

### Теплоизоляционная краска: какие свойства, приписываемые краске, верны?

М.Н. Кокоев

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,  
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173, Россия

**Резюме. Цель.** Целью исследования является оценка качества энергосберегающей и экологически безопасной теплоизоляционной краски, состоящей из связующего компонента - акрила (полиметилметакрилат) и алюмосиликатных или стеклянных полых сфер диаметром 0,02–0,3 мм. **Метод.** В ходе исследования применялись методы экспериментального изучения, анализа и оценки состава теплоизоляционной краски. **Результат.** Приведены результаты аналитической оценки свойств теплоизоляционной краски. Экспериментально определено, что теплоизоляционная краска обладает хорошими защитными свойствами от коррозии и для гидроизоляции. **Вывод.** Использование теплоизоляционной краски для предотвращения выпадения конденсата на трубах с холодной водой возможно толщиной до 3-4 мм. Толщина слоя зависит от многих факторов и определяется расчетом. Применение энергосберегающей краски для утепления зданий возможно, но только при совместном использовании традиционной теплоизоляции.

**Ключевые слова:** теплоизоляционная краска, акрил, алюмосиликатные и стеклянные полые микросферы, конденсат на трубах, традиционная теплоизоляция

**Для цитирования:** М.Н. Кокоев. Теплоизоляционная краска: какие свойства, приписываемые краске, верны? Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024; 51(2): 208-215. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-2-208-215

### Thermal Insulating Paint: Are the Properties Attributed to the Paint Correct?

M.N. Kokoev

H.M. Berbekov Kabardino-Balkar State University,  
173 Chernyshevsky St., Nalchik 360004, Russia

**Abstract. Objective.** The purpose of the study is to assess the quality of energy-saving and environmentally friendly heat-insulating paint, consisting of a binder component - acrylic (polymethyl methacrylate) and aluminosilicate or glass hollow spheres with a diameter of 0.02–0.3 mm. **Method.** During the study, methods of experimental study, analysis and evaluation of the composition of thermal insulation paint were used. **Result.** The results of an analytical assessment of the properties of heat-insulating paint are presented. It was experimentally determined that heat-insulating paint has good protective properties against corrosion and for waterproofing. **Conclusion.** The use of heat-insulating paint to prevent condensation on cold water pipes is possible with a thickness of up to 3-4 mm. The thickness of the layer depends on many factors and is determined by calculation. The use of energy-saving paint for insulating buildings is possible, but only if traditional thermal insulation is used together.

**Keywords:** heat insulating paint, acrylic, aluminosilicate and glass hollow microspheres, condensation on pipes, traditional thermal insulation

**For citation:** M.N. Kokoev. Thermal Insulating Paint: Are the Properties Attributed to the Paint Correct? Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2024; 51(2):208-215. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-2-208-215

**Введение.** Не первый год циркулируют в различных печатных и электронных изданиях сообщения о, так называемой, «Теплоизоляционной краске». Энергосберегающая краска – это эмульсия, состоящая из связующего компонента, это обычно акрил, и микроскопических алюмосиликатных или стеклянных пустотелых сфер диаметром 0,02–0,3 мм с тонкими стенками.

**Постановка задачи.** Верны ли свойства, приписываемые этой краске? Сразу отметим, что большая часть характеристик этой краски практически подтверждается - хорошо защищает поверхность от воздействия окружающей среды, в том числе от коррозии. Имеет хорошую адгезию к защищаемым поверхностям, кроме полиэтилена и фторопласта. Эластична и может использоваться как гидроизоляция. Ультрафиолетовые лучи не вызывают деградацию механических свойств акриловой краски.

В названии «Теплоизоляционная краска» надо критически относиться к первому слову - теплоизоляционная. Коэффициент теплопроводности краски  $\lambda = 0,023 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  [1]. По другому источнику интервал теплопроводности указан шире  $\lambda = 0,019...0,028 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  [2]. Последнее значение  $\lambda$  вызывает сильное сомнение.

