

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕТРОТУРБИНЫ ДАРЬЕ

В статье приводятся результаты экспериментального исследования закономерностей взаимодействия стационарного воздушного потока с четырехлопастной ветротурбиной Н-ротора /1-9/. Эксперименты проводились с действующей лабораторной моделью ветротурбины в аэродинамической трубе АО НИИ "Гидроприбор" /1-4/. С целью увеличения воздействия вращающейся турбины на воздушный поток и, соответственно, изучения поведения последнего при прохождении ветротурбины исследование проводилось на четырехлопастной модели ветротурбины Дарье (рис. 1).



Рис. 1. Фотография действующей лабораторной модели четырехлопастной ветротурбины Дарье

В этой работе рассматривается сравнение результатов теоретического расчета с экспериментом и изложены результаты экспериментального исследования воздействия вращающейся турбины на набегающий поток, из которых некоторые получены автором. Чтобы усилить влияние турбины на поток и более явно выяснить характер их взаимодействия, была выбрана четырехлопастная турбина Дарье. Эти эксперименты были проведены в аэродинамической трубе АО «НИИ Гидроприбор» г.Уральск. Автором разработана математическая модель /4/, основанная на методах векторного анализа с использованием представления о взаимодействии элементарных трубок тока с движущейся рабочей лопастью. Проведены расчеты и анализ результатов расчета основных характеристик.

На рис. 2 представлены данные по зависимости $\xi(Z)$ для аппаратов с турбиной Дарье. Как видно из рисунка, результаты наших расчетов достаточно хорошо согласуются с известными в литературе /1, 2/ опытными данными.

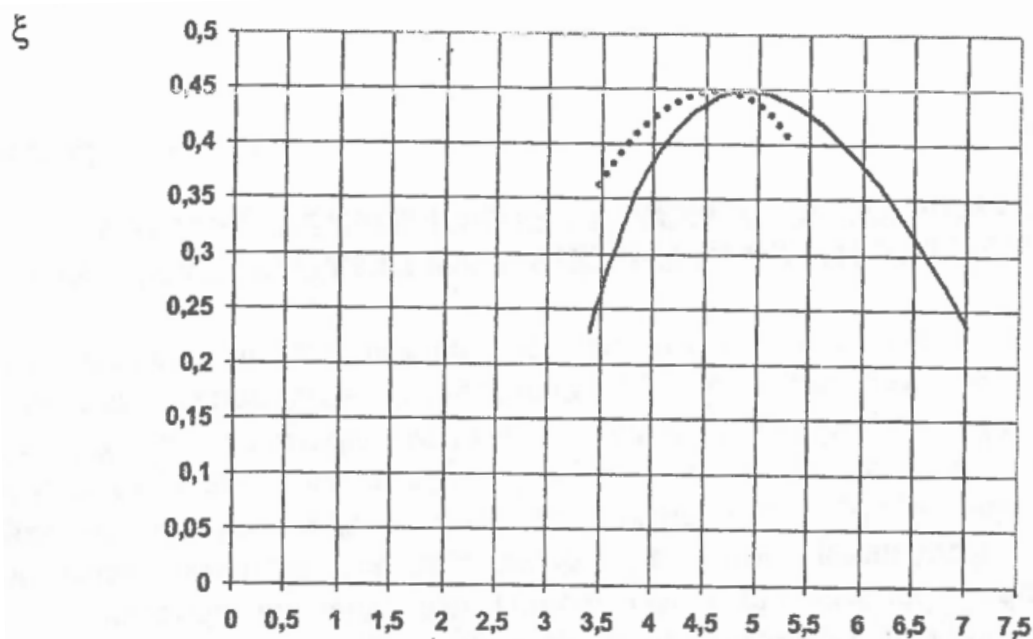


Рис. 2. Зависимость коэффициента использования энергии ветра ξ от быстроходности $Z=r_0\omega/V_\infty$: 1 – взято из [1], 2 – результаты расчета

Представляет интерес для конструкторов-проектировщиков знать соотношение длины хорды рабочих лопастей с диаметром турбины и выяснить наиболее подходящее их отношение. Такая работа в экспериментальном плане выполнена в [2]. На основе прямого физического эксперимента авторы установили, что наибольшая эффективность работы турбины Дарье типа Н-ротор наблюдается при отношении длины хорды к диаметру, турбины равному 0,125. В этой связи нами проведены специальные расчеты по определению зависимости коэффициента использования энергии ветра (ξ) от относительной длины хорды (h/d). Результаты расчета приведены на рис. 3. Как видно из этого рисунка, максимальное значение коэффициента (ξ) от относительной длины хорды (h/d) приходится на ту же величину $h/d=0,125$, что и у авторов работы [2].

