

Для цитирования: Оцоков К.А. Влияние водоцементного отношения на реологические свойства пенобетона на местном сырье. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017;44 (4):184-193. DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-4-184-193

Forcitation: Otsokov K.A. Effect of water-cement ratio on rheological properties of foam concrete made of local raw materials. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2017; 44 (4): 184-193. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-4-184-193

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 666.974.2

DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-4-184-193

ВЛИЯНИЕ ВОДОЦЕМЕНТНОГО ОТНОШЕНИЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА НА МЕСТНОМ СЫРЬЕ

Оцоков К.А.

Дагестанский государственный технический университет,
367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия,
e-mail: Kamil24@mail.ru

Резюме: *Цель.* Целью настоящего исследования является изучение зависимости текучести пенобетонных смесей от водоцементного отношения при использовании различных местных заполнителей и отходов производства в Республике Дагестан; а также сравнение показателей текучести смесей при одинаковых значениях водоцементного отношения. При проведении экспериментальных работ использовались: цемент марки М500, кремнеземистый заполнитель - кварцевый песок месторождения в Кумторкалинском районе Республики Дагестан с низким модулем крупности, различные синтетические пенообразователи, перлитовый песок, молотый керамзитовый песок (г. Кизилюрт, Республика Дагестан), отсев камнедробления (г. Кизилюрт, Республика Дагестан). **Метод.** При производстве пенобетона использовался способ, при котором в пеногенераторе готовилась пена, затем готовился раствор 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. При проведении исследования определялось водоцементное отношение смеси для всех трех видов заполнителя (керамзитовый песок, кварцевый песок месторождения в Кумторкалинском районе и перлит). Показатель текучести пенобетонной смеси определялся с помощью вискозиметра Суттарда. **Результат.** Результаты исследований показали, что при увеличении водоцементного отношения для всех трех видов заполнителя (керамзитовый песок, кварцевый песок месторождения в Кумторкалинском районе и перлит) возрастает показатель текучести пенобетонной смеси. **Вывод.** При одинаковых значениях показателя текучести смесь с перлитовым заполнителем имеет наименьшую текучесть, которая в свою очередь оказывает влияние на дальнейшее структурообразование пенобетона и позволяет подбирать оптимальный состав с заданными свойствами.

Ключевые слова: водоцементное отношение, показатель текучести, пенобетонная смесь, водотвердое отношение, кратность, перлитовый песок, молотый керамзитовый песок

TECHNICAL SCIENCE
BUILDING AND ARCHITECTURE

EFFECT OF WATER-CEMENT RATIO ON RHEOLOGICAL PROPERTIES
OF FOAM CONCRETE MADE OF LOCAL RAW MATERIALS

Kamil A. Otsokov

Daghestan State Technical University,
70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia,
e-mail: Kamil24@mail.ru

Abstract. Objectives The purpose of this work is to study the dependency of the fluidity of foam concrete mixtures on the water-cement ratio when using various local aggregates and wastes from the Republic of Dagestan and comparing the fluidity characteristics of mixtures for the same water-cement ratios. During the experimental work, the following materials were used: M500 cement, siliceous filler (quartz sand from the deposit in the Kumtorkalinsky district of the Republic of Dagestan with a low modulus of grain size, various synthetic foaming agents), perlite sand, ground expanded clay sand (Kizilyurt, Republic of Dagestan), stone crushing screenings (Kizilyurt, Republic of Dagestan). **Methods** During the production of foam concrete, a method was used in which foam was prepared in the foam generator, then a solution was prepared from the cement, siliceous component (filler), and water. Then the foam was mixed with the solution in the foam concrete mixer up to the set of the appropriate multiplicity. (The multiplicity in this case was defined as ratio of the volume of the solution of the foam concrete mixture after mixing to the volume of the solution before mixing. During the studies, the water-cement mixture ratio for all three kinds of filler (expanded clay sand, quartz sand from the deposit of the Kumtorkalinsky region, and perlite) was determined. The fluidity index of the foam concrete mixture was determined using a Suttard's viscometer. **Results** The results of the research indicated that with an increase in the water-cement ratio for all three types of filler (expanded clay sand, quartz sand from the Kumtorkalinsky region and perlite), the foam concrete mixture fluidity index will increase. **Conclusion** With the same fluidity index values, the mixture with perlite filler has the lowest fluidity, which in turn affects the further structure formation of the foam concrete, allowing the optimal composition with the specified properties to be selected.

Keywords: water-cement ratio, fluidity index, foam concrete mixture, water-solid ratio, multiplicity, perlite sand, ground expanded clay sand

Введение. В современных сложных экономических условиях, повышение требования к энергосбережению зданий приобретает особую актуальность.

