

Для цитирования: Джалалов Ш.Г., Оцоков К.А. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕНОБЕТОНА. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;42 (3):167-174 DOI:10.21822/2073-6185-2016-42-3-167-174

For citation: Jalalov Sh.G., Otsokov K.A. THE WAYS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF FOAM CONCRETE. . Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;42 (3):167-174. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-42-3-167-174

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 666.974.2

DOI: 10.21822/2073-6185-2016-42-3-167-174

Джалалов Ш.Г.², Оцоков К.А.¹
Дагестанский государственный технический университет,
367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70,
¹e-mail:kamil24@mail.ru
²e-mail:asf_dstu@mail.ru

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕНОБЕТОНА

Аннотация. Цель. Обобщить результаты анализа использования для обеспечения заданного сопротивления теплопередачи распространенных стеновых материалов. **Методы.** В результате теплотехнического расчета многослойной стены показано, что для обеспечения необходимого сопротивления теплопередачи более эффективным в теплозащитном отношении является пенобетон. **Результаты.** Установлено, что для получения пенобетона с низкой плотностью необходимо получать высокократные смеси и увеличивать длительность перемешивания пенобетонной смеси в пенобетоносмесителе. Расчеты показали, что для обеспечения необходимого сопротивления теплопередачи более эффективным в теплозащитном отношении является пенобетон. Экспериментальные исследования показали, что использование механической активации сухой смеси (цемента, местных заполнителей, вспученного перлита) позволяет повысить прочность пенобетона на сжатие. Исследования показали, что использование местного сырья и техногенных отходов позволяет снизить себестоимость теплоизоляционных изделий при сохранении заданных свойств пенобетона. **Вывод.** Установлено, что при добавке волокон прочность на сжатие пенобетона возрастает на 10,5 %. Увеличение содержания суперпластификатора С-3 значительно повышает прочностные показатели пенобетона на смешанном вяжущем.

Ключевые слова: многослойная стена, пенобетон, строительные материалы, теплотехнический расчет, теплопроводность, пена, кратность

Shamil G. Jalalov,² Kamil A. Otsokov¹
Daghestan State Technical University,
70 I. Shamil Ave, Makhachkala, 367015,
¹e-mail:kamil24@mail.ru,
²e-mail:asf_dstu@mail.ru

THE WAYS OF INCREASE OF EFFICIENCY OF FOAM CONCRETE

Abstract. Aim. The analysis of the using common wall materials for a given heat resistance is presented in the article. **Methods.** In the result of thermal calculation of multilayer walls is shown that to ensure the required resistance of heat transfer is more effective in thermal insulation is foam. **Results.** It was found that to obtain a foam concrete with low density is necessary to obtain multiple mixture and increase the duration by mixing the foam concrete mix in the foam concrete mixer. The calculations showed that for providing the required resistance to heat transfer foam is more efficient in certain cases. Experimental studies have shown that using of mechanical activation of the dry mix (ce-

ment and local aggregates, expanded perlite) can increase the compressive strength of foam concrete. Studies have shown that the use of local raw materials and industrial wastes reduces the cost heat insulation's products while maintaining the desired properties of the foam. **Conclusion.** It was experimentally established that the addition of fibres the compressive strength of foam concrete increases by 10,5 %. As a result of researches it was established that increasing the content of superplasticizer C-3 increases the strength characteristics of foam concrete mixed binder

Key words: multi-layer wall, foam concrete, building materials, thermal calculation, the thermal conductivity of the foam, the multiplicity

Введение. В настоящее время возросшие инвестиционные возможности предприятий и организаций привели к повышению спроса на эффективные строительные материалы.

Проведенные исследования показали, что с учетом нормативных требований к ограждающим конструкциям зданий, использование традиционных распространенных стеновых материалов, в некоторых случаях, становится менее эффективно с точки зрения стоимости этих материалов в количестве, необходимом для создания эффективной теплоизоляции [1]. Для успешного решения проблем энергосбережения необходимо расширение производства эффективных теплоизоляционных и относительно дешевых строительных материалов [17]. В этой связи большой интерес представляют теплоизоляционные пенобетоны, получаемые на различных видах вяжущих мелкозернистых заполнителях, тонкомолотых наполнителях с применением химических добавок.

