

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621. 311

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ВЕТРОТУРБИНЫ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ

АЙНАБЕКОВ Алпысбай Иманкулович

доктор технических наук, профессор

АРАПОВ Батырбек Рахметович

доктор технических наук, профессор

АБДРАШЕВ Саттар Жусупович

кандидат технических наук, профессор

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова

г. Шымкент, Казахстан

Ветряная турбина с вертикальной осью – это тип ветряной турбины, в которой вал несущего винта установлен поперек ветра, а основные компоненты расположены у основания турбины. Такое расположение позволяет расположить генератор и редуктор близко к земле, что облегчает обслуживание и ремонт. Для таких установок не нужно указывать на ветер, что устраняет необходимость в механизмах определения ветра и ориентации. Основными недостатками ранних конструкций типа Савониус, Даррейус были значительные колебания крутящего момента во время каждого оборота и большие изгибающие моменты на лопастях. Более поздние конструкции решали проблему пульсации крутящего момента, вращая лопасти по спирали типа Горлова. Ветряная турбина с вертикальной осью имеет свою ось, перпендикулярную линиям потока ветра и вертикально к земле. Более общим термином, который включает этот параметр, является «ветряная турбина с поперечной осью» или «ветряная турбина с поперечным потоком». Конструкция данной ветротурбины от известных отличается тем, что у нее имеются внешние неподвижно-поворотные жалюзи, предназначенные для увеличения площади ометания потока воздуха при меньшей площади самой турбины. Основной задачей, экспериментального исследования различных конструктивных моделей ветротурбины, являлся внесение усовершенствования в конструкцию известных из литературы ветротурбин с вертикальной осью с целью повышения их эффективности. Технический результат усовершенствованной и разработанной нами конструкции турбины, заключается в изменении движения воздушного потока, который достигается с помощью установленных вокруг колеса турбины неподвижно-поворотных дугообразных экранов – жалюзи, увеличивающих полезной ометаемой площади воздушного потока ветра. При этом неподвижные направляющие жалюзи имеют возможность поворачиваться относительно вертикальных осей. Это позволяет исследовать и определять наиболее выгодное их положение, а также формы поверхности, обеспечивающее максимальную мощность турбины.

Ключевые слова: ветротурбины с вертикальной осью, экспериментальный стенд, лопасти турбины, конструкция стенда, скорость потока воздуха.

Особенностью ветротурбин с вертикальной осью является простота и компактность их конструкции, и особенно важно такие турбины могут работать при любом направлении ветра без дополнительных электромеханических устройств. Разработанный нами экспериментальный стенд является устройством,

предназначенным для проведения исследования ветроэнергетического оборудования и может быть использован при разработке и создании эффективной конструкции ветровых турбин с вертикальной осью для ветроэлектрических станций.

В технической литературе известны различ-

ные конструкций ветротурбин с вертикальной осью, в том числе оборудованные специальными неподвижными плоскими направляющими пластинами, установленными вокруг колеса турбины [1-4]. Они предназначены для увеличения площади ометания потока ветровой струи, и связанные с этим повышения мощности турбины, однако такие неподвижные плоские пластины являются недостаточно эффективными для повышения мощности турбины.

В связи с этим с целью повышения эффек-

тивности таких направляющих устройств нами предложено выполнить их с изогнутой поверхностью. Поэтому с целью исследования эффективности и определения кривизны изогнутости и угла расположения таких направляющих относительно лопастей турбины (направления движения воздуха) нами разработан экспериментальный испытательный стенд.

Конструкция стенда для испытания модели ветротурбин с вертикальной осью показана на рисунке 1.

