

УДК 621.311.24

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ В ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Лысенко В.С.

РГП на праве хозяйственного ведения «Казакхский национальный педагогический университет им. Абая», Алматы, e-mail: vikstel.777@mail.ru

В статье проведен анализ ограничения эффективности преобразования энергии в традиционных ветряных установках и концепции мировой практики в модернизации технологий преобразования энергии ветра. Описана новая технология преобразования энергии ветра и дано аналитическое обоснование её эффективности.

Ключевые слова: ветроэнергетика, преобразование энергии, кинетическая энергия, диффузор, скорость ветра, мощность

ANALYSIS TECHNOLOGICAL MODERNIZATION IN THE WIND INDUSTRY

Lyssenko V.S.

Republican State Enterprise on the right of business «Kazakh National Pedagogical University. Abay», Almaty, e-mail: vikstel.777@mail.ru

This article describes the analysis of limitations of the conversion effectiveness in traditional wind installations and conceptions of word practice in modernization of conversion technology of wind energy. It described the new technology of conversion wind energy and given analytical justification of its effectiveness.

Keywords: wind energy, conversion of energy, kinetically energy, diffuser, velocity of wind, power

Проблема повышения эффективности преобразования энергии ветра и экологической безопасности ветряных установок является в настоящее время весьма актуальной. Особенно с учетом мировых тенденций роста доли ветроэнергетики в производстве электроэнергии [4, 6].

Цель исследования. Целью работы является аналитическое обоснование повышения эффективности преобразования энергии ветра предлагаемой технологией по сравнению с традиционными ветроэнергетическими установками.

Материалы и методы исследования

Традиционные ветродвигатели с горизонтальной и вертикальной осью вращения имеют ограничения по эффективности использования энергии ветра, которая в соответствии с известным законом Беца не может быть больше 59,3% [1]. Этот закон выведен из условия, что скорость ветра после взаимодействия с лопастями ветродвигателя должна иметь некоторую скорость для выхода из взаимодействия, то есть обладать остаточной кинетической энергией движения. Разность начальной кинетической энергии ветра и конечной, которой обладают выходящие массы воздуха, составляет кинетическую энергию вращения ротора ветродвигателя.

Традиционная технология основана на том, что ветер воздействует на разнообразной конструкции лопасти и раскручивает их, отдавая им только часть своей кинетической энергии. При этом наращивание мощности ветряных станций требует увеличение габаритов ветродвигателей. Таким образом, любые модернизации традиционных ветродвигателей имеют верхний предел эффективности и к существенному повышению эффективности преобразования кинетической энергии ветра не приведут.

В последнее время ведутся интенсивные исследования и разработки ветряных установок циклонного (вихревого) типа, в которых создаются искусственные вихревые образования воздушных масс вращающих турбину [4].

Система со свободными вихрями, в которой для закручивания потока ветра и образования вихря устанавливалось ветроколесо. По оценкам Нью-Йоркского политехнического института и университета штата Виргиния, эта система может развивать мощность в 7 раз большую, чем традиционный ветродвигатель тех же размеров. В ограниченной вихревой системе ветряной станции, разработанной фирмой «Grumman Aerospace Corporation», вихрь создается в специальной башне, которая установлена в кольце над осевой турбиной. Вихрь обеспечивает разряжение над турбиной и увеличение скорости потока воздуха [6].

Американской фирмой Sheerwind разработан ветряк INVELOX, который отличается необычным дизайном и представляет собой изогнутую трубу переменного сечения, которая эффективно утилизирует энергию ветра. Конструкция ветряка INVELOX – это набор заборников воздуха, которые захватывают ветер и через сужающуюся трубу подводят воздушный поток к лопастям турбины электрогенератора [5].

Высокая эффективность преобразования энергии ветра в вихревых станциях и в ветряке INVELOX достигается за счет искусственного увеличения кинетической энергии потока ветра перед подачей её на лопасти турбины.

Результаты исследования и их обсуждение

Лабораторией инновационных технологий при институте прикладной физики и математики КазНПУ им.Абая разработана новая технологическая концепция ветряных станций, которая основана на комплексном использовании вихревого и инерционного

эффектов для преобразовании энергии ветра. В настоящее время проводятся работы по изготовлению опытного образца и международное патентование технологии.

Сущность новой технологии заключается в том, что потоки ветра сначала попадают в специальные воздухооборники и далее по пространственным системам конфузоров, где воздушные массы ускоряются и изменяют суммарный момент инерции и подаются в специальной конструкции воздушную турбину. В последней происходит преобразование кинетической энергии потока воздуха в механическое вращение ротора турбины. Механическое вращение передается через инерционный передаточный механизм генератору тока или теплогенератору. Особенность инерционного передаточного механизма в том, что в нем для создания дополнительного крутящего момента используются центробежные силы инерции. Последние создаются за счет изменения суммарного момента инерции вращающихся элементов инерционного передаточного механизма. Что приводит к компенсации потерь на трение в передаточном механизме и тем самым повышению эффективности преобразования энергии.