Актуальным является совершенствование технологии производства с целью повышения качества теплоизоляционных пенобетонов, а также проведение теоретических и экспериментальных исследований, направленных на упрощение технологических процессов и энергосбережение; поиск возможностей применения местного минерального сырья и отходов производства, а также способов снижения средней плотности, тем самым теплопроводности [15, 24].

В настоящее время особый интерес представляют различные способы повышения эффективности пенобетона [23]. Важное значение имеют исследования прочностных показателей пенобетона [19], исследования стойкости пенобетонов против действия химических и физических агрессивных факторов [20], исследования с применением различных вяжущих при производстве пенобетона [22,18]. Кроме того, использование пенобетона заметно сокращает стоимость и сроки строительства, что важно в современных условиях для решения жилищных проблем [9].

Постановка задачи. Учитывая большие энергозатраты на обогрев помещений, остро встает вопрос о применении в качестве ограждающих конструкций эффективных теплоизоляционных и относительно дешевых строительных материалов.

Одним из таких материалов является неавтоклавный пенобетон. Он отличается простотой и мобильностью производства, экономичностью, высокими эксплуатационными свойствами и соответствует современным требованиям. Применение его в качестве стенового материала позволяет при небольшой толщине стены обеспечить требуемое термическое сопротивление теплопередачи. Поэтому сегодня актуальны вопросы получения эффективных пенобетонов с заданными эксплуатационными характеристиками, а также проведение исследований влияния компонентов в качестве утеплителя в многослойных стенах.

Как известно, теплоизолирующие свойства многослойных стен определяются слоем утеплителя, его теплоизоляционными характеристиками. Однако в настоящее время не достаточно исследованными остаются теоретические и практические аспекты влияния свойств местных заполнителей, свойств пены, режимов работы оборудования на свойства неавтоклавного пенобетона с целью повышения его эффективности.

В регулировании плотности пенобетона важное значение имеет кратность пенобетонной смеси. Интерес представляет изучение влияния длительности перемешивания пенобетонной смеси на кратность с использованием местного сырья.

В ходе проведенного исследования было изучено влияние длительности перемешивания пенобетонной смеси на кратность [2].

Теплопроводность является одним из основных показателей свойств теплоизоляционных материалов и зависит от многих факторов: пористости, размера пор, объема и количества закрытых пор, вида материала, заполняющего межпоровое пространство, температуры, влажности и т.д. Особый интерес представляет сравнительная оценка теплозащитных свойств многослойной стены.

Для организации технологического процесса изготовления пенобетонных изделий и получения высоких физико-механических показателей необходимо повысить усредненные данные, предусмотрев подготовку сырьевых компонентов. Подготовка сырьевых компонентов предполагает совместный помол вяжущего и кремнеземистого компонента [14].

Методы исследования. При проведении экспериментальных и опытно-промышленных работ использовались стандартные цементные вяжущие марки М500, кремнеземистый заполнитель - кварцевый песок Кумторкалинского месторождения с низким модулем крупности, различные синтетические пенообразователи, перлит Махачкалинского завода железобетонных изделий, молотый керамзитовый песок (г.Кизилюрт, Республика Дагестан), отсев камнедробления (г.Кизилюрт, Республика Дагестан).

С участием авторов была внедрена модернизированная установка по получению пенобетона на заводе крупнопанельного домостроения МКД-3 (г.Кизилюрт, Республика Дагестан). Был изготовлен для проведения исследований пеногенератор и лабораторная установка по приготовлению пенобетона. Были изготовлены стеновые блоки и плиты для теплоизоляции [6]. Данные плиты были использованы вместо керамзитовой засыпки при теплоизоляции [8].

Производство пенобетона осуществлялось следующим образом. В пеногенераторе готовилась пена, затем был изготовлен раствор, состоящий из цемента, кремнеземистого компонента (заполнителя) и воды. Затем пена смешивалась с раствором в пенобетоносмесителе до набора соответствующей кратности. Кратность в данном случае определялась как отношение объема раствора пенобетонной смеси после перемешивания к объему раствора до перемешивания (рис. 1).



Рисунок 1- Пенобетоносмеситель

Были проведены исследования, связанные с влиянием местных заполнителей Республики Дагестан на свойства пенобетона. При производстве пенобетона использовались и другие способы, в том числе и метод сухой минерализации [10-12].

