

Результаты измерения теплотехнических характеристик теплоизолирующей краски на основе микросфер

Андрей Николаевич Сапелин, руководитель испытательного центра, кандидат технических наук, e-mail: sapelinan@mail.ru

ООО «ВНИИСТРОМ-НВ», 140050, п.Красково, Московской обл., ул.К.Маркса, 117.

Аннотация. Рассмотрены актуальные вопросы измерения теплопроводности краски на основе микросфер и ее применимость в качестве эффективного теплоизолирующего материала в строительных конструкциях.

Данная статья написана с целью определения возможности использования в качестве теплоизоляции теплоизолирующих красок для покраски металлических емкостей (танкеров) и покраски стен. В настоящее время продолжается реклама жидкокерамического теплоизоляционного покрытия с низким расчетным значением теплопроводности.

Рассматривая историю возникновения теплоизолирующих красок процитируем выдержки из статьи «Теплоизолирующая краска – история обмана», размещенной на сайте 6 апреля 2010 г. [1].

«Когда слышишь, что покрытие толщиной в 1 мм удерживает тепло подобно 5 см слоя традиционного утеплителя, не веришь своим ушам. Но когда ощущаешь разницу между покрытой и не покрытой поверхностями в несколько десятков градусов, уже не веришь и своим рукам. Неужели правда?! *Вот оно будущее теплоизоляционных технологий*, его можно уже мазать на стены домов и трубы теплотрасс. Но почему же недоверие к чудо краске, так и не покидает меня.

Смотрим, что написано по поводу коэффициента теплопроводности; у разных продавцов, цифры значительно рознятся от 0,0012 Вт/м*К до 0,03 (примерно как у пенопласта). И если в последнее можно поверить (хотя какой прок от такой изоляции толщиной в 1 мм), то 0,0012 это за гранью фантастики. Но вот ведь незадача есть сертификаты соответствия, которые подтверждают соответствие технических характеристик таблице в ТУ. Только почему-то, всем пунктам **кроме тех, в которых говорится о теплопроводности. Как это понимать, - то есть не соответствует?»**

«... в 70-е годы, именно тогда, в США были предприняты попытки создать материал на основе космических технологий (керамической оболочки космического челнока), жидкий керамический теплоизолятор, для ... Впрочем это неважно, да и сегодня уже не поймешь

для чего он создавался. Но когда дошло до потребительского рынка, а случилось это в середине 70-х годов, данный материал позиционировался, как теплоизоляция для дома, труб, крыш и т. п. Кстати сказать, рекламные лозунги звучали следующим образом: 1 мм теплоизоляционной краски заменит 15 см слой стекловаты. А также, сокращение счетов за отопление на 40%. Ничего не напоминает? :) В течении трех десятков лет, с периодичностью в несколько лет, у данного покрытия менялись названия, *каждый раз говорилось об усовершенствованных теплоизоляционных свойствах и изменениях в химическом составе.* Повторюсь, в течении почти тридцати лет.

И вдруг, не с того, не с сего в апреле 2002 года. **Федеральная Торговая Комиссия официально запретила производителям керамического покрытия рекламировать свой товар как теплоизоляцию.** Почему такое случилось не трудно догадаться, за столь длительный период набралось огромное число опровергающих фактов, доказывающих неприемлемость жидких керамических изоляторов в качестве теплоизоляции.

Сегодня на рынке США все еще можно встретить этот материал, но предназначение у него, оказывается, немного иное. Оно используется как вспомогательное защитное покрытие при теплоизоляции, и возможно в этом даже есть некий смысл. Да и еще, **теплопроводность почему то приблизилась к 0,1 Вт/м*К ,(к примеру у пенобетона 0,11 Вт/м*К)»**

Рассмотрим технические характеристики некоторых теплоизолирующих красок.

В табл.1 представлены технические характеристики теплоизолирующих красок «БРОНЯ» [2] и «АЛЬФАТЕК» [3].

Таблица 1

Наименование показателя	Единица измерения	Фактическое значение показателей для теплоизолирующих красок	
		БРОНЯ	АЛЬФАТЕК
Плотность композиции	г/см ³	0,558	-
Коэффициент паропроницаемости	Мг/м ч Па	0,001	0,03
Теплопроводность	Вт/м, °С	0,0012	0,0011-0,0015
Теплоотдача	Вт/м, °С	1,38	2,0-5,0

Значение коэффициента теплопроводности, равное 0,0012 Вт/м, °С используется и в патенте на полезную модель [4].

Исследования краски на основе микросфер, проведенные Астаховым Д.Н [5], показали, что «... при нанесении «жидких теплоизолирующих покрытий» на поверхность

гильзы очищенной до металлического блеска происходит увеличение скорости охлаждения воды залитой в гильзу по сравнению с тем случаем, когда на поверхности гильзы отсутствует какой либо теплоизолирующий материал». С другой стороны, по данным Астахова Д.Н. «жидкие теплоизолирующие покрытия» практически полностью сохраняют способность снижать тепловые потери при использовании «отражающего зеркала». [5].

