

^{1,*}Левченко Э. П., ¹Смирнова И. В., ²Павленко А. Т., ²Левченко М. Э.

¹Донбасский государственный технический университет,

²Луганский государственный университет им. В. Даля

*E-mail: levchenckoeduard@yandex.ru

ВЕТРОГЕНЕРАТОРЫ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Работа посвящена анализу преимуществ и недостатков получения электроэнергии с помощью ветра. Рассмотрены основные конструкции ветрогенераторов и перспективы их применения с соблюдением экологических требований.

Ключевые слова: ветер, ветрогенерация, лопасти, композиционные материалы, захоронение, экологичность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Как известно, основной причиной повышения концентрации углекислого газа в атмосфере Земли, способствующего глобальному потеплению климата, является сжигание углеродного топлива. С развитием производства альтернативных источников энергии все больше внимания уделяется источникам энергии, способным существенно сократить или полностью исключить выделение углекислого газа.

Одним из широко применяемых способов производства электроэнергии становится ветрогенерация, наиболее распространенная в европейских странах и в странах Американского континента. В Луганской Народной Республике на сегодняшний день имеется два действующих ветропарка (Лутугинский и Краснодонский), которые были запланированы для ввода в действие еще в 2010 году [1].

По данным Statistical Review of World Energy всемирное производство электрической энергии в 2014 году составило 23127 ТВт·ч. Из них на долю возобновляемых источников энергии приходится 1234,3 ТВт·ч, в том числе ветровой — 628,2 ТВт·ч, солнечной — 124,8 ТВт·ч, а био- и геотермальной — 481,3 ТВт·ч [2].

Постановка задачи. Принято считать, что к основным преимуществам ветроэнергетики относятся ее неисчерпаемость и экологичность [3]. Главным недостатком

считается дороговизна (по сравнению с традиционной электроэнергией), что может существенно отразиться на стоимости производимых с её помощью товаров и услуг. Возможность получения дополнительной прибыли вероятно и послужила основой широкого распространения и оптимистических перспектив использования возобновляемой энергетики за рубежом.

Поэтому практически во всех развитых странах сегодня разрабатываются и реализуются программы, связанные с альтернативной энергетикой, которая характеризуется неисчерпаемостью ресурсов, независимостью от конъюнктуры цен на мировых рынках энергоносителей и относительной экологической чистотой.

В связи с этим **целью** настоящей работы явилось выявление преимуществ и недостатков ветрогенерирующей отрасли получения электрической энергии на основе анализа наиболее широко применяемых установок.

Объект исследования — устойчивое обеспечение электроэнергией на основе ветровой генерации.

Предмет исследования — особенности получения электроэнергии с помощью ветра.

Задачи исследования: анализ возможностей рационального применения ветровой генерации и экологических рисков их воздействия на окружающую среду.

Методика исследования. Аналитические методы изучения технических, экономических и экологических особенностей

позитивного и негативного воздействия ветрогенераторов на окружающую среду.

Изложение материала. Согласно статистическому обзору мировой энергетики, технологии возобновляемой энергии в 2013 году заменили примерно 279,3 млн. тонн нефти в год [3]. При этом общая установленная мощность ветроэнергетических станций составила 319907 МВт, солнечных установок 139637 МВт, био- и геотермальных установок 11709 МВт [3].

Выработка электроэнергии ведущими производителями в 2012–2013 гг. показана на рисунке 1 [4].

Указанные страны имеют четкую программу развития ветроэнергетики при государственной поддержке, инвестициях в производство и научных исследованиях, связанных с возобновляемыми источниками энергии, в частности, с ветроэнергетикой.

Среди лидирующих стран по использованию малых ветроустановок в конце 2010 года отмечались Китай, США, Великобритания, Канада, Германия, Испания и Польша (табл. 1) [5].

Поддержка отрасли на законодательном уровне предусматривает принятие законов,

регулирующих производство возобновляемой энергии. Кроме того, для компаний, выпускающих оборудование для такой отрасли, предоставляются различные льготы, в том числе по налогообложению.

