

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2021)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/CTNS7211>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>к.т.н., доцент (Россия)</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD, доцент</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/AUQF4297>**В. Ф. Хацевский¹, *К. В. Хацевский², Д. Ю. Руду³**¹Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

^{2,3}Омский институт водного транспорта,

Российская Федерация, г. Омск

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА ТЕРРИТОРИИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

*Суммарная кинетическая энергия ветра на Земле оценивается величиной порядка 0,7*10²¹ Дж. В России энергия ветра может быть эффективно использована в следующих регионах – области: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Омская, Новосибирская, Пермская, Ростовская, Сахалинская, Тюменская; края: Краснодарский, Приморский, Хабаровский; а также: Дагестан, Калмыкия, Карелия, Коми, Ненецкий автономный округ, Таймырский автономный округ, Хакасия, Чукотка, Якутия, Ямало-Ненецкий автономный округ. Перспективными являются и другие отдельные районы многих краев, областей и республик РФ. Если выясняется, что на интересующей территории нет достаточных ветроэнергетических ресурсов, не имеет никакого смысла проводить дальнейшие действия по решению задачи применения ВЭУ в этом месте.*

В работе представлен краткий анализ перспективности применения современных ветроэнергетических установок на территории Омской области. Рассмотрены характерные типы генераторных систем для ветроэнергетических установок и проанализированы достоинства и недостатки использования различных типов электрических машин в качестве генерирующих устройств ВЭУ. Выполнено исследование применимости возобновляемых источников электроэнергии, определено направление развития ветроэнергетических установок. Дана комплексная оценка эффективности применения альтернативных источников электроэнергии на территории Омской области.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, альтернативная энергетика, ветроэнергетика, система генерации, энергосистема.

Введение

Целью разработки проекта подстанции с использованием ветряной энергетической установки является, внедрение в энергосистему новых методов уменьшения затрат на производство электроэнергии, а следовательно уменьшение стоимости электроэнергии для населения, и уменьшение влияния загрязнения окружающей среды энергосистемой России.

Суммарная кинетическая энергия ветра на Земле оценивается величиной порядка $0,7 \times 10^{21}$ Дж. Однако большая часть этой энергии выделяется над океанами [1–3]. Тем не менее, как уже отмечалось, над равнинами, не покрытыми лесами, энергия ветра также довольно высока. Кроме того в такой местности ветер отличается большей устойчивостью, что особенно важно для работы ВЭУ.

В перспективных для применения ветроэнергетических установок (ВЭУ) регионах среднегодовая скорость ветра должна быть от 4 до 6 м/с и более. Россия располагает значительными ресурсами ветровой энергии, они сосредоточены главным образом в тех регионах, где отсутствует централизованное энергоснабжение. Такая ситуация характерна для всего Арктического побережья от Кольского полуострова до Чукотки, а также для побережья и островных территорий Берингова и Охотского морей. География распределения ветроэнергетических ресурсов позволяет рационально их использовать как автономными ВЭУ, так и крупными ветроэнергетическими станциями в составе местных энергетических систем [4].

В России энергия ветра может быть эффективно использована в следующих регионах – области: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Омская, Новосибирская, Пермская, Ростовская, Сахалинская, Тюменская; края: Краснодарский, Приморский, Хабаровский; а также: Дагестан, Калмыкия, Карелия, Коми, Ненецкий автономный округ, Таймырский автономный округ, Хакасия, Чукотка, Якутия, Ямало-Ненецкий автономный округ. Перспективными являются и другие отдельные районы многих краев, областей и республик РФ. Если выясняется, что на интересующей территории нет достаточных ветроэнергетических ресурсов, не имеет никакого смысла проводить дальнейшие действия по решению задачи применения ВЭУ в этом месте [5-7].

Таблица 1 – Среднемесячные данные скорости ветра (м/сек) в Омской области

Месяцы												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Среднее за год
6,3	6,1	6,4	5,8	5,9	5,5	4,6	4,4	4,8	5,8	5,8	6,3	5,6

В связи с недостатком площадей в самом городе, заслонением ветровых потоков застройками, а также в связи с некоторыми недостатками конструкции самой ветроэнергетической установки. Ветроэнергетическая установка производит два вида шума: от лопастей (свистящий звук) и механический шум от вращающихся элементов оборудования. Этот шум необходимо учитывать при строительстве ВЭУ, выдерживая определенные расстояния до жилых помещений. Вмешательство в системы телекоммуникаций, ВЭУ могут влиять на телевизионные и СВЧ сигналы. Проблем, касающихся СВЧ связи, можно избежать путем изменения положения ВЭУ или СВЧ связи. А также потенциальной опасности для низко пролетающих самолетов предлагается вынесение ВЭУ за пределы черты города.

