

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 691.54:666.962

DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-6-126-137

*Л.А. АНИКАНОВА¹, А.И. КУРМАНГАЛИЕВА¹, О.В. ВОЛКОВА¹,
Ю.М. ФЕДОРЧУК²,*

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ГАЗОГИПСОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Представлены результаты исследования составов и технологических принципов получения поризованных гипсовых материалов с применением вторичного сырья, определения условий образования пористой структуры и способов повышения прочности поризованных образцов. При этом решались следующие задачи: выбор и исследование основных характеристик используемых материалов: вещественного, гранулометрического состава, технологических свойств кислого фторангидрита, гипсового вяжущего; обоснование технологических приемов и оценка параметров качества строительных материалов с регулируемой структурой с использованием кислого фторангидрита; разработка нормативно-технологической документации на фторангидритовые вяжущие, стеновые материалы и технологию производства изделий из строительного гипса.

В основу исследований положена способность серной кислоты взаимодействовать с карбонатом кальция с выделением углекислого газа. Отличительной особенностью исследований является использование вторичного сырья (фторангидрита), у которого остаточная кислота адсорбирована на зернах ангидрита. В качестве дополнительных компонентов использовано жидкое стекло, нановолокна алюминия. В качестве основных методов исследований применены стандартные методики по определению свойств строительных материалов, а также физико-химические методы исследований. Методами рентгеноструктурного и дериватографического анализа изучен химический состав фторангидрита.

По представленным результатам дополнительное использование жидкого стекла и нановолокон оксида алюминия обеспечивает высокие физико-механические характеристики образцов. Высокая прочность материала обеспечивается гидратацией строительного гипса и фторангидрита с образующимся в результате реакции активатором твердения, а достаточные теплоизоляционные свойства формируются за счет пористости изделия, полученной выделением углекислого газа и водорода при взаимодействии кислого фторангидрита с карбонатом натрия и дисперсией нановолокна оксида алюминия, сопровождающегося процессом порообразования. Исследования показали, что весьма важную роль в ингредиентном составе играют жидкое стекло и водная дисперсия алюминиевого волокна. Повышение прочности при наличии указанных компонентов связано с образованием силикатов кальция различной основности и их гидратов за счет добавки нановолокна на основе стабилизированного гидроксидом натрия оксида алюминия, которая представляет собой смесь оксида алюминия и $AlO(OH)$ в определенных соотношениях. Итогом взаимодействия наночастиц с ионами кальция является образо-

вание алюминатов и гидроалюминатов кальция. Силикаты (гидросиликаты) и алюминаты (гидроалюминаты) кальция формируют основной пространственный каркас структуры гипсового камня. Кроме того, в процессе взаимодействия компонентов предлагаемой строительной смеси образуются ускорители твердения (Na_2SO_4), т. е. система способна к автокатализу, а также образуются нерастворимые и малорастворимые продукты, которые наряду с волокнами армируют структуру камня настолько, что обильное газовыделение на ранних стадиях, обеспечивающее низкую плотность и порообразование, не приводит к резкому снижению прочности и обеспечивает должное качество материала. При нарушении оксидной пленки волокон металлического алюминия последний бурно реагирует с водосодержащими компонентами сырьевой смеси с выделением водорода.

Представлены исследования конструкционно-теплоизоляционных гипсовых строительных материалов, обладающих теплоизоляционными свойствами, которые могут найти применение в строительстве малоэтажных зданий при изготовлении межквартирных и межкомнатных перегородок. Изготовление конструкционно-теплоизоляционного материала включает следующие технологические операции: предварительное дозирование исходных компонентов (фторангидрита, жидкого стекла, стабилизированной дисперсии нановолокна оксида алюминия, карбоната натрия и воды); перемешивание указанных компонентов в типовом смесителе с водой в течение 1–2 мин, затем совместное перемешивание со строительным гипсом; заливку готовой смеси бетоноукладчиком в разъемные формы согласно размерам требуемого изделия; твердение в камерах при температуре 40–60 °С в течение 24 ч. В качестве основного оборудования может быть использовано типовое оборудование предприятий по производству строительных материалов. Авторами установлены строительно-технические характеристики кислого фторангидрита для производства строительных материалов, предложены способы модифицирования фторангидрита для получения строительных материалов, минуя стадию получения вяжущего, что позволяет снизить расходы минерального сырья на единицу продукции, решать экологические вопросы.