Исследования, проведенные Логиновой Н.А. [6], показали, что при покрытии поверхностей красками на основе полых микросфер признаков аномально низкого коэффициента теплопроводности не наблюдается.

Таким образом, анализ информационных источников показывает, что имеются противоречивые данные по эффективности применения красок на основе микросфер в качестве теплоизоляционного материала.

1. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИДА ПОКРАСКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЕМКостей НА ЭКОНОМИЮ ТЕПЛОЗАТРАТ.

Для проведения испытания использовались:

- 2 бочки объемом 200 литров из нержавеющей стали по ГОСТ 13950-91 со съемным верхним дном.
- 2 ТЭНа мощностью по 2200 Вт.
- 2 комплекта автоматики для поддержания в бочках одинаковой заданной температуры
- 2 прибора для регистрации энергозатрат «VOLTcraft Измеритель электрической мощности ENERGY LOGGER 4000» (см.Рис.1.2)

Одну из бочек покрывали краской на основе микросфер в 7 слоев, конечная толщина слоя краски при этом составила 2,5-3 мм.

Бочки заполнялись холодной водопроводной водой и нагревались до заданной температуры.

Следует отметить, что при наполнении бочек холодной водопроводной водой на бочке без краски наблюдалось выпадение конденсата, в то время как на окрашенной бочке конденсата не было. Это объясняется большей температурой поверхности у окрашенной бочки (нет наступления «точки росы» на поверхности) из-за меньшей теплопроводности слоя металл-краска.

Энергоэффективность краски на основе микросфер оценивалась по сравнительным затратам электроэнергии для поддержания в бочках одинаковой постоянной температуры.

Для оценки энергоэффективности были выбраны температуры 40 °С, 60 °С и 80 °С. Результаты эксперимента представлены в табл.2.

Таблица 2

Поддерживаемая температура, °С	Энергопотребление, кВт*ч		Продолжительность испытания, час	Среднее энергопотребление, Вт		Повышение расхода энергии за счет покрытия краской в сравнении с непокрытой блестящей бочкой	
	Бочка без покраски	Бочка с краской на основе микросферы		Бочка без покраски	Бочка с краской на основе микросферы	Вт	%
40	3,375	4,189	18,17	186	231	45	24
60	25,00	35,50	68,00	368	522	154	42
80	13,45	17,57	19,83	678	886	208	30

Из данных испытаний, приведенных в табл. 2 видно, что покрытие блестящей нержавеющей бочки краской на основе микросфер влечет за собой увеличение энергозатрат на поддержание в бочке заданной температуры. Это объясняется тем, что лучистая составляющая теплопередачи оказывает большее влияние, чем конвективная (от поверхности к воздуху). Также следует отметить, что с увеличением поддерживаемой в бочке температуры процентное увеличение энергозатрат окрашенной бочки вначале увеличивается, а затем снижается, достигая своего пика в районе 60 °С. Это объясняется тем, что при дальнейшем увеличении температуры конвективная составляющая теплообмена начнет всё сильнее и сильнее влиять на общую теплотерю. Так при 60 °С окрашенная бочка потребляет на 42% больше энергии, а при 80 °С, уже на 30% больше. Конвективная составляющая теплообмена может быть увеличена как за счет повышения температуры поверхности, так и за счет обдува.

На рис.1. представлен общий вид окрашенной и неокрашенной бочек с перемешивающими устройствами и приборами.



Рис.1. Общий вид бочек с перемешивающими устройствами и приборами.

Несмотря на повышенное энергопотребление окрашенной бочки, наблюдался следующий эффект: при касании рукой окрашенной бочки чувствовалось тепло, однако, руку можно было держать (при температуре воды внутри бочки 80 °С), в то время как до блестящей бочки невозможно было дотронуться.

Для подтверждения данных, указанных в табл. 2 и объяснения вышеописанного наблюдения было проведено дополнительное исследование. Измерялась температура на поверхностях бочек, а также лучистый тепловой поток от бочки в атмосферу на расстоянии 10 мм. от поверхности.

Измерение температуры и теплового потока проводилось прибором для измерения теплового потока и температуры ТЕМП-3.3.

Данные измерений приведены в табл.3

Таблица 3

Результаты измерений температуры поверхности бочек и теплового потока излучением от бочек при поддержании температуры внутри бочек 80 °С.

