

Для цитирования: Багдасаров А.С., Нестеренко А.И., Пупкова А.Ю. Пеногипсовые изделия на основе местных вяжущих. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018; 45 (4): 153-161. DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-4-153-161

For citation: Bagdasarov A.S., Nesterenko A. I., Pupkova A.Yu. Foam gypsum products based on local binders. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2018; 45 (4): 153-161. (in Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-4-153-161

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК: 539.3

DOI: 10.21822/2073-6185-2018-45-4-153-161

ПЕНОГИПСОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ ВЯЖУЩИХ

Багдасаров А.С.¹, Нестеренко А.И.², Пупкова А.Ю.³

^{1,2}Северо-Кавказская государственная академия,

^{1,2}369012, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36, Россия,

³ООО «АНТ»,

³369012, г. Черкесск, пр. Ленина, 3/4, Россия,

¹e-mail: kafedratspism@mail.ru, ²e-mail: aleksandrita_09@mail.ru,

³e-mail: trud-13@mail.ru

Резюме. Цель. Рассмотрены задачи производства поризованных гипсовых изделий на местном гипсовом вяжущем в Карачаево-Черкесской республике. **Метод.** Исследование основано на методе «сухой» минерализации пен, разработанному в Московском государственном строительном университете. В качестве исходных материалов применяли гипсовое вяжущее марки Г-6 Усть-Джегутинского гипсового комбината. В качестве пенообразователя (ПО) выбран пенообразователь окись алкилдиметиламина (окись амина). Выбор ПО выполнен с учетом его совместимости с гипсовым вяжущим. При этом исследовались ПО различных классов. Исследования проводили для получения пеногипса средней плотностью 900 кг/м³. **Результат.** Предложена технология производства пеногипса, в основе которой принята технология производства пенобетона методом «сухой» минерализации пен. Выбор пенообразователя выполнен сравнительной оценкой исследованных параметров пенообразователей различных классов. Разработана методика проектирования составов пеногипса для получения изделий заданной средней плотности. Методика включает определение расхода ГВ, расхода воды и пенообразователя, определения В/Г отношения. Проектирование составов ПГ предложено вести исходя из заданной проектной средней плотности материала ($\rho_{п}$, кг/м³), равной в данном случае расходу двуводного гипса (CaSO₄·2H₂O). В предложенном методе получения пеногипсовых масс отличительной особенностью является использование технологических свойств плотных пен – пен с низкой кратностью. Определены граничные условия получения стеновых пеногипсовых изделий из местного гипсового вяжущего, соответствующих требованиям ГОСТ. **Вывод.** С использованием современных методов исследований установлено, что пеногипсовые изделия из Усть-Джегутинского гипса марки Г-6 удовлетворяют требованиям стандартов для строительных теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных изделий плотностью 400-1000 кг/м³.

Ключевые слова: пеногипсовые изделия; «сухая» минерализация пен; гипсовое вяжущее; технические плотные пены; кратность пены; водотвердое отношение; пеногенератор; текучесть; прочность; влажность; теплопроводность; макро- и микропористость

BUILDING AND ARCHITECTURE

FOAM GYPSUM PRODUCTS BASED ON LOCAL BINDERS

Alexander S. Bagdasarov¹, Alexandra I. Nesterenko², Antonina Yu. Pupkova³

^{1,2}North Caucasian State Academy,

^{1,2}36, Stovropolskaia Str., Cherkessk 369012, Russia,

³3/4, Lenina Ave., Cherkessk 369012, Russia,

¹e-mail: kafedratspism@mail.ru, ²e-mail: aleksandrita_09@mail.ru,

³e-mail: trud-13@mail.ru

Abstract. Objectives. The problems of production of porous gypsum products on a local gypsum binder in the Karachay-Cherkess Republic are considered. **Method.** The study is based on the method of "dry" mineralization of foams, developed at the Moscow State University of Civil Engineering. As the source materials used plaster binder brand G-6 Ust-Dzhegutinsky plaster plant. An alkyl dimethylamine oxide (amine oxide) foaming agent was chosen as a foaming agent (PO). The choice of software is made taking into account its compatibility with the gypsum binder. At the same time, software of various classes was studied. Studies were performed to obtain foamed gypsum with an average density of 900 kg / m³. **Result.** A technology for the production of foam gypsum is proposed, based on the technology for the production of foam concrete by the method of "dry" mineralization of foams. The choice of foaming agent was made by comparative evaluation of the studied parameters of foaming agents of various classes. A technique has been developed for designing foamed gypsum formulations to produce products of a given average density. The technique includes the determination of the flow rate of HS, water flow and foaming agent, the determination of the B / T ratio. It was proposed to design the GHG compositions based on a given design average material density (ρ), which in this case is equal to the consumption of dihydrate gypsum (CaSO₄·2H₂O). In the proposed method of obtaining foam – gypsum masses, the distinctive feature is the use of the technological properties of dense foams with low multiplicity. The boundary conditions for obtaining wall foam-gypsum products from a local gypsum binder that meet the requirements of GOST have been determined. **Conclusion.** Using modern research methods, it has been established that foam-hypo products from Ust-Dzhegutinsky gypsum of grade G-6 meet the requirements of standards for building heat-insulating and construction-heat-insulating products with a density of 400-1000 kg / m³

