DOI: 10.17122/ntj-oil-2017-4-210-220
УДК 699.865

М.С. Клявлин, Д.А. Халфина (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ УТЕПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

M.S. Klyavlin, D.A. Khalfina (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

STUDY LIQUID CERAMIC THERMAL INSULATION MATERIAL FOR BUILDINGS

Введение

Актуальной проблемой остается повышение энергосбережения зданий различного назначения путем использования современных теплоизоляционных сверхтонких материалов.

Цели и задачи

Целью работы является исследование возможности практического применения жидкого керамического теплоизоляционного материала - термокраски «Броня» производства Волгоградского инновационного ресурсного центра.

Методы

В качестве основных методов исследования приняты аналитический, экспериментальный и инструментальный - тепловизионная съемка.

Результаты

Заявленные производителем характеристики теплоизоляционного материала «Броня» подтвердились практически. Термокраска не поддерживает горение, водонепроницаема, имеет хорошие показатели по ограничению теплообмена с окружающей средой, препятствует образованию конденсата и промерзанию стен здания.

Background

An urgent problem remains the increase in energy efficiency of buildings for various purposes by using modern heat-insulating ultra-thin materials.

Aims and Objectives

The aim of the work is to investigate the feasibility of the practical application of a liquid ceramic thermal insulation material - the thermo-paint «Bronya» produced by the Volgograd innovation resource center.

Methods

As the main research methods, analytical, experimental and instrumental - thermal imaging surveys are taken.

Results

The manufacturer's specifications for the heat-insulating material «Bronya» have been confirmed practically. The thermo-paint does not support combustion, it is waterproof, it has good parameters for limiting heat exchange with the environment, it prevents the formation of condensation and freezing of the building walls.

Термокраска может быть рекомендована в качестве финишного покрытия ограждающих конструкций в рамках нового строительства и реконструкции зданий, а также для изоляции внутренних стен зданий и наружных фасадов сложных архитектурных решений.

Thermo-paint can be recommended as a finishing coat of enclosing structures in the framework of new construction and reconstruction of buildings, as well as for insulation of internal walls buildings and exterior facades of complex architectural solutions.

Ключевые слова: теплоизоляция, термокраска, жидкий керамический теплоизоляционный материал, жидкое теплоизоляционное покрытие, тепловизионная съемка, энергосбережение

Key words: thermal insulation, thermo-paint, liquid ceramic heat-insulating material, liquid heat-insulating coating, thermal imaging, energy saving

Сверхтонкий жидкий теплоизоляционный материал представляет собой композит, который состоит из акрилового связующего, катализаторов и фиксаторов, а также керамических сверхтонкостенных микросфер с разряженным воздухом [1-11].

Помимо основного состава в материал могут вводиться специальные добавки, которые исключают появление коррозии на поверхности металла и образование грибка в условиях повышенной влажности на бетонных поверхностях. Эта комбинация делает материал легким, гибким, растяжимым, обладающим отличной адгезией к покрываемым поверхностям. Материал, по консистенции напоминающий обычную краску, является суспензией белого цвета, которую можно наносить на любую поверхность.

Объектом исследования в настоящей работе выступает жидкий керамический теплоизоляционный материал «Броня» производства Волгоградского инновационного ресурсного центра (ВИРЦ) [12-16].

В таблице 1 представлены химические и физические свойства теплоизоляции «Броня», заявленные производителем.

Теплоизолятор «Броня» может эксплуатироваться при температурах от минус 60 °С до 260 °С. Заявленный срок службы материала - 15 лет.

Теплоизоляционные свойства материала определяются его сложной многоуровневой структурой, в которой сводятся к минимуму все три способа передачи теплоты: излучение, конвекция и теплопроводность.

Керамический теплоизоляционный материал «Броня», по сведениям изготовителя, на 80 % состоит из полых микросфер, соответственно только 20 % связующего может проводить теплоту за счет своей теплопроводности. Другая доля теплоты приходится на конвекцию и излучение, а поскольку в микросфере содержится разреженный воздух, то потери теплоты невелики.

Более того, благодаря своему строению, материал обладает низкой теплоотдачей с поверхности, что и играет решающую роль в его теплофизике.

Рекомендуемая толщина нанесения теплоизоляционного слоя сверхтонкого материала варьируется от 1 до 6 мм, последующее увеличение практически не влияет на его эффективность.

