

УДК 692.231.2:691.311

*АНИКАНОВА ЛЮБОВЬ АЛЕКСАНДРОВНА, канд. техн. наук, доцент,
alasmit@mail.ru*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА КОМПОЗИЦИОННОМ ПОЛИМЕРМИНЕРАЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ

Представлены исследования стеновых материалов на основе модифицированных гипсовых вяжущих, карбамидоформальдегидной смолы и древесного заполнителя. Установлены закономерности влияния составов, режимов сушки, влажности окружающей среды на физико-механические характеристики стеновых материалов. Разработана технологическая схема изготовления стеновых материалов со средней плотностью 560–600 кг/м³ и пределом прочности при сжатии 6 МПа. Установлена возможность использования стенового материала для малоэтажного строительства и устройства межкомнатных и межквартирных перегородок.

Ключевые слова: модифицированные гипсовые вяжущие; полимерминеральное связующее; отвердитель; теплоизоляционные; конструкционно-теплоизоляционные стеновые материалы.

*LYUBOV" A. ANIKANOVA, PhD, A/Professor,
alasmit@mail.ru*

*Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia*

WALL MATERIALS BASED ON MINERAL-POLYMER COMPOSITE BINDER

The paper presents the investigations of wall materials based on modified gypsum binders, carbamide-formaldehyde resin, and wood filler. The influence of wall material composition, drying modes, and humidity on mechanical-and-physical properties is identified herein. A flow chart is designed for manufacturing wall materials with 560–600 kg/m³ average density at 6 MPa compressive strength. It is shown that wall materials can be used in high-rise building for the arrangement of partition and demising walls.

Keywords: modified gypsum binder; mineral-polymer binder; hardener; heat-insulating wall materials.

Внедрение энергоресурсосберегающих технологий при производстве стеновых материалов, а также повышение энергоэффективности строящихся зданий и сооружений в строительстве является одним из основных направлений «Энергетической стратегии России на период до 2020 года». В связи с этим является актуальной разработка инновационных технологических процессов изготовления эффективных стеновых материалов с максимальным использованием местного и техногенного сырья, обеспечивающих повышенное термическое сопротивление ограждающих конструкций зданий [1–6].

Для повышения теплозащиты зданий в условиях Сибири предлагается при устройстве многослойных стен использовать материал на основе компози-

ционного полимерминерального вяжущего и древесного заполнителя, отходов деревообработки. Композиционное полимерминеральное вяжущее состоит из гипсовых или ангидритовых вяжущих и карбаминоформальдегидной смолы. Необходимость введения в композиционное вяжущее карбаминоформальдегидной смолы объясняется повышением адгезионной прочности матрицы к древесному заполнителю. Характерной особенностью карбамидных смол является способность к быстрой желатинизации при нагревании с участием катализаторов отверждения слабыми растворами кислот или солей. При выборе минеральной составляющей предпочтение отдано гипсовым и ангидритовым вяжущим, взаимодействующим со свободной водой карбамидноформальдегидной смолы при структурообразовании полимерминеральной матрицы, что способствует уменьшению ее усадки. При этом формируется гипсовый каркас, обеспечивающий требуемую прочность, тепло- и звукоизолирующие свойства стеновых материалов. В связи с отсутствием во многих регионах России гипсового сырья и необходимостью дополнительных транспортных расходов в качестве компонента композиционного вяжущего рекомендуется использовать совместно с гипсом строительным фторангидрит, отход производства плавиковой кислоты или фторангидритовое вяжущее [7, 8].

Целью работы является разработка составов и научно обоснованных технологических приемов производства стеновых материалов на основе полиминеральных вяжущих.

При проведении исследований использовались карбаминоформальдегидная смола КФМТ-15 (ГОСТ 14231–88^а), древесный заполнитель – отходы лесопиления Томской области, высушенный до влажности 2 % и рассеянный на фракции 2,5–5 мм и 5–10 мм, и строительный гипс Г-7 (ГОСТ 125–79). В качестве минерального вяжущего использовано разработанное автором композиционное вяжущее при соотношении компонентов: строительный гипс Г-7: нейтрализованный фторангидрит = 30:70 [8, 9]. В качестве отвердителя полимерминерального вяжущего традиционно применялась ортофосфорная кислота, автором предложено использование кислого фторангидрита СХК, состав и качественные характеристики которого представлены в табл. 1. Учитывая, что оптимальной средой для отверждения КФМТ-15 является слабокислая среда с рН 4–6, ортофосфорную кислоту использовали в виде 0,001%-го молярного водного раствора. Подбор состава полимерминеральной смеси с древесным заполнителем осуществлялся экспериментальными методами. На основании результатов ранее проведенных работ научно обоснованными являются составы стенового материала, представленные в табл. 2.

