

## **Аэростатно-плавательный ветряной двигатель в ортогонально-лопастном (виндроторном) исполнении**

Мировая ветроэнергетика не может быть  
единообразной в виду множества атмосферно-  
климатических и рельефных особенностей  
конкретных мест дислокации ВЭУ

20 млн. человек (или четыре Норвегии) по данным НИИ ЭС проживают на территории России и работают в условиях отсутствия или неустойчивого подключения к сетевым источникам электроэнергии. В отдаленных и труднодоступных районах стоимость электроэнергии от дизельных генераторов на привозном топливе составляет 80-120 рублей за кВт-час, но может быть снижена при использовании ветроэнергетических установок в 4-5 раза. При этом расчеты Минэнерго РФ сделаны для башенных ВЭУ, имеющих высокие издержки и затраты на их текущее обслуживание.

Российскую Федерацию принято считать равнинной страной, что однако справедливо на пространстве в основном до Енисея и отвечает действительности примерно на половину — 8 из 17 млн. кв. км. Не равнинные территории, как правило, относятся к регионам труднодоступным, которая не в последнюю очередь обусловлена сложным рельефом местности, где преобладают перепады высот, сопки, предгорные земли и горные образования. При таких рельефах ветра преобразуются в поднимающиеся потоки воздуха, что резко снижают эффективность работы или ведут к полной остановки радиально-лопастных ветротурбин. В этих условиях единственной приемлемой альтернативой существующим ВЭУ являются виндроторы (модифицированные турбины Дарье), чьи горизонтальные оси вращения перпендикулярны ветру. На характер работы указанного устройства направленность и переменчивость ветров влияния не оказывает.

Другой причиной труднодоступности огромных по площадям регионов являются переувлажнение грунтов и заболоченность местности, вечная мерзлота, подвижность почв, температурные перепады приводит к разрывам автодорожных покрытий, ж/д полотна и газопроводов. Преобладает непригодность геоподосновы для сооружения высотных сооружений (в частности опор ЛЭП, ретрансляторов и ВЭУ). Природа и климат не дают иного выхода для развития территорий на основе энергетического достатка и доступности ресурса, кроме применения систем АПВЭН (аэростатов плавательных ветроэнергетического назначения).

*Примечание:* подробнее о преимуществах и расширенной области применения систем АПВЭН на [www.energsovet.ru/stat892.html](http://www.energsovet.ru/stat892.html).

На фиг. 1 показан общий вид АП-виндротор; на фиг. 2 — вид на аэростатно-плавательный модуль того же устройства с подветренной стороны.

Устройство состоит из аэростатно-плавательного модуля и причального узла, привязных тросов 1 и трос-кабеля 2. В свою очередь аэростатно-плавательный модуль включает в себя аэростатную оболочку 3 в форме

газонаполненного шара, к днищу которой притянута усиливающими меридианными лентами 4 кольцо 5 с кронштейнами 6 и плоскостными флюгерами 7, в диаметральной и перпендикулярной направлению ветра плоскости кольца закреплена H-образная рама 8. На середине горизонтальной перекладки рамы установлен генератор 9, к концам его вала, выступающим с обеих торцов генератора, через муфты 10 присоединены оси двух идентичных ортогонально-лопастных виндроторов 11, вращающихся в подшипниках 12, встроенных в боковины рамы, за пределы которой виндроторы выдвинуты одинаково. По середине перекладки рамы закреплен свисающий трос-кабель, а от нижних оконечностей рамных боковин натянуты привязные троса. Причальный узел устройства представляет из себя бетонную наземную тумбу 13 с поворотной платформой 14, где подветренно установлены две соосные лебедки 15 и диаметральной им кабельная бухта 16.

*Примечания:* - при скорости ветра до 20-25 м/с генератор и виндроторы соединены напрямую. Работа на больших скоростях ветра потребует их соединения через планетарный мультипликатор; - виндроторы с ортогональными лопастями крыловидного профиля работают при знакопеременных нагрузках и подвержены вибрациям, которые могут быть погашены амортизирующей подвеской рамы с силовым блоком и применением эластичных тяжей на верхних концах привязных тросов; - в качестве тросов и трос-кабеля используются нанонити большой прочности, но меньшего собственного веса и минимального прогиба.

