

тивная работа ветрогенераторов зимой и менее — в летние жаркие месяцы. С увеличением скорости ветра возрастает и количество электроэнергии, выработанной ветроустановкой.

Таблица 6. Сроки окупаемости мероприятия

Среднегодовая выработка электроэнергии (табл. 4)	68,43 МВтч
Средняя стоимость электроэнергии для предприятий за 1 кВтч	1500 бел. руб.
Годовая прибыль	102 645 000 бел. руб.
Всего капитальные и эксплуатационные затраты (табл. 5)	777 949 920 бел. руб.
Время возврата инвестиций	90 месяцев

Результаты расчетов для данной территории, где средняя скорость ветра превышает 4 м/с, показали, что установка ветряка для ежедневной выработки электроэнергии до 200 кВтч будет дешевле, чем использование дизельного генератора, расширение энергосети или установка фотоэлектрических систем.

Как видно из расчетов, срок окупаемости внедрения ветроустановки составляет 7,5 лет (табл. 6), но при мировых ценах на электроэнергию эта цифра была бы гораздо меньше.

Данное мероприятие позволит сократить годовые выбросы вредных веществ: CO₂ на 47,9 тонн, SO₂ на 0,38 тонн, NO_x на 0,29 тонн, пыли на 3,4 тонн, что положительно влияет на окружающую среду. А также уменьшить годовое потребление покупных ископаемых видов топлива: каменного угля на 30,7 тонн или природного газа на 20400 м³, или нефти на 16,5 тонн.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- http://www.ggf-dnu.org.ua/publ/sbornik_konferencii_2007/ocenka_potenciala_razvitiya_vetroehnergetiki_v_respublike_bielarus/10-1-0-337.
- Климат Беларуси. – Минск, 1996.
- <http://ecologiya.myblog.by/2008/12/17/vetroenergeticheskie-resursy-belarusi/>.
- Tomasz Boczar Energetyka wiatrowa. – Warszawa, 2008.
- <http://maps.google.com>
- http://energetyka.wnp.pl/koszt-budowy-instalacji-wiatrowych-w-polsce-5-7-mln-zl-za-1-mw,126342_1_0_0.html.

Материал поступил в редакцию 26.03.13

VIKTOROVICH N.V. Research of efficiency of use of wind power in the territory of the Brest region of republic of Belarus

In the article research the possibility of installing small wind turbines, made tentative calculation efficiency of wind power. The energy potential of wind of the Brest region Republic of Belarus is studied. To evaluate the effectiveness used the following indicators: average wind speed at the wind turbine hub and the average annual nominal capacity utilization, for which made definition modeling of speed of a wind with use of distribution Weibull.

УДК 621.548

Михалычева Э.А., Трифонов А.Г.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Введение. Ветер является одним из наиболее привлекательных источников «экологически чистой» энергии. Ветрогенераторы в процессе эксплуатации не потребляют ископаемого топлива, работа ветроэнергетической установки (ВЭУ) мощностью 1 МВт за 20 лет позволяет сэкономить примерно 29 тыс. тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти. Ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу – 1800 тонн CO₂, 9 тонн SO₂, 4 тонн оксидов азота. По оценкам Global Wind Energy Council, к 2050 году мировая ветроэнергетика позволит сократить ежегодные выбросы CO₂ на 1,5 миллиарда тонн. Однако, как и любой другой вид производства энергии, использование ветроэнергетических установок влечет за собой возникновение экологических проблем. При оценке экологической безопасности установок, использующих возобновляемые источники энергии, необходимо рассматривать не только собственно выработку энергии, но и учитывать процесс изготовления оборудования. Так, показатель затрат металла на единицу мощности ветроустановки составляет примерно 50–70 кг/кВт, химическое производство стеклопластика для изготовления лопастей ротора также наносит экологический ущерб окружающей среде.

Однако существуют факторы непосредственного воздействия работающих ВЭУ и ветроэлектростанций (ВЭС) на окружающую среду и человека: отчуждение земель; акустическое воздействие; экранирующее воздействие, возможность климатических изменений; помехи для теле- и радиопередач, средств связи; влияние на ихтио- и орнитофауну; ландшафтная несовместимость, визуальное неприятие; последствия аварий.

