

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГИЕЙ ВЕТРОУСТАНОВКАМИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ КОНСТРУКТОРСКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Рожкова Л.Г., к.т.н., доцент, Радчук О.В., к.т.н., доцент
(Сумський національний аграрний університет)

В статье предложено для вертикально – осевых ветроустановок ротор с оригинальными лопастями. Рассмотрены эксплуатационные характеристики ветроустановок и конструкции опорных башен.

Постановка проблемы в общем виде. В условиях перманентных экономического и финансового кризисов, нестабильности цен на традиционные энергоресурсы в мире активно ведутся поиски возможностей обеспечения энергетической безопасности. В настоящее время все больше стран мира используют альтернативные источники энергии. Одним из перспективных направлений является использование энергии ветра. Так, по данным Всемирной энергетической ассоциации (Отчет WWEA от 16мая 2013года, Бонн) в ста странах мира производят электроэнергию из энергии ветра. В основном, создаются обширные ветроэнергопарки с ветрогенерирующими установками (ВУ) большой мощности, имеющими быстроходные ветроколеса с горизонтальным расположением оси вращения. Безусловно, получение электроэнергии в ветроэнергопарках может быть экономически достаточно оправданным в определенных ветровых условиях, однако при величине средней скорости ветра равной или меньшей 5 м/с ветроустановки должны также иметь работоспособность. Эти требования актуальны в Украине где невысокая скорость ветра на большинстве территории, в частности для обеспечения энергией сельских предприятий, фермеров и частных домов. С помощью ветроустановок можно получать не только электрическую, но тепловую и механическую виды энергии. Таким образом, может осуществляться освещение и отопление помещений. Кроме того, например, в животноводстве может подаваться вода, производиться подогрев кормов и т д.

В настоящее время применяются ВУ малой мощности как с горизонтальной, так и с вертикальной осями вращения. Мы полагаем, что в качестве автономных целесообразно выбирать ВУ с вертикальной осью вращения (вертикально-осевые ВУ). Во-первых, они не требуют ориентировки на ветер и установки дополнительных устройств, выполняющих такую функцию; во-вторых, к свободному концу вала могут быть подсоединены любые устройства, преобразующие энергию вращения в другой вид энергии.

Анализ результатов исследований и публикаций.

По литературным данным чаще всего в ветроколесах вертикально-осевых ВУ устанавливаются лопасти, имеющие крыловой профиль, рис.1[1, 2, 3].

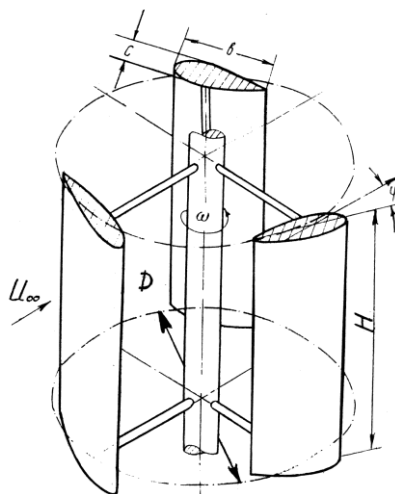


Рис. 1. Вертикальное ветроколесо с крыловыми лопастями симметричного профиля

Однако такая лопастная система не самозапускается, поскольку имеет недостаточный момент трогания из состояния покоя; кроме того, ее работоспособность ограничена нижним пределом величины скорости ветра 4м/с. Довольно часто такое ветроколесо дополняют так называемым ротором Савониуса, который запускает ВУ и может работать и при низких скоростях ветра [3]. Но в этом случае большую сложность представляет согласование характеристик тихоходного ротора Савониуса и быстроходного ветроколеса с крыловыми лопастями, поскольку в случае рассогласованности характеристик последует значительное снижение коэффициента использования энергии ветра. Очевидно, такое согласование может быть выполнено только в результате дополнительной экспериментальной доработки, что приведет к удорожанию ВУ. Следует отметить, что и само по себе дополнение ветроколеса ротором Савониуса усложняет конструкцию и увеличивает стоимость ВУ.

