

УДК 666.973.2

А.В. КЛОЧКОВ, инженер, В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, Н.В. ПАВЛЕНКО, канд. техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

A.V. KLOCHKOV, engineer, V.V. STROKOVA, Doctor of Science (Technology), N.V. PAVLENKO, PhD (Technology), Belgorod State Technological University named after V. G. Shoukhov

## **Конструкционно-теплоизоляционные кладочные смеси с применением полых стеклянных микросфер**

### **Structural and heat insulating masonry admixture with hollow glass micro spheres**

При проектировании современных зданий и сооружений важно соблюдение требований к теплозащите ограждающих конструкций. Стеновую конструкцию в этом случае можно рассматривать как композиционный материал, состоящий из кладочных изделий и раствора.

Одним из эффективных способов уменьшения теплопотерь зданий является применение теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных строительных материалов и изделий, имеющих низкую плотность, таких как пено-, газо- и керамзитобетон. Однако при довольно широкой номенклатуре стеновых материалов наблюдается дефицит кладочных растворов, позволяющих создавать максимально однородную кладочную конструкцию по показателям теплопроводности.

Целью данных исследований является проектирование конструкционно-теплоизоляционных кладочных смесей (КТКС) с применением полых стеклянных микросфер.

Исходными сырьевыми компонентами при получении КТКС являются: вяжущее, мелкий заполнитель, легкий заполнитель и стабилизирующая добавка. Ранее была установлена перспективность применения алюмосиликатных микросфер в качестве легкого заполнителя при получении кладочных смесей [1–5].

Для разработки наиболее широкого ассортимента составов растворных смесей, соответствующих по теплопроводности кладочным изделиям, были рассмотрены конструкционно-теплоизоляционные изделия ячеистой и плотной структуры на основе цементного и известково-песчаного вяжущего: газосиликат, пенобетон и керамзитобетон (табл. 1).

The development of update constructions should be accomplished according to the requirements on heat resistant of building envelopes. In this case a wall construction can be considered as composite material including wall stone and masonry admixture.

One of the most efficient modes to decrease a building heat loss is application of heat insulating, structural and heat insulating construction materials with low density like that of foam concretes, gas concretes and expanded-clay lightweight concretes. In spite of wide range of wall materials there is lack of masonry admixture which can provide the most homogenous masonry structure relatively thermal conductivity parameter.

A purpose of this investigation is development of structural and heat insulating masonry admixtures with hollow glass micro spheres. As raw components are following: binder, fine aggregate, light-weight aggregate and stabilizing agent.

By previous research [1–5] has been confirmed the prospective of application of alumina-silicate micro spheres as a lightweight aggregate when masonry admixture production

To develop wide range of masonry mixes which are suitable to masonry admixture in its heat conductivity, the structural and heat insulating construction materials with cellular and compact structure such as gas silicate, foam-concrete and expanded-clay concrete were considered (table 1).

Structural and heat insulating wall materials have high values of water requirement (Table 1). Therefore it should be used with high water-retaining capacity [6] which can be reached with water-retaining agent.

**Таблица 1/ Table 1**

Вид материала/ Type of material	Плотность, кг/м <sup>3</sup> / Density, kg/m <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа/ Yield compressive strength, MPa	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)/ Thermal conductivity coefficient, Wt/(m <sup>2</sup> ·°C)	Морозостойкость, цикл/ Freeze-thaw resistant, cycle	Водопоглощение, %/ Water requirement, %
Газосиликат/ Gas silicate	500	2,5	0,14	15	45
Пенобетон/ Foam concrete	700	3,5	0,18	25	40
Керамзитобетон/ Expanded-clay light-weight concrete	1000	7,5	0,33	50	30

Таблица 2/Table 2

Состав смеси, кг/м <sup>3</sup> / Mortar composition, kg/m <sup>3</sup>			Свойства раствора и растворного камня/ Properties of mortar and mortar paste							
Цемент/ Cement	Кварцевый песок/ Quartz sand	Микросферы/ Micro spheres	Водоудерживающая способность/ Water-retaining capacity	В/Ц/ W/S ratio	Прочность, МПа/ Strength, MPa		Адгезия, МПа/ Adhesion, MPa	Плотность, кг/м <sup>3</sup> / Density, kg/m <sup>3</sup>	Коэффициент тепло- проводности, Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)/ Thermal conductivity coefficient, W/(m <sup>2</sup> ·°C)	Морозостойкость, цикл/ Freeze-thaw resistant, cycle
					При сжатии/ Compression	При изгибе/ Tension				
230	0	400	97	1,24	2,8	0,46	0,26	745	0,16	25
270	350	300	97	1,06	3,9	0,65	0,5	1055	0,2	35
328	700	200	97	0,98	8,4	2,04	1,98	1392	0,32	50

Конструкционно-теплоизоляционные стеновые материалы имеют высокие показатели водопоглощения (табл. 1), поэтому необходимо использовать растворные смеси с высокой водоудерживающей способностью [6], которая достигается за счет применения водоудерживающих добавок.