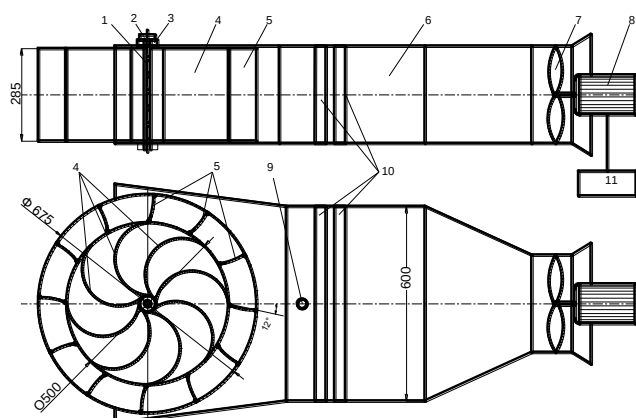


Рисунок 1. Экспериментальный стенд, предназначенный для проведения испытаний моделей ветротурбин с вертикальной осью с целью исследования эффективности ее конструкции

Данный стенд состоит из воздуховода в виде аэродинамической трубы 6 с прямоугольной формой поперечного сечения, предназначенной для создания контролируемого потока воздуха с заданной скоростью течения, нагнетающий воздух вентилятора 7, который приводится в движение при помощи электродвигателя 8, и решеток 10 в виде сеток с мелкими отверстиями, выполненных из тонкой проволоки, предназначенные для равномерного распределения потока воздуха по площади поперечного сечения воздуховода.

Данный испытательный стенд имеет простую конструкцию и для его изготовления использованы пластины из прозрачного оргстекла, которая позволяет визуально наблюдать работу модели ветротурбины и фиксировать направления движения струи потока проходящей сквозь лопасти турбины при использовании окрашенного воздуха.

Сама ветротурбина 1 представляет с собой колесо с лопастями 4 закрепленными к ее вертикальной оси трубчатой формы, уста-

новленной на подшипниках 3, изготовленной также из того же прозрачного оргстекла толщиной 4 мм.

Конструкция данной ветротурбины от известных отличается тем, что у нее имеются внешние неподвижно-поворотные жалюзи 5, предназначенные для увеличения площади ометания потока воздуха при меньшей площади самой турбины.

Основной задачей, экспериментального исследования различных конструктивных моделей ветротурбины, являлось внесение усовершенствования в конструкцию известных из литературы ветротурбин с вертикальной осью с целью повышение их эффективности.

Технический результат усовершенствованной и разработанной нами конструкций турбины, заключается в изменении движения воздушного потока, который достигается с помощью установленных вокруг колеса турбины неподвижно-поворотных дугообразных экранов-жалюзи, увеличивающих полезной ометаемой площади воздушного потока ветра. При

этом неподвижные направляющие жалюзи имеют возможность поворачиваться относительно вертикальных осей. Это позволяет исследовать и определять наиболее выгодное их положение, а также формы поверхности, обес-

печивающее максимальную мощность турбины. Конструктивные параметры и геометрические размеры лопастей турбины и ее направляющих поворотных жалюзи показаны на рисунках 2 и 3 соответственно.

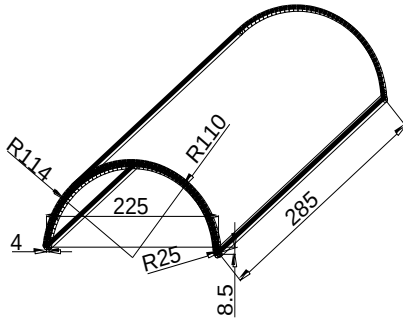


Рисунок 2. Лопасти ветротурбины

Лопасти турбины выполнены в виде тела с полуцилиндрической формой. Направляющие поворотные жалюзи имеют формы плоской пластины с передней части и изогнутой хвостовой частью, направленные, на вогнутые рабочие поверхности лопастей турбины, как показано на рисунке 1. При небольших геометрических размерах ротора самой ветротурбины, увеличение ометаемой площади потока ветра в данной конструкции турбины достигается с помощью поворотных дугообразных жалюзей, направляющих поток воздуха к ее рабочим лопастям.

Для проведения экспериментальных исследований таких турбин нами разработан испытательный стенд. На рисунке 1 показаны общий вид и принципиальная схема компоновки основных узлов и деталей испытательного стенда.

