

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации  
Федеральное агентство по недропользованию  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых»  
(ФГУП «ЦНИИГеолнеруд»)

**Аналитико-технологический сертификационный испытательный центр**  
Аттестат аккредитации ILAC-APLAC ААЦ «Аналитика» № ААС.А.00016  
Свидетельство о соответствии отраслевым требованиям ФНМЦ ВИМС № 0002  
Свидетельство о допуске к работам по инженерно-экологическим изысканиям № 0030.03-2010-1655010347-И-026  
420097, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зинина 4,  
Тел.: (843)2364793 факс: (843)2364704 e-mail: atsic@geolnerud.net

**ПРОТОКОЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ №160-Т/И-15**  
от 11.11.2015г. (на 4 листах, лист 1)

**Заказчик:** ЗАО «ТУС», Филиал ЗАО «ТУС» Завод «КЕТРА», 429620, Чувашская Республика, с. Красноармейское

**Договор №** 769/15

**Объект исследования:** стена из керамического крупноформатного камня КЕТРА 44

**Дата проведения анализа:** октябрь-ноябрь 2015г.

**Вид анализа:** определение коэффициента теплопроводности ограждающих конструкций

**Сведения об изделии (данные Заказчика):**

Размеры камня, мм – 440 × 250 × 219;

Вес, кг – 16,4

Предел прочности при сжатии, МПа – 5,8

Средняя плотность, кг/м<sup>3</sup> – 685,4

Водопоглощение, % - 21,8

Пустотность, % - 54,7

**Сведения о фрагменте стены:**

Размеры фрагмента стены, мм – 2000 × 2000 × 450;

С теплой и холодной стороны стены покрытие толщиной 5мм из известково-цементной штукатурной смеси плотностью 1200 кг/м<sup>3</sup>;

Вертикальное соединение – пазогребенный стык;

Кладка выполнена на известково-цементно-песчаном (0,9:1,0:8,0) растворе марки 50, средней плотностью 1800 кг/м<sup>3</sup>. Толщина растворного шва составляет 12мм.

Методы определения сопротивления теплопередаче основаны на создании в ограждающей конструкции условий стационарного теплообмена и измерении температуры внутреннего и наружного воздуха, температуры поверхностей ограждающей конструкции, а также плотности теплового потока, проходящего через нее, по которым вычисляют соответствующие искомые величины.

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции определяют при испытаниях в лабораторных условиях в климатических камерах, в которых по обе стороны испытываемого фрагмента создают температурно-влажностный режим, близкий к расчетным зимним условиям эксплуатации, или в натуральных условиях эксплуатации зданий и сооружений в зимний период. Схему размещения первичных преобразователей температур и тепловых потоков составляют на основе проектного решения конструкции.

Руководитель АТСИЦ

Руководитель ТИЦ



Т.З. Лыгина

А.С. Чекмарев



### Аппаратура и оборудование.

Для определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в лабораторных условиях использовалась теплоизолированная климатическая камера, состоящая из холодного отсека, в проем которого был вмонтирован испытываемый фрагмент, и приставного теплого отсека.

Для комплектации климатической камеры использовались компрессоры холодопроизводительностью 3,5 кВт по ОСТ 26-03-2039, устанавливаемые вне камеры, охлаждающие батареи холодильных установок, устанавливаемые внутри холодного отсека для охлаждения в нем воздуха и регуляторы температуры по ГОСТ 9987 для автоматического поддержания заданной температуры воздуха в камере.

Для измерения температур в качестве первичных преобразователей применялись хромель-копелевые термоэлектрические преобразователи по ГОСТ 6651. Для измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающую конструкцию, использовались преобразователи теплового потока. В качестве вторичных измерительных приборов использовался измеритель теплопроводности ИТ-2.

Для измерения температуры и относительной влажности воздуха использовался гигрометр психрометрический, также температура контролировалась с помощью стеклянных термометров расширения по ГОСТ 112 и ГОСТ 27544.

Для определения влажности материалов ограждающих конструкций применялись стаканчики типа СВ по ГОСТ 25336, сушильный электрошкаф по ОСТ 16.0.801.397, лабораторные образцовые весы с наибольшим пределом взвешивания 200 г по ГОСТ 24104, эксикаторы по ГОСТ 25336.

### Методика проведения испытаний.

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 530-2012, ГОСТ 26254-84 и ГОСТ 25380-82 (1987).

Фрагмент кладки испытывался при 2-х разных значениях влажности материала. Первичные преобразователи температур были установлены с обеих сторон ограждающей конструкции. Измерение плотности тепловых потоков проводилось с внутренней (теплой) стороны ограждающих конструкций. Для определения сопротивления теплопередаче части ограждающей конструкции, равномерной по температуре поверхности,  $R_0$ , преобразователи температур и тепловых потоков устанавливались не менее чем в двух характерных сечениях с одинаковым проектным решением. Для определения сопротивления термодатчики располагались в центре термически однородных зон керамического камня и дополнительно в местах с теплопроводными включениями, в углах, в стыках.

