

УДК 621.311.245

В.В. Шевченко, Л.Н.Омельченко, И. Я. Лизан
Украинская инженерно-педагогическая академия г. Харьков
E-mail: mail-korpus1@yandex.ua

ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация

Шевченко В.В., Омельченко Л.Н., Лизан И.Я. Исходные положения при построении модели ветроэнергетической установки при решении проблем промышленной энергетики. Обоснованы параметры, допущения и функциональные зависимости, которые следует учесть при построении компьютерной модели ветроэнергетической установки с целью определения условий повышения эффективности её функционирования

***Ключевые слова:** ветроэнергетика установка, секция крыла, угол атаки, сила тяги, сила подъёма, мощность, диаграмма, допущения, модель.*

Общая постановка проблемы.

По общим оценкам, в структуру электроэнергетики Украины основной вклад вносит тепловая энергетика классического типа и атомная электроэнергетика. В то же время, существует значительная группа потребителей, централизованное электропитание которых о энергосистемы является менее рентабельным в сравнении с электропитанием от автономных источников (отдельные фермерские хозяйства, кордоны лесников, пасеки, дачи, небольшие горные поселки и т.д.). В этом случае практический интерес представляет исследование возможностей вероэнергетических установок как наиболее экологически чистого источника электроэнергии локальных потребителей малой мощности, адаптируемого с климатическими условиями Украины.

Перспективы использования ветроэнергетики (ВЭ) рассмотрены в исследованиях [1- 3]. Однако эти работы посвящены, в основном, разработке схем включения силовых цепей ветроэнергетических установок и проблематике эксплуатации систем управления ими. В то же время, научный и практический интерес представляет проблематика совершенствования конструкции ветрогенераторов с целью повышения их эффективности. Практический аспект этого направления находится в области создания новых энергетических установок и реконструкции действующих. Данная задача может быть решена на основе исследования математических и компьютерных моделей объекта.

Цель статьи.

На основании изложенного, в связи с необходимостью разработки и исследования моделей ветроэнергетических установок важнейшим элементом исследования является обоснование исходных параметров и допущений при компьютерном моделировании объекта с учетом анализа и систематизации известных технических решений, относящихся к конструкции объекта

Основной материал.

Исследование характеристик ветроэнергетических установок (ВЭУ) предполагает учёт воздействия на их работу формы сечения лопасти турбины (рис.1; рис.2). Обычно эти формы отличаются нижней поверхностью секций. Несимметричные формы крыльев

оптимизированы для создания наибольшей подъемной силы, при которой нижняя сторона крыла наиболее близка к траектории движения воздуха.

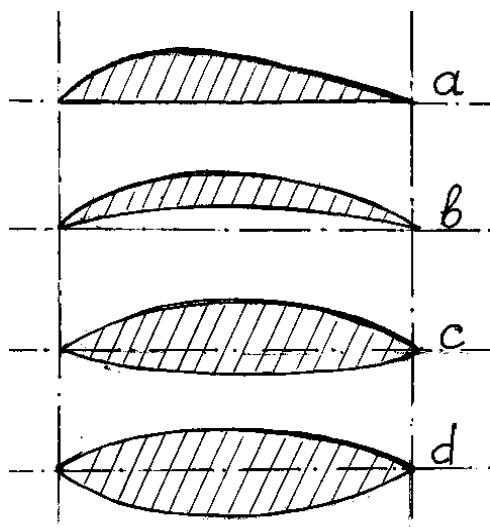


Рисунок 1 - Возможные формы сечений крыла: **a, b, c** - несимметричной секции крыла;

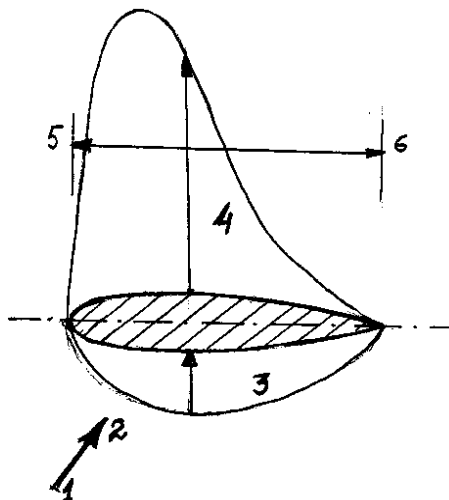


Рисунок 2 - Зоны низкого (3) и высокого давления (4) вокруг секции крыла в воздушном потоке (1-2). 5-6 – зона действия подъемной силы.

