

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ГУМАНИТАРНЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

*ЖУРНАЛ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ
№ 05 (МАЙ) ЧАСТЬ I.*

Москва 2016

ISSN 2073-0071

Ежемесячный научный журнал

**Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук
№ 05 (88) МАЙ 2016. Ч. I.**

Архив журнала доступен в Научной Электронной Библиотеке (НЭБ) - головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Журнал включен в международный каталог периодических изданий "Ulrich's Periodicals Directory" (издательство "Bowker", США).

Цель журнала — публикация результатов научных исследований аспирантов, соискателей и докторантов.

Тематические разделы научного журнала «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук» соответствуют Номенклатуре специальностей научных работников, утвержденной приказом Минпромнауки России от 31.01.01 № 47.

*За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Полное или частичное воспроизведение или размножение, каким бы то ни было способом
материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного
разрешения авторов*

Для корреспонденции: 117036, г. Москва, ОПС №36
а/я №44 (до востребования)
Официальный сайт: www.publikacia.net
E-mail: publikacia@bk.ru
Гл. редактор Долматов А.Ф.
Цена свободная.

ISSN 2073-0071



9 772073 007095

© Авторы статей, 2016

© Оформление типография «Литера», 2016

© Институт Стратегических Исследований, 2016



СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аканова К.М., Хамитов И.Ж.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КОМПАНИЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ7

Камалетдинов А.Ш., Кожеевникова Л.М., Никитина А.А.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ УБЫВАНИЯ НА БЕСКОНЕЧНОСТИ РЕШЕНИЯ АНИЗОТРОПНОГО
ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ В НЕОГРАНИЧЕННЫХ ОБЛАСТЯХ.....10

Маматов М.Ш., Жабборов М.М.

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ИГРЫ ДВУХ ЛИЦ О РАЗДЕЛЕНИИ ПРОСТРАНСТВ
«РАССАДА» И «БРЮССЕЛЬСКАЯ КАПУСТА»16

Султыгов М.Д.

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
В КЛАССЕ ЗВЕЗДНЫХ ФУНКЦИЙ ПОРЯДКА $a-b$ 20

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Голубев А.М., Ломакина Г.Ю., Романко О.И., Смирнов А.Д., Шаповал В.Н.

АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КУРСУ ХИМИИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ.
СВОЙСТВА МАКРОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....25

Кунавина Е.А., Виноградов А.Н., Ханин В.П.

ПОЛУЧЕНИЕ КОКСА, ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВ
В ПРОЦЕССЕ ДЕСТРУКТИВНОЙ УТИЛИЗАЦИИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ29

Маматураимова Н.А., Туленбаева М.А., Алтыбаева Д.Т., Камалов Ж.К.

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДА НИКЕЛЯ.....31

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вихирева С.В.

ВОЗМОЖНОСТИ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ
И УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ.....36

Ибрагимов А.Ш., Набиева Ф.Х.

ГЕОБОТАНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ФЛОРЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ
НАХЧЫВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАНА39

Литвишко В.С., Литвишко О.В.

МИКРОКАПСУЛИРОВАННАЯ ФОРМЫ КАРБОФОСА.....44

Помазная В.А., Скуратова Е.А. БИОРАЗНООБРАЗИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ШИРИНСКОЙ СТЕПИ	47
Ручин А.Б., Алексеев С.К., Артаев О.Н. МЕЗОФАУНА ОСНОВНЫХ БИОЦЕНОЗОВ МОРДОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОТЛОВОВ ПОЧВЕННЫМИ ЛОВУШКАМИ).....	52
Снитко Л.В., Снитко В.П. ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗЕЛЕННЫХ И СТРЕПТОФИТОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ (CHLOROPHYTA, STREPTOPHYTA) ВОДОЕМОВ ЗОНЫ ИМПАКТА КАРАБАШСКОЙ МЕДНО-СЕРНОКИСЛОТНОЙ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	57
Чернявин П.В. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКОВ ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС»	60
Чистяков С.А. БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БУРОГО МЕДВЕДЯ, И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МЕТОДЫ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ И ДОБЫЧИ НА ПРИМЕРЕ ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС».....	64

