

УДК 691.327.333: 691-405.8

Шигапов Р.И. – инженер

E-mail: ufagips@mail.ru

ООО «Уфимская гипсовая компания»

Адрес организации: 450069, г. Уфа, ул. Производственная, 8

Бабков В.В. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kafedra_sk@mail.ru

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Адрес организации: 450062, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

Халиуллин М.И. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Использование пеногипса в малоэтажном строительстве

Аннотация

Разработаны составы пеногипса марок по плотности D400-D500; классами по прочности на сжатие B0,5-B0,75; теплопроводностью 0,12-0,14 Вт/(м °С) для применения в качестве теплоизоляционного монолитного слоя в конструкциях каркасных наружных стен. Рассмотрены технологические аспекты получения и применения монолитного пеногипса в несъемной опалубке в качестве теплоизоляционного слоя при возведении наружных стен малоэтажных каркасных жилых домов. Приведен опыт эксплуатации малоэтажных жилых домов с теплоизоляционным слоем наружных стен из пеногипса.

Ключевые слова: пеногипс, фибролит, замедлитель схватывания, пенообразователь, теплопроводность.

Введение

Развитие строительного комплекса Российской Федерации предусматривает опережающий рост строительства жилых домов малой и средней этажности. Для эффективного решения данной задачи необходимо увеличение производства низкоэнергоемких и экономичных стеновых материалов, изделий и конструкций на основе местного сырья и отходов промышленности.

Гипсовые материалы и изделия по сравнению с керамическими, газосиликатными, бетонными изделиями выгодно отличаются широкой распространенностью сырьевой базы, простотой и дешевизной технологического процесса получения, экологической чистотой, хорошими теплофизическими показателями. В последние годы отечественная гипсовая промышленность получила существенное развитие, в частности, многократно возросло производство гипсовых сухих строительных смесей, гипсокартонных листов, пазогребневых плит для перегородок. Вместе с тем, изготовление стеновых гипсовых изделий продолжает осуществляться в относительно небольших объемах [1].

Между тем, имеется положительный опыт применения гипсовых мелкоштучных стеновых изделий в Республике Башкортостан, Самарской, Свердловской областях, Республике Казахстан, где с 40-х годов XX века до настоящего времени успешно эксплуатируются целые поселки малоэтажных жилых домов с несущими стенами из гипсовых или гипсошлаковых блоков [2-5].

Однако по себестоимости выпускаемой продукции устаревшие литьевые технологии производства гипсовых камней с высокими удельными расходами вяжущего не могут конкурировать с современными высокопроизводительными технологиями производства эффективных силикатных и керамических стеновых изделий.

Перспективным направлением решения задачи снижения удельного расхода гипсового вяжущего для возведения стеновых ограждающих конструкций является использование при их изготовлении монолитного пеногипса. По сравнению с пенобетоном на основе портландцемента пеногипс обладает рядом несомненных

преимуществ, связанных с быстрым схватыванием и набором прочности, отсутствием усадки при твердении, сопровождающейся растрескиванием материала.

В последние годы в НИИСФ РААСН, МГСУ, УГНТУ, ООО «МонолитПроектМонтаж», ООО «Уфимская гипсовая компания» разрабатываются технологии строительства малоэтажных каркасных жилых зданий с использованием монолитного пеногипса в несъемной опалубке в качестве теплоизоляционного слоя наружных стен [6, 7].

Целью настоящей работы явилась разработка составов и исследование основных физико-технических свойств монолитного теплоизоляционного пеногипса и технологии его применения при возведении наружных стен малоэтажных каркасных жилых зданий.

Методы и материалы

Получение пеногипсовой смеси осуществляли на эжекторно-турбулентной установке ЭТС-0,5 производства ООО фирма «Вефт» [8]. Установка осуществляет получение пеногипсовой смеси смешением гипсового вяжущего с введенными функциональными добавками, водой и пенообразователем, и подачу пеногипсовой смеси в опалубку стен. Смешивание компонентов происходит под давлением 0,2-2,5 МПа. Производительность установки 3-3,5 м³/час, с подачей пеногипса по шлангам до 40 метров по горизонтали и до 15 метров по вертикали.

В качестве вяжущего в работе использовался строительный гипс Г-5БШ по ГОСТ 125 производства ООО «Уфимская гипсовая компания».

Для замедления сроков схватывания пеногипсовой смеси применялись добавки – замедлители схватывания:

- Plast Retard PE производства фирмы «Retardan» (Италия);
- винная кислота по ГОСТ 5817 производства «Shanhong Chemical Co» Ltd (КНР);
- лимонная кислота по ГОСТ 908 производства ООО Белгородский завод лимонной кислоты «Цитробел».

