

«ЛАКТЕСТ»


технически компетентная и независимая
аттестат аккредитации № РОСС RU.001.21СМ10

443096 г. Самара, ул. Алексея Толстого, 72, телефон(факс) 310 - 24 -23,
310 - 24 - 82 email: Laktest@yandex.ru

ПРОТОКОЛ

**определения теплотехнических характеристик камня
керамического КПП-V M100 (КЕРАКАМ 44)
производства ЗАО СККМ г. Самара**

ОТВЕТСТВЕННЫЕ ИСПОЛНИТЕЛИ:


Г.И. ВАЙНГАРТЕН,
руководитель лаборатории,
кандидат технических наук


Г.А. Макаров,
Ведущий специалист

443096 г. Самара, ул. Алексея Толстого, 72, телефон(факс) 310 - 24 -23,
310 - 24 - 82 email: Laktest@yandex.ru

1. Заказчик: ЗАО «Самарский комбинат керамических материалов».

2. Основание для проведения работ;

Договор № 24 от 20 мая 2014г с ЗАО СККМ г. Самара.

3. Цель испытаний:

определить коэффициент теплопроводности камня керамического КПП-V M100 (KERAKAM 44) в кладке в сухом состоянии, в условиях эксплуатации А и Б.

4. Сроки выполнения работ с 15 мая по 4 июня 2014 года.

5. Объекты испытаний:

5.1 Образцы камня керамического крупноформатного пустотного с улучшенной теплоизоляцией КПП-V M100 (KERAKAM-44) габаритные размеры камня 260x219x440мм;

- средний вес камня, переданного на испытания 18,8 кг;
- плотность (объемный вес) $\gamma=750$ кг/м³;
- пустотность 54,1%;

Марка по прочности M100.

Материалы, использованные при изготовлении:

- глина: Алексеевское II месторождение глинистого сырья, Киембаевское месторождение каолиновой глины;
- песок: месторождение «Ширяевское» ОАО «Самарский речной порт»;
- опилки: «ДОК» г. Самара, г. Ульяновск.

Представленные для испытания образцы камня отобраны методом случайной выборки и приняты группой по развитию качества ЗАО «Самарский комбинат керамических материалов». Акт отбора образцов от 12.05.2014г.

5.2 Фрагмент стены из камня керамического КПП-V M100 (KERAKAM 44) размером 1820x1840x440 мм. Кладка (8 рядов по 7 камней в ряду) выполнена квалифицированными рабочими Заказчика. Вертикальные швы-пазогребневый стык, горизонтальные швы толщиной 11 мм - кладочный раствор марки 50, плотностью 1800 кг/м³, состав раствора 1,0:0,9:8,0 (портландцемент М400: известь: песок) по объему, осадка конуса 9 см. В горизонтальных швах применена полимерная мелкоячеистая кладочная сетка. Стена покрыта с двух сторон известково-цементной штукатуркой толщиной 5 мм плотностью 1400кг/м³.

6. Методика испытаний:

6.1 Средняя плотность камней определена в соответствии с ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камень керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости».

6.2 **Влажность** определена в соответствии с ГОСТ 17177-94.

6.3 **Коэффициент теплопроводности определен** в соответствии с ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций», ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия».

7. Оборудование для испытаний:

7.1 **Камера климатическая КК 100805-4,4**, аттестованная в соответствии с ГОСТ 25051-82. Камера проходит ежегодную поверку в ФБУ «Самарский ЦСМ», Аттестат № 3746 от 14.12.2012г. действителен до 14.12.2013г. Камера выполнена в виде моноблока размером 2,3х3,2х2,24м, разделенного внутренней перегородкой на изолированные теплое и холодное отделения объемом 7,6 и 4,4 м³ соответственно. В теплом отделении диапазон температур составляет от 18 до 50°С при относительной влажности воздушной среды от 25 до 60%. Температура создается с помощью электрических нагревательных устройств и поддерживается вручную с точностью ±0,2°С. В холодном отделении диапазон температур составляет от 0 до -35°С с помощью компрессорно-реверсивного аппарата модели LN53/2DC-2.2Y итальянского производства. Заданная температура поддерживается автоматически с точностью ±1°С.

