

**Для цитирования:** Кокоев М.Н., Федоров В.Т., Хаджишалапов Г.Н. Ветроэнергетика в производстве пеностекла и керамзита. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46(1):187-194. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-1-187-194

**For citation:** Kokoev M.N., Fedorov V.T., Hadgishalapov G.N. Wind energy in the manufacture of penostekl and keramzit Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(1):187-194. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-1-187-194

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 621.548 : 691.4

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-1-187-194

### ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕНОСТЕКЛА И КЕРАМЗИТА

Кокоев М.Н.<sup>1</sup>, Федоров В.Т.<sup>2</sup>, Хаджишалапов Г.Н.<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,

<sup>1,2</sup>360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, Россия,

<sup>3</sup>Дагестанский государственный технический университет,

<sup>3</sup>367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия,

<sup>1</sup>e-mail: [kbagrostroy@yandex.ru](mailto:kbagrostroy@yandex.ru), <sup>2</sup>e-mail: [fedorovsteer@gmail.com](mailto:fedorovsteer@gmail.com), <sup>3</sup>e-mail: [yarus-x@mail.ru](mailto:yarus-x@mail.ru)

**Резюме. Цель.** Пеностекло и керамзит абсолютно пожаробезопасные, надежные и экологически чистые теплоизоляторы. Но в себестоимости их производства затраты на энергоресурсы достигают 40...60 %. **Метод.** Предложено часть тепловой энергии, необходимой для производства стройматериалов, вырабатывать ветроэлектрической станцией (ВЭС). **Результат.** Разработана теплофикационная ВЭС с турбиной Дарье, способной работать в тяжелых климатических условиях. Несущая часть ветросилового устройства состоит из трех простых мачт, работающих преимущественно на сжатие. Мачты симметрично расставлены относительно центра ВЭС. Особенность конструкции в том, что вертикальный вал с турбиной подвешен вверху на вертлюге в точке, где сходятся три почти горизонтальных каната. Свободные концы канатов проходят через блоки на вершинах мачт и закреплены анкерами на уровне земли. Поэтому вал работает преимущественно на растяжение и кручение и хорошо противостоит поперечным колебаниям. На ВЭС работает простой генератор без аппаратуры для регулирования напряжения и частоты тока, так как для электронагревателей печей, на которые подается ток генератора, кондиционирование электроэнергии не требуется. При уменьшении скорости ветра и падении мощности ВЭС автоматика подает больше топлива в горелки для поддержания температуры по регламенту. **Вывод.** Таким образом, мощность ВЭС восполняет часть потребной тепловой мощности печей, а недостающую часть тепловой мощности компенсируют сжиганием газа или мазута. Если ВЭС находится вблизи предприятия, то электроэнергия подается потребителю без трансформаторов. Дешевле проложить кабели увеличенного сечения, чем комплектовать ВЭС двумя силовыми трансформаторами.

**Ключевые слова:** пеностекло, керамзит, энергоёмкость, теплофикационная ветроэлектрическая станция, тяжелые климатические условия

## BUILDING AND ARCHITECTURE

### WIND ENERGY IN THE MANUFACTURE OF PENOSTEKL AND KERAMZIT

Mohammed N. Kokoev<sup>1</sup>, Victor T. Fedorov<sup>2</sup>, Gadzhimagomed N. Hadgishalapov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> H.M. Berbekov Kabardino-Balkar State University,

<sup>1,2</sup> 173 Chernyshevsky Str., Nalchik 360004, Russia,

<sup>3</sup> Daghestan State Technical University,

<sup>3</sup> 70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia,

<sup>1</sup> e-mail: [kbagrostroy@yandex.ru](mailto:kbagrostroy@yandex.ru), <sup>2</sup> e-mail: [fedorovsteer@gmail.com](mailto:fedorovsteer@gmail.com), <sup>3</sup> e-mail: [yarus-x@mail.ru](mailto:yarus-x@mail.ru)

