

## Теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего

Дмитрий А. Сумской<sup>1</sup> pr9nik2011@yandex.ru

<sup>1</sup> Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, 308012, Россия  
**Реферат.** В статье приведены результаты исследований по получению теплоизоляционного раствора, полученного измельчением. Синтезированы вяжущие композиции при различных соотношениях цемента и отходов производства перлитового песка в вихревой струйной мельнице при различных режимах измельчения. Изучены особенности процессов измельчения и определены технологические и физико-механические свойства полученных вяжущих композиций. Методом электронной микроскопии исследована микроструктура цементных камней, полученных из активированного портландцемента и вяжущих композиций в вихревой струйной мельнице. Установлено, что открытые поры цементно-вяжущих композиций, приготовленных с использованием перлитовых наполнителей, заполнены новообразованиями и зерна перлита имеют пластинчато-призматическую форму, что отчетливо видно на микрофотографиях. Микроструктура вяжущих композиций имеет плотную структуру за счет рационально подобранного состава, использования эффективного минерального наполнителя, создающего дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита. Проведен сравнительный рентгенофазовый анализ гидратированных бездобавочного цемента и вяжущей композиции и установлено, что по минеральному составу гидратированный цемент и вяжущая композиция идентичны, имея в составе  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , CSH, гидроалюминаты Ca и незначительное количество эттрингита, отличительной особенностью дифрактограмм является значительная аморфизация вяжущей композиции. Выявлен диапазон оптимального соотношения цемента и перлита 1:9; 1:11; 1:13. Получен теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего и вспученного перлитового заполнителя (1:11) с плотностью 1200 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 2,5 МПа. Модификация раствора добавками суперпластификатора; порообразователя; редиспергируемого дисперсионного порошка позволили получить теплоизоляционный раствор с плотностью 973,11 кг/м<sup>3</sup>. Оптимизация этого раствора пенополистирольными микросферами позволила получить плотность композита 240-260 кг/м<sup>3</sup> при прочности на сжатие 1,05-1,15 МПа. Разработанные теплоизоляционные составы обладают пониженной плотностью и достаточной прочностью, что является основанием рекомендовать их для использования при производстве строительных работ.

**Ключевые слова:** вяжущие композиции, вихревая струйная мельница, отходы производства перлитового песка, гранулометрический состав, физико-механические показатели, рентгенофазовый анализ, теплоизоляционный раствор.

## Heat-insulating mortar based on composite binder

Dmitrii A. Sumskoii<sup>1</sup> pr9nik2011@yandex.ru

<sup>1</sup> Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Kostyukov str, 46, Belgorod, 308012, Russia

**Summary.** The article presents the results of studies on obtaining a heat-insulating solution obtained by grinding. The binding compositions were synthesized at various ratios of cement and waste products of perlite sand in a jet mill under different grinding regimes. The features of grinding processes have been studied and technological and physicomaterial properties of the resulting binding compositions have been determined. The microstructure of cement stones obtained from activated Portland cement and binding compositions in a jet mill was studied by electron microscopy. It is established that open pores of cement-binding compositions prepared using perlite fillers are filled with neoplasms and perlite grains have a plate-prismatic shape, which is clearly seen in micrographs. The microstructure of binding compositions has a dense structure due to a rationally selected composition, the use of an effective mineral filler, which creates additional substrates to form the internal microstructure of the composite. A comparative X-ray diffraction analysis of hydrated plain cement and binding composition was carried out and it was established that hydrated cement and binding composition are identical in mineral composition, having Ca hydroaluminates,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , CSH, and low amounts of ettringite. A distinctive feature of the diffractograms is the significant amorphization of the binding composition. The range of the optimal ratio of cement to perlite was found to be 1:9; 1:11; 1:13. A heat-insulating solution based on composite binder and expanded perlite aggregate (1:11) with a density of 1200 kg/m<sup>3</sup> and a strength of 2.5 MPa was obtained. Modification of the solution by additives of superplasticizer; blowing agent; redispersible dispersion powder, it was possible to obtain a heat-insulating solution with a density of 973.11 kg/m<sup>3</sup>. Optimization of this solution with expanded polystyrene microspheres made it possible to obtain a density of the composite of 240-260 kg/m<sup>3</sup> at a compressive strength of 1.05-1.15 MPa. The developed heat-insulating compounds have a reduced density and sufficient strength, which is the reason to recommend them for use in the manufacture of construction works.

