**УДК 620.9**

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ**

**В РОССИИ**

**© А.М. Эйзлер[[1]](#footnote-1),** **К.Н. Чиган[[2]](#footnote-2), Е.А. Лещенко[[3]](#footnote-3)**

Иркутский национальный исследовательский технический университет,

Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

***Аннотация.*** Проведен анализ технико-экономических показателей ветроэнергетики в России с точки зрения конкурентоспособности с традиционными видами выработки энергии. Современные методы планирования режимов энергосистем позволяют без проблем интегрировать до 20% электроэнергии, получаемой от ветроэлектростанций. Сегодня в стране идет процесс подготовки законодательной базы по возобновляемым источникам энергии, разрабатываются свои образцы ветряков, адаптируются импортные. Планируется, что в период до 2020 г. доля полученной электроэнергии от ветряков составит 4–5% от общей.

*Ключевые слова: ветроэнергетика; магнитоэлектрический генератор; технико-экономические показатели; законодательная база.*

**TECHNO-ECONOMIC INDICATORS OF WIND ENERGY IN RUSSIA**

**A.Eizler, K.Chigan, E.Leshchenko**

Irkutsk National Research Technical University,

83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation.

**Abstract.** The analysis of technical and economic indicators of wind power engineering in Russia from the point of view of competitiveness with traditional types of energy production is carried out. Modern methods of planning of the modes of power supply systems allow to integrate up to 20% of the electric power received from wind farms without problems. Today in the country there is a process of preparation of the legislative base on renewables, the samples of wind-driven generators are developed, import adapt. During the period till 2020 the share of the received electric power from wind-driven generators is planned at the level of 4–5% of the general.

*Keywords: wind powe; magneto-electric generator; technical and economic indicators; legislative base*

С незапамятных времен берет начало ветроэнергетика. Исторические факты доказывают, что уже более 6000 лет энергия ветра является верным и надежным спутником для человечества.

Что же такое Ветроэнергетика? Это отрасль энергетики, специализирующаяся на превращении в атмосфере кинетической энергии воздушных масс в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии при помощи ветрогенераторов, парусов, ветряных мельниц и др. Энергию ветра относят к возобновляемым видам энергии, так как она является следствием активности Солнца.

Разности температур в атмосфере, образующиеся в результате действия солнечного излучения, являются причиной возникновения ветра. Они способствуют возникновению различных давлений. В процессе рассеяния энергии, накопившейся вследствие наличия этих различных давлений, возникает ветер.

Ветроэнергетика – одна из самых динамично развивающихся отраслей энергетики.

По статистике, в 2016 году доля ветроэнергетики в общемировом производстве электроэнергии достигла 2,2%, а в России – около 0,01%.

К началу 2016 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 432 гигаватта и превзошла суммарную установленную мощность атомной энергетики. На практике же не все так оптимистично. В среднем за год мощность ветрогенераторов намного ниже установленной мощности, главной причиной чего является зависимость от погодных условий и невозможность прогнозирования графика выработки энергии в связи с этим.

Ветер настолько непредсказуем, что не имеет цены и характеризуется такими недостатками, как рассеянность в пространстве и непредвиденность по направлению. Поэтому, прежде чем строить ветропарки, необходимо первоначально оптимизировать их размещение и провести тщательный анализ потоков. Но даже качественно выполненный проект не устранит проблему дефицита энергии при безветрии и ее избытка в ветреную погоду. Да и металлические конструкции ветроэнергостанций (ВЭС) не могут дать стопроцентного результата без помех.

Британскими медиками было установлено, что состояние здоровья людей, живущих недалеко от ветротустановок, намного ухудшается. Жители этих мест часто страдают головными болями, депрессиями и бессонницей.

Атомная энергетика почти всегда работает в режиме установленной мощности, но все-таки есть несколько пунктов, по которым ветроэнергетика превосходит ее.

