

NOVIKOV V. M., ZHITENEV OF B.N, NAGURNY S.G. Individual security measure at fire extinguishing

In article it is noted that since 90th years of the XX century a number of scientific centers was made active by researches on studying of possibility of use of dome-shaped liquid veils for localization and suppression of fires and the equipment being in an accident condition.

In article three options of use of mobile jet devices are offered: A – transferred in a satchel; B – transported on the cart; C – established on a soil or paving surface.

УДК 620.92, 620.97

Викторович Н.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Введение. Важной задачей для Республики Беларусь в последние годы является поиск новых альтернативных видов энергии, меньшее использование покупной энергии, а также экономия природных ископаемых видов топлив. В данной работе исследуется эффективность использования энергии ветра. Беларусь не характеризуется хорошим ветровым потенциалом, но все-таки есть возможность использования энергии ветра. Говорить о стопроцентных результатах пока нельзя, т.к. потенциал ветра в республике недостаточно изучен. Мы можем сделать только предположительные расчеты эффективности использования энергии ветра.

Проект строительства ветроэлектростанции в Брестской области. Возможности использования энергии ветра активно изучаются в Беларуси. На территории республики преобладают относительно слабые континентальные ветра со средней скоростью 4–6 м/с, поэтому размещение ветроустановок требует специальных исследований и анализа их внедрения.

В связи с относительно низкой средней скоростью ветра рассматривается вопрос об использовании ветрогенераторов малой мощности, в основном в сельскохозяйственном секторе. Мощность генераторов должна быть в диапазоне 100–150 кВт.

При выборе конкретных проектов по размещению ветроустановок следует также принимать во внимание целый ряд факторов, связанных с энергетическим потенциалом ветра на предполагаемом месте установки: рельеф местности, розу ветров, высоту возвышения ветроустановок, открытость местности, отдаленность от потребителей электроэнергии или линии электропередач.

Работа ветроустановок негативно воздействует на окружающую среду и здоровье людей, живущих поблизости. Негативные аспекты, вызванные работой лопастей ветроустановок – это шум, ультразвуковое излучение и световые эффекты при прохождении солнечного света через вращающиеся лопасти турбины. Поэтому санитарными нормами устанавливается минимально допустимое расстояние от отдельных ВЭУ и ветропарков до населенных пунктов (например, в Германии — не ближе чем 800 м). При размещении ветропарков учитываются также установившиеся пути миграции перелетных птиц.

Несмотря на яркие перспективы, в Беларуси до сих пор нет правовой базы, которая будет способствовать развитию возобновляемых источников энергии.

Энергетический потенциал ветра в Беларуси. Среднегодовая скорость ветра на территории Республики Беларусь составляет 3,5–4,0 м/с на равнинах и возвышенностях, 3,0–3,5 м/с – на низменностях и в долинах рек. Лишь в отдельных районах с большой засе-

ленностью скорость ветра снижается до 2,8–2,9 м/с.

Изменчивость среднегодовой скорости ветра невелика, стандартное отклонение составляет от 0,3–0,4 м/с. В отдельные годы средняя скорость ветра на всех станциях не превышает 5 м/с, но и не менее 2 м/с. Максимальные скорости ветра характерны для осенне-зимних периодов, когда увеличивается циклоническая деятельность. Минимальные наблюдаются в конце лета, когда уменьшается повторяемость и глубина циклонических образований. Различия в скорости ветра в зимние и летние месяцы составляют 1,0–1,5 м/с [1].

В таблице 1 показан годовой ход скорости ветра в областных центрах Беларуси [2].

На территории Беларуси определены 4 ветрозоны (рис. 1) [3]:

- I – до 3,5 м/с,
- II – 3,5–4,0 м/с,
- III – 4,0–4,5 м/с,
- IV – более 4,5 м/с.

Выбор места размещения ветроустановки на территории

Брестской области. Наиболее эффективным местом для размещения ветроустановки является территория Барановичского района. Березовский, Брестский, Дрогичинский, Ганцевичский, Ивацевичский, Ивановский, Кобринский, Лунинецкий, Малоритский, Пинский, Столинский районы являются неэффективными, т.к. находятся на территории Полесской низменности, а также большая их часть расположена в биосферном резервате «Прибужское Полесье», который охраняется ЮНЕСКО. Каменецкий район находится на территории Беловежской Пуши. Из оставшихся районов (Ляховичский, Пружанский, Жабинковский) Барановичский имеет наиболее благоприятные характеристики ветра.

