

К.Кусаинов¹, Э.Р.Шрагер², Н.К.Танашева¹, М.Тургунов¹

¹Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова;

²Томский государственный университет, Россия

(E-mail: nazgulya_tans@mail.ru)

Экспериментальное исследование силы тяги двухлопастного ветродвигателя

Статья посвящена разработке ветродвигателей на основе эффекта Магнуса. В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению силы тяги и коэффициента момента силы тяги двухлопастного ветродвигателя на основе эффекта Магнуса с гладкими вращающимися цилиндрами в диапазоне скоростей воздушного потока 4...13 м/с, при постоянном числе вращения вокруг собственной оси. В работе описаны графические зависимости силы тяги от скорости воздушного потока и коэффициента момента силы тяги от числа Рейнольдса. Результаты показали, что увеличение числа Рейнольдса приводит к уменьшению коэффициента момента силы тяги. Экспериментально определены условия, при которых эффект Магнуса способствует максимальному увеличению силы тяги и, соответственно, увеличению эффективности ветротурбины.

Ключевые слова: ветродвигатель, эффект Магнуса, число Рейнольдса, сила тяги, коэффициент момента силы тяги.

С географической и метеорологической точек зрения Казахстан является благоприятной страной для крупномасштабного использования ветроэнергетики. Перспективы использования определяются наличием соответствующих ветроэнергетических ресурсов. Порядка 50 % территории Казахстана имеет среднегодовую скорость ветра 4–5 м/с, а ряд районов — 6 м/с и более, что предопределяет очень хорошие перспективы для использования ветроэнергетики.

В Концепции перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007–2024 гг. предполагается, что доля альтернативных источников энергии должна составить 5 % в общем энергетическом балансе страны к 2024 г. [1].

Таким образом, ветроэнергетика не только рассматривается как экологически «чистый» источник энергии, но также поддерживает социально-экономическое развитие страны, ее энергетическую безопасность и снижает зависимость электроэнергетики от цен на топливо.

Эффективное использование ветродвигателей наиболее привлекательно, так как не нарушается природный баланс энергии на планете и одновременно используется безотходная, экологически чистая технология производства энергии. Особый интерес представляет ветродвигатель на основе вращающихся цилиндров переменного сечения, который может эффективно работать даже при низких значениях скорости ветра [2]. Для повышения эффективности работы такого ветродвигателя необходимо изучение аэродинамических характеристик элементов ветродвигателя — системы вращающихся цилиндров переменного сечения. Следовательно, данная задача является актуальной как в научном плане, так и с точки зрения практического использования.

Аэродинамические характеристики при поперечном обтекании неподвижных одиночных цилиндров в бесконечном потоке достаточно хорошо исследованы в работах С.И.Исатаева, А.А.Жукаускаса [3]. Влияние загромождения потока на закономерности обтекания бесконечного цилиндра на аэродинамическое и гидравлическое сопротивление исследованы и систематизированы в работе Ж.С.Акылбаева. Аэродинамика коротких цилиндров, достаточно широко встречающихся в элементах энергетических агрегатов и установок, изучена экспериментальными и теоретическими методами в работе С.И.Исатаева, О.Н.Жангунова.

Однако работ, посвященных исследованию аэродинамики сложного характера обтекания одиночного и системы вращающихся цилиндров, являющихся элементами разрабатываемого нами ветродвигателя, сопровождающихся турбулентным потоком группы взаимодействующих вихрей, в настоящее время крайне мало. Известные работы Н.М.Бычкова [4] относятся к определению аэродинамических параметров вращающихся одиночных цилиндров в потоке воздуха.

На основании проведенного анализа имеющихся исследований была поставлена задача об экспериментальном исследовании усложненной модели — аэродинамики системы из двух вращающихся цилиндров, являющихся взаимовлияющими элементами ветродвигателя с использованием эффекта Магнуса.

Использование эффекта Магнуса при вращении цилиндра в потоке известно с давних времен, однако возможность практического применения в качестве движущей силы ветродвигателей нового поколения для малых скоростей потока систематизированно изучается только в последние годы [5].