**Keywords:** binding compositions, jet mill, wastes of perlite sand production, granulometric composition, physical and mechanical properties, X-ray phase analysis, heat-insulating solution

### Введение

В России принят закон об энергоэффективности, согласно которому к 2020 г. необходимо выйти на высокий уровень энергосбережения. Введение более жестких требований привело к пересмотру принципов проектирования в строительстве. При проектировании энергоэффективного дома необходимо предотвратить потери тепла через ограждающие конструкции, и лишь потом оптимизировать инженерные

системы здания и внедрение альтернативных источников энергообеспечения. Теплоизоляционные материалы, чьей главной характеристикой является теплопроводность, оказывают решающую роль в обеспечении оптимальных условий микроклимата помещения.

### Материалы и методы

В связи с высокой востребованностью теплоизоляционных растворов на строительном

Для цитирования

Сумской Д.А. Теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 283–289. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-283-289

For citation

Sumskoii D.A. Heat-insulating mortar based on composite binder. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 283–289. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-283-289

рынке ставилась задача создания теплоизоляционных растворов с улучшенными теплозащитными характеристиками.

При создании эффективного теплоизоляционного раствора нами проведена многократная оптимизация на всех стадиях его создания, а именно, на стадии получения композиционных вяжущих, приготовленных на основе портландцемента и минерального наполнителя, на стадии введения функциональных добавок, заполнителя – вспученного перлитового песка и на стадии введения пенополистирольных микросфер. Для снижения плотности теплоизоляционных растворов необходимо создать эффективное композиционное вяжущее [1–5]. Для выбора оптимального состава, вяжущего на начальном этапе исследований были исследованы составы вяжущих композиций с различным процентным соотношением, с различными проходами (один, два и три раза) через вихревую струйную мельницу. В качестве исходных компонентов использовали вспученный перлитовый песок М75 производства ОАО «Осколснаб» (г. Старый Оскол), соответствующий ГОСТ 10821–91 «Песок и щебень перлитовые вспученные» и отходы его производства, портландцемент производства ЗАО «Белгородский цемент» ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108–2003 «Цементы общестроительные. Технические условия». Товарный цемент принимался в качестве сравнения с вяжущей композицией с содержанием отходов перлитового производства в количестве 5; 7,5; 10% по массе дозированных компонентов. Для вяжущих композиций и портландцементов были определены физико-механические показатели, нормальная густота, сроки схватывания, проведен гранулометрический анализ на приборе Analysette 22 NanoTec plus и изучена микроструктура на сканирующем электронном микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU. Лучшие составы по прочности при сжатии были получены при дозировке отходов производства вспученного перлитового песка в количестве 5%, 55,6 МПа – при одном проходе через вихревую струйную мельницу; 52,0 МПа – при трех проходах через вихревую струйную мельницу; при соотношении портландцемент / отходы производства вспученного перлитового песка = 90 / 10% – 53,3 МПа. Исходя из соображений экономии электроэнергии для проведения дальнейших исследований прием состав 95/5% (один проход).

### Результаты и обсуждение

При анализе вяжущих композиций для составов с 5% содержанием добавки вспученного перлитового песка удельная поверхность при одном проходе через вихревую струйную мельницу увеличивается с 7636 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>

на 55,5%, что составляет 11874 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>, при втором проходе – 18998 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup> на 148,8%; для трех проходов – 20206 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup> на 164,6% (рисунки 1–4). Приведенные выше результаты помола в вихревой струйной мельнице свидетельствуют об эффективности технологического приема.