Во-первых, это влияние на природную окружающую среду. Ветроэнергетика снижает воздействие антропогенных факторов на естественные экосистемы и улучшает экологию страны, в то время как последствиями тяжелых аварий на АЭС, для исключения и устранения которых затрачиваются огромные средства, наносится колоссальный вред экологии: тепловой взрыв, выброс радиационного облака в атмосферу и т.д. Но это не все. Утилизация отходов атомной энергетики при помощи специальной химической обработки – еще одна немаловажная проблема, влияющая на окружающую среду и не обходящаяся без последствий. По оценкам Global Wind Energy Council, к 2050 году мировая ветроэнергетика позволит сократить ежегодные выбросы СО2 на 1,5 миллиарда тонн [4].

Во-вторых, низкие затраты на ВЭС, благодаря использованию самовозобновляемого и неисчерпаемого источника энергии, плюс экономия на топливе и на процессе его добычи и транспортировки. Ветряные генераторы в процессе эксплуатации не потребляют ископаемого топлива. Работа ветрогенератора мощностью 1 МВт за 20 лет позволяет сэкономить примерно 29 тыс. тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти.

Следует учесть, что срок службы АЭС ограничен: в среднем 80 лет; после чего энергоблоки выводятся из эксплуатации, и это требует значительных интеллектуальных, материальных затрат, тщательного планирования и инновационных инженерных решений.

Тем самым АЭС уступает ВЭС как в экологическом, так и в экономическом плане.

Энергетика в РФ развивается бурными темпами, особенно высокий потенциал имеет формирование такой отрасли, как энергия ветра. Исходя из Атласа ветров РФ, можно сделать вывод, что ветровая энергия может быть распространена почти по всей территории страны.

Экономический потенциал возобновляемой энергии в России приблизительно составляет около 30% от объема потребления топливно-энергетических ресурсов, что является благоприятным условием для решения энергетических проблем. Отметим, что, например, Курганская область относится к наиболее благоприятным зонам развития ветроэнергетики.

В России на данный момент идет процесс подготовки законодательной базы по возобновляемым источникам энергии, разрабатываются свои образцы ветряков, адаптируются импортные. В период до 2020 года доля полученной электроэнергии от ветряков намечена на уровне 4–5% от общей.

Самыми перспективными местами для производства энергии из ветра считаются прибрежные зоны. В море, на расстоянии 10–12 км от берега (а иногда и дальше), строятся оффшорные фермы. Башни ветрогенераторов устанавливают на фундаменты из свай, забитых на глубину до 30 метров. Могут использоваться и другие типы подводных фундаментов, а также плавающие основания [2].

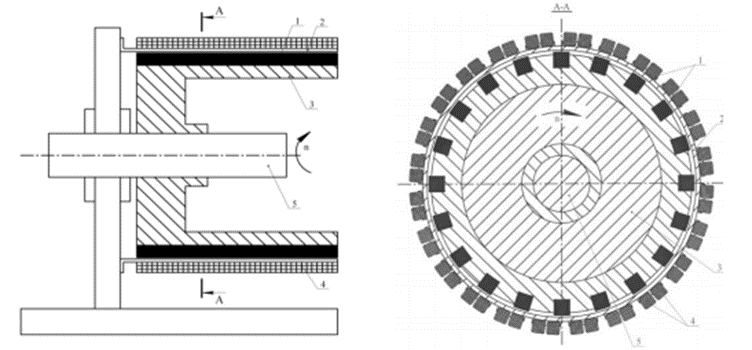
Без помощи резервных мощностей традиционной генерации (ГЭС, ГАЭС, ТЭС) эксплуатация ВЭС не обойдется, а это приведет к необходимости дополнительных затрат. Одним из путей устранения недостатков ветрогенерации и более эффективного получения электроэнергии, по мнению специалистов, является целесообразное комбинирование в одной связке ветрогенератора и солнечных батарей. Подобные гибридные системы обеспечивают более высокую производительность выработки электроэнергии и обладают более стабильными параметрами в отличие от систем, генерирующих электроэнергию от одного альтернативного источника. Популярными в наше время являются ветросолнечные гибридные системы, состоящие из ветрогенератора и фотоэлектрических модулей [3].