Важнейшими характеристиками, которые следует учитывать при построении модели ветроэнергетического объекта, являются: угол атаки α ветра на плоскость крыла, отношение подъемной силы к силе тяги, (L/D) , а так же коэффициенты тяги и подъема (рис.3) [4]. Так, угол атаки α определяет значение максимальной силы и является наиболее эффективным критерием настройки поворота лопастей ветротурбины.

Коэффициент тяговой силы крыла C_D может быть рассчитан:

$$C_D = \frac{D}{0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_b}$$

где: D - тяговая сила; ρ - плотность воздуха; V - скорость воздушного потока, обтекающего крыло; A_b - площадь сечения (произведение длины зоны сечения на ширину).

Коэффициент подъемной силы крыла (C_L):

$$C_L = \frac{L}{0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_b}$$

Величина подъемной силы и силы тяги пропорциональны величине вырабатываемой электроэнергии. Каждое крыло имеет определенный угол атаки, при котором отношение подъемной силы к силе тяги максимально.

Кроме этого, важной характеристикой является его угол поворота крыла к оси действия ветра. Внезапное изменение направления воздушного потока способно привести к существенному снижению величины подъемной силы и увеличению силы тяги. Однако, для ВЭУ с осью ротора, способной постоянно ориентироваться по направлению ветра для получения постоянной относительной скорости ветра и постоянной частоты вращения, угол атаки устанавливается такой, чтобы частота вращения была постоянной, [3]. Применительно к ветроэнергетическим установкам это положение следует принять как допущение.

В дальнейшем, для моделирования процессов с целью определения факторов повышения эффективности ВЭУ, приемлемо воспользоваться расчетной диаграммой векторов распределения сил, действующих на лопасти ветрогенератора (рис.4).