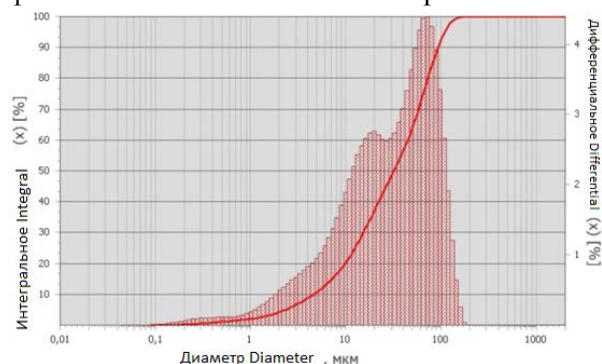


Рисунок 1. Распределение частиц вяжущей композиции BK1.0 с соотношением цемент / перлитовый песок = 95/5% по размерам

Figure 1. Distribution of particles of astringent composition BK1.1 with the ratio cement / perlite sand = 95/5% in size

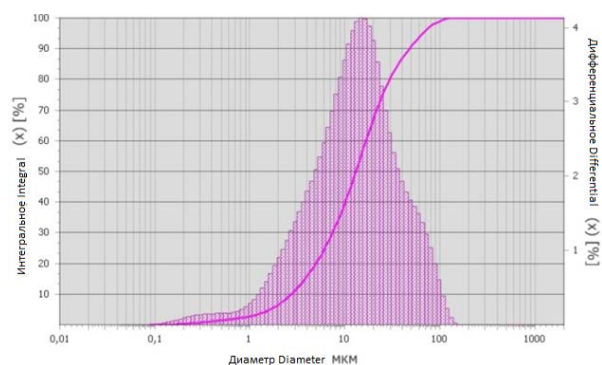


Рисунок 2. Распределение частиц вяжущей композиции BK1.1 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 1 проход

Figure 2. Distribution of the particles of the cementitious composition BK1.1 with the ratio cement/perlite sand = 95 / 5% in size passed through a jet mill in 1 pass

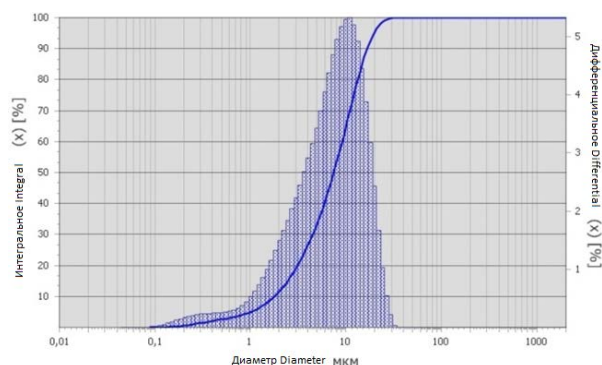


Рисунок 3. Распределение частиц вяжущей композиции BK1.2 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 2 прохода

Figure 3. Distribution of particles of the cementitious composition BK1.1 with the ratio cement/perlite sand = 95 / 5% in size passed through a jet mill in 2 passes

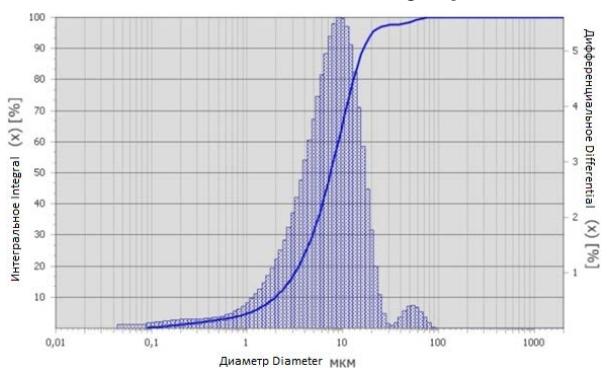


Рисунок 4. Распределение частиц вяжущей композиции ВК1.3 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 3 прохода

