

УДК 691.213.5:536.2.022

## ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕПЛОЗАЩИТНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО РАСТВОРА ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

Л.Х. Загороднюк<sup>1</sup>, Д.А. Сумской<sup>1\*</sup>, С.В. Золотых<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет, им. В.Г. Шухова,  
г. Белгород, Россия  
\*pr9nik2011@yandex.ru

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Статья посвящена актуальной проблеме теплоизоляции зданий и сооружений. В статье представлен разработанный теплоизоляционный раствор пониженной плотности с улучшенными теплотехническими характеристиками. Целью работы является повышение эффективности теплозащитной системы с использованием теплоизоляционного раствора пониженной плотности.

**Методы и материалы.** Проведены испытания на участке теплотехнического контроля ООО «Интеллект-сервис-ЖБК-1» по определению сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.

**Результаты.** Конструкция стеновой системы, состоящая из газосиликатного блока «Аэробел» D500 (625×200×250 мм) и выполненная на теплоизоляционном кладочном растворе пониженной плотности, а также использование теплоизоляционного штукатурного раствора «теплоизоляционный раствор пониженной плотности» и универсального энергосберегающего покрытия «Moutrical» позволили повысить фактическое приведенное сопротивление теплопередаче с 0,9 до 1,4 (м<sup>2</sup>·К)/Вт (на 36 %).

**Заключение.** Проведение лабораторных исследований и натурных испытаний, отвечающих требованиям государственных стандартов, разработанного теплоизоляционного штукатурного раствора пониженной плотности показало, что данный теплоизоляционный раствор пониженной плотности обладает значительной эффективностью, что свидетельствует о целесообразности его использования при теплоизоляции зданий и сооружений. Особый экономический и экологический эффект достигается в связи с использованием местного сырья и отходов производства вспученного перлитового песка.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** теплоизоляция, теплоизоляционный раствор пониженной плотности, теплопередача ограждающей конструкции, сухие строительные смеси.

© Л.Х. Загороднюк, Д.А. Сумской, С.В. Золотых



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

# EFFECTIVE HEAT-PROTECTIVE SYSTEM WITH THE USE OF THERMAL INSULATING SOLUTION OF REDUCED DENSITY

L.Kh. Zagorodnyuk<sup>1</sup>, D.A. Sumskey<sup>1\*</sup>, S.V. Zolotykh<sup>1</sup>

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

\*pr9nik2011@yandex.ru

## ABSTRACT

**Introduction.** The manuscript is devoted to the actual problem of thermal insulation of buildings and structures. The paper presents a developed low-density insulation solution with improved heat-engineering characteristics. The aim of the work is to increase the efficiency of the heat-shielding system using a low-density heat-insulating solution.

**Methods and materials.** The authors carried out tests at the site of heat engineering control of LLC «Intellect-service-ZBK-1» to determine the resistance to heat transfer of the enclosing structure.

**Results.** The construction of the wall system consisting of the «Aerobel» D500 gas-silicate block (625×200×250 mm) and made on a low-density heat-insulating masonry mortar, as well as with the use of a heat-insulating mortar and a universal «Moutrical» energy-efficient coating allowed increasing actual reduced heat transfer resistance from 0.9 to 1.4 (m<sup>2</sup>·K) / W (by 36%).

**Discussion and conclusions.** Laboratory research and field tests that meet the requirements of state standards and that develop low-density heat-insulating plaster demonstrate the low-density heat-insulating solution, which indicates the feasibility in thermal insulation of buildings and structures. The authors achieve special economic and ecological effect in connection with the use of local raw materials and waste production of expanded perlite sand.

**KEYWORDS:** thermal insulation, low density insulation mortar, walling heat transfer, dry construction mixtures.

© L.Kh. Zagorodnyuk, D.A. Sumskey, S.V. Zolotykh



Content is available under the license  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

### ВВЕДЕНИЕ

Повышение энергоэффективности и энергосбережения являются в настоящий период приоритетными тенденциями энергетической программы РФ. При сооружении энергоэффективного здания в первую очередь нужно позаботиться о предотвращении потерь тепла, а уже затем об оптимизации работ инженерных систем сооружения, об уменьшении расходов на электричество и введении других источников энергообеспечения. Теплоизоляционные материалы, основным параметром которых является теплопроводность, играют большую роль в обеспечении комфортных условий климата помещений. Задача разработки теплоизоляционных растворов со стабильными теплозащитными показателями является в данный период времени крайне важной [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. В результате комплексных исследований по созданию сухих смесей для теплоизоляционных растворов на основе композиционных вяжущих [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25] получены растворы пониженной плотности с высокими теплозащитными свойствами.

