

Увеличение количества воздуха дает возможность подачи большего количества топлива за тот же промежуток времени, повышая удельную тепловую мощность топки без дополнительных затрат, в тех же геометрических размерах топочного устройства. Согласно проведенным исследованиям получена зависимость для определения количества воздуха при его прерывистой подаче в топку (1).

Для реализации эффекта увеличения расхода воздуха необходимо выполнить следующие условия:

- резкое закрытие и открытие воздушной заслонки,
- время закрытого положения воздушной заслонки должно находиться в пределе 0,5 сек. в периоде 1,5 сек.

Для оценки изменения скорости во времени получена зависимость мгновенной скорости воздушного потока.

$$W_e = W_e \cdot \frac{\rho_e \zeta_{\text{вых}} \cdot \left[\frac{\tau_3 F \mu_e \psi_e \sqrt{R_e T_e} \cdot (n_e - 1)}{2V} + 1 \right]^{\frac{2n_e}{n_e - 1}}}{\rho_e \zeta_{\text{вх}} \cdot \left[\frac{\tau f \mu_e \psi_e \sqrt{R_e T_e} \cdot (n_e - 1)}{2V} + 1 \right]^{\frac{2n_e}{n_e - 1}}}, \quad (2)$$

где W – скорость потока;
 ρ – плотность потока;
 $\zeta_{\text{вх}}, \zeta_{\text{вых}}$ – коэффициенты местных сопротивлений входного и выходного отверстий;
 μ – коэффициент расхода отверстия;
 ψ – добавочный коэффициент;
 R – газовая постоянная;
 T – температура потока;
 V – топочный объем;
 n – показатель политропы;
 f – сечение входного отверстия;
 F – сечение выходного отверстия;
 τ_3 – время закрытого положения входного отверстия;
 τ – время периода (сумма времени открытого и закрытого положения воздушной заслонки);
 индекс g отражает газовые характеристики, индекс e – характеристики воздуха.

С целью реализации данного топочного процесса предложена и внедрена конструкция водогрейного котла малой мощности для сжигания опилок, щепы, коры, кускового древесного топлива с использованием метода вертикального кругового ворошения и прерывистой подачи воздуха в топку (рис. 2).

Заключение. На основании изложенного можно сделать следующее заключение: представленная роторная топка способна эффективно сжигать отходы деревообрабатывающей промышленности и может использоваться в водогрейных котлах малой мощности (до 100 кВт).

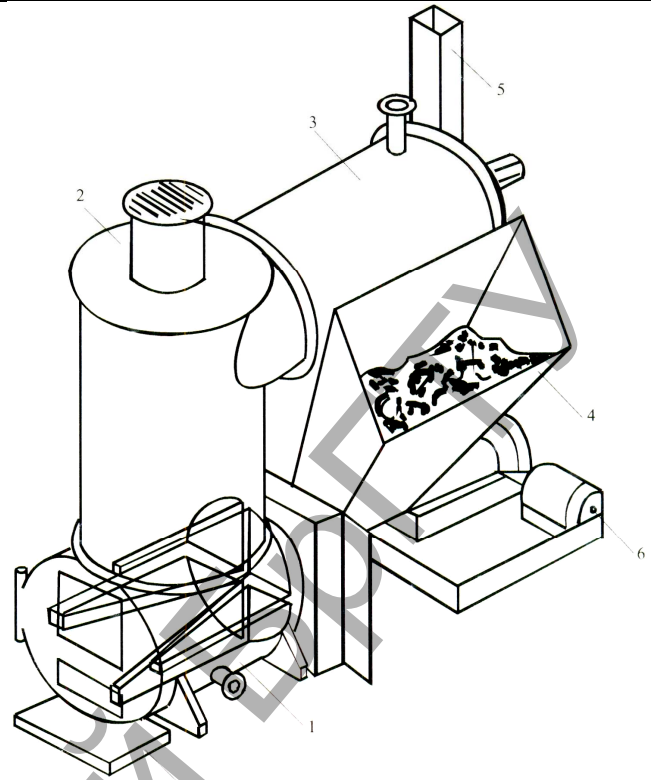


Рис. 2. Котел с роторной топкой

Состав котла:

- 1 – топка с ротором в сборе;
- 2 – камера дожига с взрывным клапаном;
- 3 – конвективный теплообменник;
- 4 – топливозагрузочный бункер со шнековой подачей;
- 5 – электродвигатель шнековой подачи;
- 6 – патрубок для подачи теплоносителя;
- 7 – патрубок для отвода теплоносителя;
- 8 – труба для удаления уходящих газов;
- 9 – дымосос;
- 10 – воздушный короб с механизмом прерывистой подачи воздуха.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Черников, И.А. Схема предлагаемого котла с топкой нового типа // Вестник БрГТУ. – Брест, 2003. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика – С. 50–52.
2. Северянин, В.С. Котлы с пульсирующим горением // Энергетика. – Мн.: Изв. ВУЗов СНГ, 2001. – №1. – С. 79–85.