Материалы и методы

Для более рационального использования ВЭУ, нужно правильно выбрать месторасположение ветряного агрегата, с учетом ландшафта выбранной местности. ВЭУ устанавливается на самом высоком пустынном «продуваемом» месте ландшафта. Высота мачты должна быть не менее 12-ти метров для увеличения ветрового потока.

ВЭУ должна бесперебойно поставлять электроэнергию к транзитной подстанции для этого должно быть предусмотрено аварийное и резервное питание. Для безопасности обслуживающего персонала и самой ВЭУ на случай штормового предупреждения, ВЭУ должна иметь механизм спуска и подъема мачты установки.

Все ВЭУ можно классифицировать следующим образом. К ветроустановкам с вертикальной осью вращения относятся установки карусельного типа. Наиболее эффективной из них по использованию энергии ветра является ВЭУ типа ротора Савониуса, в которой ветер воспринимается приблизительно 2/3 рабочей поверхности ветроколеса. К достоинствам установок такого типа относятся:

- простота конструкции;
- не требуется ориентация по ветру;
- для некоторых конструкций (например, ротор Савониуса) довольно значительный вращающий момент.

К недостаткам относятся:

- низкая скорость вращения, не более скорости ветра;
- значительная зависимость крутящего момента от скорости ветра.

Так как ВЭУ с вертикальной осью вращения являются тихоходными, то для привода генератора требуются редукторы с большим передаточным числом. Кроме того, сильно выраженная зависимость их крутящего момента и скорости вращения от скорости ветра требуют ряда усовершенствований, увеличивающих их сложность и стоимость (маховик, шторы для уменьшения потока ветра и т.п.). В этой связи ВЭУ карусельного типа применяются, в основном, для водоподъема, где не требуется поддержания стабильной скорости вращения [8].

Ветроэнергетические установки с горизонтальной осью вращения, расположенной параллельно ветру, называются ВЭУ пропеллерного типа и могут быть тихоходными (с числом лопастей более шести) и быстроходными (с числом лопастей до шести). Тихоходные установки менее эффективны для выработки электроэнергии, т.к. необходимы редукторы с большим передаточным числом. Поэтому они здесь не рассматриваются.

Быстроходные ВЭУ пропеллерного типа разделяются по способу расположения ветроколеса: за башней (самоустанавливающиеся на ветер) и перед башней (требующие устройства установки на ветер). В качестве устройства установки на ветер для маломощных ВЭУ применяется флюгер. Если рассматривать ветроустановку в качестве двигателя электрогенератора, то быстроходные установки пропеллерного типа по сравнению с другими обладают следующими преимуществами:

- высокая скорость вращения, что позволяет применять редуктор с малым передаточным числом или вообще обходиться без редуктора;
- наиболее высокий к.п.д.;
- наименее выражена зависимость крутящего момента от силы ветра;
- возможность авторегулирования скорости вращения.

К недостаткам ВЭУ пропеллерного типа можно отнести более сложную конструкцию и значительный гироскопический момент. Однако, современное состояние техники изготовления В-установок пропеллерного типа позволяет значительно упростить расчеты крыла и уменьшить влияние гироскопического момента [9].

Мощность ветрового потока (S_v) через единичную площадку (F_0) определяется по формуле:

$$S_{\dot{a}} = \frac{W_{\dot{a}}}{t} = \frac{m \cdot V^2 r}{2t} = \frac{F_0 V \cdot V^2}{2} = kV^3, \quad (1)$$

где W_v – кинетическая энергия ветра, Дж;

t – время действия ветра, с;

m – масса воздуха, перемещенная ветром через площадку F_0 за время t , кг;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

V – скорость ветра, м/с;

k – коэффициент энергии ветра, кг/м.

Таким образом, мощность ветра пропорциональна его скорости в третьей степени, и для оценки этой мощности достаточно иметь информацию о скорости ветра.