7.2 Камера укомплектована **измерителем тепловых потоков и температуры ИТП-МГ4.03-100»Поток»** производства СКБ «Стройприбор» г. Челябинск. Свидетельство о поверке №8158 от 14.05.2014г. действительно до 14.05.2015г.

7.3 Дополнительно температура на поверхности кладки контролировалась **термометром радиационным Mini Temp MT6** производства Германии.

7.4 Для определения плотности и влажности камней и кладки использованы:

- **шкаф сушильный ШСП-0,25-60** по ОСТ 16.0.801.397, аттестат №2815 от 16.12.2013г, действителен до 16.12.2014г;

- **весы лабораторные технические модели «Т-II-500»** по ГОСТ 24104, свидетельство о поверке №718156/ 220449-2013 от 6.12.2013г, действительно до 6.12.2014г;

- **стаканчики типа СВ** по ГОСТ 25336;

- **эксикатор** по ГОСТ 25336.

7.5 Для измерения температуры и влажности воздушной среды в климатической камере использован **термо-гигрометр «testo 605-H1»** производства Германии. Для контроля влажности кладки

дополнительно использован измеритель влажности testo 606-2 производства Германии.

8. Проведение испытания

8.1 На внутренней поверхности фрагмента стены устанавливались датчики температуры и тепловых потоков, на наружной поверхности – датчики температуры рис.1. Датчики крепились с помощью теплопроводной кремнийорганической пасты КПТ-8 по ГОСТ 19783-74.

8.2 Датчики устанавливались в горизонтальных швах (датчики №6,7), вертикальных швах (датчики №8,9) и на поверхности камней (датчики №1,2,3,4,5) с учетом термически однородных зон камня. При определении термически однородных зон принято во внимание наличие пустот в камнях.

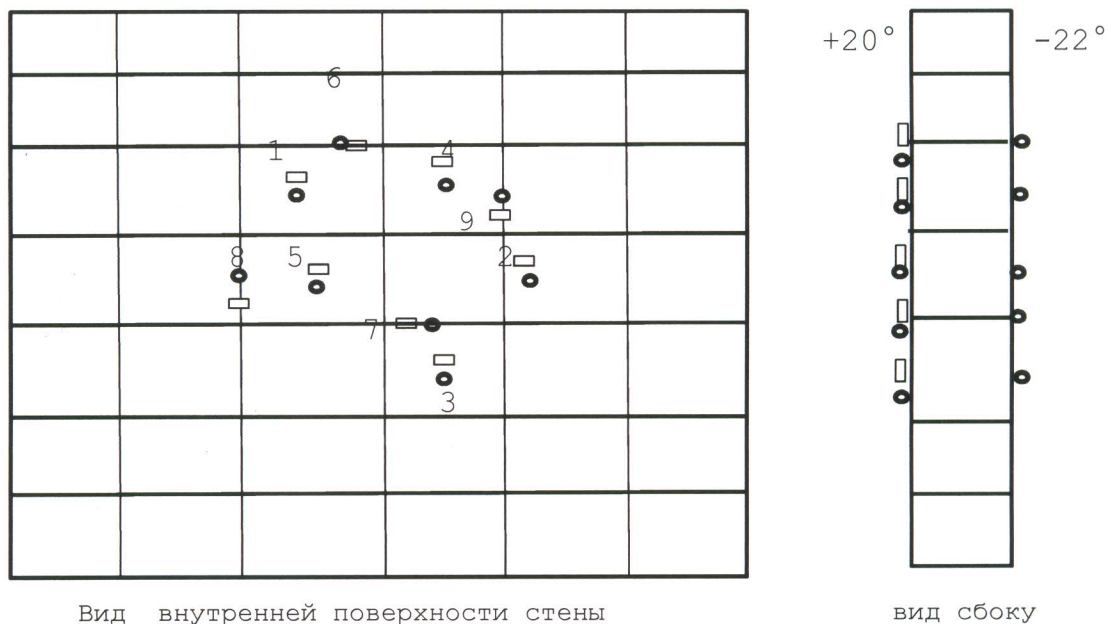


Рис. 1. Схема расположения датчиков на поверхности стены

Условные обозначения: ● датчик температуры
□ датчик теплового потока

Датчики температуры на наружной поверхности стены устанавливались в точках, противоположных датчикам температуры внутренней поверхности стены.