Таблица 1. Характеристики теплоизоляции «Броня»

Наименование показателя	Единица измерения	Фактическое значение показателя
Цвет и внешний вид композиции		Однородная пастообразная масса белого цвета
Плотность композиции	г/см ³	0,558
Массовая доля нелетучих веществ	%	43,72
Коэффициент паропроницаемости	мг/м ч Па	Броня Фасад, Броня Фасад НГ, Броня Зима - 0,013 Броня Классик, Броня Классик НГ, Антикор - 0,001
Теплопроводность	Вт/м, °С	0,0012
Теплоотдача	Вт/м, °С	1,38
Стойкость покрытия к статическому воздействию при температуре (20±2) °С за 24 ч - воды; - 5 %-ого раствора NaOH	ч	- внешний вид покрытия без изменений; - внешний вид покрытия без изменений
Адгезия покрытия к основанию - цементно-песчаный раствор - кирпич - металл	МПа	1,33 2,04 2,20
Морозостойкость покрытия	циклы	50 внешний вид без изменений
Индекс распространения пламени		0

Более того, благодаря своему строению, материал обладает низкой теплоотдачей с поверхности, что и играет решающую роль в его теплофизике.

Рекомендуемая толщина нанесения теплоизоляционного слоя сверхтонкого материала варьируется от 1 до 6 мм, последующее увеличение практически не влияет на его эффективность.

Для предварительной оценки свойств материала термоласку нанесли в один слой на закрытую картонную коробку объемом 0,72 м³. Предварительно коробку без теплоизоляции «Броня» поместили в холодильник с температурой воздуха 8 °С и минус 17 °С.

Для каждого измерения фиксировали изменение температуры с помощью жидкокристаллического цифрового термометра в течение 13 мин. Те же измерения провели для коробки, покрытой материалом «Броня», предварительно дав высохнуть краске в течение 24 ч.

Результаты исследования занесены в таблицу 2. В результате проведенного исследования выяснилось, что данная теплоизоляция действительно препятствует процессу быстрого теплообмена внутренней среды и внешней окружающей среды, однако эксперимент не говорит об абсолютной эффективности материала как теплоизоляционного.

Таблица 2. Результаты измерения температуры внутри коробки без теплоизоляции и с нанесением теплоизоляции «Броня»

Продолжительность измерений, мин	Температура воздуха внутри коробки, °С	Температура наружного воздуха, °С	Температура воздуха внутри коробки, °С	Температура наружного воздуха, °С
	8	- 17	8	- 17
	Без покрытия		С покрытием	
1	22,0	15,6	22,5	17,3
2	18,6	5,7	20,5	7,8
3	15,3	-1,8	18,4	0,4
4	12,9	-7,0	16,3	-4,1
5	11,2	-9,8	14,4	-6,8
6	10,0	-11,8	12,9	-8,6
7	9,2	-13,2	11,5	-10,0
8	8,6	-14,1	10,4	-11,7
9	8,1	-14,9	9,4	-12,2
10	8,2	-15,5	8,6	-12,6
11	-	-16,3	8,0	-13,0
12	-	-16,6	-	-13,2
13	-	-16,9	-	-13,5

Для проверки материала на огнеупорность и огнестойкость коробку выдержали в течение 10 с под небольшим пламенем от горелки газовой плиты, воспламенения при этом не наблюдалось.

С увеличением пламени и выдержкой коробки в течение 10 с теплоизоляция накалилась докрасна и начала гореть. При этом пламя мгновенно затухало при удалении коробки от источника огня. При 30 с большого открытого огня наблюдалось возгорание материала, краска начала разрушаться, превращаясь в пепел, огонь распространялся с малой скоростью. Для проверки на водонепроницаемость коробку с изоляцией в течение 1 мин выдерживали под сильной струей воды, при этом внутренность осталась абсолютно сухой. Изоляция хорошо справилась с открытым пламенем, однако ее применение в качестве защиты от прямого огня не реко-

мендуется. С задачей на водонепроницаемость материал справился отлично.

Для исследования теплоизоляции в натурных условиях было проведено обследование существующего здания с применением тепловизионной съемки конкретного объекта.

Местом проведения исследований выступило двухэтажное здание столовой Института нефтехимпереработки РБ, расположенное по адресу: г. Уфа, ул. Инициативная, 12. Панельное здание 1975 г. постройки представляет собой отдельно стоящее двухэтажное строение с подвалом. Внутренние перегородки выполнены из керамического кирпича 120 мм и ГВЛ толщиной 100 мм. Кровля - плоская, рулонная с внутренним водоотводом. Окна и витражи - деревянные с однокамерным стеклопакетом.

