

лей при выходе из кризиса будут стремиться выйти из этого состояния, не роняя своего национального достоинства, а это значит опора на собственные силы, изыскание внутренних резервов, внешние займы. В этой ситуации важно доверие на всех уровнях социально-стратификационной структуры.

Викторович Н.В.

ПРОЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Брестский государственный технический университет

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.

Исследованиями, осуществленными на территории Республики Беларусь по 244 контрольным точкам, включая 54 метеостанции и 190 контрольных пунктов, суммарный ветроэнергетический потенциал Беларуси оценен в 220 млрд. кВтч.

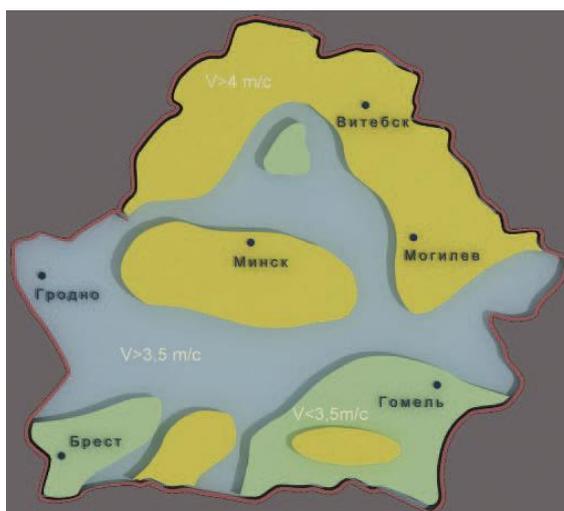


Рис. 1. Средняя скорость ветра в Республике Беларусь

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, роза ветров, высота 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 про-

хождении 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 заселенностью 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.

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

Таблица 1. Годовой ход скорости ветра

	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

Из таблицы видно, что в Беларуси на 14-30% дней в году приходятся штилевые условия и тихие ветра (0-1 м/с). Слабые ветра характерны для лесистых долин рек, где общая средняя скорость ветра невелика. Повторяемость штилевых условий максимальна на равнинах, на возвышенных открытых участках – минимальна.

Для территорий, на которых находится Беларусь, характерны слабые ветра (2-5 м/с), их повторяемость составляет 60-75% всего времени года.

Умеренные ветра, скорость 6-9 м/с присутствуют на протяжении 6-25% времени года. Их частота минимальна на Полесье и максимальна – на открытых равнинах и холмах в центральной части Беларуси.

На долю сильных ветров со скоростью 10 м/с и более в последние 25 лет приходятся в основном десятые доли процента и лишь до 2-3%. Наблюдаются эти ветры в основном в холодный период года. Сильные ветра, со скоростью 10 м/с и более за последние 25 лет встречались менее 0,1% времени года, а на открытых пространствах повторяемость этих ветров до 2-3%. Такие ветра наблюдаются в основном в холодное время года. На территории Беларуси определены 4 ветрозоны:

- 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.