Установлены особенности гидратации и порообразования твердеющих гипсовых материалов с использованием вторичного сырья, позволяющие регулировать состав и свойства вяжущих и строительных материалов на их основе, а также зависимости, позволяющие регулировать состав, структуру и свойства композиционно-теплоизоляционных строительных материалов на их основе. Показана возможность направленного воздействия на процессы структурообразования комплексных добавок, которые при совместном применении обеспечивают получение эффективных гипсовых стеновых материалов.

Ключевые слова: строительный гипс; фторангидрит; карбонатная мука; жидкое стекло; нановолокна алюминия; технология конструкционно-теплоизоляционных материалов.

Для цитирования: Аниканова Л.А., Курмангалиева А.И., Волкова О.В., Федорчук Ю.М. Газогипсовые материалы с использованием вторичного сырья // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 6. С. 126–137.

L.A. ANIKANOVA¹, A.I. KURMANGALIEVA¹, O.V. VOLKOVA¹,
Yu.M. FEDORCHUK²,

¹Tomsk State University of Architecture and Building,

²National Research Tomsk State University

FOAMED GYPSUM MATERIALS WITH FLUORIDE ADDITIVE

Purpose: The aim of this work is to investigate compositions and operational procedures for gypsum foamed materials based on acid fluoride and define conditions for the formation of the foamed structure and ways to improve the strength of foamed samples. **Materi-**

als/Methodology/Approach: A capacity of sulphuric acid to interact with calcium carbonate with release of carbon dioxide is laid for this research. The hallmark of this study is acid fluoride used as a recycled material in which the residual acid adsorbs on anhydrite grains. Also, liquid glass and aluminum oxide nanofiber are added to the composition. In this research, standard procedures and physicochemical techniques are used for the detection of properties of constructional materials. X-ray diffraction and differential thermal analyses are carried out to study the chemical composition of acid fluoride. The production of heat-insulating material includes preliminary dosage of initial components (acid fluoride, liquid glass, stabilized dispersion of aluminum nanofiber, sodium carbonate and water); blending of these components during 1–2 min followed by the gypsum addition; hardening in chambers for 24 h at 40–60 °C; pouring the ready mixture in divided molds. Standard equipment can be used for this production process. **Research findings:** The additional use of liquid glass and aluminum oxide nanofiber provides high physical and mechanical properties of samples. The high strength of material is insured by hydration of gypsum and acid fluoride followed by the chemical reaction due to the hardening catalyst. Heat-insulating properties appear due to porosity of product achieved by the release of carbon dioxide and oxygen during the interaction between acid fluoride and sodium carbonate as well as by the dispersion of aluminum oxide nanofiber accompanied by pore formation. Liquid glass and aqueous dispersion of nanofiber are very important for the material composition. The hardness increase occurs due to the formation of calcium silicates of different valency and their hydrates and due to the addition of nanofiber stabilized by sodium hydroxide of aluminum oxide representing a specific proportion of aluminum oxide and $AlOOH$. As a result of nanoparticle-Ca ion interaction, calcium aluminates and hydrated aluminates form. Calcium silicates and aluminates form the main space frame for the structure of gypsum stone. Additionally, Na_2SO_4 hardener forms during the interaction of the blend components, i.e. the system is capable to autocatalysis. Also, the appeared non-soluble and slightly soluble products reinforce the stone structure, such that the initial, large gas release which provides low density and pore formation, does not lead to a sharp strength decrease, thereby ensuring the sufficient quality of material. When the oxide film of aluminum fiber is damaged, its violent reaction occurs with aqueous mixture components with hydrogen release. **Practical implications:** The obtained results can be used in construction of low-rise building and manufacturing partitions for rooms and flats. **Originality:** Hydration and pore formation processes are described for hardening gypsum materials based on acid fluoride. These processes allow controlling the mixture composition and properties of binding and binding-containing constructional materials. The authors suggest dependencies for control for the composition, structure and properties of composite, heat-insulating materials. The authors show that it is possible to render a targeted effect on the structure formation observed in complex additives which assist in the production of effective walling materials.

Keywords: gypsum; acid fluoride; calcium carbonate; liquid glass; aluminum nanofiber; load-bearing structural insulating material.

