

## **Вопросы инновационного развития ветроэнергетики**

**Любарская М.А.**, доктор экономических наук, профессор кафедры государственного и территориального управления, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена рассмотрению тенденций рынка ветроэнергетики. Представлен обзор инновационных направлений развития ветроэнергетики. Выявлены основные критерии, которые необходимо учитывать при построении ВЭУ, а именно: максимизация выработки энергии, эффективный отбор энергии ветра, снижение потерь при преобразовании энергии.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, ветроэнергетика, инновации, эффективность.

## **Issues of innovative development of wind energy**

**Lyubarskaya M.A.**, doctor of Economics, Professor of the Department of state and territorial administration, St. Petersburg state University of Economics, St. Petersburg, Russia

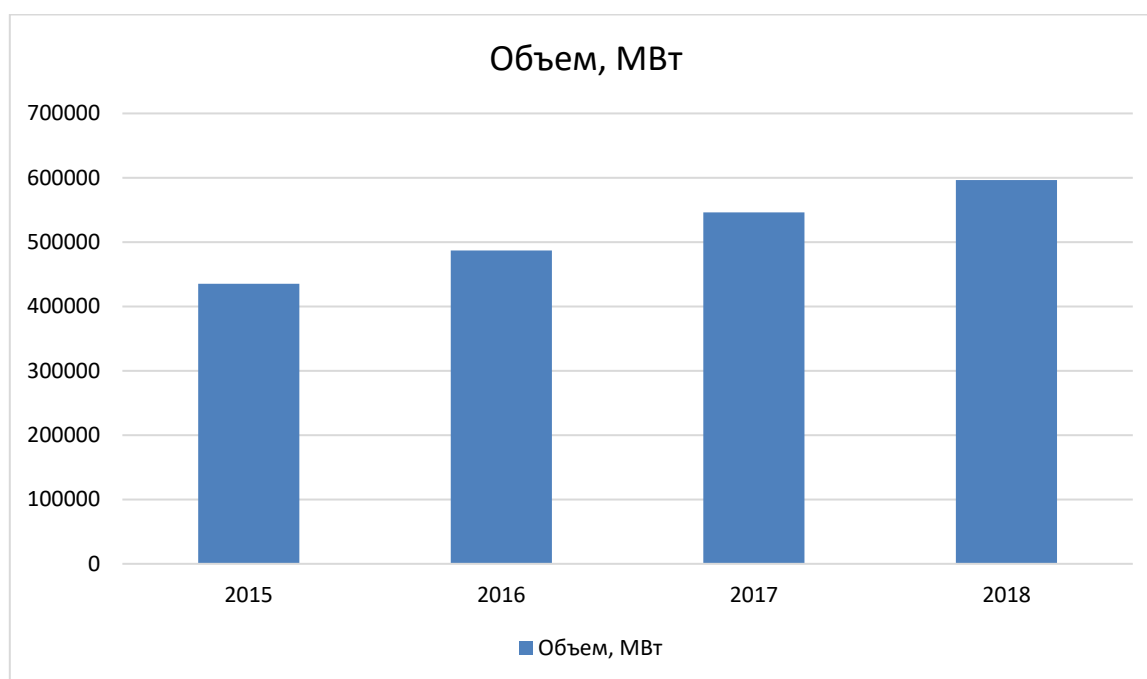
**Annotation.** The article is devoted to the consideration of wind energy market trends. The review of innovative directions of wind power development is presented. The main criteria that should be taken into account in the construction of wind turbines, namely: maximization of energy production, effective selection of wind energy, reduction of losses during energy conversion.

**Keywords:** electric power, wind power, innovations, efficiency.

Ветер веками использовался в качестве энергии, ярким примером служат ветряные мельницы, но наука не стоит на месте, в этой области появляется

множество инноваций, которые повышают эффективность работы ветряков и снижают себестоимость получаемой энергии. У ветроэнергетики достаточно много противников ее использования. Основные доводы, которые ими используются – это недостаточная эффективность, шум, непривлекательный вид. В условиях негативного имиджа широкое распространение ветряков затруднено, несмотря на возобновляемость и экологичность получаемой энергии. А это уже достаточные аргументы для той части населения, которая готова бороться с изменением климата.

В 2016 году общая установленная мощность<sup>1</sup> ветроэнергетики (рис.1.) увеличилась до 54,6 ГВт (по сравнению с более чем 60 ГВт в 2015 году), достигнув в общей сложности 486,8 ГВт на конец 2016 года. Выработка энергии ветра в 2016 году была оценена на 2015 год, согласно источникам. от 3% мирового производства электроэнергии, т.е. 841 ТВтч, до 4% мирового производства электроэнергии, т.е. 950 ТВтч. Представлено на диаграмме.