Развитая в диссертации математическая модель взаимодействия вращающейся ветротурбины Дарье с воздушным потоком позволила провести сопоставление опытных данных по распределению скорости и статического давления непосредственно за турбиной. Соответствие расчетных и экспериментальных данных вполне удовлетворительно, что показано на рис. 4, 5.

Сравнить удастся только с данными эксперимента, полученными непосредственно за вращающейся турбиной (рис. 4,5).

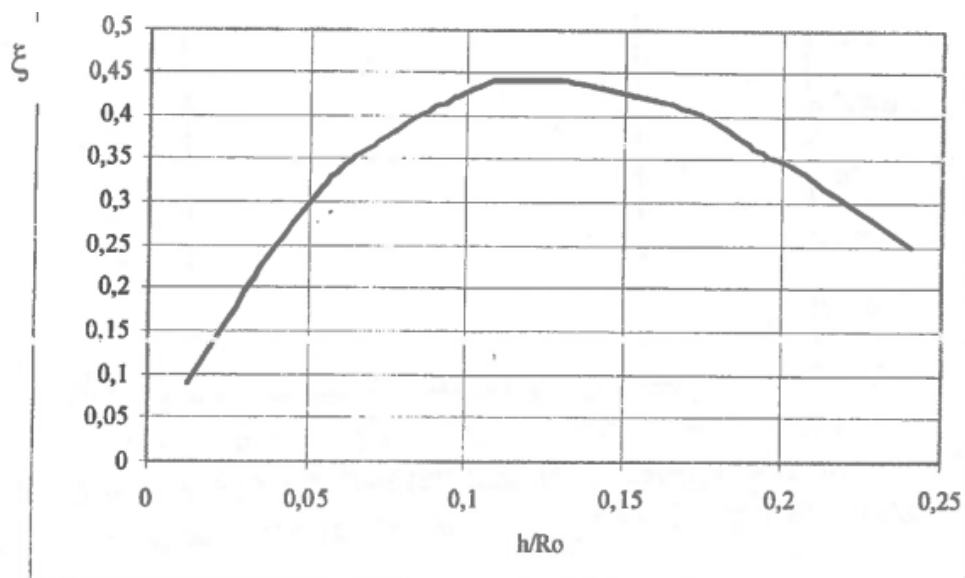


Рис. 3. Зависимость коэффициента использования энергии ветра ξ от относительной длины хорды рабочей лопасти h/d

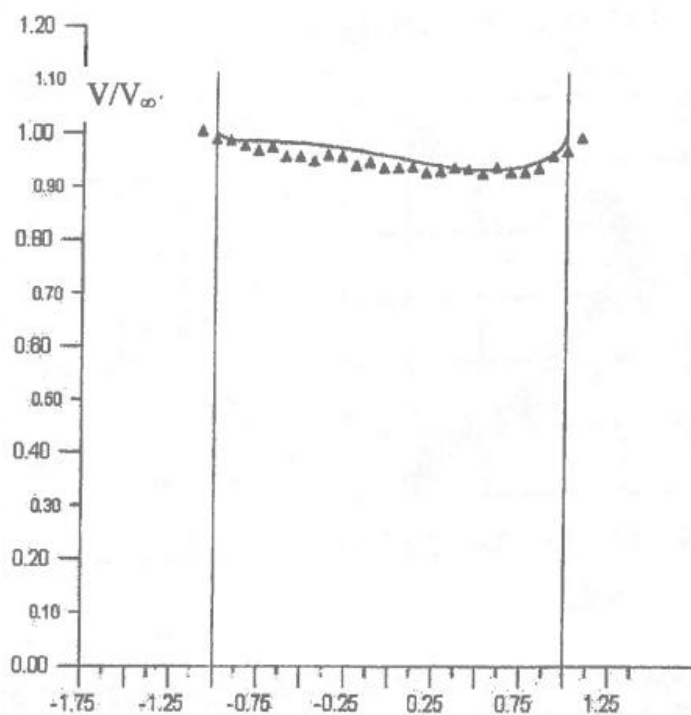


Рис. 4. Сравнение экспериментальных данных распределения скорости потока за турбиной с результатом теоретического расче u/γ_0