Авторами был проведен анализ влияния местного сырья и техногенных отходов Республики Дагестан, в частности (кирпичный бой, кварцевые пески, отсев камнедробления, перлитовый песок, базальтовые волокна и т.д.) на физико-механические свойства неавтоклавного пенобетона.

В результате проведенного исследования было установлено, что при увеличении содержания суперпластификатора С-3 увеличиваются прочностные показатели пенобетона на смешанном вяжущем [5,7]. Проводилась также механическая активация заполнителей.

В ходе исследования было установлено, что плиты из теплоизоляционного пенобетона являются перспективным материалом (рис.2), сопоставимы по функциональным свойствам с плитами из минеральной ваты, а по строительно-эксплуатационным свойствам значительно превышают минераловатные плиты и имеют существенно меньшую стоимость [13].



Рисунок 2- Плиты для теплоизоляции из пенобетона

Следует обратить внимание, что для снижения плотности пенобетонов важное значение имеет кратность пенобетонной смеси [2,3,11]. Для доказательства этого были проведены исследования влияния длительности перемешивания пенобетонной смеси на кратность с использованием различного местного сырья (рис.3).

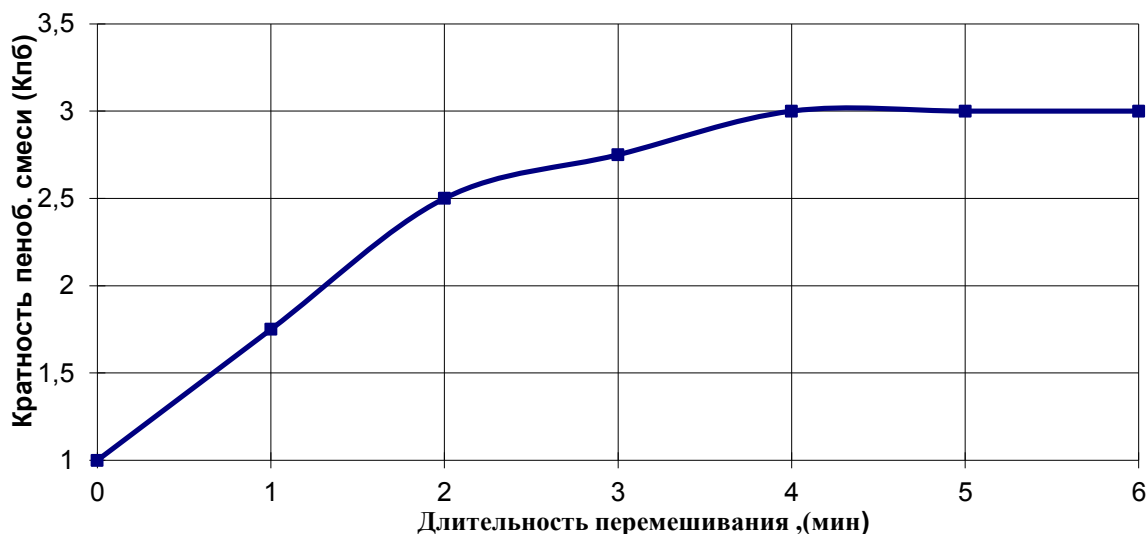


Рисунок 3-Зависимость кратности пенобетонной смеси на основе перлита (Кпб) от длительности перемешивания

Следует отметить, что важным компонентом является воздух, вовлеченный в бетон при помощи различных специальных веществ.

При получении пенобетона воздухововлечение происходит при помощи поверхностно-активных веществ (пенообразователей). Исследование показало, что кроме поверхностно-активных веществ, которые применяются для улучшения свойств бетона посредством воздухововлечения, в зарубежной строительной практике одним из перспективных решений создания бетонов высокой морозостойкости является применение микрокапсул для создания в структуре бетона резервных пор [4,16,18]. Для определения и уточнения состава пенобетона авторами была разработана компьютерная программа.

Обсуждение результатов. При перемешивании пенобетонной смеси различной плотности было установлено, что при увеличении плотности пенобетонной смеси уменьшается ее кратность.