Теплоизоляционная краска с  $\lambda = 0,023 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  соответствует известным утепляющим материалам - пенополистиролу и другим вспененным полимерам. Чтобы достигнуть обычного энергосберегающего эффекта ограждающей конструкции, нужно использовать слой изоляционной краски толщиной от 30 мм и выше. То есть, у пенополистирола, пенополиэтилена и пенопласта коэффициенты теплопроводности весьма близки к величине такового теплоизоляционной краски. Конечно, такой толстый слой 30 мм энергосберегающей краски никто не наносит.

Стандартной тары в 20 литров теплоизоляционной краски хватает на 15 кв. метров при толщине слоя в 1 мм. Чтобы покрыть 1 кв. м теплоизоляционной краской слоем 30 мм при цене краски от 620 руб./л в начале 2024 года [3], надо заплатить за краску 24800 руб.. Это буквально «золотая» краска: в феврале 2024 года стоимость золота на лондонской бирже 1 грамм = 66 долларов (по курсу рубля в ЦБ России  $\$1 = 90 \text{ руб.}$ ), получается 1 кв. метр теплоизоляционной краски толщиной 30 мм равен 4,2 г золота 999 пробы. Это по утеплению равноценно совсем недорогим вариантам обычной теплоизоляции - 30 мм слою пенополистирола или слою 55 мм гидрофобизированной минеральной ваты.

Можно ли технологически нанести энергосберегающую краску толстым слоем рассмотрим несколько ниже.

Целью исследования является оценка качества энергосберегающей и экологически безопасной теплоизоляционной краски, состоящей из связующего компонента - акрила (полиметилметакрилат) и алюмосиликатных или стеклянных полых сфер диаметром 0,02–0,3 мм.

**Методы исследования.** Разберемся, из чего состоит теплоизоляционная краска и для чего она годится. Типичный состав энергосберегающей (теплоизоляционной) краски: акрил выполняет в краске функцию связующей основы; наполнитель - алюмосиликатные или стеклянные полые микросферы диаметром от 0,02 до 0,3 мм с тонкой стенкой.

Краска - это водная дисперсия - система, состоящая из двух взаимно несмешивающихся жидких фаз, одна из которых (акрил) диспергирована в другой в виде дисперсной фазы, вторая (вода) вмещает первую в качестве дисперсионной среды.

Разбавляется загустевшая краска водой. Кроме красок, стеклянные и алюмосиликатные полые микросферы применяют в качестве наполнителей, например при производстве пластмасс, в некоторых изделиях, работающих в агрессивных средах. Разнообразное использование микросферы находят в строительстве - сверхлегкие бетоны, сухие строительные смеси, известковые растворы, жидкие растворы, цементы, штукатурка, изоляционные кровельные покрытия и звукозащитные материалы. Кроме того, алюмосиликатные сферы используют в качестве заполнителя жаростойкого легкого бетона.

Бетоны с полыми алюмосиликатными микросферами обладают высокой прочностью при малой плотности.

Получена рецептура смеси для жаростойкого теплоизоляционного торкрет-бетона [4]. Для изготовления жаростойкого изоляционного торкрет-бетона используются полые алюмосиликатные микросферы (масс. % 15-36), высокоглиноземистый цемент, шамотный песок, реактивный глинозем и др. Жаростойкий бетон производят плотностью от 600 до 1700 кг/куб. м. Изоляционный торкрет-бетон используется для изготовления теплоизоляции футеровок трубчатых печей, однослойных футеровок регенераторов и химических реакторов, установок каталитического крекинга.

**Акрил** является полимером метилметакрилата (ПММА), и представляет собой термопластичную смолу, отвержденную в виде порошка или гранул. Акрил ( $C_5H_8O_2$ ) или органическое стекло имеет много наименований: акриловое стекло, акрил, плексиглас, полиметилметакрилат, акрилайт, метаплекс и т. д. На основе полиакрилатов производятся различные полимерные композиции, в частности акриловые краски и лаки.