В США суммарная мощность ветрогенераторов достигает 179 МВт, в Китае — 166 МВт, в Великобритании — 42,97 МВт, в Германии — 15 МВт, в Канаде — 12,60 МВт [5].

Около 300 компаний мира выпускают оборудование для малой ветроэнергетики. Большинство из них размещены в Китае, США, Германии, Канаде и Соединенном Королевстве.

Способы получения возобновляемой электроэнергии в 2013 году позволили сэкономить 279,3 млн. т. нефти, причём за счёт ветроэнергетики — 142,2 млн. тонн, солнечной энергетики — 28,2 млн. тонн, био- и геотермальной энергетики — 108,9 млн. тонн.

Масштабы распространения электроветрогенерирующих установок иллюстрирует рисунок 2 [5]. Следует отметить, что 1 МВт мощности такого оборудования создает до семнадцати рабочих мест.

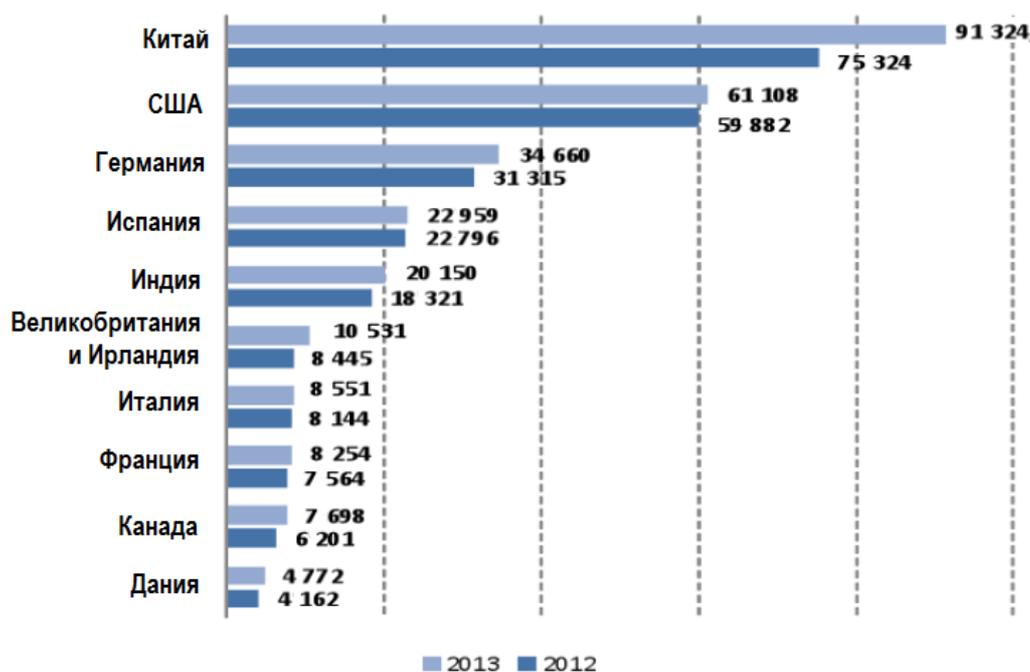


Рисунок 1 — Выработка электроэнергии (МВт) ведущими производителями

Таблица 1
Использование малых ветроустановок

Лидеры по малым ветроустановкам	Количество, шт.
Китай	450000
США	144000
Великобритания	21610
Канада	11000
Германия	10000
Испания	7020
Польша	7000

Ориентировочные данные по удельным показателям расхода электроэнергии на единицу продукции в различных отраслях промышленности приведены в таблице 2.

Однако представленная выше оптимистичная картина применения ветрогенерирующих установок не учитывает некоторых нюансов их длительного применения.

Лопастей ветрогенераторов, как правило, изготавливают из сложных композиционных материалов, которые практически не поддаются переработке [6]. По истечении срока службы их подвергают захоронению. А так как они имеют довольно значительные размеры и массу (длина до 50 м и мас-

са около 7 т), то полигоны их захоронения занимают большие территории (рис. 3).