**Abstract Objectives.** Foamglass and expanded clay are absolutely fireproof, reliable and environmentally friendly heat insulators. But in the cost of their production, energy costs reach 40 ... 60%. **Method.** A part of the thermal energy required for the production of building materials was proposed to be developed by a wind power station (WPP). **Result.** A heating plant with a Darya turbine capable of operating in severe climatic conditions has been developed. The bearing part of the wind power installation consists of three simple masts, working mainly in compression. The masts are symmetrically placed relative to the center of the wind farm. The design feature is that the vertical shaft with the turbine is suspended at the top of the swivel at the point where the three almost horizontal cables meet. The free ends of the ropes pass through the blocks on the tops of the masts and are secured with anchors at ground level. Therefore, the shaft works mainly in tension and torsion and is well opposed to transverse vibrations. A simple generator without equipment for voltage and frequency regulation operates at WPPs, as for electric heaters of furnaces to which the generator current is supplied, power conditioning is not required. With a decrease in wind speed and a drop in HPP power, the automation supplies more fuel to the burners to maintain the temperature according to the regulations. **Conclusion.** Thus, the WPP capacity fills a part of the required heat output of the furnaces, and the missing part of the heat output is compensated by burning gas or fuel oil. If the WPP is located near the enterprise, then electricity is supplied to the consumer without transformers. It is cheaper to lay cables of a larger section than to complete a wind farm with two power transformers.

**Keywords:** foam glass, expanded clay, energy intensity, heating wind power station, severe climatic conditions

**Введение.** По комплексу свойств на сегодняшний день самый надежный и безопасный строительный теплоизолятор – это пеностекло и керамзит. Действительно, пеностекло пожаробезопасно и может работать в очень широком интервале температур (50...900 К) – от теплоизоляции криогенного оборудования до паропроводов атомных электростанций. А также, конечно, и в обычном строительстве и на предприятиях.

Пеностекло имеет высокую биостойкость, не повреждается грызунами, имеет достаточную прочность и не подвержено деформации от времени. Теплоизоляционная эффективность пеностекла почти равна пенополистиролу – 0,04...0,65 Вт/м·С [1,2]. Только лишь вакуумно-порошковые теплоизоляционные изделия, появившиеся в последние годы, имеют более высокие теплоизоляционные свойства [3-5]. Известна попытка еще больше увеличить теплоизоляционные свойства пеностекла [6]. Пеностекло имеет в 2-5 раза большую плотность (90...250 кг/м<sup>3</sup> и выше), чем пенопласты. Но более высокая плотность пеностекла компенсируется прочностью, влагостойкостью, стабильностью своих свойств, долговечностью и другими преимуществами. Плитки из пеностекла вполне могут заменить многие другие материалы, применяемые сейчас [7] для облицовки зданий под штукатурку или другие лицевые покрытия.

Сырье для производства пеностекла – это обычно бой строительного стекла, а также использованная стеклотара. Только в Москве ежегодно собирается более 50 тысяч тонн стеклобоя [8]. Так что расширение производства пеностекла одновременно решает проблему утилизации

стеклобоя, поскольку потребность в пеностекле строительной отрасли, энергетики и промышленности большая. Газообразующие добавки в шихту - тонкий порошок кокса, сажа, мел, известь и другие, недефицитны и их количество небольшое - от 1 до 5 % от массы силикатных материалов [9].

Основные недостатки пеностекла: сложность поддержания технологических параметров для выпуска пеностекла со стабильными потребительскими свойствами; высокая энергоёмкость производства. Первый недостаток можно существенно уменьшить, к этому есть техническая основа – применение более совершенных датчиков, регулирующей аппаратуры и компьютерных программ.

Вторая проблема – высокая энергоёмкость процесса, есть следствие длительности нагрева силикатных, и вообще минеральных порошков до высокой температуры и последующей выдержки для вспучивания и отжига материала. Кроме того, дробление и измельчение сырья до частиц размером 50...100 мкм тоже энергоёмкий процесс. К тому же тратится на измельчение самый дорогой вид энергоресурса - электроэнергия.