В качестве основы используются водные дисперсии полиакрилатов или их сополимеров, которые при высыхании образуют стойкую плёнку. Акрил имеет коэффициент теплопроводности  $\lambda = 0,2...0,3$  Вт/(м·К) [5]. Это важно отметить, так как акрил - связующая основа (силовой каркас) теплоизоляционной краски. Кстати, в работе [2], видимо, ошибочно указано, что у акрила коэффициент теплопроводности равен 0,028 Вт/(м·К), как у пенополимеров. Акрил (ПММА) или органическое стекло изобретен химиком Отто Рёмом в Германии. С 1933 началось производство акрила под торговой маркой «Plexiglas». Примерно в те же годы освоено производство акрила на совместной с немцами компании в США. С 1936 г. началось использование плексигласа в немецкой военной авиации для остекления кабин самолетов. После окончания Второй мировой войны в США и других странах началось производство акрила и для других отраслей промышленности.

**Алюмосиликатные (керамические) полые микросферы.** Они имеют размеры от 5 до 500 мкм, но выделить можно фракцию с заданным интервалом размеров.

Например, от 30 до 300 мкм. Их получают из золы уноса (летучей золы) тепловых электростанций (ТЭС). Уже много десятилетий в топках котлов ТЭС не сжигают кусковой уголь, а сжигают уголь, прошедший тонкое измельчение в угольных мельницах. Угольную пыль сжигают в топках котлов с помощью форсунок. При этом достигается температура - выше 1300-1400 °С. Оксиды кремния и алюминия, которые всегда присутствуют в золе угля, под действием естественных порообразующих примесей в угле: сульфатов щелочных и щелочно-земельных металлов, образуют из расплавленных микрокапель золы некоторый процент полых микросфер в десятые и сотые доли миллиметров. Вообще, микросферы заполнены азотом и на 1/3 оксидами углерода.

Алюмосиликатные полые микросферы более полувека используются в технике. Поэтому технология извлечения полых микросфер из золоотвалов угольных ТЭС отработана. Летучая зола тепловых электростанций в виде водной суспензии, содержащая микросферы, золу и шлак, транспортируется в золоотвальный водоем. Самый распространенный метод включает операции гидросепарации водной суспензии, извлечение микросфер. После гидросепарации водной суспензии, легкие полые сферы всплывают и образуют слой определенной толщины. Всплывшие алюмосиликатные полые микросферы извлекают при определенной толщине слоя, считая от зеркала воды, и направляют их на обезвоживание [6]. Остальная суспензия с золой самотеком удаляется в золоотвальный водоем. Обезвоживание микросфер осуществляют в емкости из пористого материала, размер пор которого меньше минимального размера микросфер: 20-30 мкм. Полые алюмосиликатные микросферы имеют большой разброс по толщине стенки. Это связано с естественным их образованием в топке угольных ТЭС. Алюмосиликатные микросферы на 50-200 % дешевле, чем полые стеклянные сферы.

**Стекланные полые микросферы.** Их производство относится к промышленности строительных материалов. Составляют шихту, содержащую стекольные отходы, кварцполевошпатного песка, порообразователя и колеманит. Минерал колеманит относится к классу боратов ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) - входит в шихту, как источник стеклообразующих и модифицирующих оксидов бора и кальция ( $\text{B}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaO}$ ). Кроме того, бор повышает прочность стекланных полых микросфер [7]. У бора самый высокий предел прочности на разрыв - 5,7 ГПа ( $570 \text{ кгс/мм}^2$ ), если не считать прочность нитевидных кристаллов различной природы [8,9]. В качестве порообразователя могут быть использованы традиционные вещества, например, сульфаты натрия, стронция, бария.

Далее измельчают компоненты шихты, проводят сушку до 12 % остаточной влажности, проводят грануляцию порошка в тарельчатом грануляторе. Измельчение производят путем последовательного сухого и мокрого помола исходных компонентов шихты до фракции менее 5 мкм. Мокрый помол шихты проводят в шаровых мельницах. При помоле в шихту дополнительно вводят колеманит. Сваренное при температуре  $1290^\circ\text{C}$  стекло гранулируют отливкой расплава в воду. Полученный гранулят снова измельчают до фракции менее 40 мкм. Измельченный порошок пропускают через пламя газоздушных горелок при температуре  $1050^\circ\text{C}$ . Так производят упрочненные стекланные микросферы со средней плотностью менее  $0,3 \text{ г/см}^3$ .