В связи с ростом цен на энергоносители и теплоносители возникает необходимость использования энергосберегающих технологий в производстве строительных материалов.

С учетом современных нормативных требований к ограждающим конструкциям зданий, использование традиционных распространенных стеновых материалов в некоторых случаях становится менее целесообразным для создания эффективной теплоизоляции.

В этой связи особый интерес представляют пенобетоны, получаемые из различных видов вяжущих и мелкозернистых заполнителей, в том числе из отходов производства различных предприятий. Одним из таких материалов является неавтоклавный пенобетон [1].

Блоки и изделия из неавтоклавного пенобетона обладают высокими показателями теплоизоляции. Использование данного материала при строительстве объектов приводит к снижению себестоимости, а значит к повышению уровня доступности жилья [2-5].

Сегодня нашли широкое применение в качестве теплоизоляционных материалов минеральная вата, полимерные пенопласты [6]. В тоже время полимерные пенопласты имеют недостаточную долговечность [7].

Керамзитовый заполнитель имеет насыпную плотностью более 500 кг/м^3 , тогда как для получения эффективных стен, это значение не должно превышать $250\text{-}300 \text{ кг/м}^3$ [7].

Неавтоклавный пенобетон обладает хорошими теплофизическими свойствами, имеет простую технологию производства и сравнительно низкие производственные затраты.

К недостаткам можно отнести высокие усадочные деформации, что снижает прочность и морозостойкость, повышает теплопроводность и водопоглощение [8].

При этом остаются актуальными вопросы повышения эффективности и качества пенобетона. Одним из путей повышения эффективности и качества, снижения затрат при производстве пенобетона является применение местного сырья и отходов производства предприятий, а также изучение реологических характеристик [5].

Практика показала, что пенобетоны по некоторым свойствам превосходят распространенные в республике материалы аналогичного назначения [9].

Постановка задачи. Увеличению спроса на эффективные теплоизоляционные строительные материалы также способствует повышение требуемого сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций.

В последние годы в Республике Дагестан наблюдается рост объемов малоэтажного строительства, что потребовало расширение производства мелкоштучных строительных материалов. В этой связи практический интерес представляет организация производства пенобетона, что объясняется его высокими технико-экономическими характеристиками и наличием не дефицитной сырьевой базы.

Преимуществами производства пенобетона являются: быстрая скорость монтажа, большие размеры стеновых блоков, что по сравнению с аналогичными стеновыми материалами позволяет увеличить скорость кладки без потери качества, легкость обработки, экологичность, высокие теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства.

Неавтоклавный пенобетон отличается простотой и мобильностью производства; высокими эксплуатационными свойствами, что соответствует современным требованиям его использования в качестве стенового материала и позволяет обеспечить требуемое термическое сопротивление теплопередачи.

В этой связи актуально решение задач получения эффективных пенобетонов с заданными эксплуатационными характеристиками, а также и поиск рациональных способов повышения эффективности пенобетона [18].

Реологические свойства пенобетонов зависят от многих факторов в том числе, от однородности структуры и состава, способа образования пор, вида вяжущих веществ и других компонентов. Пористость пенобетонов характеризуется содержанием пор, их диаметрами равномерностью распределения [7].

Качество пенобетона повышается при использовании эффективных пенообразователей, стабилизаторов пены, структурообразующих компонентов [7].

Для создания пенобетона с оптимальными тепловлажностными характеристиками необходимо учитывать особенности формирования поровой структуры [8].

Особую актуальность представляет изучение особенностей взаимодействия пенообразователей с другими компонентами, используемыми при производстве неавтоклавного пенобетона, а также определение оптимальных концентраций пенообразователя при производстве [10].

В технологии получения эффективных пенобетонов важную роль играет качество пенообразователя. Пенообразователь отвечает за образование ячеистой структуры бетона, а значит, во многом влияет на его свойства [6,11].

На свойства пенобетона влияет также прочность межпоровой перегородки. При повышении ее физико-механических свойств, соответственно, повышаются и прочностные характеристики пенобетона [12].

Также значимым является решение проблемы повышения качества пенобетонов, изучение влияния свойств пены, режимов работы оборудования на свойства пенобетона, проблемы использования легких наполнителей [2]. Приобретают значимость сегодня исследования прочностных показателей [14], моделей прогнозирования прочности [14], совершенствования производства, изучение стойкости пенобетонов против действия химических и физических агрессивных факторов [15], при применении различных вяжущих при производстве [13, 14,

17], оценка влияния дисперсного армирования [16], учет структуры и строения межпоровых перегородок [19].