Keywords: foam products; "dry" mineralization pins; knitting plaster; dense foam; the ratio of the foam; water treatment; foam generator; fluidity; strength; moisture content; thermal conductivity; macro - and microporosity

Введение. Проблема сокращения энергозатрат на содержание и отопление зданий является актуальной. Одним из направлений для решения данной проблемы в КЧР является разработка производства поризованных гипсовых изделий на местном гипсовом вяжущем (ГВ) Усть-Джегутинского гипсового комбината. Актуальной задачей также является удовлетворение требований к теплоизолирующей способности изделий, что ведет к экономии материальных и энергоресурсов, как при строительстве, так и эксплуатации зданий. Кроме того, применение эффективных поризованных изделий в ограждающих конструктивных элементах зданий улучшает комфортные условия внутри здания, как в холодный период года, так и в жаркий период года.

Постановка задачи. В связи с этим целью и задачей научной работы является получение пеногипсовых изделий на основе местного ГВ.

Методы исследования. Пеногипсовые (ПГ) изделия возможно получать по методу «сухой» минерализации пен, разработанному в Московском государственном строительном университете [1]. При этом, техническая устойчивая пена заданной проектной кратностью подается в смеситель с вертикальным валом, а затем ее минерализуют сухим гипсовым вяжущим, ко-

торое, вступая в химическое взаимодействие с водой, находящейся в межпоровых перегородках пены, «бронирует» воздушные пузырьки пены, не позволяя им разрушаться и понижать кратность пеномассы.

Метод «сухой» минерализации технических пен имеет технологические преимущества по сравнению с традиционной схемой получения пенобетонов. Данный метод позволяет получать поризованные гипсовые изделия с заданной проектной плотностью. При этом образцы изделий обладают физико-механическими свойствами, прогнозируемыми на стадии проектирования составов [1-3].

Основными задачами исследований являются:

- 1) предложить технологию пеногипса на основе местных ГВ;
- 2) предложить расчет проектных составов пеногипса для строительных изделий различного назначения;
- 3) исследовать строительно-технические свойства пеногипсовых изделий.

Научная новизна работы состоит в разработке методики проектирования составов пеногипса заданной средней плотности; в определении граничных условий получения пеногипсовых изделий на основе местных ГВ, соответствующих требованиям ГОСТ.

В предложенном методе получения пеногипсовых масс отличительной особенностью является использование технологических свойств плотных пен – пен с низкой кратностью. Известно [1-2, 4-5], что плотные пены имеют сравнительно тонкодисперсную однородную структуру, состоящую из сферических воздушных пузырьков, разделенных толстыми жидкими прослойками, и, как следствие, характеризуются повышенным содержанием жидкой фазы, не перешедшей в адсорбционные слои и текучестью.

Эти факторы определяют технологичность данных пен – малый расход пенообразователя, простота транспортировки и дозировки, обеспечение коротких сроков получения однородной массы и их высоких литьевых свойств. В связи с чем, была исследована возможность получения пеногипса плотностью в сухом состоянии 400-1000 кг/м³ для изделий различного назначения.

В лабораторных условиях в качестве смесителя нами использовалась скоростная лопастная вертикальная мешалка (СЛВМ), с частотой вращения вала мешалки 750 об/мин.

В качестве исходных материалов применяли гипсовое вяжущее марки Г-6 Усть-Джегутинского гипсового комбината. В качестве пенообразователя (ПО) нами выбран пенообразователь окись алкилдиметиламина (окись амина). Выбор ПО выполнен с учетом его совместимости с гипсовым вяжущим. При этом исследовались ПО различных классов. Исследования проводили для получения пеногипса средней плотностью 900 кг/м³.