8.3 Испытания проведены при условиях:

- температура воздушной среды теплого отделения климатической камеры $+20 \pm 0,5^\circ\text{C}$ при относительной влажности 40%. Температура регулировалась вручную с помощью электрических нагревательных элементов;

- температура воздушной среды холодного отделения климатической камеры $-30 \pm 1^\circ\text{C}$ при начальной относительной влажности воздуха 40%. Температура поддерживалась в автоматическом режиме.

8.4 Испытания проведены в два этапа.

8.4.1 **Первый этап** испытаний включал в себя естественную и принудительную сушку фрагмента стены в течение 10 дней и в дальнейшем тепловые испытания.

8.4.2 В течение первых трех суток испытаний был достигнут стационарный режим теплопередачи через фрагмент стены, в последующие сутки с интервалом в 2-3 часа измерены текущие значения температуры и тепловых потоков.

8.4.3 Текущие значения параметров, измеренных за период наблюдения, приведены в таблице №1

Результаты первого этапа испытания фрагмента стены из камня керамического КПП-IV при влажности кладки 2,6%.

Таблица №1

Текущие значения температуры на внутренней поверхности стены $t_{в}, ^\circ\text{C}$			Среднее значение $t_{в}$	Текущие значения температуры на наружной поверхности стены $t_{н}, -^\circ\text{C}$			Среднее значение $t_{н}, -^\circ\text{C}$	Текущие значения плотности тепловых потоков $q, \text{Вт/м}^2$			Среднее значение q
18,8	18,1	18,6	18,5	12,9	12,2	12,4	-12,5	10,62	10,88	10,69	10,73

8.4.4 Влажность кладки измерялась по окончании испытаний.

8.4.5 **Второй этап** испытаний проведен после сушки фрагмента стены в течении 7 дней.

8.4.6 Испытания проведены аналогично первому этапу.

8.4.7 Текущие значения параметров, измеренных за период наблюдения, приведены в таблице №2.

Результаты второго этапа испытания фрагмента стены из камня керамического КПП-IV при влажности кладки 0,7%.

Таблица №2

Текущие значения температуры на внутренней поверхности стены $t_{в}, ^\circ\text{C}$			Среднее значение $t_{в}$	Текущие значения температуры на наружной поверхности стены $t_{н}, -^\circ\text{C}$			Среднее значение $t_{н}, -^\circ\text{C}$	Текущие значения плотности тепловых потоков $q, \text{Вт/м}^2$			Среднее значение q
18,6	17,9	18,4	18,1	12,5	11,9	12,8	-12,4	9,88	9,75	10,1	9,91

9. Обработка результатов испытаний.

9.1 Согласно ГОСТ 26254-84 сопротивление теплопередаче термически однородной зоны ограждающей конструкции определяется уравнением

$$R_{кi} = (t_{в} - t_{н}) / q_{\phi} \quad (1)$$

$R_{кi}$ - термическое сопротивление однородной зоны ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}$;

$t_{в}$ и $t_{н}$ - средние за расчетный период измерений значения температур соответственно внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, °C ;

q_{ϕ} - средняя за расчетный период измерения фактическая плотность теплового потока, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Приведенное термическое сопротивление $R_{кi}^{пр}$ ограждающей конструкции, имеющей неравномерность температур поверхностей (в нашем случае наличие нескольких термически однородных зон), вычисляется по формуле

$$R_{кi}^{пр} = F / (\sum F_i / R_{oi}) \quad (2)$$

Где F - площадь испытываемой ограждающей конструкции, м^2

F_i - площадь термически однородной зоны, определяемой планиметрированием, м^2 .