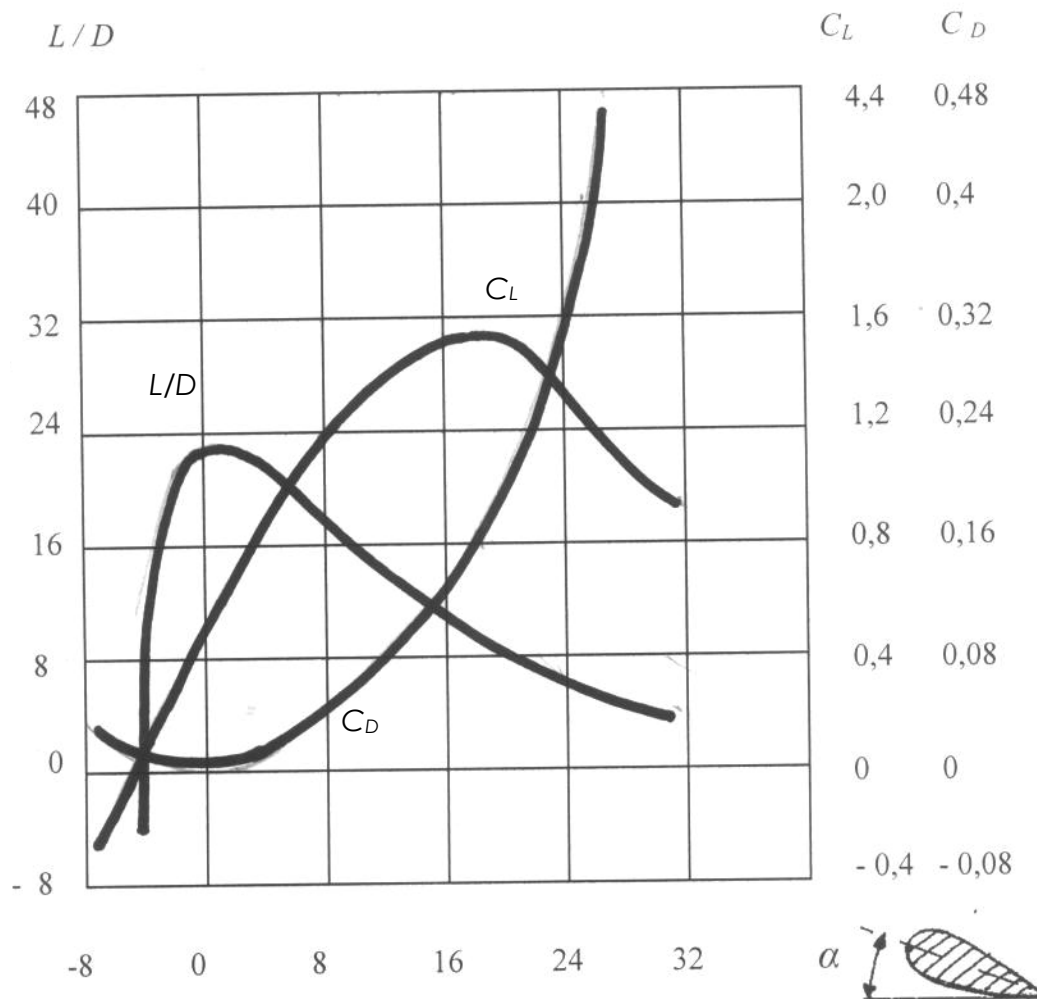


Рисунок 3 - Графики зависимостей отношения силы тяги (L) к подъёмной силе (D); коэффициента тяги C_L и коэффициента подъёма C_D от величины угла атаки α ветра на плоскость крыла ВЭУ типа P-250

Величина и направление тяговой силы изменяется в связи с изменением относительного угла ветра θ и величины радиуса r вдоль оси лопасти ветротурбины. Так как тангенциальная скорость u уменьшается по направлению к центру вращения, то относительный угол падения ветра θ резко возрастает.

Полный вращающий момент, Q , действующий на ротор, может быть рассчитан, как сумма всех вращающих моментов, направленных по оси лопасти ветротурбины, умноженный на число лопастей. Полная мощность, вырабатываемая ветрогенератором, равна произведению полного вращающего момента Q на значение угловой скорости ротора генератора ω . Мощностные расчеты подчиняются теории ветротурбин и предполагают учёт: предела Бетца, определяющего отношение максимальной мощности на валу к теоретически обоснованной [4], а так же турбулентный след и концевые потери по Прандлю [2]:

$$N = \omega \cdot M, \text{ Вт}$$

где $M = \frac{\pi \rho}{2} * C_m(Z, \varphi_i) * V^2 * R^3$, Нм - аэродинамический момент; ω - частота вращения ротора, рад/с; ρ - удельная плотность воздуха, кг/м³; $C_m(Z, \varphi_i)$ - коэффициент момента (функция двух переменных: быстроходности Z и угла установки лопасти φ для ветротурбин с жестким креплением лопастей).

