

К.Кусаиынов, Н.К.Танашева, А.Р.Алибекова, Е.К.Кусаиынов

*Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова
(E-mail: kappas090108@mail.ru)*

Аэродинамические параметры лопасти ветротурбины с динамически изменяемой формой рабочей поверхности

Статья посвящена разработке опытных образцов лопастей ветротурбины, изготовленных из эластичных, легких и прочных материалов. Для исследования аэродинамических характеристик опытных образцов была использована аэродинамическая труба Т-1-М. В ходе работы были сделаны расчеты по определению коэффициента лобового сопротивления и коэффициента подъемной силы. Показаны графические зависимости коэффициента лобового сопротивления, коэффициента подъемной силы парусных лопастей, изготовленных из различных материалов, от числа Рейнольдса. Произведен расчет по определению зависимости силы лобового сопротивления парусной лопасти из полиэстера от натяжения нити.

Ключевые слова: ветротурбина, лопасть, число Рейнольдса, коэффициент лобового сопротивления, коэффициент подъемной силы, парус, аэродинамическая труба, полистирол, полиэстер.

Одной из главных современных задач для динамичного развития экономики Казахстана является рациональное использование энергетических ресурсов. При этом большую роль играют внедрение возобновляемых источников энергии. По поручению Президента Н.А.Назарбаева Правительство РК разработало Национальную программу развития ветроэнергетики Республики Казахстан на 2007–2015 годы с перспективой до 2024 года. Данная программа подготовлена в рамках совместного проекта Министерства энергетики и минеральных ресурсов РК и Программы развития ООН «Казахстан — инициатива развития рынка ветроэнергии». На большей части территории Казахстана расположены зоны с низкими значениями среднегодовых скоростей ветра. Для таких территорий еще не созданы промышленные ветродвигатели малой и средней мощности, а использование уже выпускаемых — экономически невыгодно.

В связи с этим создание ветроэнергетических установок, эффективно работающих в условиях низких среднегодовых скоростей ветра, является весьма актуальным для Казахстана, соответствует приоритетам развития науки в республике. Данная проблема на современном этапе развития науки в нашей республике приобрела актуальность в связи с подготовкой Казахстана к Всемирной выставке достижений науки и техники «EXPO-2017». Основными тематическими направлениями «EXPO-2017» являются понятия «энергетика будущего» и «экологически чистая энергетика».

Парусные ветродвигатели обладают уникальной особенностью — они одинаково эффективно работают как при малых значениях скорости ветра, так и при больших за счет динамической изменяемой формы рабочей поверхности под воздействием потока ветра.

Величина вырабатываемой электрической энергии ветродвигателя зависит от каждого элемента, входящего в его состав. Например, от выбора профиля лопастей ветроэнергетической установки, обеспечивающего максимальное давление воздушного потока на лопасти ветротурбины, т.е. максимальные значения подъемной силы и силы тяги. Каждый профиль крыла имеет определенный угол атаки, при котором коэффициент, равный отношению подъемной силы к силе тяги, будет максимальным. Этот угол атаки определяет значение максимальной силы и является самым эффективным критерием настройки поворота лопастей ветротурбины [1].

Простейшей моделью работы паруса является обтекание плоской пластины. Однако в результате действия разности давлений по сторонам материала паруса он теряет плоскую форму и образует в сечении плавно изогнутый профиль. Это изменение формы натянутой парусины является полезным эффектом, так как в результате плавного обтекания воздухом образуется меньше завихрений, чем на плоской пластине и подъемная сила на парусе возрастает за счёт падения давления при обтекании воздухом выпуклой поверхности. Чем меньше при этом образуется вихрей, тем на большей части паруса происходит плавное обтекание подветренной выпуклой стороны и тем большая образуется разность давлений, приводящая к большей подъемной силе. Что касается силы лобового сопротивления, то она от выдувания плоской поверхности практически не зависит. Суммарная результирующая

аэродинамическая сила на парусе правильной формы имеет большую величину и направлена более перпендикулярно к ветровому потоку, чем аэродинамическая сила на плоской пластине. Отклонение поверхности паруса от плоскости под ветер называется «пузом» паруса и является одной из важнейших характеристик конструкции паруса, которая влияет на его качество и способность обеспечить надлежащую тягу в нужном направлении. Главным же образом величина и направление аэродинамических сил на парусе зависят от его положения относительно потока воздуха, которое характеризуется углом атаки [2].