Настоящий АП-виндротор работает следующим образом. Аэростатная оболочка устройства заполняется легким газом в объеме, необходимом для придания оболочке законченной шаровидной формы и достижения подъемной силы достаточной для отрыва от земли и пространственной устойчивости аэростатно-плавательного модуля на высоте скоростных ветров, натяжения привязных тросовых связей с причальным узлом. Троса и трос кабель синхронно стравливаются с барабанов лебедок и кабельной бухты. В процессе подъема модуля до необходимой высоты он разворачивается воздушным потоком по круговой траектории вокруг места привязки, разворачивается через гибкие связи вместе с поворотной платформой причального узла и механизмами на ней. Ориентация модуля на ветер завершается после того, как горизонтальные оси вращения виндроторов становятся перпендикулярными направлению ветра. Скоростной напор ветра, в том числе при восходящем воздушном потоке, вращает ортогонально-лопастные виндроторы, механическая энергия подается в генератор, где преобразуется в электрическую энергию, направляемую по трос-кабелю через контроллер, аккумуляторную батарею и инвертор к потребителям. При изменении направления ветра его напор воздействует на наветренную боковую поверхность аэростатной оболочки и ветросиловой блок, аэростатно-плавательный модуль совместно с поворотной платформой разворачиваются снова до тех пор пока направленность привязных тросов и трос кабеля не совпадут с новым направлением ветра, а горизонтальные оси вращения виндроторов не займут перпендикулярного положения к ветру.

В турбулентных условиях велика вероятность ситуации, когда ветровые нагрузки на ортогонально-лопастные виндроторы будут различны по величине, при которой может возникнуть крутящий момент, создающий вращение

аэростатно-плавательного модуля и скрещивание его привязных тросовых связей. Это явление нейтрализуется наличием плоскостных флюгеров, парусность которых надежно поддерживает оптимальную ориентацию на ветер силового блока в предлагаемом устройстве.

Выбор для аэростатной оболочки шаровидной формы обусловлен восходящим характером воздушных потоков, при котором оболочки горизонтально-вытянутой конфигурации оказывают дестабилизирующее влияние на устойчивость аэростатно-плавательного модуля в атмосфере. Корма таких оболочек задирается вверх, привязные троса провисают, модуль теряет устойчивость пространственной ориентации, ветросиловые блоки могут занимать положения под нежелательными углами относительно направленности ветра.

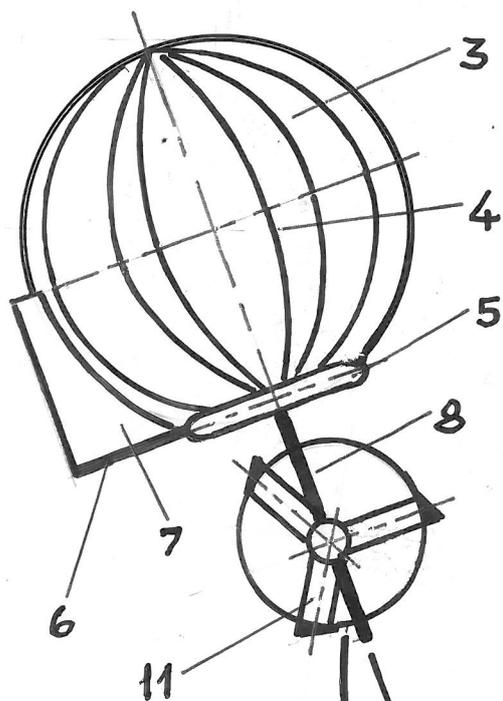
Настоящий АП-виндротор имеет действующий аналог — ветрогенератор ВАР ([www.altaerosenergies.com](http://www.altaerosenergies.com)) мощностью 15-30 кВт, патентные прототипы RU 2572469 C1, RU 2576103 C1, RU 2594827 C1, зарегистрирован в качестве патентной заявки от 15.12.2016 № 2016149310.

Его преимуществами является сохранение работоспособности при любых отклонениях ветряного потока от горизонтальной траектории без потерь генерируемой мощности, улучшенная ориентация на ветер осей вращения виндроторов, уменьшенная в 2-2,5 раза площадь поверхности аэростатной оболочки, чем в ветрогенераторе ВАР, соответствующее снижение её веса и стоимости, габаритов и объема газонаполнения легким газом.

