

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)  
6D060400-Физика

ДЮСЕМБАЕВА АЙНУРА НУРТАЕВНА

### **Исследование аэродинамики комбинированного ветродвигателя с вертикальной осью вращения**

**Актуальность темы.** В Казахстане потенциал возобновляемых энергетических ресурсов имеет особое место. К их числу можно отнести, прежде всего, ветроэнергетику, для развития которой очень важно наличие достоверной информации о ветровом режиме на территории предполагаемого размещения ветроэнергетических установок. Следует отметить, что энергия ветра не загрязняет окружающую среду и может генерировать чистую, неисчерпаемую энергию на месте.

Потенциал возобновляемых энергоресурсов в стране находится на достаточном уровне. Производство альтернативной энергии в Казахстане составляет около 1% от общего количества. Так как в большинстве регионов Казахстана скорость ветра низкая. Использование известных в настоящее время ветродвигателей малой скорости ветра экономически нецелесообразно. А принципы работы некоторых ветродвигателей, в том числе лопастями в виде вращающихся цилиндров мало изучены. В связи с этим актуальной проблемой является создание комбинированных цилиндрических ветродвигателей с вертикальной осью вращения эффективно работающих при малых скоростях ветра.

Социальная потребность в осуществлении научной работы связана с получением источника электроэнергии в хозяйственной и бытовой деятельности. Комбинированный ветродвигатель, изученный, в диссертационной работе может обеспечивать электроэнергией отдельно стоящие учреждения, малые хозяйства, учреждения, удаленно находящиеся от централизованного источника электроэнергии. Экономическим стимулом в реализации диссертационной работы является развитие рынка ветроэнергетики Казахстана.

**Целью диссертационной работы является** исследование аэродинамических характеристик комбинированного ветродвигателя с вертикальной осью вращения обладающий высокой энергопроизводительностью.

**Объектами исследования** - Лабораторный и экспериментальный (опытный) образец комбинированного ветродвигателя с вертикальной осью вращения.

#### **Научная новизна:**

- впервые разработан опытный образец комбинированного ветродвигателя с вертикальной осью вращения обладающий высокой

энергопроизводительностью, эффективно работающего на основе эффекта Магнуса при малых скоростях ветра. Ветродвижитель начинает работать со скоростью ветра 2,8 м/с;

- разработан электрогенератор с редкими неодимовыми магнитами, который в отличие от других электрических генераторов может заряжать аккумуляторные батареи на необходимом уровне, не требуя меньших оборотов и дополнительных передач.

- доказано, что при малых скоростях ветра (от 2,8 м/с) при увеличении числа постоянных оборотов цилиндров (300 об/мин - 700 об/мин) разница между силами лобового сопротивления увеличивается на 4-5 %;

- установлено, при скорости воздушного потока от 5 м/с, угол наклона неподвижной лопасти относительно вращающегося цилиндра достигает  $0^0 \leq \alpha \leq 90^0$ , сила лобового сопротивления растет до максимального значения 2,55 Н, подъемная сила уменьшается до минимального значения 1,27 Н;

- доказано, что при изменении угла наклона неподвижной лопасти относительно цилиндра  $90^0 \leq \alpha \leq 180^0$  появляется подъемная сила, при изменении потока воздуха на угол  $180^0$  подъемная сила возрастает до 2,7 Н;

- полученные универсальные экспериментальные зависимости коэффициентов силы лобового сопротивления и подъемной силы удовлетворительно согласуются с результатами математического моделирования на основе численного решения уравнения Навье-Стокса с применением программного пакета Ansys Fluent;

- установлено, что выработка энергии электрогенератора начинается при скорости ветра 2,8 м/с, скорость вращения комбинированного ветродвижителя 50 об/мин, частота вращения цилиндров 300 об/мин. Данный эффект показал положительный результат работы комбинированного ветродвижителя с вертикальной осью вращения.

#### **Основные результаты включают следующее:**

1. Разработан лабораторный образец комбинированного ветродвижителя в виде вращающихся цилиндров с неподвижной лопастью и методика проведения измерений.

2. Проведено математическое моделирование аэродинамических характеристик вращающегося цилиндрического ветродвижителя с неподвижной лопастью в воздушном потоке.

3. Исследованы аэродинамические характеристики вращающихся цилиндрических элементов для работы комбинированного ветродвижителя при малых скоростях ветра воздушного потока:

- построена зависимость коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы при различных значениях скорости ветра от угла наклона потока. Неподвижная лопасть вращающегося цилиндра при различных значениях скорости ветра  $\alpha = 0^0; 45^0; 90^0; 135^0; 180^0$  расположенные под углами наклона, с увеличением скорости воздушного потока коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы увеличиваются.