Несложно представить, какой ущерб — только за один год (!) — был нанесён окружающей среде.

Несмотря на явные достоинства ветроэнергетики, развитие этого направления создаёт серьёзные проблемы [7–8]. В частности, расположение ветряных генераторов вблизи жилых застроек повышает уровень шума, что оказывает угнетающее воздействие на состояние человеческого организма. Это проявляется в бессонницах, головных болях, головокружениях, аритмиях, депрессиях, нарушениях нормального функционирования вестибулярного аппарата при воздействии шумов низкой частоты и т. д. А неравномерное отражение солнечного света от вращающихся лопастей негативно влияет на органы зрения, что приводит к отклонениям в работе мозга.

Кроме того, высокая цена «зелёного электричества» провоцирует некоторые организации и частные лица к различным видам мошенничества с целью получения большой прибыли за счёт манипуляций с госбюджетом.

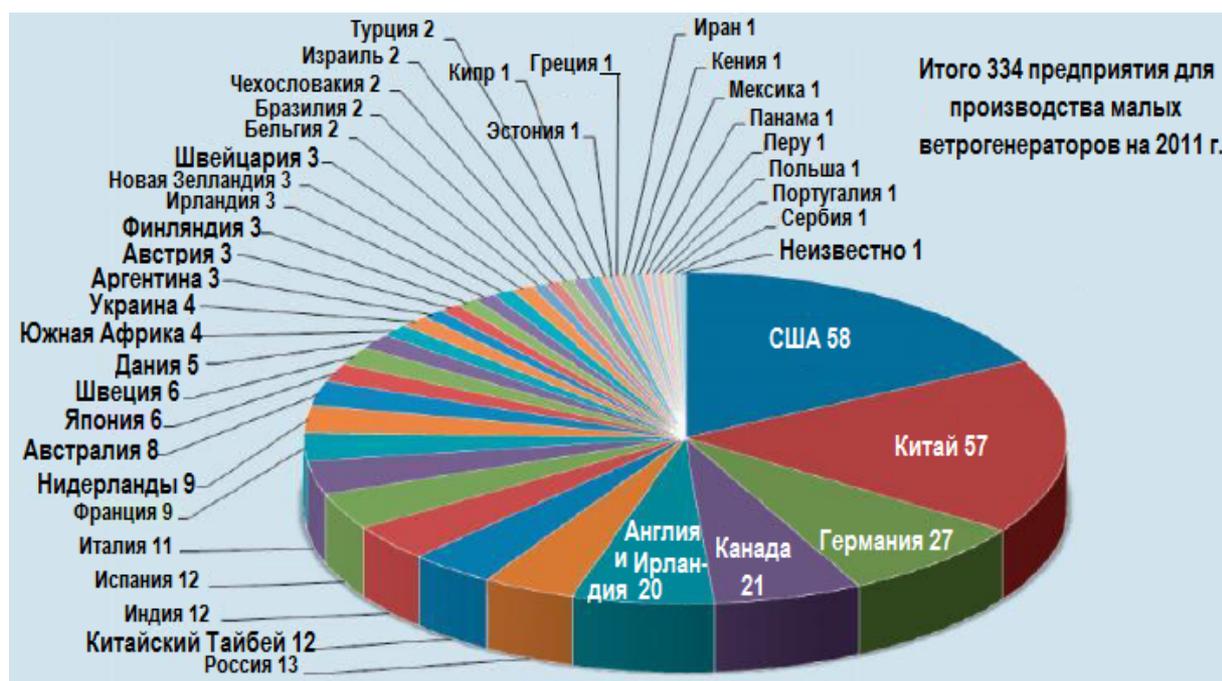


Рисунок 2 — Распространение ветроэлектрогенерирующих установок в мире

Таблица 2

Удельный расход электроэнергии на единицу продукции

Вид промышленности	Производство	Единица измерения продукции	Минимальный удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт ч	Максимальный удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт ч
Топливная промышленность	Добыча каменного угля закрытая	1 т угля	35	70
Топливная промышленность	Добыча каменного угля открытая	1 т угля	7	8
Топливная промышленность	Добыча бурого угля закрытая	1 т угля	10	15
Топливная промышленность	Обогащение угля	1 т угля	5	10
Топливная промышленность	Брикетирование угля	1 т брикетов	15	40
Топливная промышленность	Производство кокса	1 т кокса	8	10
Топливная промышленность	Добыча фрезерного торфа	1 т	1	5