В качестве водоудерживающей добавки применяли Mecellose FMS 24502 и Addiment ST2. Эксперимент проводили при условии одинакового соотношения. При варьировании концентрации и типа водоудерживающей добавки получены растворные смеси, водоудерживающая способность которых составляет 95–97%, что на 5–7% превышает требуемый показатель, предусмотренный ГОСТ 28013–98 «Растворы строительные. Общие технические условия» (рис. 1). Применение Addiment ST2 при содержании 0,25% позволяет повысить водоудерживание на 14% относительно контрольного состава, однако, прочность растворного камня уменьшается на 2% по сравнению с цементно-песчаным раствором. Введение 0,2% Mecellose FMS 24502 повышает как водоудерживание, так и прочность на 15%. Однако использование подобных добавок при сохранении значений В/Ц приводит к увеличению вязкости, что нежелательно для кладочных растворов [6]. Было изучено влияние водоудерживающей добавки и микросфер на реологические характеристики растворов при статическом, динамическом напряжении и после частичного обезвоживания пористым основанием стеновых материалов.

Увеличение вязкости в состоянии покоя при введении добавки Mecellose происходит за счет физического связывания воды (рис. 1). Взаимодействие имеет коагуляционный характер, что обуславливает высокую седиментационную стабильность системы. За счет возможных прилагаемых нагрузок на раствор (перемешивание, укладка) происходит временное разжижение системы. Этот эффект является положительным с точки зрения гомогенизации и удобоукладываемости [7].

Введение микросфер оказывает двойное влияние на подвижность раствора. С одной стороны, при введении микросфер в количестве 100% объема мелкого заполнителя за счет их высокой удельной поверхности (96 м<sup>2</sup>/кг) вязкость повышается. С другой – за счет сферической формы и остеклованной гладкой поверхности заполнителя при приложении нагрузки подвижность раствора увеличивается.

Введение водоудерживающей добавки при полной замене песка на микросферы при статическом напряжении придает раствору максимальную вязкость. В то же время при динамическом напряжении система достигает

As a water-retaining agent Mecellose FMS 24502 and Addiment ST2 were used. The experiment was carried out with equal component ratio. Experimental masonry admixtures were obtained by variation of concentration and type of water-retaining agent. Water-retaining capacity of these agents is 95–97% that exceeds by 5–7% a required parameter according to the Russian Standard 28013–98 «Mortars. General specifications» (Fig. 1)

Addition of Addiment ST2 of 0,25% allows to increase water-retaining capacity by 14% in comparison with reference composition, and the masonry paste strength decreases by 2% relatively to the sand-cement mortar.

At the same time, addition of Mecellose FMS 24502 of 0,2% lead to increasing in water-retaining capacity and strength characteristics by 15%. However, application of above admixtures causes to increasing of viscosity values when the «water-solid» ratio (W/S) is constant. This effect is not favorable for the mortars [6].

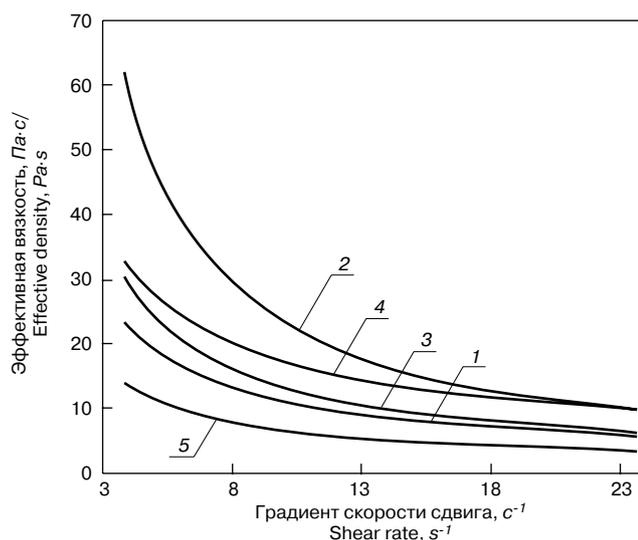
In this paper the influence of water-retaining agent and the micro spheres on rheological and technological mortar properties when it static and dynamic strain after the partial water removal with cellular base of wall materials.

Increasing in viscosity of the mortars at rest when adding Mecellose admixture can be explained by water physical bonding (Fig. 1). In the mortar system takes place interaction of coagulation type, which provides high sedimentation stability. When applying the load to the experimental mortar system (like stirring and casting) the temporary system fluidifying is observed. This phenomenon positively influences homogeneity and workability of the mortars.