Приготовление смеси стенового материала осуществлялось в три приема: 1 – перемешивание древесного заполнителя, гипса, фторангидрита и воды; 2 – смешивание отвердителя и смолы; 3 – совместное перемешивание компонентов до однородной массы. Из гомогенизированной смеси формовались образцы кубики размером 4×4×4 см. После формования образцы выдерживались в формах до окончания схватывания композиционного вяжущего. С целью удаления свободной влаги и ускорения твердения материала проводилась тепловая обработка образцов при температуре 130 °С длительностью 4 ч. В установленные сроки определялись качественные характеристики: средняя плот-

ность и предел прочности на сжатие. Проводились также исследования эксплуатационных характеристик стенового материала: гигроскопичности, величины водопоглощения при капиллярном подсосе, коэффициента размягчения и морозостойкости материала. Результаты исследований по влиянию составов и режимов тепловой обработки на свойства образцов представлены в табл. 2.

Таблица 1

Состав и качественные характеристики кислого фторангидрита

Температура ФТА на выходе из печи	Химический состав ФТА, масс. %					Гранулометрический состав, частные остатки на ситах, %					Истинная плотность, кг/м ³	Средняя плотность, кг/м ³
	CaSO ₄ ^p	CaSO ₄ ⁿ	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		

Таблица 2

Составы стенового материала (расход на 1 м³ формовочной смеси)

Состав №	Древесный наполнитель, кг		Гипс строительный, кг	Фторангидрит нейтрализованный	КФМТ-15, кг	Вода, л	Отвердитель, кг		Средняя плотность материала, кг/м ³
	Фракция 5–10 мм	Фракция 2,5–5 мм					H ₃ PO ₄	ФТА	
1	–	168	109,8	256,2	53	209	0,1	–	548
2	–	169	109,5	255,5	71	219	–	8	560
3	42	118	109,3	255,7	107	235	–	12	600

Автором предложено получение стенового материала методом контактного омоноличивания, при котором контактирующие поверхности склеиваются тонкими клеевыми прослойками, качество которых определяется адгезией клеевой композиции к поверхности склеиваемых частиц и когезионной прочностью самой клеевой прослойки. При таком способе расход связующего должен быть ограничен и его абсолютный объем должен быть меньше межзерновой пустотности наполнителя. По результатам экспериментальных исследований установлено, что с уменьшением содержания минерального вяжущего, увеличением карбамидоформальдегидной смолы и отвердителя кислого фторангидрита прочность стенового материала повышается. Кинетика набора прочности в естественных условиях твердения представлена на рис. 1.