В работе использовался синтетический пенообразователь ПБНС, представляющий собой водный раствор анионных поверхностно-активных веществ со стабилизирующими добавками, производства ООО «Завод ТехноХимСинтез» (г. Уфа), по ТУ 2481-002-31232365-2006.

Основные физико-технические свойства пеногипсовой смеси и пеногипса определялись по ГОСТ 23789, ГОСТ 25485.

Теплопроводность образцов пеногипса размерами 250x250x50 мм определяли по методике ГОСТ 7076, предусматривающей создание стационарного теплового потока через образец при фиксированной разности температур на его поверхностях.

Определение коэффициента размягчения пеногипса осуществлялось по ТУ 21-0284757.

Результаты и обсуждение результатов

На первом этапе работы исследовалось влияние вида и количества добавок – замедлителей схватывания на сроки схватывания пеногипсовой смеси. При работе на установке ЭТС-0,5 с учетом времени необходимого для приготовления, транспортировки и заливки пеногипсовой смеси, начало сроков схватывания смесей должно составлять не менее 30 минут.

На рис. 1 представлены результаты исследований влияния количества некоторых наиболее распространенных видов добавок – замедлителей схватывания строительного гипса (Plast Retard PE, винной и лимонной кислот) на сроки начала и конца схватывания вяжущего.

В соответствии с результатами исследований, представленными на рис. 1, в дальнейшей работе в качестве добавки, обеспечивающей требуемые сроки схватывания при минимальном расходе, применялся добавка Plast Retard PE в количестве 0,05 % от массы вяжущего.

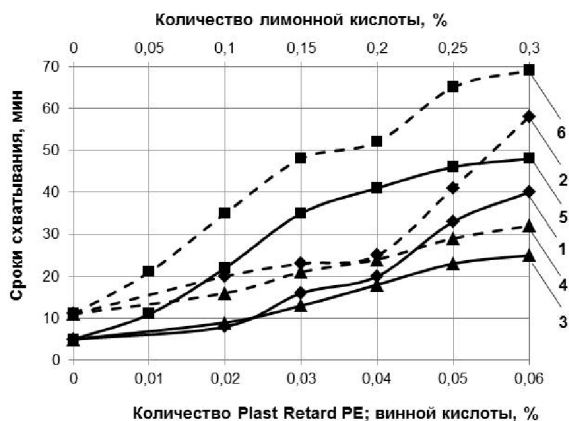


Рис. 1. Влияние добавок – замедлителей схватывания на сроки схватывания пеногипсовой смеси:
 1 – Plast Retard PE – начало схватывания; 2 – Plast Retard PE – конец схватывания;
 3 – винная кислота – начало схватывания; 4 – винная кислота – конец схватывания;
 5 – лимонная кислота – начало схватывания; 6 – лимонная кислота – конец схватывания

На следующем этапе работы исследовалось влияние на свойства пеногипса продолжительности перемешивания, водогипсового отношения и количества пенообразователя ПБНС.

Согласно результатам проведённых исследований установлено, что оптимальное время перемешивание пеногипсовой смеси в эжекторно-турбулентной установке ЭТС-0,5, при котором достигалась наибольшая однородность структуры, составляет 2 минуты.

На рис. 2, 3 представлены результаты исследований влияния водогипсового отношения и количества пенообразователя ПБНС, соответственно, на среднюю плотность и прочность при сжатии пеногипса.

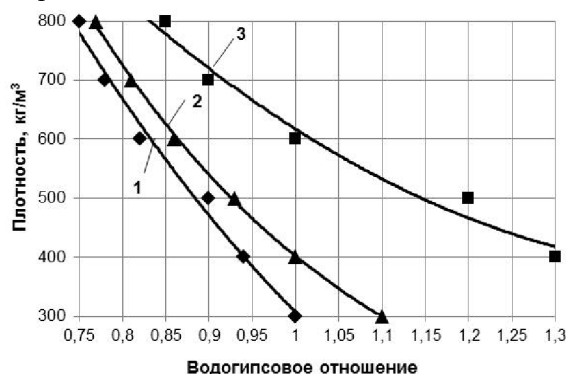


Рис. 2. Влияние водогипсового отношения и количества пенообразователя ПБНС на плотность пеногипса:
 количество пенообразователя ПБНС, в % от массы вяжущего: 1 – 0,1; 2 – 0,16; 3 – 0,21

