

Обязательным элементом конструкции зеленых стен на территории стран Западной Европы, несмотря на значительное количество естественных атмосферных осадков, является система автоматического полива. В климатических условиях территории Беларуси вертикальное озеленение также требует дополнительного увлажнения. Перспективным является капельное орошение, включающее в состав технической схемы водосбросную сеть в виде лотков, устраиваемых в основании съемных панелей (модулей), заполненных почвой и растениями. Водосбросная сеть способна предотвратить потери воды, за исключением естественного испарения. При разработке режима орошения необходимо учитывать, что вертикальная зеленая стена поглощает до 45-75 % атмосферных осадков. Данная система является объектом автоматизации и может быть оборудована датчиками влажности и температуры. Последние используются тогда, когда возможно и необходимо проводить отоплительное орошение с целью продления «жизни зеленой стены». Достоинства системы орошения – малые затраты воды и электроэнергии на полив. Недостатки – возможность засорения микроводовыпусков капельниц, их повреждение птицами.

С учетом современных климатических условий Беларуси, вертикальное озеленение должно носить сезонный характер. В этой связи предусматриваются сборно-разборные металлические конструкции каркасного типа, состоящие из ряда модулей. При необходимости, еще в холодный период года, модули в помещениях могут заполняться почвой и растениями и при устойчивых положительных температурах монтироваться снаружи. Тем самым, к началу монтажа растения будут находиться в активной фазе вегетации, а зеленая стена иметь товарный вид.

С учетом того, что для территории Беларуси характерна повышенная относительная влажность воздуха в течение всего года (65-90 %), а в результате озеленения могут возникнуть эрозийные процессы на наружных стенах зданий, необходимо предусматривать свободную циркуляцию воздуха между зеленой стеной и стеной здания, что достигается обоснованием и увеличением расстояния между ними.

УДК 621.548

Михалычева Э.А., Трифонов А.Г.

ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны»  
НАН Беларуси, г. Минск

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

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.

### *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 CO<sub>2</sub>, 9 тонн SO<sub>2</sub>, 4 тонн оксидов азота. По оценкам Global Wind Energy Council, к 2050 году мировая ветроэнергетика позволит сократить ежегодные выбросы CO<sub>2</sub> на 1,5 миллиарда тонн. Однако, как и любой другой вид производства энергии, исполь-

зование 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 невосприятие; 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 земли оцениваются в пределах 20 % общей площади, занимаемой сооружениями ВЭС. Для уменьшения количества отчуждаемой земли при строительстве ветростанции необходимо оптимизировать расположение 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.

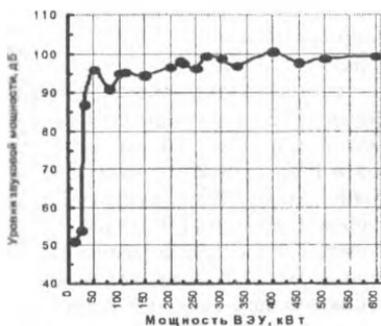


Рисунок 1 - Зависимость уровня звуковой мощности от мощности ветроагрегата

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 «пронетриваемости» 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 расстояниях 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, рассредоточенно, вписать в ландшафт по цветовому решению, снизить визуальную нагрузку всевозможными способами.

#### *Влияние на орнито- и ихтиофауну*

Исследования показывают, что число птиц, убитых лопастями ветроустановок, незначительно по сравнению с числом, 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 выполнения буферных зон (от 250 до 800 м в зависимости от размеров ВЭУ и вида птиц). Влияние ВЭС на ихтиофауну 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 ихтиофауны, 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.

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.

### 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 ЛИТЕРАТУРЫ

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-ХІІ; 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.