Производство стекланных микросфер обходится дороже, чем алюмосиликатных микросфер, которые получают как побочный продукт на угольных ТЭС. В случае производства стекланных микросфер, материал дважды варят при высокой температуре (около  $1300^\circ\text{C}$ ) и дважды тонко измельчают. Формируют стекланные микросферы в пламени газовых горелок - нагревают в третий раз до температуры  $1050^\circ\text{C}$  до достижения стеклом низкой вязкости, чтобы газы порообразователя смогли сформировать (раздуть) микросферу. Эти стадии технологического процесса весьма энергоёмки, поэтому повышают себестоимость стекланных микросфер.

Теплоизоляционная краска обладает хорошими защитными свойствами от коррозии и для гидроизоляции, потому что после сушки покрытие плотное, эластичное и обладает хорошей адгезией к большинству поверхностей. Как теплоизоляционный материал обладает, как и все вспененные полимеры, коэффициентом теплопроводности близким к  $0,023 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ . Наполнение акрила стекланными или алюмосиликатными полыми микросферами делает энергосберегающую краску подобной вспененным материалам. Вначале полые микросферы наполнены газами порообразователя. Поскольку микросфера имеет тонкую стенку (несколько микрометров) в ней вследствие естественной диффузии происходит замещение любого газа на азот и кислород (парциальные давления в атмосферном воздухе выше). Инертные и другие газы атмосферы не считаем, поскольку их в воздухе вместе менее 2 %.

Использование теплоизоляционной краски для предотвращения выпадения конденсата на трубах с холодной водой возможно толщиной до 3-4 мм. Толщина слоя краски на трубе зависит от точки росы, температуры воды, расхода холодной воды и других факторов. Толщина слоя краски определяется соответствующим расчетом [10].

В некоторых рекламных материалах о теплоизоляционной краске Актерм [11] пишут: «Когда она подсыхает, образуется покрытие эластичного типа, оно состоит из микросфер, у которых внутри сохраняется технический вакуум. По мнению производителя, благодаря этому, создается «эффект термоса». По утверждению в той же публикации: «Для сравнения скажем: всего 1 мм прослойки теплокраски заменяет 5 см минеральной ваты». У краски Актерм-Конденсат коэффициент теплопроводности, якобы, равен  $0,0012 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$  [12], что категорически неверно.

**Обсуждение результатов.** Сравним  $\lambda$  сухого воздуха при  $20^\circ\text{C}$ , как эталонную величину, с коэффициентом теплопроводности краски Актерм:

$$N = \lambda_{\text{возд.}} / \lambda_{\text{актерм}} = 0,0259 / 0,0012 \approx 21, \quad (1)$$

где  $N$  - частное от деления  $\lambda$  воздуха на  $\lambda$  краски равно 21.

Видно, что разница  $\lambda$  краски и  $\lambda$  сухого воздуха 21 раз. Если этот факт был реальным, то об этом написали бы все российские и зарубежные строительные журналы.

Краска Актерм, как и любой композитный материал, подчиняется аддитивному правилу - большая часть теплового потока передается по акриловому каркасу, у которого довольно высокая теплопроводность 0,2...0,3 Вт/(м·К), что соответствует компактным полимерам [4], а остальная часть теплового потока передается через микросферы, наполненные воздухом. Вообще, максимальное содержание микросфер в краске не может быть больше 36 % по массе, как установлено в [7].

Получается фактически у теплоизоляционной краски  $\lambda = 0,023$  Вт/(м·К) или еще ниже. Потому что у микросфер  $\lambda$  хуже, чем у минеральной ваты и равно 0,06 Вт/(м·К) [13]. Краска Актерм выпускается по техническим условиям «Покрытия жидкие стеклокерамические тонкопленочные теплоизоляционные Актерм». Краска производится по сертификату соответствия [14]. В ТУ 2016 года и протоколе испытаний краски, проведенным в 2019 г., среди списка параметров совсем не упоминается главный параметр энергосберегающей краски - коэффициент теплопроводности.

В инструкции по использованию краски рекомендуется последовательное нанесение теплоизоляционной краски слоями толщиной 0,7...1,5 мм с последующей сушкой каждого слоя в течение 24 часов, в зависимости от температуры и влажности окружающего воздуха [2]. Иначе в слоях плохо просушенной краски появятся трещины. Значит, чтобы нанести слой энергосберегающей краски, например толщиной 30 мм, надо затратить около месяца. Повторим, такой толстый слой 30 мм энергосберегающей краски никто не наносит.