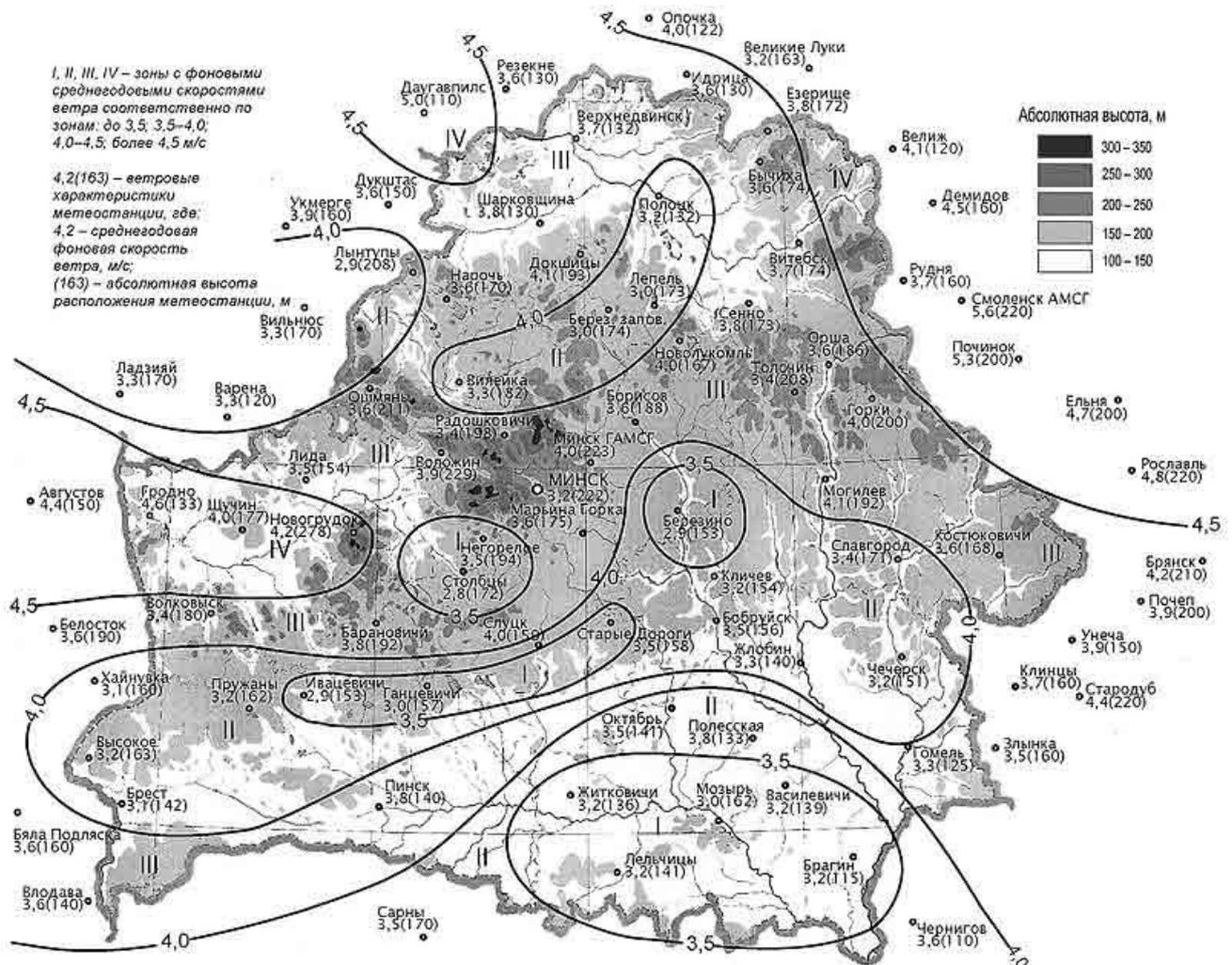


Рис. 2. Ветроэнергетические зоны Беларуси

Выбор места размещения ветроустановки на территории Брестской области

Наиболее эффективным местом для размещения ветроустановки является территория Барановичского района. Районы Березовский, Брестский, Дрогичинский, Ганцевичский, Ивацевичский, Ивановский, Кобринский, Лунинецкий, Малоритский, Пинский, Столинский — являются неэффективными, т.к. находятся на территории Полесской низменности, а также большая 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.