Материал поступил в редакцию 05.03.14

CHERNIKOV I.A., SALNIKOVA S.R. About possibility of burning of wood fuel in a rotor fire chamber

The offered furnace device with use of a method of a vertical circular tedding and faltering air supply on burning allows to use it in boilers of low power in systems of heating of certain residential and public buildings, and as around an arrangement of the woodworking enterprises, in forestries, at small railway stations, etc.

УДК 620.92, 620.97, 621.548

Викторович Н.В., Седлиска К.

ПРЕПЯТСТВИЯ НА ПУТИ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ. МИФЫ И РЕАЛЬНАЯ УГРОЗА

Введение. Общественное мнение и социальное признание оказывают большое влияние на развитие ветроэнергетики. Недостаточ-

ная информированность общественности и передача неправильных фактов являются серьезной проблемой при планировании развития

Викторович Н.В., ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета. Республика Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Седлиска К., ассистент кафедры физики Люблинского университета естественных наук. Республика Польша, 20-950, г. Люблин, ул. Академицка, 13.

ветропарков. В большинстве люди положительно относятся к таким проектам, но иногда страх их негативного воздействия на здоровье и качество жизни человека может спровоцировать блокировку такого вида инвестиций. Возможно, есть основания для страха и беспокойства со стороны жителей, потому что ветряные электростанции могут привести к изменениям в окружающей среде, а также являются относительно малоизвестным источником производства энергии. Страх перед неизвестными вращающимися устройствами существовал и в древние времена. Еще герой романа Мигеля де Сервантеса Дон Кихот боролся с ветряными мельницами. Конечно, вращающиеся лопасти ветряной мельницы и шум, создаваемый огромными жерновами, могли вызывать страх и опасения.

В отличие от ископаемого топлива, преобразование энергии ветра в электроэнергию сопровождается нулевым уровнем выбросов диоксида углерода и других загрязняющих веществ. В течение многих лет идет дискуссия о негативном воздействии ветроэнергетики на окружающую среду и здоровье человека. Поэтому важно знать все возможные угрозы, уметь их оценивать и применять адекватные меры противодействия.

Данная проблема затрагивает не только местное население, но и местные органы власти, инвесторов, владельцев проектов и другие лица, принимающие решения. Невозможность образования доверительных отношений между этими группами людей может оказать существенное негативное влияние на реализацию проектов по ветроэнергетике, а в некоторых случаях привести к отказу от их реализации.

Нет единого рецепта для решения такой сложной и контекстно-специфической проблемы, как общественное признание.

Виды воздействий ветроэнергетики.

Реальными угрозами, признанными людьми, являются [1]:

- Ухудшение самочувствия:
 - опасность для здоровья;
 - раздражение из-за постоянного воздействия таких факторов, как шум, мерцание тени и световые отражения;
- Ухудшение уровня жизни:
 - влияние на стоимость недвижимости (изменения внешнего ландшафта может привести к снижению стоимости недвижимости);
 - опасения по поводу потери местного экономического потенциала (например, туристического);
 - несправедливость, связанная с распределением выгод от реализации проекта.

Влияние на окружающую среду использования энергии ветра имеет качественные и количественные отличия от последствий применения ископаемых видов топлива. Лучшее понимание влияния ветроэнергетики на окружающую среду возможно с приобретением опыта, связанного с использованием ветрогенераторов, с учетом местных и региональных особенностей экономики и социально-культурных условий. Экологические аспекты использования ветряных турбин подвергаются тщательной проверке и контролю. Среди основных проблем выделяются: шум, столкновение птиц с лопастями ветроустановок, электромагнитные помехи и визуальный аспект.

