

УДК 621.548.4

UDC 621.548.4

**ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА  
ДЛЯ ХОЗЯЙСТВ АПК**

**WINDMILLS FOR THE ECONOMIC OF AN  
AGRICULTURE COMPANY**

Жестков Юрий Николаевич  
генеральный директор, главный конструктор  
ООО «Персональные энергосистемы», г. Ростов –  
на – Дону, Россия

Zhestkov Yuri Nikolaevich  
general director and chief designer  
"Personal power" Ltd., Rostov - on - Don, Russia

Приведены результаты исследований проектного макета ветроэнергетической установки с оптимальной аэродинамической конфигурацией ротора

The results of the research project with the wind turbine layout of an optimal aerodynamic configuration of the rotor are given in this article

Ключевые слова: ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА, ВЕТРЯНАЯ ТУРБИНА, РОТОР ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ, ДВИЖУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ВЕТРЯНОЙ ТУРБИНЫ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Keywords: WIND POWER PLANT, WIND TURBINE, WIND TURBINE ROTOR, MOTION ELEMENT OF WIND TURBINE, MICROPROCESSOR WEED CONTROL SYSTEM

Актуальной проблемой поиска оптимальной конфигурации ветроэнергетической установки (ВЭУ) является ее реализация при характерной для территории нашей страны умеренной среднегодовой скорости ветра 2-6 м/с.

В ООО «Персональные энергосистемы» выполняется НИР по теме: «Исследование характеристик горизонтально-осевой ветряной турбины с движущимися элементами нового типа, эффективно работающей в широком диапазоне скоростей ветра совместно с системами электро- и теплоснабжения». Основная цель работы - поиск оптимальной аэродинамической конфигурации ротора и разработка проектного макета горизонтально-осевой ветряной турбины мощностью 10 кВт.

ВЭУ «модель 1110» предназначена для выработки электрической энергии в автономном режиме работы на участках размещения, характеризующихся среднегодовой скоростью ветра 4,0 м/с на высоте 10 м. В состав ВЭУ могут быть применены вентильно-индукторный или асинхронный генератор. Принятое передаточное отношение повышающего редуктора составляет 1:16.

Ротор горизонтально-осевого типа диаметром 10 метров с двухлопастной втулкой и высокоэффективными движущимися элементами через

упругую муфту соединён с интегрированным силовым агрегатом. Ротор установлен за башней, ориентация на ветер - свободная. Аэродинамическая поверхность движущих элементов турбины выполнена из композиционного материала с D-образным лонжероном, образующим конструкцию большой прочности и минимальной массы. Втулка ротора турбины и конструкция поворотной платформы спроектированы из конструкционной стали с горячим оцинкованием поверхностей. Конструкция ротора турбины предусматривает два тормоза (аварийный и рабочий) - один с управлением микропроцессорным блоком системы управления, другой - механическим выключателем сверхскорости, установленным на втулке.

Работа ВЭУ и её связь с сетью контролируется микропроцессорным блоком системы управления. Система управления предназначена для регулирования управляющих параметров и диагностики технического состояния агрегатов ВЭУ с помощью интеллектуально-информационной системы.

Опорная конструкция ВЭУ - стальная шарнирнозакрепленная труба с оттяжками, состоит из трех секций, для облегчения её транспортировки. Высота опорной конструкции до оси втулки турбины - 18 м, диаметр опорной конструкции - 0,289 м. Расчетная годовая выработка электроэнергии - 24000 кВт·часов. Расчетный срок службы - 20 лет.

Конструкция ветряной турбины проектного макета включает два движущих элемента, создающих вращающий момент и втулку для передачи момента на главный вал. Аэродинамическая поверхность движущих элементов имеет несимметричный модифицированный профиль FX-63, трапециевидную форму в плане и переменную крутку. Угол установки движущих элементов в корневом сечении - 37 градусов. Поверхность имеет сужение по размаху от корневого сечения к концевому сечению. Движущие элементы ветряной турбины, в целях гарантированной безопасной

эксплуатации, установлены под углом  $10^\circ$  к плоскости вращения, создавая угол конусности.