Реология пенобетонных смесей связана с их структурой, изменяющейся в процессе твердения. В этой связи оценка реологических свойств смесей необходима в технологическом процессе производства конструкций, особенно в процессе структурообразования.

Водоцементное, водотвердое отношение, количество и качество заполнителей оказывает влияние на реологические характеристики пенобетонных смесей, что необходимо учитывать при производстве.

Местные отходы производства могут использоваться при изготовлении плит из теплоизоляционного пенобетона, которые являются перспективным материалом, сопоставимым с функциональными свойствами плит из минеральной ваты, а по некоторым строительно-эксплуатационным свойствам их превышают и имеют меньшую стоимость [21, 23].

При 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 [24].

При этом при производстве пенобетона могут использоваться различные виды вяжущих, различные виды местного заполнителя. В технологии пенобетона важное значение имеет изучение реологических характеристик, влияние водотвердого отношения на свойства [20].

При проектировании состава пенобетона одним из важных этапов является определение водотвердого, водоцементного отношения, которое влияет на свойства, долговечность и экономичность [22].

В частности, научно-практический интерес представляют исследования по изучению зависимости текучести пенобетонных смесей от водоцементного отношения (В/Ц) при использовании различных местных заполнителей и отходов производства и сравнение показателей текучести смесей [2].

При проведении экспериментальных работ использовались цемент марки М500, кремнеземистый заполнитель - кварцевый песок месторождения в Кумторкалинском районе с низким модулем крупности, различные синтетические пенообразователи, перлитовый песок, молотый керамзитовый песок (г. Кизилюрт), отсев камнедробления (г. Кизилюрт). Гранулометрический составы представлен в таблицах 1-3.

Таблица 1. Гранулометрический состав перлита
Table 1. Granulometric composition of perlite

№ сита	Масса остатков песка на данном сите в граммах	Частные остатки в %	Полные остатки в %
2.5	241	24.1	24.1
1.25	289	28.9	53.0
0.63	319	31.9	84.9
0.315	49	4.9	89.8
0.14	83	8.3	98.1
Прошло через сито N 0.14	19	1.9	100

Модуль крупности $M_{кр}=3.49$
Насыпная плотность 158 кг/м³

Таблица 2. Гранулометрический состав песка
Table 2. Granulometric composition of sand

№ сита	Масса остатков песка на данном сите в граммах	Частные остатки в %	Полные остатки в %
2.5	5	0.5	0.5
1.25	2	0.2	0.7
0.63	11	1.1	1.8
0.315	282	28.2	30
0.14	566	56.6	86.6
Прошло через сито N 0.14	134	13.4	100

Насыпная плотность – 1116 кг/м³
Содержание глинистых частиц – 2.5 %
Модуль крупности $M_{кр}=1.19$
Влажность 2.9 %

Таблица 3. Гранулометрический состав керамзитового песка
Table 3. Granulometric composition of ceramsite sand

№ сита	Масса остатков песка на данном сите в граммах	Частные остатки в %	Полные остатки в %
1.25	117	11.7	11.7
0.63	493	49.3	61
0.315	277	27.7	88.7
0.14	99	9.9	98.6
Прошло через сито N 0.14	14	1.4	100

Насыпная плотность – 1108 кг/м³
Модуль крупности $M_{кр}=2,6$

Методы исследования. Для решения проблемы повышения качества строительной продукции необходимо достижения высоких физико-механических показателей и долговечности изделий, необходим оптимальный подбор состава сырьевых компонентов [24-25].

При проведении экспериментальных работ использовались: цемент марки М500, кремнеземистый заполнитель – кварцевый песок месторождения в Кумторкалинском районе с низким модулем крупности, различные синтетические пенообразователи, перлитовый песок, молотый керамзитовый песок (г. Кизилюрт), отсев камнедробления (г. Кизилюрт).

Производство пенобетона осуществлялось следующим образом.

В пеногенераторе готовилась пена, затем готовился раствор из цемента, кремнеземистого компонента (заполнителя) и воды. Пена смешивалась с раствором в пенобетонсмесителе до набора соответствующей кратности. Кратность определялась, как отношение объема раствора пенобетонной смеси после перемешивания к объему раствора до перемешивания. При производстве пенобетона использовался и метод сухой минерализации [3-4].

На заводе крупнопанельного домостроения МКД-3 (г. Кизилюрт) с участием автора была внедрена модернизированная установка по получению пенобетона.