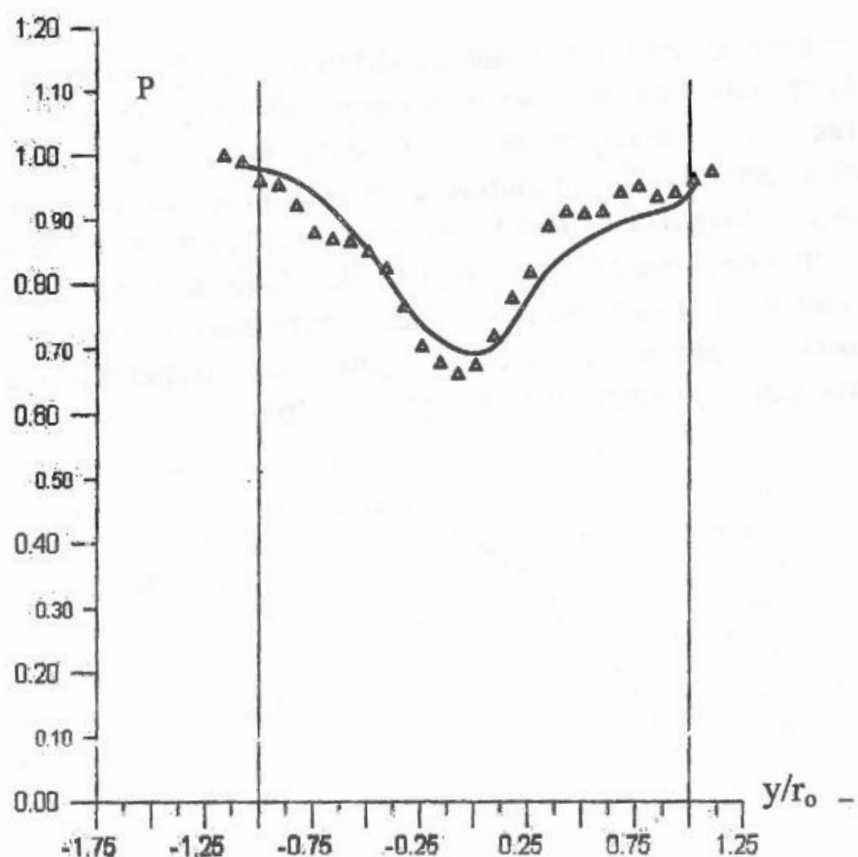
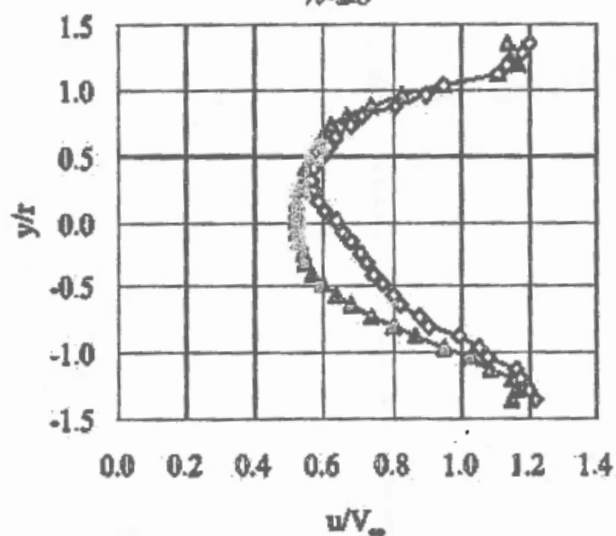


Рис. 5. Сравнение экспериментальных данных распределения статического давления за турбиной с результатом теоретического расчета

Сравнение профиля скорости
теоретических расчетов с
экспериментальными данными
зарубежных ученых при $x/r=1.6$ [6,7]

