

4. *Emelyanov Nikolai Andreevich*, postgraduate student of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: emelya.kolya19977@yandex.ru.

УДК 620.9

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

А. В. Верещак

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. *Правительством РФ с 1 ноября текущего года была утверждена стратегия социально-экономического развития России до 2050 г., предполагающая снижение уровня выбросов парниковых газов. В соответствии с новой стратегией Михаил Мишустин определил основную цель – достижение углеродной нейтральности при устойчивом росте экономики. На основании вышеуказанного документа наша страна должна достичь углеродной нейтральности не позднее 2060 г. Данная стратегия имеет два сценария, один из которых – инерционный, второй – целевой. Основными задачами целевого сценария являются конкурентоспособность России, а также ее экономический рост. Для воплощения целевого сценария необходимо большое количество денежных вливаний, что предположительно приведет к снижению количества выбросов парниковых газов. Так, необходимое количество инвестиций в 2022-2030 гг. должно составить приблизительно 1 % от ВВП, а уже к 2031-50 гг. достигнуть отметки в 1,5-2 % от ВВП. Основные мероприятия по осуществлению декарбонизации – внедрение безуглеродных технологий, увеличение «зеленого финансирования». В настоящее время разработкой стратегий декарбонизации экономики занимаются более 120 стран мира. Таким образом, можно с уверенностью сказать, что грядет смена всей существующей в этом направлении модели бизнеса, так как природо-эксплуатирующие отрасли практически исчерпали себя. Однако, учитывая наличие природных ресурсов в России, можно предположить, что декарбонизация в электроэнергетике будет осуществляться за счет увеличения использования атомной энергии и газа. Российская Федерация обладает огромной территорией с различными географическими особенностями, поэтому хочется надеяться на то, что такое направление, как ветроэнергетика, не останется без должного внимания.*

Ключевые слова: *ветроэнергетика, ветроэлектростанция, электроснабжение, мощность, топливо.*

Введение. Человечество за все время своего существования использовало различные источники энергии: нефть, газ, уголь и другие, например, возобновляемые источники.

Потребление энергии постоянно возрастает. В настоящее время стабильная ее поставка возможна при использовании природного ископаемого топлива. Однако данный вид деятельности неизбежно ведет к уменьшению природных запасов и нанесению непоправимого вреда окружающей среде. Сравнивая ветряные мельницы и ветрогенераторы, мы можем сделать вывод, что это источники энергии разного масштаба. К одному из основных видов ВИЭ сегодня смело можно отнести ветроэнергетику.

Цель исследования – рассмотрение и обоснование перспектив применения ВЭУ (ветроэнергетических установок) на территории Российской Федерации, учитывая стратегию социально-экономического развития России до 2050 г., предполагающую снижение выбросов парниковых газов.

Материалы и методы исследования. ВЭУ постепенно занимают определенную нишу в системе энергообеспечения нашей планеты, в частности, и в Российской Федерации [5]. Они являются техническими устройствами, необходимыми для переработки кинетической энергии ветровых потоков с дальнейшим преобразованием их в другой вид энергии. Ветроэнергетические установки во многих странах, имеющих подходящий климат (там, где скорость ветра благоприятно влияет на работу установок), становятся все более конкурентоспособными в сравнении с традиционными, общепринятыми источниками электроснабжения [7]. Как правило, большинство конструктивных решений для преобразования энергии ветра в механическую работу построено на использовании лопастных машин с горизонтальным валом, которые традиционно устанавливаются в направлении ветра. Также имеют место и другие конструкторские решения – устройства с вертикальным валом.

Как правило, ВЭУ, которые используют горизонтальную ось вращения, не должны иметь большого количества лопастей вращения. В большинстве случаев лопасти устанавливаются на вершину башни, при этом ведущий вал ротора, который, в свою очередь, соединяет лопасти и генератор, будет являться осью машины. Другими словами, ротор устанавливается горизонтальным способом [4]. Обычно при этом используют две или три лопасти. Может быть предусмотрено использование и большего их количества при низких скоростях вращения. Две или три лопасти применяют также и при очень высоких скоростях вращения для охвата всех ветровых потоков, проходящих через площадь ротора. Их большое количество непременно начнет создавать помехи. Также необходимо помнить и об их прочности в процессе работы.