В нашем случае:

общая площадь фрагмента стены, F	3,3488	м^2
зона горизонтальных растворных швов, F_i	0,14014	м^2
зона поверхности камня, F_i	3,20866	м^2
в т. ч. зона пазогребневых соединений	0,1656	м^2

На основании полученных данных вычислено средневзвешенное значение температуры на внутренней поверхности стены:

$$\text{Этап испытаний №1} \quad t_{в} = (\sum t_i F_i) / (\sum F_i) \quad t_{в} = \mathbf{18,5^{\circ}\text{C}}. \quad (3)$$

$$\text{Этап испытаний №2} \quad t_{в} = (\sum t_i F_i) / (\sum F_i) \quad t_{в} = \mathbf{18,1^{\circ}\text{C}}.$$

Вычислено средневзвешенное значение температуры на наружной поверхности стены:

$$\text{Этап испытаний №1} \quad t_{н} = (\sum t_i F_i) / (\sum F_i) \quad t_{н} = \mathbf{-12,5^{\circ}\text{C}}. \quad (4)$$

$$\text{Этап испытаний №2} \quad t_{н} = (\sum t_i F_i) / (\sum F_i) \quad t_{н} = \mathbf{-12,39^{\circ}\text{C}}.$$

Вычислено средневзвешенное значение плотности тепловых потоков

$$\text{Этап испытаний №1} \quad q_{ср} = (\sum q_i F_i) / (\sum F_i) \quad q_{ср} = \mathbf{10,73 \text{ Вт}/\text{м}^2}.$$

Этап испытаний №2 $q_{cp} = (\sum q_i F_i) / (\sum F_i)$ $q_{cp} = 9,90 \text{ Вт/м}^2$. (5)

Определено приведенное термическое сопротивление стены с учетом фактической влажности:

Этап испытаний №1 $R_k = \Delta t / q_{cp}$ $R_{ki}^{пр} = 2,89 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$. (6)
 Этап испытаний №2 $R_k = \Delta t / q_{cp}$ $R_{ki}^{пр} = 3,21 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$.

По значению $R_{ki}^{пр}$ вычислен эквивалентный коэффициент теплопроводности $\lambda_{ЭКВ}$.

$\lambda_{ЭКВ}(\omega) = \delta / R_k$ где δ толщина кладки, м

Этап испытаний №1 $\omega = 2,1$ $\lambda_{ЭКВ} = 0,440 / 2,89 = 0,152 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$. (7)

Этап испытаний №2 $\omega = 1,3\%$ $\lambda_{ЭКВ} = 0,440 / 3,21 = 0,137 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$.

Построен график зависимости эквивалентного коэффициента теплопроводности от влажности кладки $\Delta \lambda_{ЭКВ}$, Вт/(м·°С) рис. 2