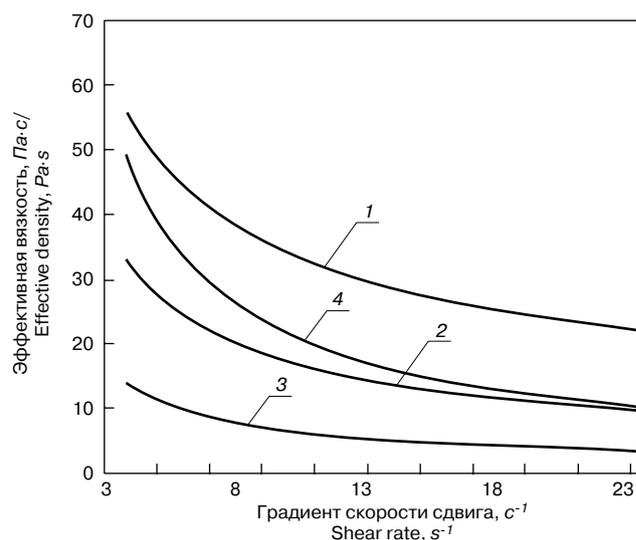
Presence of hollow glass micro spheres in the experimental system has double effect on the flow of the mortar. On the one hand, an increasing of viscosity due to high specific surface area of the micro spheres (up to 96 м<sup>2</sup>/kg), which are in the system in amount of 100% as fine aggregate. On the other hands, under press loading the flow of the mortars is enhanced due to spherical shape and glass smooth surface of this lightweight aggregate.

Addition of water-retaining agent into the mortar system with complete replacement of sand fine aggregate for the micro spheres provides the highest viscosity value when its static strain. At the same time, under dynamic strain the system achieves a viscosity value which is comparable with the reference.

Analysis of rheological and technological characteristics of the mortars studied before and after setting at cellular base of wall materials has shown the experimental compositions based on Mecellose admixture have a higher sedimentation stability.



**Рис. 1.** Зависимость вязкости раствора от состава: 1 – контрольный состав; 2 – 100% микросфер с добавкой; 3 – 100% микросфер без добавки; 4 – 50% микросферы с добавкой; 5 – 50% микросфер без добавки/  
**Fig. 1.** Effect of viscosity on mortar composition: 1 – reference composition; 2 – 100% micro sphere content with admixture; 3 – 100% micro sphere content without admixture; 4 – 50% micro sphere content with admixture; 5 – 50% micro sphere content without admixture



**Рис. 2.** Зависимость эффективной вязкости от наличия добавки до и после укладки на пористое основание стенового материала: 1 – 50% микросфер с добавкой после укладки; 2 – 50% микросфер с добавкой до укладки; 3 – 50% микросфер без добавки до укладки; 4 – 50% микросфер без добавки после укладки/  
**Fig. 2.** Dependence of effective viscosity in the presence of admixture before and after setting at cellular base of wall material: 1 – 50% micro sphere content with admixture after curing; 2 – 50% micro sphere content with admixture before curing; 3 – 50% micro sphere content without admixture before curing; 4 – 50% micro sphere content without admixture after curing

ет показателя вязкости, сопоставимого с контрольным составом.

Анализ реотехнологических характеристик растворов до и после укладки (рис. 2) на пористое основание стеновых материалов показал, что состав с применением добавки Меселлозе характеризуется более высокой седиментационной стабильностью.

Для создания стеновых конструкций из керамзитобетона, пенобетона и газосиликата был выбран состав смеси (табл. 2) для каждого стенового материала с максимально близкими проектным значениями физико-механических характеристик.

Применение стеновых изделий и кладочного раствора с соответствующими теплоизоляционными и деформационными характеристиками позволяет повысить степень однородности стеновой конструкции, за счет снижения плотности раствора и достижения равновесия значений поперечных расширений растворного камня и стенового материала.

Для обеспечения проектной прочности стеновой конструкции необходимо увеличить прочность кладочного раствора относительно прочности используемого стенового материала на 10–15%. Получены конструкционно-теплоизоляционные кладочные растворы с применением легкого заполнителя обладающие плотностью 745–1400 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 2,5–8,4 МПа, что позволяет осуществлять подбор конструкционно-теплоизоляционного кладочного раствора в зависимости от характеристик стенового материала.