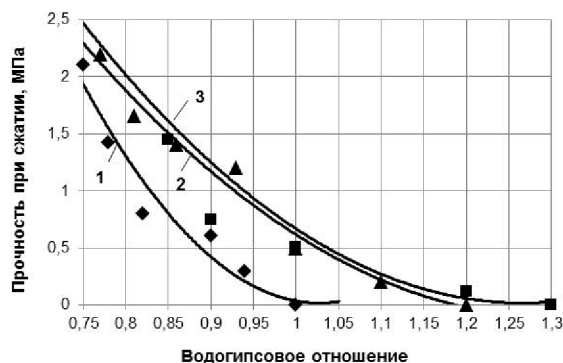


Рис. 3. Влияние водогипсового отношения и количества пенообразователя ПБНС на прочность при сжатии пеногипса:
 количество пенообразователя ПБНС, в % от массы вяжущего: 1 – 0,1; 2 – 0,16; 3 – 0,21

Анализ полученных результатов показывает, что при увеличении водогипсового отношения и количества пенообразователя происходит повышение вспениваемости пеногипсовой смеси, уменьшение средней плотности пеногипса при закономерном снижении прочностных показателей.

Согласно результатам исследований теплотехнических показателей пеногипса марок по плотности D400-D500, которые были выполнены совместно с НИИСФ РААСН, теплопроводность пеногипса в сухом состоянии при $T=25^{\circ}\text{C}$ составила $\lambda_{25}=0,10-0,12$ Вт/(м $^{\circ}\text{C}$). Среднее значение теплопроводности пеногипса при влажности 2 % по массе составило $\lambda_w=0,12-0,14$ Вт/(м $^{\circ}\text{C}$). Приращение теплопроводности на 1 % влажности от массы, составило $\Delta\lambda=0,01$ Вт/(м $^{\circ}\text{C}$).

Нормативное значение термическое сопротивление наружных стен жилых зданий в климатических условиях Республики Башкортостан, согласно СНиП 23-02-2003 должно составлять не менее $3,46$ м $^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Согласно теплотехническим расчетам толщина теплоизоляционного пеногипса марок по плотности D400-D500, должна быть не менее 35 см, что соответствует термическому сопротивлению $3,5$ м $^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Таким образом, с учетом полученных теплотехнических и физико-механических показателей к применению в качестве теплоизоляционного монолитного слоя в несъемной опалубке каркасных наружных стен малоэтажных жилых зданий был рекомендован пеногипс марок по плотности D400-D500, обладающий классами по прочности на сжатие B0,5-B0,75 (прочностью при сжатии в диапазоне 0,5-1,2 МПа, прочностью при изгибе – 0,39-0,85 МПа).

Результаты исследования водостойкости пеногипсовых образцов марок по плотности D400-D500 показали, что коэффициент размягчения составляет 0,31-0,33.

Технология возведения наружных стен малоэтажных каркасных жилых домов с применением монолитного пеногипса в несъемной опалубке в качестве теплоизоляционного материала включает следующие процессы.

Рассматриваемые наружные стены включают деревянный каркас, состоящий из унифицированного бруса 50x100x3000 мм, связанного перемычками и обшитого с двух сторон фибролитовыми плитами толщиной 2,5 см. Общая толщина стены составляет 40 см. Сборка каркаса одноэтажного дома общей площадью 119,4 м 2 силами бригады, состоящей из 4 человек, занимает 8-10 рабочих дней.

В собранный каркас, обшитый фибролитовыми плитами, механизированным способом осуществляют заливку теплоизоляционного пеногипса (рис. 4). Продолжительность монолитных работ для одноэтажного дома общей площадью 119,4 м 2 составляет 2 рабочих дня при объеме заливаемого пеногипса – 45 м 3 . При суммарной толщине пеногипсового слоя 35 см, распорного воздействия на опалубку не наблюдалось.



Рис. 4. Заливка монолитного пеногипса в конструкцию каркасной наружной стены

Физико-механические и эксплуатационные свойства пеногипса в значительной степени зависят от его влажности. В связи с этим проведены исследования кинетики удаления избыточной влаги при естественной сушке пеногипса в несъемной опалубке наружных каркасных стен жилых домов (табл. 1, рис. 5). В качестве объектов исследования выбраны три варианта наружных стен одноэтажных домов, отличающихся конструктивными особенностями стен и условиями эксплуатации домов.