Скорость потока воздуха в воздуховоде стенда зависит от скорости вращения вентилятора и мощности электродвигателя. Регулирование скорости вращения ротора электродвигателя вместе с пропеллером вентилятора, осуществляется пультом управления частотного регулирования угловой скорости вращения ротора электромотора, зависящего от частоты напряжения на обмотках статора. Регулятор собран на основе IGBT-транзисторов и GTO-тиристоров на базе широтно-импульсного модулятора, установленного на пульте управления 11 питания электродвигателя.

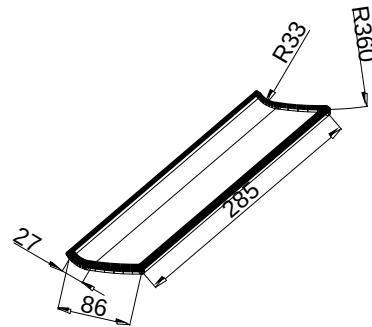


Рисунок 3. Поворотные жалюзи

Скорость движение воздушного потока в полости стенда осуществляется с помощью электронного анемометра 9 марки АРЭ (1-35м/с), с диапазоном измерения скорости от 1 до 35 м/с.

Скорость вращения вала турбины измеряется при помощи бесконтактного лазерного тахометра марки МЕГЕОН 18005 с разрешением от 0,1 об/мин в диапазоне (2.5...999.9 об/мин), с допустимой основной погрешности не более $+(0,5+0,05V)$, где V – скорость ветра (потока воздуха в воздуховоде стенда).

Измерение мощности развиваемой на валу турбины определяется через измеренного значения крутящего момента при помощи датчика статического крутящего момента 2 марки RT 200, обладающего высокой точностью и надежностью, кинематический связанного с валом турбины с посредством скользящей муфты.

Расчет мощности турбины производится по известной зависимости между крутящим моментом, скоростью вращения вала и развиваемой мощности, по следующей формуле:

$$M_k = \frac{W}{\omega};$$

где: M_k – крутящий момент измеренный при соответствующей скорости вращения вала турбины, [Н·м]; W – мощность, соответствующей данной скорости вращения вала турбины, [Вт]; ω – соответствующая угловая скорость вращения вала турбины, [сек⁻¹].

Угловая скорость равняется: $\omega = \frac{\pi \cdot n}{60}$ сек-1, где: n – скорость вращения вала турбины, [об/мин].

Тогда мощность, развиваемая турбиной будет равна:

$$W = M_k \cdot \omega \text{ [Вт]}.$$

В ходе проведения экспериментов на стенде при различных скоростях потока воздуха и при различных углах расположения поворотных жалюзи относительно направления движения потока воздуха, производится измерение скорости вращения ротора турбины, значение соответствующее этой скорости крутящий момент по которым рассчитывается мощность турбины.

Таким образом, используя данный испытательный стенд можно получить экспериментальные данные зависимости мощности испытуемой, модели турбины от положения поворотных жалюзи с различной формой кривизны поверхности и скорости потока воздуха, что

позволяет произвести качественную оценку влияния указанных конструктивных параметров турбины с поворотными направляющими жалюзи на ее мощность.

По полученным качественным показателям определяется наиболее выгодное положение поворотных жалюзи, относительно направления ветра. А количественные характеристики турбины определяются с учетом масштабных факторов испытуемой модели и проектируемой ветротурбины с соответствующими соотношениями параметров натуральных геометрических ее размеров.

По полученным экспериментальным данным зависимости качественных показателей мощности ветротурбины с различными конструктивными параметрами строятся графики зависимости мощности испытуемой модели турбины от положения поворотных жалюзи относительно направления движения потока воздуха под углом γ° , рисунок 4.