Варьирование соотношения полых стеклянных микросфер и водоудерживающей добавки, а также высокоплотная упаковка зерен при использовании микросфер позволяют обеспечить повышение степени однородности стеновой конструкции по теплоизоляционным и деформационным характеристикам при использовании кладочных изделий с диапазоном плотности от 500 до 1300 кг/м<sup>3</sup>. Использование водоудерживающей добавки при отсутствии пластификатора позволяет увеличить технологические и физико-механические свойства раствора и растворного камня при сохранении подвижности, что обеспечивает прочное сцепление

For each wall material observed (Table 2) was choose rational composition with physical and mechanical characteristics which are close to designed ones.

Application of wall products and masonry admixture with appropriate heat insulating and deformation properties allows to increase homogeneity of wall construction by the mortar density decreasing and providing of balance state between transverse extensions of mortar and wall material.

To achieve design strength of wall structure it is need to increase strength of masonry admixture relatively to the same value for the wall materials used by 10–15%. The structural and heat insulating masonry admixtures obtained with lightweight aggregate have density of 745–1400 kg/m<sup>3</sup> and strength of 2,5–8,4 МПа. These values allow selecting structural and heating insulating masonry admixtures depending on required characteristics of wall material.

Variation of «hollow glass microspheres–water-retention agent» ratio as well as close-packed particles' density when using of the microsphere allows enhancing in homogeneity of heat insulating and deformation characteristics for wall structure including masonry stones with density in range of 500–1300 kg/m<sup>3</sup>.

Using of water-retaining agent in mortar system without adding of plasticizer allows to enhance technological, physical and mechanical properties of the mortar and the mortar paste when it constant flow. The effect provides strong adhesion between the mortar and masonry stone that brings about an effective combined action between the mortar and wall construction.

**Keywords:** *micro spheres, masonry admixture, water-retention agent, heat insulating properties.*

**References**

1. *Oreshkin D. V. et al. Properties of masonry admixtures based on extruded mortar admixture // Construction materials. 2012. № 9. P. 58–60.*

с кладочным материалом, и как следствие, эффективную совместную работу раствора и материала в стеновой конструкции.

**Ключевые слова:** микросферы, кладочные смеси, водоудерживающая добавка, теплоизоляционные свойства.

**Список литературы**

1. Орешкин Д.В и др. Свойства кладочных растворов на основе экструдированных растворных смесей // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 58–60.
2. Белоусов Ю.Л., Алексеев С.В. Устойчивость пеностекла на контакте с цементным раствором // Строительные материалы. 1999. № 7–8. С. 45–47.
3. Пашкевич А.А. и др. Сухие смеси с полыми стеклянными микросферами для получения штукатурных растворов // Сухие строительные смеси. 2007. № 2. С. 21–23.
4. Кириллов К.И. и др. Облегченный кладочный раствор: В сб. докл. межд. научно-техн. конф. «Строительная физика в XXI веке». М.: НИИСФ, 2006. С. 151–154.
5. Давидюк А.Н., Несветаев Г.В. О критериях эффективности бетонов для высотного строительства // Строительные материалы. 2010. № 4. С. 85–86.
6. Рахимбаев Ш.М. и др. Композиционные материалы с добавками водорастворимых полимеров // Строительные материалы. 2004. № 9. С. 15–16.
7. Бибик Е.Е. Реология дисперсных систем. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1981. 172 с.

2. Belousov U.L., Alexeev S.V. Stability of cellular glass at the contact zone «cellular glass-cement mortar» // Construction materials. 1999. № 7–8. P. 45–47.
3. Pashkevich A.A. et al. Dry mixes with hollow vitreous micro spheres for finishing mortar production // Dry building mixes. 2007. № 2. P. 21–23.
4. Kirillov K.I. et al. Light-weight masonry admixture: Proceeding of International Research and Technical Conference «building physics in XXI century». Moscow: NIISF, 2006. P. 151–154.
5. Daviduk A.N., Nesvetaev G.V. About performance criterion for high-rise construction concretes // Construction materials. 2010. № 4. P. 85–86.
6. Rahimbaev Sh. M. et al. Composite materials with water-soluble polymer based admixtures // Construction materials. 2004. № 9. P. 15–16.
7. Bibik E.E. Rheology of dispersed systems. Leningrad: Leningrad University, 1981. 172 pp.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: соглашение 14.В37.21.1218, программа стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; РФФИ, договор № 12-08-97603.

The research work is accomplished under the support of Ministry of Education and Science of the Russian Federation: the Agreement 14.В37.21.1218, the Agreement № 12-08-97603.

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# ВОЛГАСТРОЙЭКСПО

23-26 АПРЕЛЯ 2013 КАЗАНЬ

Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8, Выставочный центр "Казанская ярмарка" тел./ факс: (843) 570-51-07, 570-51-11, e-mail: d4@expokazan.ru, www.volgastroeyexpo.ru, www.expokazan.ru

Информационная продукция для детей, достигших возраста шестнадцати лет (+16)