Авторами статьи в Лаборатории аэродинамических измерений кафедры инженерной теплофизики им. проф. Ж.С.Акылбаева собран опытный макет из двух вращающихся цилиндров, который в последующем исследовался в поперечном потоке воздуха различной скорости. Макет закреплялся в рабочей части аэродинамической трубы Т-1-М с помощью тонких металлических растяжек к раме трехкомпонентных аэродинамических весов.

Экспериментальная установка и методика измерения

Экспериментальная установка относится к ветроэнергетическим установкам с использованием эффекта Магнуса. Основной частью экспериментальной модели являются гладкие цилиндры противоположного вращения с одинаковыми диаметрами и поверхностями. Длина каждого цилиндра 20 см, диаметр 10 см.

Ниже приведена схема вращения цилиндров ветродвигателя в противоположные направления (рис. 1).

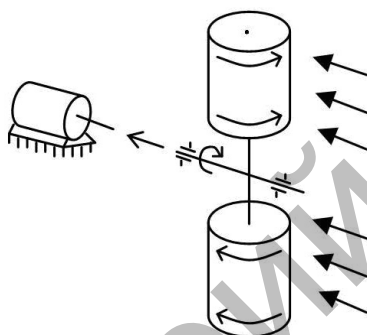


Рисунок 1. Схема вращения цилиндров ветродвигателя

Цилиндры крепятся на горизонтальном валу, который поддерживается двумя металлическими стойками с каждого конца вала. Стойки установлены на платформе. На главной оси (вал) крепятся гладкие цилиндры, двигатель, коллекторно-щеточная система и в конце вала — шкив.

В данном пружинном динамометре сила, или момент силы, передается пружине, которая, в зависимости от направления силы, сжимается или растягивается. Величина упругой деформации пружины пропорциональна силе воздействия и регистрируется.

Таким образом, пружина в динамометре при своем растяжении деформируется, что дает возможность измерить степень деформации, а значит, и действующую на пружину силу.

В измерении момента силы использовались экспериментальная модель с гладкими цилиндрами диаметром 10 см.

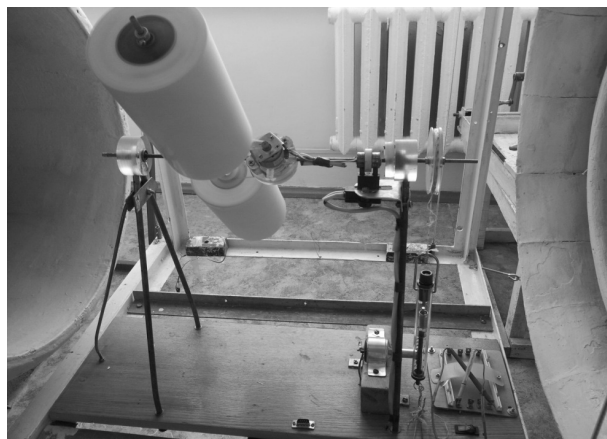


Рисунок 2. Ветродвигатель с цилиндрическими лопастями диаметром 10 см, соединенный с динамометром

Результаты измерения силы тяги двухлопастного ветродвигателя представлены на графиках в виде зависимостей:

- момента силы от скорости потока для гладких цилиндров диаметром 10 см, при числе вращения от 0 до 400 об/мин;
- коэффициента момента силы от числа Рейнольдса для гладких цилиндров диаметром 10 см, при числе вращения от 0 до 400 об/мин.

Ниже, на рисунке 3, показана зависимость силы тяги от скорости потока двухлопастного ветродвигателя с диаметром цилиндров 10 м и числом вращения 315 об/мин, 357 об/мин и 400 об/мин. По графику видно, что с увеличением скорости ветра сила тяги постепенно увеличивается. Также видно, что при увеличении числа вращения сила тяги возрастает.