Исследовались следующие параметры:

- минимально необходимый расход ПО для получения пеногипса;
- коэффициент выхода пеномассы (Квп);
- кратность пены (Кп);
- величина осадки пены при ее минерализации;
- величина осадки пеногипсовой массы при созревании в формах.

Результаты исследований приведены в табл. 1. По полученным данным минимально-необходимые расход ПО и кратность пены для получения ПГ плотностью 900 кг/м³ составили у окиси амина. Величина осадки пены из окиси амина при минерализации ГВ на несколько порядков меньше по сравнению с другими, а осадка ПГ массы при созревании в формах вообще не обнаружена.

Что объясняется природой пенообразователя - его совместимостью с гипсовым вяжущим при минерализации и при созревании ПГ массы в формах.

На основании полученных данных предпочтение отдано окиси амина, которую использовали в дальнейших исследовательских и опытных работах. В лабораторных условиях были

получены образцы пеногипсовых изделий средней плотностью 400-1000 кг/м³, прочностью соответственно 0,4-4,8 МПа.

Таблица 1. Влияние вида пенообразователя на параметры пеногипсовой массы
Table 1. The effect of the type of foaming agent on the parameters of the foam-gypsum mass

Вид ПО Type of soft- ware	Расход ПО, масс. % воды Consumption software, mass. % water	K_{II} / K_{VII}	Величина осад- ки пены при минерализации, %The amount of foam precipitation during mineraliza- tion,%	Величина осадки ПГ массы при созревании, % The amount of precipitation of PG mass during maturation,%
ПО-2А («Про- гресс») PO-2A (Progress)	0,5	4,5/1,5	18-20	3,5
САМПО	0,2	4/1,4	20-25	5
Неопор- 300Neopor- 300	0,5	3/1,6	10-14	2
Окись амина Amine oxide	0,1	2,5/1,8	0,5-2	0

Зависимость прочности изделий от плотности представлена на рис. 1.

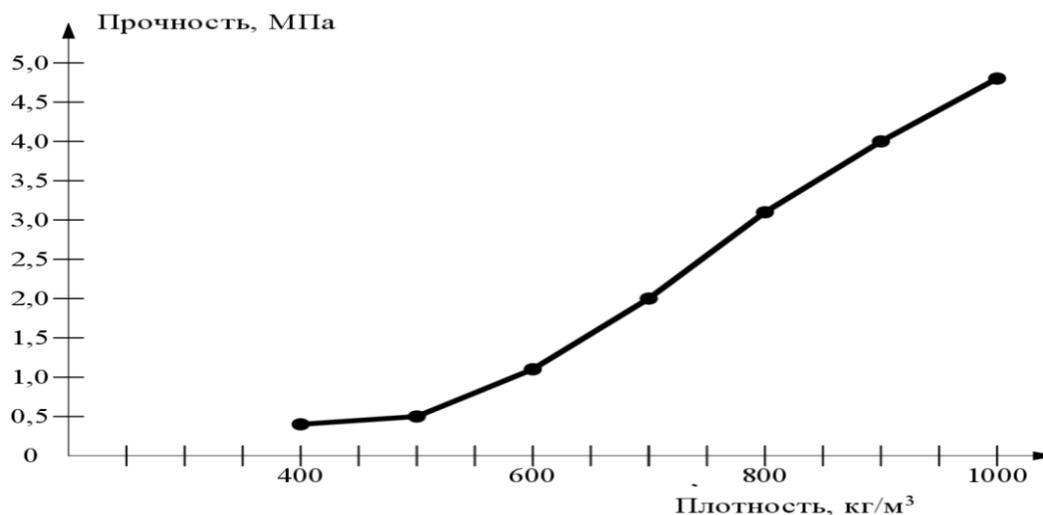


Рис.1 Зависимость прочности пеногипса от плотности
Fig.1. The dependence of the strength of foamed gypsum density

Контроль прочности образцов ПГ на сжатие выполняли по ГОСТ 23789-79 и ГОСТ 10180-2012. Для проведения испытаний применяли образцы – кубы с ребрами размерами 15х15х15 см. Образцы заливали в лабораторные формы из пеногипсовой массы. Контрольные образцы испытывали через 28 суток выдерживания в естественных условиях до состояния равновесной влажности.

Данные рис. 1 показывают, что с уменьшением плотности пеногипса, снижается его прочность, при этом в интервале средней плотности 600-1000 кг/м³ эта зависимость близка к линейной, что обусловлено формированием более рациональной структуры ПГ средней плотности 600-1000 кг/м³ с равномерным распределением пор в объеме материала и более однородной толщиной межпоровых перегородок.