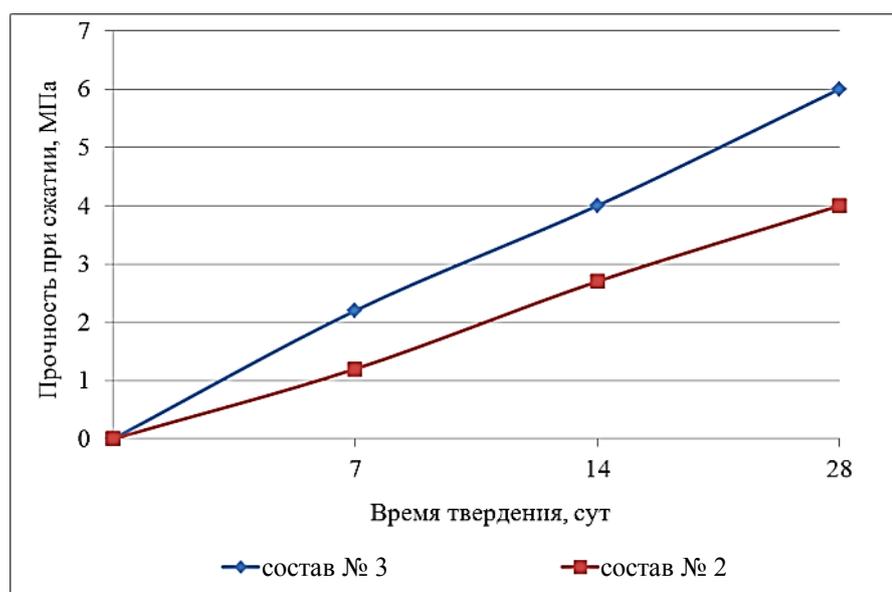


Рис. 1. Кинетика набора прочности стеновых материалов при твердении в естественных условиях

При тепловой обработке образцов при температуре 130 °С в течение 4 ч прочность образцов на сжатие стенового материала составляет 90 % от прочности образцов, твердеющих в естественных условиях. При формировании структуры в контактной зоне между матрицей полимерминерального вяжущего и заполнителя избыточная вода поглощается древесиной, при этом уплотняется адгезионный контакт. При сушке вода мигрирует к поверхности и испаряется, а дальнейшая гидратация композиционного вяжущего происходит преимущественно за счет выделения воды при процессе поликонденсации смолы. Исследование влажностного состояния ограждающих конструкций является важным этапом при разработке стеновых материалов, поскольку в атмосферном воздухе постоянно содержится определенное количество водяного пара. Степень насыщения влажного воздуха водяным паром выражается величиной относительной влажности. На рис. 2 представлены кинетические изотермы сорбции водяных паров опытными образцами стеновых материалов при различной влажности воздуха.

По результатам исследований (рис. 2) установлено, что при атмосферной влажности 80 % и ниже гигроскопическое увлажнение материала незначительно, при атмосферной влажности 93 % происходит существенный рост гигроскопического увлажнения стенового материала.

В стеновом материале присутствует три вида пор: капиллярные поры заполнителя, поры матрицы и контактные поры заполнителя и матрицы. Гигроскопическое увлажнение при относительной влажности 93 % обусловлено преимущественно капиллярной конденсацией влаги в волокнах древесных частиц, при этом потеря прочности образцов, находящихся длительное время при относительной влажности 70–80 %, незначительна и не превышает 7 %.

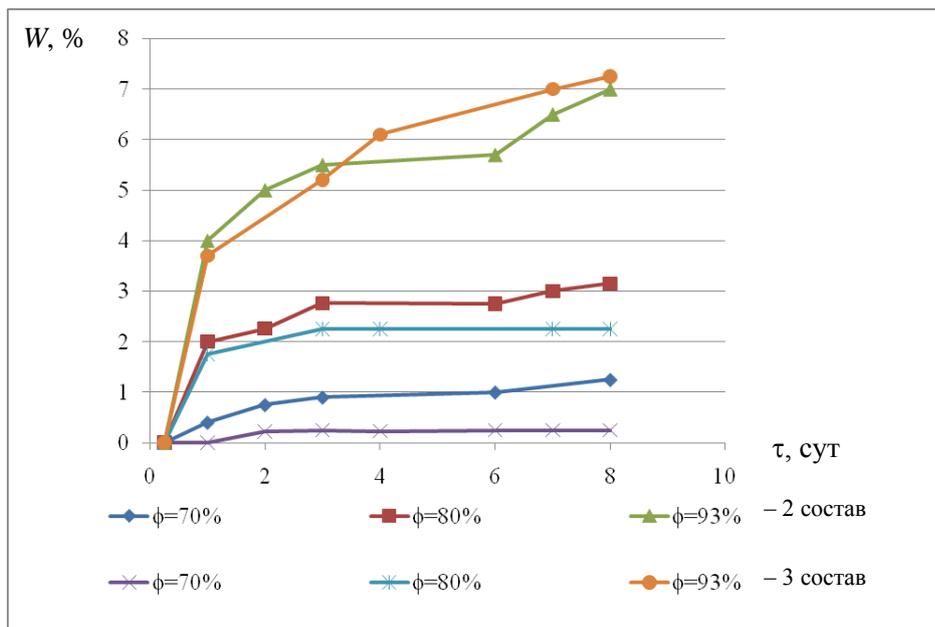


Рис. 2. Кинетические изотермы сорбции водяных паров опытными образцами стенового материала