Но это противоречит утверждениям в публикациях [3,11,12]: «Основные резоны использования жидкой теплоизоляции следующие. Во-первых, теплоизоляционный эффект достигается меньшими средствами - 1 мм слоя эквивалентен порядку 50 мм стандартного утеплителя». Что подразумевается под «стандартным утеплителем», в публикации не говорится. В [3] написано: «Нанесенное покрытие с толщиной слоя в 1 мм, заменяет рулонную изоляцию с толщиной в 50 мм». Если это факт, то теплоизоляционная краска должна быть в 50 раз лучше рулонной теплоизоляции":

$$\lambda_{\text{теплоиз.кр.}} = 0,023 / 50 = 0,00046 \text{ Вт/(м·К)}, \quad (2)$$

где  $\lambda_{\text{теплоиз.кр.}}$  - коэффициент теплопроводности теплоизоляционной краски 0,023 Вт/(м·К) - коэффициент теплопроводности пенополиэтилена.

По сравнению  $\lambda$  сухого воздуха дает  $N^*$ :

$$N^* = \lambda_{\text{возд.}} / \lambda^*_{\text{актерм}} = 0,026 / 0,00046 \approx 56. \quad (3)$$

Таким образом, у одной краски Актерм два значения коэффициента теплопроводности:  $\lambda_1 = 0,0012$  Вт/(м·К) [12] и  $\lambda_2 = 0,00046$  Вт/(м·К), [3]. Что второй раз категорично говорит о неправдоподобности эти данных.

Выше производители теплокраски пишут [11], внутри микросфер, якобы, «сохраняется технический вакуум». Судя по всему, производители теплоизоляционной краски что-то слышали о новой вакуумно-порошковой теплоизоляции, которая выпускается за рубежом. Современные вакуумно-порошковые панели имеют коэффициент теплопроводности в интервале 0,002-0,007 Вт/(м·К), что зависит от типа наполнителя, конструкции оболочки и степени вакуума.

Более четверти века назад в России появились первые публикации о строительной вакуумно-порошковой теплоизоляции [16-19]. В 2000 году, видимо независимо от российских публикаций о создании в России первой вакуумно-порошковой панели для теплозащиты зданий, начались подобные исследования в Германии.

Центр исследований в области энергетики в ФРГ начал испытания в г. Вюрцбурге вакуумно-порошковых панелей. Панели устанавливали под гипсокартон внутри помещений площадью 40 м<sup>2</sup> [20,21]. В Германии наиболее известна компания VACU-IZOTEC KG, производящая вакуумно-порошковые панели типа FRONT-VIP.

Вакуумную панель заполняют порошком кремниевой кислоты. Оболочка выполнена из многослойной поливинилхлоридной или полиэтилентерефталатной пленки с 10-микронной алюминиевой фольгой внутри. Фольга появилась в конструкции мягкой оболочки теплоизоляционной панели, как вакуум-плотный материал, а также как материал, хорошо отражающий инфракрасные лучи [22]. Дублированные полимером фольги хорошо свариваются между собой термическим способом. Сегодня вакуумно-порошковые панели производят и применяют в странах ЕС, США, а также в Китае для утепления зданий. За рубежом вакуумные теплоизоляционные панели получили название Vacuum Insulation Panel (VIP) и имеют коэффициент теплопроводности около 0,002 Вт/(м·К), который примерно в 10 раз ниже, чем у лучших марок пенопластов.

К сожалению, из-за отсутствия финансирования это перспективное направление в разработке эффективных теплоизоляционных панелей в России тогда и сейчас не получило дальнейшего развития. Кроме Германии [23], первыми новое направление поддерживали своими исследованиями «Институт жилища им. Атаева С.С.» в Минске [24].

