

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктор философии» (PhD)
по специальности «6D072300 – Техническая физика»

Байжұма Жандос Ескендірұлы

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЛЕДЕНЕНИЯ РАБОТАЮЩИХ ВЕТРОУСТАНОВОК В РЕЗКОКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ РЕГИОНАХ

Общая характеристика работы

Диссертационная работа посвящена численному и экспериментальному изучению проблемы обледенения ветровых установок, действующих в резкоконтинентальных регионах. Использование природной, экологически чистой энергии, в том числе энергии ветра, связано с применением аппаратов ветроэнергетики. В диссертационной работе рассмотрены последствия использования традиционных энергоресурсов с целью производства тепловой и электрической энергии – глобальное потепление. Глобальное потепление будет опасно для нашей планеты, потому что на Земле возникнет парниковый эффект, который приведет к изменению климата. Поэтому многие страны из года в год подчеркивают необходимость использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Казахстан уделяет большое внимание ветровой энергии, так как ветровая полоса Северного полушария Земли проходит через Казахстан, а запасы ветровой энергии в стране достигают 32,2 триллиона киловатт-часов в год.

Актуальность темы

Ветроэнергетика - одна из наиболее быстро развивающихся направлений среди возобновляемых источников энергии. В 2022 году значение электроэнергии, полученной от ветровой энергии, достигло рекордных 903 ГВт. На нее пришлось 17% энергии, вырабатываемой из возобновляемых источников энергии. По сравнению с показателями 2021 года этот показатель вырос на 9%. Причина такого стремительного развития – новые электростанции, установленные на суше и на море. Тем не менее, этого результата недостаточно для достижения нулевых выбросов углекислого газа к 2050 году: общая мощность возобновляемых источников энергии, установленных до 2050 года, должна составлять 7900 ГВт.

Для достижения указанных целей необходимы новые зоны установки ветряных электростанций. В местах установки ветрогенераторов должна быть низкая плотность населения и высокая мощность ветра. Такие места расположены в регионах с резкоконтинентальным климатом. Но ветрогенераторы, расположенные в этих регионах, подвержены обледенению в морозные и метельные дни. Замерзание льда на лопастях ветрогенератора в первую очередь вредит их аэродинамическим характеристикам: лед, замерзший на поверхности лопасти, снижает ее подъемную силу и крутящий момент.

В настоящее время применяется ряд способов защиты ветряных турбин от обледенения. Один из них – установка электрических нагревательных элементов. Они размещаются вдоль лопасти турбины и начинают нагревать поверхность лопасти при определенной температуре окружающей среды. Следующий вид защиты от обледенения – химические методы, которые нашли широкое применение в авиации. В основе данного метода лежит способ обработки поверхности лопасти специальными растворами. Растворы предотвращают образование ледяного покрова на поверхности весла, другими словами, лед «скользит» по поверхности лопасти. Наряду с электрическими и химическими методами инженеры предложили метод очистки поверхности лопасти от замерзшего льда с помощью ультразвука. Однако не все перечисленные методы подходят для ветряных турбин, работающих при низких температурах в течение длительного времени. Это связано с тем, что электрические и ультразвуковые методы требуют добавления дополнительных нагревательных элементов, а химические методы всегда требуют наличия рядом обслуживающего персонала. В этой связи была определена цель диссертационной работы

Целью диссертационной работы является численное и экспериментальное исследование проблемы обледенения ветряной турбины Дарье, работающей в резкоконтинентальных регионах; проектирование и изготовление ветряной турбины Дарье с тепловой защитой.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Исследование образования льда на лопастях ветротурбины Дарье при различных углах атаки и скоростях ветра;
2. Исследование процесса обледенения вращающихся лопастей турбины Дарье;
3. Анализ производительности обледеневшей турбины;
4. Исследование естественной вентиляции полых элементов турбины Дарье;
5. Изготовление ветротурбины Дарье мощностью 1 кВт с тепловой защитой.

Объект исследования

Трехлопастная ветротурбина Дарье.

Предмет исследования

Вычислительная гидродинамическая (CFD) модель для изучения обледенения ветротурбины Дарье, естественная вентиляция полых элементов ветротурбины.

Методы исследования

Основным методом изучения обледенения лопастей вращающейся ветротурбины Дарье является компьютерное моделирование в среде Ansys Fluent и FENSAP-ICE. Естественная вентиляция полых элементов была определена экспериментально.

Положения, выносимые на защиту:

1. Независимо от температуры окружающей среды, пиковые значения коэффициентов сбора капель и конвективного охлаждения равномерно распределяются на поверхности крыла.

2. При скорости ветра более 3 м/с турбина совершает 12 об/мин, в результате чего в полых элементах турбины появляется естественная вентиляция, при достижении данных значений на поверхности не образуется ледяная корка.

3. Установка ветротурбины на модульной платформе позволяет укоротить вал вращения с 8 м до 1,3 м, нагрузка на подшипники ветротурбины снижаются на 15%

Научная новизна диссертационной работы, впервые:

1. Изучен процесс обледенения неподвижной и вращающейся лопасти ветротурбины Дарье;

2. Предложен численный метод, который валидирован экспериментальными и численными исследовательскими данными, опубликованными в научной литературе;

3. Предложен метод тепловой защиты с помощью естественной вентиляции полых элементов;

4. Подготовлена конструкторская документация ветротурбины Дарье с тепловой защитой

Научно-практическая значимость исследования

Результаты исследования могут применены при изготовлении ветроустановок.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Численное моделирование обледенения на лопасти турбины Дарье был проведен при помощи программного комплекса ANSYS-Fluent и FENSAP-ICE. Численный метод был валидирован с экспериментальными данными и показал достаточную точность для прогнозирования обледенения.

Личный вклад автора

Автор проделал все этапы исследовательской работы: определение цели и задач исследования; выбор объекта исследования. Во время стажировки в Датском техническом университете (DTU) разработал численный метод проектирования обледенения лопастей ветряных турбин Дарье, валидировал модель с экспериментальными данными и исследовал влияние обледенения на производительность ветряных турбин. Провел эксперименты по определению естественной вентиляции полых элементов и наглядно привел полученные данные.

Апробация диссертационной работы

Результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались:

– на Международной научной конференции Alternative energy sources, materials and technologies (AESMT'18), Пловдив, Болгария, 14-15 мая 2018 г.;

– на Международной научной конференции Alternative energy sources, materials and technologies (AESMT'20), Варна, Болгария, 8-9 мая 2020 г.;

- Fluid dynamics section meeting, DTU, Люнгбю, Дания, 31 августа 2020 г.

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 4 печатных работ, из них 1 работы в материалах международных конференций, 1 работа в научных изданиях, рекомендованных КОКСОН МНиВО РК на соискание ученой степени доктора философии (PhD), 2 статья в журналах, входящих в международные информационные ресурсы Web of Science (Clarivate Analytics, США) и Scopus (Elsevier, Нидерланды);

- R. Manatbayev, Z. Baizhuma^{*}, S. Bolegenova, A. Georgiev, Numerical simulations on static Vertical Axis Wind Turbine blade icing, Renew. Energy. 170 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.023>. **Q1, SJR 1.88;**
- Z. Baizhuma, T. Kim, C. Son, Numerical method to predict ice accretion shapes and performance penalties for rotating vertical axis wind turbines under icing conditions, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 216 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104708>. **Q1, SJR 1.24.**

Объём и структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка использованных источников из 96 наименований, содержит 104 страниц основного компьютерного текста, включая 37 рисунков, 22 таблиц.