Эксперименты проводились на пенобетонных смесях с различными местными заполнителями, которые показали, что для получения пенобетонов с низкой плотностью необходимо получать высокократные смеси и для этого увеличивать длительность перемешивания пенобетонной смеси в пенобетоносмесителе. С этой целью определена для различных составов длительность перемешивания до достижения предельной кратности.

Были проведены сравнительные теплотехнические расчеты толщины многослойной стены. Первый слой (наружный) представляет собой цементно-песчаную штукатурку, второй, различные сравниваемые между собой материалы, третий (внутренний), известково-песчанную штукатурку.

В результате проведенного теплотехнического расчета была определена толщина второго слоя при обеспечении заданного сопротивления теплопередачи с учетом использования наиболее распространенных в Республике Дагестан стеновых материалов. Расчеты показали, что для обеспечения необходимого сопротивления теплопередачи более эффективным в теплозащитном отношении является пенобетон.

В частности требуемая толщина второго слоя при использования пенобетона - 24 см, керамзитобетона - 32 см, силикатного кирпича - 55 см, керамического кирпича - 42 см [21].

Экспериментальные исследования показали, что использование механической активации сухой смеси (цемента, вспученного перлита) позволяет повысить прочность на сжатие пенобетона примерно на 83%. Было показано, что использование местного сырья и техногенных отходов позволяет снижать себестоимость готовых изделий при сохранении заданных свойств пенобетона. Было экспериментально установлено, что при добавке полипропиленовых волокон (расход 250 г/м³) прочность на сжатие пенобетона возрастает на 10,5 %.

Вывод. Использование местных заполнителей с применением отходов промышленности в условиях оптимального режима работы оборудования позволяет получать эффективные теплоизоляционные пенобетоны с низкой себестоимостью, которые можно применять в многослойных стенах.

Библиографический список:

1. Песцов В.И., Оцоков К.А., Вылегжанин В.П., Пинскер В.А. Эффективность применения ячеистых бетонов в строительстве России// Строительные материалы. - 2004.-№3. - С.7-8.
2. Оцоков К.А. Повышение эффективности пенобетона путем использования местных материалов: Дис .канд.техн.наук.-М., 2002. С.141.
3. Оцоков К.А. Применение вспученного перлита как легкого наполнителя для пенобетона. Строительство-формирование среды жизнедеятельности. Материалы конференции (сборник докладов), М.:, МГСУ, 2001. С. 178-180.
4. Vesikari E. Frost resistance of concrete containing hollow - microspheres (HMS). Symposium, VTT, 50, Espoo, 1984, vol.3, pp.421-434.
5. Абдулаев О.Т., Оцоков К.А. Применение пенобетонных стеновых блоков в малоэтажном домостроении Дагестана//БСТ.- 2001.-№ 6. - С.32-33.
6. Тотурбиев Б.Д., Оцоков К.А., Порсуков А.А. Пенобетон в малоэтажном домостроении// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.- 2000.- №4. - С.342-345.