На основании полученных результатов изготовление пеногипса плотностью менее 400 кг/м^3 из гипсового вяжущего марки Г-6, признано нецелесообразным из-за существенного снижения прочности материала.

Прочность ПГ изделий в значительной степени зависит от их влажности, в связи с чем были проведены исследования изменения прочностных свойств образцов, подвергнутых водонасыщению.

При этом установлено, что прочность водонасыщенных образцов значительно понижается. Одной из причин понижения прочности пористых материалов является значительное ослабление контактов кристаллов межпоровых перегородок, что и обуславливает сравнительно низкую прочность. В сухом материале нет условий для межкристаллизационного скольжения.

По данным этих исследований и проведенных экспериментов, можно сделать вывод о том, что фасадную поверхность конструкции, выполненной из ПГ камней следует облицовывать или обрабатывать гидрофобными составами, которые не образуют воздухопроницаемую пленку. Так, по [6] многолетние наблюдения за зданиями из плотного гипсобетона показали, что наиболее удовлетворительно состояние зданий, фасады которых окрашены известковыми красками с добавлением 5% олифы.

Исследованиями установлено, что пеногипс плотностью $400-700 \text{ кг/м}^3$ возможно использовать для устройства самонивелирующихся теплоизоляционных стяжек и теплоизоляционных слоев в стенах, а изделия плотностью $800-1000 \text{ кг/м}^3$ - для возведения стен малоэтажных коттеджных зданий и ограждающих самонесущих стен в каркасных многоэтажных зданиях.

Также выполнены исследования пористой структуры и теплопроводности ПГ изделий. Известно, что общая пористость материала с ячеистой структурой образуется из ячеистой пористости (макропористости) и пористости межпоровых перегородок (микропористости). По [7] на долю ячеистой пористости приходится примерно 90% от общего ее объема.

Объем ячеистой пористости определяется пространственным расположением пор (их упаковкой), распределением пор по размерам, максимальным и средним размером пор, их формой, толщиной межпоровых перегородок. Увеличение диаметра пор приводит к повышению объема пористости за счет уменьшения числа межпоровых перегородок и наоборот.

Однако в крупных порах заметно возрастает конвективный теплообмен и теплопроводность такого материала, несмотря на возрастание объема газовой фазы, не снижается. Поэтому необходимо стремиться к созданию мелкопористой структуры с равномерным распределением пор в объеме материала. При условии равномерного распределения пор всех диаметров и при их количественном соотношении 1:1:1:1 – может быть достигнут наибольший объем пористости [7].

Анализ макроструктуры образцов конструкционно-теплоизоляционного пеногипса показал, что в пеногипсе плотностью 800 кг/м^3 средний диаметр пор равен $0,38 \text{ мм}$, распределение пор по размерам двухмодальное, поры имеют сферическую форму, нарушений сплошности стенок пор не наблюдается. С повышением средней плотности ПГ средний размер пор снижается и составляет для плотности 1000 кг/м^3 – $0,27 \text{ мм}$.

Теплопроводность является главной характеристикой теплозащитных свойств поризованных теплоизоляционных изделий. Известно [7, 8], что влажность ячеистых бетонов существенно влияет на данный показатель. По [7] на каждый процент влажности прирост теплопроводности составляет 7-8,5%. В связи с чем, как уже отмечалось выше, ПГ изделия следует предохранять от увлажнения.

Коэффициент теплопроводности пеногипса определяли по ГОСТ 7076-99, отбор образцов по ГОСТ 10180-2012. Было определено, что для ПГ плотностью 500 кг/м^3 коэффициент теплопроводности составил $0,09 \text{ Вт/мК}$, что коррелируется с данными, полученными ранее в МГСУ (бывший МИСИ) [9] для пеногипса аналогичной плотности, изготовленного методом «сухой минерализации» пен.

В процессе исследовательских работ нами разработана методика проектирования составов пеногипса заданной средней плотности. Методика включает определение расхода ГВ, расхода воды и пенообразователя, определения В/Т отношения. Проектирование составов ПГ предложено вести исходя из заданной проектной средней плотности материала ($\rho_{П}$, кг/м³), равной в данном случае расходу двухводного гипса (CaSO₄·2H₂O).