Исследования аэродинамики лопасти ВЭУ на текущем этапе проводились численно, без проведения натуральных замеров или испытаний в аэродинамической трубе. Неотъемлемой частью проведения численного расчета является цифровая 3D модель ВЭУ. В ходе работы моделировалась ветряная турбина с движущимися элементами диаметром - 10 м, расположенными за мачтой. Частота вращения турбины - 90 об/мин, расчетная скорость ветра - 7,7 м/с. Внешний вид турбины с обтекателем приведен на рисунке 1.

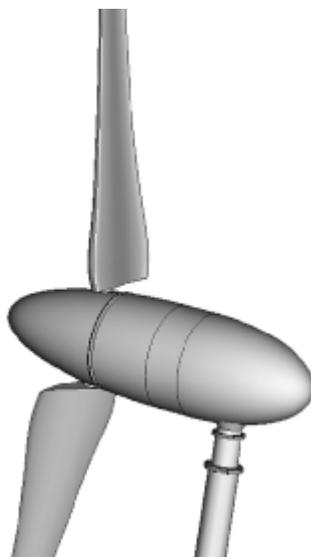


Рис. 1 – Внешний вид ветряной турбины с обтекателем

Для осуществления численного расчета аэродинамических характеристик движущих элементов ветряной турбины использовался метод конечных элементов (МКЭ) программного пакета ANSYS CFX 13.0. Численные расчеты проводились с использованием вычислительного кластера. Расчетная сетка для МКЭ генерировалась с помощью специального приложения ANSYS ICEM CFD. Для достижения необходимой точности при расчете пограничного слоя вблизи лопасти делалось сгущение элементов сетки в 50 раз с добавлением призматического слоя на поверхности этих элементов (рис. 2). На носике и острой кромке лопасти делалось дополни-

тельное сгущение еще в 3-5 раз. Количество элементов вычислительной сетки составило около 7 млн. элементов.

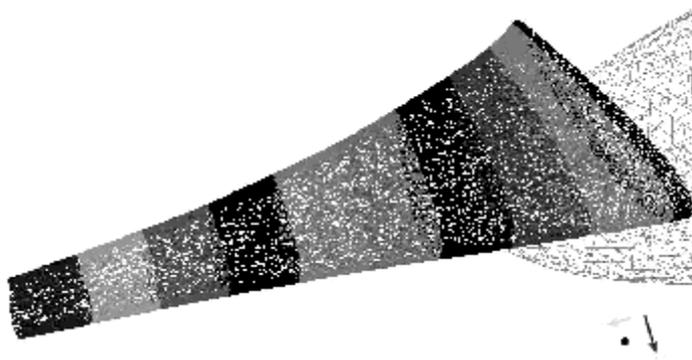


Рис. 2 - Вид поверхностной конечно-элементной сетки движущего элемента турбины

В результате проведения численных экспериментов была показана возможность достижения заданных проектом расчетных характеристик на макете ветряной турбины с движущимися элементами, имеющими модифицированный профиль FX63. Значение суммарной величины вращающего момента было получено на уровне 1354 Нм, что несколько превосходит ожидаемое значение 1218 Нм, которое реализуется при коэффициенте мощности 0,52.

На рисунке 3 показаны линии тока при обтекании лопастей в неподвижной системе координат.