7. Тотурбиев Б.Д., Оцоков К.А., Порсуков А.А. Влияние суперплатификатора (С-3), вспученного перлита и извести на прочностные свойства пенобетона // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.- 2000. - №4.- С.345-349.
8. Оцоков К.А. Экономическое обоснование применения пенобетонных стеновых блоков в домостроении Дагестана. Государственное регулирование экономики в условиях рынка. Часть III. Проблемы теории и практики повышения эффективности функционирования структурных звеньев отраслей народно-хозяйственного комплекса региона// ДГТУ.- 2001, - С.116-119.
9. Азаев Н.Г., Алиев Г.С., Устарханов О.М., Оцоков К.А. Удобная формула //Дагестанская правда.-1997. - С.2.
10. Меркин А.П., Румянцев Б.М., Кобидзе Т.Е. Облегченный пеногипс - основа отделочных, звукопоглощающих и теплоизоляционных изделий// Строительные материалы.- 1979.- №6. с. 16-17.
11. Меркин А.П., Кобидзе Т.Е. Особенности структуры и особенности получения эффективных пенобетонных материалов// Строительные материалы. - 1988.-№3.-с.12-14.
12. Селезнев И.Г. Пенобетон для монолитного домостроения: Дис...канд.техн.наук.- М.,1995.- С.5
13. Коломацкий А.С., Коломацкий С.А. Теплоизоляционные изделия из пенобетона // Строительные материалы.- 2003.-№1. - С.38-39.
14. Липилин А.Б., Коренюгина Н.В. Дезинтегратор мокрого помола в производстве неавтоклавного пенобетона//Строительные материалы.- 2014.- №6. - С.10-11.
15. Тотурбиев А.Б. Теплоизоляционный пенобетон неавтоклавного твердения на бесцементном композиционном вяжущем: Автореф. дис. канд. техн. наук. — Ставрополь, 2006., С.3
16. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны//Теория и практика.- М.,1998.- С.394
17. Оцоков К.А. Применение эффективных ячеистых бетонов в жилищном строительстве. Международная научно-практическая конференция. Ячеистые бетоны в жилищном строительстве (сборник докладов). Санкт-Петербург, 2004 .С.53
18. New type of super-lightweight magnesium phosphate cement foamed concrete Yue L., Bing C. Journal of Materials in Civil Engineering. 2015. vol. 27. no.1, pp. 401-412.
19. Models for prediction the strength and stiffness of foamed concrete at ambient temperature. Mydin Md.A.O. *European researcher. series a*. 2014, vol.67, no.1-2, pp. 124-129.
20. Influence of size factor on creep deformation of fine-grain foam concrete for repair. Bataev D.K.S., Mazhiev Kh.N., Gaziev M.A., Salgiriev R.R., Mazhiev K.Kh., Mazhieva A.Kh. *Life science journal*. 2014, vol. 11, no.12, pp. 995-997.
21. Disperse reinforcing role in producing non-autoclaved cellular foam concrete Vesova L.M. *Procedia Engineering*. 2016, vol.150, pp.1587-1590.
22. Формирование структуры магниальных ячеистых бетонов Мирюк О.А. *International scientific and practical conference world science*. 2016, vol.1, no.3(7), pp. 62-66.
23. Improving technology of non-autoclave foam concrete. Krasinikova N.M., Khozin V.G., Morozov N.M., Borovskikh I.V., Eruslanova E.V. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2014, vol. 9, no.22, pp.16735-16741.
24. Соков В.Н., Жабин Д.В., Бегляров А.Э., Землянушнов Д.Ю. Теоретические основы получения ячеистых бетонов из пеномасс, активируемых гидротеплосиловым полем // Промышленное и гражданское строительство. 2012. -№ 12.- С. 18-19.

References:

1. Pesczov V.I., Otsokov K.A., Vylegzhanin V.P., Pinsker V.A. The effectiveness of cellular concrete in the construction of Russia. *Stroitel'nye materialy*. [Building materials]. 2004, no.3, pp. 7-8. (In Russian)
2. Otsokov K. A.Improving the efficiency of foam concrete by using local materials: the Dissertation ...kand.tech.sciences, 2002, 141p. (In Russian)