Figure 4. Distribution of the particles of the cementitious composition BK1.1 with the ratio cement/perlite sand = 95 /5% in size passed through a jet mill in 3 passes

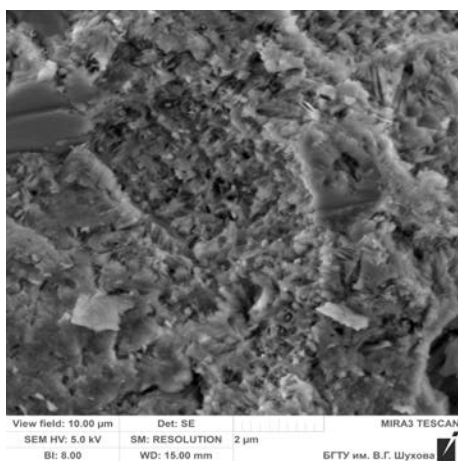


Рисунок 5. Микроструктура вяжущей композиции ВК1.1 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 1 проход

Figure 5. Microstructure of cementitious composition BK1.1 with cement/perlitic sand ratio = 95 /5% in size passed through a jet mill in 1 pass

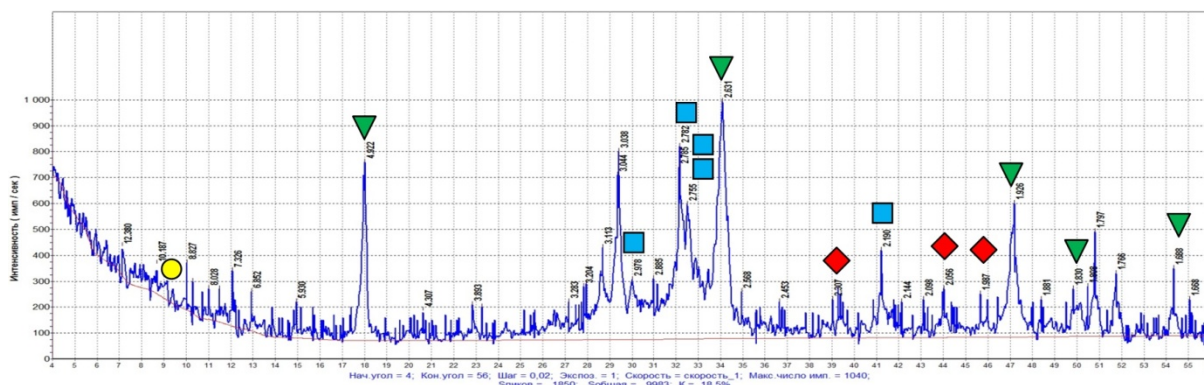


Рисунок 6. Рентгенограмма портландцемента (не активированного)  $\blacktriangledown$  –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ( $d = 4,928; 2,633; 1,933; 1,801 \text{ \AA}$ );  $\blacksquare$  – CSH ( $d = 3,053; 2,793; 2,206 \text{ \AA}$ );  $\blacklozenge$  – гидроалюминаты Ca ( $d = 2,281; 2,053; 1,979 \text{ \AA}$ );  $\bullet$  – этtringит ( $d = 9,825; 9,771 \text{ \AA}$ )

Figure 6. Radiography of portland cement (not activated)

Установлены особенности измельчения вяжущих композиций в вихревой струйной установке (рисунок 5). При помоле формируется высокодисперсная объемная структура, формируются зерна наполнителя в виде пластинчато-призматическую форм зерен, которая обеспечивает затвердевшему композиту требуемые свойства – низкую плотность при достаточной прочности. Микроструктуру гидратированных портланд-цементов и вяжущих композиций исследовали в 28-ми суточном возрасте.