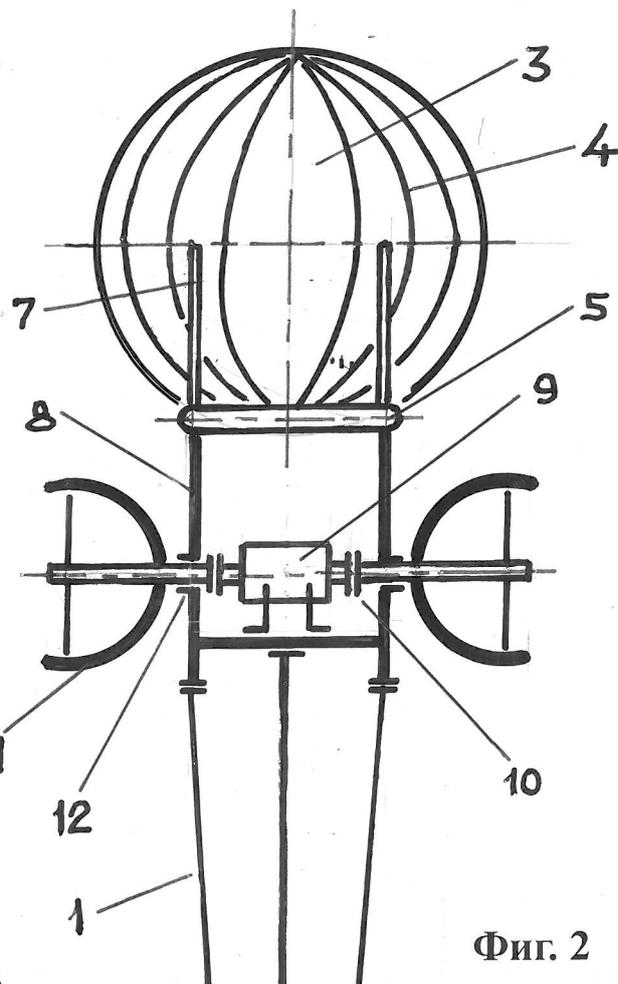
При оценке целесообразности систем АПВЭН следует иметь в виду, что агентство НАСА на средства правительства США преступило к отбору и практической проверке пилотных проектов из числа летательных и воздухоплавательных аппаратов, генерирующих энергию ветра на высотах до 600 метров. Данная программа признается в стране оправданной при общем потреблении электроэнергии на уровне 340 у.е. (190 условных единиц в более суровом климате России и резко полярных диспропорциях распределения). В северных умеренно индустриальных странах обеих полушарий планеты тот же показатель составляет 236—478 у.е. Утверждения об избытке электроэнергии в РФ не являются бесспорными, её экспорт вызван скорее фетишизмом коммерческой выгоды. Вместе с тем, например Норвегия использует собственные продукты нефте-и газодобычи в минимальных и неуклонно сокращающихся объемах, внутреннее потребление решается за счет гидроресурсов, через наращивание потенциала альтернативной энергетики, прежде всего ветряной.

Освоение российской Арктики, выполнение программы выделения гектара Дальневосточных земель должно быть энергетически обеспечено, в чем системы АПВЭН способны сыграть свою, ничем незаменимую, роль.

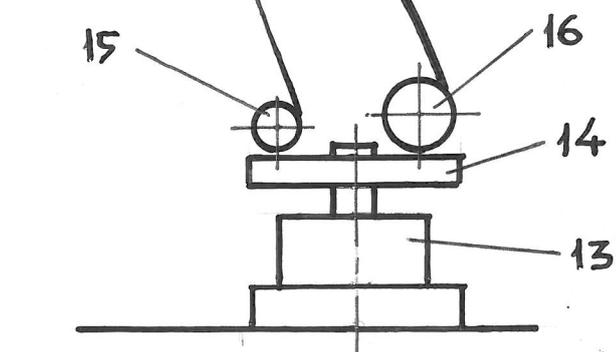
Аэростатно-плавательный ветродвигатель  
в ортогонально-лопастном  
(виндоторном) исполнении