3. Otsokov K.A. The use of expanded perlite as a lightweight filler for foam concrete. Building-the formation of living environment. The conference proceedings (collection of papers), Moscow: MGSU, 2001, pp.178-180. (In Russian)
4. Vesikari E. Frost resistance of concrete containing hollow - microspheres (HMS). Symposium, VTT, 50, Espoo. 1984, vol.3, pp. 421-434.
5. Abdullaev O.T., Otsokov K.A. Application of foam concrete wall blocks for low-rise house-building of the Dagestan. BST, 2001, no 6, pp. 32-33. (In Russian)
6. Toturbiev B.D., Otsokov K.A., Parsukov A.A. Foam concrete in low-rise housing construction. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki.* [Herald of Daghestan State Technical University. Technical science]. 2000, no.4, pp.342-345. (In Russian)
7. Toturbiev B.D., Otsokov K. A., A. Parshukov A. A. And the Influence of superplasticity (S-3), expanded perlite and lime on strength properties of foam concrete. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki.* [Herald of Daghestan State Technical University. Technical science], 2000, no.4, pp.345-349. (In Russian)
8. Otsokov K. A. Economic feasibility of application of foam concrete wall blocks in the construction of the Dagestan Republic. State regulation of economy in market conditions. Part three. Problemy teorii i praktiki povysheniya jeffektivnosti funkcionirovaniya strukturnykh zven'ev otraslej narodno-hozjajstvennogo kompleksa regiona [Problems of the theory and practice of increase of efficiency of functioning of the structural units of sectors of national economic complex of the region]. DSTU. 2001, pp.116-119. (In Russian)
9. Azaev N.G., Aliev G.S., Ustarhanov O.M., Otsokov K.A. Convenient formula. *Dagestanskaya Pravda* [True Dagestan]. 1997, p.2. (In Russian)
10. Merkin A.P., Rumyantsev B.M., Kobidze T.E. Lightweight foamed gypsum - based finishing, sound-absorbing material and thermal insulation products. *Stroitel'nye materialy.* [Building materials]. 1979, no.6, pp.16-17. (In Russian)
11. Merkin A.P., Kobidze T.E. Of the structure and features of producing effective foam concrete materials. *Stroitel'nye materialy.* [Building materials]. 1988, no.3, pp.12-14. (In Russian)
12. Seleznev I.G. Foam concrete for monolithic construction: Dis...cand.tech.Sciences.- Moscow, 1995, p.5. (In Russian)
13. Kolomatskiy A.S., Kolomatskiy S.A. Thermal insulation products made of aerated concrete. *Stroitel'nye materialy.* [Building materials]. 2003, no.1, pp. 38-39. (In Russian)
14. Lipilin A.B., Korenyugina N.V. Disintegrator of wet grinding in the production of non-autoclave foam concrete. *Stroitel'nye materialy.* [Building materials]. 2014, no.6, pp.10-11. (In Russian)
15. Toturbiev A.B. Insulating foam concrete of non-autoclave hardening on cementless composite binder : author. dis. cand. tech. sciences. - Stavropol, 2006. p.3. (In Russian)
16. Batrakov V.G. Modified concretes. *Moscow: Teorija i praktika* [Theory and practice]. 1998.- p.394. (In Russian)
17. Otsokov K.A. The effective use of porous concrete in residential construction . International scientific-practical conference. Cellular concrete in modern construction (collection of reports), Saint-Petersburg, 2004, p.53.
18. New type of super-lightweight magnesium phosphate cement foamed concrete Yue L., Bing C. *Journal of Materials in Civil Engineering.* 2015, vol. 27, no.1, pp.401-412.
19. Models for prediction the strength and stiffness of foamed concrete at ambient temperature. Mydin Md.A.O. *European researcher. series a.* 2014, vol.67, no.1-2, pp. 124-129.
20. Influence of size factor on creep deformation of fine-grain foam concrete for repair. Bataev D.K.S., Mazhiev Kh.N., Gaziev M.A., Salgiriev R.R., Mazhiev K.Kh., Mazhieva A.Kh. *Life science journal.* 2014, vol. 11, no.12, pp. 995-997.
21. Disperse reinforcing role in producing non-autoclaved cellular foam concrete Vesova L.M. *Procedia Engineering.* 2016, vol.150, pp.1587-1590.
22. Miryuk O.A. Formation of structure of cellular concrete magnesia. International scientific and practical conference world science. 2016, vol.1, no.3(7), pp. 62-66.

23. Improving technology of non-autoclave foam concrete. Krasnikova N.M., Khozin V.G., Morozov N.M., Borovskikh I.V., Eruslanova E.V. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2014, vol. 9, no.22, pp.16735-16741.

24. Sokov V.N, Zhabin D.V., Beglyarov A.E, Zemlyanushnov D.Y. Theoretical fundamentals of cellular concrete from penomass activated gidroteplosilovym field. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. [Industrial and civil construction]. 2012, no.12, pp. 18-19. (In Russian)

Сведения об авторах.

Джалалов Шамиль Гусейнович – кандидат технических наук, кафедра строительных материалов и инженерных сетей.

Оцоков Камил Алиевич - кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедра строительных материалов и инженерных сетей.

Authors information.

Shamil G.Dzhalalov – candidate of technical sciences, Department of construction materials and engineering networks.

Kamil A. Otsokov—candidate of technical science, senior lecturer, Department of construction materials and engineering networks.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 26.06.2016.

Received 26.06.2016.

Принята в печать 29.08.2016.

Accepted for publication 29.08.2016.