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абрамченко Н.В., Екимова Е.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ОЦЕНКЕ ЭЛАСТИЧНОСТИ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ	70
Барташов Г.Ю. ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ К ЧЕМПИОНАТУ МИРА ПО ФУТБОЛУ 2018.....	73
Вазигатов Д.И., Мирзаханова А.Б., Ситдикова Э.О. ПЛАНИРОВАНИЕ ИТОГОВОГО БЮДЖЕТА ПРЕДПРИЯТИЯ.....	76
Герасимович Е.М. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	79
Джумагазиева Ш.К. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ ПРОМЫСЛОВ	82
Кашуба С.А., Старовойтова А.А. ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВУХСТОРОННИХ ПАЛЬТО ИЗ АВТОРСКИХ ПОЛОТЕН ПУТЕМ РФК.....	85
Кочнев Ю.Г. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И УДОБСТВА НА МЕЖДУГОРОДНИХ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТАХ	87
Куртенок А.А., Сатторов П.О., Журавлев А.И. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РАЙОНА "СЕВЕРНАЯ ДОЛИНА"	90

Мамбеталиева Г.С., Манкешева О.Т. ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ МАГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ.....	92
Пахомов А.Н., Бирюкова И.Ю., Васенина С.В., Комбарова Е.Ю., Позднышева И.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В АППАРАТАХ С КИПАЩИМ СЛОЕМ ИНЕРТНЫХ ТЕЛ.....	96
Рожкова Л.Г. КРИТЕРИИ ВЫБОРА ТИПА, РАЗМЕРОВ И КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОКОЛЕСА ВЕРТИКАЛЬНО- ОСЕВОЙ ВЕТРОУСТАНОВКИ	98
Сонин В.В. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ УСИЛЕНИЯ СЛАБЫХ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ НАСЫПЕЙ.....	104
Тарасов М.А., Романов А.Ю., Антонов Д.А. РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА НАПРАВЛЕНИИ ГАТЧИНА - САНКТ-ПЕТЕРБУРГ	107
Хачатрян В.А. КАЧЕСТВО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ И ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ	110
Чупахина Е.А., Салмин А.А. ФАКТОРЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ И МЕТОДЫ ЕЁ ПРЕОДОЛЕНИЯ	114
Шаринов М.И. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА КОМПЬЮТЕРАХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	116
Шаринов М.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ СОВРЕМЕННЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ ДЛЯ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	118
Шаринов М.И. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫЗОВОВ РЕКУРСИВНЫХ ФУНКЦИЙ В СОВРЕМЕННОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ И ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РЕКУРСИВНЫХ АЛГОРИТМОВ	122
Шаринов М.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМАНД ВЕКТОРНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРОЦЕССОРОВ INTEL ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ.....	126
Шаринов М.И. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В СРЕДЕ MICROSOFT EXCEL	129
Шаринов М.И. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕКТОРНЫХ КОМАНД ПРОЦЕССОРОВ INTEL ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В СРЕДЕ MICROSOFT EXCEL	131
Шинкин В.Н. ПРАВКА ЛИСТА НА ВОСЬМИРОЛИКОВОЙ МАШИНЕ. Часть 1. КРИВИЗНА ЛИСТА	134
Шинкин В.Н. ПРАВКА ЛИСТА НА ВОСЬМИРОЛИКОВОЙ МАШИНЕ. Часть 2. РАСЧЕТ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ	141

Эрастова К.Г., Ларюшкин П.А.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ НА ПРИВОД ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ 149

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Козаева М.И.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ 152

Костюк В.И.

КОНЦЕПТ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ 154

Чемоданов Р.Д.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ В ОТРАСЛИ ЖИВОТНОВОДСТВА 160

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аяган Б.Г., Ауанасова А.М.

ИСТОРИЯ ПРИНЯТИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СИМВОЛОВ НЕЗАВИСИМОГО КАЗАХСТАНА 164

Долженкова Е.В., Азаркова Е.Р., Лихачёва Д.А.