Вакуумно-порошковые панели 25 лет назад создавались в России для строительной отрасли в ответ на ужесточение норм по теплозащите зданий. Сейчас легкая и эффективная теплоизоляция применяется в зарубежных странах в зданиях, в промышленных холодильниках, вагонах-рефрижераторах и автофургонах, легковых автомобилях, поездах, самолетах, в тепловых аккумуляторах в системах солнечного обогрева (особенно в Китае) и др. Поэтому новая теплоизоляция приобрела общетехническое, почти универсальное использование.

**Вывод.** Большая часть характеристик теплоизоляционной краски практически подтверждается - хорошо защищает поверхность от воздействия окружающей среды, в том числе от коррозии. Имеет хорошую адгезию к защищаемым поверхностям, кроме полиэтилена и фторопласта. Может с успехом использоваться как гидроизоляция. Ультрафиолетовые лучи не вызывают деградацию (не снижают эластичности) механических свойств акриловой краски.

Многие рекламные материалы рекомендуют использовать энергосберегающую краску в качестве теплоизоляции. Но «забывают» указать, что для достижения энергосберегающего эффекта, равноценного вспененным полимерам или минеральной вате, там, где это позволяют рабочие температуры, нужно наносить краску такой же толщины, как все выше перечисленные теплоизоляционные материалы.

Применение энергосберегающей краски для утепления зданий возможно, но только при совместном использовании традиционной теплоизоляции толщиной, обеспечивающей необходимое тепловое сопротивление.

Использование теплоизоляционной краски для предотвращения выпадения конденсата на трубах с холодной водой возможно толщиной до 3-4 мм. Толщина слоя теплоизоляционной краски на трубе зависит от точки росы, температуры и расхода воды в трубе и других факторов и определяется соответствующим расчетом.

#### **Библиографический список:**

1. Бухмиров В.В., Гаськов А.К. Применение тонкопленочных покрытий в целях энергосбережения // Вестник ИГЭУ. Вып. 5. 2015. С. 1-7.
2. Бухмиров В.В., Гаськов А.К. Исследование энергетической эффективности покрытий для утепления зданий // Вестник ИГЭУ. Вып. 8. 2015. С. 7-11.
3. Теплоизоляция по низкой цене. Корунд-Классик. [https://zincor-lkm.ru/product/zhidkaya\\_teploizolyaciya\\_korund-klassik/](https://zincor-lkm.ru/product/zhidkaya_teploizolyaciya_korund-klassik/) (дата обращения 01.02.2024)
4. Патент RU 2674484 кл. C04B 18/082. Сырьевая смесь для жаростойкого теплоизоляционного торкрет-бетона. Оpubл. 11.12.2018. <https://patents.google.com/patent/RU2674484C1/ru> / (дата обращения 01.02.2024)
5. Оргстекло: тепловые и механические характеристики (2023). <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/plastmassa-i-plastik/orgsteklo-teplovye-i-ehanicheskie-harakteristiki> (дата обращения 01.02.2024)