Для обоснования преимуществ новой технологии проведем теоретический анализ принципов использования кинетической энергии ветра в сравнении с традиционной технологией.

Кинетическая энергия ветра определенной площади по известной зависимости запишется в виде

$$E = \frac{\rho S t v^3}{2}, \quad (1)$$

где ρ – плотность воздуха; t – время; S – площадь, охватываемая вращающимся ротором; v – скорость ветра.

Из выражения (1) мощность традиционного ветродвигателя с охватываемой ротором площадью S можно записать в следующем виде

$$N_{\text{тр}} = \eta \frac{\rho S v^3}{2}, \quad (2)$$

где η – коэффициент использования энергии ветра, который для лучших современных ветряных станций традиционного типа равен 0,4 – 0,5 при теоретическом предельном значении $\eta=0,593$.

При осуществлении новых технологий, когда используется воздуховод в виде системы конфузоров и турбина устанавливается на выходе из них, скорость потока воздуха на входе в ветротурбину увеличится пропорционально степени сужения и, в со-

ответствии с законом сохранения количества движения, запишется в виде

$$v_2 = \sqrt{\frac{S\rho}{S_2\rho_2}} v, \quad (3)$$

где v_2 – скорость потока на выходе из конфузора; S и S_2 – соответственно площади входного и выходного отверстия конфузора; ρ_2 – плотность воздуха на выходе из конфузора; v – скорость ветра на входе в конфузор.

Кинетическая энергия ветра на входе в конфузор рассчитывается по формуле (1), а на выходе из него запишется соответственно в виде

$$E_2 = \frac{\rho_2 S_2 t v_2^3}{2}. \quad (4)$$

Подставив выражение (3) в (4) и учитывая (1) получим

$$E_2 = E \sqrt{\frac{S\rho}{S_2\rho_2}}. \quad (5)$$

Мощность ветротурбины, эффективности преобразования энергии которой такая же как и у традиционного ветродвигателя, установленной после конфузора запишется в виде

$$N_{\text{н}} = N_{\text{тр}} \sqrt{\frac{S\rho}{S_2\rho_2}}. \quad (6)$$

Выражение в скобках формул (5) и (6) показывает степень возрастания кинетической энергии и мощности потока воздуха на выходе из конфузора по отношению к традиционному способу преобразования энергии ветра, когда используется энергия ветра, соответствующая энергии на входе в конфузор.

Для конфузора круглого сечения зависимость (5) запишется в виде

$$E_2 = E \frac{R}{r} \sqrt{\frac{\rho}{\rho_2}}, \quad (7)$$

где R и r – радиусы соответственно входной и выходной полости конфузора.

Следует отметить, что течение в конфузоре сопровождается постепенным увеличением скорости и одновременным снижением давления. Потери на трение в конфузоре могут быть определены по известным зависимостям.

Новая технология также предусматривает создание вихревых потоков воздуха в специальных воздуховодах. Природными аналогами этих технологических приемов

являются смерчи и торнадо, механизм концентрации кинетической энергии в которых в упрощенной форме представлен в работах [2, 3].

Предложенная и запатентованная комплексная технология преобразования энергии ветра имеет принципиальные отличия от американских аналогов [4, 6].

Заключение

Для проведения экспериментальных исследований новой технологии и оптимизации технологических параметров преобразования энергии ветра разрабатывается конструкторская документация для изготовления опытного образца ветростанции, результаты экспериментальных исследований которой будут представлены в следующем работе.

Работа выполнена в рамках гранта Комитета науки Министерства образования и науки

Республики Казахстан (номер госрегистрации 0113PK00415).

Список литературы

1. Безруких П.П., Бушуев Д.А. Об оценке энергетической эффективности солнечных и ветровых установок // Вестн. МЭИ. – 2006. – № 1. – С.40-43.

2. Лысенко В.С., Сулейменов Б.Т., Рафиков И.Х. Кинетическая энергия природных вихрей. Materialy VIII mezinarodni vedecko- prakticka conference Aplikovane vedecke novinky-2012. Praha. 27.07. – 05.08.2012 г. С.61-64.

3. Лысенко В.С. и другие. Кинетическая энергия вихревых образований и альтернативная энергетика // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 12. – стр. 104-106; URL: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=10000419 (дата обращения: 20.11.2013).

4. Перминов Э.М. Состояние и перспективы развития мировой ветроэнергетики // Энергохозяйство за рубежом. 2003. Вып. 1. С. 164-170.

5. URL: <http://www.km.ru/science-tech/2013/05/16/nauka-i-tekhnologii/710847-razrabotannyi-neobychnyi-vetryak-invelox-okazalsy> (дата обращения: 25.11.2013)

6. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего / В.Г. Родионов. – М.: ЭНАС, 2010. – 352 с.