Отсутствует необходимость изменения положения ротора у ВЭУ, которые имеют вертикальную ось вращения, в том случае, если изменяется направление ветра [8]. Это достигается с помощью специфического расположения лопастей (их крепят к верхней и нижней части башни), которые, в свою очередь, имеют конструкционные особенности:

- дугообразную форму;
- отличительную длину.

Однако ВЭУ могут работать только при наличии ветра [2], [3]. Для их установки необходимы территории, имеющие достаточный для использования в ветроэнергетике потенциал ветра. Данные установки рационально использовать в приземном слое на высоте до 50-70 м, однако в редких случаях разрешается их эксплуатация и при других значениях высот, но они не должны превышать 100 м от поверхности почвы. Также необходимо учитывать плотность и скорость ветряных потоков [6].

Применяя формулу для определения мгновенной мощности [3] с учетом горизонтального и вертикального типа, выбирая при этом средний коэффициент использования энергии ветра - ϑ , а также формулы для вычисления годовой вырабатываемой мощности ВЭУ (кВт), можно рассчитать рациональность установок ВЭУ:

$$W_{\text{год}} = \frac{P_{8760}}{1000} = P_{8,76}$$

стоимость выработанной энергии за год (руб):

$$C_{\Sigma} = W_{\text{год}} * \eta$$

где, η - стоимость электроэнергии (руб)
и срока окупаемости ВЭУ (год):

$$\text{Ток} = \frac{C_{\Sigma}}{C_{\Sigma}}$$

где, C_{Σ} – стоимость ВЭУ, руб.

Результаты исследования и их обсуждение.

Произведем расчет срока окупаемости для ВЭУ «1.5 кВт – РВ – 2» при средней скорости ветра 3, 4, 5 м/с в условиях Чувашской Республики со следующими параметрами: средняя температура воздуха составляет около 5 градусов по Цельсию, среднее значение плотности воздуха – $\rho=1,269$ кг/м³, усредненный коэффициент использования энергии ветра будет равен $\vartheta=0,3$, а стоимость электроэнергии – $\mu=3,60$ руб./кВт – и для наглядности продемонстрируем данные показатели в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа ВЭУ «1.5 кВт –РВ – 2»

Скорость ветра, м/с	Мгновенная мощность Вт.	Площадь поперечного сечения потока; м ²	Выработанная энергия в год; кВт/час.	Стоимость выработанной энергии за год; руб.	Стоимость устройства; руб.	Срок окупаемости; год.
3	31,65	6,16	277,25	998,1	82400	82,6
4	75,04	6,16	657,35	2366,46	82400	34,82
5	146,57	6,16	1283,9	4622,04	82400	17,83

Недостатки при использовании ВЭУ:

- большой срок окупаемости;
- высокая ценовая политика при изготовлении и установке;
- шум при использовании;
- наличие низкочастотных вибраций;
- обледенение лопастей;
- неравномерность вращения, что приводит к неравномерности поступления энергии.

Решением последнего указанного недостатка является установка АКБ или использование машины, работающей параллельно на органическом топливе [1].

В США и странах Европы, как правило, используют ВЭУ малой мощности – 0,5-4 кВт – в местах, которые удалены на значительном расстоянии от центрального электроснабжения, что делает их конкурентоспособными с установками, работающими на привозном топливе.

Существует и другая практика работы с ВЭУ. Так, например, Goldwind Americas, дочерняя компания Goldwind Science & Technology в Северной Америке, превысила показатели общей мощности ветряных турбин – более 1 ГВт. Она поставила более 400 МВт энергии с помощью ветряных турбин в 2020 г. и в начале 2021 г., что стало новым рекордом компании по продажам в Канаде и в США.