Показатель	Неокрашенная блестящая бочка	Бочка, окрашенная краской на основе микросфер
Температура поверхности, °С	80,1	60,5
Тепловой поток излучением, Вт/м ²	358,1	490,4

Как видно из табл.3, несмотря на более низкую температуру поверхности (что чувствуется касанием руки), тепловой поток от окрашенной бочки значительно выше. Это отчасти объясняется коэффициентом излучения поверхности материалов. Так у блестящей металлической поверхности он примерно равен 0,03-0,14, в то время как у белой краски и стекла 0,8-0,9. (согласно общедоступным данным из справочников). Следует заметить, что излучение с поверхности материала зависит от абсолютной температуры (в Кельвинах) в четвертой степени, так что при прочих равных условиях, бочка, покрашенная краской на основе микросфер, выигрывала бы по экономии энергозатрат в $(353\text{K})^4 / (333\text{K})^4 = 1,26$ раза или **на 26 %*****. Однако коэффициент излучения у краски больше в разы по сравнению с блестящей металлической поверхностью и из-за этого бочка, окрашенная краской на основе микросфер потребляет больше энергии, чем неокрашенная блестящая бочка.



Рис.2. Измерение температуры поверхности окрашенной бочки.

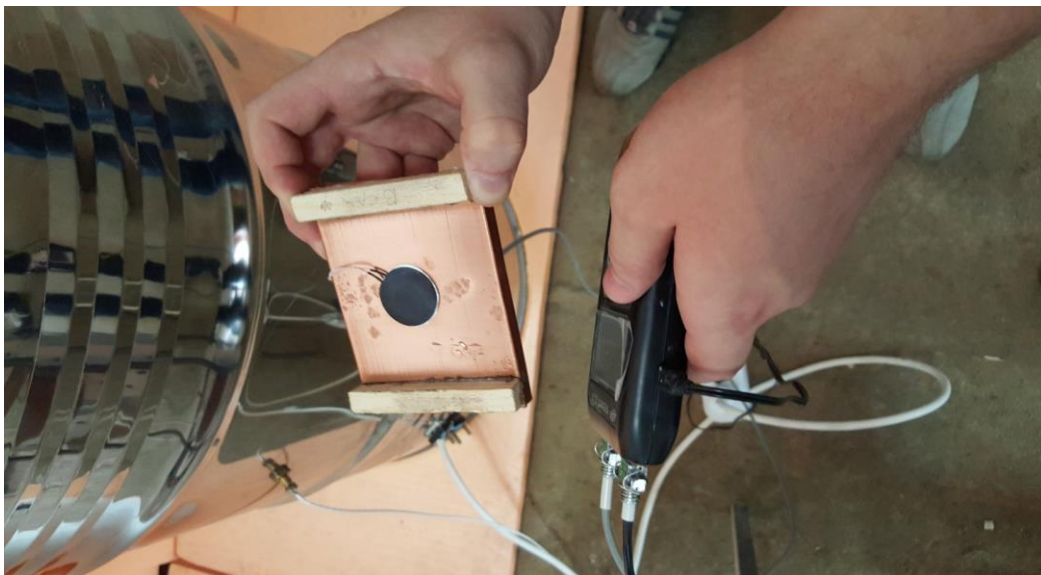


Рис.3. Измерение теплового потока неокрашенной бочки.



Рис.4. Измерение теплового потока окрашенной бочки.

Следующим этапом эксперимента было покрытие нержавеющей блестящей бочки обыкновенной краской (эмаль для металлов и радиаторов отопления «ПРЕСТИЖ», акриловая). Тем самым лучистая составляющая теплообмена у окрашенных бочек примерно приравнивалась. И за счет наличия теплоизолирующего эффекта у краски с микросферами температура на поверхности такой бочки была ниже, конвективная составляющая теплообмена уменьшалась в сравнении с бочкой, окрашенной обыкновенной краской.

На рис.5 представлен общий вид окрашенных бочек.



Рис. 5. Общий вид бочек, окрашенных краской на основе микросфер (слева) и обыкновенной краской (справа)

В табл.4 представлены результаты измерения энергопотребления окрашенных бочек

Таблица 4.

	Энергопотребление, кВт*ч		Понижение расхода энергии за счет покрытия краской с микросферами в сравнении с обыкновенной краской, %
	Нержавеющая бочка с покрытием обыкновенной краской	Нержавеющая бочка с покрытием краской на основе микросфер	
80 °C	25,46	20,16	21

Анализ данных табл.4 показывает, что покраска краской на основе микросфер по сравнению с покраской обыкновенной краской позволяет экономить около 21% энергии (при поддержании температуры внутри бочек 80 °C)

В табл. 5 приведены обобщенные экспериментальные данные

Таблица 5.

Поддерживаемая температура, °C	Энергопотребление, кВт*ч			Продолжительность испытания, час	Среднее энергопотребление, Вт			Повышение мощности энергопотребления за счет покрытия краской в сравнении с мощностью энергопотребления непокрытой блестящей бочки.	
	Бочка без покраски	Бочка с краской на основе микр	Бочка с обыкновенной краской		Бочка без покраски	Бочка с краской на основе микр	Бочка с обыкновенной краской		
								Бочка с краской на основе	Бочка с обыкновенной краской

		осфе р				осфе р		микросфер			
								Вт	%	Вт	%
40	3,375	4,189		18,17	186	231	-	45	24	-	-
60	25,00	35,50		44,00	568	807	-	154	42	-	-
80	13,45	17,57		19,83	678	886	-	208	30	-	-
80	-	20,16	25,46	22,83	-	883	1115	205	30	437*	64*

* Сравнение производилось со средним энергопотреблением бочки без покраски 678 Вт.