6. Патент RU 2236905 кл. C04 B 18/10. Способ получения микросфер из летучей золы тепловых электростанций. Оpubл. 2004-09-27.
7. Патент RU 2573496 кл. C03B 19/10 Способ изготовления стеклянных микросфер. Оpubл. 2016-01-20.
8. Хоард, Дж. Л.; Салленджер, Д.Б.; Кеннард, С.Н.; Хьюз, Р.Е. (1970). «Анализ структуры  $\beta$ -ромбоэдрического бора». *Ж. Химия твердого тела*. 1 (2): 268—277.
9. Гиваргизов Е. И. Рост нитевидных и пластинчатых кристаллов из пара. Москва: Наука. 1977. 303 с.
10. Расчет толщины тепловой изоляции по СП 61.13330.2012. <https://www.isotecti.ru/raschet-tolshchiny-teplovoy-izolyacii-po-sp-61133302012> (дата обращения 01.02.2024)
11. Композитная теплоизоляция для флота. Судостроение. №4. (ноябрь 2023) <https://portnews.ru/magazine/a460/> (дата обращения 01.02.2024)
12. Актерм-Антиконденсат - теплоизоляция. [https://zincor-lkm.ru/product/zhidkaya\\_teploizolyaciya\\_akterm-antikondensat/#:~:text=\(дата обращения 01.02.2024\)](https://zincor-lkm.ru/product/zhidkaya_teploizolyaciya_akterm-antikondensat/#:~:text=(дата обращения 01.02.2024))
13. Область применения микросфер. <https://inoteck.net/> (дата обращения 01.02.2024) Scope of application of microspheres. <https://inoteck.net/> (accessed 01.02.2024) (In Russian)
14. Покрытия жидкие стеклокерамические тонкопленочные теплоизоляционные "Актерм" Сертификат соответствия. file:///D:/Downloads/ser\_t%20(2).pdf(дата обращения 01.02.2024)
15. Теплопроводность воздуха в зависимости от температуры <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/gazovye-smesi/teploprovodnost-vozdruha-v-zavisimosti-ot-temperatury-i-davleniya> (дата обращения 01.02.2024)
16. Кокоев М.Н., Федоров В.Т. Патент РФ N 2144595. Вакуумное теплоизоляционное изделие. 1997. Подача заявки: 26 ноября 1997.
17. Кокоев М.Н., Федоров В.Т. Теплоизоляционное изделие с предельно низкой материалоемкостью // *Строительные материалы*. 1998. N 9. С. 10-12.
18. Федоров В.Т., Кокоев М.Н. Энергосберегающая вакуумно-порошковая панель для облицовки зданий // *Вестник отделения строительных наук Российской академии архитектуры и строительных наук*. 2010 г. Т.2. С. 219-226.
19. Кокоев М.Н., Федоров В.Т. Влияние размера и формы вакуумно-порошковой панели на ее теплопроводность // *Вестник отделения строительных наук Российской Академии архитектуры и строительных наук*. 2019. Том 2. С. 284-290.
20. R. Caps, J. Fricke. Konzepte fuer den Einsatz von evakuierten Daemmungen bei Passivhaeusern, Tagungsband 4. Passivhaus-Tagung, Kassel. 2000. (German)
21. Konzepte fuer den Einsatz, von evakuirten Daemmungen bei Passivhaeusern. 4 Passivhaus Tagung, Kassel, Marz 2000. S.171–177. (German)
22. Мананков В.М. Отражающая теплоизоляция в энергосберегающем строительстве // *Вестник МГСУ*. 3. 2013. С. 319-326.
23. Ferle A. Einsatz von Vacuumdaemmung in Hochbau. 8 Europäische Passivhaustagung 2004. Krems, Austria. S. 171–177. (German)
24. Данилевский Л.Н. Вакуумная теплоизоляция и перспективы ее использования в строительстве. <http://portal-energo.ru/articles/details/id/668> (дата обращения: 01.02.2024)

#### References:

1. Bukhmirov V.V., Gaskov A.K. Application of thin-film coatings for energy saving purposes. *Bulletin of ISEU*. 2015; 5: 1-7. (In Russ)
2. Bukhmirov V.V., Gaskov A.K. Study of the energy efficiency of coatings for building insulation. *Bulletin of ISUE*. 2015;8:7-11. (In Russ)
3. Thermal insulation at a low price. Corundum Classic. [https://zincor-lkm.ru/product/zhidkaya\\_teploizolyaciya\\_korund-klassik/](https://zincor-lkm.ru/product/zhidkaya_teploizolyaciya_korund-klassik/) (accessed 01.02.2022) (In Russ)
4. Patent RU 2674484 class. C04B 18/082. Raw mixture for heat-resistant heat-insulating shotcrete concrete. Publ. 12/11/2018. [tps://patents.google.com/patent/RU2674484C1/ru](https://patents.google.com/patent/RU2674484C1/ru) (accessed 01.02.2024) (In Russ)
5. Plexiglas: thermal and mechanical characteristics (2023). <http://thermalinfo.ru/svoystvamaterialov/plastmassa-i-plastik/orgsteklo-teplovye-i-ehanicheskie-harakteristiki> (accessed 01.02.2024) (In Russ)
6. Patent RU 2236905 class. C04 B 10/18. Method for producing microspheres from fly ash of thermal power plants. Publ. 2004-09-27. (In Russ)
7. Patent RU 2573496 class. C03B 19/10 Method for producing glass microspheres. Publ. 2016-01-20. (In Russian)
8. Hoard, J.L.; Sullenger, D.B.; Kennard, C.H.L.; Hughes, R.E. The structure analysis of  $\beta$ -rhombohedral boron *J. Solid State Chem.* 1970; 1 (2): 268-277.
9. Givargizov E.I. Growth of thread-shaped and lamellar crystals from steam. Moscow: Science. 1977. p. 303. (In Russ.)
10. Calculation of the thickness of thermal insulation according to SP 61.13330.2012. [tps://www.isotecti.ru/raschet-tolshchiny-teplovoy-izolyacii-po-sp-61133302012](https://www.isotecti.ru/raschet-tolshchiny-teplovoy-izolyacii-po-sp-61133302012)(accessed 01.02.2024) (In Russ.)