- приведена зависимость коэффициента лобового сопротивления от числа Рейнольдса при числе оборотов 300 об/мин, 500 об/мин и 700 об/мин вращающихся цилиндров диаметром 4 см, вращающихся в вертикальном направлении. Скорость воздушного потока составляло от 3 до 15 м/с. При увеличении скорости потока, возрастает число оборотов вращающихся цилиндров, а коэффициент лобового сопротивления уменьшается.

- величина сил, действующих на цилиндры при увеличении скорости потока в результате зависимости силы тяги комбинированного ветродвигателя с вертикальной осью вращения от скорости потока, уменьшается в зоне пониженного давления, и увеличивается в зоне повышенного давления. Подъемная сила цилиндров при вращательном движении также увеличивается. Рост подъемной силы цилиндров влияет на увеличение подъемной силы ветродвигателя. Следовательно при увеличении скорости потока возрастает подъемная сила ветродвигателя. По мере увеличения числа оборотов цилиндров подъемная сила при скорости потока 15 м/с имело максимальное значение 5,8 Н, 7,2 Н, 9 Н.

4. Погрешность сравнительного анализа теоретического и экспериментального значения составляет 1-2%, что показало высокую точность численных исследований.

5. Разработан и собран опытный образец комбинированного ветродвигателя в виде вращающихся цилиндров с неподвижной лопастью, которые исследован на полигоне.

6. Выработка энергии электрогенератора начинается при скорости ветра 2,8 м/с, скорость вращения комбинированного ветродвигателя 50 об/мин, частота вращения цилиндров 300 об/мин. Данный эффект показал положительный результат работы комбинированного ветродвигателя с вертикальной осью вращения.

7. Исследована сила тяги при разных климатических условиях, где получены положительные результаты. Установлено, что с увеличением скоса потока сила тяги ветродвигателя уменьшается, что соответствует физической картине обтекания. Однако, с увеличением скорости воздушного потока, значение силы тяги макета многолопастной ветротурбины увеличивается, что также объясняется увеличением сила давления на ветроколесо.

**Научно-практическая значимость работы** основан на создании и проведении эксперимента ветродвигателя с вертикальной осью вращения. Результаты эксперимента показывают, что можно использовать дополнительную силу, движимую эффектом Магнуса, возникающим при вращении цилиндров с вертикальной осью. Этот ветродвигатель может вырабатывать энергию, начиная со скорости ветра 2,8 м/с. Эффективность работы ветродвигателя с вертикальной осью вращения, можно увидеть на практике.

**Практическая значимость работы.** По результатам испытаний, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ КБ ТОО "Tree Energy" в г. Алматы составлен и утвержден акт

испытаний модели комбинированного ветродвигателя, изготовленного на основе вращающегося цилиндра с неподвижной лопастью.

В Карагандинском университете им. Е. А. Букетова физико-техническом факультете на кафедре инженерной теплофизики имени профессора Ж. С. Акылбаева получен акт внедрения в учебный процесс. Результаты исследований используются на лекционных и практических, семинарских занятиях по следующим дисциплинам: «Нетрадиционные источники энергии и ресурсосбережение», «Возобновляемые источники энергии», «Основные принципы и проблемы современной ветроэнергетики» для специальностей 6В07103-Теплоэнергетика, 7М07109801-Теплоэнергетика и 6В11201- Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды.

**Апробация работы и публикации.** Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на: Актуальные проблемы теплоэнергетики и прикладной теплофизики: Республиканская научно-практическая конференция, посвященная 80-летию профессора Акылбаева Ж. С. (28 сентября 2018 г.) Караганда, «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании»: Международной конференции (25-28 сентября 2018 г.) Усть-Каменогорск, «Будущее науки - 2019» 7-я Международной молодежной научной конференция, посвященная 55-летию ЮЗГУ (25-26 апреля 2019 г.) Курск, 11-ая международная научная конференция: Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент (21-22 ноября 2019г). – Караганда.

**Публикации.** Основные результаты, вошедшие в диссертацию, изложены в 15 публикациях. 3 статьи - опубликованы в изданиях, входящих в перечень ККСОН МОН РК, 2 работы – в материалах международных конференций, 3 - в высокорейтинговых изданиях стран дальнего зарубежья 2 статьи- в журнале, входящих в базу Thomson Reuters, с ненулевым импакт-фактором и 1 статья – в журналах, входящих в базу данных Scopus, 3 статьи- в рецензируемом журнале с ненулевым импакт-фактором по базе данных РИНЦ. Получен патент на полезную модель «Лопасть ветроэнергетической установки в виде вращающегося цилиндра», № 4043 от 07.06.2019 г.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертационной работы определяется задачами, решение которых необходимо для достижения цели диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 разделов, выводов, списка использованных источников из 121 наименований и приложения, содержит 136 страниц машинописного текста. Работа проиллюстрирована 78 рисунками и включает 8 таблиц.