

УЧЕТ ТОРМОЖЕНИЯ ПОТОКА В ВИХРЕВЫХ МОДЕЛЯХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ВЕТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Волков Н.И., доц.

Известные как вихревые модели течения идеальной среды в ортогональных ветроколесах не учитывают торможение воздушного потока при взаимодействии с вращающейся лопастной системой ветродвигателя. В таких моделях одна из компонент скорости натекания среды на лопасть в любой точке круговой трассы движения считается постоянной и равной скорости невозмущенного потока. Такая постановка задачи приводит к весьма грубой расчетной модели, не в полной мере учитывающей как общую проницаемость ометаемой поверхности ветроколеса, так и различную степень торможения потока вблизи самих лопастей при разных их азимутальных положениях.

Строго учесть математической моделью реальную картину обтекания лопастей пока не представляется возможным, однако можно попытаться как бы дополнительно отразить в ней основные характерные особенности торможения воздушного потока при прохождении через вращающееся ветроколесо.

Если не принимать во внимание реально существующие во вращающемся ветроколесе и перед ним скос потока, а также влияние центрального индуцированного вихря, то при построении расчетной модели можно попытаться учесть хотя бы снижение скоростей течения вследствие конкретной проницаемости ометаемой площади ветроколеса на режимах различной быстроходности и различия в степени торможения потока вблизи лопастей при их движении против ветра и по ветру как на наветренной, так и на подветренной половинах ветроколеса.

Аналогичный подход использовался в импульсных моделях с двойным активным диском и привел, как известно, к более корректным расчетным схемам.

Предлагаемый нами подход для расчета силового взаимодействия воздушного потока с ортогональным вращающимся ветроколесом базируется на вихревой модели, использующей метод гидродинамических особенностей [1]. В отличие от постановок [2-4] или аналогичных им при нестационарном отрывном обтекании лопастей величины относительных скоростей \vec{W} натекания потока на них, а также соответствующие компоненты скоростей перемещения ближайших к лопастям свободных вихрей рассчитываются не по скоростям \vec{V}_0 невозмущенного потока, а по скоростям \vec{V}_T ветрового потока, заторможенного лопастной системой ветроколеса, т.е.

$$\vec{W} = \vec{V}_T - \omega \vec{R}. \quad (1)$$

Векторы скоростей \vec{V}_T и \vec{V}_0 считаются коллинеарными.

Величины скоростей заторможенного ветроколесом потока определяются как:

$$\vec{V}_T = \vec{V}_0(1 - K_T), \quad (2)$$

где K_T - коэффициент торможения потока в ветроколесе.

Основными факторами, влияющими на торможение потока, являются степень затенения $\sigma = ib/2R$ и быстроходность $\theta = \omega R/V_0$ ветроколеса (i - число лопастей, b - хорда лопасти, R - радиус ветроколеса, ω - частота вращения ветроколеса, V_0 - скорость невозмущенного ветрового потока).

Коэффициенты торможения потока K_T для любого значения азимутального положения лопасти предлагается рассчитывать как

$$K_T = \chi \sigma \sqrt{\theta} [2 + \sin(\beta - \pi) - \frac{\sigma}{1+\theta} \cos(\beta - \pi)]. \quad (8)$$

Затенение и быстроходность ветроколеса определяющим образом влияют на коэффициент торможения K_T , положение лопасти по отношению к вектору невозмущенного потока - в значительно меньшей степени. Коэффициенты зависимости (8) выбирались на основании анализа соответствующих расчетов по импульсной теории, данных экспериментальных исследований, а также некоторых физических соображений. На величину параметра торможения $\chi = 0.1 - 0.2$ влияют, кроме всего прочего, конструктивные особенности траверс, способы крепления лопастей, размеры опорного вала и др. факторы. На рис.1 показано рассчитанное по (2) изменение величин скоростей набегающего потока при прохождении через ветроколесо

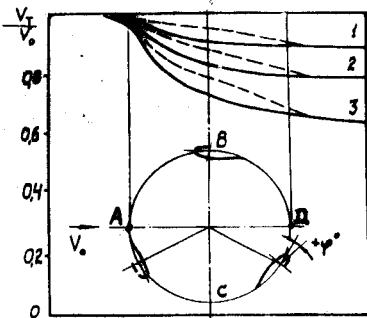


Рис. 1. Изменение скорости потока при прохождении через ветроколесо.

при прохождении его через ветроколесо ($\chi = 0.15$). Сплошные линии соответствуют значениям скоростей на половине ABD, а пунктирные - на половине ACD ветроколеса. Кривая 1 построена для значений $\sigma = 0.5, \theta = 0.3$; кривая 2 - для $\sigma = 0.5, \theta = 0.8$; кривая 3 - для $\sigma = 0.75, \theta = 1.5$.

Вообще говоря, определяемые зависимостью (2) скорости могут использоваться в качестве характерных не только в вихревых моделях с безотрывным или отрывным обтеканием лопастей, но и в других расчетных моделях ветроколес ортогонального типа.