В РФ разрабатывается законодательная база по ВИЭ (возобновляемым источникам энергии), усовершенствуются и разрабатываются совершенно новые, собственные образцы ветряных станций, адаптируются импортные. Планируется, что доля вырабатываемой электроэнергии от таких типов станций составит 5% от общей доли.

Прибрежная зона является одной из наиболее перспективных мест для производства электроэнергии. Возле них, примерно на расстоянии 10-12 км от берега, располагаются офшорные фермы. Используются различные типы фундаментов, расположенных под водой, например, на сваях, которые забиты на глубину, доходящую до 30 метров, ставят башни ветрогенераторов, которые впоследствии вырабатывают энергию. Также могут использоваться плавающие основания.

Эксплуатация ветряных энергосистем не сможет обойтись без привлечения дополнительной мощности традиционной генерации (теплоэлектростанции, ГАЭС, ГЭС), что потребует определенных расходов, дополнительных затрат. Решением вопроса по более эффективному получению электроэнергии является совмещение ветрогенератора с солнечными батареями (на сегодняшний день широко используемыми являются гибридные системы из ветрогенератора и фотоэлектрических модулей. Плюсы данной системы, по сравнению с выработкой энергии только одним альтернативным источником, заключаются в следующем: более стабильные параметры, высокая производительность выработки электроэнергии.

В НТЦ Курганского института разработали тихоходный магнитоэлектрический генератор (МГИ-1), его конструкция приведена на рисунке. Данная безредукторная установка спроектирована для повышения энергетической работы ВЭУ, является низкозатратной, у нее более высокой уровень качества, а также повышенный КПД. Использование такой магнитоэлектрической системы позволяет создавать генераторы с рабочими частотами вращения от десятков до сотен об./мин. Также одним из достоинств МГИ-1 является то, что в магнитоэлектрических генераторах не используется щеточно-коллекторный узел, что ведет к значительному повышению таких характеристик генератора, как надежность и долговечность работы. Немаловажным достоинством является и безобмоточная конструкция ротора, которая более проста в изготовлении, обладает повышенной надежностью [1].



***Электрический генератор на постоянных магнитах***

Магнитоэлектрические генераторы приведенных выше конструкций могут работать в составе ветроэнергетической установки при рабочей скорости ветра от 6 м/с и включении в работу при скорости ветра от одного метра в секунду. Главная функция таких генераторов – подача электричества маленьким по своим размерам железнодорожным станциям (полустанкам), а также крайне удаленным от ВЭС крестьянско-фермерским хозяйствам.

К сожалению, на сегодняшний день энергия ветра – это не самое доступное и, как казалось бы на первый взгляд, «бесплатное» удовольствие. Атомные, газовые электростанции вырабатывают большее количество электроэнергии (к примеру, в год АЭС мира в сумме производят около 2477 Твт\*ч, ТЭС – 628 млрд кВТ\*ч, ГЭС – 186,7 млрд кВт\*ч). Из расчета на один мегаватт стоимость ветряной установки выходит в полтора раза дороже, чем постройка газовой установки.

Для снижения себестоимости электроэнергии, производимой ветровыми установками, необходимо расширение мирового рынка. За 25 лет единичная мощность серийных ВЭУ возросла с 30 до 5000 кВт (в 180 раз), диаметр ветроколеса увеличился с 15 до 115 м (в 8 раз), годовое производство энергии одним агрегатом повысилось в 500 раз; более того, произошло значительное увеличение высоты опорной башни ВЭУ, повышение коэффициента использования энергии ветра, а также усовершенствование методов ветромониторинга. При этом 1 кВт×ч производимой ВЭУ энергии подешевел, как минимум, в 2 раза. В настоящее время себестоимость производимой ВЭУ электроэнергии составляет: 7–10 евроцентов/кВт×ч для ветропарков со скоростью ветра ниже средних значений; 5–6,5 евроцентов/кВт×ч – для ветропарков с сильными и постоянными ветрами (в прибрежных зонах); 7 евроцентов/кВт×ч – для ветропарков со средней скоростью ветра. Себестоимость производимой оффшорной ВЭУ электроэнергии составляет 6–8 евроцентов/кВт×ч, причем, эти цифры варьируются в зависимости от расположения площадки ВЭС: глубины моря (в большинстве случаев ВЭУ устанавливаются на отмелях, где глубина составляет не более 20 м); удаленности от берега (обычно не далее 20 км от берега); стоимости заемного/акционерного капитала.