Рынок сухих строительных смесей постоянно растет и развивается. Существенно увеличивается количество потребляемых штукатурных, кладочных, ремонтных, изоляционных смесей. У сухих строительных смесей есть ряд преимуществ по сравнению с «мокрыми» растворами. Они отличаются высоким качеством, длительными сроками хранения, низкими затратами на транспортировку, более простой технологией приготовления раствора на объекте. К настоящему времени в классификацию сухих строительных смесей внесены теплоизоляционные штукатурные растворы, которые должны обладать средней плотностью в сухом состоянии не более 500 кг/м<sup>3</sup>, прочностью сцепления с основанием не менее 0,2 МПа, прочностью при сжатии 0,4–5,0 МПа.

Разработанный нами раствор пониженной плотности на основе сухой теплоизоляционной смеси имеет плотность 240–260 кг/м<sup>3</sup> и теплопроводность 0,051–0,051 Вт/(м·К) при низкой себестоимости, составляющей около 12 руб. за кг продукции.

Предлагаемый теплоизоляционный раствор имеет пониженную плотность за счет использования композиционного вяжущего, полученного на основе портландцемента и минерального наполнителя – отходов производства вспученного перлитового песка. Данная композиция позволила получить цементный

камень вяжущего с пористой структурой и необходимой прочностью за счет формирования на различно ориентированных в пространстве частицах отходов производства вспученного перлитового песка, равномерно распределенных по всему объему кристаллов гидросиликатов кальция, создавая пористую объемную структуру.

Использование в качестве заполнителя перлитового песка марки М75 обеспечило получение теплоизоляционного раствора с плотностью 240–260 кг/м<sup>3</sup>. Низкая плотность теплоизоляционного раствора способствовала значительному снижению коэффициента теплопроводности по сравнению с существующими аналогами. Имеющиеся на отечественном рынке теплоизоляционные растворы импортируются из-за рубежа, что отражается на их высокой стоимости. В связи с задачей рационального использования топливно-энергетических ресурсов страны необходимо создание эффективных теплозащитных материалов с пониженной плотностью, достаточными прочностными характеристиками и невысокой себестоимостью.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На участке теплотехнического контроля ООО «Интеллект-сервис-ЖБК–1» (г. Белгород) установлены макеты для проведения теплотехнических испытаний различных стеновых материалов и конструкций: силикатного и керамического кирпичей, газобетонных блоков, керамзитобетонных блоков и прочих. Макеты представляют собой установки, имеющие герметичные теплоизоляционные панели-стенки с пяти сторон с установкой аппаратуры для снятия изменяющихся параметров. С шестой стороны фасада устанавливался фрагмент стены из исследуемых материалов.

Для испытаний разработанного теплоизоляционного штукатурного раствора выполняли кладку из газосиликатных блоков «Аэробел» D500 (625×200×250 мм), выполненную на теплоизоляционном кладочном растворе пониженной плотности с толщиной шва до 5 мм.

При выполнении кладочных работ на модели необходимо было обеспечить надежную теплоизоляцию всех прилегающих швов и контактов к нижним, боковым и верхним стенкам.

Процесс установки исследуемой конструкции на основе блоков и разработанного раствора был проведен в три этапа, по окончании каждого проводились теплотехнические испытания.

На первом этапе производилась укладка блоков на разработанном кладочном теплоизоляционном растворе. Поскольку блоки обладают правильной формой, процесс их укладки не составляет особого труда. Однако первый ряд следует укладывать особенно тщательно и аккуратно, так как он будет играть роль своеобразного «фундамента», основы для стены. При кладке использовали пазогребневые газосиликатные блоки АэроБел «Premium» размером 625×200×250 мм производства ЗАО «АэроБел» с классом бетона по прочности на сжатие B5,0 и маркой по морозостойкости F100.