For citation: Anikanova L.A., Kurmangalieva A.I., Volkova O.V., Fedorchuk Yu.M. Gazogipsovy materialy s ispol'zovaniem vtorichnogo syr'ya [Foamed gypsum materials with fluoride additive]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2018. V. 20. No. 6. Pp. 126–137.

Введение

В России имеются большие запасы природного сырья для производства гипсовых и ангидритовых вяжущих, однако неравномерное их распределение затрудняет производство гипсовых материалов на территории отдельных регионов, в том числе и Западной Сибири. Производство гипсовых материалов и изделий отличается низкими затратами топлива и электроэнергии, простой технологий получения вяжущих и изделий на их основе. Материалы и из-

деля на основе сульфатов кальция характеризуются высокими показателями свойств – низкая плотность, малые тепло- и звукопроводность, огнестойкость, декоративность, комфортность и эстетичность. Это позволяет использовать их как в строительстве новых, так и при реконструкции старых зданий в наиболее экономичных и облегченных вариантах.

С целью снижения средней плотности и повышения теплоизолирующих свойств проводятся исследования по поризации гипсовых материалов, однако такие попытки не находят широкого практического применения из-за коротких сроков схватывания гипсового вяжущего, технологических трудностей регулирования структуры материала, большой вероятности образования различных дефектов. Так, основные приемы поризации материалов на основе минеральных вяжущих (пено- и газообразование) не дают положительных результатов из-за трудностей, связанных с согласованием времени перемешивания пены или газообразования со сроками схватывания гипса.

Расширение номенклатуры и увеличение объемов производства теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных изделий на основе минеральных вяжущих и минерального сырья является актуальной задачей, особенно для Сибири, испытывающей дефицит в эффективных, долговечных, экологически и пожаробезопасных строительных материалах. Известными являются способы поризации, при которых снижение средней плотности гипсовых материалов происходит за счет выделения углекислого газа при взаимодействии сернистого алюминия и карбоната кальция, при этом оптимальное количество газообразователей определяется по формуле Я.Э. Осадчука [1, 2].

Цель работы при проведении исследований – разработка составов и технологических приемов получения поризованных гипсовых строительных материалов с армирующими добавками, изучение способов формирования и упрочнения структуры поризованной массы.

Материалы и методы исследования

В работе использован фторангидрит, измельченный в шаровой мельнице до удельной поверхности $2000 \text{ м}^2/\text{кг}$, нейтрализованный карбонатной мукой. Водотвердое отношение подбиралось до достижения составами подвижности 165 мм в соответствии с ГОСТ 31377–2008 и составило для различных составов 43,0–46,0 %. Для сравнительных исследований образцов по величине прочности на сжатие использована методика малых образцов размером $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$, полученных из гипсового теста литьевым методом.

Методами рентгеноструктурного и дериватографического анализа изучен химический состав фторангидрита. Исследование фазового состава и структурных параметров образцов проводилось на дифрактометре XRD-6000 (Shimadzu, Япония).

Результаты исследований

При изучении вопроса поризации гипсовых вяжущих установлено, что наиболее перспективным с точки зрения использования в производстве поризованных гипсовых материалов в Западно-Сибирском регионе при отсутствии природного гипсового сырья является кислый фторангидрит – отход произ-

водства плавиковой кислоты. Фторангидрит до стадии нейтрализации содержит на зернах до 16 % серной кислоты, что позволяет предположить использование его в качестве компонента газообразования и носителя кислоты. В ранее представленных работах фторангидрит рекомендован для получения вяжущего, при этом основными критериями, определяющими область его применения, являются следующие: химический состав фторангидритового сырья; способ и условия нейтрализации, время хранения в отвалах. Кислый фторангидрит до стадии нейтрализации практически не используется [4–12].

Техническая проблема, решаемая авторами настоящей статьи, направлена на получение такого материала, который позволит повысить прочность строительного изделия при низких показателях средней плотности, тем самым повысить качество материала. Технический результат заключается в повышении прочностных свойств материала одновременно с сохранением его теплоизоляционных свойств. Первоначально проведены исследования по влиянию количества карбонатной муки на процесс газообразования и свойства гипсовых материалов. При проведении исследований использован фторангидрит Сибирского химического комбината (СХК) с содержанием остаточной серной кислоты в количестве 3 %. Гранулометрический состав представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический и гранулометрический состав фторангидрита