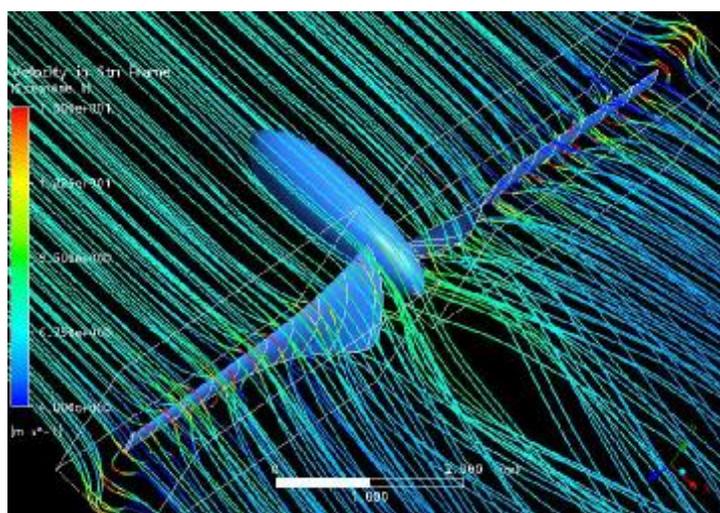


Рис. 3 – Линии тока при обтекании лопасти в неподвижной системе координат

Эффективность в результате поиска решения по конфигурации является оптимальной не только с аэродинамической, но и с аэроакустической точки зрения. При этом уровень шума, в основном, не превышает 55 дБ, что является, например, нормой для офисных помещений в дневное время по европейским стандартам. Эта закономерность нарушается лишь в области средних частот, однако в области наиболее опасных нижних частот снижение является даже более эффективным.

Для оценки экономической эффективности ВЭУ был выбран проект строительства ветряной электростанции (ВЭС) для обеспечения электроэнергией типовой фермы КРС с законченным производственным циклом. Годовой расход электроэнергии составляет 22 000 кВтч и определен на основе анализа суточного хода технологического процесса фермы [1, 2]. Тип электрических нагрузок – регулярный. В общей сметной стоимости строительства ВЭС учтен минимально необходимый объем инженерных изысканий, разработки проектно-сметной документации, собственно строительства, необходимый состав оборудования, доставка оборудования на строительную площадку, а также затраты на монтаж ВЭУ. Расчет проводился с использованием программного комплекса предназначенного для технико-экономической оценки строительства объектов с использованием ВИЭ.

В качестве исходных данных приняты: скорость ветра 4,1 м/с на высоте 10 м, коэффициент вертикального сдвига 0,18, коэффициент распределения Вейбулла  $\Gamma = 1,71$ . Расчеты выполнены в прогнозных ценах, тариф на электроэнергию - 4,2 руб/кВтч (Ростовская обл.), показатель инфляции – 6,0 %, показатель роста цен на электроэнергию – 14,9 %, ставка дисконтирования – 8,3%, срок эксплуатации ВЭС – 20 лет, курс доллара США – 28,0 руб/доллар.

Показатели финансово-коммерческой эффективности:

Общая сметная стоимость – 698096 руб.;

Стоимость, вырабатываемой электроэнергии – 1,11 руб/кВт-ч;

Чистый дисконтированный доход – 2943556 руб.;

Внутренняя норма доходности – 28,7%;

Дисконтированный срок окупаемости – 4,7 лет.

Как видно из приведенного расчета, применение в конструкции ВЭУ изложенных выше технических решений может позволить получать собственную электроэнергию, дешевле предлагаемой электрическими сетями, а также иметь доход, в размере 2,9 млн. рублей. ВЭУ является перспективной для сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности. По данным Федеральной службы государственной статистики[3], число сельскохозяйственных организаций в РФ – 32466, крестьянских фермерских хозяйств КФХ – 155657, личных подсобных хозяйств – 20,2 млн.

#### ***Вывод***

Создание и организация серийного производства ВЭУ «модель 1110» для климатических условий большей части территории РФ возможна и экономически эффективна. При этом по сравнению с действующими аналогами (например, с ветряной турбиной EXCEL-S «Bergey Windpower Co» США [4]) может быть достигнуто снижение цены на электроэнергию не менее чем на 30%, а срок окупаемости автономной ВЭУ не менее чем на 40%.

### *Литература*

1. Шляхтунов В.И. и др. Скотоводство и технология производства молока и говядины. Учебник / Мн.: Ураджай, 1997- 464 с.
2. Энциклопедия животноводства. Личное подсобное хозяйство: Справочное пособие / Сост. В.Н. Приступа – Ростов-на-Дону: изд. «Феникс», 2000, 640 с.
3. Итоги всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006г: Стат. сб./ Госкомстат России, – Том 1; Москва, 2008г.
4. Wind Turbinemarket. Types. Technical Characteristics. Prizes. (Спецвыпуск журнала Wind/Energy/Actual) -1995 г.