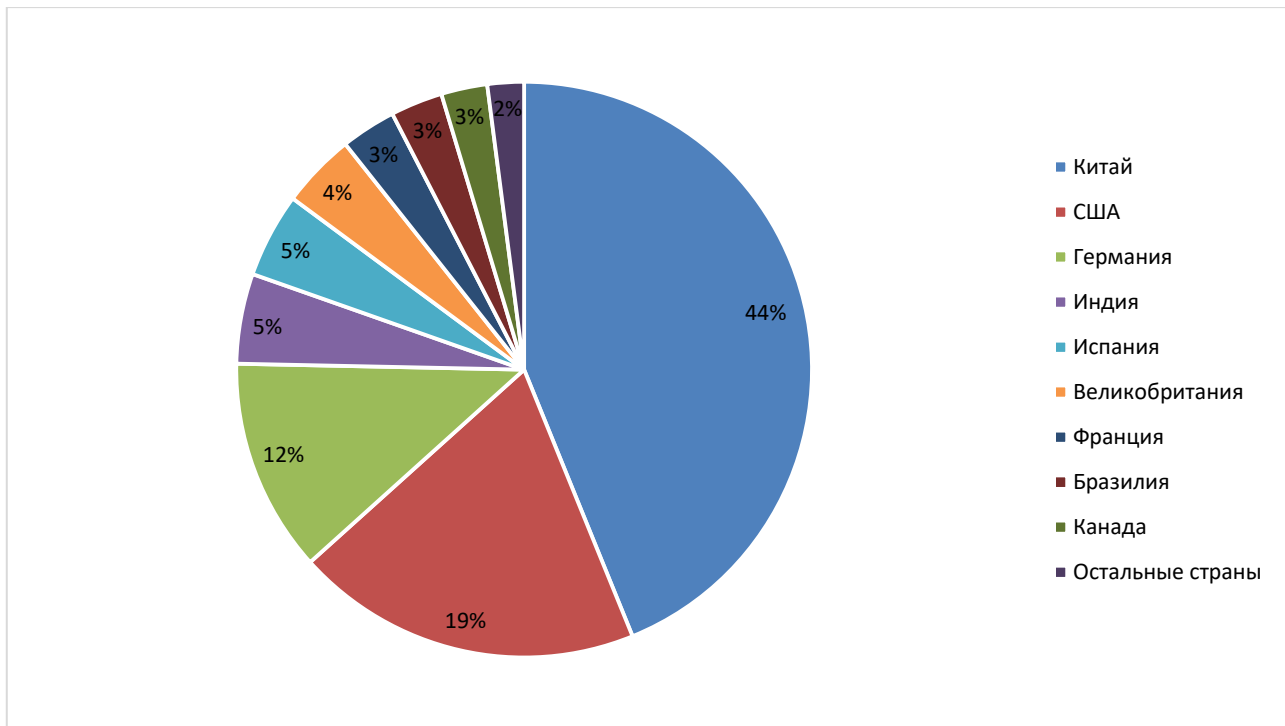


**Рис. 1 – Общая установленная мощность ветроэнергетики**

Лидером (рис. 2.) по установленной мощности ветроэнергетики является

<sup>1</sup> <https://wwindea.org/blog/2017/06/02/wwea-released-latest-global-small-wind-statistics/>

Китай (44 % генерируемой мощности), второе место занимает США (19 %), а третье – Германия (12 %).



**Рис. 2 – Суммарная установленная мощность ветровых электростанций в странах мира, в % от общей установленной мощности в мире**

Рост объемов вырабатываемой мощности говорит о заинтересованности рынка в данной технологии. В 2011 году оборот мировой ветроэнергетики составил 50 миллиардов евро.

За последние 10 лет ежегодный прирост составляет почти 30% ежегодно, ветроэнергетика создала сотни тысяч рабочих мест. в 2009 году в Европе было более 192 000 рабочих мест: 40 000 прямых рабочих мест в Германии, 24 000 в Дании, 20000 в Испании и т. д.

Эта динамика не изменяется: дефицит и растущие цены на ископаемое топливо, возникающие климатические изменения привели к тому, что различные страны увеличили число проектов ветряных электростанций. Согласно докладу Всемирного совета по ветроэнергетике за 2011 год, по состоянию на конец 2010 года в мире работало около 240 ГВт.<sup>2</sup> К

<sup>2</sup> Annual installed global capacity 1996—2011 // URL: [https://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/7Glob\\_ann\\_inst\\_wind\\_cap\\_1996-2011.jpg](https://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/7Glob_ann_inst_wind_cap_1996-2011.jpg)

началу 2019 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов превысила 600 гигаватт.