Наиболее известной угрозой для человека и окружающей среды, связанной с ветроэнергетикой, является генерация шума и инфразвука. Возникают они в результате работы движущихся механических систем, расположенных в гондоле, аэродинамических эффектов, возникающих на лопатках при прохождении (пересечении) башни, и наличии низкочастотной вибрации, вызванной появлением феномена под названием «тень башни» (shadow effect) ветряной турбины. Шум, генерированный турбинами, часто является причиной невозможности строительства ветропарков вблизи населенных пунктов. Определение интенсивности генерируемого шума возможно только с помощью математических расчетов и детальных компьютерных симуляций, так как в настоящее время нет доступной измерительной техники, позволяющей отличить шум, производимый генератором, от шума воздушного потока.

Измерено, что современные ветряные турбины производят при работе очень низкий уровень шума и инфразвука. На высоте гондолы уровень шума может быть больше, чем 100 дБ, однако на расстоянии 1–2 км падает до уровня, приемлемого по самым строгим европейским нормам, т.е. на уровне 30–35 дБ (такой уровень шума

генерируют тикающие часы или шелест листьев на деревьях) [1]. Градиент шумоподавления может быть больше с существованием препятствий и высокой влажности воздуха (рис. 1). Инфразвук воздействует на меньших расстояниях, но выселяет из окружающей среды мелких грызунов. Их отсутствие способствует увеличению популяции личинок вредителей, которые могут атаковать растения.



Рис. 1. Источники шума и пути его распространения [2]

Кроме того, ветряные турбины производят низкочастотные вибрации. Например, на расстоянии около пятидесяти метров от турбин стекла в окнах будут вибрировать. Тем не менее, в соответствии со стандартами жилые дома могут быть расположены на расстоянии не менее трехсот метров от места установки ветрогенератора, поэтому такая ситуация на самом деле не должна иметь место.

Наибольшее количество сомнений о воздействии ветровых турбин на здоровье человека касается инфразвуков (звуков в диапазоне ниже 20 Гц) [3]. Во время большинства исследований, касающихся шума, инфразвук не берется под внимание, т.к. он не слышим для человеческого уха. Однако в последнее время неоднократно появляется все больше научной информации о вреде проживания вблизи ветряных электростанций. В литературе появился термин, описывающий ряд симптомов, возникающих в организме человека, называется он «синдром ветряных турбин» [4]. Наиболее частыми жалобами являются: нарушение сна, трудности с концентрацией внимания, раздражительность и усталость, головноекружение, шум и боль в ушах, повышение давления, беспокойство, депрессия и даже когнитивные расстройства [5]. Но до сих пор не доказана причинно-следственная связь между шумом, производимым турбинами, и жалобами людей о проблемах со здоровьем, что требует дополнительного исследования.

Как ни парадоксально, неблагоприятные последствия для здоровья может спровоцировать сам человек беспокойством, вызванным страхом негативного воздействия ветроэлектростанции на качество его жизни. Восприятие шума может меняться в зависимости от отношения человека к источнику шума. Тем не менее, вопрос об отношении человека к шуму чисто психологический, так что это не подлежит исследованиям, проводимым до строительства ветроэлектростанции. Было также установлено, что раздражение от шума ветряных турбин связано с негативным отношением к визуальному воздействию турбин на ландшафт.

Субъективное восприятие шума также может быть связано с тем, что:

- ветряные турбины часто строятся в районах с низким уровнем шума, в результате резкое увеличение его уровня во время работы турбин вызывает раздражение,
- шум, создаваемый работой ветряной турбины, не является непрерывным и имеет модулируемый характер, зависящий от мгновенной скорости ветра (может испугать после периодов простоя турбин), что хуже воспринимается человеком [6];
- нет возможности уменьшения уровня шума в ночное время;
- вид работающей ветряной турбины может вызвать раздражение при длительном воздействии. Научно доказано, что уровень раздражения гораздо выше у людей, которые видят работающие турбины каждый день, чем у тех, кто их не видит [7].

С работой ветротурбин также связано и образование электромагнитных помех, которые могут вызвать нарушение работы электронных систем, таких как телевидение, радио, мобильные телефоны, радары. Схема искажения сигналов показана на рисунке 2. Об-

часть действия данной интерференции имеет значение лишь в радиусе 200 м, причем цифровая передача снижает возникновение данного типа помех.