ИСТОРИКО-ПРАВОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ США В XIX – XX ВВ. 169

Ли Мэнлун

ИСТОРИЯ В РАЗВИТИИ РОССИЙСКО-КИТАЙСКИХ ОТНОШЕНИЙ (1991-2015) 171

Малышева Т.А., Веселова А.С., Моисеев И.А., Павлова А.А., Лямин А.Э.

РЕВОЛЮЦИЯ КАК ШАНС: К ИСТОРИИ СОВЕТСКОЙ ПОСЛЕРЕВОЛЮЦИОННОЙ
СПОРТИВНОЙ ДИПЛОМАТИИ 173

Мочалова А.Д., Устюхова Н.Н., Обухова Т.Л.

ЗАПРЕТ ПОЛИТИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ КАК УГРОЗЫ ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ: РОССИЙСКИЙ КАЗУС ОБРАЗЦА 1992 ГОДА 176

Мочалова А.Д., Устюхова Н.Н., Калинин Ю.С.

НИЖЕГОРОДСКОЕ ЗЕМСТВО И ЗЕМСКАЯ СТАТИСТИКА В КОНЦЕ XIX – НАЧАЛЕ XX ВВ.:
ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА ГУБЕРНИИ 179

Серёгин В.И., Минеев А.Б., Хуснетдинов Т.Р., Павлюк Е.Н.

ИСТОРИЯ ОДНОЙ ДЕТАЛИ 184

Султыгова Л.А.

ИСТОРИЯ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ КОСМОНАВТИКИ 188

Ульянова Ю.С.

РЕОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КУРОРТАМИ ПЯТИГОРЬЯ (1917-1930 гг.) 190

Шейшекеева Г.М.

ВНЕШНЯЯ ТРУДОВАЯ МИГРАЦИЯ И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ КЫРГЫЗСТАНА 194

УДК 533.6621548

Рожкова Л.Г. ©

К.т.н., доцент, Сумский национальный аграрный университет, Украина

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ТИПА, РАЗМЕРОВ И КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОКОЛЕСА ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОУСТАНОВКИ

Аннотация

В статье рассмотрены основные критерии выбора типа, конструкции и размеров ветроколеса для вертикально – осевых ветроустановок с точки зрения его эффективности. Обоснованы рекомендации по выбору типа лопастей, их количества в ветроколесе, конструкции крепления лопастей, а также номинальной скорости ветра для расчета мощности ВУ.

Ключевые слова: ветроколесо, коэффициент использования энергии ветра, мощность, аэродинамическое сопротивление, лопасть, коэффициент быстроходности.

Keywords: wind wheel, the coefficient of utilization of wind energy, power, aerodynamic drag, the blade, the coefficient of rapidity.

1. Постановка проблемы в общем виде.

Размеры и конструкция ветроколеса ветроустановки (далее ВУ) имеет решающее значение для ее эффективности, технологичности, эксплуатационных качеств и стоимости. Конструкция ветроколеса должна обеспечивать работоспособность и надежность ВУ в выбранном рабочем диапазоне скоростей ветра. В свою очередь, размеры ветроколеса ВУ вертикально-осевого типа определяются заданной мощностью, средней скоростью ветра в месте размещения и величиной коэффициента использования энергии рассматриваемой ВУ.

Известны следующие типы вертикально-осевых ВУ: ротор Савониуса, с парусными лопастями, роторы Дарье и Эванса и некоторые другие [1,2]. При выборе типа ВУ на первом этапе по заданной мощности, номинальной скорости ветра и коэффициенту использования энергии рассчитывается так называемая ометаемая ветроколесом площадь, откуда выбираются диаметр и высота ветроколеса вертикально-осевой ВУ. Кроме того, имеет значение величина минимальной скорости ветра, при которой начинает работать ВУ и которая зависит от типа ветроколеса. Таким образом, определяющим является выбор типа вертикально-осевой ВУ.

2. Анализ результатов исследований и публикаций.

