

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОКОЛЕС
ШАМАЛ АЙЛАМПАЛАРЫНЫН НЕГИЗГИ МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮН ТАЛДОО
ANALYSIS OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF THE WIND TRIBUNES

Турдукулова А.А. – старший преподаватель, ЖАГУ

Султаналиева К.К. – преподаватель, ЖАГУ

Белекова Б.Т. – аспирант, ЖАГУ

Аннотация: Макалада шамал турбинасынын натыйжалуулугун мүнөздөгөн, шамал энергетикасынын орнотмолорунун негизги көрсөткүчтөрү талданган. Шамал турбинасынын оптималдуу параметрлерин аныктоо ыкмалары берилген.

Аннотация: В статье проведен анализ основных параметров ветроэнергетических установок, характеризующих эффективность ветротурбины. Представлена методика определения оптимальных параметров ВЭУ.

Annotation: The article analyzed the main parameters of wind turbines, characterizing the efficiency of the wind turbine. The methods of determining the optimum parameters of the wind turbine was presented.

Ачык сөздөр: Шамал жабдулуктары, кинетикалык энергия, шамал турбиналар, аба агымы, шамал кыймылдаткычтар, ветроколесо, аэродинамика.

Ключевые слова: Ветроустановки, кинетическая энергия, ветротурбины, воздушный поток, ветродвигатель, ветроколесо, аэродинамика.

Keys words: Wind turbine, kinetic energy, wind turbine, air flow, wind engine, wind wheel, aerodynamics.

Кинетическая энергия ветра

$$E_{\text{aica}} = \frac{1}{2} m v^2 [\text{Ae}]$$

преобразуется ветродвигателем в механическую энергию и далее в зависимости от назначения ветроустановок эта энергия с помощью генераторов, преобразователей или исполнительных механизмов может быть преобразована в электрическую, тепловую, химическую, механическую или другие виды энергии. [1, 2, 3]

В механическую энергию $\dot{A}_{\text{ia}\delta}$ ветродвигатель может преобразовать только часть полной энергии воздушного потока $\dot{A}_{\text{aica}}$ проходящего через сечение ветроколеса, определяемую типом двигателя и режимом его работы. Эта часть оценивается коэффициентом использования энергии ветра $\tilde{N}_{\delta}$. [4]

Получим величины, характеризующие значения коэффициента $\tilde{N}_{\delta}$. На рис. 1 показан поток воздуха, условно ограниченный сечениями: S_1 — перед ветроколесом; S — в зоне ветроколеса; S_2 - за ветроколесом. Соответствующие обозначения скорости ветра — v_1 , v и v_2 ($v_1 < v < v_2$). [6]

Потери кинетической энергии потока на ветроколесе в секунду составляют [7]

$$E_{s1} - E_{s2} = \frac{1}{2} \rho s v (v_1^2 - v_2^2).$$

Сила F , действующая на ветроколесо, определяется изменением импульса потока:

$$F = \frac{d(mv)}{dt} = \rho s v (v_1 - v_2).$$

Производимая этой силой работа

$$A = Fv = \rho s v^2 (v_1 - v_2).$$

Максимальное значение этой работы определяется соотношением [15]

$$A_{\max} = \frac{16}{27} \frac{1}{2} \rho s v_1^3.$$

Величина $\frac{1}{2} \rho s v_1^3$ определяет мощность потока в сечении s без ветроколеса.

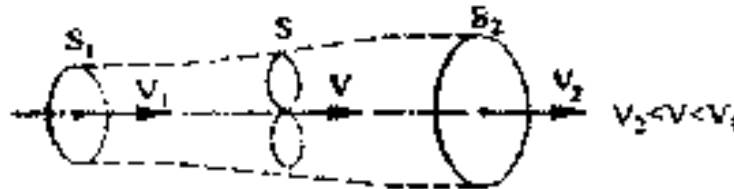


Рис. 1. К определению коэффициента использования энергии ветра $\tilde{N}_\delta$ ВЭУ

Таким образом, максимально возможное значение коэффициента мощности

$$C_{p \max} = \frac{A_{\max}}{A} = \frac{16}{27} = 0,593, \text{ которое называют теоретическим пределом Бетца. Впервые}$$

этот коэффициент для ветродвигателя, работающего без потерь, был получен Н.Е. Жуковским — творцом аэродинамики. В практических расчетах учитывают влияние на величину C_p типа ветроколеса, в результате чего он уменьшается и составляет [5, 8]

$$C_p = (0,3 - 0,8) C_{p \max} \approx 0,18 - 0,48.$$

Меньшее значение C_p относится к многолопастным тихоходным ВЭУ с вертикальной осью вращения, большее - к горизонтально-осевым ВЭУ с двумя-тремя лопастями типа «Пропеллер».