Многое из сказанного выше о пеностекле можно отнести к свойствам и производству другого стройматериала - керамзита. Это лёгкий пористый материал, получаемый путём обжига легкоплавкой глины или глинистого сланца при температуре 1200...1300 °С. Керамзитовый гравий имеет насыпную плотность от 250 до 800 кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент теплопроводности керамзита находится в пределах 0,07...0,18 Вт/м °С [10]. Керамзит производят в виде гравия, щебня и песка.

Как видим, у керамзита не такие высокие теплоизоляционные свойства и плотность много выше, чем у пеностекла, но и цена керамзита в 3...6 раз ниже, чем у пеностекла. А если сравнивать керамзитовый гравий не с гранулами из пеностекла, а с плитами и фасонными изделиями, то цена у пеностекла будет еще выше. Керамзит абсолютно пожаробезопасен, его теплопроводность в несколько раз ниже простого бетона, а экологические свойства и стабильность во времени также высоки, как у пеностекла. Керамзит имеет достаточную прочность в качестве заполнителя легкого бетона. Насыпной слой толщиной 10 см из мелкого керамзита равноценен по теплоизоляции кирпичной кладке толщиной 1 метр. Керамзит производится из дешевого сырья. Главный недостаток у керамзита тот же, что у пеностекла – в производстве керамзит весьма энергоёмкий.

В себестоимости производства цемента, строительной керамики и керамзита в частности, а также стекла, стекловолокна, пеностекла, минерального волокна, арматурной стали затраты на энергоресурсы составляют от 40 до 60 %. Кроме того, большое потребление топлива этими предприятиями наносит ущерб экологии. Особенно вредно сжигание топочного мазута, у которого обычно большая примесь серы, которая порождает кислотные дожди. В производстве пеностекла и керамзита в основном используют газ и мазут. Сейчас возросли трудности в пополнении запасов технически пригодных к разработке месторождений нефти и газа. Это основная причина роста цен на топливо и, соответственно, на строительные материалы. Экологи постоянно указывают на нарастающий ущерб природе от непомерного сжигания ископаемых топлив.

Некоторые страны достигли прекрасных результатов в деле использования возобновляемых источников энергии. Например, в 2017 году на долю «чистой» энергетики в Германии приходилось 36 % вырабатываемой энергии [11], основная часть которой производится от солнца и ветра. Но особенно велики успехи КНР - доля «чистой» установленной мощности за счет энергии солнца и ветряных генераторов в Китае в 2017 году равна 277 ГВт. Это на 41 ГВт больше, чем мощность всей энергетики России, включая все российские ГЭС, ТЭС и АЭС от Калининграда до Владивостока [12].

**Постановка задачи.** Как снизить энергоёмкость производства и тем самым уменьшить себестоимость пеностекла, керамзита и аналогичных материалов? Известны обычные меры снижения потерь тепла и электроэнергии в производстве энергоёмких материалов - это улучшение теплоизоляции оборудования, применение средств автоматизации техпроцессов, исполь-

зование рекуператоров и теплообменников, подогревающих воздух на входе в топочные устройства, использование попутного тепла в смежных технологических процессах и социальных объектах.

**Методы исследования.** Новый путь – это использование источников тепловой энергии, не требующих постоянного расхода углеводородного топлива.

В данной работе рассматривается именно второй путь, то есть восполнение части энергии на производство за счет применения ветровой энергии путем разработки специализированной ветроэлектрической станции.

Такой подход предполагает учет двух факторов: применение более экономичных технических решений; учет местных климатических и других условий.

1. Технические решения. Западноевропейские ветроэлектрические станции (ВЭС) большой мощности от 0,5 до 6 МВт с горизонтальной осью вращения турбины ориентированы на выработку электроэнергии со стандартными напряжением и частотой тока. На вершине мощной мачты, высотой до 120 м и выше, в гондоле известных ВЭС размещены сложные агрегаты - специальный планетарный редуктор, генератор на тысячи киловатт, системы охлаждения масла для редуктора и привода, а также автоматика и гидропривод для поворота лопастей на заданный угол атаки и поворота всей гондолы с ротором на ветер [13,14]. Масса гондолы на вершине мачты достигает 50 тонн.