Газосиликатные блоки укладывают на разработанный раствор, чтобы выровнять поверхность по горизонтали. Чтобы улучшить адгезию и не дать влаге из раствора перейти в материал, поверхность газосиликатного блока следует увлажнять.

Прежде чем выкладывать все последующие слои, на первый ряд кладки наносили теплоизоляционный раствор. При кладке этот же раствор наносили на торцы всех выкладываемых блоков. Растворный состав, который выступает из швов, не затирали, а снимали ровной стороной мастерка. Затем по периметру выложенной кладки производили запенивание монтажной пеной для обеспечения герметичности системы. Через четыре недели устанавливали датчики и производили запись их показаний в течение восьми дней. Затем датчики снимали.

На втором этапе устанавливали маяки для обеспечения требуемой толщины штукатурного раствора 30–31 мм. Готовили раствор из предварительно приготовленной сухой смеси путем добавления необходимого количества воды. В емкость насыпали отдозированную порцию сухой смеси, затворяли водой и перемешивали лопаткой вручную. Главная цель при создании качественного штукатурного покрытия – максимальное снижение внутренних напряжений, возникающих в штукатурном слое под действием температуры и воды. Для обеспечения прочного сцепления слоя штукатурного раствора с основанием удаляли с поверхности грязь, пыль, предварительно смачивали водой. После чего наносили теплоизоляционный штукатурный раствор шпателем в три слоя.

При необходимости производили выравнивание поверхности теплоизоляционным штукатурным раствором. Слои укладывали не слишком толстыми, так как чем толще слой, тем больше вероятность, что в нем могут

возникнуть внутренние напряжения, которые также могут привести к растрескиванию штукатурного слоя. По истечению четырех недель устанавливали датчики и производили запись их показаний в течение 15 дней. Затем датчики снимали.

На заключительной стадии испытаний на затвердевший штукатурный раствор наносили универсальное энергосберегающее покрытие Moutrical. Покрытие наносили послойно кистью. Толщина одного слоя покрытия составляла примерно 1 мм, общая толщина слоев составила 3–4 мм.

После нанесения на поверхность и полного высыхания в течение 24 ч (при 20 °С) образуется высокоэластичное универсальное энергосберегающее покрытие, имеющее высокую адгезию к металлу, дереву, пластику и обладающее отличными теплоизоляционными, гидроизоляционными, звукоизоляционными и антикоррозионными свойствами. Данное покрытие, подобно эластомерным материалам, способно перекрывать мелкие трещины на фасадах домов и обеспечивает защиту поверхности от негативного влияния атмосферных осадков и перепада температур. Высокая эластичность позволяет энергосберегающему покрытию выдерживать резкие перепады температур, не образуя трещин. Полые микросферы представляют собой мелкодисперсные легкосыпучие порошки белого цвета, состоящие из тонкостенных (0,5–0,8 мкм) стеклянных частиц сферической формы диаметром 10...120 мкм и низкой плотностью – 200 кг/м<sup>3</sup>. Конечные свойства материала определяются диаметром микросфер, их гранулометрическим составом, толщиной стенок и количеством микросфер в готовом составе. Кроме микросфер, универсальное энергосберегающее покрытие Moutrical содержит аэрогель «Nanogel», относящийся к классу мезопористых материалов, в которых полости занимают не менее 50% объема. Доля полостей (их размер от 2 до 50 нм) в общем объеме может достигать 90–99%. Аэрогели характеризуются самыми высокими показателями прочности в расчете на единицу массы. Кроме того, это самые лучшие электро-, тепло- и звукоизоляторы. Новизна универсального энергосберегающего покрытия Moutrical подтверждается решением о выдаче патента от 11.06.2008 года №2342415 «Покрытие жидкокерамическое изоляционное».

По прошествии четырех недель устанавливали датчики и производили запись их показаний в течение 21 дня. Затем датчики снимали.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

На участке теплотехнического контроля предприятия ООО «Интеллект-сервис-ЖБК-1» были проведены испытания по определению сопротивления теплопередаче описанной выше ограждающей конструкции.

Контролируемый объект: стеновая система, состоящая из газосиликатного блока «Аэробел» D500 (625×200×250 мм), выполненного на теплоизоляционном растворе пониженной плотности с применением теплоизоляционного штукатурного покрытия «теплоизоляционный раствор пониженной плотности» (240–260 кг/м<sup>3</sup>) толщиной 30–31 мм и универсального энергосберегающего покрытия «Moutrical» толщиной 3–4 мм.