Лопастей ветротурбины с динамически изменяемой поверхностью имеют форму, позволяющую получить максимальный эффект от силы ветра при минимальных затратах. Выбор материала лопастей также влияет на аэродинамические параметры или на производительность ветротурбины. Распределение сил трения, давления и разрежения по поверхности парусной лопасти показано на рисунке 1.

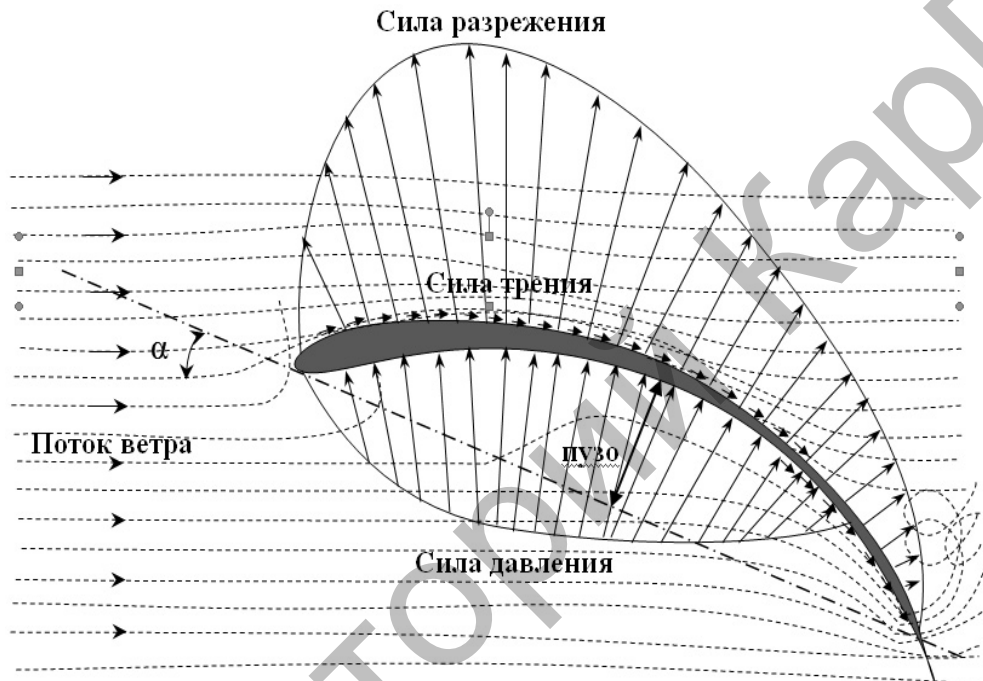


Рисунок 1. Распределение сил трения, давления и разрежения по поверхности парусной лопасти

Новизной проекта является использование в качестве силовых элементов лопастей ветротурбины треугольного гибкого паруса с подвижным концом.

Для создания реальной конструкции ветротурбины с парусными лопастями испытаны несколько опытных образцов лопастей, изготовленных из эластичных, легких и прочных материалов. Самым высоким требованием к материалу лопастей является его прочность. Но существует большой выбор материала, из которого можно изготовить парусные лопасти ветротурбины. Также следует отметить, что при изготовлении лопастей необходимо применять недорогие материалы.

При изготовлении лопастей необходимо провести аэродинамические расчеты для достижения минимальной стартовой скорости и максимальной выработки мощности на рабочих скоростях. Испытания моделей парусных лопастей с подвижным концом проводились в аэродинамической трубе Т-1-М. С целью подбора легкого и прочного материала для изготовления парусных лопастей ветродвигателя были проведены эксперименты по исследованию аэродинамических характеристик лопастей, изготовленных из трех различных материалов: полистирола, плащевки, полиэстера. Из выбранных материалов были подготовлены треугольные парусные лопасти одинакового размера. По отдельности парусные лопасти устанавливались в рабочей части аэродинамической трубы Т-1-М и исследовались зависимости аэродинамических характеристик лопастей от скорости набегающего потока. Расположение парусной лопасти в рабочей части аэродинамической трубы Т-1-М показано на рисунке 2.