Барановичский район — расположен в центрально-западной части Беларуси, в Брестской области. Площадь территории района составляет 2,2 тыс. км². Леса занимают площадь 708,22 км², болота – 43,42 км², водные объекты – 25,01 км².

Район расположен на высоте 180–240 м над уровнем моря. Самая высокая точка 267 м недалеко от деревни Зеленая.

Климат умеренно-континентальный, характеризующийся мягкой зимой и умеренно теплым летом. Средняя температура в январе составляет – 4,4 °С, в июле – 18,8 °С. Годовое количество осадков – 548 мм. Среднегодовая температура – 8,2 °С, среднегодовая скорость ветра – 3,8 м/с (рис. 2), средняя влажность – 76 %.

Барановичский район пересекает автострада М1/Е-30, которая в соответствии с решением Европейского Союза классифицируется как одна из основных «коридоров» и расположена в транспортной системе континента как «коридор № 9».

Таблица 1. Годовой ход скорости ветра в областных центрах Беларуси

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Витебск	4,4	4,3	4,1	4,0	3,6	3,3	3,0	2,9	3,3	4,0	4,6	4,5	3,8
Минск	4,0	4,1	3,9	3,7	3,4	3,1	3,0	2,9	3,1	3,6	4,1	4,1	3,6
Гродно	4,3	4,3	4,2	4,0	3,5	3,4	3,4	3,1	3,6	4,0	4,7	4,5	3,9
Могилев	4,6	4,5	4,2	4,0	3,6	3,4	3,3	3,2	3,5	4,1	4,6	4,7	4,0
Брест	3,5	3,5	3,6	3,3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,7	3,1	3,5	3,4	3,1
Гомель	4,1	4,1	3,9	3,8	3,4	3,2	3,0	2,8	3,1	3,5	3,9	4,1	3,6

Викторович Надежда Викторовна, ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