Схема крепления датчиков ИТП МГ4.03-100 «Поток» приведена на рисунке 1.

Условия проведения длительных испытаний стеновой системы, включающие наблюдения за температурой и влажностью наруж-

ного воздуха в течение 21 дня, приведены в таблице 1.

Выбор реперной зоны осуществлялся с помощью тепловизора FLIR B 250, а регистрация преобразователей ИТП МГ4.03-100 «Поток» осуществлялся с помощью лазерного дальномера BOSCH DLE 70.

Наружная стена макета на термограммах приведена на рисунках 2,3.

Испытания проводили в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным, при нестационарном теплообмене на соответствие требованиям СП 50.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»), СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», по методике ГОСТ 25380–2014 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции». Результаты испытаний приведены в таблице 2.

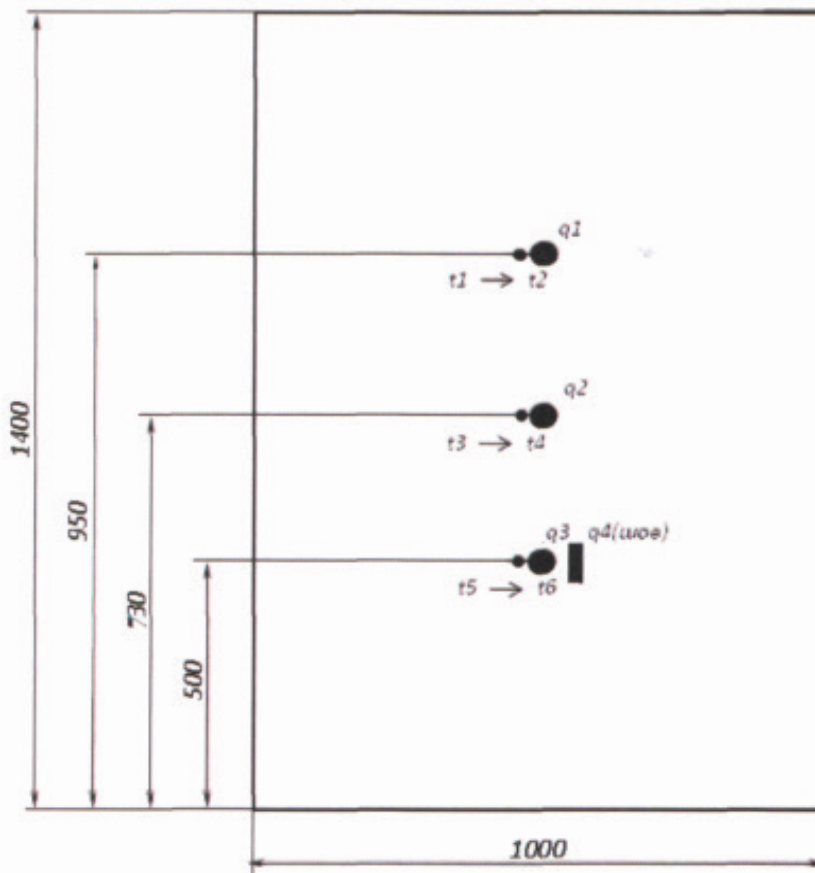


Рисунок 1 – Схема крепления датчиков ИТП МГ4.03-100 «Поток»

Figure 1 – Fastening scheme of ITP sensors of the MG4.03-100 «Flow»

Таблица 1  
Условия испытаний стеновой системы

Table 1  
Test conditions of the wall system

№ п/п	Параметры	Среднее значение за период испытания
1	Температура наружного воздуха, °С	+0,27
2	Относительная влажность наружного воздуха, %	91,4
3	Температура наружного воздуха, °С	-4,68
4	Относительная влажность наружного воздуха, %	87,3
5	Температура наружного воздуха, °С	-3,05
6	Относительная влажность наружного воздуха, %	78,9