Кроме того, обычно в основании мачты из композита размещены шкафы с оборудованием для преобразования и регулирования параметров тока с целью выдачи мощности в общую сеть. Таким образом, сложное электротехническое и электронное оборудование ВЭС, предназначенных для работы с региональными сетями, удорожают ветроустановки на 40...50 %. Вырабатывать часть тепловой энергии для предприятия стройматериалов должна ВЭС существенно более простой конструкции.

2. Об учете местных условий. В Германии, Дании, Голландии и др. странах Западной Европы, где высока плотность населения и больше нет свободных территорий, нашли применение дорогостоящие, но компактные по занимаемой площади ВЭС с горизонтальной осью вращения ротора. Выше подробно сказано об этих станциях. Напротив, есть страны и территории со многими свободными участками. В этих странах можно ставить ВЭС любой строительной схемы с почти неограниченной площадью. Например, в Канаде, где свободных территорий очень много, особенно севернее широты Ванкувера и Виннипега, находят применение ВЭС с вертикальной осью вращения. Это так называемые ВЭС с ротором Дарье [15].

Но главные местные условия – это наличие достаточного ветрового потенциала в месте строительства ВЭС для предприятия стройматериалов. А также должна быть обеспечена экономичная доставка сырья и отправка готовой продукции потребителям. В России богаты ветровой энергией не только берега северных морей от Белого моря до Охотского, но и более населенные места, например, берега Каспийского моря [16]. И во многих других местах России есть подходящий ветер, например, в Саратовской и Ростовской области, на Ставрополье и др. [17]. Он не такой мощный и постоянный как на мысе Лопатка, что на юге Камчатки, но вполне годится для работы теплофикационных ВЭС.

**Обсуждение результатов.** В последнее время появились аналитические работы, где показано, что вертикально-осевые установки с ротором Дарье во многих случаях применения имеют существенные конструктивные и экономические преимущества по сравнению с горизонтально-пропеллерными ВЭС [18]. Одним из главных достоинств вертикально-осевых установок то, что их работа не зависит от направления ветра, поэтому отпадает необходимость в сложных механизмах ориентации ротора на ветер.

Во-вторых, у них редуктор и генератор стоят внизу, что сильно упрощает установку и ее обслуживание. Вследствие этого такие ВЭС более просты и поэтому имеют меньшую стоимость и более надежны. Достигнутые к настоящему времени фактические коэффициенты использования энергии ветра у горизонтально-пропеллерных ветроагрегатов и вертикально-осевых установок мало отличаются. Несколько меньшая эффективность вертикально-осевых

установок есть следствие того, что центр тяжести ометаемой площади у них находится ближе к земле, а у поверхности земли скорость ветра меньше. Кроме того, установки с вертикальным ротором менее опасны для птиц, так как перемещение в горизонтальном направлении вертикальной лопасти ротора Дарье птицы лучше видят. Маневр уклонения от удара птицам легче удаётся в горизонтальной плоскости.

Другое важное преимущество вертикально-осевых ВЭС в том, что у них лопасть ротора технологически во много раз проще лопастей пропеллерных установок. Лопасть ротора Дарье – это прямоугольная и симметричная относительно хордовой плоскости деталь, которую удобно изготавливать методом экструзии из сплавов алюминия или армированных стекловолокном светостойких полимеров.

В известных вертикально-осевых ВЭС вал ротора выполняет одновременно роль мачты. Поэтому в таких установках вал выполняют в виде трубы большого диаметра. На вершину вала надета мощная втулка с радиально-упорным подшипником. К втулке прикреплены серьги, на которых закреплены растяжки (ванты) для фиксации вала в вертикальном положении. Растяжки идут от втулки на вершине вала вниз к анкерам, установленным на уровне земли. Поэтому, в частности, ротор не может иметь большой диаметр, так как лопасти вверху могут задеть растяжки [15]. Это ограничивает мощность установки при данной высоте мачты.