Температура фторангидрита на выходе из печи	Химический состав, масс. %					Гранулометрический состав, частные остатки на ситах, %					Истинная плотность, кг/м ³	Средняя плотность, кг/м ³
	CaSO ₄ ^p	CaSO ₄ ^н	CaF ₂	H ₂ SO ₄	HF	2,5–5	1,25–2,5	0,63–1,25	0,315–0,63	0,16–0,315		
160	15	78,75	1,15	5,5	0,1	16,7	11,7	6,2	36,2	39,2	2570	1470
180	15	81,3	0,5	3,0	0,2	8,4	11,0	4,2	40,7	35,7		

Фторангидрит естественной гранулометрии высушивался при 45 °С в сушильном шкафу. Процесс структурообразования фторангидрита естественной гранулометрии оценивался по следующим параметрам: срокам схватывания, прочности при сжатии и степени гидратации. По данным исследований, приведенным в табл. 2, процесс схватывания фторангидрита естественной гранулометрии с различным содержанием остаточной кислоты протекает очень медленно. Степень связывания воды через 28 сут составляет 0,05–0,7 %, прочность затвердевшего камня в возрасте 28 сут составляет всего 0,5–1,2 МПа и снижается с увеличением содержания серной кислоты во фторангидрите. Процесс структурообразования, по нашему мнению, осуществляется за счет уплотнения гелеобразных составляющих при удалении (испарении) воды.

Таблица 2

**Эксплуатационные характеристики фторангидрита СХК
до стадии нейтрализации**

Содержание кислоты, %	Сроки схватывания, ч–мин		Содержание гидратной воды, %		Прочность, МПа
	Начало	Конец	в исходной пробе	28 сут	
0,15	6–30	12–25	0,93	0,98	1,2
3,0	7–25	14–55	4,8	5,1	1,0
5,5	8–30	15–20	6,4	7,1	0,5

По полученным результатам можно сделать вывод о том, что фторангидрит без дополнительной обработки и химической модификации непригоден для производства строительных изделий из-за медленной гидратации, схватывания и низких прочностных характеристик.

Вмешательство в основной процесс производства фтористого водорода с целью регулирования свойств фторангидрита и содержания серной кислоты затруднено в связи с необходимостью переоборудования основной технологической линии и дополнительными капиталовложениями, поэтому авторами предложена и исследована возможность модифицирования фторангидрита как вторичного продукта, готового к употреблению непосредственно на предприятии.

Подбор компонентов для получения поризованного стенового материала осуществлялся исходя из соотношения порообразующих веществ (фторангидрит : карбонатная мука), которые варьировались таким образом, что показатель рН смеси составлял 5–8. Расчет компонентов осуществлялся при условии максимального количества выделяемого углекислого газа, а оптимальное соотношение компонентов при изготовлении стенового материала было получено экспериментальным путем по критерию достижения высоких прочностных и теплоизоляционных показателей изделия. При проведении исследований использовалось гипсовое тесто стандартной консистенции (0,45) с добавкой замедлителя сроков схватывания – лимонной кислоты в количестве 2 % от массы строительного гипса.

На рис. 1 представлена зависимость средней плотности и прочности строительного гипса от содержания карбонатной муки, при этом содержание кислого фторангидрита, строительного гипса, лимонной кислоты оставалось постоянным, а содержание карбонатной муки варьировалось в пределах расчетного количества от 20 до 30 % от массы фторангидрита.

По результатам, представленным на рис. 1, прочность теплоизоляционного материала – 1,5–2,5 МПа, средняя плотность – 510–1400 кг/м³. Теплопроводность теплоизоляционного материала оптимального состава – 0,127–0,128 Вт/(м·К).

В связи с невысокой прочностью образцов в дальнейших исследованиях в качестве дополнительных газообразующих компонентов использованы: жидкое стекло (ГОСТ 13078–81), карбонат натрия (ГОСТ 32802–2014) и 25%-я водная дисперсия нановолокна оксида алюминия, стабилизированная 0,5%-м гидроксидом натрия. Высокая прочность материала обеспечивается гидратацией

гипсового вяжущего и фторангидрита с образующимся в результате реакции активатором твердения, а достаточные теплоизоляционные свойства – за счет пористости изделия, полученной путем выделения водорода при взаимодействии кислого фторангидрита и дисперсии нановолокна оксида алюминия, сопровождающегося процессом порообразования [3].