Рисунок 3 — Неэкологическая технология захоронения лопастей

Например, в головной генерационный модуль устанавливаются дизельные или бензиновые электростанции, вырабатывающие ток посредством обычного генератора [9]. При этом сами лопасти для имитации работы отключаются от ветрогенератора и вращаются в режиме холостого хода.

Основные преимущества и недостатки получения электроэнергии с помощью ветра в промышленных масштабах приведены в таблице 3.

В последнее время появляются новые технические решения усовершенствования ветрогенераторов [10]. Так, американская компания Airloom Energy развивает трековые

установки (рис. 4), где отсутствуют вращающиеся части, а лопасти под действием ветра движутся по замкнутой траектории.

В таких устройствах электроэнергия вырабатывается двигающимися по направляющим лопастями, что увеличивает скорость их вращения. Это позволяет снизить материалозатраты и себестоимость устройства. Разработчик утверждает, что при наличии двадцати пяти столбов и десятиметровых лопастей затраты на изготовление составят 225 тыс. американских долларов при мощности генератора 2,5 МВт. Для обычного ветрогенератора с башней высотой 85 м и диаметром лопастей 100 м — цена на изготовление в 10 раз выше.

Таблица 3

Основные преимущества и недостатки ветрогенерации

	Экономические	Политические	Социальные
Преимущества	<p>Возобновляемый источник энергии</p> <p>Относительно недорогое обслуживание</p> <p>Рациональное использование свободных территорий</p>	<p>Повышение энергоне­зависимости</p>	<p>Отсутствие газообразных и твёрдых загрязняющих веществ</p> <p>Возможность компенсации пиковых нагрузок электроэнергии</p> <p>Автономный источник энергии</p>
Недостатки	<p>Неустойчивость ветряных потоков</p> <p>Вероятность выхода из строя при воздействии неблагоприятных метеоусловий (гроза, ураган, снегопад)</p> <p>Относительная дороговизна</p> <p>Необходимость организации дополнительных электрокоммуникаций</p> <p>Длительный срок окупаемости</p>	<p>Удорожание электроэнергии</p> <p>Вероятность провокации социальной напряжённости из-за возможной коррупционной составляющей</p> <p>Неработоспособность программы поддержки «зелёной энергии» в период дестабилизации общества (военные действия, революции и пр.)</p> <p>Зависимость от нормативно-правовой базы</p>	<p>Недовольство населения (шум, вибрация, инфразвук)</p> <p>Опасность для летательных аппаратов и обитателей воздушной среды</p> <p>Визуальная непрезентабельность</p> <p>Отчуждение земель</p> <p>Электро-, радио- и телевизионные помехи</p> <p>Загрязнение литосферы продуктами захоронения лопастей</p>