Проведение сравнительного рентгенофазового анализа гидратированных бездобавочного цемента и вяжущей композиции ВК1.1 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 1 проход следует отметить, что по минеральному составу гидратированный цемент и вяжущая композиция идентичны и содержат в своем составе  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , CSH, гидроалюминаты Ca и незначительное количество этtringита. Отличительной особенностью дифрактограмм является значительная аморфизация вяжущей композиции, что объясняется содержанием высокодисперсной перлитовой составляющей (рисунки 6, 7).



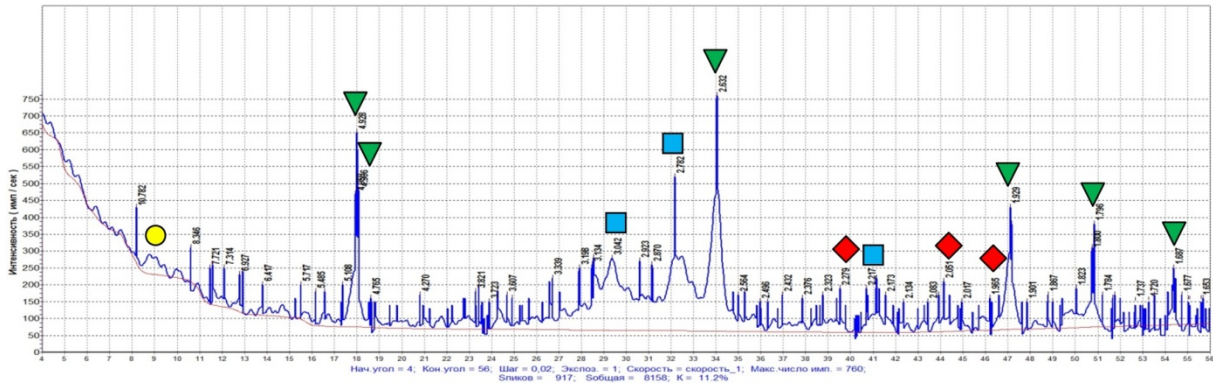


Рисунок 7. Рентгенограмма вяжущей композиции ВК1.1 состава цемент/перлитовый песок =95/5%(1 проход через вихревую струйную мельницу)  $\blacktriangledown$  –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ( $d=4,928; 2,633; 1,933; 1,801 \text{ \AA}$ );  $\blacksquare$  –  $\text{CSH}$ ( $d=3,053; 2,793; 2,206 \text{ \AA}$ );  $\blacklozenge$  – гидроалюминаты  $\text{Ca}$  ( $d=2,281; 2,053; 1,979 \text{ \AA}$ );  $\odot$  – этtringит ( $d=9,825; 9,771 \text{ \AA}$ )

Figure 7. X-ray diffraction pattern of cementitious composition BK1.1 composition cement/perlitic sand = 95/5%(1 passage through a jet mill)

На следующем этапе получали композиционное вяжущее путем добавления в вяжущую композицию функциональных добавок по отдельности – суперпластификатора MelmentF10.

На основании ранее проведенных работ [20] выявлен диапазон оптимального соотношения цемента и перлита 1:9; 1:11; 1:13. Нашими исследованиями установлено, что этот диапазон подтверждается и определено, что наиболее рациональным составом является разработанный теплоизоляционный раствор состава композиционное вяжущее: вспученный перлитовый наполнитель 1:11 имеющий плотность 1200 кг/м<sup>3</sup> (при прочности 2,5 МПа).

Оптимизация технологического процесса производства любой продукции содержит важный этап – определение математической модели – уравнения связи выходного показателя качества изделия с параметрами этого изделия или технологического процесса (входными факторами).

Оптимизационные задачи заключаются в нахождении такого сочетания факторов, которое обеспечивает максимальное (минимальное) значение выходного параметра.

Для дальнейшей оптимизации использовались следующие модифицирующие добавки: суперпластификатор MELMENT F 10; порообразователь и смачиватель для строительных материалов ASCO 93; редиспергируемый дисперсионный порошок VINNAPAS LL 4042 Н. Модифицирующие добавки вводились в композиционное вяжущее в дозировке, рекомендуемой производителем с определенным интервалом варьирования с последующим введением вспученного перлитового песка с соотношением 1:11.