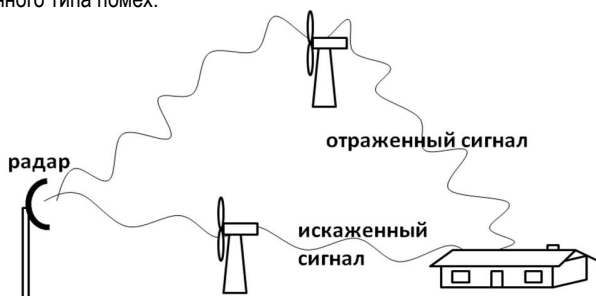


Рис. 2. Схема искажения электромагнитных сигналов

Мерцание тени и световые отражения могут являться серьезной проблемой развития ветроэнергетики, т.к. оказывают негативное влияние на здоровье человека. В частности, когда тень от вращающихся лопастей падает на узкое окно. Это может увеличить вероятность возникновения эпилепсии и состояния нервного напряжения. Так как длина тени зависит от географической широты, времени года и времени суток, можно определить минимальное расстояние воздействия этой тени. Для географической широты Европы необходимо, чтобы расстояние от ветротурбины до зданий составляло приблизительно 6–8 диаметров ротора [1]. Что касается отражения солнечных лучей от поверхности лопастей ветряных турбин и влияния этого эффекта на здоровье человека, то современные лопасти характеризуются меньшим коэффициентом отражения, что практически исключает этот эффект.

Вращающиеся лопасти ветроустановок могут представлять угрозу для птиц. Основными факторами негативного влияния являются не только физические воздействия (столкновения птиц с турбинами, лопастями и башнями), а также разрушения мест обитания и путей миграции птиц при строительстве электростанций. Птицы также часто сталкиваются с высоковольтными линиями, мачтами, антеннами и окнами зданий, а также умирают из-за столкновений с автомобилями. При выборе места для строительства ветропарка необходимо принимать во внимание:

- миграционные пути птиц, чтобы не нарушить эти маршруты,
- разновидность птиц, типичных для данного района (некоторые виды птиц быстро привыкают к ветрогенераторам, другим необходим более длительный период),
- а также места размножения птиц, заповедники и природоохранные зоны.

При соблюдении вышесказанных условий столкновения птиц с ветроустановками встречаются крайне редко.

Годовая оценка смертности птиц от различных причин выглядит следующим образом:

- столкновения со зданиями – 550 млн. птиц;
- столкновение с ЛЭП – 130 млн. птиц;
- смертность от кошек – 100 млн. птиц;
- столкновения с автомобилями – 80 млн. птиц;
- смертность от пестицидов – 67 млн. птиц;
- столкновения с ветротурбинами – 28,5 тыс. птиц;
- столкновения с самолетами – 25 тыс. птиц [8].

Непосредственную угрозу ветроэлектростанции могут принести только летучим мышам. Их тонкая сенсорная система восприимчива к изменениям скорости и передвижениям воздушных потоков [9].

Существует также мнение, что ветроэнергетика может принести вред сельскому хозяйству, прежде всего тем, что ветроустановки занимают землю, которую можно было бы использовать для культивирования. Ветряные турбины должны находиться друг от друга, по крайней мере, на расстоянии, равном высоте 5–10 башен. Это расстояние позволяет возобновляться потоку ветра, а турбулентность, вызванная работой ротора одной ветротурбины, не влияет на работу соседней. Турбины занимают только 1% от всей площади ветропарка, а 99% территории могут быть использованы для сельского хозяйства. Последние исследования напротив показывают положительное влияние ветрогенераторов на сельскохозяйственные культуры, а

именно – замечен быстрый рост сои и кукурузы. Научно доказано, что растения, произрастающие в непосредственной близости от турбин, более устойчивы к заболеваниям, таким образом, это уменьшает использование гербицидов и биоцидов [10].

Большинства негативных воздействий на окружающую среду, которые на самом деле не весьма значительны, можно избежать за счет разумного рационального размещения ветряных турбин. Таким образом, наиболее важной проблемой на сегодняшний день остается визуальный эстетический аспект, который воспринимается людьми по-разному. Необходимо таким образом вписать турбину в существующий ландшафт, чтобы не изменить восприятие и чувства людей, которые будут проживать там каждый день.

Ветряные турбины занимают всего 1% от площади всего ветропарка, поэтому оставшееся пространство можно использовать рациональным образом. Данные территории в основном используются в сельскохозяйственных целях, но можно оставить поле для реализации фантазий ландшафтных архитекторов и организовать, например, места для отдыха, общения и спорта, которые могут значительно увеличить туристическую привлекательность региона.