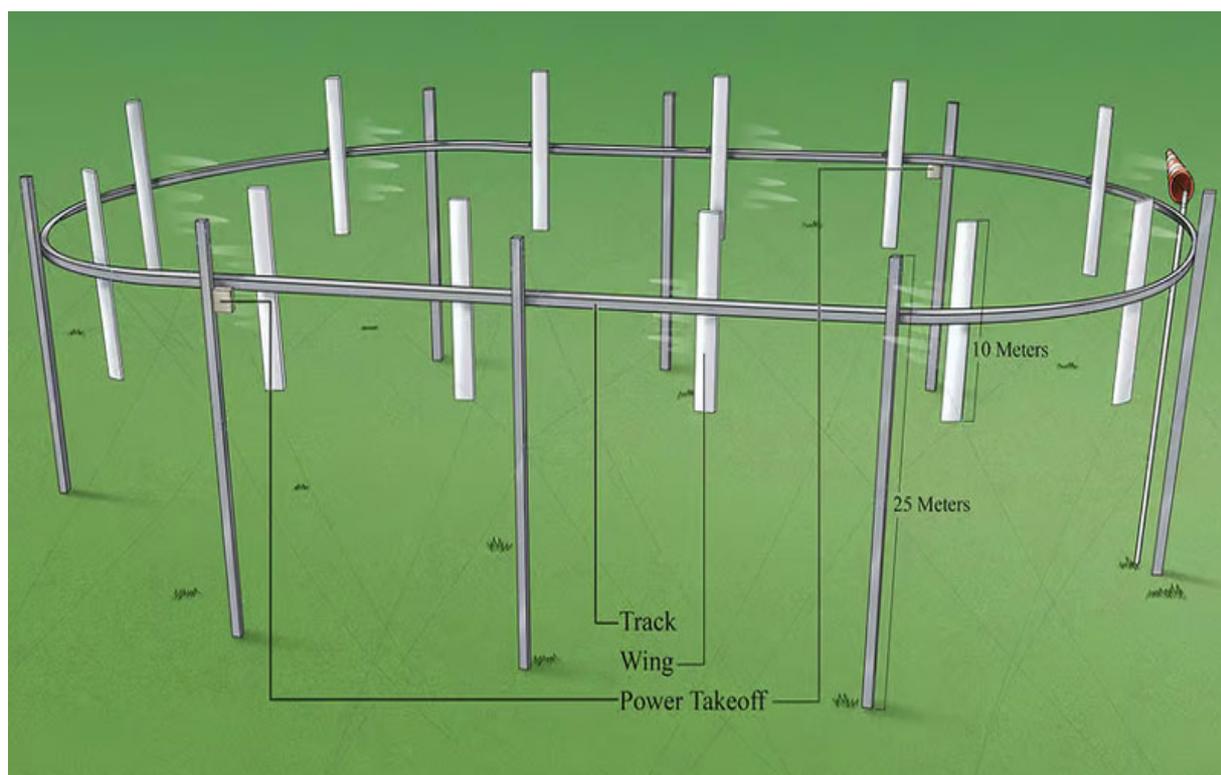


Рисунок 4 — Трековый ветрогенератор

Следует отметить, что при повышенных скоростях движения может увеличиться износ лопастей и других рабочих органов, что потребует их более частой замены и утилизации.

Выводы и направление дальнейших исследований. В настоящее время производство электроэнергии с помощью ветрогенераторов еще не может конкурировать с традиционными способами получения электроэнергии из-за относительно малых мощностей. Следовательно, требуется увеличение производства ветрогенераторов.

Однако экологичность и полезность современной ветроэнергетики должны способствовать удешевлению зелёной энергии и снижению цен на производство товаров и услуг с её использованием.

Слабыми местами ветроэнергетики всё ещё остаются проблемы больших размеров и переработки отслуживших свой срок лопастей.

Решение этих проблем может стать направлением дальнейших исследований в области ветроэнергетики с применением выходящих на пик природоподобных технологий.

Список источников

1. Кабанова М. А., Левченко Э. П. Мировые тенденции развития возобновляемых источников энергии ветра // *Материалы 4-й международной научно-практической конференции. Том 4. Перспективные направления развития экологии и химической технологии. Донецк, 2018. С. 92–96.*
2. *Statistical Review of World Energy June 2014 [Electronic resource] // BP : [website]. [2024]. URL: <http://www.bp.com/statisticalreview/> (date of treatment: 04.09.2024).*
3. Кабанова М. А., Левченко Э. П. Влияние развития ветроэнергетики на решение мировой проблемы глобального потепления климата // *Сборник научных работ студентов ДонГТУ. Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2018. Вып. 11. Ч. 1. С. 417–423.*

4. Design and Research of Dual axis solar tracking system in condition of town Almaty / Sh. Sadyrbayev, A. Bekbayev, S. Orynbayev, Zh. Kaliyev // Middle-East Journal of Scientific Research. 2013. Vol. 17 (12). P. 1747–1751.