Фиг. 1



Фиг. 2



**Предварительные показатели оптимизированного  
аэростательно-плавательного виндротора**

№	Мощность ветродвигателя (кВт)	15	150	1650
1	Номинальная скорость ветра (м/с) на высоте от 250-300 м	20	25	30
2	Радиусы ортогонально-лопастных виндроторов с горизонтальными осями вращения, перпендикулярными ветру (м)	2,0	5,5	12
3	Вес ветросилового блока (кг)	300	7000	65500
4	Вес аэростатной оболочки (кг)	150	900	4000
5	Объем заправки аэростатной оболочки положительной плавучести гелием или водородом (м <sup>3</sup> )	540	9500	83500
6	Диаметр аэростатной оболочки в форме газонаполненной сферы (м)	10	26	54

**Стоимость полной заправки аэростатных оболочек гелием или водородом**

7	По мировым оптовым ценам на гелий 2-6 USD/м <sup>3</sup>	1080-3240	19-57 тыс.	167-507 тыс.
8	По розничным ценам на водород в РФ — 1,8 USD/м <sup>3</sup> (апрель 2016)	972	17,1 тыс.	150 тыс.
9	Прогноз снижения оптовой цены на водород в США — 0,9 USD/м <sup>3</sup>	486	8,55 тыс.	75 тыс.

Основания для пилотного проекта: только настоящая технология позволяет ВЭУ выйти за пределы благоприятных атмосферно-климатических условий, распространиться на регионы со слабыми низовыми ветрами и сложным рельефом, зоны интенсивных пылевых бурь, сейсмической активности, вечной мерзлоты, на замерзающие шельфы Арктики.

**Техническая реализуемость проекта.**

**Объем гелиевых и водородных оболочек известных воздухоплавательных аппаратов**

Наименование	<b>Yuanmeng (КНР)</b>	<b>Airlander 10</b>	<b>Pegase</b>	<b>Skyship</b>	<b>Cargo Airship</b>	Titan
Назначение	дирижабль	дирижабль	аэростат	дирижабль	дирижабль	проект дирижабля (не реализован)
Объем оболочек (тыс. м <sup>3</sup> )	18	38	270	800	930	1400

**Дополнительные сведения к презентации  
аэростатно-плавательного виндротора**

Ресурсное обеспечение	<ul style="list-style-type: none"> <li>- производство промышленного гелия на ООО «Газпром добыча Оренбург», разработка более богатых месторождений в Иркутской обл, Красноярском крае, Якутии при возможном участии компании MESSER GROUP (Германия);</li> <li>- организация производства ветросиловых блоков на свободных мощностях группы «Атомэнергомаш» госкорпорации «РосАТОМ»</li> <li>- разработка ГК «РосНАНО» и производство тканепленочных оболочек из наномодифицированных материалов, нанотрубочных нитей тросовых и трос-кабельных связей ;</li> <li>- литий-ионные (графеновые) аккумуляторы новосибирского завода госкорпорации «РосНАНО».</li> </ul>
Потенциальные исполнители	<ul style="list-style-type: none"> <li>- структуры ГК «Ростехнологии»: АО «Концерн радиостроения ВЕГА», АО «Долгопруднинское КБ автоматики», а также</li> <li>- Отраслевое специальное КБ ЭС МАИ;</li> <li>- возможно Deutsche Zeppelin Reederei</li> </ul>
Стоимость пилотного проекта мощностью 150 кВт	120-150 млн. руб. на материалы и комплектующие (без цены ОКР и пилотных испытаний).
Сроки реализации пилотного проекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проектирование 1, 5 лет;</li> <li>- изготовление 1,5 лет;</li> <li>- испытания 2 года</li> </ul>
Объемы внутреннего рынка	запланировано к 2020 году - 3,6 ГВт; фактически требуется 34-45 ГВт. (для сведения достигнуто КНР — 150 ГВт, США — 74 ГВт).
То же в денежном выражении	Из предварительного расчета 350-400 евро/кВт по аналогии с силовыми блоками башенных ВЭУ (без стоимости доставки, строймонтажных материалов и работ).
Экспортный потенциал	На примере Японии, где башенные ВЭУ планируется вынести на морские шельфы из-за опасности сейсмического обрушения, к 2030 г. запланировано создать 36,2 ГВт офшорной ветроэнергетики на глубинах до 100 м. Сейсмически безопасные АП-виндроторы позволят отказаться от указанной затратной технологии и разместить ветропарки нового типа на суши со сложным геологическим рельефом.