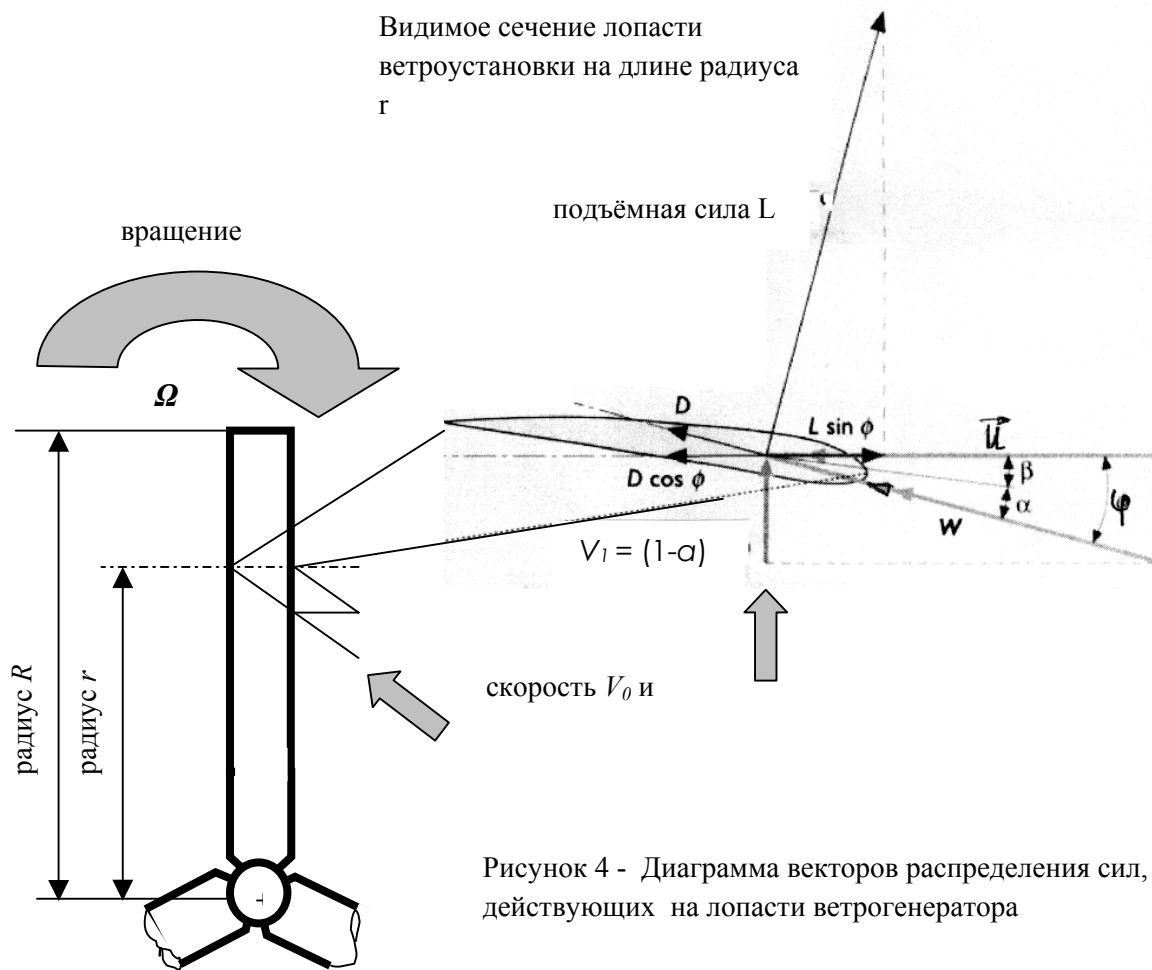


Рисунок 4 - Диаграмма векторов распределения сил, действующих на лопасти ветрогенератора

Учет влияния скорости ветра на эффективность функционирования ВЭУ следует выполнять пошагово (с интервалом в 1 м/с) в пределах операционного ряда изменения скорости ветра для ветротурбины, (т.е. между входом и выходом воздуха) [3].

Выводы.

Обоснованы исходные параметры и допущения, необходимые для компьютерного моделирования процессов при функционировании ветроэнергетической установки. Определено, что исходными параметрами моделирования является форма изгиба крыла, его жесткость, структура многолопастной конструкции; угол атаки и площадь контактной поверхности пластины, которые в совокупности определяют величину подъемной силы. С учетом положений теории расчета мощности известных для конкретной ВЭУ коэффициентов тяги и подъема, а так же векторов распределения сил данные параметры и допущения являются достаточными для построения и исследования модели объекта, что является направлением дальнейших исследований.

Литература

1. Шевченко В.В. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине. / Шевченко В.В.- Харьков.: 2007, С. 11 – 162. – (Энергетика та електрифікація) (Праці Харківського національного технічного університету «ХПІ»). № 7(287).
2. Renewable Energy. Power for a Sustainable Future. /Oxford University Press in Association with The Open University. – 2004, 452 p.

3. Шевченко В.В. Направления и перспективы использования специальных типов генераторов для энергетических установок с возобновляемыми источниками энергии. // Шевченко В.В., Шевченко С.Е – Харків: 2004, С. 213-217. – (Системи обробки інформації) (Зб наук.праць Харківського університету повітряних сил; вип. 9 (37)).
4. Вибір конструктивних рішень вітроенергетичних комплексів малої і середньої потужності: матеріали міжнародній науково-практичній конференції [„Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”], (Харків, 9 – 10 жовт.2008 р.), Вісник ХНТУСГ”, вип.73, Т. 1.- 2008.- С.128-131.

Анотація

Шевченко В.В., Омельченко Л.М., Лізан І.Я. Вихідні положення при побудові моделі вітроенергетичної установки для вирішення проблем промислової енергетики. Обґрунтовані параметри, припущення і функціональні залежності, що слід враховувати при побудові комп'ютерної моделі вітроенергетичної установки з метою встановлення умов підвищення умов ефективності її функціонування

Ключові слова: вітроенергетична установка, секція крила, кут атаки, сила тяги, сила підйому, потужність, діаграма, припущення, модель

Abstract

Shevchenko A.A., Omel'chenko L.N., Lizan I.Y. Initial positions at the construction of model of the wind-driven powerplant at the decision of problems of industrial energy. Parameters, assumptions and functional dependences which it is necessary to take into account at the construction of computer model of the wind-driven powerplant with the purpose of determination of terms of increase of efficiency of its functioning.

Keywords: vetroenergetikaya setting, a section covered, corner of attack, tractive force, force of getting up, power, diagram.

Здано в редакцію:
30.04.2010 р.

Рекомендовано до друку:
к.т.н., доц. К.М. Маренич