Экологические аспекты строительства и эксплуатации ветроэнергетических станций

Отчуждение земель

Исследования показывают, что при обеспечении надежности работы ветроагрегата не менее 0,95 безвозвратные потери земель оцениваются в пределах 20 % общей площади, занимаемой сооружениями ВЭС. Для уменьшения количества отчуждаемой земли. При строительстве ветростанции необходимо оптимизировать располо-

жение самой ВЭС и ее инфраструктуры на отведенных площадях.

Акустическое (шумовое) воздействие

Наиболее важный фактор влияния ВЭС на окружающую среду – это акустическое воздействие. Сила звука (шум) в непосредственной близости от ВЭС небольшой мощности составляет 50-80 дБ (пороговая выносливость человеческого уха, принятая на основе болевых ощущений, равна 130 дБ). Шумовые эффекты от ВЭУ имеют разную природу и подразделяются на механические (шум от редукторов, подшипников и генераторов) и аэродинамические воздействия. Последние, в свою очередь, могут быть низкочастотными (менее 16–20 Гц) и высокочастотными (от 20 Гц до нескольких кГц). Особую экологическую проблему представляют собой шумовые воздействия установок значительной мощности (более 250 кВт), так как скорость на конце лопаток ветроколеса большого диаметра таких установок соизмерима со сверхзвуковой скоростью. При этом возникает инфразвук, отрицательно действующий на биологические объекты, в том числе и на человека.

На рисунке 1 показана зависимость уровня звуковой мощности от мощности ветроагрегата.

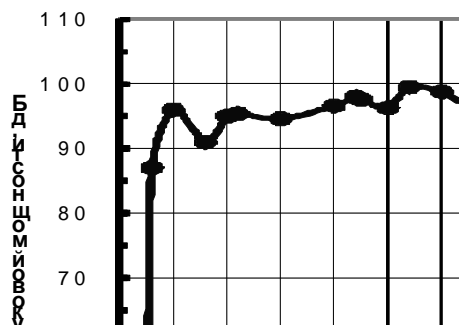


Рис. 1. Зависимость уровня звуковой мощности от мощности ветроагрегата

Михалычева Элина Александровна, с.н.с. лаборатории моделирования нелинейных процессов в энергетике ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» НАН Беларуси.

Трифонов А.Г., д.т.н., зав. лабораторией моделирования нелинейных процессов в энергетике ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» НАН Беларуси, г. Минск.

Беларусь, ГНУ «Сосны», 220109, г. Минск, ул. Академика А.К. Красина, 99.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

Таблица 1. Методы устранения негативного влияния ВЭС на окружающую среду

Факторы воздействия	Методы устранения
1. Изъятие земельных ресурсов, изменение свойств почвенного слоя	Размещение ВЭУ на неиспользуемых землях, оптимизация размещения ВЭС, целенаправленный учет изменений свойств почвенного слоя.
2. Акустическое воздействие	Изменение числа оборотов ветроколеса (ВК), форм и материалов лопасти ВК. Удаление ВЭУ от объектов социальной инфраструктуры.
3. Влияние на ландшафт и восприятие	Учет особенностей ландшафта при размещении ВЭУ. Изыскание различных опорных конструкций, окраски и т. д.
4. Влияние на электромагнитное излучение, телевидение и радиосвязь	Сооружение ретрансляторов. Замена материалов лопастей ВК. Внедрение специальной аппаратуры в конструкцию ВЭУ. Удаление от коммуникаций.
5. Влияние на орнитофауну на трассах перелета и иктиофауну в акваториях	Анализ поражаемости птиц на трассах перелета и рыб на путях миграций. Выполнение буферных зон.
6. Аварийные ситуации — опасность поломки и отлета поврежденных частей ВК	Расчет вероятности поломок ВК, траектории и дальности отлета. Оценка надежности работы ВЭУ. Зонирование производства вокруг ВЭУ.

Анализ данных позволяет сделать следующие выводы:

- шумовые характеристики практически не изменяются в диапазоне мощностей от 50 до 600 кВт (от 91 до 101,5 дБ) и резко уменьшаются у ветроагрегатов мощностью от 30 кВт и менее (51–87 дБ);
- с ростом мощности ВЭУ увеличивается расстояние, на котором уровень звукового давления не превышает 45 дБ.

В странах с наиболее развитым парком ВЭС и достаточно большой плотностью населения приняты законодательные акты по ограничению шумового воздействия ветроагрегатов (в жилой зоне не более 40 дБ днем, 30 дБ ночью), а при больших скоростях ветра ночью ветроагрегаты должны останавливаться. Определены также минимальные расстояния расположения станций от: жилых домов – 400–950 м; дорог – 20–75 м; линий электропередач – 39–52 м; аэропортов – 4–6 км.