Скорость потока регулировалась с помощью пульта управления аэродинамической трубы и изменялась от 5 до 12 м/с. Полученные результаты приведены ниже в виде графиков зависимостей [3].



Рисунок 2. Расположение парусной лопасти в рабочей части аэродинамической трубы Т-1-М

Следует отметить, что ветроколесо, приводимое в движение тягой парусных лопастей, испытывает на себе действие нескольких сил, из которых полезными являются собственно сила тяги и подъемная сила, возникающие на парусах. Другая составляющая — сила лобового сопротивления паруса.

На рисунке 3 приведены графики зависимости коэффициента лобового сопротивления парусных лопастей, изготовленных из различных материалов, от числа Рейнольдса. Из данных графиков видно, что при увеличении числа Рейнольдса коэффициент лобового сопротивления парусных лопастей остается примерно постоянным. Значения коэффициента лобового сопротивления парусных лопастей, изготовленных из полистирола и полиэстера, практически одинаковые.

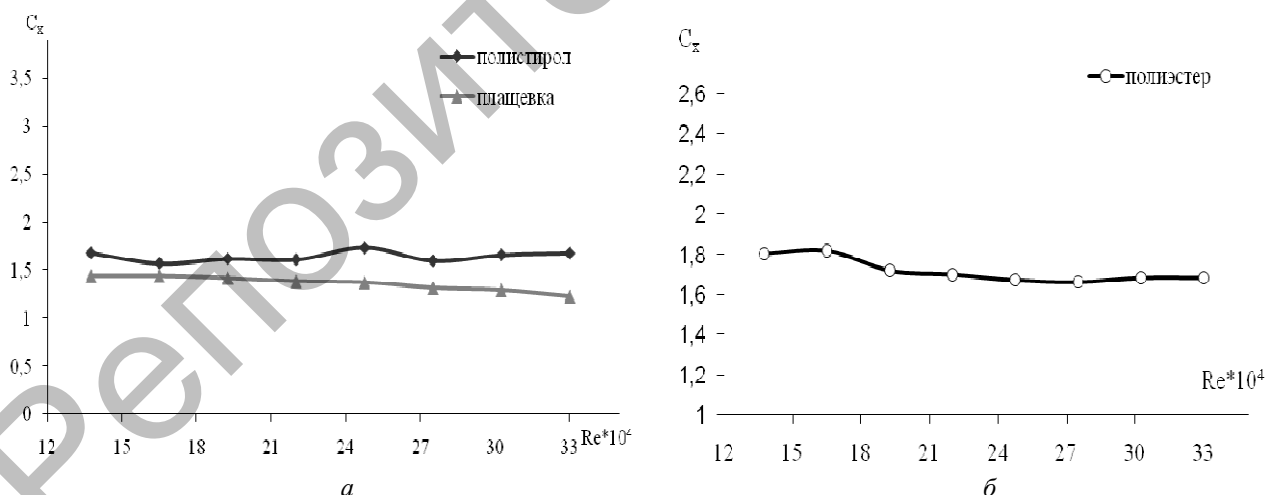


Рисунок 3. Зависимости коэффициента лобового сопротивления парусных лопастей, изготовленных из различных материалов, от числа Рейнольдса

На рисунке 4 представлены графики зависимости коэффициента подъемной силы парусных лопастей, изготовленных из различных материалов, от числа Рейнольдса. Во всем диапазоне чисел Рейнольдса коэффициенты подъемной силы парусных лопастей, изготовленных из различных материалов, остаются постоянными. Коэффициенты подъемной силы парусных лопастей из полистирола и полиэстера близки по значению.

