

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СОВМЕЩЕННЫХ ТУРБИН ДАРЬЕ

Ершина А.К.

Казахский государственный женский педагогический университет

Жуманова З.Ж., Диярова Л.Д.

Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш.Есенова

Орал қаласындағы «Гидроприбор» ғылыми-зерттеу институтында Дарье және Бидарье режимдерінде жұмыс жасай алатын, айналмалы желтурбинасының зертханалық моделі жасалып, іске қосылған. 1995 жылдың қараша айында осы институттың аэродинамикалық трубасында жоғарыдағы екі режим бойынша 4 серия тәжірибе жасалған. Қорытындысында жел энергиясын қолдану жыынтық коэффициентінің Бидарье бойынша Дарьеге қарағанда 40% жоғары екені тағайындалды (ғылыми-техникалық өнімді қабылдау акті бар). Осы зерттеулер, тәжірибелер негізінде Дарье, Бидарье, Тридарье, Квартдарье режимдеріндегі жел энергиясын пайдаланудың эффективті коэффициентінің өзгерістерін есептеу қиындық келтірмейтіндігі анықталды.

Hydropribor Scientific-Research Institute of Uralsk City designed and produced an operating laboratory model of a roundabout type wind turbine which is able to run in Darrieus and By-Darrieus modes. In November 1995, four testing at both modes were conducted on Instituté's aerodynamic tube. Result showed that total coefficient of wind power use of By-Darrieus by 40% higher than Darrieus's. Based on the results achieved an effective coefficient fluctuation of wind power can be calculated at Darrieus, By-Darrieus, Three-Darrieus and Quadro-Darrieu mode.

Научно-исследовательским институтом «Гидроприбор» (г.Уральск) была спроектирована и изготовлена действующая лабораторная модель ветротурбины карусельного типа, могущая работать в режиме Дарье и Бидарье. В ноябре 1995 года на аэродинамической трубе этого института были проведены 4 серии испытаний в обоих режимах, в результате которых установлено, что суммарный коэффициент использования энергии ветра у Бидарье на 40% выше, чем у Дарье (имеется акт приемки – сдачи научно-технической продукции). На основании полученных результатов не трудно подсчитать изменение эффективного коэффициента использования энергии ветра в режимах Дарье, Бидарье, Тридарье, Квартдарье. [1,2]

Из теоремы Бернулли имеем

$$P + \rho \frac{U_3^2}{2} = P_0 + \rho \frac{U_0^2}{2}$$

или то же самое

$$\overline{\Delta P} = 1 - \overline{U_3^2} \quad (1)$$

Расчеты показывают, что за турбиной Дарье скорость ветра снижается на 18% ($U_3 / U_0 = 0,82$). А за ветротурбиной Бидарье на 38% ($U_3 / U_0 = 0,62$). Отсюда при $\xi = \xi_{\max} = 0,45$ найдем, что для

$$\text{Дарье } \overline{\Delta P}^{(1)} = 0,33,$$

$$\text{Бидарье } \overline{\Delta P}^{(2)} = 0,41,$$

$$\begin{aligned} \text{Тридарье } \overline{\Delta P}^{(3)} &= 0,635, & (2) \\ \text{Квартдарье } \overline{\Delta P}^{(4)} &= 0,99. \end{aligned}$$

Таким образом, для Квартдарье давление должно полностью восстановиться, т.е. за ветроагрегатом скорость воздушного потока будет равна нулю. [1,2] Естественно, этого не произойдет, ветер начнет обтекать возмущенную область местного повышения давления и индуктивная (непосредственно действующая на лопасти турбины) скорость потока уменьшится, но не обратится в нуль. Соответственно понизятся значения коэффициентов « k » и « ξ », характеризующие энергосъем с ветрового потока. На основании данных испытания лабораторной модели в режиме Дарье и Бидарье, а также изменений давления (2), можно произвести оценку эффективного коэффициента « ξ » для турбины с различным количеством соосных валов. Но прежде обратим внимание на тот факт, что при переходе от Дарье к Бидарье давление увеличивается на 24%, а в случае Тридарье – в 2 раза по сравнению с Дарье. Естественно ожидать пропорционально этому изменению давления при встрече ветра с Тридарье и в реальной обстановке. [1,3,5]

Эксперимент показал, что эффективное (суммарное) значение $\xi^{\text{эф}}$ у Бидарье на 40% больше, чем ξ у Дарье. Теория же предсказывало превышение на 69%.