** При поддержании температуры 80 °С понижение мощности энергопотребления бочки окрашенной краской на основе микросфер в сравнении с мощностью энергопотребления бочки окрашенной обыкновенной краской составляет $(1115 - 883) = 232$ Вт или 26,3 % (следует отметить совпадение ориентировочных теоретических расчетов с экспериментальными данными).

Вывод:

1. Вид краски оказывает существенное влияние на энергозатраты при поддержании заданной температуры в емкости.
2. Наименьшее энергопотребление происходит в неокрашенных блестящих емкостях (при температурах внутри емкостей 40-80 °С, температуре окружающей среды 20-25 °С).
3. Энергопотребление в емкостях, окрашенных краской на основе микросфер, на **(25÷42)% выше**, чем энергопотребление в неокрашенных блестящих емкостях (при температурах внутри емкостей 40-80 °С, температуре окружающей среды 20-25 °С).
4. При поддержании температуры в емкости около 80 °С энергопотребление в емкостях, окрашенных краской на основе микросфер, **на 26 % ниже**, чем энергопотребление в емкостях, окрашенных обыкновенной краской.
5. Для уменьшения энергопотерь в металлических емкостях рекомендуется:
 - добиваться блестящей поверхности емкостей с низким коэффициентом излучения.
 - при необходимости использования покраски производить покраску красками на основе микросфер.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ КРАСКИ НА ОСНОВЕ МИКРОСФЕР НА ТЕПЛОЗАЩИТУ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ И НА УСЛОВИЯ ВЫПАДЕНИЯ КОНДЕНСАТА

2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для оценки влияния краски на основе микросфер на теплозащиту стеновых конструкций и на условия выпадения конденсата была взята конструкция стены из полуторного силикатного полнотелого гладкого белого кирпича (М200) на кладочном растворе (М300).



Рис.6 Общий вид кладки

2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАГМЕНТА СТЕНЫ

Кладка фрагмента стены выполнена толщиной «пол кирпича» и в «кирпич». Фрагмент стены в процессе кладки показан на Рис.6.

Кладка выполнялась в 2 этапа:

- 1) кладка толщиной в пол кирпича
- 2) кладка толщиной в 1 кирпич.

Для кладки использовали пескобетон марки М300. Плотность затвердевшего раствора в сухом состоянии - $1,8 \text{ т/м}^3$. Толщина горизонтальных и вертикальных швов составила 1 см. Внутренняя (теплая) и наружная (холодная) поверхности фрагмента стены были затерты штукатурным раствором толщиной 0,5 см средней плотностью в сухом состоянии $1,8 \text{ т/м}^3$. После завершения кладки внутренняя половина стены обрабатывалась грунтовкой с последующей окраской краской на основе микросфер в 7 слоев, так чтобы итоговая толщина покрытия составила порядка 3 мм.

Длина фрагмента стены – 1,5 м, высота – 1,84 м, толщина – 0,130...265 м.

На Рис.7 показан фрагмент стены после завершения кладки этапа 1.



Рис. 7. Фрагмент стены после завершения кладки в один кирпич.

2.3. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

В климатической камере выкладывается стенка, оштукатуривается. Половина стены окрашивается краской с микросферами, а другая остается просто оштукатуренной. В камере с одной стороны поддерживается температура от -30°C до -20°C , а с другой от $+20^{\circ}\text{C}$ до $+50^{\circ}\text{C}$ и заданная влажность. При разных температурных и влажностных режимах проверяется наличие изморози и конденсата на стенке как со стороны окрашенной краской на микросферах, так и со стороны без краски.

Перед испытанием на наружной поверхности кладки устанавливали датчик температуры, на внутренней поверхности кладки в центральной зоне было установлено два датчика температуры. Также датчики температуры были расположены на расстоянии примерно 10 см от поверхности кладки с обеих сторон. Дополнительно на внутренней поверхности кладки установлено два тепломера. Датчики температуры и тепломеры были установлены так, чтобы они охватывали различные зоны тычковой поверхности кирпича, а также горизонтального и вертикального швов.

Теплотехнические параметры фиксировали после наступления стационарного теплового состояния кладки. Измерение параметров производили с интервалом 20 минут в течении 3 часов, не ранее чем через трое суток после включения климатической камеры.

Для каждого тепломера и датчика температуры определяли среднеарифметическое значение показаний за период наблюдений q_i и t_i . По результатам испытаний вычисляли средневзвешенные значения температуры наружной и внутренней поверхностей кладки $t_{\text{н}}^{\text{ср}}$, $t_{\text{в}}^{\text{ср}}$ с учетом площади ложкового и тычкового измеряемых участков, а также вертикального и горизонтального участков растворных швов по формуле

$$t_{\text{н(в)}}^{\text{ср}} = (\sum t_i F_i) / (\sum F_i), \quad (1)$$

где t_i - температура поверхности в точке i , °С;

F_i - площадь i -го участка, м².