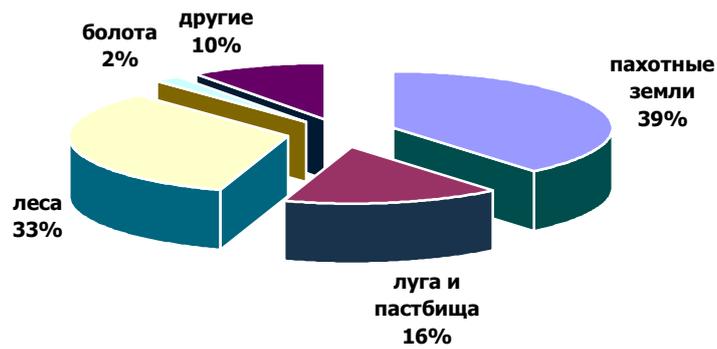


Рис. 3. Структура землепользования

Климат умеренно-континентальный, характеризующийся мягкой зимой и умеренно теплым летом. Средняя температура в январе составляет $-4,4^{\circ}\text{C}$, в июле $-18,8^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков -548мм . Среднегодовая температура $-8,2^{\circ}\text{C}$, среднегодовая скорость ветра $-3,8\text{ м/с}$, средняя влажность -76% .

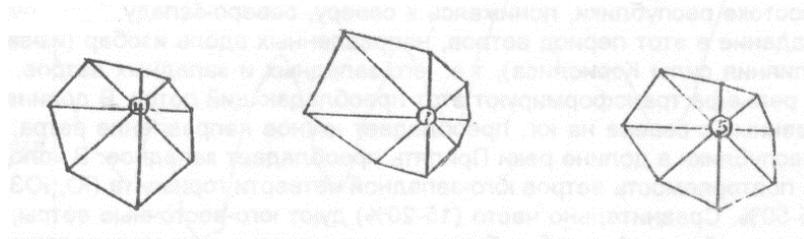


Рис. 4. Роза ветров для данной территории



Рис. 5. Средняя скорость ветра, м/с

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". Рядом с шоссе планируется построить небольшой отель с рестораном. Локальная электросеть не мо-

жет обеспечить потребности в электрической энергии данного отеля. Поэтому решено построить альтернативный источник энергии.

Потребность в электроэнергии

Небольшой отель на 8 номеров вместе с рестораном расположены на автостраде в открытом поле. Среднегодовая скорость ветра в месте установки была замерена предварительно и составляет 4 м/с на высоте 10 м.