Что касается конструкции опоры ВУ, то существующие конструкции опор достаточно разнообразны. При выборе типа конструкции не последнюю роль играет величина ветровой нагрузки на нее. На рис. 2 приведены модели наиболее распространенных типов опор, исследованных в аэродинамической трубе ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, а в табл.1–величины коэффициентов лобового сопротивления для них [6].

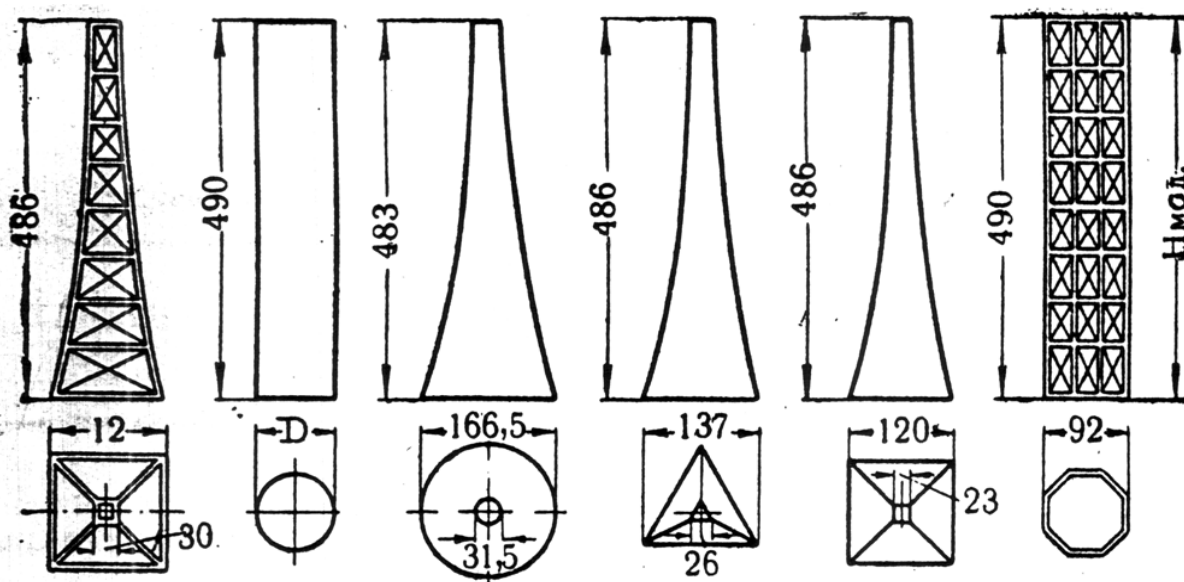


Рис. 2. Типы моделей опор, испытанных в аэродинамической трубе ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского [6]

Таблица 1. Величины коэффициентов лобового сопротивления опор

Название модели (рис. 1)	Коэффициент лобового давления, R_x	Расстояние точки приложения равнодействующей от основания, $\frac{x}{h}$ (в %)
Четырехногая ферменная	0,00085	42,8
Цилиндрическая сплошная	0,00105	49,4
Коническая сплошная	0,0013	41,2
Трехгранная сплошная, расположенная ребром к ветру	0,0017	32,1
Трехгранная сплошная, расположенная гранью к ветру	0,0029	28,5
Четырехгранная сплошная, расположенная ребром или гранью к ветру	0,0024 0,0014	29,8 49,4
Цилиндрическая ферменная		

Конструкционные материалы опорной части ВУ – чаще всего сталь и железобетон.

Цель статьи – на основе систематизации информационных данных и результатов исследований ветроколес вертикально-осевых ВУ средней быстроходности установить наиболее перспективные по надежности конструкции ветроколес и опор для автономных ВУ многоцелевого назначения, а также наиболее важные из эксплуатационных характеристик.