5. Small Wind World Report Summary 2012 [Electronic resource] // World Wind Energy Association (WWEA) : [website]. [2024]. URL: http://small-wind.org/wp-content/uploads/2014/12/Summary_SWWR2015_online.pdf/ (date of treatment: 04.09.2024).

6. Гладунова О. Утилизация лопастей турбин: ахиллесова пята ветроэнергетики [Электронный ресурс] // Композитный мир : научно-популярный журнал : [сайт]. [2024]. URL: <https://compositeworld.ru/articles/market/id61a108718606de0019d9207f/> (дата обращения: 04.09.2024).

7. Ветроэнергетика: состояние, проблемы и перспективы развития / Д. С. Галич [и др.] // Инновации и инвестиции. 2022. № 4. С. 228–231.

8. Ганиев Р. Ветряные электростанции могут навредить здоровью. Чем они опасны? [Электронный ресурс] // Hi-News : [сайт]. [2024]. URL: <https://hi-news.ru/eto-interesno/vetryanye-elektrostantsii-mogut-navredit-zdorovyu-chem-oni-opasny.html> (дата обращения: 04.09.2024).

9. Внутри шотландских ветряков обнаружили дизель-генераторы [Электронный ресурс] // Национальная ассоциация нефтегазового сервиса : [сайт]. [2024]. URL: <https://nangs.org/news/renewables/wind/vnutri-shotlandskikh-vetryakov-obnaruzhili-dizel-generatory> (дата обращения: 04.09.2024).

10. Детинич Г. Билл Гейтс инвестировал в трековые ветрогенераторы, которые могут втрое снизить стоимость получения энергии [Электронный ресурс] // 3ДНьюс : электронное периодическое издание : [сайт]. [2024]. URL: <https://3dnews.ru/1095657/bill-geyts-investiroval-v-neobichniy-vetrogenerator-kotoriy-moget-vtroe-snizit-stoimost-polucheniya-energii/> (дата обращения: 04.09.2024).

© Левченко Э. П., Смирнова И. В.

© Павленко А. Т., Левченко М. Э.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. ЛГУ им. В. Даля Филатьевым М. В.,
к.э.н., зав. каф. ТОМП ДонГТУ Зинченко А. М.**

Статья поступила в редакцию 15.06.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Левченко Эдуард Петрович, канд. техн. наук, доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия,
e-mail: levchenckoeduard@yandex.ru

Смирнова Ирина Владимировна, канд. хим. наук, зав. комплексной многопрофильной научно-исследовательской лабораторией научного центра мониторинга окружающей среды
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Павленко Александр Тимофеевич, зам. директора института гражданской защиты
Луганский государственный университет им. В. Даля,
г. Луганск, Россия

Левченко Максим Эдуардович, студент 4-го курса института гражданской защиты
Луганский государственный университет им. В. Даля,
г. Луганск, Россия

***Levchenko E. P., Smirnova I. V.** (*Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: levchenckoeduard@yandex.ru*), **Pavlenko A. T., Levchenko M. E.** (*Vladimir Dahl Lugansk State University, Lugansk, Russia*)

WIND TURBINES. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

The work is devoted to the analysis of advantages and disadvantages of electricity production using wind. The main designs of wind generators and the prospects for their use in compliance with environmental requirements are considered.

Key words: *wind, wind generation, blades, composite materials, burial, environmental friendliness.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Levchenko Eduard Petrovich, Ph.D., Associate Professor of the Department of Ecology and Life Safety Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, e-mail: geoecolab@dstu.education

Smirnova Irina Vladimirovna, Ph.D., Associate Professor, Head of the Integrated Multidisciplinary Research Laboratory of the Scientific Center for Environmental Monitoring Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia

Pavlenko Aleksandr Timofeevich, Deputy Director of the Institute of Civil Defense Vladimir Dahl Lugansk State University, Lugansk, Russia

Levchenko Maxim Eduardovich, 4th year student of the Institute of Civil Defense Vladimir Dahl Lugansk State University, Lugansk, Russia