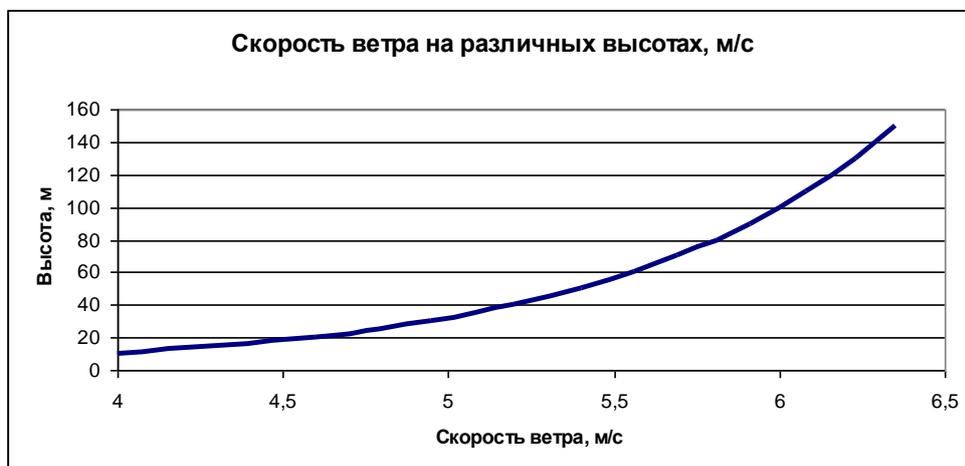


Рис. 6. Скорость ветра на различных высотах, м/с

БАРАНОВИЧИ

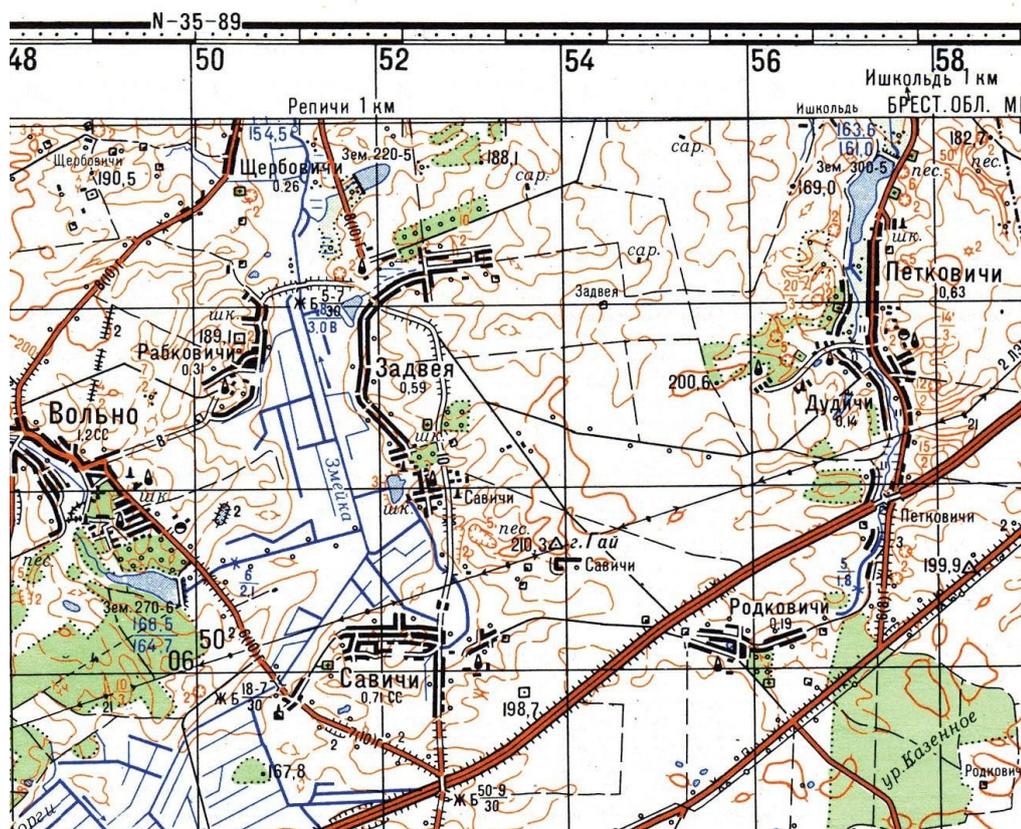


Рис. 7. Место размещения ветроустановки

Расходы электроэнергии на бытовые приборы и освещение составляют 60кВтч на один номер в месяц и около 2500 кВтч в месяц на ресторан. Ресторан и отель обогреваются, кондиционируются и круглый год обеспечивают себя горячей водой с по-

мощью геотермального теплонасоса инверторного типа мощностью 14 кВт. Потребление электроэнергии данного теплонасоса составляет 3,5 кВт.

Необходимо обеспечить объект независимой электроэнергией, отоплением и резервным питанием от основной сети.

Таблица 2. Потребность в электроэнергии

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
Потребление электроэнергии тепловым насосом	3,5 кВт
Среднечасовое потребление электроэнергии	7,64 кВт

Выбор ветроустановки

На основе расчетов была выбрана ветроустановка мощностью 20 кВт.

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

Таблица 3. Техническая спецификация

Номинальная мощность	20000 Вт
Номинальная скорость ветра	12 м/с
Стартовая скорость ветра	2 м/с
Предельная скорость ветра	25 м/с
Срок эксплуатации	20 лет
Температура pracy	-300С - +400С
Количество лопастей	3
Диаметр ветроколеса	10 м
Отклонение по направлению ветра	автоматически
Высота башни	18 м
Уровень шума	38.2 dB

Ветроустановка состоит из четырех основных элементов:

1. Генератор с пропеллерами - расположены на верхушке ветроустановки и производит энергию, когда дует ветер.