Изложение основного материала. Для автономных вертикально-осевых ВУ малой мощности мы предлагаем использовать ветроколеса с лопастями оригинальной конструкции с крыловым незамкнутым профилем (КН) и так называемые двухэлементные. Ветроколеса с такими лопастями самозапускаются, работают и при низких скоростях ветра с достаточно высоким коэффициентом использования ветра (0,3), причем в области средней быстроходности. Характеристики были получены при исследованиях моделей ветроколес. Кроме того, был изготовлен и испытан опытный образец вертикально-осевой ВУ с лопастями КН-6 [7,8]. Ротор опытного образца вертикально – осевой ВУ представлен на рис. 3.

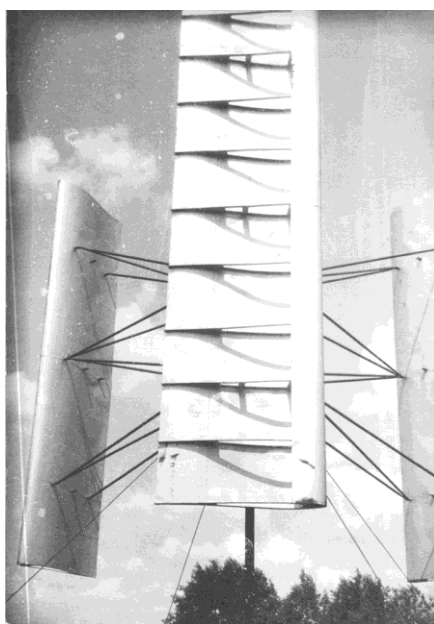


Рис. 3. Ветроколесо опытного образца вертикально-осевой ВУ с лопастями КН-6 номинальной мощностью 2 кВт при номинальной скорости 10 м/с

Испытания опытного образца подтвердили самозапуск и работоспособность ветроколеса и при низких скоростях ветра с изменяющимся направлением, а также величину C_p , полученную при исследованиях модели.

Заслуживает внимания и преимущество ветроколес средней быстроходности с точки зрения их удешевления. По нашему мнению, для изготовления лопастей ВУ малой мощности средней быстроходности целесообразно применение более дешевых материалов. Возможно и комбинирование материалов при изготовлении лопасти, например, металла и дерева или ткани.

На рис. 4 приведены зависимости коэффициента тянущей силы лопасти $C_T = f \theta$ для лопастей КН-6 и двухэлементной ВУ, соответствующие полученным в модельных испытаниях мощностным характеристикам $C_p = f \theta$ роторов с данными лопастями от быстроходности θ [7].

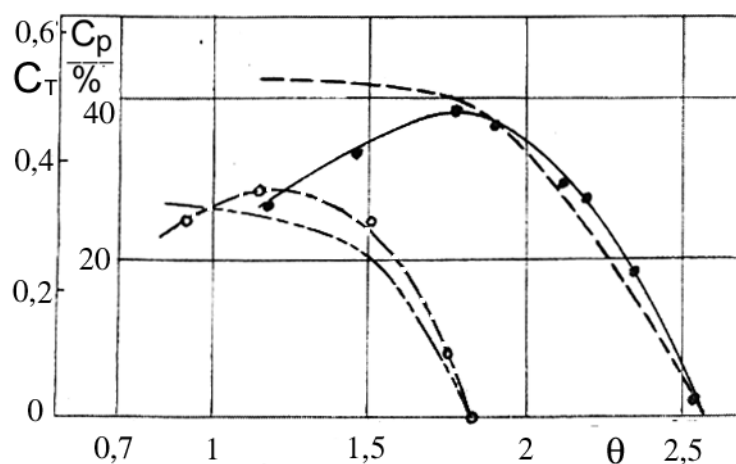


Рис. 4. Коэффициент тянущей силы лопасти и мощностная характеристика моделей роторов с лопастями:

КН-6 $C_p = f \theta$ - - -; $C_T = f \theta$ - - - - -;
 двухэлементной $C_p = f \theta$ —; $C_T = f \theta$ - - -

Что касается высоты опорной башни, то при определении минимальной высоты опоры, по нашему мнению, следует пользоваться рекомендациями [5,6]

для ее определения, поскольку подобные исследования опор больше не проводились:

$$h = a + m + d,$$

где: a – высота препятствий вблизи расположения ВУ;

m – расстояние от высшей точки препятствий до нижней границы площади, ометаемой ветроколесом, принимается равным 2 м;

d – высота части опоры входящей внутрь ветроколеса.