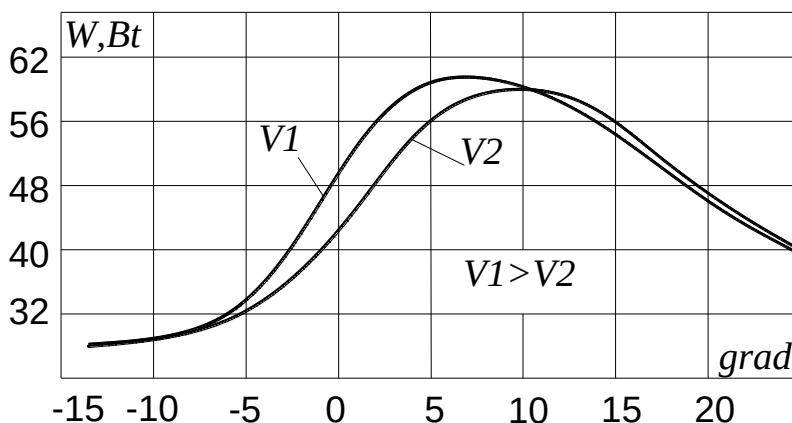


Рисунок 4. Зависимость мощности модели ветротурбины от величины угла расположения поворотных жалюзи γ° при различных скоростях движения воздуха V_1, V_2 ($V_1 > V_2$)

Как видно из рисунка 4 оптимальный угол γ° расположения поворотных жалюзи находится в промежутка от 5° до 12° градусов относительно направления движения ветра, то есть, в нашем эксперименте относительно

оси воздуховода стенда. Повышение мощности модели турбины по сравнению с параллельном расположении жалюзи к направлению ветра и при положительном угле γ° равным 12° составляет около 43%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арапов Б.Р., Сейтказенова К.К. Аким Е.Г. Ветротурбина с вертикальной осью и с направляющими воздушного потока экранами // ЮКУ им. М. Ауэзова. Труды междунар. практич. конфер. «Ауэзовские чтения-20». – Шымкент, 2022. – С. 57-62.
2. Ветроэлектростанция с ротором (ветроколесом) карусельного типа, патент RU 2009149279, F03D 3/00 от 28.12.2009.

3. Ветроэлектростанция высокой мощности, патент RU 518786C2, Номер заявки: 2012131838/06. Дата регистрации: 24.07.2012. Дата публикации: 10.06.2014.

4. Патент на полезную модель РК №488. кл. F03D 3/04, Ветроэнергетическая установка. 15.12.2011. Инновационный патент 25132. ТОО «Инновационный Евразийский университет».

A STAND FOR THE STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF A MODIFIED DESIGN OF A WIND TURBINE WITH A VERTICAL AXIS

AINABEKOV Alpysbay Imankulovich

Doctor of Sciences in Technology, Professor

ARAPOV Batyrbek Akhmetovich

Doctor of Sciences in Technology, Professor

ABDRASHEV Sattar Zhusupovich

Candidate of Sciences in Technology, Professor

M. Auezov South Kazakhstan University

Shymkent, Kazakhstan

A vertical axis wind turbine is a type of probable turbine in which the main rotor shaft is mounted across the wind and the main components are located at the base of the turbine. This arrangement allows you to place the generator and gearbox close to the ground, which facilitates maintenance and repair. For such installations, it is not necessary to point to the wind, which eliminates the need for wind detection and orientation mechanisms. The main disadvantages of the early designs of the Savonius, Darreius type were significant torque fluctuations during each revolution and large bending moments on the blades. Later designs solved the problem of torque pulsation by rotating the blades in a Gorlov-type spiral. A wind turbine with a vertical axis has its axis perpendicular to the wind flow lines and vertically to the ground. A more general term that includes this parameter is «cross-axis wind turbine» or «cross-flow wind turbine». The design of this wind turbine differs from the known ones in that it has external fixed-rotary blinds designed to increase the area of the air flow sweeping with a smaller area of the turbine itself. The main objective of the experimental study of various structural models of a wind turbine was to make improvements in the design of wind turbines with a vertical axis known from the literature in order to increase their efficiency. The technical result of the turbine designs improved and developed by us is to change the movement of the air flow, which is achieved by means of fixed-turning arc-shaped screens – blinds installed around the turbine wheel, increasing the useful swept area of the wind airflow. At the same time, the fixed guide blinds have the ability to rotate relative to the vertical axes. This makes it possible to investigate and determine their most advantageous position, as well as the shape of the surface, which ensures maximum turbine power.

Keywords: wind turbines with vertical axis, experimental stand, turbine blades, stand design, air flow velocity.