Возможность климатических изменений, экранирующее воздействие

Ветроэнергетические установки могут оказать экранирующее воздействие в районе размещения ветрового парка. Хотя при работе ветроустановок используется небольшой приземный слой воздушных масс (порядка 100–150 м), экранирующее воздействие может оказаться эквивалентным действию возвышенности такой же площади и высотой порядка 100–150 м, что может привести к уменьшению «проветриваемости» района, увеличить испарение с поверхности ближайших водоемов, способствовать заболачиванию почв. Однако в случае сильных и продолжительных ветров это воздействие может стать положительным – уменьшится ветровая эрозия почв.

Помехи для теле- и радиосвязи

Помехи, вызванные отражением электромагнитных волн лопастями ветровых турбин, могут сказываться на качестве телевизионных и микроволновых радиопередач, а также различных навигационных систем (вблизи аэродромов и пр.) в районе размещения ветрового парка ВЭС на расстоянии нескольких километров. Считается, что уже ветродвигатель мощностью 0,1 МВт вызывает искажение сигнала телевидения и радиовещания на расстоянии до 0,5 км. Если же лопасти металлические, то зона действия помех может распространяться на расстояние 1,5–5 км. Проблем, касающихся связи и навигации, обычно можно избежать путем изменения положения ВЭУ или установкой ретрансляторов.

Ландшафтная несовместимость, визуальное невосприятие

Использование большого количества ветроагрегатов искажает привычный пейзаж, визуально «загрязняет» ландшафт. Для смягчения отрицательного визуального воздействия большого количества ветроустановок, их стараются расположить, по возможности, рассредоточено, вписать в ландшафт по цветовому решению, снизить визуальную нагрузку всевозможными способами.

Влияние на орнито- и иктиофауну

Исследования показывают, что число птиц, убитых лопастями ветроустановок, незначительно по сравнению с числом птиц, которые умирают в результате других человеческих действий: дорожное движение, охота, воздействие линий электропередач и т.д. Равновесие между орнитофауной и ВЭУ можно сохранить за счет их размещения в группах на определенном расстоянии между ВЭУ (минимальное – 150 м) и выполнении буферных зон (от 250 до 800 м в зависимости от размеров ВЭУ и вида птиц). Влияние ВЭС на иктиофауну может быть вызвано размещением ветроустановок на островных и береговых территориях. Исследования показывают, что шум и колебания, вызванные работой ветроустановок, не оказывают значительного влияния на миграцию и размножение иктиофауны, однако в более глубоких водах распространяющийся инфразвук может воздействовать на коммуникацию китов.

Последствия аварий

Из-за продолжительной работы некоторых установок и колебаний скорости ветра по времени возможны усталостные разрушения элементов конструкции ВЭУ и аварии различного рода, опасен также отрыв от вращающихся частей кусков наледи в холодное время года. Опасная зона при авариях примерно равна сумме радиуса ветроколеса и высоты башни, дальность полета отделившейся лопасти агрегата мощностью 200 кВт может достигать 230 м.

Мероприятия по минимизации негативного влияния ВЭУ (ВЭС) на окружающую среду

Факторы воздействия ВЭС на окружающую среду и основные мероприятия по снижению и устранению отрицательного влияния ВЭС приведены в таблице 1.

Заключение. Использование ветроэнергетических установок как энергетических объектов влечет за собой возникновение экологических проблем. При размещении ВЭУ должно быть обеспечено выполнение требований в области охраны окружающей среды с учетом ближайших и отдаленных экологических, экономических, демографических и иных последствий эксплуатации ВЭУ и соблюдение приоритета сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по климату Республики Беларусь. Ветер и атмосферное давление – Минск: Республиканский гидрометеорологический центр, 2000. – 425 с.
2. Об охране окружающей среды: Закон Респ. Беларусь, 26 ноябр. 1992 г., № 1982-XII: в ред. Закона Респ. Беларусь от 17 июля 2002 г. № 126-3.
3. Правила размещения и проектирования ветроэнергетических установок: ТКП 17.02-02-2010 (02120). – Введ. 01.01.2011. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2011. – 20 с.

Материал поступил в редакцию 03.04.13

MIKHALYCHEVA E.A., TRIFONOV A.G. Ecological aspects of construction and operation of wind power stations

This paper presents the consideration of wind power installations influence factors on environment and the person, and measures of elimination of negative influence of these factors.