Ветроэнергетика в настоящее время используется в качестве источника энергии в более чем 50 странах мира. По данным Siemens, в 2030 году Азиатско-Тихоокеанский регион будет оснащен 47% установленной в мире мощности ветра, по сравнению с 34% сегодня.

Классификация электрических ветроэнергетических установок (электрических ВЭУ) по конструкции ветродвигателя предполагает деление ВЭУ на горизонтально-осевые и вертикально-осевые. В горизонтально-осевых ВЭУ ось ветроколеса (ВК) расположена параллельно или почти параллельно вектору скорости ветра, в вертикально-осевых ВЭУ ось вращения расположена перпендикулярно вектору скорости ветра. [ГОСТ Р 51237-98].

Горизонтально-осевые ВЭУ обладают следующими преимуществами: относительно высокая частота вращения при малом числе лопастей (как правило, от 1 до 3), высокий коэффициент использования энергии ветра (КИЭВ), наличие пускового момента. Недостатки: необходимость применения активных или пассивных систем ориентации ВК на ветер при расположении ВК перед башней, расположение большей части оборудования (редуктор, генератор, система ориентации на ветер, система регулирования угла атаки лопастей) в гондоле на мачте на значительной высоте, что затрудняет его монтаж и обслуживание.

Достоинства вертикально-осевых ВЭУ – это отсутствие необходимости ориентации на ветер, расположение генератора и редуктора внизу на небольшой высоте. Недостатки: малая частота вращения, меньший КИЭВ, отсутствие у ряда конструкций вертикально-осевых ВК собственного пускового момента.

Исходя из недостатков ветрогенераторов на рынке, исследователи работают над новыми решениями, которые смогут нивелировать уровень шума от турбин.

Например, исследователи университетов Кембриджа и Вирджинии

скопировали бесшумное движение совы, чтобы сделать ветряные турбины менее шумными (на 10-30 децибел).<sup>3</sup>

Другим направлением при решении задачи нивелирования шума является разработка ветряных турбин без лопастей. Подобная технология, разработанная испанским стартапом, основана на вибрациях, а именно: когда ветер встречает препятствие, например, турбину без лопасти, начинаются вибрации, которые трансформируют в энергию<sup>4</sup>.

Важным направлением для инноваций в области ВЭУ является обеспечение надежности функционирования автономной архитектурно-тектонической ветроэлектростанции в условиях неопределённости ветровой нагрузки и отдаваемой потребителю мощности генерируемой электроэнергии.

Современные системы управления ветрогенератором позволяют защищать ветрогенератор от ветров со сверхнормативными скоростями с помощью специальных тормозов вала ветрогенератора, перевода лопастей в положение с минимальным аэродинамическим сопротивлением, разворота ротора ветрогенератора в положение с минимальным аэродинамическим сопротивлением лопастей, применения защитных экранов, а также посредством увеличения нагрузки ветрогенератора. При этом избыточная генерируемая электроэнергия аккумулируется или преобразуется в иной вид энергии.

Другим направлением на рынке ВЭУ является снижение расчетной скорости ветроустановок. Производители ВЭУ снижают расчетную скорость ветроустановок в целях расширения рынков<sup>5</sup>. Так, например, ООО «ВДМ-техника»<sup>6</sup> занимается разработкой инновационных технических решений для ВЭУ, позволяющих обеспечить эффективный отбор мощности и преобразование энергии низкопотенциального ветрового потока в электрическую энергию. Направления их разработок:

1. Синхронный электрический генератор со статором беспазовой

---

<sup>3</sup> <https://hitech.newsru.com/article/22jun2015/owls>

<sup>4</sup> <https://teknoblog.ru/2015/05/31/39858>

<sup>5</sup> <http://sk.ru/foundation/energy/b/eenews/archive/2017/08/16/energiya-iz-vozduha.aspx>

<sup>6</sup> <http://vdmtech.ru>

конструкции, позволяющий снизить момент трогания примерно в 10 раз.

2. Электронный энергетический преобразователь (ЭЭП), позволяющий регулировать момент на валу и повысить КПД ЭМГ в расширенном диапазоне скоростей вращения.

3. Ветроколесо, адаптированное к низкопотенциальному ветровому потоку.

Для повышения эффективности применения ветроэлектрических станций (ВЭС) необходим системный учёт ряда факторов.

1. Территориальный. Место расположения ВЭС выбирается исходя из рельефа местности, максимальной скорости и повторяемости скоростей ветра.