Коэффициент C_p — один из главных параметров, характеризующих эффективность ветротурбины. Он определяет среднюю выработку электроэнергии на конкретной установке.

Другим важнейшим параметром ВЭУ является коэффициент быстроходности Z , который определяют как отношение окружной скорости концов лопастей к скорости ветра v [9, 10]:

$$Z = \frac{\omega R}{v} = \frac{u}{v},$$

здесь R - радиус окружности, ометаемой концевыми элементами лопастей; ω - угловая частота, $\omega = \frac{\pi n}{30}$ [рад/с]; u - окружная скорость на концах лопастей, $u = \frac{\pi D n}{60}$ [м/с], где n - частота вращения, об/мин; D - диаметр ветроколеса, м.

Величина Z находится в пределах 0,2 - 10: для крупных ВЭУ $Z > 1$, для ВЭУ с большим количеством лопастей $Z \approx 3$, для ВЭУ с тремя лопастями и большой скоростью вращения $Z \approx 6 - 10$.

В работе ветроустановки выделяют два предельных режима: режим с постоянным коэффициентом быстроходности Z и, следовательно, с постоянным коэффициентом мощности C_p , и режим с постоянной частотой вращения ветроколеса и, следовательно, с переменным коэффициентом C_p . Характеристика ветроколеса обычно дается в виде зависимостей коэффициента C_p и вращающего момента M от величины Z (рис. 2) [12, 13].

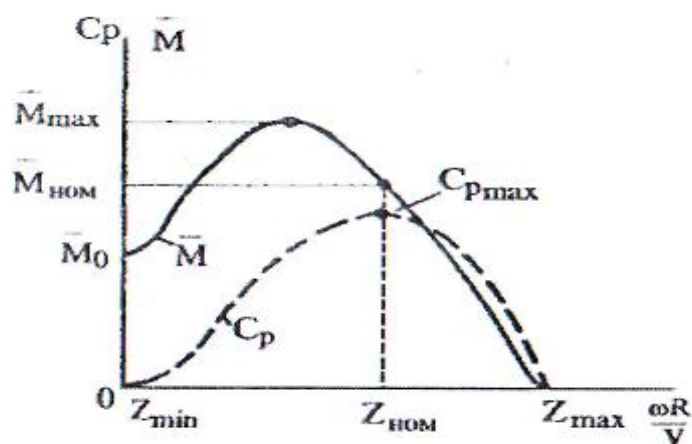


Рис. 2. Мощностные и моментные характеристики ветродвигателя
Вместо момента M часто откладывается значение относительного момента

$$\bar{M} = \frac{2M}{\pi R^3 \rho v^2}.$$

Величине $C_{p \max}$ соответствует значение номинального момента $M_{\text{н}}$.

Отношение $\frac{M_{\max}}{M_{\text{н}}}$ определяет перегрузку, отношение $\frac{M_0}{M_{\max}}$ - страгивание,

$Z_{\min}$ - синхронную скорость, отношение $\left| \bar{Z}_{\min} \right| = \frac{Z_{\min}}{Z_{\text{н}}}$ называют коэффициентом ухода.

На рис. 3 даны теоретические зависимости C_p и $\bar{M}$ в функции Z для различных типов ветротурбин [15]. На практике неизбежны отклонения от этих характеристик, что обусловлено условиями эксплуатации, влиянием рельефа, характером колебаний ветра и т.п.

Важной характеристикой ветроколеса является также число лопастей. В большинстве применяемых в мире ВЭУ число лопастей не превышает четырех, при этом генерируемая

мощность зависит в основном от ометаемой ВК площади и мало зависит от числа лопастей.

В системе двух лопастей имеется опасность возникновения биений, поскольку при вращении центр масс лопастей может не совпадать с осью вращения и лопасти могут прогибаться под собственным весом.

Применение противовесов устраняет это смещение, однако, даже будучи уравновешенным, двухлопастное ветроколесо вибрирует с удвоенной частотой вращения, что при наложении на колебания опоры может привести к разрушению ВЭУ.

Эти недостатки отсутствуют в трехлопастном ветроколесе, которое уравнивает путем балансировки, например, при помощи противовесов.

Ширина и толщина лопастей практически не влияют на величину мощности, однако более тонкие лопасти позволяют достичь более высоких скоростей вращения благодаря уменьшению собственной массы и трения о воздух. Обычно ширину лопасти (хорду) выбирают из расчета $1/20 - 1/25$ диаметра ветротурбины.