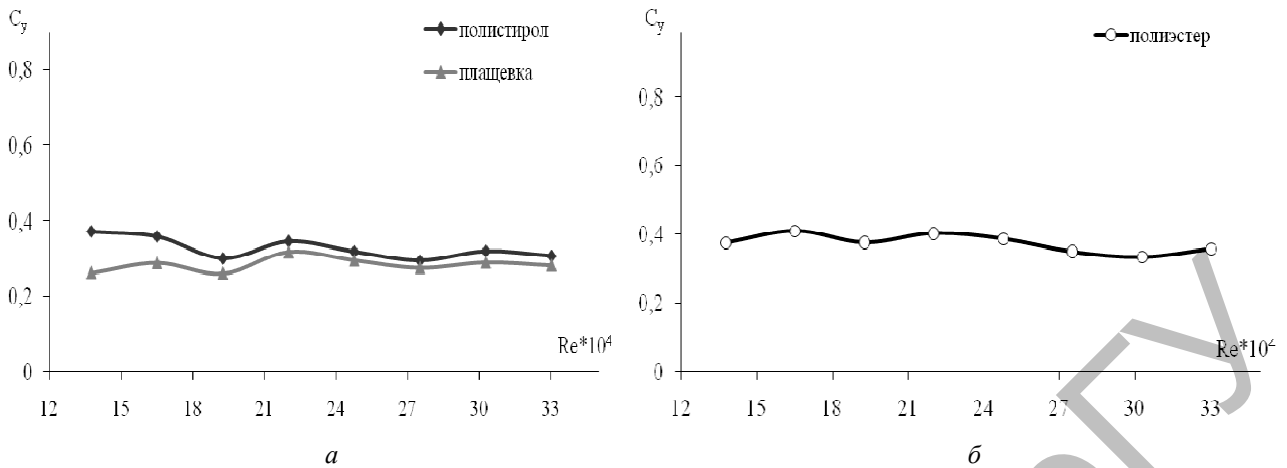


Рисунок 4. Зависимости коэффициента подъемной силы парусных лопастей, изготовленных из различных материалов, от числа Рейнольдса

Из рисунков 3, 4 было определено, что парусная лопасть, изготовленная из полиэстера, обладает более высокими значениями коэффициента силы лобового сопротивления и коэффициента подъемной силы, чем лопасти, изготовленные из двух других материалов, во всем диапазоне скоростей ветра.

Исследована зависимость силы лобового сопротивления парусной лопасти из полиэстера от натяжения нити. При этом изменялась длина подвижной нити, прикрепленной к концу парусной лопасти. На рисунке 5 показаны зависимости сил лобового сопротивления парусной лопасти из полиэстера от натяжения нити, т.е. от различного удлинения подвижной нити, при различных скоростях потока ветра.

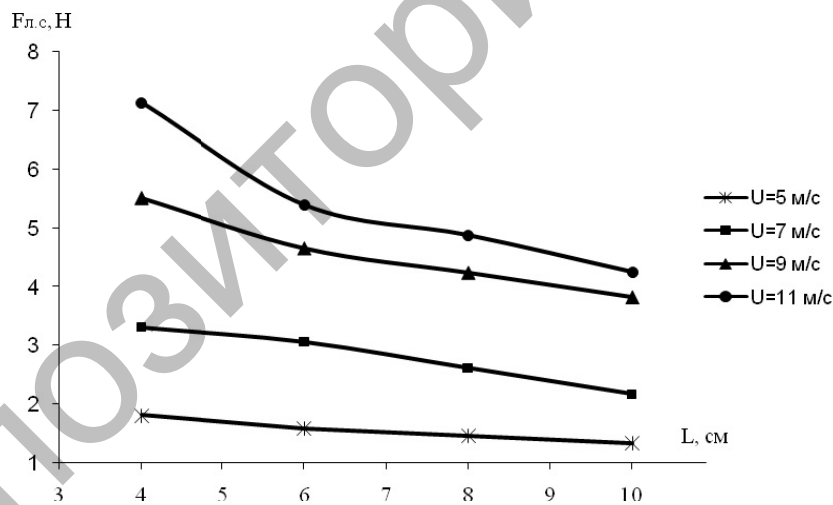


Рисунок 5. Зависимости силы лобового сопротивления парусной лопасти из полиэстера от натяжения нити

При удлинении подвижной нити, прикрепленной к треугольной лопасти, придаетя более вогнутая форма парусной лопасти, тем самым увеличивается глубина «пуза» паруса и уменьшается площадь миделевого сечения лопасти. Так как сила лобового сопротивления прямо пропорциональна площади миделевого сечения, на рисунке 5 видим, что при удлинении нити происходит уменьшение силы лобового сопротивления.