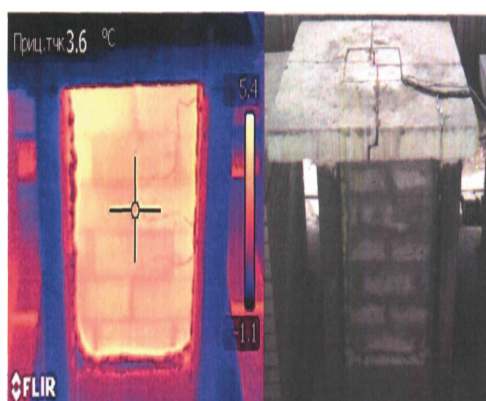


Рисунок 2 – Наружная стена макета перед испытанием

Figure 2 – Outer wall of the layout before the test

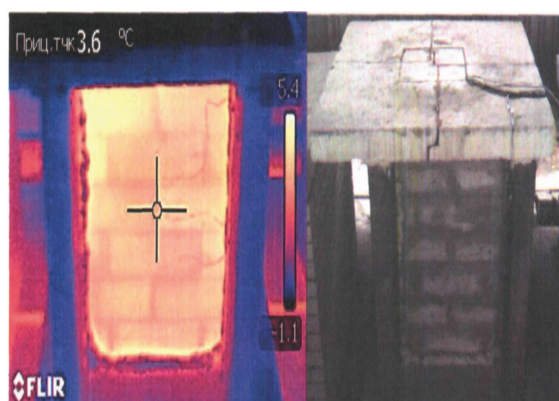


Рисунок 3 – Наружная стена макета во время испытания (на термограмме)

Figure 3 – Outer wall of the layout during the test (on the thermogram)

Таблица 2  
Результаты определения сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции и нормативные требования к ней

Table 2  
Results of determining the resistance to heat of the transfer structure and regulatory requirements for such structure

Стеновая конструкция	Расчетное сопротивление теплопередаче, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	Фактическое сопротивление теплопередаче, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт
«Аэробел» D500 на ц/п кладочном растворе, (δ = 200 мм)	R = 1,4*	0,9
«Аэробел» D500 на теплоизоляционном растворе пониженной плотности, (δ = 200 мм)	— **	1,1
«Аэробел» D500 на теплоизоляционном кладочном растворе пониженной плотности, (δ = 200 мм); теплоизоляционный штукатурный раствор пониженной плотности, (δ = 30–31 мм)		1,3
«Аэробел» D500 на теплоизоляционном кладочном растворе пониженной плотности, (δ = 200 мм); теплоизоляционный штукатурный раствор пониженной плотности (δ = 30–31 мм); универсальное энергосберегающее покрытие «Moutrical» (δ = 3–4 мм)		1,4

\* для условий эксплуатации «Б», при влажности W = 12%;

\*\* расчетное сопротивление теплопередаче не указано в виду отсутствия значения коэффициента теплопроводности материала «теплоизоляционный раствор пониженной плотности».

На основании длительных испытаний принято следующее заключение: испытуемые покрытия «теплоизоляционный раствор пониженной плотности» и универсальное энергосберегающее покрытие «Moutrical» позволили повысить фактическое приведенное сопротивление теплопередаче конструкции стеновой системы, состоящей из газосиликатного блока «Аэробел» D500 (625×200×250 мм) на теплоизоляционном растворе пониженной плотности, с 0,9 до 1,4 (м<sup>2</sup>·К)/Вт, что дает повышение до 36%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-29-24113.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Таким образом была подготовлена и поэтапно испытана стеновая система, в которой на первом этапе производили укладку газосиликатных блоков «Аэробел» D500 (625×200×250 мм) на разработанном теплоизоляционном растворе пониженной плотности, на втором этапе наносили теплоизоляционный штукатурный раствор «теплоизоляционный раствор пониженной плотности» (240 кг/м<sup>3</sup>) толщиной 30–31 мм, на заключительной стадии испытаний на затвердевший теплоизоляционный штукатурный раствор наносили универсальное энергосберегающее покрытие Moutrical толщиной 3–4 мм.