Для противодействия сильному ветру натяжение растяжек выполняют большим. Поэтому вал ротора в такой установке работает одновременно на кручение и большое продольное сжатие от натяжения растяжек. Нагруженный продольной силой сжатия длинный вал подвержен потере устойчивости по Эйлеру. Устойчивость вала еще больше снижается от действия на него поперечных колебаний от турбулентных воздушных потоков. Поэтому это сильно повышает риск поломки известных ВЭС при штормовом и шквалистом ветре и сильных снегопадах.

В России запатентована экономичная теплофикационная ВЭС новой конструкции, способной работать в тяжелых климатических условиях [19, 20]. Несущая часть ветросиловой установки состоит, из трех простых мачт, работающих преимущественно на сжатие. Мачты симметрично расставлены относительно центра ветросиловой установки. Особенность конструкции в том, что здесь вертикальный полый вал ротора не работает одновременно на сжатие, кручение и изгиб, как это обычно бывает в известных ВЭС. В новой разработке вал работает только на растяжение и кручение. Для этого он подвешен вверху на вертлюге в точке, где сходятся три почти горизонтальных каната, свободные концы которых переброшены через блоки на вершинах мачт и закреплены анкерами на уровне земли.

Нижний конец вала ротора с помощью муфты соединяется с валом редуктора. С помощью нижнего мощного радиально-упорного подшипника и растяжек, закрепленных на фундаменте, вал ротора нагружают определенной растягивающей нагрузкой для ограничения поперечных колебаний. Это позволяет уменьшить диаметр и массу вала ротора при одновременном повышении его устойчивости при штормовом ветре.

Таким образом, редуктор и электрогенератор находятся в боксе на уровне земли. Увеличение площади земельного участка под теплофикационную ВЭС новой конструкции в российских условиях в большинстве случаев не имеет особого значения.

На теплофикационной ВЭС используют простой электрогенератор. Станция работает без аппаратуры для поддержания частоты и напряжения электрического тока, так как для электронагревателей, используемых на предприятии стройматериалов, нет нужды в таком регулировании. Потому что для электронагревателей печей, кондиционирование электроэнергии не требуется. При колебаниях скорости ветра и, соответственно, изменении мощности генератора, автоматика подает больше или меньше газа или мазута в горелки для поддержания заданной температуры в печи в соответствии с технологическим регламентом. Поэтому мощность ВЭС восполняет какую-то часть потребной тепловой мощности печей, а недостающую часть тепловой энергии компенсируют сжиганием топлива.

Одновременное использование двух источников тепловой энергии в производстве керамзита – электрической и сжигание топлива дает большие технологические преимущества.

Потому что для вспучивания глиняных гранул нужно, чтобы активное газовыделение совпало по времени с переходом глины в пиропластическое состояние.

Например, температура диссоциации карбоната магния - до 600 °С, карбоната кальция – до 950 °С, дегидратация глинистых минералов происходит при температуре до 800 °С. А реакции восстановления окислов железа развиваются при температуре порядка 900 °С, тогда как в пиропластическое состояние глины переходят при температурах выше 1100 °С [10,21].

При обжиге сырцовых гранул в производстве керамзита в нужный момент необходим быстрый подъем температуры. Так как при медленном обжиге значительная часть газов выходит из глины до ее размягчения и в результате получаются сравнительно плотные мало вспученные гранулы. Но в существующих вращающихся печах топливо обычно сжигается у выходного края печи. Чтобы быстро нагреть гранулы в нужный момент до пиропластического состояния, то есть до температуры вспучивания, можно поставить в определенных местах печи дополнительный электрический подогрев. Появляется возможность оперативно регулировать температуру.

**Вывод.** При оптимальном распределении температуры по длине трубной печи, что получается при подпитке печей энергией ВЭС, можно получить высокосортные легкие гранулы керамзита. Кроме того, появляется возможность оперативно настраивать распределение температуры по зонам печи в зависимости от свойств партий поступающего сырья.

Если ВЭС находится вблизи предприятия, то электроэнергия подается потребителю без трансформаторов. Дешевле и проще проложить кабели увеличенного сечения, чем комплектовать ВЭС двумя силовыми трансформаторами.