Таким образом, разницу $((76-45)/45)100\%-40\%=29\%$ следует отнести за счет снижения индуктивной скорости потока. Или иначе, возрастание $\overline{\Delta P}^{(2)}$ за турбиной Бидарье на 24% по сравнению с Дарье привело к понижению суммарного коэффициента использования энергии ветра ($\xi^{\text{эф}}$) аппаратом на 29%, чем это следует из теории. [4,5,6]

В результате для Бидарье имеем:

$$\xi_{\text{max}}^{\text{эф}} 0,76 - 0,45 \cdot \frac{29\%}{100\%} = 0,63,$$

что составляет:

$$\frac{0,63 - 0,45}{0,45} \cdot 100\% = 40\%$$

Таким образом видно, что превышение эффективного значения $\xi^{\text{эф}}$ по сравнению с Дарье согласуются с данными эксперимента НИИ «Гидроприбор». Отсюда легко установить следующую эмпирическую зависимость:

$$\xi^{\text{эф}} = \xi^{(x)} = \frac{\overline{\Delta P}^{(x)} - \overline{\Delta P}^{(1)}}{\overline{\Delta P}^{(2)} - \overline{\Delta P}^{(1)}} \cdot \xi^{(1)} \frac{29\%}{100\%},$$

где $\xi^{(x)} = \xi_{\text{надветр}}^{(x)} + \xi_{\text{подветр}}^{(x)}$, (x)=(1), (2), (3), (4) указывает количество рабочих валов. Имея в виду, что

$$\xi_{\text{надветр}}^{(x)} = kx,$$

$$\text{а } \xi_{\text{подветр}}^{(x)} = kx(1 - kx)$$

в нашем случае для максимального коэффициента использования энергии ветра будем иметь

$$\xi_{\max}^{\text{эф}} = k_m x (2 - k_m x) - \frac{\overline{\Delta P}^{(x)} - \overline{\Delta P}^{(1)}}{\overline{\Delta P}^{(2)} - \overline{\Delta P}^{(1)}} \cdot \xi_{\max}^{(1)} \cdot 0,29 \quad (3)$$

где $k_m = 0,26$, а $\xi_{\max}^{(1)} = 0,45$.

Как видно из последней формулы, $\xi^{\text{эф}}$ существенно зависит от того, на сколько возрастает давление $\overline{\Delta P}^{(x)}$ по сравнению с возмущающим действием турбины Дарье ($\overline{\Delta P}^{(1)}$) на воздушный поток.

Эмпирическая зависимость (3) представлена на рис.1 в виде отношения $\xi_{\max}^{\text{эф}}$ к коэффициенту использования энергии ветра идеальной турбины Н.Е.Жуковского ($\xi = 0,593$). [3,4] Как видно из рис.1, наиболее выгодной оказывается машина Бидарье.

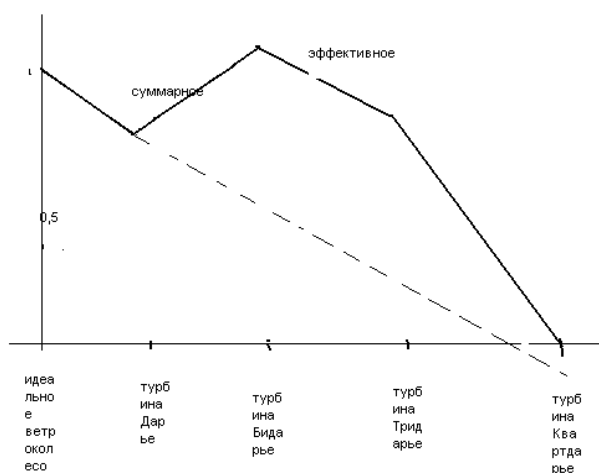


Рисунок 1. Эмпирическая зависимость отношения $\xi_{\max}^{\text{эф}}$ к коэффициенту использования энергии ветра идеальной турбины Жуковского ξ_0 .

$\xi_0 = 0,593$ – коэффициент использования энергии ветра идеальным ветроколесом Жуковского. [6]

Таким образом, основанная на данных экспериментального исследования оценка дает однозначный ответ, сколько необходимо иметь в одном агрегате совмещенных ветротурбин, имеющих наилучшие технико-экономические показатели.

Меньше двух вертикальных валов изготавливать ВЭУ карусельного типа нецелесообразно, т.к. при этом коэффициент изготовления энергии ветра ξ снижается с 0,63 до 0,45. Больше двух вертикальных валов с ветротурбинами использовать также нежелательно, так как в таких условиях существенно повышается местное давление и индуктивная скорость потока уменьшится. [4,5,6] Технико-экономическая эффективность предложенного устройства состоит в увеличении эффективного коэффициента использования энергии ветра. Экономическая оценка увеличения стоимости оборудования (изготовления второго коаксиального вала и двух лопастей) показывает, что полезный эффект за счет увеличения коэффициента использования энергии

ветра заметно повышается с возрастанием единичной мощности ветротурбины в следствии снижения расходов на строительные материалы, строительство несущей конструкции, отвода земли под строительство, стоимости обслуживания ветроагрегата.

Литература:

1. Богданова В.В. Ламинарный пространственный пограничный слой с продольным и поперечным перепадом давления. Изв.АН СССР, ОНТ, серия мех.и машин, 1960.-1.
2. Вабищевич П.Н. Численные методы решения задач со свободной границей. М.: изд-во МГУ,1987.-163с.
3. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. М.: Наука. 1967.-368с.
4. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. М.: Мир,1980.-616с.
5. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука,1977.-653с.
6. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973.-738с.