На рисунке 8 приведены номограммы зависимости средней плотности теплоизоляционного раствора от концентрации суперпластификатора Melment 10, порообразователя ASCO 93, редиспергируемого порошка Vinnapas 4042 Н.

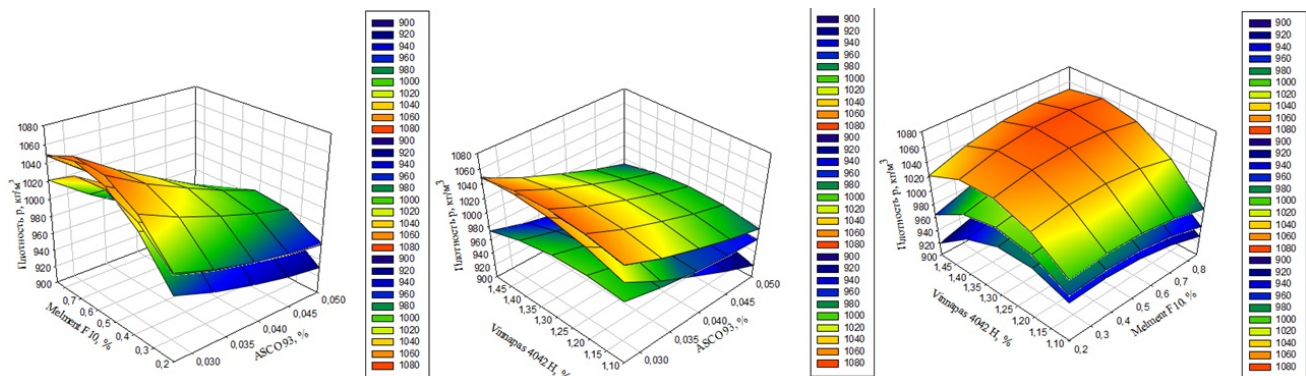


Рисунок 8. Номограммы зависимости средней плотности теплоизоляционного раствора от концентрации суперпластификатора Melment F10, порообразователя ASCO 93, редиспергируемого порошка Vinnapas 4042 Н

Figure8. Nomograms of the dependence of the average density of thermal insulation solution on the concentration of the Melment F10 superplasticizer, the ASCO 93 porogen, the redispersible powder Vinnapas 4042 Н

Зависимость плотности от исследуемых факторов имеет следующий вид (1).

Оптимальное расчетное значение плотности теплоизоляционного раствора составляет

$$y = 1017 - 36,2x_1 + 8,9x_2 - 0,3x_3 + 5,8552x_{12} - 36,645x_{22} - 12,64x_{32} - 17x_1x_2 - 2x_1x_3 + 12,5x_2x_3. \quad (1)$$

где  $x_1 = \frac{ASCO - 0,03875}{0,011}$ ;  $x_2 = \frac{Melment - 0,525}{0,325}$ ;  $x_3 = \frac{Vinnapas - 1,3}{0,2}$

$$ASCO = x_1 \cdot 0,011 + 0,03875 = 1 \cdot 0,011 + 0,03875 \approx 0,05\% \quad (2)$$

$$Melment = x_2 \cdot 0,325 + 0,525 = (-0,49) \cdot 0,325 + 0,525 \approx 0,37\% \quad (3)$$

$$Vinnapas = x_3 \cdot 0,2 + 1,3 = (-0,44) \cdot 0,2 + 1,3 \approx 1,21\% \quad (4)$$

На заключительном этапе в оптимизированный теплоизоляционный состав вводят пенополистирольные микросферы производства ООО Завод «Теплоизосервис». Сферы представляют собой экологически чистые белые шарики диаметром от 3 до 5 мм и имеют характеристики: насыпная плотность 13–14 кг/м<sup>3</sup>; теплопроводность в сухом состоянии при (25 ± 5) °С не более 0,047 Вт/м · К; прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации не менее 0,015 МПа; остаточная деформация после 10% обжатия – 0–4%.