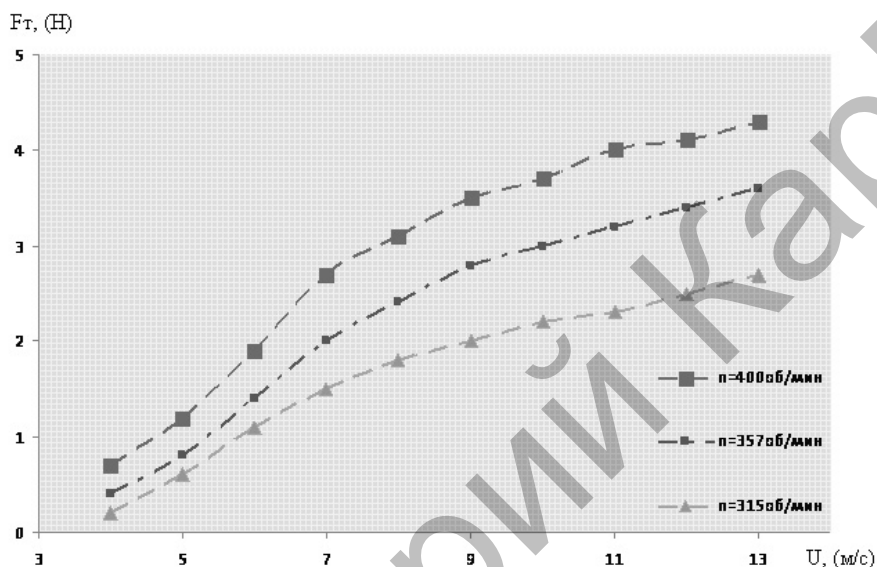


Рисунок 3. График зависимости момента силы от скорости потока двухлопастного ветродвигателя

На рисунке 4 приведена зависимость коэффициента момента силы от числа Рейнольдса двухлопастного ветродвигателя с диаметром цилиндров 10 см и при числе вращения 315 об/мин, 357 об/мин и 400 об/мин.

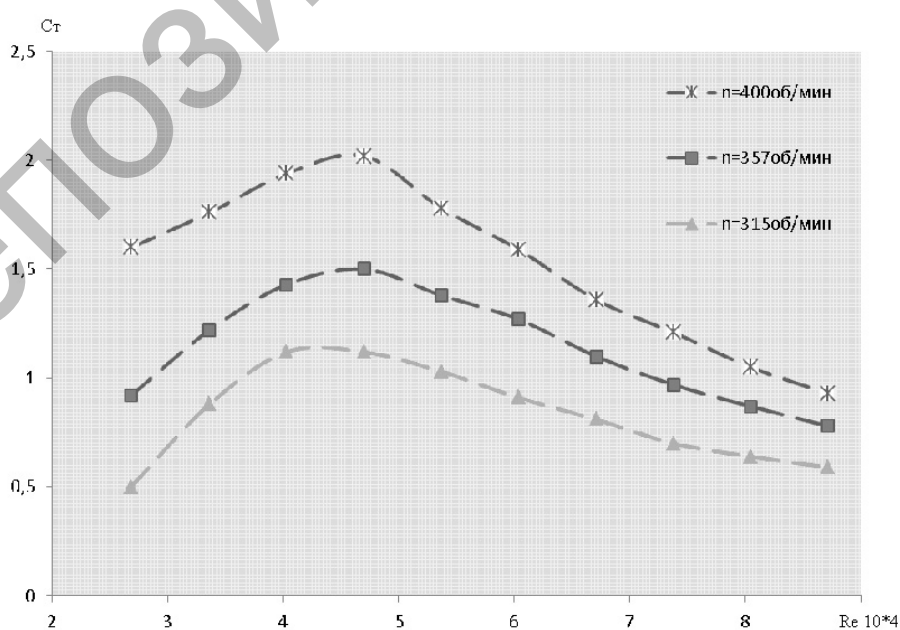


Рисунок 4. График зависимости коэффициента момента силы от числа Рейнольдса

Из графика видно, что коэффициент момента силы тяги увеличивается до определенной скорости, в нашем случае до 7 м/с, и числа Рейнольдса меньше 5. С дальнейшим увеличением скорости коэффициент силы тяги начинает постепенно уменьшаться.

Таким образом, при росте скорости потока воздуха увеличивается сила тяги, а коэффициент момента силы тяги C_m повышается до определенного значения скорости воздушного потока. При дальнейшем увеличении скорости воздушного потока коэффициент силы тяги начинает уменьшаться. Это связано с тем, что у каждого ветродвигателя есть своя скорость, с которой он развивает максимальную мощность. Также можно заметить, что с ростом количества оборотов сила тяги и коэффициент момента силы тяги увеличиваются.