В России имеются метеорологические службы, занимающиеся регистрацией скорости ветра, следовательно имеются достаточно достоверные статистические данные о его скорости. Однако при этом следует помнить, что на метеостанциях скорость ветра измеряется на высоте 10 м над поверхностью Земли в данной местности. Поэтому если ветроколесо находится на другой высоте, то скорость ветра следует пересчитать по следующей эмпирической формуле:

$$V_h = V + 0.1h \cdot b, \quad (2)$$

где V_h – скорость ветра на высоте h , м/с;

V – скорость ветра по данным метеостанции, м/с;

h – высота оси ветроколеса, м;

Наиболее вероятные скорости ветра равны 4...12 м/с.

Удельная мощность, при этом, определялась с учетом вероятностного характера скорости ветра по формуле:

$$S_t = k \cdot S \cdot V_i \cdot p_i(t), \quad (3)$$

где: S_t – удельная мощность ветра во время t , Вт;

V_i – i -тая скорость ветра, м/с;

$p_i(t)$ – вероятность действия i -той скорости ветра во время t .

Для проектирования электроснабжения важным параметром является продолжительность шторма ($V \geq 1$ м/с). Из таблицы 1. определяем, что вероятность практического шторма в нашей зоне составляет 0,14...0,30 м/с, в зависимости от времени года, однако максимальное количество идущих подряд штормовых дней для Омской области равно четырем. Это обстоятельство следует учитывать при проектировании ветроэлектрических установок и определения глубины аккумуляирования электроэнергии.

Результаты и обсуждения

Исходя из изложенного, для привода электрогенератора принимается быстрходная ВЭУ пропеллерного типа. Справедливость такого решения

подтверждается мировой практикой использования энергии ветра для электроснабжения.

Выводы

Как считают специалисты, развитие этого направления энергетики является государственной задачей с точки зрения экономики и для решения социальных проблем [10]. Для создания благоприятного инвестиционного климата в этой области необходимо в первую очередь принятие целевой государственной программы, подкрепленной соответствующей законодательной базой, а также решить проблемы, связанные с подключением объектов малой энергетики к централизованной системе энергоснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Перспективы ветроэнергетического рынка в России : Исследование / Фонд имени Фридриха Эберга; Всемирная ветроэнергетическая ассоциация; Штефан Гзенгер, Денисов Р.С. – 2017. – 29 с.

2 **Старков, А. Н.** Атлас ветров России / Старков А. Н. [и др.] – М. : «Можайск-Терра», 2000. – 558 с.

3 **Николаев, В. В.** Обоснование параметров ветродизельных энергокомплексов с учетом местного ветропотенциала и графиков нагрузки : дис. ... канд. тех. наук : 05.14.08: защищена 06.09.2016 / Николаев Василий Владимирович. – М., 2016. – 147 с.

4 **Николаев, В. Г.** Оценка ветроэнергетического потенциала России / Николаев В. Г. // Энергетик. – 2011. – № 9. – С. 37–49.

5 **Бубенчиков, А. А.** Проблемы применения ветроэнергетических установок в регионах с малой ветровой нагрузкой / А. А. Бубенчиков и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 5–2 (36). – С. 39–43.

6 **Лисицын, А. Н.** О перспективах ветроэнергетики в современном мире / А. Н. Лисицын, Н. М. Задорожная // Инновационные технологии в науке и образовании: Сборник статей V Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2017. – С. 36–42.

7 **Серебряков, Р. А.** Современное состояние, проблемы и перспективы развития ветроэнергетики / Р. А. Серебряков, С. С. Доржиев, Е. Г. Базарова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 3. – С. 13–20.

8 **Шагаров, Д. В.** Проблемы выбора и применения электрогенераторов для ветроэнергетической установки / Д. В. Шагаров, Е. М. Приходько, К. В. Хацевский // Актуальные вопросы энергетики: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2018. – С. 188–192.

9 **Лебедев, И. С.** Оптимизация конструкции конфузора ветро-энергетической установки для регионов с нестабильно-малым ветровым давлением / И. С. Лебедев, А. А. Бубенчиков, В. Н. Горюнов, К. В. Хацевский // Вестник МЭИ. – 2019. – № 1. – С. 14–19. – DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-14-19.

10 **Хацевский, К. В.** Политические аспекты внедрения ветроэлектростанций в энергосистему России / К. В. Хацевский, Е. А. Кукарекин, М. В. Куц, А. В. Симаков // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки : сб. ст. по мат. LX междунар. студ. науч.-практ. конф. – Новосибирск : Изд. АНС «СибАК». – 2017. – № 12 (59). – С. 450–454.