2. Башня - удерживает турбину на соответствующей высоте.

3. 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.

4. 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 графике ниже, уровень энергии достигает максимального значения и поддерживается на этом уровне.

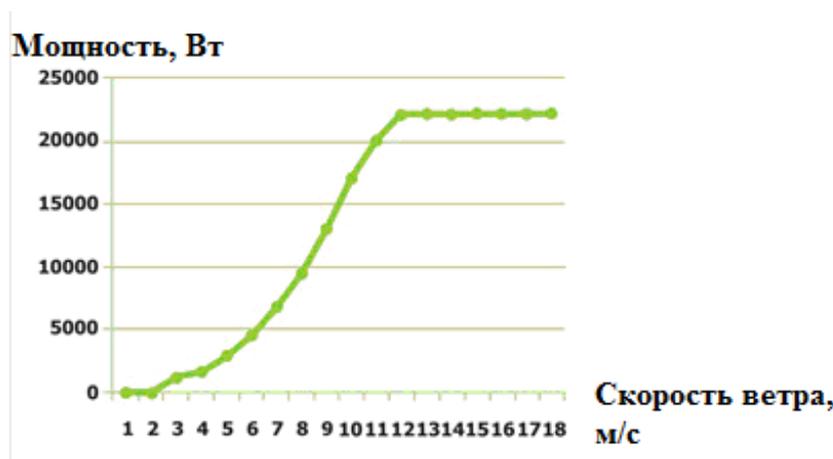


Рис. 8. Мощность ветрогенератора 20 кВт

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

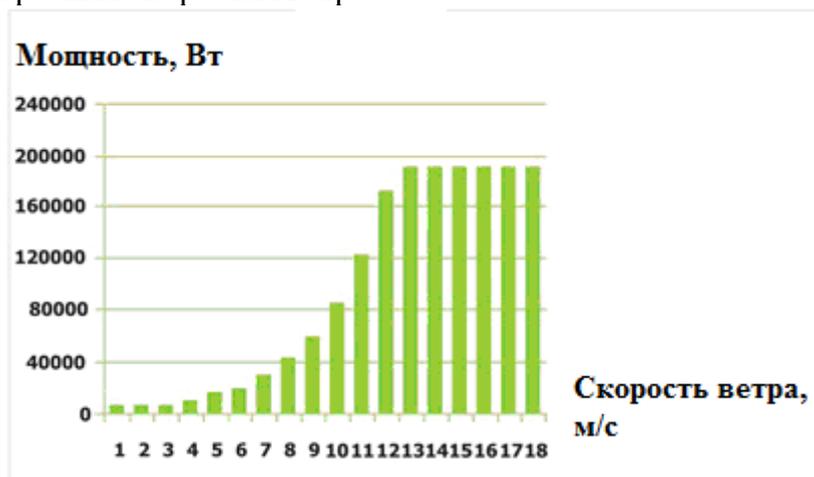


Рис. 9. Среднегодовое производство электроэнергии

Калькулятор ветра

При моделировании скорости ветра используется распределение Wiebulla, плотность вероятности определяется по формуле:

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

где:

c – средняя скорость ветра на высоте ветроколеса, м/с, (c = 4,5 м/с);

k – параметр распределения Wiebulla, (k = 3);

x – скорость ветра, м/с.

Результаты расчетов сведены в таблицу 4:

Таблица 4. Результаты

Скорость	Мощность вет-	Распределение	% номиналь-	Среднегодовое ис-
----------	---------------	---------------	-------------	-------------------

ветра, м/с	роустановки, Вт	вероятности	ной мощно- сти	пользование номи- нальной 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
				19,8