В работе использовали пенополистирольные микросферы различного диаметра и дозировки с целью установления оптимального состава теплоизоляционного раствора. Установлено, что наилучшие показатели прочности и теплопроводности растворов были получены при использовании пенополистирольных микросфер размером до 3 мм. Определяя физико-механические характеристики серии образцов оптимизированного теплоизоляционного раствора

973,11 кг/м<sup>3</sup>, при концентрации функциональных добавок, приведенных в уравнениях(2), (3), (4).

пенополистирольными микросферами, установлено, что наилучшие составы имеют плотность 240–260 кг/м<sup>3</sup> при прочности при сжатии 1,05–1,15 МПа. Разработанные теплоизоляционные составы обладают пониженной плотностью и достаточной прочностью, что является основанием рекомендовать их для использования при производстве строительных работ.

### Заключение

В результате исследований получен теплоизоляционный раствор пониженной плотности с высокими теплотехническими и эксплуатационными характеристиками. Применение предлагаемого теплоизоляционного раствора пониженной плотности позволит уменьшить толщину наружной теплоизоляции стен зданий и сооружений, следовательно, повысить энергоэффективность строительных конструкций, а также обеспечить повышение трещиностойкости и долговечности, существенно снизить материальные затраты при строительстве и эксплуатации зданий.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Яковлев Е.А., Шейченко М.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. Шухова. 2009. № 1. С. 30 – 33.
- 2 Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2010. С. 90.
- 3 Zagorodnyk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A. et al. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structure in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. V. 24. № 11. P. 1496–1502.
- 4 Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.
- 5 Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю. и др. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 82–85.

- 6 Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамширов А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.
- 7 Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. №18. С. 112–119.
- 8 Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93–98.
- 9 Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Tolmacheva M.M., Smolnikov A.A. et al. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. V. 11. № 12. P. 948–953.
- 10 Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. № 9. P. 816–819.

11 Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A. et al. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works. Research journal of applied sciences. 2014. V. 9. № 12. P. 1100–1105.

12 Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. et al. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research journal of applied sciences. 2015. V. 10. № 12. P. 931–936

13 Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. et al. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 19. P. 40617–40622.

14 Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // Вестник БГТУ им. Шухова. 2011. № 1. С. 64 – 68.

15 Ильинская Г.Г., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. и др. Применение отходов КМА при производства сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. Шухова. 2012. № 4. С. 15 – 19.

16 Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. и др. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова: материалы Междунар. Науч.-практ. Конф. 2012. № 4. С. 53–57.

17 Вишневецкая Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53–56.

18 Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10–15.

19 Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 548 с.

20 Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // БГТУ им. В.Г.Шухова: материалы Междунар. Науч.-практ. конф. 2012. № 9. С. 89–92.

## REFERENCES

1 Lesovik V.S., Alfimova N.I., Yakovlev E.A., Sheichenko M.S. To the problem of increasing the efficiency of composite binders. Vestnik BGTU [Proceedings of BSTU] 2009. no. 1. pp. 30 – 33. (in Russian)

2 Lesovik V.S., Alfimova N.I., Vishnevskaya Ya.Yu. Highly effective composite astringents using nanomodifier. Vestnik of the Central Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. [Vestnik TsRO RAASN] 2010. pp. 90. (in Russian)

3 Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A. et al. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in

Construction Materials. World Applied Sciences Journal. 2013. vol. 24. no. 11. pp. 1496–1502.