REFERENCES

1 Perspektivy vetroenergeticheskogo rynka v Rossii : Issledovanie / Fond imeni Fridriha Eberta; Vsemirnaya vetroenergeticheskaya asociaciya; Shtefan Gzenger, Denisov R. S. [Prospects of the Wind Energy Market in Russia : Research / Friedrich Ebert Foundation; World Wind Energy Association; Stefan Gzenger, Denisov R. S.] – 2017. – 29 p.

2 **Starkov, A. N.** Atlas ветров России [Atlas of the winds of Russia] / Starkov A. N. et al. – Moscow : Mozhaisk-Terra, 2000. – 558 p.

3 **Nikolaev, V. V.** Obosnovanie parametrov vetrodizel'nyh energokompleksov s uchetom mestnogo vetropotenciala i grafikov nagruzki : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.14.08 : zashchishchena 06.09.2016 / Nikolaev Vasilij Vladimirovich [Justification of the parameters of wind-diesel power complexes taking into account the local wind potential and load schedules : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.14.08 : defended 06.09.2016 / Nikolaev Vasily Vladimirovich]. – M., 2016. – 147 p.

4 **Nikolaev, V. G.** Ocenka vetroenergeticheskogo potenciala Rossii / Nikolaev V. G. // Energetik [Evaluation of the wind energy potential of Russia / Nikolaev V. G. // Energetik] – 2011. – № 9. – P. 37–49.

5 **Bubenchikov, A. A.** Problemy primeneniya vetroenergeticheskikh ustanovok v regionah s maloj vetrovoj nagruzkoj / A. A. Bubenchikov i dr. [Problems of the application of wind turbines in areas with low wind load / A. Bubenchikov A. et al. // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International research journal]. – 2015. – № 5–2 (36). – P. 39–43.

6 **Lisicyn, A. N.** O perspektivah vetroenergetiki v sovremennom mire / A. N. Lisicyn, N. M. Zadorozhnaya [About the prospects of wind energy in the modern world / A. N. Lisitsyn, N. M. Zadorozhnaya] // Innovacionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii : Sbornik statej V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Innovative technologies in science and education : Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference]. – Penza – 2017. – P. 36–42.

7 **Serebryakov, R. A.** Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya vetroenergetiki / R. A. Serebryakov, S. S. Dorzhiev, E. G. Bazarova // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk [Serebryakov R. A. Modern state, problems and prospects of wind power development / R. A. Serebryakov, S. S. Dorzhiev, E. G. Bazarova // Actual problems of the humanities and natural sciences]. – 2016. – №. 3. – P. 13–20.

8 **Shagarov, D. V.** Problemy vybora i primeneniya elektrogeneratorov dlya vetroenergeticheskoy ustanovki / D. V. Shagarov, E. M. Prihod'ko, K. V. Khatsevskiy [Problems of selection and application of electric generators for a wind power plant / D. V. Shagarov, E. M. Prikhodko, K. V. Khatsevskiy] // Aktual'nye voprosy energetiki : materialy vsrossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [Actual issues of power engineering : Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation] – Omsk : Izd-vo OmSTU, 2018. – P. 188–192.

9 **Lebedev, I. S.** Optimizaciya konstrukcii konfuzora vetroenergeticheskoy ustanovki dlya regionov s nestabil'no-malym vetrovym davleniem / I. S. Lebedev, A. A. Bubenchikov, V. N. Goryunov, K. V. Khatsevskiy [Lebedev I. S. Design optimization of a confuser windmills to regions with unstable low wind pressure / I. Lebedev, A. A. Bubenchikov, V. N. Goryunov, K. V. Khatsevskiy] // Vestnik MEI [MPEI Bulletin]. – 2019. – No. 1. – P. 14–19. – DOI: 10.24160/1993-6982-2019-1-14-19.

10 **Khatsevskiy, K. V.** Politicheskie aspekty vnedreniya vetroelektrostantsij v energosistemu Rossii / K. V. Khatsevskiy, E. A. Kukarekin, M. V. Kuc, A. V. Simakov [Political aspects of the introduction of wind power plants in the energy system of Russia / K. V. Khatsevskiy, E. A. Kukarekin, M. V. Kuts, A. V. Simakov] // Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tekhnicheskie nauki : sb. st. po mat. LX mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Scientific community of students of the XXI century. Technical sciences : LX International Student Scientific and Practical Conference]. – Novosibirsk : SibAK Publishing House, 2017. – № 12 (59). – P. 450–454.

Материал поступил в редакцию 28.11.21.

