветроколеса из-под ветра». Привязной трос 9 выполняет роль «сверхгибкого вала». Кроме этого, возможно регулирование нагрева в оболочке 1 через радиоканалы коммутатора 8.

Натяжение тросовой системы создается:

- 1) оболочкой 1 с нагретым в ней воздухом,
- 2) парашютом 15 под действием ветра,
- 3) сферами 16, в которых воздушные полости нагреваются инфракрасным излучателем 17, создавая подъемную силу.

Длина троса 9, т.е. высота работы установки, регулируется выбором, вытягиванием из редуктора 11. Упомянутые методы натяжения могут действовать совместно или самостоятельно. основное действие всей конструкции – вращение через трос электрогенератора у наземного потребителя.

Выводы

1. Используя удерживающий трос, можно реализовать через его вращение вдоль оси передачу механической энергии для наземного потребителя.

2. Разворачивание и эксплуатация ветроустановки с тросовым приводом ведется доступными освоенными методами.

Литература

1. Ветроэнергетическая установка. Патент РФ №19185, С1, 2015г., МПК F24J2/42. Северянин В.С.

2. Ветроэнергоустановка. Патент РФ №9666, U, 2013г., МПК F03Д5/00. Северянин В.С.