Схема установки тепломеров представлена на рис.3

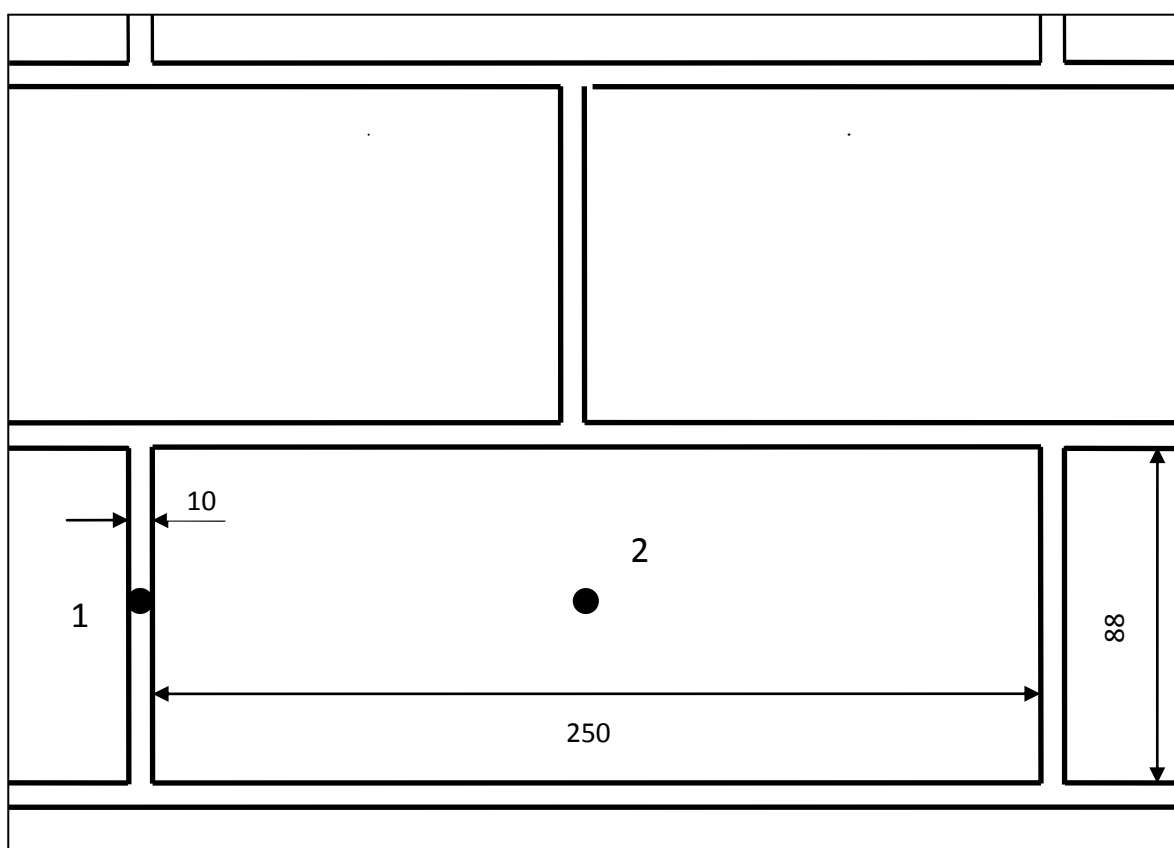


Рис.8. Схема установки тепломеров

Расчет площади измеряемых участков представлен в табл.6

Таблица 6

№ тепломера	Участок	Размер участка см	Кол	Площадь участка	
				см ²	%
1	Горизонтальный шов	25 x 1	1	25	10
2	Вертикальный шов	(8,8+1) x 1	1	9,8	4
3	Полнотелый кирпич	25 x 8,8	1	220	86
Всего:		26 x 9,8		254,8	100

По результатам испытаний определяли термическое сопротивление кладки R_K^{np} , $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$, по формуле

$$R_K^{np} = \Delta t / q_{cp}, \quad (2)$$

где $\Delta t = t_B^{cp} - t_K^{cp}$, $^\circ C$;

q_{cp} - среднее значение плотности теплового потока через испытываемый фрагмент кладки, Bt/m^2 .

По значению R_K^{np} вычисляли эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки $\lambda_{эKB}(\omega)$, $Bt/(m \cdot ^\circ C)$, по формуле

$$\lambda_{эKB}(\omega) = \delta / R_K^{np}, \quad (3)$$

где δ - толщина кладки, м.

Общий вид окрашенной и неокрашенной поверхностей с различным увеличением представлен на рис.9.