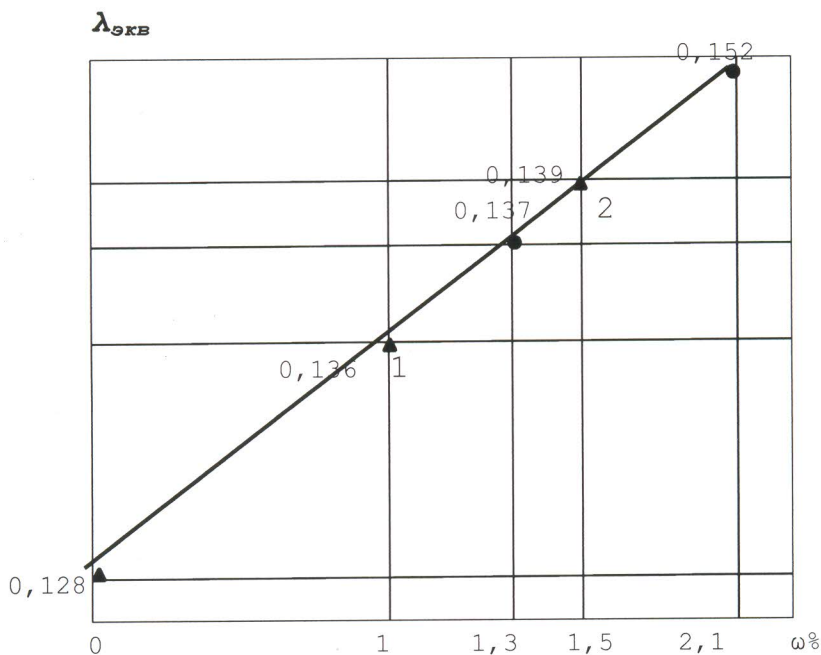


Рис. 2

График зависимости коэффициента теплопроводности от влажности кладки

На графике ● точками показаны экспериментальные значения теплопроводности кладки при влажности 2,1 и 1,3%

Точками ▲ показаны расчетные значения в сухом состоянии и при влажности 1% (условия эксплуатации А) и 1,5% (условия эксплуатации Б)

Определено изменение значения $\lambda_{ЭКВ}$ на один процент влажности $\Delta \lambda_{ЭКВ}$ по формуле

$\Delta \lambda_{ЭКВ} = (\lambda_{ЭКВ1} - \lambda_{ЭКВ2}) / (\omega_1 - \omega_2)$ (8)

$\Delta \lambda_{ЭКВ} = (0,152 - 0,137) / (2,1 - 1,3) = 0,011$

Коэффициент теплопроводности кладки в сухом состоянии λ_0 вычислен по формуле

$$\lambda_{01} = \Delta\lambda_{\text{ЭКВ1}} - \omega_1 \cdot \Delta\lambda_{\text{ЭКВ1}} = 0,152 - 2,1 \times 0,011 = 0,129 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)} \quad \text{или} \quad (9)$$

$$\lambda_{02} = \Delta\lambda_{\text{ЭКВ2}} - \omega_2 \cdot \Delta\lambda_{\text{ЭКВ2}} = 0,137 - 1,3 \times 0,011 = 0,123 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)} \quad (10)$$

$$\lambda_0 = (\lambda_{01} + \lambda_{02}) / 2 = 0,128 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$$

10. Расчетные значения коэффициента теплопроводности кладки из камня КПП-V M100 (KERAKAM-44) для условий эксплуатации А и Б.

Массовое отношение влаги в кладке (ω) в условиях эксплуатации А согласно таблице Г.2 ГОСТ 530-2012г составляет 1%, в условиях эксплуатации Б - 1,5%.

На основании расчетов (формулы 9,10) и графика рис.2 найдены значения коэффициента теплопроводности:

$$\lambda_{0A} = 0,136 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)} \quad \text{(точка №1 рис.2 условия эксплуатации А)}$$

$$\lambda_{0B} = 0,139 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)} \quad \text{(точка №2 рис. 2 условия эксплуатации Б)}$$

11. Выводы:

11.1 По результатам испытаний коэффициент теплопроводности кладки из камня керамического КПП-V M100 (KERAKAM-44) в сухом состоянии $\lambda_0 = 0,128 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

11,2 Для условий эксплуатации А (1% влажности) $\lambda_{0A} = 0,136 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Для условий эксплуатации Б (1,5% влажности) $\lambda_{0B} = 0,139 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

11.3 По измеренным показателям камень керамический КПП-V M100 (KERAKAM-44) производства ЗАО «Самарский комбинат керамических материалов» соответствует ГОСТ 530-2012 и относится к группе изделий высокой эффективности по теплотехническим характеристикам.

Руководитель лаборатории к.т.н.
Г.И. Вайнгартен



Ведущий специалист
Г.А. Макаров

Перечень нормативно-технической документации:

1. ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия».
2. ГОСТ 26254-84 «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций».
3. ГОСТ 25380-82 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции».
4. ГОСТ 7025-91 «Кирпич и камень керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости».
5. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».