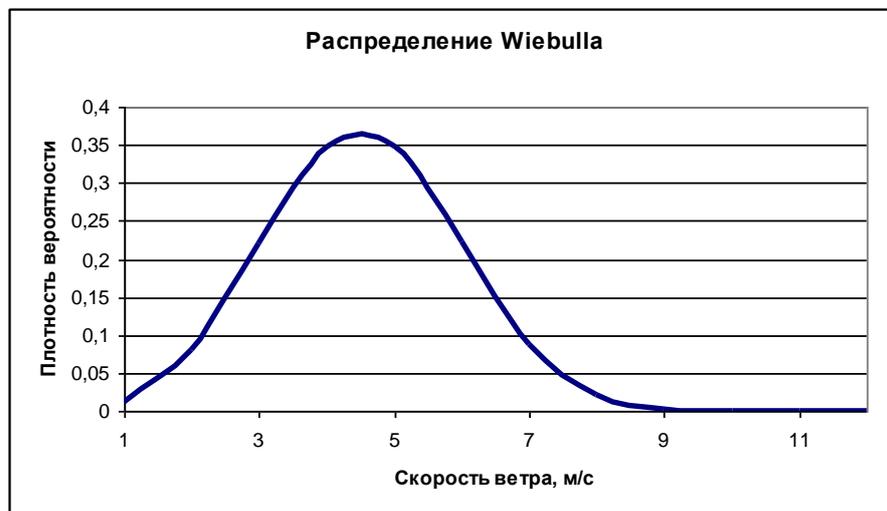


Рис. 10. Распределение Wiebulla

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.

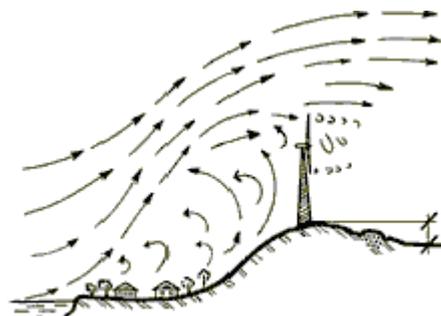


Рис. 11. Предположительный рельеф местности

На основе данных расчетов необходимо установить два генератора мощностью 20 кВт, которые будут работать в одной системе, вместо одного генератора большей

мощности. Это оправдано тем, что более мощный генератор предназначен для высоких скоростей ветра.