В здании до утепления наблюдалось выпадение конденсата в отдельных помеще-

ниях, обмерзание угловых стен с наружной и внутренней сторон. Для утепления здания была применена термокраска «Броня Фасад» с нанесением на наружные стены и кровлю в два слоя суммарной толщиной около 2 мм.

Согласно данным производителя материал «Броня Фасад» обладает хорошей адгезией практически ко всем известным материалам. Он обладает низкой ньютоновской текучестью, поэтому при нанесении на вертикальные поверхности практически отсутствует эффект «сползания», даже при нанесении слоя толщиной 1 мм и более. Изоляционные работы можно проводить на поверхностях с температурой от 7 °С до 120 °С (температура окружающего воздуха должна быть не ниже 7 °С на время нанесения и последующей сушки в течении 24 ч каждого слоя). Температура эксплуатации составляет от минус 60 °С до 120 °С. Нанесение покрытия осуществлялось в данном случае безвоздушным распылителем. Слой порядка 1 мм получается примерно при 3-5 проходах распылителя. Нанесение материала более толстым слоем недопустимо, так как это приводит к образованию на его поверхности влагонепроницаемой плёнки, которая, в свою очередь,

препятствует полному испарению влаги, что приведет к аннулированию теплофизических свойств и деформации покрытия.

В качестве материальной базы исследования выступил тепловизор NEC TH-7700. Тепловизоры данной фирмы отличаются прецизионной точностью измерений температуры, компактностью, удобством, продуманным дизайном и простотой оформления отчетов по результатам теплового контроля. Технические характеристики применяемой модели приведены в таблице 3. Тепловизионная съемка проводилась 14.12.2016 г. при температуре наружного воздуха минус 22 °С ... минус 24 °С. Температура внутреннего воздуха в зале столовой при этом составила 21 °С, температура поверхностей внутренних ограждающих конструкций 19,2 °С ... 20,6 °С.

Результаты тепловизионной съемки представлены на рисунках 1-9.

Утепление наружных стен и кровли исследуемого здания термокраской «Броня Фасад» позволило решить проблему промерзания и образования конденсата, достичь оптимальных параметров микроклимата в помещениях, а также снизить эксплуатационные расходы на отопление.

Таблица 3. Технические характеристики тепловизора NEC TH-7700

Диапазон измерения температуры	минус 20 °С... 250 °С
Погрешность	2 °С, 2 % от показания
Поле зрения	27° (Г) x 20° (В)
Частота кадров	60 Гц
Диапазон фокусировки	от 50 см до бесконечности
Пространственное разрешение (IFOV)	1,5 мрад
Чувствительность	0,05 : 0,10 °С при 30 °С
Размер матрицы	320 (Г) x 240 (В)
Спектральный диапазон	8-14 мкм
Коррекция коэффициента излучения	0,10-1,00 (с шагом 0,01)
Функции сигнализации	Предусмотрено
Динамический диапазон	14 бит
Отображение информации	Цветной ЖК-дисплей (диагональ 3,5 дюйма)

Продолжение таблицы 3

Функции анализа	Измерение в точке (4 точки), разница температур, область (5 областей), изотерма (4 изотермы), 2,4 увеличение
Отображение данных	Температура, диапазон, коэффициент излучения, дата, время, цветная шкала, состояние аккумулятора
Видеокамера	Цифровая цветная видеокамера (разрешение 0,41 Megapixels)
Лазерный целеуказатель	Класс 2 (1 mW/635 nm red)
Сохранение данных	Встроенная память до 1000 термограмм
Интерфейс	USB 2.0, видеовыход PAL/NTSC, композит/S-video
Диапазон рабочих температур и влажность	минус 15 °C ... 45 °C, 90 % RH или меньше (без конденсата)
Температура хранения и влажность	минус 40 °C ... 70 °C, 90 % RH или меньше (без конденсата)
Источник питания	Сетевой адаптер: ~100 ... 240 В
Аккумулятор:	DC: +7,2 В
Габариты	89 (Ш) x 197 (В) x 191 (Г) мм
Защита корпуса	IP54 (IEC60529)