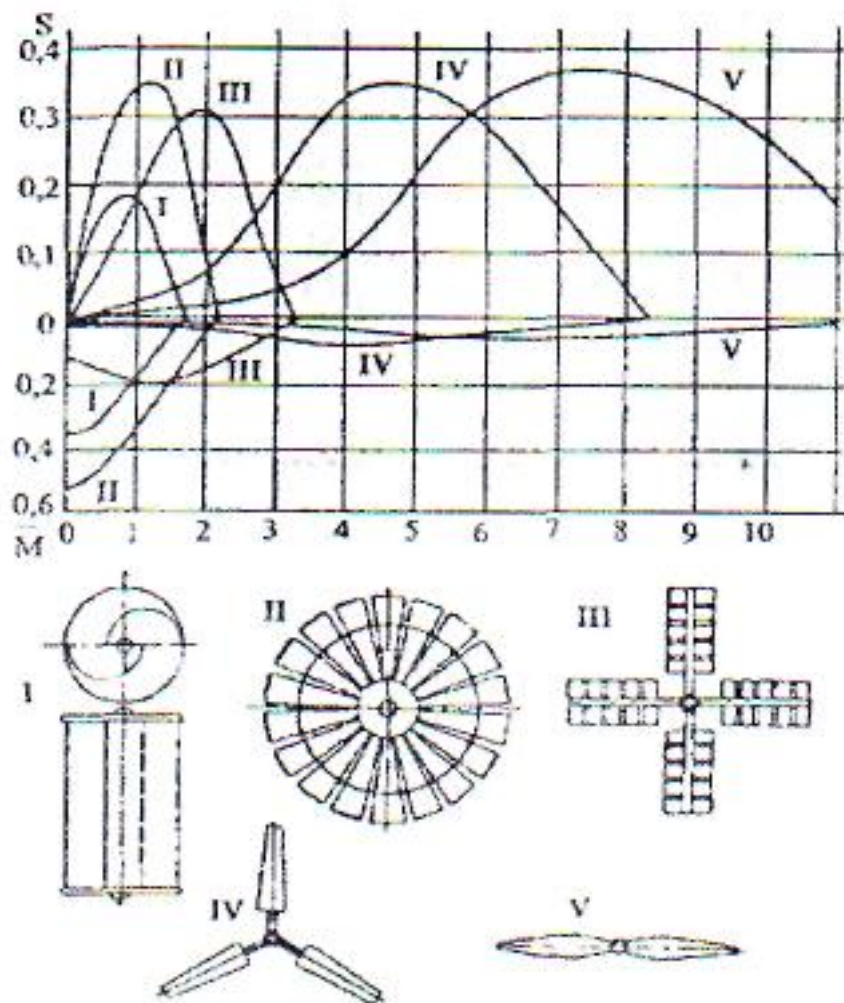


Рис. 3. Влияние типа ветродвигателя на его характеристики

Выводы:

1. Использование ветроэнергетических ресурсов позволит решить топливно-энергетическую проблему многих сельских районов.

2. Развитие ветроэнергетики позволит решить такие глобальные для человечества проблемы, как экология, обеспечение населения продовольствием и насыщение энергетического рынка без ущерба природным богатствам.
3. Можно использовать электрическую энергию, выработанной на ВЭС для подпитки энергетической системы со стороны сельских линий имеющих малую мощность.
4. Необходимо привлечь государственных и частных инвесторов для реализации программы освоения энергии ветра.

Список использованной литературы:

1. Lema, Adrian and Kristian Ruby, «Between fragmented authoritarianism and policy coordination: Creating a Chinese market for wind energy)/, Energy Policy. Vol. 35, Issue 7, July 2007.
2. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Книга 1. Ветроэлектрогенераторы. –Х.: ХАИ. 2003.
3. Кривцов В.С., Яковлев А.И. Ветроэнергетика в Украине: Реальность и перспективы//Проспект Правды. – 1998. -№5(12).
4. Кривцов В.С., Яковлев А.И. Ветроэнергетика в Украине: Реальность и перспективы//Проспект Правды. – 1998. -№7(14).
5. Шихайлов Н.А. Развитие ветроэнергетики в Украине//Нетрадиционные источники, передающие системы и преобразователи энергии. –Х: ХАИ. -1997. –Ч.1. –С. 9-10.
6. Шидловский А.К., Лищенко А.И., Резцов В.Ф. Проблемы преобразования энергии ветроэлектрических установок//Техническая электродинамика. -1993. -№3. –С. 41-45.
7. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. –М.: Энергоатомиздат, 1983. -193с.
8. <http://www.wind-energie.de/en/wind-energy-in-germany/overview/>
9. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. –М.: Сельхозгиз, 1948. -544с.
10. Яковлев А.И. Расчет ветротурбин с вертикальной осью вращения: Учебное пособие/А.И.Яковлев, М.А.Затучная. –Х.: Нац.аэрокосм.ун-т. «ХАИ». -2002. – 56с.