Два последних проекта общей мощностью более 400 МВт (один – в западной Канаде и один – в Техасе) представляют собой последнюю разработку Goldwind – ветряные турбины с постоянным магнитом и прямым приводом (PMDD) – GW4S. Ветряные турбины GW4S имеют номинальную мощность 4,2 МВт, диаметр ротора – 136 и 155 м, а высоту ступицы – 110 м.

Goldwind в настоящее время работает в 27 странах и установил более 40 000 ветряных турбин по всему миру, подавляющее большинство из которых использует технологию PMDD. Парк турбин в Северной Америке имеет мощность более 1 ГВт и может похвастаться средней готовностью на 99 %, что обеспечивает клиентам высокую надежность и время безотказной работы.

Также хочется обратить внимание на ученых из Китая и Италии Квин Чанга и Алессандро Леонетти Лаппарини, которые являются промышленными дизайнерами, работающими над использованием ветра на железнодорожных путях, а в частности, в системе T-Vox.

Работа в области совершенствования ветроэнергетики ведется постоянно в различных местах нашей планеты и, как правило, приносит неожиданно эффективные результаты.

Выводы. Таким образом, ВЭУ обеспечивают рентабельной энергией, создавая рабочие места, стимулируют экономический рост, уменьшая негативное техногенное воздействие на окружающую среду. Однако перед установкой данного устройства необходимо математически и экономически правильно рассчитать и обосновать показатели их работы.

Литература

1. Акулова, Т. Н. К расчету процесса обеспыливания, осуществляемого с помощью многослойного устройства для очистки воздуха / Т. Н. Акулова, А. В. Верещак, С. Н. Мардарьев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2 (13). – С. 95-100.

2. Бабина, Л. В. Анализ ветроустановок для электростанций малой мощности / Л. В. Бабина // Научный журнал Куб ГАУ. – 2012. – № 78 (04). – С. 27-36.

3. Бубенчиков, А. А. Проблемы применения ветроэнергетических установок в регионах с малой ветровой нагрузкой / А. А. Бубенчиков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 1. – С. 39-43.

4. Верещак, А. В. Использование предохранителей в сельскохозяйственных электроустановках / А. В. Верещак // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – С. 61-65.

5. Верещак, А. В. Направление государственной политики в области повышения энергоэффективности / А. В. Верещак, С. Б. Верещак // Актуальные проблемы юридической науки и правоприменительной практики: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной Дню юриста. – Чебоксары: Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, 2019. – С. 171-179.

6. Верещак, А. В. Охрана труда как средство повышения производительности труда в аграрном производстве / А. В. Верещак, С. Б. Верещак // Известия Международной академии аграрного образования. – 2018. – № 39. – С. 58-62.

7. Дебиев, М. В. Системная классификация факторов, определяющих выбор вариантов размещения объектов ветроэнергетики / М. В. Дебиев, Г. А. Попов // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2011. – № 2 – С. 15–22.

8. Пушкарев, А. Э. Динамический синтез ветроустановки, работающей в области малых скоростных потоков / А. Э. Пушкарев, Л. А. Пушкарева // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2010. – № 4. – С. 25 – 29.

Сведения об авторе

Верещак Александр Васильевич, кандидат педагогических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: vav_2008@mail.ru, тел. 89278517204.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF APPLICATION OF WIND POWER PLANTS