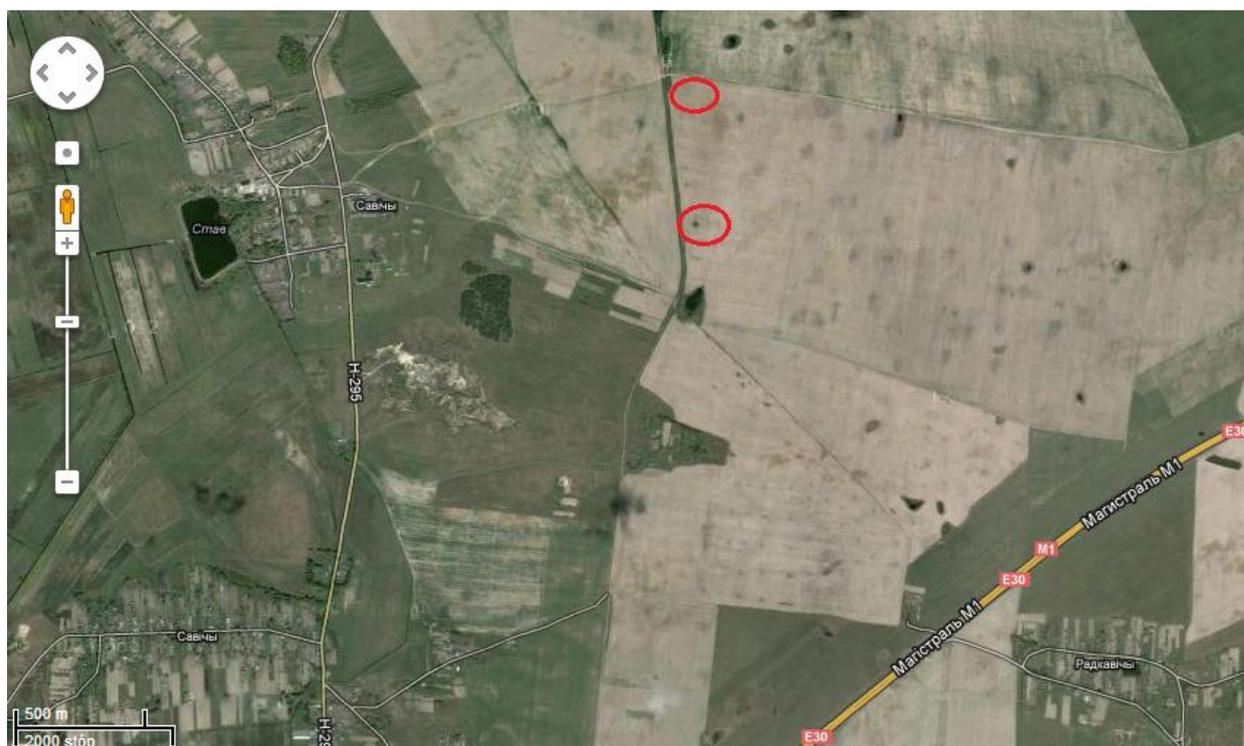


Рис. 12. Размещение ветроустановок

Таблица 5. 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 6. Затраты

Капитальные затраты	%	Белорусские рубли
Стоимость одного ветрогенератора		286 011 000
Стоимость ветровой электростанции (2шт)	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
Общая инвестиционные затраты	100	762 696 000
Эксплуатационные расходы	2	15 253 920

Таблица 7. Сроки окупаемости мероприятия

Среднегодовая выработка электроэнергии	68,43 МВт
--	-----------

Средняя стоимость электроэнергии для предприятий за 1 кВтч	1500 бел. руб.
Годовая прибыль	102 645 000 бел. руб.
Всего капитальные и эксплуатационные затраты	777 949 920 бел. руб.
Время возврата инвестиций	90 месяцев

Выводы:

Как видно из расчетов срок окупаемости внедрения ветроустановки составляет 7,5 лет, 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 используемых источников:

1. Tomasz Boczar «Energetyka wiatrowa», Warszawa, 2008.
2. «Климат Беларуси», Minsk, 1996.
3. <http://ecologiya.myblog.by/2008/12/17/vetroenergeticheskie-resursy-belarusi/>.
4. <http://tycoon.by/page/perspektivy-razvitiya-vetroenergetiki-v-belarusi#more>.
5. http://www.ggf-dnu.org.ua/publ/sbornik_konferencii_2007/ocenka_potenciala_razvitiya_vetroehnergetiki_v_respublike_bielarus/10-1-0-337.
6. http://energetyka.wnp.pl/koszt-budowy-instalacji-wiatrowych-w-polsce-5-7-mln-zl-za-1-mw,126342_1_0_0.html.
7. <http://maps.google.pl>
8. <http://download.maps.vlasenko.net/smtm100/n-35-101.jpg>
9. www.pogoda.by

Данилов Ю.Д.

СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ КАК НОВЫЙ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЙ ФАКТОР

Брестский государственный технический университет

В данное время, практически на наших глазах происходит переформатирование энергетической карты мира, которая самым непосредственным образом меняется и глобальный геополитический расклад. Суть этой перемены состоит в том, что мир постепенно уходит из-под диктата небольшого количества мега-поставщиков традиционных энергоресурсов, каковыми, прежде всего, являются Россия, Саудовская Аравия и Венесуэла. Главный вектор этого движения направлен в сторону такого сценария, при котором большинство стран смогут иными путями, чем прежде, обеспечить свои энергетические потребности. Это будет осуществляться, прежде всего, за счет разработки собственных месторождений энергоносителей, альтернативных нефти и газу, и только нехватка будет восполняться импортом, причем, только от самых ближайших соседей.