Таким образом, исследованы аэродинамические характеристики лопастей с подвижным концом, изготовленным из трех различных материалов: полистирола, плащевки, полиэстера. Получены зависимости коэффициента лобового сопротивления и коэффициента подъемной силы парусных лопастей, изготовленных из трех различных материалов, от числа Рейнольдса. Исследована зависимость силы лобового сопротивления парусной лопасти из полиэстера от натяжения нити.

Из результатов сравнения аэродинамических характеристик парусных лопастей с подвижным концом, изготовленных из различных материалов, выяснено, что оптимальными аэродинамическими характеристиками обладает полиэстер. Поэтому он является наиболее подходящим материалом для изготовления парусных лопастей ветротурбины.

Список литературы

- 1 Шевченко В.В. Влияние формы лопастей ветроэнергетических установок на их производительность // Укр. інж.-пед. акад. — 2011. — № 10. — С. 25–26.
- 2 Кусаиынов К., Камбарова Ж.Т., Тургунов М.М., Омаров Н.Н., Ранова Г.А. Исследование аэродинамических характеристик модели ветротурбины с динамически изменяемой формой поверхности лопастей // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Физика. — 2013. — № 4(72). — С. 55–61.
- 3 Sakipova S.E., Kambarova Zh.T., Turgunov M.M., Kussaiynov E.K., Kussaiynova A.K. Development of sail type wind turbine for small wind speeds // Eurasian Physical Technical Journal. — Karaganda: KarSU publ., 2013. — Vol. 10, No. 2(20). — P. 20–25.

Қ.Құсайынов, Н.Қ.Танашева, А.Р.Әлібекова, Е.Қ.Құсайынов

Жел турбинасынның қалақшаларының жұмыс бетінде динамикалық өзгеру қалпының аэродинамикалық параметрлері

Мақала иілмелі, жеңіл және берік материалдан жасалған желтурбинасының қалақшаларының тәжірибелік үлгісін жасауға арналған. Тәжірибелік үлгілердің аэродинамикалық сипаттамасын зерттеу үшін Т-1-М аэродинамикалық құбыр қолданылды. Жұмысты орындау барысында маңдайлы кедергі коэффициентін, көтеру күшін анықтау бойынша есептеулер жүргізілді. Әр түрлі материалдан жасалған желкенді қалақшалардың көтеру күшінің коэффициентінің, маңдайлық кедергі коэффициентінің Рейнольдс санынан тәуелділік графиктері көрсетілген. Полиэстерден жасалған желкенді қалақшаның маңдайлық кедергі күшінің жіптің тартылуынан тәуелділігін анықтау бойынша есептеулер жүргізілді.

K.Kusaiynov, N.K.Tanasheva, A.R.Alibekova, E.K.Kusaiynov

Aerodynamic parameters blades of the wind turbine with dynamically changing shape of the working surface

This article focuses on the development of wind turbine blades prototypes made of flexible, lightweight and durable materials. To investigate the aerodynamic characteristics of the prototypes was used wind tunnel T-1-M. During the work, the calculation was made to determine the drag coefficient, the lift coefficient. Shows a graph of drag coefficient, lift coefficient sailing blades made of different materials on the number Reynolds. Calculation was made to depend on the definition of drag forces sailing blade from polyester yarn tension.

References

- 1 Shevchenko V.V. *Ukr. inzh.-ped. Acad.*, 2011, 10, p. 25–26.
- 2 Kusaiynov K., Kambarova Zh.T., Turgunov M.M., Omarov N.N., Ranova G.A. *Bull. of Karaganda University. Physics ser.*, 2013. 4(72), p. 55–61.
- 3 Sakipova S.E., Kambarova Zh.T., Turgunov M.M., Kussaiynov E.K., Kussaiynova A.K. *Eurasian Physical Technical Journal*, Karaganda: KarSU publ., 2013, 10, 2(20), p. 20–25.