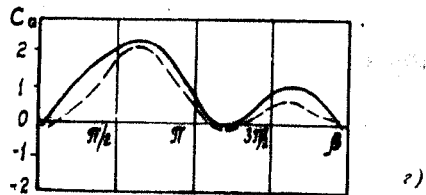
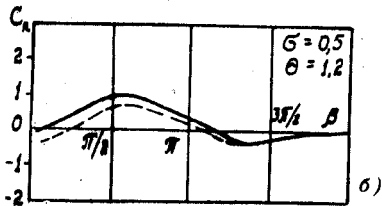
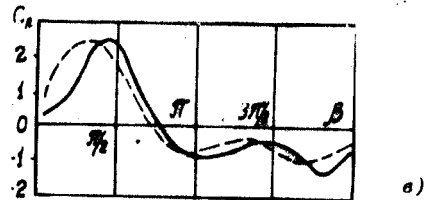
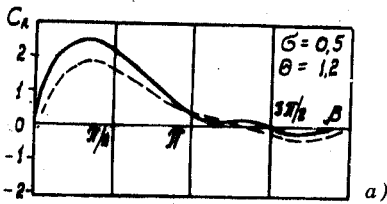


Рис. 2. Зависимость коэффициентов радиальной и тангущей сил от азимутального угла положения лопасти

В лаборатории ветроэнергетики СумГУ имеется обширный материал по исследованию вертикально - осевых ветродвигателей с лопастями крылового незамкнутого типа, в том числе и расчету аэродинамических характеристик ветроколес методом дискретных вихрей в постановке нестационарного отрывного обтекания лопастей идеальной средой. На рис.2-4 в качестве примера представлены результаты расчетов коэффициентов радиальной C_R и тангущей C_Q силы, а также коэффициента использования энергии ветра C_P на режимах различной быстроходности. Сплошные линии соответствуют расчету при $V = V_0$, а пунктирные - при $V = V_T$, т.е. с учетом торможения потока. Здесь ϕ - угол установки лопасти. Учет торможения потока в основном снижает

значение коэффициентов аэродинамических сил и коэффициентов использования энергии ветра, приближая их расчетные значения к экспериментальным данным.

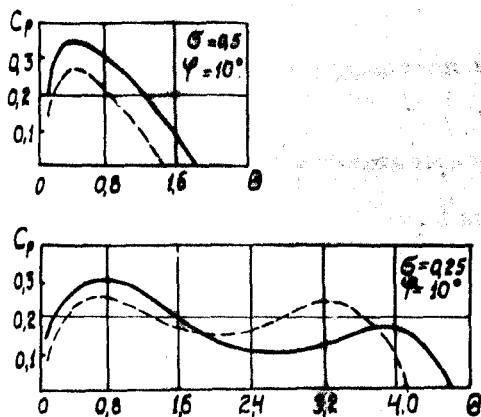


Рис. 3 Зависимость C_p от быстроходности и степени затенения ветроколеса

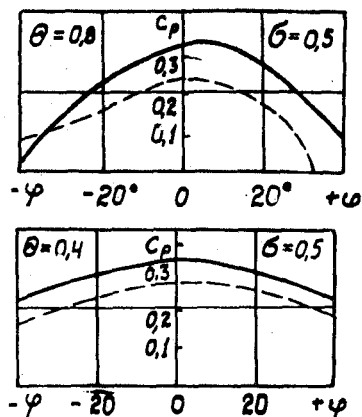


Рис. 4. Зависимость C_p от угла установки лопасти ветроколеса

SUMMARY

There has been proposed a way of decelerating airflow while using discontinuous vortex model of ideal flow in orthogonal wind wheels. It is shown how the flow speed is related to the degree of shading the propeller area and the wind - wheel specific speed, with the blades position on the circular movement route being taken into consideration. The paper also deals with the results of calculating the coefficient of aerodynamic forces and the coefficient of using wing energy under different specific speed modes.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоцерковский С.М., Нитш М.И. Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью. - М.: Наука, 1978. - 352 с.
2. Васькевич К.П., Самсонов В.В. Расчет аэродинамических характеристик ветроколес вертикально-осевого типа с использованием метода дискретных вихрей. - Сб. "Промышленная аэродинамика." - М.: Машиностроение, 1988. - Вып.8 (35). - С 159-170.
3. Гончаренко С.В. Численное моделирование работы ветроэнергетической установки с вертикальной осью вращения // Сб. "Математические методы расчета гидродинамических течений." - Днепропетровск, 1990. - С 54-62.
4. Волков Н.И., Вабенко Н.П. Расчет обтекания ротора быстроходного ветродвигателя вертикально-осевого типа методом дискретных вихрей // Сб. науч. тр. "Гидравлические машины и гидропневоагрегаты: теория, расчет, конструирование." - Киев, 1995, 254-259с.

Поступила в редколлегию 21 июня 1995г.

УДК 621.548

МОЩНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЛОПАСТЯМИ ОРИГИНАЛЬНОГО ТИПА

Коваленко В.М., проф., Попова О.А., асп.

Выполнены исследования аэродинамических характеристик модели ротора вертикально-осевой ветроэнергетической установки (ВЭУ) с профилем лопасти типа КН-6. Профиль типа КН представляет собой крыловой профиль, имеющий незамкнутую поверхность (рис.1). Такая форма позволяет обеспечить самозапуск ротора за счет натекания потока