Выбор конструкции опорной башни, в основном, обуславливает коэффициент лобового давления, поскольку он определяет величину силы действия на башню ветровой нагрузки. Из рассмотренных выше заслуживают внимания с этой точки зрения четырехногая ферменная и цилиндрическая сплошная башни.

Следует обратить внимание на целесообразность использования конструкционных материалов с точки зрения долговечности. В качестве характеристики долговечности чаще всего указывают сроки службы ВУ в 20 и 30 лет [4]. Для ротора же такие сроки гарантировать нереально, особенно для лопастей, поскольку адекватное описание условий их работы невозможно, в основном из-за наличия случайных непредсказуемых изменений ветра. Результаты же исследования ветроэнергетических установок мощностью от 25 до 250 кВт выявили, что частота поломок элементов составляет от 1 до 6 в год [9]. Таким образом, целесообразно, предусматривать сменные лопасти, особенно в ВУ малой мощности, и в этом случае применение дешевых материалов вполне обосновано, поскольку требования к усталостной прочности могут быть в значительной степени снижены, а процесс изготовления упрощается и может быть гарантирован достаточно большой срок службы ВУ. Следует отметить, что в общем случае выбор материалов будет определяться расчетом конкретной ВУ на прочность. Наиболее полно рекомендации по прочностному расчету ветроустановок представлены в [4].

Выводы

1. В Украине на текущем этапе могут быть наиболее востребованными автономные ВУ малой мощности в качестве электрогенерирующих, теплогенерирующих, водоподъемных, мельничных и других агрегатов. Этот факт делает целесообразным сосредоточение на разработке и изготовлении вертикально-осевых ВУ средней быстроходности с малой мощностью.

2. Для применения в вертикально-осевых ВУ средней быстроходности можно рекомендовать для использования лопасти, имеющие профиль КН и двухэлементные.

3. При назначении срока службы ВУ малой мощности 20-30 лет должна быть предусмотрена возможность замены лопастей в процессе эксплуатации, для чего опоры рекомендуется выполнять поворотной вокруг оси, расположенной у основания.

4. Срок окупаемости ВУ следует определять по суммарной энергии, вырабатываемой ею в течение года.

Список литературы

1. Ветроэнергетика / Под. ред. Д. де Рензо: Пер. с англ. // Под ред. Шефтера –М.: Энергоатомиздат, 1982. – 272 с.

2. Твайделл Дж, Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. –М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

3. В.А. Дзендзерский, С.В. Тарасов, И.Ю. Костюков. Ветроустановки малой мощности. – Киев. «Наукова думка», 2011. – 591с.

4. Денисенко О.Г., Козловский Г.А., Федосенко Л.П., Осадчий А.И. Преобразование и использование ветровой энергии. – Киев.: «Техника», 1992. – 176с.

5. Денисенко О.Г., Козловский Г.А. Математическое моделирование и исследование характеристик ветрового потока с учетом топографических особенностей местности для проектирования и расчета ветроэнергетических установок: (Препр. АН УССР, Ин-т электродинамики, №642) –К.: 1990. -33с.

6. Фатеев Е.М. Ветродвигатели и ветроустановки. – Москва: ОГИЗ – Сельхозгиз. – 1948. – 544с.

7. Рожкова Л.Г. «Нові форми профілів лопатей вертикально- осьових вітроустановок середньої швидкохідності». Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – 2005р.

8. Рожкова Л.Г. Прогнозируемые эксплуатационные характеристики ротора вертикально-осевой ветроэнергетической установки с лопастями, снабженными предкрылками. // Вестник НГУУ «КПИ», Машиностроение, вып. 35. – 1999. – С.164 – 168.

9. К. Дж. Турян, Дж.Х. Стрикленд, Д.Э. Берг. Мощность ветроэлектрических агрегатов с вертикальной осью вращения. //Аэродинамическая техника. -1988. -№ 8. – С.100 – 115.