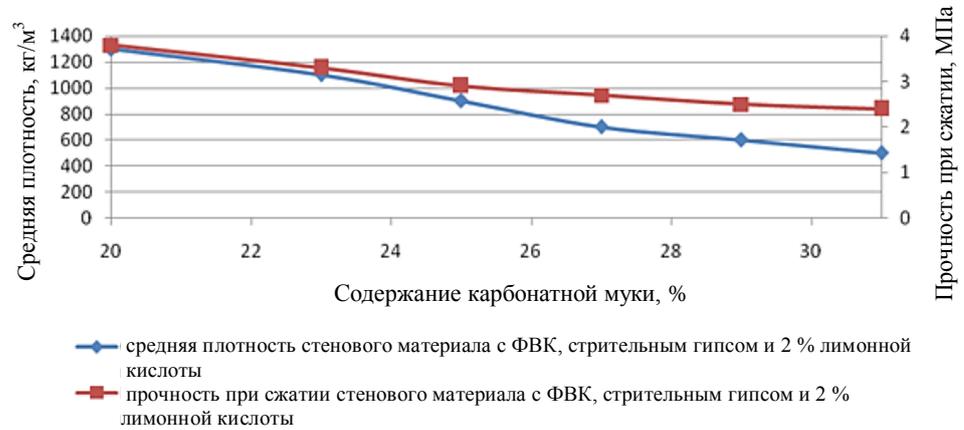


Рис. 1. Зависимость средней плотности и прочности стенового материала от содержания карбонатной муки

Из гипсовой смеси сформованы образцы-кубики размером 2×2×2 см методом заливки в формы с последующим твердением в формах и распалубкой образцов. С целью определения влияния компонентного состава на свойства теплоизоляционного материала одна серия образцов изготовлена без добавки нановолокна оксида алюминия, другая – без добавки жидкого стекла. После затвердевания определены основные свойства образцов по показателям предела прочности при сжатии и средней плотности (табл. 3, рис. 2) [4].

Таблица 3

Компонентный состав поризованного гипсового материала

№ состава	Содержание компонентов, %					
	Состав, масс. %					
	Фторангидрит	Стр. гипс	Жидкое стекло	Na ₂ CO ₃	Al ₂ O ₃ (нановолокно)	Вода
1	13,0	32,0	4,0	0,2	1,7	49,1
2	14,0	33,0	5,0	0,3	2,2	45,5
3	16,0	34,0	6,0	0,35	2,6	41,05
4	20,0	34,8	7,6	0,4	5,2	32,0

По представленным результатам дополнительное использование жидкого стекла и нановолокон оксида алюминия обеспечивает высокие физико-механические характеристики образцов.