Лопастную систему ВУ характеризуют следующие основные параметры:

- ометаемая ветроколесом площадь, S ;
- конструкция лопастей и их количество, i ;
- высота (или удлинение) лопасти, H ;
- диаметр ветроколеса, D ;

Совокупность значений этих параметров и степень их приближения к оптимуму определяют аэродинамическое и энергетическое совершенство ветроколеса ВУ. Кроме того, существенное влияние на эффективность лопастной системы оказывает конструкция крепления (подвески) лопастей к валу ротора.

Ометаемая ветроколесом площадь для вертикально-осевых ВУ равна

$S = H \times D$, где: H – высота ветроколеса, D – диаметр и рассчитывается по величине потребной

$$S = \frac{P}{C_p \cdot P_{уд} \cdot \eta},$$

мощности P

где C_p - коэффициент использования энергии ветра данной ВУ;

$P_{уд}$ – удельная мощность ветрового потока (с площадью поперечного сечения 1 м^2);

η - механический коэффициент полезного действия ВУ.

В свою очередь, удельная мощность потока равна $P_{уд} = \rho U_\infty^3 / 2$. Тогда

$$S = \frac{2P}{C_p \cdot \rho \cdot U_\infty^3 \cdot \eta},$$

где U_∞ - скорость ветрового потока на бесконечности (в нашем случае, так называемая номинальная скорость ветра).

Потребная мощность ВУ, безусловно, определяется потребительским спросом на рынке. Поскольку скорость ветра изменяется во времени, номинальную (установленную) мощность ВУ принято рассчитывать по так называемой номинальной скорости ветра. Принимаемое по Европейскому стандарту значение номинальной скорости ветра для расчета мощности ВУ находится в пределах 11,5...14,5 м/с, однако это часто не отвечает реальной среднегодовой скорости ветра в месте установки ВУ.

Формы профилей лопастей вертикально-осевых ВУ, применяемых в мировой практике, достаточно разнообразны. [1,2,3]. Наибольшее распространение получили лопасти с крыловым профилем и ротор Савониуса. Количество крыловых лопастей в роторе ВУ в мировой практике варьируется от 2 до 5 [3]. Увеличение количества лопастей может несколько снизить коэффициент использования энергии ветра ВУ, однако в то же время увеличивает момент трогания ротора из состояния покоя.

Высоту лопасти, а, следовательно, и высоту ветроколеса, а также величину его диаметра для вертикально-осевых ВУ по конструктивным соображениям рекомендуется выбирать в пределах следующего соотношения $H \geq 0,6D$, поскольку это было проверено в исследованиях и на практике. [4].

Крепление лопастей в роторе играет важную роль в конструкции лопастной системы. Преобразование энергии ветра в полезную мощность ВУ сопровождается потерями как механическими (из-за трения в опорных узлах), так и аэродинамическими, обусловленными сопротивлением деталей опорной части ротора. Определенная часть аэродинамических потерь приходится на долю крепления лопастей к валу и в случае неудачной конфигурации крепления может быть значительной. Следует при этом отметить, что величина потерь в данном случае обусловлена не только сопротивлением крепления, но и эффектом экранирования потока, набегающего на лопасти, находящиеся на подветренной (тыльной) стороне вертикально-осевой ВУ. Таким образом, важнейшим аспектом разработки конструкций крепления лопастей вертикально-осевых ВУ является обеспечение минимально возможных аэродинамических потерь энергии потока.

3.Цель статьи. Цель статьи – обоснование критериев выбора типа, размеров и конструкции ротора вертикально-осевой ветроустановки на базе анализа информации по уже существующим ВУ.

4. Изложение основного материала.

Расчет ометаемой ветроколесом ВУ площади по номинальной скорости ветра 11,5...14,5 м/с (согласно Европейскому стандарту) в случаях размещения ВУ в районах с низкой среднегодовой скоростью $U_{\text{ср}}$, приводит к недопустимо большим отклонениям реальной мощности от расчетной. В этом случае в качестве критерия для определения ометаемой ротором площади может выступать гарантированная мощность, рассчитываемая по номинальной скорости ветра, равной $U_{\text{ср}}$.