11. Composite thermal insulation for the fleet. Shipbuilding. No. 4. (November 2023) <https://portnews.ru/magazine/a460/> (accessed 01.02.2024) (In Russ.)
12. Akterm-Anticondensate - thermal insulation. [https://zincor-lkm.ru/product/zhidkaya\\_teploizolyaciya\\_akterm-antikondensat/#:~:text=](https://zincor-lkm.ru/product/zhidkaya_teploizolyaciya_akterm-antikondensat/#:~:text=) (accessed 01.02.2024) (In Russ.)
13. Scope of application of microspheres. <https://inoteck.net/> (accessed 01.02.2024) (In Russ)
14. Liquid glass-cemic thin-film heat-insulating coatings "AKTERM" Certificate of Conformity. file:///D:/Downloads/sert\_ti%20(2).pdf (accessed 01.02.2024) (In Russ)
15. Thermal conductivity of air depending on temperature <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/gazovye-smesi/teploprovodnost-vozduha-v-zavisimosti-ot-temperatury-i-davleniya> (accessed 01.02.2024) (In Russ)
16. Kokoev M.N., Fedorov V.T. RF patent N 2144595. Vacuum heat-insulating product. 1997. (In Russ)
17. Kokoev M.N., Fedorov V.T. Heat-insulating product with extremely low material consumption. *Construction Materials*. 1998;9:10-12. (In Russ)
18. Fedorov V.T., Kokoev M.N. Energy-saving vacuum-powder panel for building cladding. *Bulletin of the Department of Building Sciences of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences*. (In Russ.)
19. Kokoev M.N., Fedorov V.T. Influence of the size and shape of a vacuum-powder panel on its thermal conductivity. *Bulletin of the Department of Building Sciences of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences*. 2019; 2: 284-290. (In Russ)
20. R. Caps, J. Fricke. Konzepte fuer den Einsatz von evakuierten Daemmungen bei Passivhaeusern, Tagungsband 4. Passivhaus-Tagung, Kassel. 2000. (German)
21. Konzepte für den Einsatz, von evakuirten Dämmungen bei Passivhäusern. 4 Passivhaus Tagung, Kassel, März 2000;171–177. (German)
22. Manankov V.M. Reflective thermal insulation in energy-saving construction. *Bulletin of MGSU*. 2013;3:319-326. (In Russ.)
23. Ferle A. Einsatz von Vacuumdämmung in Hochbau. 8 Europäische Passivhaustagung. Krems, Austria. 2004; 171–177. (German)
24. Danilevsky L.N. Vacuum thermal insulation and prospects for its use in construction. <http://portal-energo.ru/articles/details/id/668> (accessed 01.02.2024) (In Russ)

**Сведения об авторе:**

Мухамед Нургалиевич Кокоев, доктор технических наук, советник РААСН, академик РИА и РАЕН, профессор кафедры «Строительное производство»; [kbagrostroy@yandex.ru](mailto:kbagrostroy@yandex.ru).

**Information about author:**

Mukhamed N. Kokoev, Dr. Sci. (Eng.), Adviser to RAASN, Academician of RIA and RANS, Prof., Department of Construction Production; [kbagrostroy@yandex.ru](mailto:kbagrostroy@yandex.ru).

**Конфликт интересов/Conflict of interest.**

**Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов/The author declare no conflict of interest.**

**Поступила в редакцию/ Received 29.03.2024.**

**Одобрена после рецензирования / Reviced 23.04.2024.**

**Принята в печать /Accepted for publication 23.04.2024.**