#### Библиографический список:

1. Артамонова М. В. Химическая технология стекла и ситаллов. - М.: Стройиздат, 1983. - 432 с.
2. Архаров А. М. Криогенные системы. Основы проектирования аппаратов и установок. М.: Машиностроение. - 1987. - 536 с. Arkharov A.M. Cryogenic systems. Fundamentals of apparatus and installations. М.: Mechanical Engineering. -1987. -536 p.
3. Патент РФ 2144595. Вакуумное теплоизоляционное изделие /
4. Кокоев М.Н., Федоров В.Т. - 1997. RF patent 2144595. Vacuum insulation product / Kokoev, M.N., Fedorov, V.T. - 1997.
5. Кокоев М.Н., Федоров В.Т. Теплоизоляционное изделие с предельно низкой материалоемкостью // Строительные материалы - 1998, N 9.- С. 10-12. Kokoev M.N., Fedorov V.T. Thermal insulation product with extremely low material consumption // Construction materials - 1998, N 9.- P. 10-12.
6. R. Caps, J. Fricke, Konzepte fuer den Einsatz von evakuierten Daemmungen bei Passivhaeusern, Tagungsband 4. Passivhaus-Tagung, Kassel - 2000.
7. Федоров В.Т. Вакуумированное пеностекло - новый теплоизолятор. // Вестник Кабардино-Балкарского госуниверситета. Серия физические науки, вып. N 8. - 2003. - С. 53-54. Fedorov V.T. Vacuum foam glass is a new heat insulator. // Bulletin of the Kabardino-Balkarian State University. A series of physical sciences, vol. N 8. - 2003. - p. 53-54.
8. Федоров В.Т., Кокоев М.Н. Энергосберегающая вакуумно-порошковая панель для облицовки зданий. // Вестник Отделения строительных наук РААСН, 2010 г., Том 2, С. 219-226. Fedorov V.T., Kokoev M.N. Energy-saving vacuum powder panel for lining buildings. // Bulletin of the Department of Building Sciences RAACS, 2010, Volume 2, p. 219-226.
9. Пеноситалл. Foamsitall. [http://www.penosytal.com/compare\\_asr.html](http://www.penosytal.com/compare_asr.html) - 2018.
10. Наназашвили И.Х. Строительные материалы, изделия и конструкции. Справочник. - М.: Высшая школа, 1990. - 495 с. Nanazashvili I.Kh. Construction materials, products and designs. Directory. - М.: Higher School, 1990. - 495 p.
11. Онацкий С.П. Производство керамзита. - М.: Стройиздат, -1971. - 312 с. Onatsky S.P. Production of expanded clay. - М.: stroiizdat, - 1971. - 312 p.
12. Umwelt Bundesamt BRD - <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#statusquo>. - 2017.
13. "Чистая" энергия Китая. China's clean energy. <https://econet.ru/articles/178717> - 2017.
14. Erich Nau. Windkraftanlagen. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. 2008. 910 Seiten.
15. Твайделл Дж., Уэйр А. Ветроэнергетика // Возобновляемые источники энергии. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 393 с. 14. Twidell J., Ware A. Wind Energy // Renewable Energy Sources. - М.: Energoatomizdat, 1990. - 393 p.

16. DOE's 500-kW variable speed Darrieus machine <http://www.awea.org/faq/vawt.html>
17. Ветры в Республике Дагестан - 2017. Winds in the Republic of Dagestan - 2017. <http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/severnyij-kavkaz/respublika-dagestan>
18. Карта ветров России - 2017. Map of the Winds of Russia - 2017. <http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii>
19. Сравнительный анализ ветрогенераторов. Comparative analysis of wind turbines. <http://www.ecoteco.ru/index.php?id=1198> - 2010.
20. Патент РФ 2454564. Ветроциловая установка с ротором Дарье / Федоров В.Т., Бевов Р.К. - 2010. Patent of the Russian Federation 2454564. Wind power installation with Darya rotor / Fedorov V.T., Bevov R.K. - 2010.
21. Кокоев М.Н. Теплофикационная ветросиловая установка // Энергия: экономика, техника, экология. - 2007. - N 3. - С.18-22. Kokoyev M.N. Heating wind power installation // Energy: economy, technology, ecology. - 2007. - N 3. - P.18-22.