$\lambda=2.8$



Результаты теоретического расчета,
полученные А.Тулепбергеновым

$\lambda=2.8 (Z=2.8)$

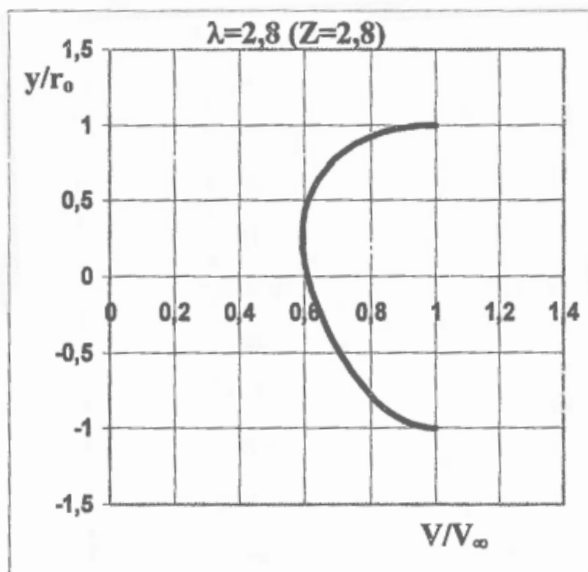
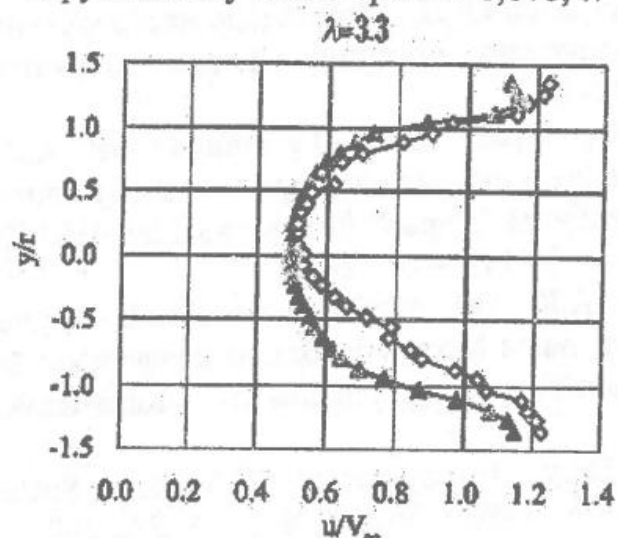


Рис. 6. Результат сравнения соотношения скорости ветра между вычислительными результатами и экспериментальными результатами в позиции $x/r = 1,6$

Сравнение профиля скорости
теоретических расчетов с
экспериментальными данными
зарубежных ученых при $x/r=1,6/6,7/$



Результаты теоретического расчета,
полученные А.Тулепбергеновым

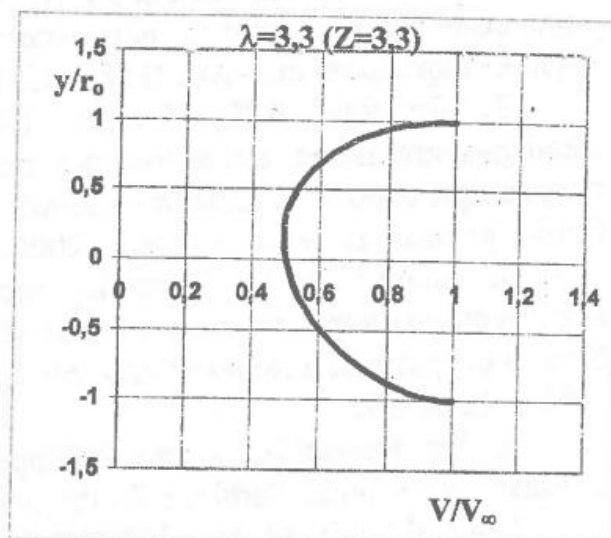


Рис. 7. Результат сравнения соотношения скорости ветра между вычислительными результатами и экспериментальными результатами в позиции $x/r = 1,6/6,7/$