При относительной влажности выше 93 % сорбционное увлажнение образцов достигает 7,0–7,5 %, при этом интенсивность снижения прочности образцов повышается. При непосредственном контакте материала с водой в условиях капиллярного подсоса образцы поглощают до 84 % по массе, при этом коэффициент размягчения составляет 0,4. Для повышения водостойкости рекомендована двукратная обработка поверхности образцов полимерсиликатной жидкостью [10, 11]. Установлено, что спад прочности при увлажнении является обратимым. Как показали результаты эксперимента, после высушивания увлажненного материала прочность при сжатии увлажненного материала регенерируется на 90 %. Прочность образцов стенового материала после испытания на морозостойкость после 15 циклов попеременного замораживания-оттаивания практически не меняется.

По результатам исследований разработана технологическая схема производства стеновых материалов способом вибропрессования, в соответствии с которой обеспечивается изготовление изделий со средней плотностью 560–600 кг/м³ и пределом прочности при сжатии 6 МПа. Особенностью технологии является процесс смешивания. Первоначально осуществляется смешивание строительного гипса, фторангидрита и древесного заполнителя в шнековом смесителе, а отвердителя КФМТ-15 и воды в пропеллерной мешалке. Совместное перемешивание компонентов проводится в смесителе непрерывного действия. Вибропрессование может осуществляться на специальных технологических линиях и на отдельных формовочных агрегатах. Сушка изделий проводится в сушилках непрерывного действия при температуре теплоносителя 125–130 °С.

Разработанный стеновой материал рекомендуется использовать для малоэтажного строительства и устройства межкомнатных и межквартирных перегородок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лесовик, В.С.* Процессы структурообразования гипсосодержащих композитов с учетом генезиса сырья / В.С. Лесовик, Н.В. Чернышова, В.Г. Клименко // Известия вузов. Строительство. – 2012. – № 4. – С. 3–11.
2. *Ферронская, А.В.* Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций / А.В. Ферронская. – М. : Стройиздат, 1984. – 254 с.
3. *Модифицированные гипсовые безобжиговые композиты* / В.Б. Петропавловская, Т.Б. Новиченкова, Ю.Ю. Полеонова, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы. – 2013. – № 5. – С. 76–78.
4. *Гипсовые и гипсошлаковые композиции* на основе природного сырья и отходов промышленности / И.В. Недосенко, В.В. Бабков, С.С. Юнусова [и др.] // Строительные материалы. – 2012. – № 8. – С. 66–67.
5. *Модификация структуры и свойства* строительных композитов на основе сульфата кальция / В.В. Белов, А.Ф. Бурьянов, Г.И. Яковлев, В.Б. Петропавловская, Х.-Б. Фишер, И.С. Маева, Т.Б. Новиченкова. – М. : Де Нова, 2012. – 196 с.
6. *Урханова, Л.* Использование отходов авиационной промышленности Республики Бурятия для производства гипсовых вяжущих и изделий / Л. Урханова, Я. Щукина, Н. Архинчеева // Материалы 2-й Веймарской гипсовой конференции. – Веймар, 2014. – С. 457–465.
7. *Влияние сульфата и сульфита натрия* на процессы структурообразования фторангидритовых композиций / А.И. Кудяков, Л.А. Аниканова, В.В. Редлих, Ю.С. Саркисов // Строительные материалы. – 2012. – № 10. – С. 50–53.
8. *Kudyakov, A.I.* Composite binding acid fluoride materials for fencing structures / A.I. Kudyakov, L.A. Anikanova, V.V. Redlikh // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 1. – С. 106–111.
9. *Кудяков, А.И.* Материалы для ограждающих конструкций из композиционных фторангидридовых вяжущих / А.И. Кудяков, Л.А. Аниканова, В.В. Редлих // Сухие строительные смеси. – 2013. – № 3. – С. 12–14.
10. *Влияние полимерсиликатной жидкости* на водостойкость композиционных фторангидридовых вяжущих / Л.А. Аниканова, А.И. Кудяков, О.В. Никитина, Я.В. Митрохина // Материалы 2-й Веймарской гипсовой конференции. – Веймар, 2014. – С. 183–190.
11. *Козлов, Н.В.* Микроструктура гипсового вяжущего повышенной водостойкости / Н.В. Козлов, А.И. Панченко, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы. – 2014. – № 5. – С. 72–75.