С бункеров запаса сухие компоненты (цемент и песок) поступали в дозаторы, оттуда в

специальный шнек, в котором перемешаваясь поступали в пенобетоносмеситель, где равномерно засыпались в готовую пену.

Пенобетоносмеситель был снабжен двумя двигателями. Один двигатель высокооборотный со специально изготовленной рабочей насадкой для получения пены, другой, с понижающим редуктором для перемешивания пенобетонной смеси.

Пенобетоносмеситель был расположен на платформе, перемещаемой по рельсовым путям, вдоль которых располагаются стальные формы. С помощью выпускного крана смесь из пенобетоносмесителя равномерно и поочередно заполняла все установленные формы. Пропаривание пенобетонного массива осуществлялось в специально модернизированной форме до набора пластической прочности.

При предварительном пропаривании стальной формы массив набирает пластическую прочность, необходимую для резки. Поперечная резка пенобетонного массива производилась с помощью резательного устройства снизу вверх, с колебательными движениями струн.

Были модернизированы, применительно для заливки пенобетона, стальные формы. Были спроектированы и изготовлены две модификации пеногенераторов.

Для облегчения приготовления пенобетона в лаборатории автором была разработана и изготовлена лабораторная установка по приготовлению пенобетона, которая обеспечивает быстрое и качественное приготовления пенобетонной смеси. После резки массива были получены блоки конструкционного пенобетона (20x20x40), плитки (20x20x10).

При проведении экспериментальных исследований определялось водоцементное отношение смеси при использовании всех трех видов заполнителя (керамзитовый песок, кварцевый песок месторождения в Кумторкалинском районе и перлит). Показатель текучести пенобетонной смеси определялся с помощью вискозиметра Суттарда.

Обсуждение результатов. В технологии производства пенобетона важное значение имеет изучение реологических характеристик для наиболее оптимального подбора состава при изготовлении изделий. Были проведены исследования по изучению зависимости текучести пенобетонных смесей от водоцементного отношения при использовании различных местных заполнителей и отходов производства, а также сравнение показателей текучести смесей при одинаковых значениях водоцементного отношения [2].

Результаты исследования показали, что при увеличении водоцементного отношения при использовании трех видов заполнителя (керамзитовый песок, кварцевый песок месторождения в Кумторкалинском районе и перлит) возрастает показатель текучести пенобетонной смеси, а при одинаковых его значениях смесь с перлитовым заполнителем имеет наименьшую текучесть. Результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 1- 3.

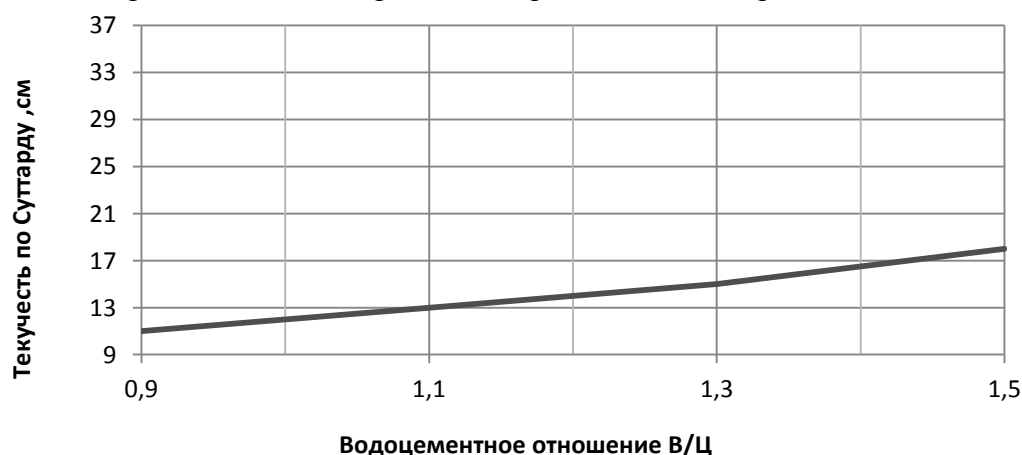


Рис.1. Зависимость текучести пенобетонной смеси на основе перлита от водоцементного отношения

Fig. 1. The dependence of the fluidity of foamed concrete mixture based on pearlite from water-to-cement ratio