Может быть рекомендован и другой подход к выбору номинальной скорости ветра, когда последняя определяется из условия получения максимума годовой энергии (по сравнению с другими

скоростями ветра в месте размещения ВУ). Достаточно подсчитать $U_{\infty}^3 \cdot t_n$, где U_{∞} - рабочая скорость ветра, а t_n – ее повторяемость (согласно данным Поморцева, либо для больших среднегодовых скоростей – Гуллена [5]) при конкретной среднегодовой скорости $U_{\text{ср}}$, чтобы выявить скорость ветра, при которой получается искомый максимум годовой выработки. На рис. 1 приведен график, иллюстрирующий данный подсчет для среднегодовых скоростей ветра от 3 до 6 м/с [5]. Видно, что для каждой среднегодовой скорости имеется такая скорость $U_n \approx 1,5U_{\text{ср}}$, определяемая пересечением кривых $U_{\infty}^3 \cdot t_n$ со штрихпунктирной кривой, при которой получается максимальная годовая производительность ВУ. Таким образом, ометаемая площадь ротора ВУ может быть определена по мощности при номинальной скорости $U_n \approx 1,5U_{\text{ср}}$.

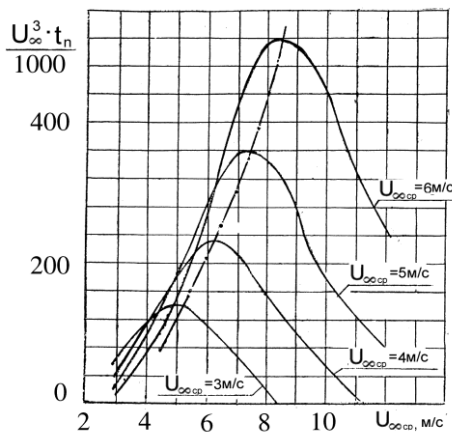


Рис. 1. Определение номинальной скорости ветра для известной величины среднегодовой $U_{ср}$ [5]

Как известно, коэффициент быстроходности (θ) ВУ зависит от принципа работы лопастей: в случае образования тянущей силы за счет сил лобового сопротивления лопасти $\theta < 1$ (тихоходные ВУ), за счет подъемной силы $\theta > 3$ (быстроходные ВУ). Однако в настоящее время разработаны и исследованы оригинальные лопасти, так называемые крыловые незамкнутые (тип КН)[6] и бипрофильные (двухэлементные). Коэффициент быстроходности (θ) ВУ с данными лопастями находится в зоне так называемой средней быстроходности $1 < \theta < 3$, что дает определенные преимущества, в частности, по прочностным требованиям. Известно, что высокая быстроходность ротора ВУ обуславливает жесткие требования к прочностным свойствам конструкции в части опорно-ходовых узлов и прочих несущих частей, поскольку с ростом быстроходности резко возрастает центробежная сила, действующая на лопасти, а также частота колебаний (цикличность) динамических нагрузок. Рассмотрим в качестве

иллюстрации к вышесказанному зависимость коэффициента удельной центробежной силы лопасти C_{Q1} (при единичной массе и единичном радиусе вращения центра масс лопасти) от коэффициента быстроходности. В общем случае центробежная сила лопасти ротора вертикально-осевой ВУ: $Q = \frac{mU_{\theta}^2}{R_m}$, где m – масса лопасти; R_m – радиус вращения центра массы лопасти.

Безразмерным коэффициентом центробежной силы лопасти C_Q будем считать ее отношение к динамическому напору потока ветра q_{∞} и площади продольного сечения лопасти по хорде S_l .

$$C_Q = \frac{Q}{q_{\infty} S_l} = \frac{mU_{\theta}^2}{R_m \frac{\rho_a}{2} U_{\infty}^2 S_l} = K\theta^2$$

где K – коэффициент, зависящий от геометрических и массовых параметров ротора ВУ, равный $K = \frac{2m}{R_m \rho_a S_l}$.