4 Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Chulkova I.L. Law of the affinity of structures in materials science. Fundamental'nye isledovaniya [Fundamental research] 2014. no. 3. part. 2. pp. 267–271. (in Russian)

5 Lesovik V.S. Effective dry mixes for repair and restoration works / V.S.Lesovik, L.H.Zagorodnjuk L.H., D.A. Belikov, A.Yu. Shchekina, A.A.Kuprina // Building Materials. –2014. – № 7. – P. 82–85. (in Russian)

6 Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Shamshurov A.V., Belikov D.A. et al. Composite binders based on an organo-mineral modifier for dry repair mixtures. Vestnik BGTU [Bulletin of BSTU V.G.Shukhov] 2014. no. 5. pp. 25–31. (in Russian)

7 Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Belikov D.A. To the problem of design of dry repair mixes taking into account the affinity of structures. Vestnik TsRO RASAN [Bulletin of the Central Regional Branch of RAASN] 2014. no. 18. pp. 112–119. (in Russian)

8 Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Gainutdinov R. Features of hardening mortars on the basis of dry mixtures. Vestnik TsRO RASAN [Bulletin of the Central Regional Branch of RAASN] 2014. pp. 93–98. (in Russian)

9 Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A. et al. Structure-formation of contact layers of composite materials. Life Science Journal. 2014. vol. 11. no. 12. pp. 948–953.

10 Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin. Research Journal of Applied Sciences. 2014. no. 9. pp. 816–819.

11 Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A. et al. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works. Research journal of applied sciences. 2014. vol. 9. no. 12. pp. 1100–1105.

12 Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. et al. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers. Research journal of applied sciences. 2015. vol. 10. no. 12. pp. 931–936

13 Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. et al. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. vol. 10. no. 19. pp. 40617–40622.

14 Sheichenko M.S., Lesovik V.S., Alfimova N.I. Composite binders using high-magnesian wastes of the Kovdor deposit. Vestnik BGTU [BSTU bulletin] 2011. no. 1. pp. 64. (in Russian)

15 Ilinskaya G.G., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Kolomatsky A.C. et al. Application of waste KMA in the production of dry construction mixtures. Vestnik BGTU [BSTU bulletin] 2012. no. 4. pp. 15 – 19. (in Russian)

16 Shkarin A.V., Zagorodnyuk L.Kh., Schekina A. Yu., Lugina I.G. Preparation of composite binder in various grinding aggregates. Vestnik BGTU [BSTU bulletin] 2012. no. 4. pp. 53–57. (in Russian)

17 Vishnevskaya Ya.Yu., Lesovik V.S., Al-fimova N.I. Energy intensity of the synthesis of compo-site astringents depending on the genesis of the silica-containing component. *Vestnik BGTU* [BSTU bulletin]. 2011. no 3. pp. 53–56. (in Russian)

18 Lesovik V.S., Volodchenko A.A. Effect of the composition of raw materials on the properties of non-autoclaved silicate materials. *Vestnik BGTU* [BSTU bulletin] 2013. no. 1. pp. 10–15. (in Russian)

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Дмитрий А. Сумской** аспирант, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций, Белгородский государственный технологический имени В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, 308012, Россия, pr9nik2011@yandex.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Дмитрий А. Сумской** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**ПОСТУПИЛА 15.03.2018**

**ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 25.04.2018**

19 Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S. Increase of production efficiency of dry construction mixtures: monograph. *Vestnik BGTU* [BSTU bulletin] 2014. 548 p. (in Russian)

20 Shkarin A.V., Zagorodnyuk L.H., Schekina A.Yu., Luginina I.G. Preparation of composite binder in various grinding aggregates. *Vestnik BGTU* [BSTU bulletin] 2012. no. 9. pp. 89–92. (in Russian)

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Dmitrii A. Sumskoï** graduate student, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing department of building materials science, products and structures, Belgo-rod state technological university named after V.G.Shu-khov, 46 Kostyukov str., 308012, Belgorod, Russia, pr9nik2011@yandex.ru

#### CONTRIBUTION

**Dmitrii A. Sumskoï** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

#### CONFLICT OF INTEREST

The author declare no conflict of interest.

**RECEIVED 3.15.2018**

**ACCEPTED 4.25.2018**