

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD)
по образовательной программе
8D05303 - Теплофизика и теоретическая теплотехника

БАХТЫБЕКОВА АСЕМ РАВШАНБЕКОВНА

Исследование аэродинамических параметров ветроэнергетической установки со сложной геометрической формой лопастей

Актуальность темы. Основным направлением деятельности сектора возобновляемых источников энергии является использование энергии ветра и солнца. Казахстан имеет богатый ветровой потенциал, примерно на 50% территории страны средняя скорость ветра составляет 4-5 м/с на высоте 30 м. По оценкам ООН, ветровой потенциал Казахстана составляет 1,8 трлн кВт·ч в год, что почти в 10 раз превышает текущее потребление энергии в Казахстане.

Основываясь на исследованиях, проведенных в рамках совместной работы Министерства энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан и Программы развития ООН, можно утверждать, что в Казахстане преобладают территории с идеальными ветровыми условиями для строительства ветроэнергетических объектов и систем. Согласно результатам исследования, на площади более 50 000 км², на высоте 80 метров, наблюдаются ветровые потоки со скоростью более 7 м/с. А в некоторых районах на высоте 15 метров были зафиксированы ветра со скоростью 27-36 метров в секунду. В преобладающей части Казахстана, которая составляет более 50% от ее общей территории, скорость ветра около 3,5-5 м/с обеспечивает огромный ветровой потенциал страны.

Известно, что традиционные лопастные ветроэнергетические установки неэффективны при небольших диапазонах скоростей ветра. Для районов, богатых ветрами с низкими скоростями, были разработаны ветроэнергетические установки с лопастями в виде вращающихся цилиндров, работающие на основе эффекта Магнуса. Однако такие ветроэнергетические установки имеют и свой недостаток в виде электроприводов.

В связи с этим актуальной задачей является разработка и исследование ветроэнергетических установок со сложной геометрической формой лопастей, с исключением электрического привода для раскрутки лопастей.

Целью диссертационного исследования является численное моделирование и экспериментальное исследование аэродинамических параметров ветроэнергетической установки со сложной геометрической формой лопастей.

Объектами исследований являются экспериментальные и опытные образцы ветроэнергетических установок со сложной геометрической формой лопастей.

Научная новизна включает следующее:

1. Впервые разработана и создана математическая модель ветроэнергетической установки со сложной геометрической формой лопастей, работающей на основе эффекта Магнуса и закона Бернулли. Для численного моделирования применялась модель турбулентности Realizable k-ε.

2. Получены результаты трехмерного численного моделирования (поля распределения давления и векторов скоростей) ветроэнергетической установки с двумя и тремя лопастями и самой лопасти, проведенного в программе Ansys Fluent. Объясняется характер турбулентного вихревого обтекания вращающегося цилиндра с дефлектором.

3. Впервые проведен экспериментальный сравнительный анализ, с целью определения наиболее эффективного материала для ротационного элемента- дефлектора, в ходе которого установлено, что лопасть с металлическим дефлектором обладает лучшими аэродинамическими параметрами по сравнению лопасти с пластиковым дефлектором.

4. На основе оптимизированных данных численного моделирования создан макет экспериментальной установки с двумя и тремя цилиндрическими лопастями с дефлектором.

5. Установлены сравнительные зависимости аэродинамических сил макета ветроэнергетической установки от скорости воздушного потока, а также их коэффициентов от числа Рейнольдса, полученных численными и экспериментальными методами. Сравнение экспериментальных и численных данных показывает удовлетворительное соответствие, где доказательством является высокое значение величины достоверности аппроксимации $0,95 < R^2 < 0,99$.

6. Впервые на основе математической модели разработан и создан опытный образец ветроэнергетической установки со сложной геометрической формой лопастей. Проведены опытно-полигонные и климатические испытания, с последующим исследованием влияния температуры воздуха на силу тяги ВЭУ.

Структура и объем диссертации. Структура диссертационной работы определяется задачами, решение которых необходимо для достижения цели диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, выводов, списка использованных источников из 136 наименований и содержит 145 страниц машинописного текста. Работа проиллюстрирована 123 рисунками и включает 13 таблиц.

Основные результаты включают следующее:

1. Вычислительная модель и результаты численного моделирования обтекания ветроэнергетической установки с цилиндрическими лопастями,

раскручивающихся за счет использования активных дефлекторов, которые позволяют исключить применение внешних сил для их раскрутки.

2. Результаты экспериментальных исследований, подтверждают свойства и возможности разработанных средств всережимного моделирования ветроэнергетической установки со сложной геометрической формой лопастей в реальном времени и на неограниченном интервале.

3. Методика измерения аэродинамических характеристик опытного образца ветроэнергетической установки со сложной геометрической формой лопастей с горизонтальной осью вращения, позволяет адекватно определять ее параметры в различных климатических условиях, с учетом изменяющихся от температуры теплофизических параметров воздуха.

Научно-практическая значимость работы:

1. Математическое моделирование цилиндрической лопасти с дефлектором и самой ветроэнергетической установки с двумя и тремя лопастями в программе Ansys Fluent, с полученными численными результатами, могут быть использованы в различных численных задачах аэродинамики, физики, теплофизике и энергетике.

2. Экспериментальные данные по испытанию лабораторных макетов цилиндрических лопастей с дефлектором и ветроэнергетических установок с двумя и тремя лопастями, с полученными экспериментальными результатами аэродинамических параметров в зависимости от режима обтекания могут быть использованы при разработке ВЭУ с исключением электрического привода для раскрутки цилиндрических лопастей, а также в понимании аэродинамики силовых элементов ВЭУ со сложной геометрической формой .

3. Опытные-полигонные результаты испытаний опытного образца ветроэнергетической установки со сложной геометрической формой лопастей могут быть использованы при создании реального образца ВЭУ, предназначенного для энергоснабжения удаленно расположенных потребителей и объектов от централизованных систем энергообеспечения.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: V Международной научно-практической конференции «Science and technology innovations» (Петрозаводск, 13 декабря 2020 г.); XVII Международной научно-практической конференции «Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Пенза, 5 ноября 2021 г.); XII Международной научно-практической конференции «Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития» (Петрозаводск, 7 июня 2021 г.); Международной научно-практической конференции «Наука Казахстана за годы независимости. Достижения и Перспективы развития, посвященную 30-летию независимости Республики Казахстан» (Кокшетау, 21 апреля 2021г.); IV Международной научно-практической онлайн конференции «Энерго- и ресурсосберегающие технологии: опыты и перспективы» (Кызылорда, 30

марта 2022 г.); II Международной научно-практической конференции «Развитие современной науки: опыт, проблемы, прогнозы» (Петрозаводск, 24 октября 2022 г.); Республиканской научно-практической онлайн конференции «Актуальные проблемы современной Физики и смысловой педагогики» (Караганда, 13-15 мая 2021г); XII Международной научной конференции «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент» (Павлодар, 2022 г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 23 работ, в том числе 4 работы в изданиях входящие в базу данных Web of Science или Scopus, 4 работы в изданиях из перечня, утвержденного Комитетом по контролю в сфере образования и науки МНВО РК, 8 работ в изданиях входящих в сборники материалов международных конференций, 1 работа в издании входящем в сборники материалов Республиканских научно-практических конференций, 3 работы в изданиях входящих в базу данных РИНЦ, 1 работа в Республиканском журнале и 1 учебное пособие.

В том числе, в соавторстве получен патент на полезную модель «Лопасть в виде вращающихся цилиндров с активным дефлектором» № 6632 от 05.11.2021.