В частном случае при $m=1\text{кг}$, $R_m=1\text{м}$, $S_l=1\text{м}^2$ получаем значение коэффициента удельной центробежной силы $C_{Q1} = 1,6\theta^2$. Полученная зависимость является параболой с вершиной в центре системы координат $\theta - C_{Q1}$ и увеличение коэффициента быстроходности с θ_1 до θ_2 повышает удельную центробежную силу в θ_2/θ_1^2 . В качестве примера сравним величины удельной центробежной силы для тихоходных вертикально-осевых ВУ ($\theta=0,8$) и быстроходных ($\theta=6$). В этом случае величина C_{Q1} возрастает более, чем в 56 раз – факт, не нуждающийся в комментариях.

Лопасти вертикально-осевых ВУ, рекомендуемые для вертикально-осевых ВУ, имеют крыловую незамкнутую форму профиля (аббревиатура КН), как более простые в изготовлении и достаточно эффективные [7]. В частности, коэффициент использования энергии ветра для ротора с модификацией лопасти КН-6, рис.2, по результатам исследований достигал $C_{p \max} \approx 0,3$ [7]. Как видно на рис 2, мощностная характеристика ротора с лопастями КН-6 расположена в области быстроходности между тихоходными ($\theta < 1$) и быстроходными ветроколесами ($\theta > 3$), что послужило основанием

классифицировать ВУ с таким ветроколесом как новый тип ВУ средней быстроходности. Ветроколесо с лопастями КН-6 самозапускается и работает и при низких скоростях ветра.

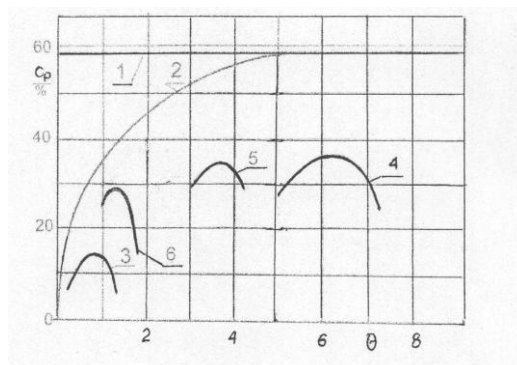


Рис.2. Расположение мощностных характеристик вертикально-осевых ВУ по быстроходности (θ) относительно критериев Бетца (1) и Глауэрта (2): 3–ротор Савониуса; 4– ротор Дарье; 5– ротор с прямыми крыловыми лопастями НАСА0018 по данным [8]; 6 – ротор с лопастями КН-6

$C_{p \max} \approx 0,3$ получен при трех лопастях в роторе. Однако, с точки зрения уменьшения неравномерности действия на ротор тянущих и радиальных сил, возникающих на лопастях и имеющих нестационарный характер по траектории движения лопасти, желательно увеличение количества лопастей. На рис. 3 приведены эпюры коэффициента тянущей силы C_T по времени T , за которое лопасть проходит круговую траекторию, для одиночной лопасти и для варианта $i = 3$ [9]. Эпюры рассчитаны с использованием коэффициентов подъемной силы C_y и силы сопротивления C_x , полученных экспериментально при круговой обдувке лопасти КН-4 [7]. В случае трехлопастного и пятилопастного роторов действие вращающего момента $M_{вр}$ по круговой траектории, безусловно, более равномерно. Однако наиболее точно может характеризовать реальную ситуацию зависимость $C_T = f(T)$, в которой учитывались бы торможение и скос потока. Такая зависимость была получена расчетным путем профессором Волковым Н.И. (рис.4, вар. в, χ – параметр торможения) [9]. Дальнейшее снижение неравномерности $M_{вр}$ за счет увеличения числа лопастей может быть ограничено, с одной стороны, оптимальным значением коэффициента заполнения σ , с другой – минимальной эффективной длиной хорды лопасти.