*В. Ф. Хацевский¹, *К. В. Хацевский², Д. Ю. Руди³*

¹Торайгыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

^{2,3}Омбы су көлігі институты,
Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал 28.11.21 баспаға түсті.

ОМБЫ ОБЛЫСЫНЫҢ АУМАҒЫНДА ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУДЫ БАҒАЛАУ

Жердегі желдің жалпы кинетикалық энергиясы шамамен 0,7-ден 1021 Дж-ға дейін бағаланады. Ресейде жел энергиясын келесі аймақтарда тиімді пайдалануға болады – аудандар: Архангельск, Астрахань, Волгоград, Калининград, Камчатка, Ленинград, Магадан, Мурманск, Омск, Новосибирск, Пермь, Ростов, Сахалин, Тюмень; аймақтар: Краснодар, Приморск, Хабаровск; сонымен қатар: Дағыстан, Қалмақия, Карелия, Коми, Ненец автономиялық округі, Таймыр автономиялық округі, Хакасия, Чукотка, Якутия, Ямало-Ненец автономиялық округі. Ресей Федерациясының көптеген аймақтарының, облыстарының және республикаларының басқа да жекелеген аудандары перспективалы болып табылады. Егер айқындалса, бұл қызықтыратын аумақта жоқ жеткілікті жел энергетикалық ресурстар, ешқандай мағынасы жүргізу әрекеттері бойынша шешуге қолдану ЖЭҚ бұл жерде.

Жұмыста Омбы облысының аумағында заманауи жел электр станцияларын қолдану перспективасына қысқаша талдау келтірілген. Жел энергетикасы қондырғыларына арналған генераторлық жүйелердің типтік түрлері қарастырылады және электр машиналарының әртүрлі түрлерін электр энергиясын өндіретін құрылғылар ретінде пайдаланудың артықшылықтары мен кемшіліктері талданады. Жаңартылатын электр энергиясы көздерінің қолданылуы зерттеліп, Жел энергетикалық қондырғылардың даму бағыты анықталды. Омбы облысының аумағында баламалы электр энергиясын пайдалану тиімділігіне кешенді баға берілді.

Кілтті сөздер: жел энергетикасы қондырғысы, баламалы энергетика, жел энергетикасы, генерациялау жүйесі, энергожүйесі

*V. F. Khatsevskiy¹, *K. V. Khatsevskiy², D. Y. Rudi³*

¹Toraigyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

^{2,3}Omsk Institute of Water Transport,

Russian Federation, Omsk.

Material received on 28.11.21.

ASSESSMENT OF THE USE OF WIND POWER PLANTS IN THE OMSK REGION

The total kinetic energy of wind on Earth is estimated to be of the order of $0.7 \cdot 10^{21}$ J. In Russia, wind energy can be effectively used in the following regions: Arkhangelsk, Astrakhan, Volgograd, Kaliningrad, Kamchatka, Leningrad, Magadan, Murmansk, Omsk, Novosibirsk, Perm, Rostov, Sakhalin, Tyumen; areas: Krasnodar, Primorsky, Khabarovsk; and also: Dagestan, Kalmykia, Karelia, Komi, Nenets Autonomous Okrug, Taimyr Autonomous Okrug, Khakassia, Chukotka, Yakutia, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. Other separate areas of many territories, regions and republics of the Russian Federation are also promising. If it turns out that there are not sufficient wind energy resources in the area of interest, it makes no sense to carry out further actions to solve the problem of using wind turbines in this place.

The paper presents a brief analysis of the prospects for the use of modern wind power plants in the Omsk region. The characteristic types of generator systems for wind power plants are considered and the advantages and disadvantages of using various types of electric machines as wind turbine generating devices are analyzed. The study of the applicability of renewable sources of electricity was carried out, the direction of development of wind power plants was determined. A comprehensive assessment of the effectiveness of the use of alternative sources of electricity in the Omsk region is given.

Keywords: wind power plant, alternative energy, wind power, generation system, power system.

Теруге 28.11.2021 ж. жіберілді. Басуға 14.12.2021 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
9,02 Мб RAM
Шартты баспа табағы 8,40. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: З. С. Исакова
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3867

Сдано в набор 28.11.2021 г. Подписано в печать 14.12.2021 г.
Электронное издание
9,02 Мб RAM
Усл. печ. л. 8,40. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: З. С. Исакова
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3867

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайғыров университет» КЕ АҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университет» КЕ АҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
8 (7182) 67-36-69
E-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik-energy.tou.edu.kz