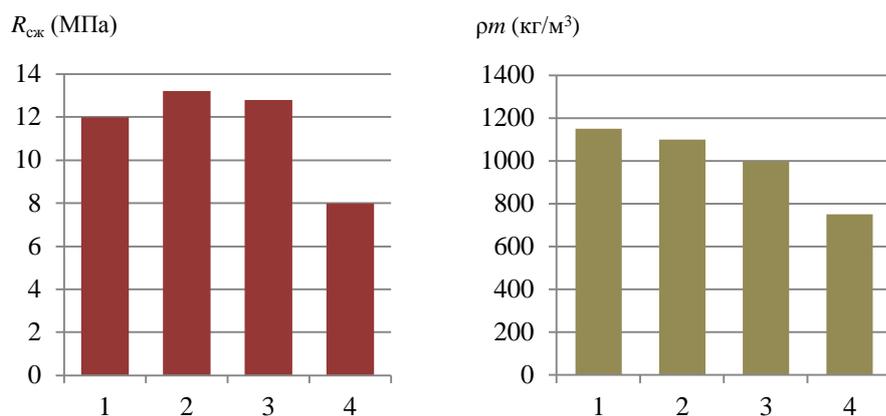


Рис. 2. Физико-механические характеристики поризованного гипсового материала

Соотношение количества компонентов при изготовлении заявленного строительного изделия получено экспериментальным путем. Именно в таком соотношении достигаются высокие прочностные характеристики материала при сохранении средней плотности. Результаты исследований показали, что весьма важную роль в ингредиентном составе играет жидкое стекло и водная дисперсия алюминиевого волокна. Повышение прочности при наличии указанных компонентов связано с образованием силикатов кальция различной основности и их гидратов за счет добавки нановолокна на основе стабилизированного гидроксидом натрия оксида алюминия, которая представляет собой смесь оксида алюминия и $Al(OH)_3$ в определенных соотношениях. Итогом взаимодействия наночастиц с ионами кальция является образование алюминатов и гидроалюминатов кальция. Силикаты (гидросиликаты) и алюминаты (гидроалюминаты) кальция формируют основной пространственный каркас структуры гипсового камня. Кроме того, в процессе взаимодействия компонентов предлагаемой строительной смеси образуются ускорители твердения (Na_2SO_4), т. е. система способна к автокатализу, а также образуются нерастворимые и малорастворимые продукты, которые наряду с волокнами армируют структуру камня настолько, что обильное газовыделение на ранних стадиях, обеспечивающее низкую плотность и порообразование, не приводит к резкому снижению прочности и обеспечивает необходимое качество материала. При нарушении оксидной пленки волокон металлического алюминия последний бурно реагирует с водосодержащими компонентами сырьевой смеси с выделением водорода [13].

Однако с учетом невысокой концентрации нановолокна объем выделенного водорода будет незначительным. Основной вклад в газовыделение системы вносит реакция взаимодействия карбоната натрия с кислотным компонентом фторангидрида с выделением углекислого газа в достаточно большом объеме.

На основе разработанных составов поризованных материалов подобрана технология и определены основные технологические режимы производства конструкционно-теплоизоляционных блоков (рис. 3).

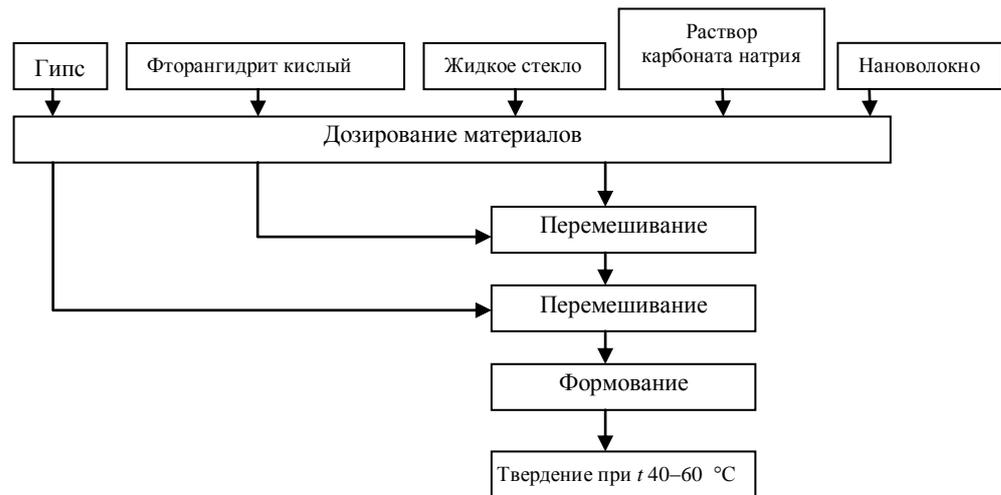


Рис. 3. Технология получения конструкционно-теплоизоляционных блоков

Изготовление газогипсового материала включает в себя:

- предварительное дозирование исходных компонентов: фторангидрита, жидкого стекла, стабилизированной дисперсии нановолокна оксида алюминия, раствора карбоната натрия. В качестве дозаторов для сыпучих компонентов могут использоваться типовые дозаторы бункерного типа для гипсовых вяжущих, для жидких – типовые дозаторы воды;
- перемешивание указанных компонентов в типовом смесителе с водой в течение 1–2 мин;
- совместное перемешивание со строительным гипсом;
- заливку готовой смеси бетоноукладчиком в разъемные формы согласно размерам требуемого изделия;
- твердение в камерах при температуре 40–60 °С в течение 24 ч.

Заключение

Результаты испытаний показали, что предложенные строительные материалы обладают высокими прочностными и теплоизоляционными свойствами и могут быть использованы при возведении стен в строительстве жилых зданий для межкомнатных и межквартирных перегородок. Из полученного материала изготавливают стеновые блоки, плиты и панели для воздушно-сухих условий эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Завадский В.Ф., Дерябин П.П., Косач А.Ф. Технология получения пеногазобетона // Строительные материалы. 2003. № 6. С. 2–3.
2. Завадский В.Ф., Косач А.Ф., Дерябин П.П. Стеновые материалы и изделия. Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. 254 с.
3. Завадская Л.В. Газогипсовые материалы с армирующими волокнистыми добавками: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2011. 17 с.