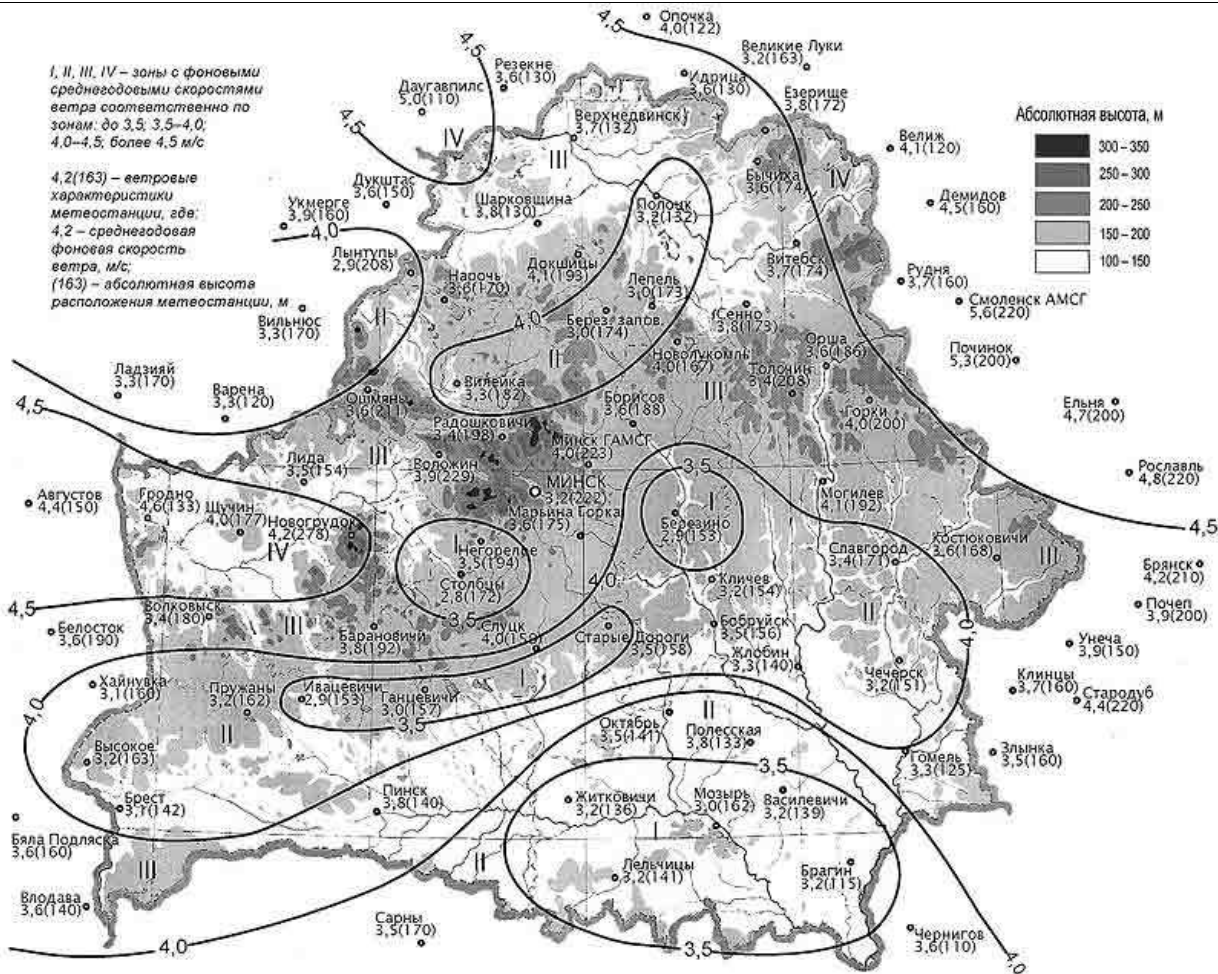


Рис. 1. Ветроэнергетические зоны Беларуси

Рядом с шоссе планируется построить небольшой отель с рестораном. Локальная электросеть не может обеспечить потребности в электрической энергии данного объекта, поэтому решено построить альтернативный источник энергии.

Необходимо обеспечить объект независимой электроэнергией, отоплением и резервным питанием от основной сети, представленных в таблице 2.

Таблица 2. Потребность в электроэнергии объекта

Месячное потребление электроэнергии отелем	480 кВтч
Месячное потребление электроэнергии рестораном	2500 кВтч
Суммарное месячное потребление электроэнергии (без обогрева)	2980 кВтч
Среднечасовое потребление электроэнергии (без обогрева)	4,14 кВт
Отопление и кондиционирование отеля и ресторана	3,5 кВт
Среднечасовое потребление электроэнергии	7,64 кВт

Выбор ветроустановки. На основе расчетов была выбрана ветроустановка мощностью 20 кВт.

Ветроустановка производительностью 20 кВт вырабатывает электроэнергию, достаточную для удовлетворения потребностей малых предприятий, небольших фермерских хозяйств или больших домохозяйств.

Техническая спецификация.

Номинальная мощность выбранного ветрогенератора – 20000 Вт, высота башни – 18 м, диаметр ветроколеса – 10 м.

Основными техническими характеристиками любой ветроустановки являются три критические скорости ветра:

- стартовая скорость ветра, при которой происходит пуск ветроколеса, 2 м/с;

- номинальная скорость ветра, при которой ветроустановка вырабатывает номинальную мощность, 12 м/с;
- предельная скорость ветра, при превышении которой ветроустановка отключается, во избежание механических повреждений, 25 м/с.

Ветроустановка состоит из четырех основных элементов:

- Генератор с пропеллерами – расположен на верхушке ветроустановки и производит энергию, когда дует ветер.
- Башня – удерживает турбину на соответствующей высоте.
- Контроллер – «сердце» системы, которая контролирует скорость и направление ветра, автоматически регулирует положение турбины так, чтобы наилучшим образом использовать атмосферные условия. Преобразует энергию от генератора на ток, необходимый для зарядки аккумуляторов или питания инвертора.
- Инвертор – преобразует постоянный ток (DC) в переменный ток (AC), подходящий для питания бытовой техники.

Энергия, производимая в данный момент, вся передается в энергосистему. Чем быстрее дует ветер, тем больше энергии вырабатывается. Контроллер ветроэлектростанции отключает ветроустановку, когда ветер становится слишком сильным.