В Беларуси основной проблемой является недостаточная осведомленность общественности о способах эффективного использования энергии, а также выгод, вытекающих от реализации данных проектов. Решением этой проблемы может быть применение такой политики, которая будет поощрять обмен идеями, содействовать обсуждениям (дискуссиям), способствовать нахождению компромиссных решений, что обеспечит прозрачность проектов по ветроэнергетике и повысит доверие к инвесторам [11]. Для этой цели можно воспользоваться помощью внешних независимых экспертов, которые, путем проведения информационных кампаний, будут повышать осведомленность общественности. Как, например, в Нидерландах существуют так называемые ветер-команды (wind team), организованные специально для такого сотрудничества [12].

Для решения проблемы неосведомленности общественности можно воспользоваться американским опытом [13], где обучение возобновимым источникам энергии осуществляется уже в школах. Такая образовательная политика способствует более широкому общественному обсуждению о потенциальных выгодах, связанных не только с развитием ветроэнергетики, но также и возможностью использования местных товаров и услуг для реализации данных проектов.

Важным аспектом строительства ветряных электростанций также являются потенциальные финансовые выгоды. Многие проекты блокируются протестами, связанными с несправедливостью распределения прибыли, например, связанных с долгосрочными договорами аренды в отношении фермеров. Хорошим решением этой проблемы могла бы стать возможность инвестирования самих жителей данной местности в проекты такого рода, например, до 20% акций, как это делается в Дании [14]. Это дало бы возможность выбора для каждого, хочет ли он достичь финансовой выгоды, связанной с развитием ветроэнергетики в месте его жительства, или нет.

Рекомендации, которые могут помочь избежать или хотя бы свести к минимуму эти проблемы. Анализ мирового опыта позволил выявить, что существует несколько рекомендаций для разработчиков, чтобы сбалансировать финансовые интересы и таким образом создать повышенный потенциал для новых и надежных отношений между разработчиками ветроэнергетических проектов и местными жителями, сообществами [12].

1. Усилить местную экономику путем:

- заключения контрактов с местными компаниями на основные виды строительных работ, таких как заливка фундаментов, строительство дорог, создание линий связи и передача, а также обеспечение транспортным оборудованием;
 - приобретение местных продуктов (например, сувениры, питание для командированных работников);
 - наем местных жителей в качестве персонала эксплуатационно-технического обслуживания, экскурсоводов и др.
2. Позволить местным жителям, сообществом принимать участие в качестве акционеров/соучредителей (возможно, предлагая им акции по специальной цене, если иное не практикуется).
3. Создать крепкую связь с производителями энергии из ветра, например, путем создания муниципальной ветроэнергетической

- компания, таким образом, налоги, вытекающие из данного проекта, оседали бы в местном муниципалитете.
4. Рассмотреть возможность местным жителям и сообществам приобрести произведенную электроэнергию на льготных условиях.
 5. Предлагать "непрямую" аренду земли или возможность владельцам соседних участков участвовать в качестве акционеров.

Заключение. Ветроэнергетика в качестве источника энергии не всегда оценивается положительно. Наибольшее число сомнений по внедрению ветроустановок связано с негативным воздействием их на здоровье и качество жизни человека. Британские исследования [15] показали, что такие факторы, как шум, инфразвук и мерцание тени, не имеют вредного воздействия на человека, если во время строительства были соблюдены все строительные нормы и правила. Также устанавливается запрет на приближение к ветрогенератору на расстояние менее двух метров, что исключает гибель людей или получение травмы в результате отрыва лопасти или отлетевшими от лопасти частицами льда. Использование современных технологий и материалов, правильный подбор конструкции и разумное рациональное размещение ветряных турбин исключает какое-либо негативное влияние ветроэнергетики на человека и окружающую среду.