4. Аниканова Л.А., Волкова О.В., Курмангалиева А.И., Волков К.С. Исследование фторангидритового сырья для получения композиционных вяжущих // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 4. С. 160–170.
5. Редлих В.В., Курмангалиева А.И., Митрохина Е.В., Волкова О.В., Малчиева О.В. Технологические аспекты создания высокопористых структур гипсосодержащих композиций // Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. С. 339–342.
6. Аниканова Л.А., Волкова О.В., Курмангалиева А.И., Малчиева О.В. Влияние нанодобавок на свойства гипсовых смесей // Перспективные материалы в строительстве и технике (ПМСТ-2014): материалы Международной научной конференции молодых ученых. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. С. 108–114.
7. Аниканова Л.А., Курмангалиева А.И., Волкова О.В., Малчиева О.В. Исследование гипсосодержащих вяжущих с нанодобавками // Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы: материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2014. С. 289–290.
8. Гусева И.В., Волкова О.В., Курмангалиева А.И. Исследование фторангидрита для получения сухих строительных смесей // Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики. Ч. I: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2015. С. 273–277.
9. Сулимова Е.В., Ланидус М.А., Гаркави М.С. Вопросы твердения ангидритовых вяжущих // Строительные материалы. 1993. № 7.
10. Anikanova L.A., Kudjakov A.I., Nikitina O.V., Mitrokhina E.V. The influence of polymer-silicate liquid on water resistance of composite binders of acid fluorides // Weimarer Gipstagung, Weimar, Bundesrepublik Deutschland: Tagungsbericht, 26–27 März, 2014. S. 183–190.
11. Аниканова Л.А. Использование вторичного гипсосодержащего сырья для производства строительных материалов // Материалы VII Международной научно-практической конференции 14–16 марта 2017 г. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2017. С. 31–34.
12. Аниканова Л.А., Курмангалиева А.И., Пискарева А.Т., Казанцева В.С. Водостойкие стеновые материалы с использованием ангидритовых вяжущих // Материалы VI Международной научно-практической конференции. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2016. С. 124–127.
13. Пат. 0002653192, Российская Федерация. Конструкционно-теплоизоляционный материал / Л.А. Аниканова, А.И. Курмангалиева, А.И. Кудяков, Ю.С. Саркисов, О.В. Волкова. Заявл. 29.03.2017; опубл. 07.05.2018, Бюл. № 13.

REFERENCES

1. Zavadskij V.F., Derjabin P.P., Kosach A.F. Tehnologija poluchenija penogazobetona [Foam and concrete technology]. *Building materials*. 2003. No. 6. Pp. 2–3. (rus)
2. Zavadskij V.F., Kosach A.F., Derjabin P.P. Stenovye materialy i izdelija [Wall materials and products]. Omsk, SibADI, 2005, 254 p. (rus)
3. Zavadskaja L.V. Gazogipsovye materialy s armirujushhimi voloknistymi dobavkami [Gas-gypsum materials with reinforcing fiber additives. PhD Thesis]. Novosibirsk, 2011. 17 p. (rus)
4. Anikanova L.A., Volkova O.V., Kurmangaliev A.I., Volkov K.S. Issledovanie ftorangidritovogo syr'ya dlya poluchenija kompozitsionnykh vyazhushchikh [Acid fluoride raw material for composite binder production]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2010. No. 4. Pp. 160–170. (rus)
5. Redlih V.V., Kurmangaliev A.I., Mitrokhina E.V., Volkova O.V., Malchieva O.V. Tehnologicheskie aspekty sozdaniya vysokoporistykh struktur gipsosoderzhashhih kompozitsij [Technological aspects of creating highly porous structures of gypsum-containing compositions]. *Materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem 'Investicii, stroitel'stvo i nedvizhimost' kak material'nyj bazis modernizacii i innovacionnogo razvitiya jekonomiki' (Proc. 4th Int. Sci. Conf. 'Investments, Construction, Real Estate as a Material Basis for Economy Modernization and Innovation')*. Tomsk, 2014. Pp. 339–342. (rus)