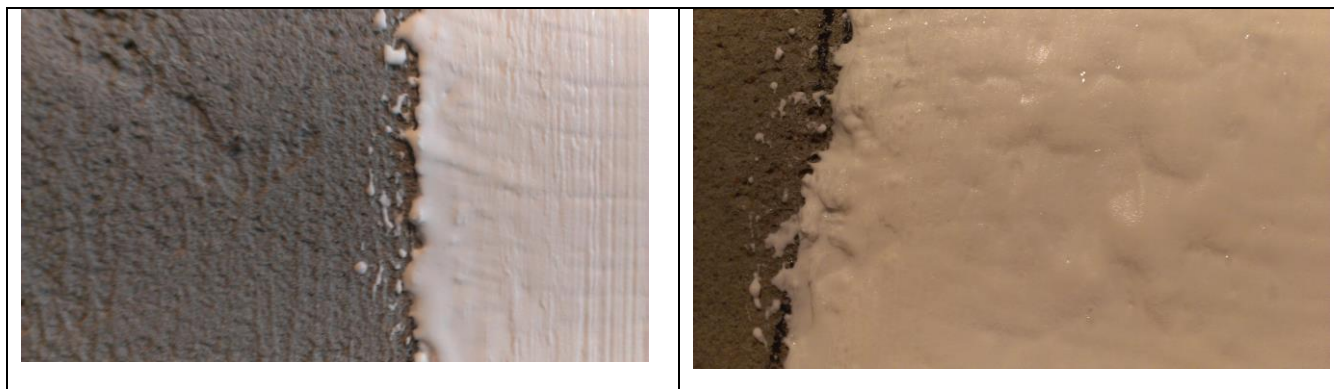
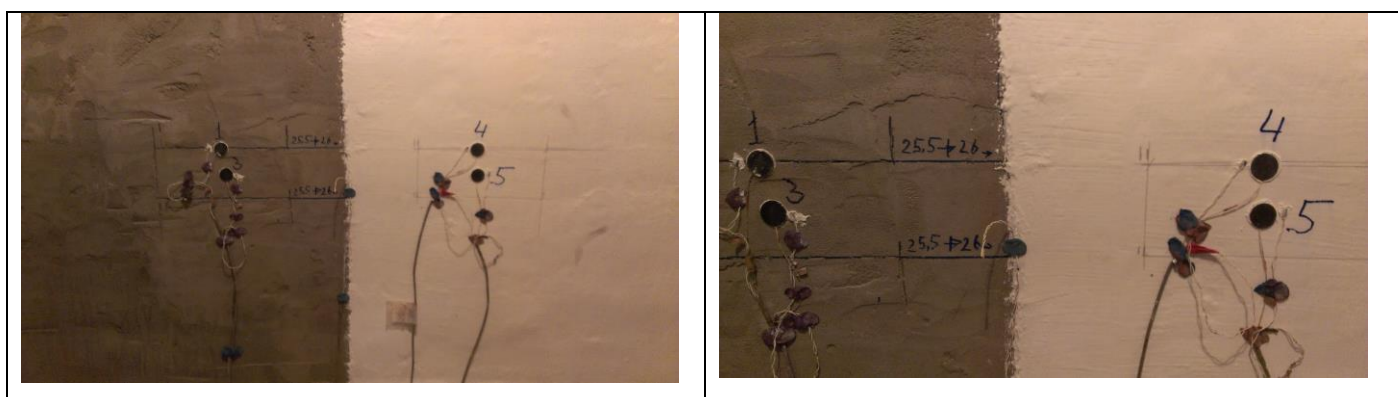


Рис.. Общий вид окрашенной и неокрашенной поверхностей

Расположение датчиков представлено на рис.10.