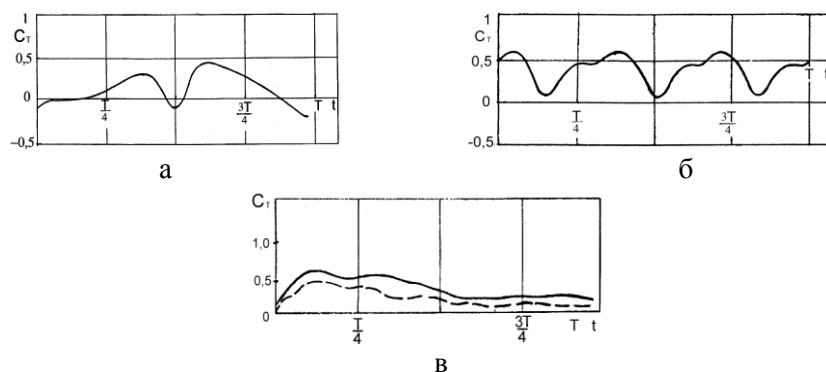


Рис. 3. Эпюры коэффициента тянущей силы C_T для одиночной лопасти КН-4 (а) и для ротора с тремя лопастями КН-4 (б), $\theta=1,3$; без учета торможения и скоса потока; с тремя лопастями КН-4(в), $\theta=1,2$; с учетом торможения и скоса потока: — $\chi=0$; --- $\chi=0,15$ [7,9].

Что касается выбора высоты и диаметра ротора, то соотношение $H \geq 0,6D$, приведенное выше, должно согласовываться с рекомендуемой величиной удлинения лопасти $\lambda = L/b$, которое должно быть не менее 5 [4]. С увеличением числа лопастей в роторе соотношение высоты и диаметра ротора может быть скорректировано. Однако при применении концевых шайб (или пластин) λ может быть меньше.

Для определения степени влияния конфигурации крепления на аэродинамические характеристики ВУ в лаборатории ветроэнергетики Сумского государственного университета были

проведены экспериментальные исследования пяти вариантов крепления лопастей вертикально-осевой ВУ [10]. Варианты конструкций приведены на рис. 4.

1 вариант – крепление лопасти с помощью горизонтальных траверс пластинчатого типа, соединяющих концы лопастей с валом ВУ; 2 вариант – крепление лопасти семью обтекаемыми (с круглым сечением) стержнями, три из которых расположены в одной горизонтальной плоскости, при трех лопастях количество стержней равно 21; 3 вариант – крепление, объединяющее 1-й и 2-й варианты; 4 вариант – крепление лопасти 10-ю стержнями, расположенными наклонно, общее число стержней 30; 5 вариант – крепление, объединяющее 1-й и 4-й варианты. Испытания носили сравнительный характер, поскольку проводились на стенде одной и той же экспериментальной установке. Результаты

исследований представлены на рис. 5 в виде зависимостей $\frac{C_p}{C_{p\max}} = f(\theta)$. Как и предполагалось, оптимальным в аэродинамическом отношении оказалось крепление лопасти двумя горизонтальными пластинчатыми траверсами – по варианту №1 (рис.4).

Это подтверждено не только самым высоким коэффициентом C_p модели ротора ВУ с вышеназванным вариантом крепления, но и данными испытаний вариантов №3 и №5. Другими словами, наличие горизонтальных траверс практически не изменило аэродинамические характеристики, которые были получены в опытах с креплениями по вариантам №2 и №4 (без траверс).