### References:

1. Artamonov M.V. Chemical technology of glass and glass bottles. - М.: stroiizdat, 1983. - 432 p. [Artamonov M.V. Chemical technology of glass and glass ceramics. - М.: stroiizdat, 1983. - 432 p. Artamonov M.V. Chemical technology of glass and glass bottles. - М.: Stroiizdat, 1983. - 432 p. (In Russ)]
2. Arkharov A. M. Kriogennyye sistemy. Osnovy proyektirovaniya apparatov i ustano-vok. М.: Mashinostroyeniye. - 1987. - 536 s. Arkharov A.M. Cryogenic systems. Fundamentals of apparatus and installations. М.: Mechanical Engineering. -1987. -536 p. [Arkharov A.M. Cryogenic systems. Fundamentals of apparatus design and installation. М.: Mechanical Engineering. - 1987. - 536 s. Arkharov A.M. Cryogenic systems. Fundamentals of apparatus and installations. М.: Mechanical Engineering. -1987. 536 p. (In Russ)]
3. Patent RF 2144595. Vakuumnoye teploizolyatsionnoye izdeliye / Kokoyev M.N., Fedorov V.T. - 1997. RF patent 2144595. Vacuum insulation product / Kokoyev, M.N., Fedorov, V.T. - 1997. [RF patent 2144595. Vacuum insulation product (Kokoyev M.N., Fedorov V.T. - 1997. RF patent 2144595. Vacuum insulation product / Kokoyev, M.N., Fedorov, V.T. - 1997. In Russ)]
4. Kokoyev M.N., Fedorov V.T. Teploizolyatsionnoye izdeliye s predel'no nizkoy materialoymkost'yu // Stroitel'nyye materialy - 1998, N 9.- S. 10-12. Kokoyev M.N., Fedorov V.T. Thermal insulation product with extremely low material consumption // Construction materials - 1998, N 9.- P. 10-12. [Kokoyev M.N., Fedorov V.T. Thermal insulation product with extremely low material capacity // Building materials - 1998, N 9.- P. 10-12. Kokoyev, M.N., Fedorov V.T. Thermal insulation product with extremely low material consumption // Construction materials - 1998, N 9.- P. 10-12. In Russ)]
5. R. Caps, J. Fricke, Konzepte fuer den Einsatz von evakuierten Daemmungen bei Pas-sivhaeusern, Tagungsband 4. Passivhaus-Tagung, Kassel - 2000.
6. Fedorov V.T. Vakuumirovannoye penosteklo - novyy teploizolyator. // Vestnik Ka-bardino-Balkarskogo gosuniversiteta. Seriya fizicheskiye nauki, vyp. N 8. - 2003. - S. 53-54. Fedorov V.T. Vacuum foam glass is a new heat insulator. // Bulletin of the Kabardino-Balkarian State University. A series of physical sciences, vol. N 8. - 2003. - p. 53-54. [Fedorov V.T. Vacuum foam glass is a new heat insulator. // Bulletin of the Ka-bardino-Balkarian State University. A series of physical sciences, vol. N 8. - 2003. - p. 53-54. Fedorov V.T. Vacuum foam glass is a new heat insulator. // Bulletin of the Kabardino-Balkarian State University. A series of physical sciences, vol. N 8. - 2003. - p. 53-54. In Russ)]
7. Fedorov V.T., Kokoyev M.N. Energosberegayushchaya vakuumno-poroshkovaya panel' dlya oblitsovki zdaniy. // Vestnik Otdeleniya stroitel'nykh nauk RAASN, 2010 g., Tom 2, S. 219-226. Fedorov V.T., Kokoyev M.N. Energy-saving vacuum powder panel for lining buildings. // Bulletin of the Department of Building Sciences RAACS, 2010, Volume 2, p. 219-226. [Fedorov V.T., Kokoyev M.N. Energy-saving vacuum powder panel for lining buildings. // Bulletin of the Department of Building Sciences RAACS, 2010, Volume 2, p. 219-226. Fedorov V.T., Kokoyev M.N. Energy-saving vacuum powder panel for lining buildings. // Bulletin of the Department of Building Sciences RAACS, 2010, Volume 2, p. 219-226. In Russ)]
8. Penositall. Foamsitall. [http://www.penosytal.com/compare\\_asr.html](http://www.penosytal.com/compare_asr.html) - 2018. [Passive. Foamsitall. [http://www.penosytal.com/compare\\_asr.html](http://www.penosytal.com/compare_asr.html) - 2018.
9. . Nanazashvili I.Kh. Stroitel'nyye materialy, izdeliya i konstruksii. Spravochnik. - М.: Vysshaya shkola, 1990. - 495 s.. [Nanazashvili I.Kh. Construction materials, products and designs. Directory. - М.: Higher School, 10. Onatskiy S.P. Proizvodstvo keramzita. - М.: Stroyizdat, -1971. - 312 s.
10. Onatsky S.P. Production of expanded clay. - М.: stroiizdat, - 1971. - 312 p. [Onatsky S.P. Production of expanded clay. - М.: stroiizdat, -1971. - 312 s. Onatsky S.P. Production of expanded clay. - М.: Stroiizdat, - 1971. - 312 p. In Russ)] In Russ)]
11. Umwelt Bundesamt BRD - <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#statusquo>. - 2017.
12. China's "clean" energy. China's clean energy. <https://econet.ru/articles/178717>- 2017.
13. Erich Hau. Windkraftanlagen. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. 2008. 910 Seiten.