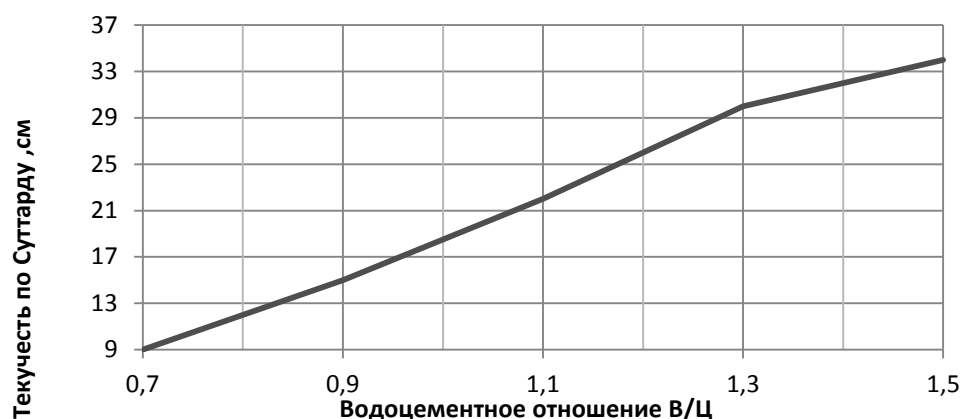


Рис.2. Зависимость текучести пенобетонной смеси на основе молотого керамзитового песка от водоцементного отношения
Fig. 2. The dependence of the fluidity of foamed concrete mixture based on ground clay and sand from water-to-cement ratio

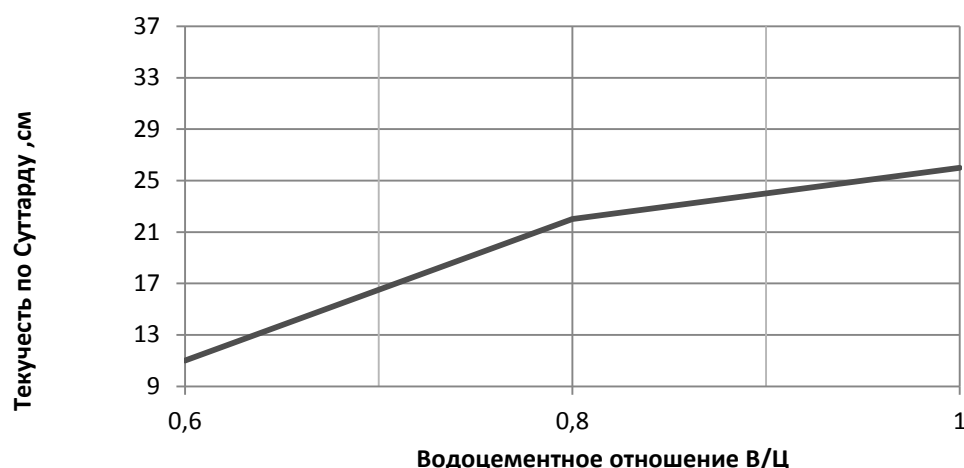


Рис. 3. Зависимость текучести пенобетонной смеси на основе кварцевого песка (месторождения в Кумторкалинском районе) от водоцементного отношения
Fig. 3. Dependence of the fluidity of foamed concrete mixture based on quartz sand (field Kumtorka district) of the water-to-cement ratio

При водоцементном отношении $В/Ц=0.9$ текучесть смеси на основе молотого керамзитового песка (диаметр расплыва) 15 см, на основе кварцевого песка (месторождения в Кумторкалинском районе) - 24 см, на основе перлита - 11 см, что оказывает существенное влияние на дальнейшее структурообразование, и позволяет подбирать оптимальный состав пенобетона с заданными свойствами.

Для повышения эффективности технологии получения пенобетона неавтоклавного твердения необходимо изучение зависимости текучести пенобетонных смесей от водоцементного отношения при использовании различных местных заполнителей и отходов производства; изучение влияния количества пены в цементной смеси на ее текучесть или влияния соотношения объема пены к объему цементного теста на текучесть пеномассы.

Полученные на основе анализа и экспериментальных данных результаты позволяют подобрать оптимальный состав пенобетона.

Регулирование реологических характеристик позволяет улучшить характеристики пенобетона, что может в дальнейшем использоваться при производстве изделий.

Вывод. Проведенные исследования показали, что формированием ячеистой структуры пенобетона можно эффективно управлять с помощью направленного регулирования реологических свойств за счет изменения характеристик расхода пены и заполнителей.

В результате разработаны и определены технологические параметры получения эффективных по теплофизическим параметрам экологически чистых неавтоклавных пенобетонов.

Разработана технология производства пенобетона с использованием песков, искусственных и природных пористых заполнителей, производимых в Республики Дагестан.

На заводе крупнопанельного домостроения (МКД-3) г. Кизилюрт была внедрена предложенная технология производства пенобетона, изготовлены стеновые блоки и теплоизоляционные плиты.