Величина последнего включает расход полуводного гипсового вяжущего и количество химически связанной воды (≈ 18 масс. % гипсового вяжущего). С учетом гигроскопической влаги пеногипсового изделия и расхода добавок, проектная средняя плотность определяется по формуле:

$$\rho_{П} = 1,23(CaSO_4 \cdot 0,5H_2O) \text{ или } \rho_{П} = 1,23 \cdot ГВ, \quad (1)$$

где ГВ – гипсовое вяжущее.

Откуда определяют требуемый расход ГВ

$$ГВ = \frac{\rho_{П}}{1,23} \quad (2)$$

Расход расчетных сухих компонентов смеси (ГВ, добавок) составит твердую часть (Т) проектируемого состава пеногипса, которую (после соответствующих преобразований) рекомендуется определять по формуле:

$$T = 0,84 \cdot \rho_{П} \quad (3)$$

С учетом В/Т отношения, принимаемого по результатам предварительных экспериментов, равным 0,6 – 0,7 определяют общее содержание воды (В) в смеси пеногипса:

$$B = 0,65 \cdot T \quad (4)$$

Расчетную плотность пеногипсовой массы в мокром состоянии (кг/м³) определяют по формуле:

$$\rho_{П-мокр} = T + B = 1,65T \quad (5)$$

Расход пенообразователя принимают не более 0,1 масс. % В (табл. 1).

Для проверки расчетных значений расхода пенообразователя в лаборатории готовят пробные замесы и уточняют необходимый расход пенообразователя с учетом химического и механического пеногашения при ее минерализации. Расчет ведется по формуле:

$$K_{ВП}^{mp} = K_{П} \frac{\rho_{Ф-мокр}}{\rho_{П-мокр}} \quad (6)$$

где $K_{ВП}^{mp}$ - требуемый коэффициент выхода пеногипсовой массы;

$K_{П}$ – расчетная кратность пены;

$\rho_{Ф-мокр}$ - фактически полученная плотность пеногипсовой массы в мокром состоянии, кг/м³.

Расчётный состав проверяется и при необходимости уточняется на пробных замесах.

В результате исследовательских и опытно-промышленных работ предложена технология производства пеногипса из ГВ.

В основу предлагаемой технологии принята технология производства пенобетона методом «сухой» минерализации пен, разработанной в Московском государственном строительном университете [1-3].

Принципиальная технологическая схема производства пеногипса представлена на рис. 2.

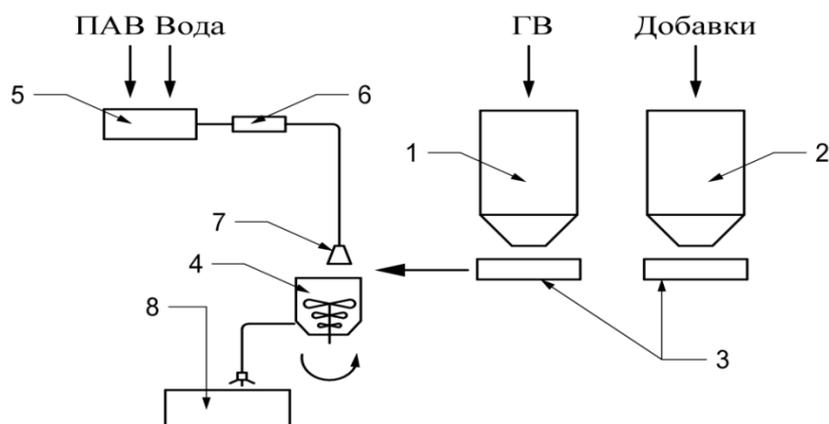


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема производства пеногипса

Fig. 2. Principle flow chart of foamed gypsum production

1 – бункер ГВ; 2 – бункер добавок; 3 – весовой дозатор; 4 – скоростная лопастная вертикальная мешалка; 5 – бак водного раствора ПО; 6 – насос; 7 – пеногенератор; 8 – формы для изделий.

По предложенной технологической схеме были получены опытные образцы мелкоштучных пеногипсовых стеновых блоков плотностью $800-1000 \text{ кг/м}^3$, удовлетворяющих ГОСТ 6133-84.

По [3] данная технология пенобетонов может применяться и в построечных условиях при монолитном домостроении.

Вывод. Таким образом, с использованием современных методов исследований установлено, что пеногипсовые изделия из Усть-Джегутинского гипса марки Г-6 удовлетворяют требованиям стандартов для строительных теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных изделий плотностью $400-1000 \text{ кг/м}^3$.

Разработана методика проектирования составов ПГ для получения изделий заданной средней плотности и предложена технология ПГ изделий на основе местных ГВ.