2. Установлено, что разработанный теплоизоляционный раствор, используемый при кладке стеновой конструкции, а также при использовании его в качестве штукатурного теплоизоляционного раствора в совокупности с энергосберегающим покрытием «Moutrical» позволяет значительно снизить сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции более чем в два раза, что свидетельствует об эффективности разработанного теплозащитного материала с использованием разработанных модифицированных вяжущих.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Козлов С.Д., Коридзе В.Г., Бондарь А.В., Чайковский А.О. Теплая штукатурка. Утеплитель для стен дома // Бюллетень науки и практики. 2017. № 5. С. 112–115.
2. Сигитова Г.П. Пенопласт как теплоизоляционный материал на основе жесткого пенополиуретана модифицированного полиорганилаксаном // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 6. С. 156.
3. Золотухина Н.В., Гринь О.В. Фибролит – теплоизоляционный строительный материал // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. №10. С. 95–100.
4. Зин М.Х., Тихомирова И.Н. Теплоизоляционный материал на основе вспученного перлита и вспененного минерального связующего // Строительные материалы. 2019. № 1–2. С. 107.
5. Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В. Высокопористый теплоизоляционный материал на основе жидкого стекла // Физика и химия стекла. 2017. Т. 43. № 2. С. 222–230.
6. Шарапов О.Н., Полякова В.В. Анализ теплоизоляционного материала на основе органических отходов // Университетская наука. 2017. № 2. С. 55–57.
7. Ган И.В., Золотухина Н.В. Современная теплоизоляционная штукатурная смесь Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. № 9. С. 128–131.
8. Storodubtseva T.N., Aksomitny A.A., Sadrtidinov A.R. Thermal insulation properties of wood polymeric sand composite // Solid State Phenomena. 2018. Т. 284. С. 986–992.
9. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Чепенко А.С. Особенности процессов гидратации высокодисперсных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 12. С. 105 – 113.
10. Лесовик В.С., Пучка О.В., Вайсера С.С., Елистраткин М.Ю. Новое поколение строительных композитов на основе пеностекла // Строительство и реконструкция. 2015. № 3. С. 146–154.
11. Елистраткин М.Ю., Минакова А.В., Джамиль А.Н., Куковицкий В.В., Эльян И.Ж.И. Композиционные вяжущие для отделочных составов // Строительные материалы и изделия. 2018. № 2. С. 37–44.
12. Аниканова Л.А. Стеновые материалы на композиционном полимерминеральном вяжущем // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 6. С. 127–133.
13. Ramachandran V.S. Handbook of analytical techniques in concrete science and technology, Norwich, New York, 2001.
14. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research journal of applied sciences. 2015. Т 10. № 12. С. 931–936.
15. Bazhenov Y.M., Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Yerofeyeva I.V., Chernysheva N.V., Sumskey D.A. Concerning the role of mineral additives in composite binder content

// International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. T 8. № 4. С. 22649–22661.

16. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Mestnikov A.E., Kudinova A.I., Sumskoj D.A. Designing Of Mortar Compositions On The Basis Of Dry Mixes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. T. 10. № 5. С. 12383–12390.

17. Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 16–19.

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

19. Щукина Т.В., Копытина М.Ю., Китаев Д.Н., Сухоруких А.С. Теплозащитные свойства покрытий на основе сухих строительных смесей нового поколения // Строительные материалы. 2018. № 4. С. 71–76.

20. Козлов А.В., Балахонкина С.Ю. Сухие строительные смеси «теплой» серии компании «Фаворит» на основе легкого пористого наполнителя пенокерамики Kerwood // Сухие строительные смеси. 2018. № 1. С. 8–9.

21. Шишакина О.А., Паламарчук А.А., Кочуров Д.В., Аракелян А.Г. Характеристика материалов для внутренней и наружной облицовки зданий и сооружений // Международный студенческий научный вестник. 2019. № 1. С. 46.

22. Логанина В.И., Фролов М.В., Скачков Ю.П. Оценка влияния отделочных покрытий на изменение влажностного режима газобетонной ограждающей конструкции // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 11 (122). С. 1349–1356.

23. Старцев Я.В., Филиппова Т.М. Теплоизоляция в энергосберегающих технологиях в строительстве // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2018. № 12. С. 227–230.

24. Кульшикова С.Т., Кудашева А.Ф. Композиционное вяжущее с использованием золошлаковых отходов // Актуальная наука. 2018. № 9. С. 9–14.

25. Sun J., Chen Z., Wang Z. Hydration mechanism of composite binders containing blast furnace ferronickel slag at different curing temperatures // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2018. T. 131. № 3. pp. 2291–2301.