Как показано на рис. 3, уровень энергии достигает максимального значения и поддерживается на этом уровне.

Годовая производительность ветрогенератора мощностью 20 кВт – это энергия, производимая в течение года, измеряется в киловатт-часах (кВтч), с четко определенной средней скоростью ветра. Рис. 3 показывает количество электроэнергии, производимой при разных скоростях ветра.

Перед установкой ветрогенератора необходимо определить, экономически целесообразно ли ставить его в данной местности.



Рис. 2. Средняя скорость ветра, м/с [2]

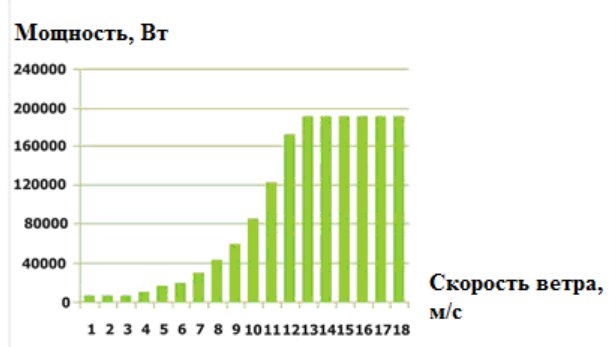
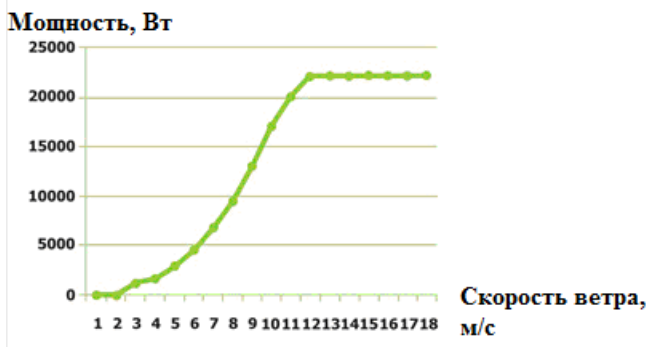


Рис. 3. Мощность ветрогенератора 20 кВт

Для оценки эффективности были определены следующие показатели для предполагаемого места установки ветроэлектростанции:

- среднегодовая скорость ветра на уровне ступицы ветроколеса (рис. 4), для исследуемой местности и выбранного ветрогенератора составляет 4,5 м/с;
- среднегодовая номинальная загрузка мощностей (табл. 4, рис. 5).

$$f(x) = x \cdot c^{-k} \cdot x^{k-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{c}\right)^k}$$

где c – средняя скорость ветра на высоте ветроколеса, м/с, ($c = 4,5$ м/с);
 k – параметр распределения Weibull, ($k = 3$);
 x – скорость ветра, м/с.

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.

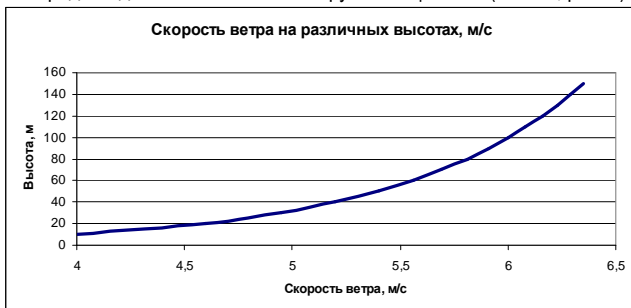


Рис. 4. График скорости ветра на различных высотах, м/с

При моделировании скорости ветра используется распределение Weibull, плотность вероятности определяется по формуле [4]:

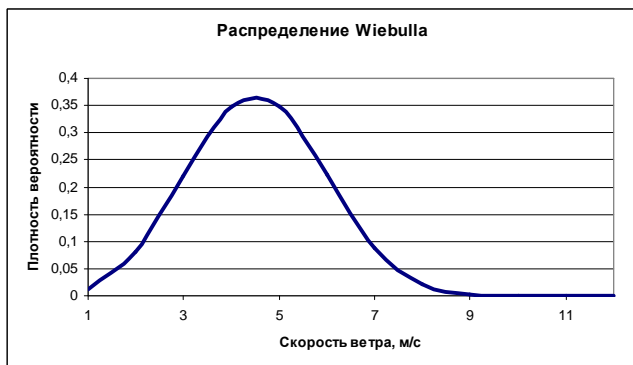


Рис. 5. Распределение Weibull

Таблица 3. Моделирование скорости ветра и среднегодовая номинальная загрузка мощностей