В дальнейшем планируется выполнить оптимизацию технологических и рецептурных параметров производства по методикам [10, 11] и разработать технологический регламент и исходные данные местным гипсовым заводам на проектирование линии по производству пеногипсовых строительных изделий.

Библиографический список:

1. Технология заливочного пеногипса / А. П. Меркин, Т. Е. Кобидзе, А. П. Никитин, Е. А. Зудяев/ Сельское строительство., 1988.–№12.
2. В стационарном и мобильном вариантах / А. П. Меркин, Т. Е. Кобидзе, Е. А. Зудяев/ Механизация строительства., 1990. – №10. –С. 7–9.
3. Мобильная установка для приготовления и подачи пенобетонов «сухой» минерализации для монолитного домостроения /А. П.Меркин, Е. А. Зудяев, И. Г. Селезнев и др./Строительные и дорожные машины.,1994. – №12.
4. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения/В. К. Тихомиров. – М.: Химия, 1975. – 256 с.
5. Меркин А. П. Непрочное чудо / А. П. Меркин, П. Р. Таубе. – М.: Химия, 1983. – 224 с.
6. Ферронская А. В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций / А. В. Ферронская. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
7. Горлов Ю. П., Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий / Ю.П. Горлов. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.
8. Домокеев А. Г., Строительные материалы / А. Г. Домокеев. – М.: Высшая школа, 1989. – 495 с.
9. Теплоизоляционные материалы из пеногипса и пенобетона / А. П. Меркин, Т. Е. Кобидзе, Е. А. Зудяев / Экспресс информация МИСИ им. В. В. Куйбышева., 1989.
10. Вознесенский Т. В. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Б. Л. Огарков., Киев: Высшая школа, 1989.– 328 с.
11. Вознесенский Т. В. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / В. А. Вознесенский, Т. В. Ляшенко, Я. П. Иванов, И. И. Николов., Киев: Будивэльнык, 1989. – 240 с.

12. Пеногипс на основе фосфогипса / Меркин А.П., Устименко О.В., Артомасов Б. А./Журнал «Строительные материалы», №4-М.,1995
13. Багдасаров А.С., Номенклатура материалов и новые гипсовые изделия Усть-Джегутинского комбината./ Джанибеков Р.А., Джазаев М.А./ Труды Всероссийского семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий» г. Москва, 2002.
14. Багдасаров А.С., Формирование пористой структуры пенофосфогипса. Сборник материалов I-го международного научно - практического семинара «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве». - г. Днепропетровск, 2003.
15. Багдасаров А.С., Оптимизация структуры и стойкости технических пен. Материалы конференции ИСиЭ СКГГТА. г.Черкесск, - 2011.
16. Багдасаров А.С., Пеногипс на основе фосфогипса, БИЦ СевКавГГТА, г.Черкесск, 2017.
17. Багдасаров А.С., Экологичные строительные изделия из фосфогипса. Материалы XV Международной научно-практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технология» North Charleston, USA, - 2018
18. Шигапов Р.И., Использование пеногипса в малоэтажном строительстве. ООО «Уфимская гипсовая компания» - 2015г.
19. Румянцев Б.М. Технология облегченных пеногипсовых материалов. Сб. материалов Академические чтения «Развитие теорий и технологий в области силикатных и гипсовых материалов», М, МГСУ. 2000.
20. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской. - М.: Издательство АСВ, 488 с., с илл.
21. Баранов И.М., Реутова Н.А., Способ изготовления пеногипсовых изделий, композиция для изготовления пеногипсовых изделий, Федеральный институт промышленной собственности, отделение ВПТБ, 1997.

References:

1. Tekhnologiya zalivochnogo penogipsa /A. P. Merkin, T. Ye. Kobidze, A. P. Nikitin, Ye. A. Zudyayev/ Sel'skoye stroitel'stvo., 1988.–№12. [Technology of casting foamed gypsum / A. P. Merkin, T. E. Kobidze, A. P. Nikitin, E. A. Zudyayev / Rural Construction., 1988. –No.12. (In Russ.)]
2. V stacionarnom i mobil'nom variantakh / A. P. Merkin, T. Ye. Kobidze, Ye. A. Zudyayev/ Mekhanizatsiya stroitel'stva., 1990. – №10. –S. 7–9. [In stationary and mobile versions / A. P. Merkin, T. E. Kobidze, E. A. Zudyayev / Construction mechanization., 1990. - №10. -WITH. 7–9. (In Russ.)]
3. Mobil'naya ustanovka dlya prigotovleniya i podachi penobetonov «sukhoj» mineralizatsii dlya monolitnogo domostroyeniya /A. P.Merkin, Ye. A. Zudyayev, I. G. Seleznev i dr./Stroitel'nyye i dorozhnyye mashiny.,1994. – №12. [Mobile unit for the preparation and supply of “dry” mineralization foam concrete for monolithic housing construction / A. P. Merkin, E. A. Zudyayev, I. G. Seleznev, et al. / Construction and Road Machines., 1994. - №12. (In Russ.)]
4. Tikhomirov V. K. Peny. Teoriya i praktika ikh polucheniya i razrusheniya/V. K. Tikhomirov. – М.: Khimiya, 1975. – 256 s. [Tikhomirov V.K. Foams. Theory and practice of their receipt and destruction / In. K. Tikhomirov. - М.: Chemistry, 1975. - 256 p. (In Russ.)]
5. Merkin A. P. Neprochnoye chudo / A. P. Merkin, P. R. Taube. – М.: Khimiya, 1983. – 224 s [Merkin A. P. The fragile miracle / A. P. Merkin, P. R. Taube. - М.: Chemistry, 1983. - 224 p. (In Russ.)]
6. Ferronskaya A. V. Dolgovechnost' gipsovykh materialov, izdeliy i konstruksiy / A. V. Ferronskaya. – М.: Stroyizdat, 1984. – 256 s. [Ferronskaya A.V. Durability of gypsum materials, products and structures / A.V. Ferronskaya. - М.: stroiizdat, 1984. - 256 p. (In Russ.)]
7. Gorlov YU. P., Tekhnologiya teploizolyatsionnykh i akusticheskikh materialov i izdeliy / YU.P. Gor-lov. – М.: Vysshaya shkola, 1989. – 384 s. [Gorlov Yu. P., Technology of heat-insulating and acoustic materials and products / Yu.P. Horus - М.: Higher School, 1989. - 384 p. (In Russ.)]
8. Domokeyev A. G., Stroitel'nyye materialy / A. G. Domokeyev. – М.: Vysshaya shkola, 1989. – 495 s. [Domokeyev A.G., Building materials / A.G. Domokeyev. - М.: Higher School, 1989. - 495 p(In Russ.)]
9. Teploizolyatsionnyye materialy iz penogipsa i penobetona / A. P. Merkin, T. Ye. Kobidze, Ye. A. Zu-dyayev / Ekspres informatsiya MISI im. V. V. Kuybysheva., 1989. [Thermal insulation materials from foamed gypsum and foam concrete / A. P. Merkin, T. E. Kobidze, E. A. Zu-dyayev / Express information IISS them. V.V. Kuibyshev., 1989. (In Russ.)]
10. Voznesenskiy T. V. Chislennyye metody resheniya stroitel'no-tekhnologicheskikh zadach na EVM / V. A. Voznesenskiy, T. V. Lyashenko, B. L. Ogarkov., Kiyev: Vysshaya shkola, 1989.– 328 s. [Voznesensky T. V. Numerical methods for solving construction-technological problems on a computer / V. A. Voznesensky, T. V. Lyashenko, B. L. Ogarkov., Kiev: Higher School, 1989.– 328 p. (In Russ.)]
11. Voznesenskiy T. V. EVM i optimizatsiya kompozitsionnykh materialov / V. A. Voznesenskiy, T. V. Lyashenko, YA. P. Ivanov, I. I. Nikolov., Kiyev: Budivel'nyk, 1989. – 240 s. [Voznesensky, TV systems and the optimization of composite materials / V. A. Voznesensky, T. V. Lyashenko, Ya. P. Ivanov, I. I. Nikolov., Kiev: Budivelnyk, 1989. - 240 p. (In Russ.)]