Таблица 1

**Варианты объектов исследования кинетики естественной сушки пеногипса
в несъемной опалубке наружных каркасных стен жилых домов**

№ варианта	Конструктивные отличия стен	Условия эксплуатации дома
1	монолитный пеногипс с установкой по центру стены с шагом 600 мм по всей высоте стены дренажной вставки квадратного сечения размером 100x200 мм из фибролита низкой плотности ($\rho_0=250-300 \text{ кг/м}^3$)	не отапливается
2	монолитный пеногипс без дренажной вставки	отапливается
3	монолитный пеногипс без дренажной вставки	не отапливается

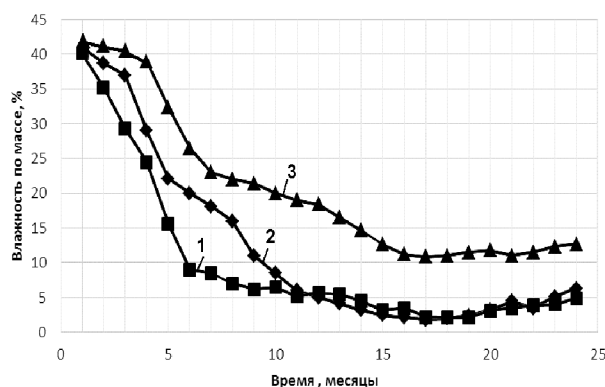


Рис. 5. Кинетика естественной сушки теплоизоляционного слоя из пеногипса в несъемной опалубке наружных каркасных стен жилых домов при различных конструктивных особенностях стен и условиях эксплуатации домов:
1 – вариант № 1; 2 – вариант № 2; 3 – вариант № 3

Установлено (рис. 5), что высыхание теплоизоляционного слоя из пеногипса до нормальной влажности 10-12 % происходит за 5-6 месяцев при использовании дренажной вставки. Для лучшего высыхания необходимо производить заливку пеногипса весной или в начале лета. Для предотвращения дополнительного увлажнения в период высыхания стен дома должны стоять под крышей или под навесом. В зимний период целесообразно использовать искусственное осушение инфракрасными излучателями или тепловыми пушками.

В таблице 2 представлены показатели влажности материалов стен после заливки пеногипса и после достижения равновесного влагосодержания.

Таблица 2

**Показатели влажности материалов стен после заливки пеногипса
и после достижения равновесного влагосодержания**

Наименование материалов	Влажность, %	
	после заливки пеногипса	при достижении равновесной влажности
Элементы деревянного каркаса	37,6	13,43
Фибролитовая плита (несъемная опалубка)	29,1	7,62
Пеногипс	43,4	2,99

Установлено, что для заливочного пеногипса равновесная влажность наружных стен составляет не более 2,5-3 %.

За период с 2011 по 2013 годы в поселке Ново-Иглино (Республика Башкортостан) построены 7 одноэтажных жилых дома общей площадью 107 м² и 4 двухквартирных жилых дома общей площадью 119,4 м² с применением монолитного пеногипса в несъемной опалубке в качестве теплоизоляционного слоя каркасных наружных стен.

Заключение

Таким образом, разработаны составы теплоизоляционного пеногипса марок по средней плотности D400-D500; классами по прочности на сжатие B0,5-B0,75; теплопроводностью 0,12-0,14 Вт/(м °С). Предложено введение в слой монолитного теплоизоляционного пеногипса дренажной вставки из фибролита низкой плотности для ускорения процесса естественной сушки пеногипса в несъемной опалубке наружных каркасных стен жилых домов. Показана эффективность применения разработанного пеногипса в малоэтажном строительстве жилых домов эконом-класса в качестве монолитного теплоизоляционного слоя для возведения наружных стен с деревянным каркасом и обшивкой из фибролитовых плит, в том числе выполняющих функцию несъемной опалубки.

