

Ветер и энергия ветра

Энергия ветра и давление ветра

Ветер имеет качественные показатели: массу (m); скорость (v).

Энергия ветра (E) зависит от этих показателей.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Представим, что имеется плоскость (S) перпендикулярная движению потока ветра, как показано на Рис. 1.

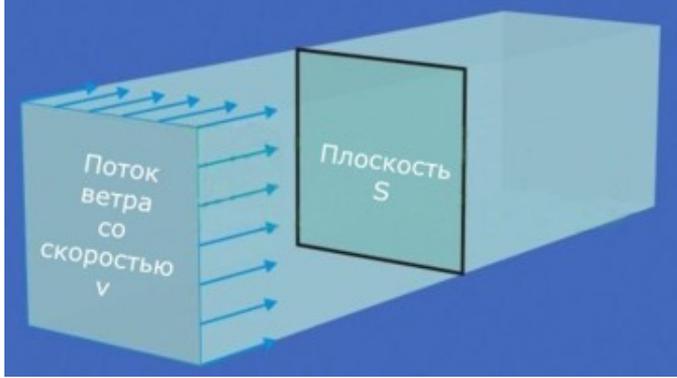


Рис.1 Скорость ветра и площадь поперечного сечения

Масса ветра (m) зависит от размера площади (S), сквозь которую проходит ветер, а также от скорости ветра (v) и его плотности (ρ), т.е.:

$$m = vS\rho$$

Плотность (ρ) зависит от ряда факторов: температура, влажность, высота. В стандартных условиях $\rho = 1,2928 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Допустимо применять

$$\rho = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

На основании этих знаний преобразуем формулу (1) и получим:

$$P = \frac{1}{2}vS\rho v^2 = \frac{1}{2}S\rho v^3 = 0,6Sv^3 \quad (2)$$

Мы видим, что энергия ветра имеет кубическую зависимость от скорости ветра. Например, для площади в один квадратный метр при скорости ветра 5 м/с мощность ветра составит 75 Вт, а при скорости ветра 10 м/с мощность ветра 600 Вт.

Кинематическую энергию в формуле (1) можно представить в виде относительной энергии ветра:

$$E = 0,6v^3$$

При расчете нагрузки на ветряное колесо определяют давление ветра (w) на единицу площади перпендикулярной направлению ветра:

$$w = \frac{1}{2}\rho v^2 = 0,6v^2 \quad (3)$$

Мы видим, что давление ветра имеет квадратичную зависимость от скорости ветра.

Таблица 1.

Зависимости основных параметров ветра.

Среднегодовая скорость ветра (м/с)	Плотность ветрового потока (Вт/м^2)	Давление ветра (Н/м^2)
20	4800	240
13	1318	101
10	600	60
8,5	369	43
7,5	253	34
6	129	22
3	16,2	5,4

Эффективность ветряного колеса.

Выше описывалась полная энергия ветра. Т.е. был описан идеальный случай, когда ветер движется с какой-то скоростью (v), имеет какое-то давление (w), а затем всю свою энергию (E) передает перпендикулярной плоскости (S) (препятствию на своем пути). В расчетах принималось, что за перпендикулярной плоскостью $v, w, E = 0$. На самом деле плоскость (S) является не чем иным как ветровым колесом. За ним $v, w, E \neq 0$. Ветер отдает ветряному колесу только часть энергии, а часть остается у него и ветер продолжает движение.

Аэродинамическая теория гласит, что эффективность идеальной конструкции ветряного колеса не может быть выше 59%. В дополнении к аэродинамической эффективности существует эффективность механической трансмиссии, электрогенератора и пр.

Таблица 2

Эффективность различных видов ветряных колес

Модель ветряного колеса	Полная эффективность
Вертикальная ось (плоские лопасти)	Не более 12%
Вертикальная ось (чашечные лопасти)	Не более 7%
Вертикальная ось (S-образные лопасти)	Не более 25%
Вертикальная ось с геликоидными лопастями	15-30%
Мультилопастной с горизонтальной осью	10-30%
С горизонтальной осью лопастями переменного профиля (1-10 кВт)	15-35%
С горизонтальной осью лопастями переменного профиля (10-100 кВт)	30-45%
С горизонтальной осью лопастями переменного профиля (более 100 кВт)	35-50%

Ометаемая площадь ветряных колес.

Ометаемая площадь ветряного колеса с горизонтальной осью вращения перпендикулярна направлению ветра. На рис.2 ометаемая площадь указана для трехлопастного ветряного колеса.



Рис.2 Ометаемая площадь для ветряного колеса с горизонтальной осью вращения.

На рис.3 схематически показана ометаемая площадь для ветрогенератора с вертикальной осью вращения Н-типа.

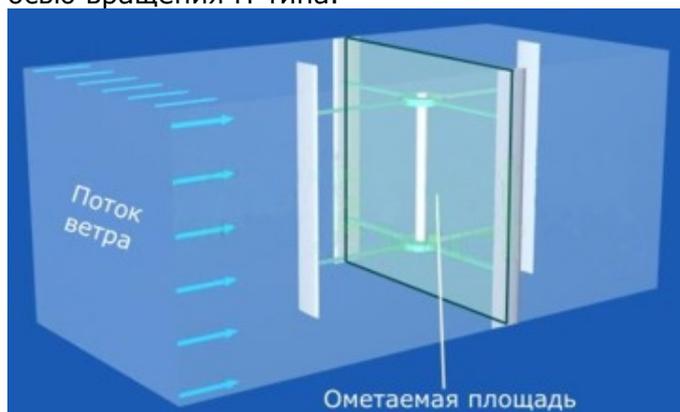


Рис.3. Ометаемая площадь ветряного колеса с вертикальной осью вращения.

В соответствии с двумя предыдущими таблицами можно оценить мощность для ветряного колеса. Например, требуется колесо с вертикальной осью вращения мощностью 200 Вт при скорости ветра 6 м/с. Находим, что эффективность составит 25%, площадь ометания $6,2 \text{ м}^2$. Если рабочая скорость ветра будет 10 м/с, то площадь ометания составит около $1,4 \text{ м}^2$. Для ветряного колеса с горизонтальной осью вращения мощностью 10 Квт при скорости ветра 10 м/с можно увидеть, что эффективность составит 30%, площадь ометания около 56 м^2 . А если рабочая скорость ветра будет 13 м/с, то ометаемая площадь составит около 25 м^2 .

Материал, из которого сделано ветряное колесо должен обеспечивать определенную прочность. Считается достаточным запас прочности 80% от номинальной скорости ветра. Например, ветряное колесо планируется применить на

скорость ветра 6 м/с, значит, материал должен выдерживать давление ветра при скорости 10 м/с, т.е. 60 Н/м^2 .

Лопасты для ветряного колеса доступны на странице ООО «ПРОФХИМПОСТАВКА» по ссылке <http://profhimpostavka.ltd.ua/lopasti/index.html>