Библиографический список:

1. Барлыбаев У.Д. Институциональные аспекты устойчивого развития сельских территорий в условиях становления. Москва. 2015. 333 с.
2. Оцоков К.А., Джалалов Ш.Г. Способы повышения эффективности пенобетона// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016. № 3 .Т.42 .С.167-174.
3. Оцоков К.А. Повышение эффективности пенобетона путем использования местных материалов: Дис ... канд.техн.наук.-М.,2002. С.141.
4. Меркин А.П., Кобидзе Т.Е. Особенности структуры и особенности получения эффективных пенобетонных материалов// Строительные материалы. 1988. №3. С.12-14.
5. Селезнев И.Г. Пенобетон для монолитного домостроения: Дис...канд.техн.наук.- М.: 1995.С.5.
6. Тотурбиев А. Б. Теплоизоляционный пенобетон неавтоклавного твердения на бесцементном композиционном вяжущем: Автореф. дис. канд. техн. наук. Ставрополь, 2006. С.3
7. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: 1998. С.394
8. Серова Р.Ф., Касумов А.Ш., Величко Е.Г. Проблемы производства и применения ячеистого бетона //Фундаментальные исследования. 2016. № 7-2. с. 267-271.
9. Павленко Н.В., Пастушков П.П., Хархардин А.Н., Войтович Е.В. Исследование взаимосвязи структурных и тепловлажностных характеристик на примере пенобетона на основе наноструктурированного вяжущего//Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2016. № 6 (52). С. 80-86.
10. Лойко К.О., Белова С.А., Дерябин П.П. Влияние текучести смеси на основные свойства пенобетона сухой минерализации// Архитектура, строительство, транспорт. Материалы Международной научно-практической конференции. 2015. С. 518-522.
11. Горбач П.С., Щербин С.А. Влияние пенообразователя на свойства пены и пенобетона//Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 5 (46). С. 126-132.
12. Кучерявенко Д.А. Свойства пенобетона неавтоклавного твердения с использованием белкового пенообразователя// Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки. Материалы международной научно-практической конференции: [электронный ресурс]. 2014. С. 50-52.
13. Савенков А.И., Тюлькин С.В., Шиндель Е.В. Взаимосвязь вяжущего и свойств цементной матрицы и пенобетона//Аспирант. 2016. № 5 (21). С. 146-151.
14. Yue L., Bing C. New type of super-lightweight magnesium phosphate cement foamed concrete. Journal of Materials in Civil Engineering. 2015; 27(1): 401-412.
15. Models for prediction the strength and stiffness of foamed concrete at ambient temperature. Mydin Md.A.O. Europeanresearcher. series a. 2014. № 1-2 (67). p. 124-129.
16. Influence of size factor on creep deformation of fine-grain foam concrete for repair. Bataev D.K.S., MazhievKh.N., Gaziev M.A., Salgiriev R.R., MazhievK.Kh., MazhievaA.Kh. Lifesciencejournal. 2014. т. 11. № 12. PP. 995-997.
17. Disperse reinforcing role in producing non-autoclaved cellular foam concrete Vesova L. M. Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. PP. 1587-1590.
18. Формирование структуры магниальных ячеистых бетонов Мирюк О.А. International scientific and practical conference worldscience. 2016. Vol. 1. № 3 (7). PP. 62-66.
19. 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. № 22. PP. 16735-16741.
20. 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.

21. Лойко К.О., Белова С.А., Дерябин П.П. Влияние текучести смеси на основные свойства пенобетона сухой минерализации. В сборнике: Архитектура, строительство, транспорт материалы Международной научно-практической конференции. 2015. С. 518-522.
22. Mydin Md.A.O. Models for prediction the strength and stiffness of foamed concrete at ambient temperature. European researcher. Series A. 2014; 1-2(67):124-129.
23. Савенков А.И. Определение оптимального водотвердого отношения для пенобетона. Сборник научных трудов ангарского государственного технического университета. 2005. т. 1. № 1. с. 372-374.
24. Коломацкий А.С., Коломацкий С.А. Теплоизоляционные изделия из пенобетона //Строительные материалы. 2003. №1 . С.38-39.
25. Липилин А.Б., Коренюгина Н.В. Дезинтегратор мокрого помола в производстве неавтоклавного пенобетона//Строительные материалы. 2014. №6 . С.10-11.