Список библиографических ссылок

1. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И. Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов // *Строительные материалы*, 2010, № 12. – С. 44-46.
2. Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Недосеко И.В., Юнусова С.С., Печенкина Т.В., Красногоров М.И. Опыт производства и эксплуатации гипсовых стеновых изделий // *Строительные материалы*, 2008, № 3. – С. 78-80.
3. Бабков В.В., Латыпов В.М., Ломакина Л.Н., Шигапов Р.И. Модифицированные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и гипсокерамзитобетонные стеновые блоки для малоэтажного жилищного строительства на их основе // *Строительные материалы*, 2012, № 7. – С. 4-7.
4. Недосеко И.В., Бабков В.В., Юнусова С.С., Гаитова А.Р., Ахмадулина И.И. Гипсовые и гипсошлаковые композиции на основе природного сырья и отходов промышленности // *Строительные материалы*, 2012, № 8. – С. 66-68.
5. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф., Лосев Ю.Г., Поплавский В.В., Шишин А.В. Гипс в малоэтажном строительстве. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 240 с.
6. Шигапов Р.И., Бабков В.В., Юрпик В.А. Материалы из модифицированных гипсовых вяжущих для наружных стен малоэтажных жилых домов // *Материалы VI Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий»*. – М.: Изд-во «Де Нова», 2012. – С. 208-212.
7. Пустовгар А.И. Возведение зданий из материалов на основе гипсовых вяжущих // *Материалы V Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий»*. – М.: Изд-во «Алвиан», 2010. – С. 152-157.
8. Поризационный смеситель для приготовления ячеистых смесей: пат. 2373049 Рос. Федерация. № 2008117099/03; заявл. 04.05.2008; опубл. 20.11.2009. Бюл. № 32. – 8 с.

Shigapov R.I. – engineer

E-mail: ufagips@mail.ru

ООО «Ufa Gypsum Company»

The organization address: 450069, Russia, Ufa, Proizvodstvennaya st., 1

Babkov V.V. – doctor of technical science, professor

E-mail: kafedra_sk@mail.ru

Ufa State Petroleum Technological University

The organization address: 450062, Russia, Ufa, Kosmonavtov st., 1

Khaliullin M.I. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Foamed gypsum use in low-rise building

Resume

The perspective direction in the solution of a problem of decrease in cost of construction of wall protecting designs of low-rise residential buildings is use at their production of monolithic foamed gypsum. In the article the results of research on the development of structures of foamed gypsum brands density D400-D500; classes on compressive strength B0,5-B0,75; heat conductivity of 0,12 to 0,14 W/(m °C) for use as a monolithic heat-insulating layer in the construction of frame exterior walls. Questions of technology for production and application of cast in-situ foamed gypsum in a fixed timbering as thermal insulation layer in the construction of external walls of low-rise timber frame houses. The proposed introduction of a layer of monolithic heat-insulating foamed gypsum drain insertion of low-density fiberboard to speed up the process of natural drying of foamed gypsum in a fixed timbering outer frame walls of houses. The experience of exploitation of low-rise residential buildings with a layer of thermal insulation of external walls made of foamed gypsum.

Keywords: foamed gypsum, fiberboard, retarder, foaming agent, thermal conductivity.

Reference list

1. Rakhimov R.Z., Khaliullin M.I. State and Tendencies of Development of the Gypsum Building Materials Industry // *Stroitelnye materialy*, 2010, № 12. – P. 44-46.
2. Mirsaev R.N., Babkov V.V., Nedoseko I.V., Yunusova S.S., Pechenkina T.V. Experience of production and operation of gypsum plaster wall products // *Stroitelnye materialy*, 2008, № 3. – P. 78-80.
3. Babkov V.V., Latypov V.M., Lomakina L.N., Asyanova V.S., Shigapov R.I. Modified Gypsum Binders of High Water Resistance and Gypsum-Claydite-Concrete Wall Blocks for Low-Rise Housing Construction on their Basis // *Stroitelnye materialy*, 2012, № 7. – P. 4-8.
4. Nedoseko I.V., Babkov V.V., Yunusova S.S., Gaitova A.R., Akhmadulina I.I. Gypsum and Gypsum-Slag Compositions on the Basis of Natural Raw Materials and Industrial Waste // *Stroitelnye materialy*, 2012, № 8. – P. 66-68.
5. Ferronskaya A.V., Korovyakov V.F., Baranov I.M., Bur'yanov A.F., Losev Yu.G., Poplavskii V.V., Shishin A.V. Gypsum in low-rise building. – M.: Publishers ASV, 2008. – 240 p.
6. Shigapov R.I., Babkov V.V., Jurpik V.A. Materials from the modified gypsum binders for the external walls of low-rise residential buildings // *Materials of the VI International scientific and practical conference «Improving the efficiency of production and application of gypsum materials and Products»*. – M.: Publishers «De Nova», 2012. – P. 208-212.
7. Pustovgar A.P. Construction of buildings from materials on the basis of the gypsum binders // *Materials of the V International scientific and practical conference «Improving the efficiency of production and application of gypsum materials and Products»*. – M.: Publishers «Alvian», 2010. – P. 152-157.
8. Cellulating mixer for production of cellular mixes: the patent 2373049 Russian Federation. № 2008117099/03; It is declared 04.05.2008; it is published 20.11.2009. The bulletin № 32. – 8 p.