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
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 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 наивыгоднейшее их положение, а также формы поверхности, обеспечивающее максимальную мощность турбины.

Ключевые слова: ветротурбины с вертикальной осью, экспериментальный стенд, лопасти турбины, конструкция стенда, скорось 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 ветроэнергетикического оборудования и может быть использован при разработке и создании эффективной конструкции ветровых турбин с вертикальной осью для ветроэлектрических станций.

В технической литературе известны различные 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 плос-

кие пластины являются недостаточно эффективными для повышения мощности турбины.

В связи с этим с целью повышения эффективности 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.

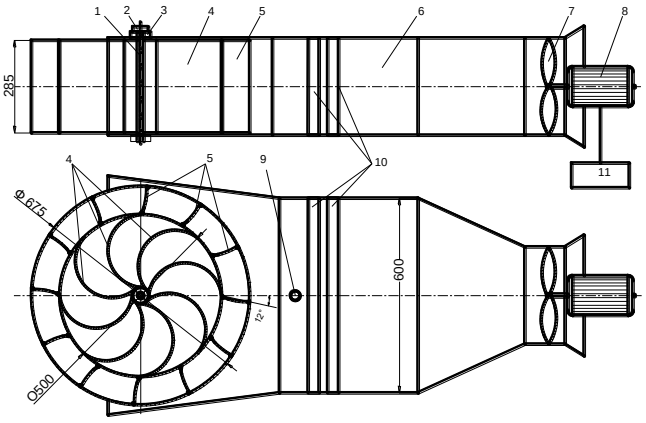

Рисунок 1. **Экспериментальный стенд, предназначенный для проведения испытаний моделей ветротурбин с вертикальной осью с целью исследования эффективности ее конструкции**

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 лопастей турбины при использовании окрашенного воздуха.

Сама ветротурбина 1 представляет с собой колесо с лопастями 4 закрепленными к ее вертикальной оси трубчатой формы, установленной 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, обеспечивающее максимальную мощность турби-

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

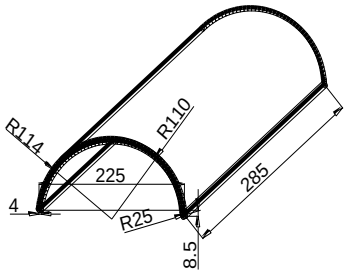

Рисунок 2. **Лопасти ветротурбины**

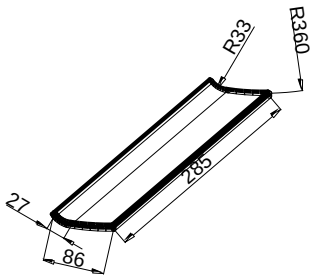

Рисунок 3. **Поворотные жалюзи**

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-транзис-торов и GTO-тиристоров на базе широтно-импульсного модулятора, установленного на пульте управления 11 питания электродвигателя.

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:

$$\mathrm{M_к} = \frac{W}{\omega};$$

где: $\mathrm{M_к}$ – крутящий момент измеренный при соответствующей скорсти вращения вала турбины, [Н·м]; W – мощность, соответствующей данной скорсти вращения вала турбины, [Ват]; ω – соответствущая угловая скорость вращения вала турбйны, [сек-1].

Угловая скорость равняется: $\omega = \frac{\pi \cdot \mathrm{п}}{60}$ сек-1,

где: n – скорость вращения вала турбины, [об/мин].

Тогда мощность, развиваемая турбиной будет равна:

$$W = \mathrm{M_к} \cdot \omega \text{ [Ват]}.$$

В ходе проведения экспериментов на стенде при различных скоростях потока воздуха и при различных углах расположения поворотных жалюзей относительно направ-

ления 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 натурных 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 γо, рисунок 4.

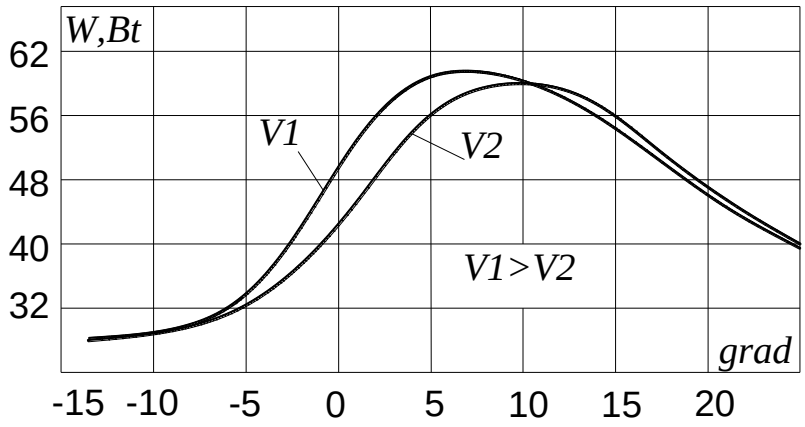

Рисунок 4. **Зависимость мощности модели ветротурбины от величины угла расположения поворотных жалюзей γ^0 при различных скоростях движения воздуха V_1, V_2, (V_1>V_2)**

Как видно из рисунка 4 оптимальный угол γ° расположения поворотных жалюзей 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 жалюзей 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».