References:

1. Barlybayev U.D. Institutsional'nyye aspekty ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy v uslovi-yakh stanovleniya. Moskva, 2015; 333. [Barlybaev U.D. Institutional aspects of sustainable development of rural areas in conditions of formation. 2015; 333.] (In Russ.)
2. Otsokov K.A., Dzhalalov Sh.G. Sposoby povysheniya effektivnosti penobetona. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2016;3(42):167-174. [Otsokov K.A., Dzhalalov Sh.G. Ways to improve the effectiveness of foam concrete. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;3(42):167-174. (In Russ.)]
3. Otsokov K.A. Povyshenie effektivnosti penobetona putem ispol'zovaniya mestnykh materialov. Dis...kand.tekhn.nauk. M., 2002. С. 141. [Otsokov K.A. Increase the effectiveness of foam concrete by using local materials. The Candidate of technical sciences dissertation.M., 2002.P. 141. (In Russ.)]
4. Merkin A.P., Kobidze T.E. Osobennosti struktury i osobennosti polucheniya effektivnykh penobetonnykh materialov. Stroitel'nyematerialy. 1988; 3:12-14. [Merkin A.P., Kobidze T.E. Features of the structure and of obtaining effective foam concrete materials. Construction Materials. 1988;3:12-14. (In Russ.)]
5. Seleznev I.G. Penobeton dlya monolitnogo domostroeniya. Dis...kand.tekhn.nauk. M., 1995.C.5. [Seleznev I.G. Foam concrete for monolithic housing construction.The Candidate of technical sciences dissertation.M., 1995.P.5. (In Russ.)]
6. Toturbiev A.B. Teploizolyatsionnyi penobetonne avtoklavnogo tverdeniya na bestsementnom kompozitsionnomv yazhushchem: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. Stavropol', 2006. S.3. [Toturbiev A.B. Heat-insulating foam concrete of non-autoclaved hardening on a cement-free composite binder: Published summary of the candidate of technical sciences dissertation. Stavropol', 2006.P.3. (In Russ.)]
7. Batrakov V.G. Modifitsirovannyye betony. Teoriya i praktika. M.,1998. S.394. [Batrakov V.G. Modified concrete.Theory and practice. M.,1998. P.394. (In Russ.)]
8. Serova R.F., Kasumov A.Sh., Velichko E.G. Problemy proizvodstva i primeneniya yacheistogo betona. Fundamental'nye issledovaniya. 2016;7-2:267-271. [Serova R.F., Kasumov A.Sh., Velichko E.G. Problems of production and use of cellular concrete. Fundamental research. 2016;7-2:267-271. (In Russ.)]
9. Pavlenko N.V., Pastushkov P.P., Kharkhardin A.N., Voitovich E.V. Issledovanie vzaimosvyazi strukturnykh i teplovlazhnostnykh kharakteristik na primere penobetona na osnove nanostrukturirovannogo vyazhushchego. Vestnik Sibirskoi gosudarstvennoi avtomobil'no-dorozhnoi akademii. 2016;6(52):80-86. [Pavlenko N.V., Pastushkov P.P., Kharkhardin A.N., Voitovich E.V. Investigation of the interrelation between structural and heat and moisture characteristics on the example of foam concrete on the basis of a nanostructured binder. VestnikSibADI. 2016;6(52):80-86. (In Russ.)]
10. Loiko K.O., Belova S.A., Deryabin P.P. Vliyanie tekuchesti smesi na osnovnye svoystv penobetona sukhoi mineralizatsii. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Arkhitektura, stroitel'stvo, transport». 2015;518-522. [Loiko K.O., Belova S.A., Deryabin P.P. Influence of fluidity of the mixture on the basic properties of foam dry mineralisation. Materials of the international scientific-practical conference «Architecture, construction, transport». 2015;518-522. (In Russ.)]
11. Gorbach P.S., Shcherbin S.A Vliyanie penoobrazovatelya na svoystva peny i penobetona. VestnikTomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2014;5(46):126-132. [Gorbach P.S., Shcherbin S.A Influence of a foaming agent on the properties of foam and foam concrete.Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building. 2014;5(46):126-132. (In Russ.)]
12. Kucheryavenko D.A. Svoystva penobetona neavtoklavnogo tverdeniya s ispol'zovaniem belkovogo penoobrazovatelya. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Razvitie dorozhno-transportnogo i stroitel'nogo kompleksov i osvoenie strategicheskii vazhnykh territorii Sibiri i Arktiki: vklad nauki» [elektronnyi resurs]. 2014;50-52. [Kucheryavenko D.A. Properties of foam concrete of non-autoclaved hardening with the use of a protein foaming agent. Materials of the international scientific and practical conference «Development of road and transport and construction complexes and development of strategically important territories of Siberia and the Arctic: the contribution of science» [electronic resource]. 2014;50-52. (In Russ.)]
13. Savenkov A.I., Tyul'kin S.V., Shindel' E.V. Vzaimosvyaz' svyazhushchego i svoystv tsementnoi matrity i penobetona. Aspirant. 2016;5(21):146-151. [Savenkov A.I., Tyul'kin S.V., Shindel' E.V. Interrelation of binder and the properties of cement matrix and foam concrete. Aspirant. 2016;5(21):146-151. (In Russ.)]