Скорость ветра, м/с	Мощность ветроустановки, Вт	Распределение вероятности	% номинальной мощности	Среднегодовое использование номинальной мощности, %
1	0	0,010854168	0	0
2	0	0,080412781	0	0
3	1250	0,220316172	6,25	1,376976
4	1875	0,347955365	9,375	3,262082
5	3125	0,347962499	15,625	5,436914
6	5000	0,221501891	25	5,537547
7	6875	0,08728627	34,375	3,000466
8	9690	0,020393006	48,45	0,988041
9	13125	0,002683701	65,625	0,176118
10	17500	0,000188123	87,5	0,016461
11	20000	6,6237E-06	100	0,000662
12	22500	1,10254E-07	112,5	1,24E-05
				Σ 19,8



Рис. 6. Размещение ветроустановок [5]

Принятое решение. Расчеты показывают, что при средней скорости ветра 4,5 м/с среднегодовое использование номинальной мощности ветроустановки – 19,8 %. Это говорит о том, что средняя мощность, с которой будет работать ветроустановка, равна 3,96 кВт. Спрос на электроэнергию для отеля и ресторана – 7,64 кВт.

На основе данных расчетов необходимо установить два генератора мощностью 20 кВт, которые будут работать в одной системе, вместо одного генератора большей мощности (рис. 6). Это оправдано тем, что более мощный генератор предназначен для высоких скоростей ветра.

Таблица 4. Производство электроэнергии

Среднегодовая номинальная загрузка мощностей	19,8 %
Выработка электроэнергии 2 ветрогенератора	7,92 кВт
Потребность в электроэнергии отеля и ресторана	7,64 кВт
Среднесуточное производство электроэнергии	190,1 кВтч
Среднемесячная выработка электроэнергии	5,7 МВтч
Среднегодовая выработка электроэнергии	68,43 МВтч

Таблица 5. Затраты на установку ветрогенератора [6]

Капитальные затраты	%	Белорусские рубли
Стоимость одного ветрогенератора		286 011 000
Стоимость ветровой электростанции (2 шт.)	75	572 022 000
Земляные работы	2	15 253 920
Строительство подъездных дорог	2	15 253 920
Строительство фундаментов	3	22 880 880
Транспорт и монтаж ветрогенератора	5	38 134 800
Подключение ветрогенератора	10	76 269 600
Подготовительные затраты (проектирование, исследование ветроэнергетического потенциала, геологические изыскания)	3	22 880 880
Общие инвестиционные затраты	100	762 696 000
Эксплуатационные расходы	2	15 253 920

Заключение. Ветровой потенциал в большей степени зависит от скорости ветра, рельефа местности и наличия препятствий, расположенных на высоте до 100 метров. В связи с этим планирование места под ветроустановки должно проводиться тщательно. Энергия ветра также подчинена сезонным изменениям погоды: более эффек-

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

1. http://www.ggf-dnu.org.ua/publ/sbornik_konferencii_2007/ocenka_potenciala_razvitiya_vetroenergetiki_v_respublike_bielarus/10-1-0-337.
2. Климат Беларуси. – Минск, 1996.
3. <http://ecologiya.myblog.by/2008/12/17/vetroenergeticheskie-resursy-belarusi/>.
4. Tomasz Boczar Energetyka wiatrowa. – Warszawa, 2008.
5. <http://maps.google.com>
6. 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.

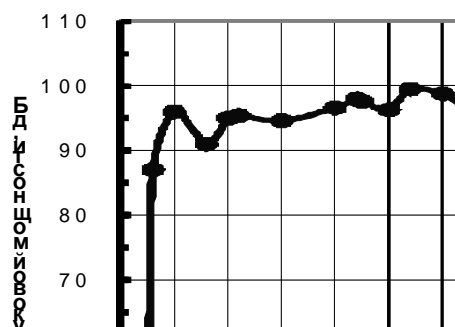


Рис. 1. Зависимость уровня звуковой мощности от мощности ветроагрегата

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