## REFERENCES

1. Kozlov S.D., Koridze V.G., Bondar' A.V.,

Chajkovskij A.O. Toplaja shtukaturka. Uteplitel' dlja sten doma [Warm plaster. Insulation for the walls of the house]. B'ulleten' nauki i praktiki. 2017; 5: 112–115.

2. Sigitova G.P. Penoplast kak teploizoljacionnyj material na osnove zhestkogo penopoliuretana modificirovannogo poliorgansilaksanom [Polyfoam as a thermal insulation material based on rigid polyurethane foam modified by polyorganosiloxane]. Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. 2017; 6: 156 (in Russian).

3. Zolotuhina N.V., Grin' O.V. Fibrolit - teploizoljacionnyj stroitel'nyj material [Fiberboard – thermal insulation building material]. Resursojenergojeffektivnye tehnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2018; 10: 95–100 (in Russian).

4. ZinM.H., Tihomirova I.N. Teploizoljacionnyj material na osnove vspuchennogo perlita i vspennogo mineral'nogo svjazujushhego [Thermal insulation material based on expanded perlite and foamed mineral binder]. Stroitel'nye materialy. 2019; 1–2: 107 (in Russian).

5. Abdrahimova E.S., Abdrahimov V. Vysokoporistyj teploizoljacionnyj material na osnove zhidkogo stekla [Highly porous insulating material based on liquid glass]. Fizika i himija stekla. 2017; T. 43. no 2: 222–230 (in Russian).

6. Sharapov O.N., Poljakova V.V. Analiz teploizoljacionnogo materiala na osnove organicheskikh othodov [Analysis of thermal insulation material based on organic waste]. Universitetskaja nauka. 2017; 2: 55–57 (in Russian).

7. Gan I.V., Zolotuhina N.V. [Modern heat-insulating plaster mix] Sovremennaja teploizoljacionnaja shtukaturnaja smes' Resursojenergojeffektivnye tehnologii v stroitel'nom komplekse regiona. 2018; 9: 128–131 (in Russian).

8. Storodubtseva T.N., Aksomitny A.A., Sadrtidinov A.R. Thermal insulation properties of wood polymeric sand composite. Solid State Phenomena. 2018; 284: 986–992.

9. Zagorodnjuk L.H., Sumskoj D.A., Chepenko A.S. Osobennosti processov gidratacii vysokodispersnyh vjzhashhih [Hydration features of the highly dispersed binders]. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2018; 12: 105–113 (in Russian).

10. Lesovik V.S., Puchka O.V., Vajsera S.S., Elistratkin M.Ju. Novoe pokolenie stroitel'nyh kompozitov na osnove penostekla [New generation of building composites based on foam glass]. Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2015; 3: 146–154 (in Russian).