14. Yue L., Bing C. New type of super-lightweight magnesium phosphate cement foamed concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2015; 27(1):401-412.
15. Mydin Md.A.O. Models for prediction the strength and stiffness of foamed concrete at ambient temperature. *European researcher. Series A*. 2014;1-2(67):124-129.
16. Bataev D.K.S., MazhievKh.N., Gaziev M.A., Salgiriev R.R., MazhievK.Kh., MazhievaA.Kh. Influence of size factor on creep deformation of fine-grain foam concrete for repair. *Life science journal*. 2014;11(12):995-997.
17. Vesova L.M. Disperse reinforcing role in producing non-autoclaved cellular foam concrete. *Procedia Engineering*. 2016;150:1587-1590.
18. Miryuk O.A. Formirovanie struktury magnezial'nykh yacheistykh betonov. *World science - International scientific and practical conference*. 2016;1(7):62-66. [Miryuk O.A. Formation of the structure of magnesial cellular concrete. *World science - International scientific and practical conference*. 2016;1(7):62-66. (In Russ.)]
19. Krasnikova N.M., Khozin V.G., Morozov N.M., Borovskikh I.V., Eruslanova E.V. Improving technology of non-autoclave foam concrete. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2014; 9(22):16735-16741.
20. Sokov V.N., Zhabin D.V., Beglyarov A.E., Zemlyanushnov D.Yu. Teoreticheskie osnovy polucheniya yacheistykh betonov iz penomass, aktiviruemykh gidrotoplosilovym polem. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2012;12:18-19. [Sokov V.N., Zhabin D.V., Beglyarov A.E., Zemlyanushnov D.Yu. Theoretical foundations for the production of cellular concrete from foam masses activated by a hydrothermal field. *Industrial and civil engineering*. 2012;12:18-19. (in Russ.)]
21. Loiko K.O., Belova S.A., Deryabin P.P. Vliyanie tekuchesti smesi na osnovnye svoystva penobetona sukhoi mineralizatsii. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Arkhitektura, stroitel'stvo, transport»*. 2015;518-522. [Loiko K.O., Belova S.A., Deryabin P.P. Influence of fluidity of the mixture on the basic properties of foam dry mineralisation. *Materials of the international scientific-practical conference «Architecture, construction, transport»*. 2015;518-522. (In Russ.)]
22. Mydin Md.A.O. Models for prediction the strength and stiffness of foamed concrete at ambient temperature. *European researcher. Series A*. 2014;1-2(67):124-129.
23. Savenkov A.I. Opredelenie optimal'nogo vodotverdogo otnosheniya dlya penobetona. *Sbornik nauchnykh trudov angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2005;1(1):372-374. [Savenkov A.I. Determination of the optimum water-hardening ratio for foam concrete. *Collection of scientific works of Angarsk State Technical University*. 2005;1(1):372-374. (In Russ.)]
24. Kolomatskii A.S., Kolomatskii S.A. Teploizolyatsionnye izdeliya iz penobetona. *Stroitel'nye materialy*. 2003; 1:38-39. [Kolomatskii A.S., Kolomatskii S.A. Thermal insulation products made of foam concrete. *Construction Materials*. 2003;1:38-39. (In Russ.)]
25. Lipilin A.B., Korenyugina N.V. Dezintegrator mokrogo pomola v proizvodstve neavtoklavnogo penobetona. *Stroitel'nyematerialy*. 2014;6:10-11. [Lipilin A.B., Korenyugina N.V. Wet disintegrator in the production of non-autoclave foam concrete. *Construction Materials*. 2014;6:10-11. (In Russ.)]

Сведения об авторе:

Оцоков Камиль Алиевич - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры строительных материалов и инженерных сетей.

Information about the author:

Kamil A. Otsokov - Cand. Sci. (Technical), Senior Lecturer, Department Construction materials and engineering systems.

Конфликт интересов.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 13.09.2017.

Принята в печать 23.10.2017.

Conflict of interest.

The author declare no conflict of interest.

Received 13.09.2017.

Accepted for publication 23.10.2017.