A. V. Vereshchak

*Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Brief abstract. Since November 1 of this year, the Government of the Russian Federation has approved a strategy for the socio-economic development of Russia until 2050, which implies a decrease in the level of greenhouse gas emissions. In accordance with the new strategy, Mikhail Mishustin defined the main goal - to achieve carbon neutrality with sustainable economic growth. Based on the above document, our country must achieve carbon neutrality

no later than 2060. This strategy has two scenarios, one of which is inertial, the second is target. The main objectives of the target scenario are Russia's competitiveness, as well as its economic growth. To implement the target scenario, a large amount of cash injections is required, which is expected to lead to a decrease in the amount of greenhouse gas emissions. So, the required amount of investments in 2022-2030 should be approximately 1% of GDP, and by 2031-50 it should reach the mark of 1.5-2% of GDP. The main measures for the implementation of decarbonization are the introduction of carbon-free technologies, an increase in "green financing". Currently, more than 120 countries of the world are engaged in the development of strategies for decarbonization of the economy. Thus, we can say with confidence that a change in the entire business model existing in this direction is coming, since the nature-exploiting industries have practically exhausted themselves. However, given the availability of natural resources in Russia, it can be assumed that decarbonization in the electric power industry will be carried out by increasing the use of nuclear energy and gas. The Russian Federation has a huge territory with different geographic features, so we would like to hope that such a direction as wind energy will not be left without due attention.

Key words: wind power, wind power station, power supply, power, fuel.

References

1. Akulova, T. N. K raschetu processa obespylivaniya, osushchestvlyаемого s pomoshch'yu mnogoslojnogo ustrojstva dlya ochistki vozduha / T. N. Akulova, A. V. Vereshchak, S. N. Mardar'ev // Vestnik CHuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2020. – № 2 (13). – S. 95-100.
2. Babina, L. V. Analiz vetroustanovok dlya elektrostancij maloj moshchnosti / L. V. Babina // Nauchnyj zhurnal Kub GAU. – 2012. – № 78 (04). – S. 27-36.
3. Bubenchikov, A. A. Problemy primeneniya vetroenergeticheskikh ustanovok v regionah s maloj vetrovoj nagruzkoj / A. A. Bubenchikov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2015. – № 1. – S. 39-43.
4. Vereshchak, A. V. Ispol'zovanie predohranitelej v sel'skohozyajstvennykh elektroustanovkakh / A. V. Vereshchak // Perspektivy razvitiya mekhanizacii, elektrifikacii i avtomatizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – CHEboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2019. – S. 61-65.
5. Vereshchak, A. V. Napravlenie gosudarstvennoj politiki v oblasti povysheniya energoeffektivnosti / A. V. Vereshchak, S. B. Vereshchak // Aktual'nye problemy yuridicheskoy nauki i pravoprimeritel'noj praktiki: sbornik materialov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Dnyu yurista. – CHEboksary: CHuvashskij gosudarstvennyj universitet im. I. N. Ul'yanova, 2019. – S. 171-179.
6. Vereshchak, A. V. Ohrana truda kak sredstvo povysheniya proizvoditel'nosti truda v agrarnom proizvodstve / A. V. Vereshchak, S. B. Vereshchak // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2018. – № 39. – S. 58-62.
7. Debiev, M. V. Sistemnaya klassifikaciya faktorov, opredelyayushchih vybor variantov razmeshcheniya ob'ektov vetroenergetiki / M. V. Debiev, G. A. Popov // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – № 2 – S. 15–22.
8. Pushkarev, A. E. Dinamicheskij sintez vetroustanovki, rabotayushchej v oblasti malyh skorostnykh potokov / A. E. Pushkarev, L. A. Pushkareva // Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2010. – № 4. – S. 25 – 29.

Information about authors

1. **Vereshchak Alexander Vasilievich**, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: vav_2008@mail.ru, tel. 89278517204.

УДК 631.22

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО КОРМОРАЗДАТЧИКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

С. П. Зайцев, П. В. Зайцев, С. В. Ларкин

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. В настоящее время в сельском хозяйстве повышение эффективности производства продукции животноводства во многом зависит от применения современных энергосберегающих технологий, а также от универсального и надежного технологического оборудования, используемого при приготовлении и раздаче кормов животным. Заключительным этапом технологического процесса приготовления и раздачи кормовых компонентов на ферме является применение технологической линии дозирования и раздачи готовых кормовых смесей в кормушки животным. Поэтому подбор эффективной конструкции раздатчика кормов,