2. Технический. При проектировании ВЭС важен правильный выбор таких параметров единичной ВЭУ, как номинальная мощность, номинальная частота вращения, высота мачты, а также количество ВЭУ и их взаимное расположение.

3. Эксплуатационный. Конструкция всех элементов ВЭУ должна быть достаточно надежной, чтобы обеспечить длительную безотказную работу без участия человека с минимальным количеством профилактических осмотров и текущих ремонтов.

Таким образом, ветроэнергетика является одной из перспективных отраслей ВИЭ.

Представлен обзор инновационных направлений развития ветроэнергетики позволил выявить направления развития инноваций в области ветроэнергетики. Выявлены основные критерии, которые необходимо учитывать при построении ВЭУ, а именно: максимизация выработки энергии, эффективный отбор энергии ветра, снижение потерь при преобразовании энергии.

### **Библиографический список**

1. Концепция использования ветровой энергии в России. Комитет Российского Союза научных и инженерных общественных организаций по

проблемам использования возобновляемых источников энергии. / под ред. П.П. Безруких – М.: Книга-Пента, 2005. – 45 с.

2. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 144с.

3. Марк С. Никола Тесла. –М.: Яуза, ЭКСМО, 2007. – 250 с.

4. Маркус Т.А., Моррис Э.Н. Здания, климат, энергия. Пер. с англ. под ред. Н. В. Кобышевой, Е.Г. Малявиной. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 544 с.

5. ГОСТ Р 51990–2002. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Классификация. № 515 СТ от 25.12.2002.

6. ГОСТ Р 51991–2002. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Общие технические требования. № 516 СТ от 25.12.2002.

7. Безруких, П.П. Экономика и возможные масштабы развития возобновляемых источников энергии / П. П. Безруких. – М.: Изд-во института народно-хозяйственного прогнозирования РАН, 2002. – 74 с.

8. Коваль, Н.Б. Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 г. / Н.Б. Коваль / пер. с англ. – М.: Энергия, 1980. – 255 с.

9. Родионов, Д.Г. Оценка эффективности деятельности инновационного предприятия / Афанасьева Н.В., Родионов Д.Г. // Российский экономический интернет-журнал. 2018. № 4. С. 8.

10. «Цифровой» подход к определению стратегии инновационного производства на предприятии // Демиденко Д.С., Родионов Д.Г., Малевская-Малевич Е.Д. // Фундаментальные исследования. 2018. № 9. С. 53-57.

11. Performance management of innovation program at an industrial enterprise: an optimisation model / Nikolova L.V., Rodionov D.G., Malinin A.M., Velikova M.D. // В сборнике: Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 – Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth 2017. С. 1033-1040.

## References

1. The concept of using wind energy in Russia. Committee of the Russian Union of scientific and engineering public organizations on the use of renewable energy sources. / edited by P.P. Bezrukikh-M.: Book-Penta, 2005. – 45 p.
2. Kashkarov A.P. wind Turbines, solar panels and other useful structures. – Moscow: DMK Press, 2010. – 144c.
3. Mark S. Nikola Tesla. – Moscow: Yauza, EKSMO, 2007. – 250 PP.
4. Marcus T.A., Morris E.N. Buildings, climate, energy. Per. from English. edited by N.V. Kobysheva, E.G. Malyavina. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985. – 544 p.
5. GOST R 51990-2002. Unconventional energy. Wind energy. Classification. No. 515 ST from 25.12.2002.
6. GOST R 51991-2002. Unconventional energy. Wind energy. Wind power installations. General technical requirements. No. 516 ST of 25.12.2002.
7. Economy And possible scales of development of renewable energy sources / P.P. Bezrukikh. – M.: Publishing house of the Institute of national economic forecasting RAS, 2002. – 74 p.
8. Koval, N.B. World energy: the forecast of development until 2020. – Moscow: Energia, 1980. – 255 p.
9. Rodionov, D.G. Evaluation of the efficiency of the innovative enterprise / Afanasyeva N.V., Rodionov D.G. // Russian economic Internet journal. 2018. № 4. C. 8.
10. «Digital» approach to determining the strategy of innovative production at the enterprise // Demidenko D.S., Rodionov D.G., Malevskaya-Malevich E.D. // Fundamental research. 2018. № 9. Pp. 53-57.
11. Performance management of innovation program at an industrial enterprise: an optimization model / Nikolova L.V., Rodionov D.G., Malinin a.m., Velikova M.D. // Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017-Vision 2020: Sustainable Economic



development, Innovation Management, and Global Growth 2017. Pp. 1033-1040.