Различные примеры показывают, что нет стандартного ответа на все сомнения. Влияние ветроэнергетики имеет локальный характер в отличие от топливных электростанций. Поэтому оптимальным решением является то, которое лучше всего соответствует местным социальным условиям и учитывает все региональные факторы [16]. Общественное признание и правильное представление конкретных проектов в средствах массовой информации может быть определено как общественный консенсус относительно планирования, строительства и эксплуатации ветряных электростанций. Поэтому необходимо информировать общественность о преимуществах, связанных с ветроэнергетикой, и развивать позитивное отношение к запланированным проектам. Также важным аспектом решения всех возможных сомнений является тесное сотрудничество инвесторов, местных органов власти и общественности, в планировании, реализации и эксплуатации ветроэнергетических стартапов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jarzyna, W. Technological development of wind energy and compliance with the requirements for sustainable development / W. Jarzyna, A. Pawłowski, N. Viktorovich. – Problemy Ekorożwoju. – 2014. – № 9. – P. 167–177.
2. Rogers A. L., Manwell J. F., Wright S., Wind Turbine Acoustic Noise, A white paper prepared by Renewable Energy Research Laboratory Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Massachusetts at Amherst, 2002.
3. Leventhall G., What is infrasound?, Progress in Biophysics and Molecular Biology 93. – 2007. – P. 130–137.
4. Pierpont N., Wind turbine syndrome & the brain, 2010, <http://www.windturbinesyndrome.com/2010/wind-turbine-syndrome-and-the-brain-pierpont/>.
5. Salt A. N., Hullar T. E., Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines, Hearing Research 268. – 2010. – P. 12–21.
6. Jeffery R. D., Krogh K., Horner B., Adverse health effects of industrial wind turbines, Canadian Family Physician 59. – 2013. – P. 473–475.
7. Bolin K., Bluhm G., Eriksson G., Nilsson M. E., Infrasound and low frequency noise from wind turbines: exposure and health effects, Environmental Research Letters 6. – 2011. – P. 1–6.
8. Drewitt A. L., Langston R. H. W., Assessing the impacts of wind farms on birds, Ibis 148. – 2006. – P. 29–42.
9. Kunz T. H., Amett E. B., Erikson W. P., Hoar A. R., Johnson G. E., Larkin R. P., Strickland M. D., Thresher R. W., Tuttle M. D., Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses, Front Ecol Environ 5(6). – 2007. – P. 315–324.
10. Hassnien R. H. E., Hou T., Li Y., Li B., Advances in Effects of Sound Waves on Plants, Journal of Integrative Agriculture, 2013, p. 1-23.
11. Jobert A., Laborgne P., Mimler S., Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies, Energy Policy 35, 2007, p. 2751–2760.
12. IEA Wind RP14: Social Acceptance of Wind Energy Projects, January 2013.
13. Wind for Schools Initiative. http://www.windpoweringamerica.gov/schools_wfs_project.asp.
14. REA 2008. Promotion of Renewable Energy Act. Act No. 1392 of 27 December 2008 <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/supply/renewable-energy/wind-power/onshore-wind-power/Promotion%20of%20Renewable%20Energy%20Act%20-%20extract.pdf>.
15. Global Wind Energy Outlook. GWEC 2006. www.gwec.net
16. Zoellener J., Schweizer-Ries P., Wemneuer C., Public acceptance of renewable energies: Results from case studies in Germany, Energy Policy 36. – 2008. – P. 4136–4141.

Материал поступил в редакцию 18.03.14

VIKTOROVICH N.V., SEDLISKA T. Barriers on the way of development of wind power. Myths and real threat

The paper presents the issues of related to barriers for development of wind energy. The main attention of this study focused on identifying the threats which are inherent in the development of wind energy. The estimation of various types of wind energy impacts on the environment and human health. Analyzed how social acceptance affects on the development of wind energy.

УДК 692.232

Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В., Кредько В.А.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НАРУЖНОГО СТЕНОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ

Введение. Взвешенный подход к повышению теплозащитных характеристик ограждающих конструкций был нарушен, когда в 2009 г. вступили в действие Изменения №1 [1], согласно которым рекомендованное нормативное сопротивление теплопередаче ($R_{т\text{ норм}}$) при

проектировании зданий и сооружений для наружных стен из штучных материалов (кирпич, шлакоблоки и т.п.) увеличилось в 1,6 раза: с $2,0 \text{ м}^2 \times 0 \text{ C/Вт}$ [2] до $3,2 \text{ м}^2 \times 0 \text{ C/Вт}$ [1].

Следует отметить, что столь существенное повышение $R_{т\text{ норм}}$

Черноиван Вячеслав Николаевич, к.т.н., профессор кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Новосельцев Владимир Геннадьевич, к.т.н., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Черноиван Николай Вячеславович, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Кредько Виталий Анатольевич, студент строительного факультета Брестского государственного технического университета. Республика Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.