12. Penogips na osnove fosfogipsa / Merkin A.P., Ustimenko O.V., Artomasov B. A./Zhurnal «Stroi-tel'nyye materialy», №4-M.,1995 [Phenogips based on phosphogypsum / Merkin A.P., Ustimenko O.V., Artomasov B.A. / Journal of Construction Materials, No. 4-M., 1995(In Russ.)]
13. Bagdasarov A.S., Nomenklatura materialov i novyye gipsovyye izdeliya Ust'-Dzhegutinskogo kom-binata./ Dzhanibekov R.A., Dzhazayev M.A./ Trudy Vserossiyskogo seminar «Povysheniye effektiv-nosti proizvodstva i primeneniya gipsovykh materialov i izdeliy» g. Moskva, 2002. [Bagdasarov AS, Nomenclature of materials and new gypsum products of the Ust-Dzhegutinsky plant. / Dzhanibekov RA, Dzhazaev MA / Proceedings of the All-Russian seminar "Improving the efficiency of production and use of gypsum materials and products" Moscow, 2002. (In Russ.)]
14. Bagdasarov A.S., Formirovaniye poristoy struktury penofosfogipsa. Sbornik materialov I-go mezhdunarodnogo nauchno - prakticheskogo seminar «Teoriya i praktika proizvodstva i primene-niya yacheistogo betona v stroitel'stve». - g. Dnepropetrovsk, 2003. [Bagdasarov AS, Formation of the porous structure of penophosphogypsum. Collection of materials of the I-st international scientific and practical seminar "Theory and practice of production and use of cellular concrete in construction." - Dnepropetrovsk, 2003. (In Russ.)]
15. Bagdasarov A.S., Optimizatsiya struktury i stoykosti tekhnicheskikh pen. Materialy konferentsii ISiE CKGG-TA. g.Cherkessk,- 2011. [Bagdasarov AS, Optimization of the structure and durability of technical foams. Proceedings of the Conference of IT and EEU. Cherkessk, - 2011. (In Russ.)]
16. Bagdasarov A.S., Penogips na osnove fosfogipsa, BITS SevKavGGTA, g.Cherkessk, 2017. [Bagdasarov A.S., Phenogips based on phosphogypsum, BIC SevKavGGTA, Cherkessk, 2017. (In Russ.)]
17. Bagdasarov A.S., Ekologichnyye stroitel'nyye izdeliya iz fosfogipsa. Materialy XV Mezhdunarod-noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «21 vek: fundamental'naya nauka i tekhnologiya» North Charleston, USA, - 2018 [Bagdasarov A.S., Eco-friendly building products from phosphogypsum. Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference "21st Century: Fundamental Science and Technology" North Charleston, USA, - 2018(In Russ.)]
18. Shigapov R.I., Ispol'zovaniye penogipsa v maloetazhnom stroitel'stve. ООО «Ufinskaya gipsovaya kompaniya» - 2015g. [Shigapov RI, The use of foam in gypsum in low-rise construction. LLC Ufa Gypsum Company - 2015(In Russ.)]
19. Rummyantsev B.M. Tekhnologiya oblegchennykh penogipsovykh materialov. Sb. materialov Akademicheskoye chteniya «Razvitiye teoryi i tekhnologiy v oblasti silikatnykh i gipsovykh materialov», M, MGSU. 2000. [Rummyantsev B.M. The technology of lightweight foam-gypsum materials. Sat materials Academic readings "The development of theories and technologies in the field of silicate and gypsum materials", M, MGSU. 2000(In Russ.)]
20. Gipsovyye materialy i izdeliya (proizvodstvo i primeneniye). Spravochnik. Pod obshchey red. A.V. Ferronskoy. - M.: Izdatel'stvo ASV, 488 s., s ill. [Gypsum materials and products (production and use). Directory. Under the general ed. A.V. Ferron. - M. : Publishing house DIA, 488 p., With ill. (In Russ.)]
21. Baranov I.M., Reutova N.A., Sposob izgotovleniya penogipsovykh izdeliy, kompozitsiya dlya izgotovleniya penogipsovykh izdeliy, Federal'nyy institut promyshlennoy sobstvennosti, otdeleniye VPTB, 1997. [Baranov I.M., Reutov N.A., Method for the manufacture of foam-gypsum products, composition for the manufacture of foam-gypsum products, Federal Institute of Industrial Property, VPTB, 1997. (In Russ.)]

Сведения об авторах:

Багдасаров Александр Сергеевич - кандидат технических наук, доцент, кафедра «Строительство и управление недвижимостью».

Нестеренко Александра Ивановна - старший преподаватель кафедры «Строительство и управление недвижимостью»

Пупкова Антонина Юрьевна - инженер-проектировщик .

Information about authors:

Alexander S. Bagdasarov - Cand. Sci.(Technical), Assoc.Prof., Department of "Construction and Property Management" .

Alexandra I. Nesterenko – Senior Lecturer, Department of "Construction and Property Management" .

Antonina Yu. Pupkova – Design Engineer.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 18.10.2018.

Принята в печать 27.11.2018.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 18.10.2018.

Accepted for publication 27.11.2018.