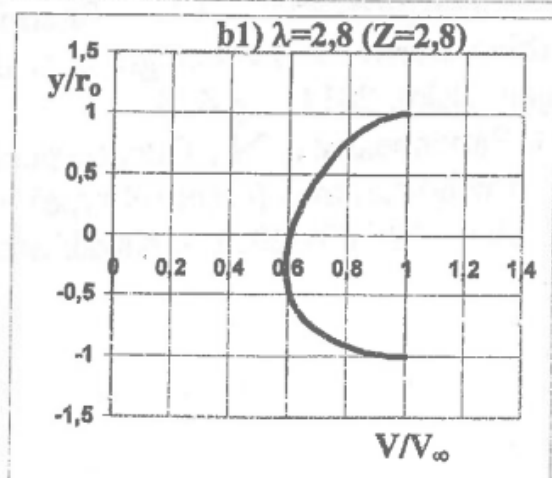
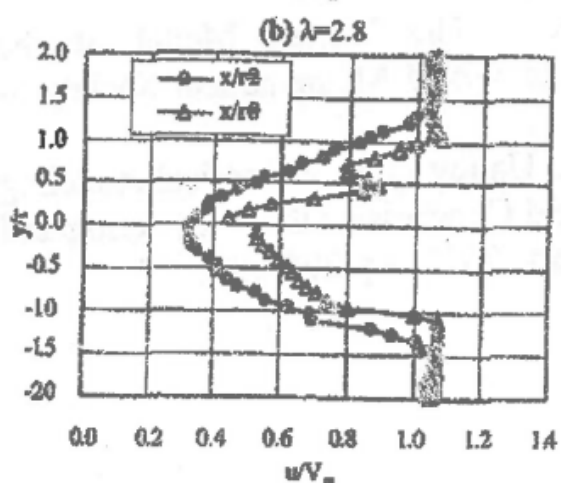
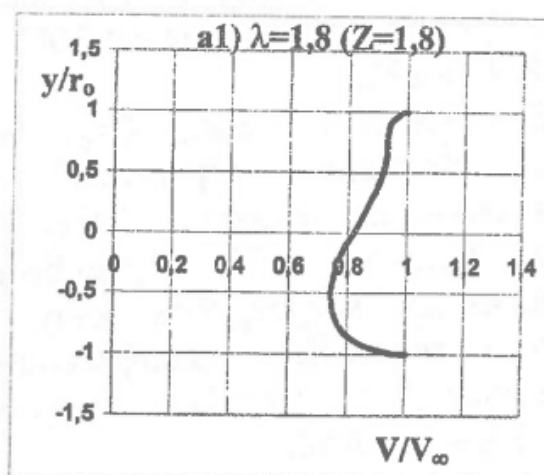
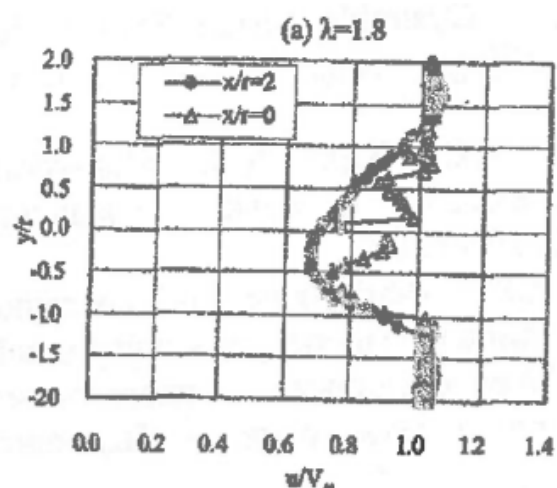


Рис. 8. Сравнения профилей скорости теоретических результатов А.Тулепбергенова с зарубежными экспериментальными результатами /6, 7/

Список литературы

1. Ершина А.К., Ершин Ш.А., Жапбасбаев У.К. Основы теории ветротурбины Дарье. - Алматы, 2001. - 104 с.
2. Иванов И. И., Иванова Г.А., Перфилов О. Л. Модельные исследования роторных рабочих колес ветроэнергетических станций. Сборник научных трудов гидропроекта. - М., 1988. - С. 106-113
3. Ершина А.К., Ершин Ш.А., Гуль В.И., Тулепбергенов А.К. Экспериментальное исследование поле течения стационарного воздушного потока при работе четырехлопастной турбины "Дарье" //Известия МН-АН РК: Серия физико-математическая. - 2000. - № 3(211). - С. 72-78.
4. Ершин Ш.А., Тулепбергенов А.К. Об одной нелинейной задаче ветротурбины карусельного типа" //Материалы Международной конференций: Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент. - Караганда. 1997. -С. 86-92.
5. Jon Paraschivoiu and Philippe Desy. Aerodynamics of Small - Scale Vertical - Axis Wind Turbines 111. Propulsion. - 1986. - Vol. 2, № 3. - P. 282-288.
6. Kenji Horiuchi, Izumi Ushiyama, Kazuichi Seki. Straight wing vertical axis wind turbines: A flow analysis //Wind engineering. - 2007. - Vol 29, №3. - P. 243- 252.
7. Islam, M., Ting, D. S-K. and Fartaj, A. Desirable Airfoil Features for Smaller-Capacity Straight-Bladed VAWT //Wind Engineering. - 2007. - Vol. 31, №3.- P. 165-196.
8. Турян К. Дж., Стрикленд Дж., Х., Бэрг Д.Э. Мощность ветроэлектрических агрегатов с вертикальной осью вращения //Аэрокосмическая техника. - 1988. - № 8. - С. 105-121.
9. Ершина А.К., Тулепбергенов А.К. Разработка и создание перспективных ветротрубин карусельного типа //Труды международной научно-практической конференции: Перспективные направления альтернативной энергетики и энергосберегающие технологии. - Шымкент. 2010.- Т.1.-С. 57-62.
10. Tulepbergenov A.K., Shemiazov K.E. The Vortex Model of the Windturbine Darrie // IV Congress of the Turkic World Mathematical Society. - Azerbaijan, Baku, 2011. - p.475,
Satyrbekov A.M., Tulepbergenov A.K., Ualiev Zh.R. Numerical modeling of modern wind turbines (carousel type) // V World Congress of the engineering and Technologies - WCET-2012. ~ Kazakhstan, Almaty, 2012, - p.294-296.