Список литературы

- 1 План развития электроэнергетической отрасли РК. Министерство энергетики и минеральных ресурсов РК: Утв. Постановлением Правительства Республики Казахстан от 6 ноября 2007 г.
- 2 Буктуков Н.С. Перспективы развития ветроэнергетики Казахстана // Проблемы ресурсоэнергообеспечения и использования альтернативных экологически чистых способов получения энергии: Материалы Казахстанско-Российской науч.-практ. конф. — Усть-Каменогорск, 2008. — С. 29–40.
- 3 Болотов А.В., Соколов С.Е., Болотов С.А. Развитие ветроэнергетики Республики Казахстан, энергетические системы электроснабжения автономных объектов // Вестн. АИЭС. — 2013. — № 3(6). — С. 11–18.
- 4 Бычков Н.М. Ветродвижитель с эффектом Магнуса. 2. Характеристика вращающегося цилиндра // Теплофизика и аэромеханика. — 2005. — № 1. — С. 59–175.
- 5 Kussaiynov K., Schragger E.R., Tanasheva N., Turgunov M., Dyusembaeva A. The research of drag of two-bladed wind turbine in the operating mode // Eurasian Physical Technical Journal. — 2014. — № 1(21). — P. 57–61.

К.Кұсайынов, Э.Р.Шрагер, Н.К.Танашева, М.Тұрғынов

Екі қалақшалы жел қозғалтқышының тарту күшін эксперименттік түрде зерттеу

Мақала Магнус эффектісіне негізделген жел қозғалтқышын жобалап жасауға арналған. Магнус эффектісі негізінде тегіс беттік айналатын цилиндрлерден тұратын екі қалақшалы жел қозғалтқышының тарту күші және моменттік тарту күші коэффициенттердің цилиндрлердің тұрақты айналу саңы кезінде ауа ағының 4...13 м/с жылдамдықтар диапазонында анықтау бойынша жүргізілген эксперименталдық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Тарту күшінің ағын жылдамдығына және тарту күші моменті коэффициентінің Рейнольдс санына тәуелділігі сипатталған. Нәтижелер Рейнольдс санының өсуі тарту күші моменті коэффициентінің төмендеуіне алып келетіндігін көрсетті. Эксперименталды түрде Магнус эффектісі тарту күші максималды өсуіне, сәйкесінше, жел турбинасының тиімділігінің артуына мүмкіндік беретін шарттар анықталды.

K.Kussaiynov, E.R.Schragger, N.K.Tanasheva, M.Turgunov

Experimental study of two-bladed wind turbine aerodynamic performance at low wind speeds

Article devotes development of wind turbines based on the Magnus effect. The results of experimental studies to determine the thrust and torque coefficient two-bladed wind turbine thrust of the Magnus with smooth rotating cylinders in the range of velocities of airflow 4... 13 m / s, at a constant rotation around its own axis. The paper describes the graphic depending on the speed of traction air CCIP and torque coefficient traction expelled Reynolds. The results showed that an increase in Reynolds number reduces coefficients momenta traction. Experimentally determined the conditions under which the Magnus effect helps maximize traction and, correspondingly, increase the efficiency of the wind turbine.

References

- 1 Plan for development of the power industry of Kazakhstan. Ministry of Energy and Mineral Resources: approved. Resolution Government of the Republic of Kazakhstan of November 6, 2007.

- 2 Buktukov N.S. *Problems resursoenergoobespecheniya and use of alternative environmentally friendly ways to generate energy*, Proceedings of the Kazakh-Russian scientific-practical conference, Ust-Kamenogorsk, 2008, p. 29–40.
- 3 Bolotov A.V., Sokolov S.E., Bolotov S.A. *Bulletin AIPET*, 2013, 3(6), p. 11–18.
- 4 Bychkov N.M. *Thermophysics and Aeromechanics*, 2005, 1, p. 59–175.
- 5 Kussainov K., Schrage E.R., Tanasheva N., Turgunov M., Dyusembaeva A. *Eurasian Physical Technical Journal*, 2014, 1(21), p. 57–61.

Репозиторий КарГУ