14. Twidell J., Ware A. Wind Energy // Renewable Energy Sources. - М.: Energoatomizdat, 1990. - 393 p. 15. DOE's 500-kW variable speed Darrieus machine <http://www.awea.org/faq/vawt.html>
16. Winds in the Republic of Dagestan - 2017. Winds in the Republic of Dagestan - 2017. <http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/severnyij-kavkaz/respublika-dagestan> [In Russ]
17. Map of the Winds of Russia - 2017. Map of the Winds of Russia - 2017. <http://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii> [In Russ]
18. Comparative analysis of wind turbines. Comparative analysis of wind turbines. <http://www.ecoteco.ru/index.php?id=1198> - 2010. [In Russ]
19. Patent RF 2454564. Vetrosilovaya ustanovka s rotorom Dar'ye / Fedorov V.T., Be-vov R.K. - 2010. Patent of the Russian Federation 2454564. Wind power installation with Darya rotor / Fedorov V.T., Bevov R.K. - 2010 [RF patent 2454564. Wind power plant with a Darya rotor / V. Fedorov, R. Be-Beow - 2010. Patent of the Russian Federation 2454564. Wind power installation with Darya rotor / Fedorov V.T., Bevov R.K. - 2010. In Russ]
20. Kokoyev M.N. Teplofikatsionnaya vetrosilovaya ustanovka // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. - 2007. - N 3. - S.18-22 [Kokoev M.N. Heating wind power installation // Energy: economy, technology, ecology. - 2007. - N 3. - P.18-22. In Russ]
21. Tekhnologiya proizvodstva keramzita. Production technology of expanded clay. <https://keramzitik.ru/tekhnologiiia-proizvodstva-keramzita> Production technology of expanded clay. Production technology of expanded clay. <https://keramzitik.ru/tekhnologiiia-proizvodstva-keramzita/>

**Сведения об авторах:**

**Кокоев Мухаммед Нургалиевич** – доктор технических наук, профессор

**Федоров Виктор Тихонович** – доктор технических наук, профессор.

**Хаджишалапов Гаджимагомед Нурмагомедович** – доктор технических наук, профессор, декан.

**Information about the authors:**

**Mohammed N. Kokoev** - Dr. Sci. (Technical), Professor.

**Viktor T. Fedorov** – Dr. Sci. (Technical), Professor.

**Gadzhimagomed N. Hadzhishalapov** - Dr. Sci. (Technical), Professor, Dean.

**Конфликт интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 14.03.2019.

Принята в печать 23.01.2019.

**Conflict of interest.**

The authors declare no conflict of interest.

Received 14.03.2019.

Accepted for publication 23.01.2019.