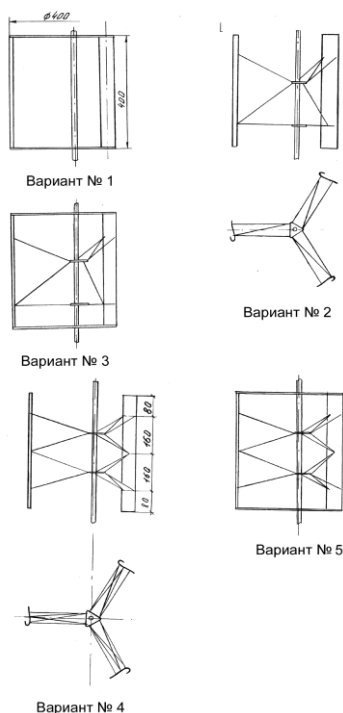


Рис.4. Исследованные варианты крепления лопастей

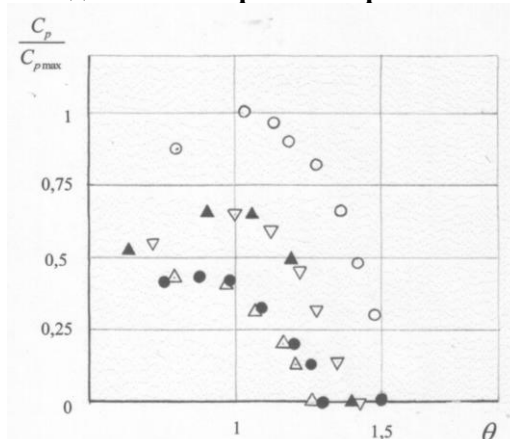


Рис. 5. Влияние крепления лопастей на аэродинамику ротора вертикально-осевой ВУ с лопастями КН 4, $i = 3$: о - вариант № 1; ▲ - вариант № 2; ▽ - вариант № 3; ● - вариант № 4; Δ - вариант № 5, рис. 4.

По данным испытаний, крепление лопастей 30-ю наклонными стержнями (вариант №4, рис. 4) снижает C_p ВУ примерно в два раза по сравнению с креплением горизонтальными траверсами, тогда как крепление лопастей меньшим количеством стержней (21 шт.), часть которых располагалась в горизонтальной плоскости (вариант №2, рис. 4), снижало C_p ВУ приблизительно в 1,5 раза.

Таким образом, величина аэродинамических потерь является одним из важнейших критериев выбора конструкции крепления лопастей. Однако обеспечение минимальных аэродинамических потерь не должно снижать необходимые прочность и долговечность крепления.

Выводы.

1. Ометаемую ветроколесом площадь рекомендуется определять либо по гарантированной мощности ВУ, рассчитываемой по номинальной скорости ветра $U_{\infty cp}$, либо по мощности при номинальной скорости

$$U_n \approx 1,5U_{\infty cp}.$$

2. Для вертикально-осевых ВУ рекомендуются лопасти, имеющие крыловую незамкнутую форму профиля (КН). Значения коэффициента использования энергии ветра C_p для ветроколес с лопастями КН – 6 близки к предельным для рабочих областей по быстроходности указанных ветроколес. Наличие самозапуска ротора и способность его к работе как при высоких, так и при низких скоростях ветра гарантирует создание высокоэффективных вертикально-осевых ВУ средней быстроходности.

3. В вертикально-осевых ВУ средней быстроходности существенно снижается центробежная сила, действующая на лопасти, а также частота колебаний (цикличность) динамических нагрузок.

4. Кардинальное значение с точки зрения величины аэродинамического сопротивления при проектировании ВУ имеет выбор конструкции крепления лопастей к валу.

Литература

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. Иванов И.И., Иванова Г.А., Перфилов О.Л. Модельные исследования роторных рабочих колес ветроэнергетических станций // Сборник научных трудов Гидропроекта, вып. 129 «Ветроэнергетические станции». – Москва, 1988. – 106 – 113с.
5. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. – Москва: ОГИЗ – Сельхозгиз. – 1948. – 544с.
6. Лопасть ветроколеса.: А.с. 1815409 СССР, МКИ F03D 1/06 /Рожкова Л.Г.– Оpubл. 15.05.93, Бюл. №18.
7. Рожкова Л.Г. Новые формы профилей лопастей вертикально – осевых ветроустановок средней быстроходности: Диссертация на соискание ученой степени кандидата техн. наук: 05.14.07.- Сумы, 2005. – 196с.
8. Баклушин П.Г., Вашкевич К.П., Самсонов В.В. Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик ортогональных крыльчатых ветроколес // Сборник научных трудов Гидропроекта, вып. 129 «Ветроэнергетические станции». – Москва, 1988. – С. 98 – 105.
9. Волков Н.И. Математические модели течений и расчет аэродинамических характеристик ортогональных ветродвигателей: Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук: 05.14.07. –Сумы, 1997. – 240 с.
10. Рожкова Л.Г., Кошкин И.Н. Основные критерии совершенства конструкции подвески лопастей ротора вертикально-осевой ветроэнергетической установки. // Вестник НТУУ «КПИ», Машиностроение, вып. 35. – 1999. – 169 – 174с.