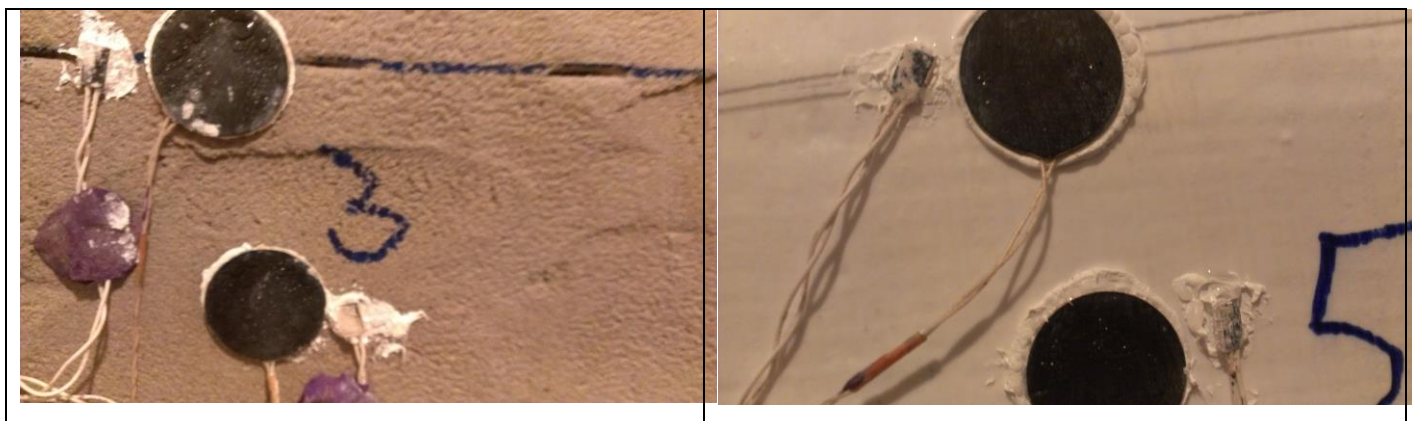


Рис.10. Фактическое расположение датчиков на фрагменте внутренней поверхности стены.

2.4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Испытания проводились на кладке в полкирпича и на кладке в кирпич по 3-м режимам:

- РЕЖИМ -20 °С ...+20 °С КЛАДКА В ПОЛ КИРПИЧА
- РЕЖИМ -30 °С ...+50 °С КЛАДКА В КИРПИЧ
- РЕЖИМ -30 °С ...+20 °С КЛАДКА В КИРПИЧ

Получены результаты измерений плотности тепловых потоков (q , Вт/м²), температуры внутренней и наружной поверхностей фрагмента стены. Эти измерения проведены для зоны с покраской и зоны без покраски. Также измерены температуры внутреннего и наружного воздуха, относительной влажности воздуха в теплой зоне климатической камеры. На основании полученных данных рассчитаны: точка росы, средние взвешенные температуры и тепловые потоки, термическое сопротивление кладки ($R = \Delta t / q$) и эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки $\lambda_{\text{экв.}} = \text{толщина стены} / R$. А также произведен расчет теплопроводности краски на основании всех вышеперечисленных данных.

Обобщенные результаты представлены в табл.7

Таблица 7

Показатели	Значение показателей для режимов					
	Режим (-20...+20) °С Кладка в ½ кирпича		Режим (-30...+50) °С Кладка в кирпич		Режим (-30...+20) °С Кладка в кирпич	
	Неокраш.	Окраш.	Неокраш.	Окраш.	Неокраш.	Окраш.
Термическое	0,079	0,120	0,128	0,178	0,135	0,192

сопротивление кладки, $\text{м}^2\text{К/Вт}$						
Эквивалентная теплопроводность кладки, $\text{Вт/м}^*\text{К}$	1,64	1,11	2,1	1,5	1,97	1,39
Влажность кладки, %	9,9	9,2	-	-	8,3	8,6
Расчетная теплопроводность краски, $\text{Вт/м}^*\text{К}$	-	0,073	-	0,060		0,053
Уменьшение теплопроводности кладки за счет покраски краской на основе микросфер толщиной 3 мм, %		32,3		28,6		29,4

2.5. РЕЖИМ (-30...+5) °С КЛАДКА В КИРПИЧ (получение изморози)

В холодной камере - минус 30 градусов, в теплой - около плюс 5 градусов. Стена проморозилась и в теплой камере температура поверхности стала минус 2-3 градуса.

На поверхности стены без краски образовалась изморозь. На поверхности стены с краской на основе микросфер изморози нет, но образовался лед.



Рис.11. Общий вид неокрашенной с изморозью и окрашенной без изморози поверхностей



Рис.12. Общий вид неокрашенной с изморозью поверхности



Рис.13. Общий вид без изморози (но со льдом) поверхности окрашенной краской на основе микросфер

Выводы:

1. Окрашка краской на основе микросфер внутренних поверхностей кирпичных стен из силикатного кирпича позволяет снизить теплопроводность стен в среднем на 30%.
2. Расчетная теплопроводность краски на основе микросфер составляет около 0,06 Вт/м*К

3. Окраска краской на основе микросфер внутренних поверхностей кирпичных стен при низких температурах внутри помещений позволяет избежать изморози на поверхности, но вместо изморози поверхность покрывается льдом.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КРАСКИ НА ОСНОВЕ МИКРОСФЕР В СУХОМ СОСТОЯНИИ.

Испытания проводились по ГОСТ 7076-99. «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме». Образцы для испытаний изготавливались нанесением кисточкой на полиэтиленовую пленку (толщина пленки 15 мкм) краски в 30-50 слоев, с общей толщиной образца порядка 11-19 мм, затем производилась сушка образцов и обеспечение размера 100 x 100 мм. Испытание проводилось с помощью измерителя теплопроводности ИТП-МГ4 "100".