REFERENCES

1. *Lesovik V.S., Chernyshova N.V., Klimenko V.G.* Protsessy strukturoobrazovaniya gipsosoderzhashchikh kompozitov s uchetom genezisa syr'ya [Processes of structure formation of gypsum-based composites taking into account the raw material genesis]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2012. No. 4. Pp. 3–11. (rus)
2. *Ferronskaja A.V.* Dolgovechnost' gipsovykh materialov, izdelii i konstruktssii [The durability of gypsum materials, products and structures]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1984. 254 p.
3. *Petropavlovskaya V.B., Novichenkova T.B., Poleonova Yu.Yu, Bur'yanov A.F.* Modifitsirovannye gipsovye bezobzhigovye kompozity [Modified gypsum unburned composites]. *Stroitel'nye materialy*. 2013. No. 5. Pp. 76–78. (rus)
4. *Nedosenko I.V., Babkov V.V., Yunusova S.S. and other* Gipsovye i gipsoshlakovyе kompozitsii na osnove prirodnogo syr'ya i otkhodov promyshlennosti [Plaster and slag composition based on natural raw materials and waste industry]. *Stroitel'nye materialy*. 2012. No. 8. Pp. 66–67. (rus)
5. *Belov V.V., Bur'yanov A.F., Yakovlev G.I., Petropavlovskaya V.B., Fisher Kh.-B., Maeva I.S., Novichenkova T.B.* Modifikatsiya struktury i svoistv stroitel'nykh kompozitov na osnove

- sul'fata kal'tsiya [Modification of structure and properties of constructional composites based on calcium sulphate]. Moscow: De-Nova Publ., 2012. 196 p. (rus)
6. *Ur Khanova L., Shchukina E., Arkhincheeva N.* Ispol'zovanie otkhodov aviatsionnoi promyshlennosti Respubliki Buryatii dlya proizvodstva gipsovykh vyazhushchikh i izdelii. [Aviation industry waste in gypsum binder and product production in the Republic of Buryatia]. *Proc. 2nd Weimar Gypsum Conference*. Weimar. 2014. Pp. 457–465. (rus)
 7. *Kudyakov A.I., Anikanova L.A., Redlikh V.V., Sarkisov Yu.S.* Vliyanie sul'fata i sul'fita natriya na protsessy strukturoobrazovaniya ftorangidritovykh kompozitsii. *Stroitel'nye materialy*. 2012. No. 10. Pp. 50–53. (rus)
 8. *Kudyakov A.I., Anikanova L.A., Redlikh V.V.* Materialy dlya ograzhdayushchikh konstruksii iz kompozitsionnykh ftorangidritovykh vyazhushchikh [Composite binding acid fluoride materials for fencing structures]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2012. No. 1. Pp. 106–111. (rus)
 9. *Kudyakov A.I., Anikanova L.A., Redlikh V.V.* Materialy dlya ograzhdayushchikh konstruksii iz kompozitsionnykh ftorangidritovykh vyazhushchikh [Wall materials made of composite acid fluoride binders]. *Sukhie stroitel'nye smesi*. 2013. No. 3. Pp. 12–14. (rus)
 10. *Anikanova L.A., Kudyakov A.I., Nikitina O.V., Mitrokhina Ya.V.* Vliyanie polimersilikatnoi zhidkosti na vodostoikost' kompozitsionnykh ftorangidritovykh vyazhushchikh [Influence of polymer silicate liquid on water resistance of composite acid fluoride binders]. *Proc. 2nd Weimar Gypsum Conference*. Weimar. 2014. Pp. 183–190. (rus)
 11. *Kozlov N.V., Panchenko A.I., Bur'janov A.F.* Mikrostruktura gipsovogo vjzhushhego povyshennoj vodostoikosti [Microstructure of gypsum binder high resistance]. *Stroitel'nye materialy*. 2014. No. 5. Pp. 72–75. (rus)