В периоды увеличения цен на газ и другие виды топлива повышается конкурентоспособность ветровой энергетики, также, при удачном расположении ВЭС, может наблюдаться конкуренция с ТЭС на газе и угле. Если бы считались скрытые издержки, связанные с негативным воздействием на внешнюю среду и здоровье людей при работе ТЭС, ядерной энергетики и т.д., выработка электроэнергии ветряками, которая не наносит никакого вреда окружающей среде, оказалась бы еще дешевле; плюс к тому ветровая энергетика дает новые рабочие места, тем самым создавая экономический эффект (на 1 МВт создается 15,1 рабочих мест, на каждый новый мегаватт в эксплуатации устанавливается – 0,4 рабочих места (по данным EWEA). А всего в настоящее время в энергетическом секторе занято около 500 000 человек [5].

Итак, можно заключить, что ВЭС вполне способны конкурировать с другими источниками энергии. Сложно придумать более доступный и неисчерпаемый источник энергии, которым грех не воспользоваться. Для нашей страны ветроэнергетика весьма актуальна по той простой причине, что существует огромное количество сел и деревень без централизованного электроснабжения. Однако важно понимать, что сама по себе ветроустановка не решает проблемы электроснабжения в целом. Благодаря новым технологиям ВЭС может позволить себе выработать б*о*льшее количество энергии. Современные методы планирования режимов энергосистем позволяют без проблем интегрировать до 20% электроэнергии, получаемой от ветроэлектростанций.

Решающим фактором, который определит значимость вклада ветровой энергии в удовлетворение потребностей человечества в энергии, является возможность создания соответствующей технологии. Он связан в основном с национальной энергетической политикой, затратами и приемлемостью таких установок для населения. В России, на наш взгляд, для развития ветроэнергетики необходимо: обеспечить поддержку возобновляемой энергетике; устранить барьеры при доступе ее на рынок; снизить субсидии технологиям на ископаемом и ядерном топливе; произвести учет в стоимости электроэнергии социальных и экологических издержек.

***Библиографический список***

1. Копылов И.П., Клоков Б.К., Морозкин В.П., Токарев Б.Ф. Проектирование электрических машин. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2005. 767 с.
2. Панова Ю.А., Конюхов В.Ю. Экономические параметры ветросолнечной установки Aerogreen // Молодежный вестник ИрГТУ. 2017. № 2 (26). С. 18.
3. Стефановская О.М., Федчишин В.В., Конюхов В.Ю. Экономика ветроэнергетики: основные аспекты // В сборнике «Информатизация и виртуализация экономической и социальной жизни»: Материалы II Межвузовской студенческой научно-практической конференции с международным участием. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2017. С. 69–71.
4. Global Wind Report. GWEC, 2009.
5. The Economics of Wind Energy. European Wind Energy Association (EWEA), March 2009.

1. Эйзлер Алла Михайловна, старший преподаватель кафедры теплоэнергетики, e-mail: [ejrler@mail.ru](mailto:ejrler@mail.ru)

   Alla M. Eizler, Senior Lecturer of the Department of Heat Power Engineering, e-mail: [ejrler@mail.ru](mailto:ejrler@mail.ru) [↑](#footnote-ref-1)
2. Чиган Кристина Николаевна, студентка Института экономики, управления и права, e-mail: chigan\_kristina@mail.ru

   Kristina N. Chigan, a student of Economics, Management and Law Institute, e-mail: chigan\_kristina@mail.ru [↑](#footnote-ref-2)
3. Лещенко Елена Алексеевна, студентка Института экономики, управления и права, e-mail: elenaleshchenko18@mail.ru

   Elena A. Leshchenko, a student of Economics, Management and Law Institute, e-mail: elenaleshchenko18@mail.ru [↑](#footnote-ref-3)