Термоизображение

Фотоизображение

Рисунок 1. Крыша столовой

Термоизображение

Фотоизображение

Рисунок 2. Крыша столовой

Термоизображение

Фотоизображение

Рисунок 3. Внутренняя стена столовой на 2 этаже

Термоизображение

Фотоизображение

Рисунок 4. Потолок столовой (крыша без покраски)

Термоизображение

Фотоизображение

Рисунок 5. Окно столовой на 2 этаже

Термоизображение

Фотоизображение

Рисунок 6. Потолок столовой (крыша с покраской)

Термоизображение

Фотоизображение

Рисунок 7. Потолок столовой (крыша с покраской)

Рисунок 8. Окно столовой на 1 этаже

Рисунок 9. Окно столовой на 2 этаже

Вывод

Применение жидких теплоизоляционных покрытий может быть рекомендовано в качестве финишного покрытия ограждающих конструкций в рамках нового строительства и реконструкции зданий и сооружений с целью снижения теплопотерь и достижения эффекта энергосбережения.

При этом эффект тепловой изоляции будет совмещен с гидроизоляцией обрабатываемой поверхности. Термокраска «Броня» может успешно применяться для утепления труднодоступных мест, стыков швов панельных домов, оконных откосов, балконов и лоджий, гаражей, подвалов, плит пола первых этажей.

Список литературы

1. СП 60.13330.2010. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003. Актуализированная редакция / Госстрой России. М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 81 с.

References

1. SP 60.13330.2010. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukh. SNiP 41-01-2003. Aktualizirovannaya redaktsiya. Gosstroj Rossii [SP 60.13330.2010. Heating, Ventilation and Air Condi-

2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2013. 15 с.
3. ГОСТ 25380-82. Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции / Госстрой СССР. М.: Изд-во стандартов, 1988. 8 с.
4. ГОСТ 26629-85. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций / Госстрой СССР. М.: Изд-во стандартов, 1986. 12 с.
5. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника / Минстрой России. М.: ГП ЦПП, 1995. 39 с.
6. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 31 с.
7. Будадин О.Н., Потапов А.И., Колганов В.И., Троицкий-Марков Т.Е., Абрамова Е.В. Тепловой неразрушающий контроль изделий: научн.-метод. пособие. М.: Наука, 2002. 472 с.
8. Василевская Э.С. Энергоэффективные технологии, приборы и оборудование. 2001, No. 3. С. 10-11.
9. Дроздов В.И., Сухарев В.И. Термография в строительстве. М.: Стройиздат, 1987. 238 с.
10. Страшнов В., Страшнова О. Строим современный загородный дом. Современные материалы. 2015. 192 с.
11. Панченко Ю.Ф. Зимакова Г.А., Панченко Д.А. Энергоэффективность использования нового теплозащитного материала для снижения теплопотребления зданий и сооружений // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2011. № 4. С. 97-105.
12. Броня - сверхтонкая теплоизоляция [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nano34.ru>.
13. Особенности применения жидкой теплоизоляции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://izolyar.com/teplo/osobennosti-primeneniya-zhidkoj-teploizolyacii.html>.
14. Теплоизоляционная краска, жидкая теплоизоляция, теплозащитное покрытие [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://anserizol.tiu.ru/p7272616-teploizolyatsionnaya-kraska-zhidkaya.html>.
15. Жидкая теплоизоляция, особенности материала [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://recn.ru/zhidkaya-teploizolyaciya-osobennosti-materiala>.
16. Теплоизоляционные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://strmnt.ru/kakoj-uteplitel-luchshe-dlya-sten.html#h3_8.
- tioning. SNiP 41-01-2003. Updated Version]. Moscow, FAU «FTsS», 2012. 81 p. (in Russ.).
2. GOST 30494-2011. *Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimate v pomeshcheniyakh* [State Standard 30494-2011. Residential and Public Buildings. Microclimate Parameters for Indoor Enclosures]. Moscow, Standartinform Publ., 2013. 15 p. (in Russ.).
3. GOST 25380-82. *Zdaniya i sooruzheniya. Metod izmereniya plotnosti teplovykh potokov, prokhodyashchikh cherez ograzhdayushchie konstruksii* [State Standard 25380-82. Buildings and Structures. Method of Measuring Density of Heat Flows Passing through Enclosure Structures]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1988. 8 p. (in Russ.).
4. GOST 26629-85. *Zdaniya i sooruzheniya. Metod teplovizionnogo kontrolya kachestva teploizolyatsii ograzhdayushchikh konstruksii* [State Standard 26629-85. Buildings and Structures. Method of Thermovision Control of Enclosing Structures Thermal Insulation Quality]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1986. 12 p. (in Russ.).
5. SNiP II-3-79*. *Stroitel'naya teplotekhnika* [SNiP II-3-79 *. Building Heat Engineering]. Moscow, GP TsPP, 1995. 39 p. [In Russ.].
6. SNiP 23-02-2003. *Teplovaya zashchita zdaniy* [SNiP 23-02-2003. Thermal Protection of Buildings]. Moscow, FGUP TsPP, 2004. 31 p. (in Russ.).
7. Budadin O.N., Potapov A.I., Kolganov V.I., Troitskii-Markov T.E., Abramova E.V. *Teplovoi nerazrushayushchii kontrol' izdelii: nauchn.-metod. posobie* [Thermal Non-Destructive Testing of Products: a Scientific and Methodical Manual]. Moscow, Nauka Publ., 2002. 472 p. [In Russ.]. Energy Surveys. The Way of Real Energy Saving and Obtaining Additional Profit: Methodical Manual (Normative Documents, Information and Reference Materials)]. (in Russ.).
8. Vasilevskaya E.S. *Energoeffektivnye tekhnologii, pribory i oborudovanie* [Energy-Efficient Technologies, Devices and Equipment]. *Promyshlennyy vestnik - Industrial Bulletin*, 2001, No. 3, pp. 10-11. (in Russ.).
9. Drozdov V.I., Sukharev V.I. *Termografiya v stroitel'stve* [Thermography in Construction]. Moscow, Stroiizdat, 1987. 238 p. (in Russ.).
10. Strashnov V., Strashnova O. *Stroim sovremennyy zagorodnyy dom. Sovremennyye materialy* [We are Building a Modern Country House. Modern Materials]. 2015. 192 p. (in Russ.).
11. Panchenko Yu.F., Zimakova G.A., Panchenko D.A. *Energoeffektivnost' ispol'zovaniya novogo teplozashchitnogo materiala dlya snizheniya teplopotrebleniya zdaniy i sooruzhenii* [Energy Efficiency of Use of the New Heat-Protective Material for Reducing the Heat Consumption of Buildings]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta - Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*, 2011, No. 4, pp. 97-105. (in Russ.).