6. Anikanova L.A., Volkova O.V., Kurmangalieva A.I., Malchieva O.V. Vliyanie nanodobavok na svoystva gipsovyyh smesey [Nano-additive modification of properties of gypsum mixtures]. Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii molodyh uchenykh 'Perspektivnye materialy v stroitel'stve i tehnike' (Proc. 1st All-Russ. Sci. Conf. 'Advanced Materials and Technologies in Construction'). Tomsk, 2014. Pp. 108–114. (rus)
7. Anikanova L.A., Kurmangalieva A.I., Volkova O.V., Malchieva O.V. Issledovanie gip-sosoderzhashchih vjzhushchih s nanodobavkami [Gypsum-containing binders with nano-additives]. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii studentov i molodyh uchenykh: 'Molodezh', nauka, tehnologii: novye idei i perspektivy' (Proc. Int. Sci. Conf. 'Youth, Science, Solutions: Ideas and Prospects'). Tomsk. 2014. Pp. 289-290. (rus)
8. Guseva I.V., Volkova O.V., Kurmangalieva A.I. Issledovanie ftorangidrita dlja poluchenija su-hih stroitel'nyh smesey [Fluoride use in dry building mixtures]. Materialy V Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem 'Investicii, stroitel'stvo i nedvizhimost' kak material'nyj bazis modernizacii i innovacionnogo razvitiya jekonomiki' (Proc. 5th Int. Sci. Conf. 'Investments, Construction, Real Estate as a Material Basis for Economy Modernization and Innovation'). Tomsk. 2015. Pp. 273–277. (rus)
9. Anikanova L.A., Kurmangalieva A.I., Kudyakov A.I., Redlikh V.V., Molchieva A.V. Issledovanie gazogipsovykh izdelii s ispol'zovaniem ftorangidrita [Investigation of fluoride gas-gypsum products]. Mezhdunarodnyi sbornik nauchnykh trudov 'Innovatsionnye razrabotki i novye tehnologii v stroitel'nom materialovedenii' (Int. Proc. 'Innovative Developments and New Technologies in Materials Science in Construction'). Novosibirsk. 2014. Pp. 273–277. (rus)
10. Anikanova L.A., Kurmangalieva A.I., Malchieva A.V. Vliyanie nanodobavok na svoystva porizovannykh materialov [Effect of nano-additives on the properties of porous materials]. Materialy 60 universitetskoj nauchno-tehnicheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh (Proc. 60th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists). Tomsk. 2014. Pp. 273–277. (rus)
11. Anikanova L.A., Kurmangalieva A.I., Rupeko K.A. Issledovanie ftorangidrita, modifitsirovan-nogo khimicheskimi dobavkami [Chemical additives modified with fluoride]. Materialy 60 universitetskoj nauchno-tehnicheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh (Proc. 60th Int. Sci. Conf. of Students and Young Scientists). Tomsk, 2015. Pp. 273-277. (rus)
12. Anikanova L.A., Kurmangalieva A.I., Piskareva A.T., Kazantseva V.S. Vodostoikie stenovye materialy s ispol'zovaniem angidritovykh vyazhushchikh [Waterproof wall materials using an-hydrate binders]. Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Proc. 6th Int. Sci. Conf.). Tomsk, 2016. Pp. 273–277. (rus)
13. Anikanova L.A., Kurmangalieva A.I., Kudjakov A.I., Sarkisov Yu.S., Volkova O.V. Kon-strukcionno-teploizoljacionnyj material [Heat insulating construction materials]. Pat. Russ. Fed. N 2653192. 2018. 4 p. (rus)

Сведения об авторах

Аниканова Любовь Александровна, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, alasmit@mail.ru

Курмангалиева Анна Ильясовна, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, puma3027@mail.ru

Волкова Ольга Витальевна, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, v.olga.nikitina@gmail.com

Федорчук Юрий Митрофанович, докт. техн. наук, профессор, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ufed@mail.ru

Authors Details

Lyubov' A. Anikanova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, alasmit@mail.ru

Anna I. Kurmangalieva, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, puma3027@mail.ru

Ol'ga V. Volkova, PhD, Assistant Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, v.olga.nikitina@gmail.com

Yurii M. Fedorchuk, DSc, Professor, National Research Tomsk State University, 36, Lenin Ave., 634050, Tomsk, Russia, ufed@mail.ru