11. Elistratkin M.Ju., Minakova A.V., Dzhamil' A.N., Kukovickij V.V., Jel'jan I.Zh.I. Kompozicionnye vjazhushhie dlja otdelochnyh sostavov [Composite binders for finishing compositions]. Stroitel'nye materialy i izdelija. 2018; T. 1. № 2: 37–44 (in Russian).
12. Anikanova L.A. Stenovye materialy na kompozicionnom polimermineral'nom vjazhushhem [Wall materials on composite polymer-mineral binder]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2017; 6: 127–133 (in Russian).
13. Ramachandran V.S. Handbook of analytical techniques in concrete science and technology, Norwich, New York, 2001.
14. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers. Research journal of applied sciences. 2015; T 10. № 12: 931–936.
15. Bazhenov Y.M., Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Yerofeyeva I.V., Chernysheva N.V., Sumskey D.A. Concerning the role of mineral additives in composite binder content. International Journal of Pharmacy and Technology. 2016; T 8. № 4: 22649–22661.
16. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Mestnikov A.E., Kudina A.I., Sumskoi D.A. designing of mortar compositions on the basis of dry mixes. International Journal of Applied Engineering Research. 2015; T. 10. № 5: 12383–12390.
17. Shejchenko M.S., Lesovik V.S., Alfimova N.I. Kompozicionnye vjazhushhie s ispol'zovaniem vysokomagnezial'nyh othodov Kovdorskogo mestorozhdenija [Composite binders using high-magnesian waste from the Kovdorsky deposit]. Vestnik BGU im. V.G. Shuhova. 2014; 4: 16–19 (in Russian).
18. Vishnevskaja Ja.Ju., Lesovik V.S., Alfimova N.I. Jenergoemkost' processov sinteza kompozicionnyh vjazhushhih v zavisimosti ot genezisa kremnezemsoderzhashhego komponenta [Energy intensity of the processes of the composite binders' synthesis, depending on the genesis of the silica-containing component]. Vestnik BGU im. V.G. Shuhova. 2011; 3: 53–56 (in Russian).
19. Shhukina T.V., Kopytina M.Ju., Kitaev D.N., Suhorukih A.S. Teplozashhitnye svoystva pokrytij na osnove suhih stroitel'nyh smesey novogo pokolenija [Heat-shielding properties of coatings based on dry construction mixtures of the new generation]. Stroitel'nye materialy. 2018; 4: 71–76 (in Russian).
20. Kozlov A.V., Balahonkina S.Ju. Suhie stroitel'nye smesi «teploj» serii kompanii «Favorit» na osnove legkogo poristogo napolnitelja penokeramiki Kerwood [Dry construction mixtures of the “warm” series of the company “Favorit” based on a light porous filler of Kerwood foam ceramics]. Suhie stroitel'nye smesi. 2018; 1: 8–9 (in Russian).
21. Shishakina O.A., Palamarchuk A.A., Kochurov D.V., Arakeljan A.G. Harakteristika materialov dlja vnutrennej i naruzhnoj oblicovki zdaniy i sooruzhenij [Characteristics of materials for interior and exterior cladding of buildings and structures]. Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik. 2019; 1: 46 (in Russian).
22. Loganina V.I., Frolov M.V., Skachkov Ju.P. Ocenka vlijanija otdelochnyh pokrytij na izmenenie vlazhnostnogo rezhima gazobetonnoj ograzhdajushhej konstrukcii [Assessment of the finishing coatings' influence on the change in the moisture regime of a gas-concrete enclosing structure]. Vestnik MGSU. 2018; T. 13. № 11 (122): 1349–1356 (in Russian).
23. Starcev Ja.V., Filippova T.M. Teploizoljacija v jenergosberegajushhih tehnologijah v stroitel'stve [Thermal insulation of energy-saving technologies in construction]. Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2018; 12: 227–230 (in Russian).
24. Kul'shikova S.T., Kudasheva A.F. Kompozicionnoe vjazhushhee s ispol'zovaniem zoloshlakovyh othodov [Composite binder using ash and slag waste]. Aktual'naja nauka. 2018; 9: 9–14 (in Russian).
25. Sun J., Chen Z., Wang Z. Hydration mechanism of composite binders containing blast furnace ferronickel slag at different curing temperatures. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2018; T. 131. № 3: 2291–2301.

**Поступила 29.04.2019, принята к публикации 21.06.2019.**

**Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.**

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

*Загороднюк Лилия Хасановна – д-р техн. наук, проф. кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций, Белгородский государственный технологиче-*

ский университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, тел. 8-980-524-47-12, e-mail: LHZ47@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-8441-6999>).

Сумской Дмитрий Алексеевич – аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, тел. 8-908-781-81-52, e-mail: pr9nik2011@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0001-6139>).

Золотых Сергей Викторович – аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46. <https://orcid.org/0000-0002-4436-7432>).

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Liliya Kh. Zagorodnyuk – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Building Materials Science, Products and Constructions, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (308012, Belgorod, 46 Kostyukova St., phone: 8-980-524-47-12, e-mail:

LHZ47@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8441-6999>).

Dmitry A. Sumskey – Postgraduate student of the Department of Building Materials Science, Products and Constructions, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (308012, Belgorod, 46 Kostyukova St., phone: 8-908-781-81-52, e-mail: pr9nik2011@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0001-6139>).

Sergey V. Zolotykh – Postgraduate student of the Department of Building Materials Science, Products and Constructions, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (308012, Belgorod, 46 Kostyukova St., <https://orcid.org/0000-0002-4436-7432>).

#### ВКЛАД СОАВТОРОВ

Загороднюк Л. Х. – 40%

Сумской Д.А. – 40%

Золотых С. В. – 20%

#### AUTHORS' CONTRIBUTION

Liliya Kh. Zagorodnyuk – 40%

Dmitry A. Sumskey – 40%

Sergey V. Zolotykh – 20%