12. *Bronya - sverkh-tonkaya teploizolyatsiya* [Armor - Ultra-Thin Thermal Insulation] [Electronic Resource]. Available at: <http://www.nano34.ru>. (in Russ.).

13. *Osobennosti primeneniya zhidkoi teploizolyatsii* [Features of the Use of Liquid Thermal Insulation]. [Electronic Resource]. Available at: <http://izolyar.com/teplo/osobennosti-primeneniya-zhidkoj-teploizolyacii.html>. (in Russ.).

14. *Teploizolyatsionnaya kraska, zhidkaya teploizolyatsiya, teplozashchitnoe pokrytie* [Heat Insulating Paint, Liquid Heat Insulation, Heat-Protective Coating]. [Electronic Resource]. Available at: <http://anserizol.tiu.ru/p7272616-teploizolyatsionnaya-kraska-zhidkaya.html>. (in Russ.).

15. *Zhidkaya teploizolyatsiya, osobennosti materiala* [Liquid Heat Insulation, Material Features]. [Electronic Resource]. Available at: <http://recn.ru/zhidkaya-teploizolyaciya-osobennosti-materiala>. (in Russ.).

16. *Teploizolyatsionnye materialy* [Thermal Insulation Materials]. [Electronic Resource]. Available at: http://strmnt.ru/kakoj-uteplitel-luchshe-dlya-sten.html#h3_8. (in Russ.).

Авторы

• Клявлин Марс Салихович, д-р хим. наук, профессор
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195
тел. (347) 228-22-11
e-mail: mars_kljavlin@mail.ru

• Халфина Диана Альбертовна
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Ассистент кафедры «Водоснабжение и водоотведение»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195
e-mail: d.a.khalfina@mail.ru

The Authors

• Klyavlin Mars S., Doctor of Chemical Sciences, Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Professor of Water Supply and Water Drainage Chair
195, Mendeleev str., Ufa, 450080, Russian Federation
tel: (347) 228-22-11
e-mail: mars_kljavlin@mail.ru

• Khalfina Diana A.
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant of Water Supply and Water Drainage Chair
195, Mendeleev str., Ufa, 450080, Russian Federation
e-mail: d.a.khalfina@mail.ru