Результаты испытаний представлены в табл.8

Таблица 8

Параметры	Проба 1	Проба 2
Размеры образца, мм;	100*100	100*100
Толщина каждого образца перед началом испытания и в процессе испытания с указанием, проводилось ли испытание при фиксированном давлении на образец или при фиксированной толщине образца; мм	18,9 Фиксирован -ная толщина	11,5 Фиксирован -ная толщина
Температура горячей лицевой грани каждого образца; °C	35	35
Температура холодной лицевой грани каждого образца; °C	15	15
Разность температур горячей и холодной лицевых граней каждого образца; °C	20	20
Средняя температура каждого образца; °C	25	25
Плотность теплового потока через каждый образец после установления стационарного теплового режима, Вт/м ²	58,2	88,7
Термическое сопротивление каждого образца, м ² *K/Вт	0,344	0,225
Эффективная теплопроводность материала каждого образца, Вт/(м*K)	0,055	0,051

Среднеарифметическое значение эффективной теплопроводности всех испытанных образцов;	0,053
Направление теплового потока;	Сверху-вниз
Оценка погрешности измерения эффективной теплопроводности	5%

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ «ТЕПЛОУСВОЕНИЕ»

Испытания проводились по ГОСТ 25609-83 «Материалы полимерные рулонные и плиточные для полов. Метод определения показателя теплоусвоения». Образцы для испытаний изготавливались нанесением кисточкой на полиэтиленовую пленку (толщина пленки 15 мкм) краски в 7 слоев, с общей толщиной образца краски порядка $2,5 \pm 3$ мм.

Процесс проведения испытаний представлен на рисунке 14.



Рис. 14. Проведение испытаний образцов краски на основе микросфер.

Условия испытаний: $t = 24^\circ \text{C}$, $W = 55\%$. Результаты испытаний представлены в табл.9.

Таблица 9.

Порядковый номер измерения	Показания тепломера, Вт/м ²		
	I образец	II образец	III образец

1	371	358	352
2	176	161	160
3	91	88,8	91,1
4	60,7	60	64,2
5	56	55,5	60,2
6	54,8	53,8	58,7
7	53,7	53,3	57,3
8	53,1	52,3	55,9
9	52,3	51,9	55,2
10	51,7	51,2	54,7
11	51,2	50,5	54,1
12	50,7	49,9	53,4
13	50,4	49,5	52,5
14	50	49	52,1
15	49,5	48,5	51,2
$Y = K \left(\frac{M_1 + M_2}{10} + \frac{M_2 + 3M_3 + 2M_4}{8} + \frac{M_4 + M_{15}}{2} + \sum_{i=5}^{i=14} M_i \right)$			
Y (Вт/(м ² ·°C))	3,42	3,35	3,56

Среднее значение показателя «теплоусвоение»: 3,44 Вт/(м²·°C)

ОБЩИЕ ВЫВООДЫ

- 1) Теплопроводность красок на основе микросфер в среднем составляет (0,05÷0,07) Вт/м*К. Термическое сопротивление 1 мм краски на основе микросфер составляет (0,014÷0,020) м²К/Вт.
- 2) Значение показателя теплопроводности краски на основе микросфер, равное 0,0012 Вт/м*К, определено по нестандартной методике и носит рекламный характер.
- 3) При поддержании температуры в металлических емкостях около 80 °С лучистая составляющая теплопередачи оказывает большее влияние, чем конвективная и поэтому энергопотребление в емкостях, окрашенных краской на основе микросфер, на **(25÷42)% выше**, чем энергопотребление в неокрашенных блестящих емкостях.
- 4) Для уменьшения энергопотерь в металлических емкостях рекомендуется:

- добиваться блестящей поверхности емкостей с низким коэффициентом излучения.
 - при необходимости использования покраски производить покраску красками на основе микросфер, которые имеют более низкую теплопроводность, чем обычные краски.
- 5) Окраска краской на основе микросфер внутренних поверхностей кирпичных стен из силикатного кирпича позволяет снизить теплопроводность стен в среднем на 30%.
 - 6) Окраска краской на основе микросфер внутренних поверхностей кирпичных стен при низких температурах внутри помещений позволяет избежать изморози на поверхности, но вместо изморози поверхность покрывается льдом.
 - 7) Среднее значение показателя «теплоусвоение» красок на основе микросфер составляет $3,44 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{С})$

Литература:

1. «Теплоизолирующая краска – история обмана», <http://expert-sib.ru/istodmana.php>
2. Теплоизолирующая краска «БРОНЯ» <http://www.nano34.ru>
3. Теплоизолирующая краска «АЛЬФАТЕК» <http://alfatec.ru/tehnicheskie-harakteristiki.html>
4. Патент на полезную модель №: 136461
5. *Астахов Д.Н., научный руководитель пилотного проекта «Технология повышения надежности и снижения энергетических потерь в тепловых камерах», главный специалист, ЗАО ИЦ «Энергетика города», г. Москва*
 Результаты исследований зависимости эффекта применения «жидких теплоизолирующих покрытий» на основе полых микросфер от оптических свойств подложки и дополнительного поверхностного слоя
6. Логинова Н.А. Определение эффективности тонкопленочных теплоизоляционных покрытий применительно к системам теплоснабжения: 05.14.04 - Промышленная теплоэнергетика: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Московский энергетический институт (ТУ) – 2010 . – 133 с.