Перед установкой преобразователей теплового потока участки поверхности ограждающих конструкций зачищались до устранения видимых и осязаемых на ощупь шероховатостей. Преобразователь был плотно прижат по всей его поверхности к ограждающей конструкции и закреплен в этом положении – этим был обеспечен постоянный контакт преобразователя теплового потока с поверхностью исследуемых участков в течение всех последующих измерений. При креплении преобразователя между ним и ограждающей конструкцией не допускается образование воздушных зазоров. Для исключения их на участке поверхности в местах измерений наносился тонкий слой технического вазелина, перекрывающий неровности поверхности. Преобразователь закреплялся по его боковой поверхности при помощи пластилина.

Для исключения влияния наблюдателя на отсчетное устройство, оно помещалось за защитным экраном.

Замер плотности тепловых потоков, проходящих через фрагмент стены, проводился после установления стационарного режима теплообмена, определяемого по установлению постоянства разности температур на поверхностях стены и плотности теплового потока. Теплотехнические параметры фиксировались с интервалом 5 мин.

Руководитель АТСИЦ

Руководитель ТИЦ



Т.З. Лыгина

А.С. Чекмарев



По окончании испытаний определялась влажность материалов испытываемых ограждающих конструкций. Пробы отбирались шлямбуром из стен на высоте 0,7-1,3 м от уровня пола. Пробы укладывались в боксы и взвешивались на аналитических весах в момент их взятия. Высушивание проб до постоянной массы, взвешивание их и расчет влажности материалов выполнялись в соответствии с ГОСТ 24816.

#### Обработка результатов.

Для каждой термопары определяется среднеарифметическое значение показаний за период наблюдений. Разность температур на поверхностях стены рассчитывается как разность средне-взвешенных значений температур поверхностей стены:

$$\Delta t = t_a - t_n, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

При использовании преобразователя теплового потока, совмещенного с милливольтметром для измерения э.д.с. плотность теплового потока, проходящего через преобразователь,  $q$ , рассчитывается по формуле:

$$q = c \cdot E, \text{ Вт/м}^2$$

где  $c$  - градуировочный коэффициент преобразователя при температуре испытаний,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{мВ})$ ; за среднюю температуру испытаний принимается температура поверхности ограждающей конструкции под преобразователем;  
 $E$  - значение э.д.с., мВ.

Для каждого тепломера рассчитывается среднеарифметическое значение показаний за период наблюдения. Определяется среднее значение плотности теплового потока через испытываемый фрагмент кладки  $q_{cp}$ ,  $\text{Вт/м}^2$

По результатам испытаний определяется приведённое термическое сопротивление кладки  $R^{np}$  при фактической влажности во время испытаний:

$$R^{np} = \Delta t / q_{cp}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$$

По значению  $R^{np}$  определяется коэффициент теплопроводности кладки  $\lambda_{экв}$  при фактическом значении её влажности  $\omega$ ,

$$\lambda_{экв}(\omega) = b / R^{np}, \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$$

где  $b$  - толщина кладки, м.

Проводятся аналогичные испытания фрагмента стены при другом значении влажности кладки.

Определяют изменение значения  $\lambda_{экв}$  на 1% влажности:

$$\Delta \lambda_{экв} = (\lambda_{экв1} - \lambda_{экв2}) / (\omega_1 - \omega_2)$$

Коэффициент теплопроводности кладки в сухом состоянии определяется по формуле:

$$\lambda_0 = \lambda_{экв}(\omega) - \omega \cdot \Delta \lambda_{экв}$$

Коэффициент теплопроводности кладки в сухом состоянии отдельно рассчитывается по значениям коэффициентов теплопроводности  $\lambda_{экв}(\omega_1)$  и  $\lambda_{экв}(\omega_2)$ :

$$\lambda_0^1 = \lambda_{экв}(\omega_1) - \omega_1 \cdot \Delta \lambda_{экв}$$

$$\lambda_0^2 = \lambda_{экв}(\omega_2) - \omega_2 \cdot \Delta \lambda_{экв}$$

За результат принимается среднее значение:

$$\lambda_0 = (\lambda_0^1 + \lambda_0^2) / 2.$$

С использованием  $\Delta \lambda_{экв}$  вычисляется и значение коэффициента теплопроводности для конкретных условий эксплуатации:

$$\lambda_{A(B)} = \lambda_0 + \omega_{A(B)} \cdot \Delta \lambda_{экв}$$

Руководитель АТСИЦ

Руководитель ТИЦ



Т.З. Лыгина

А.С. Чекмарев



**Результаты испытаний:**

**I.** При влажности керамического камня в кладке – 1,5%.

Средняя температура поверхности фрагмента стены: в теплой зоне – 15,5 °С;  
в холодной зоне – -24,5 °С;

среднее значение разности температур по сторонам стены – 40,0 °С;

среднее значение плотности теплового потока – 10,93 Вт/м<sup>2</sup>;

термическое сопротивление кладки – 3,658 м<sup>2</sup>·°С/Вт;

эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки – 0,123 Вт/м·°С.

**II.** При влажности керамического камня в кладке – 1,0%.

Средняя температура поверхности фрагмента стены: в теплой зоне – 15,7 °С;  
в холодной зоне – -24,5 °С;

среднее значение разности температур по сторонам стены – 40,2 °С;

среднее значение плотности теплового потока – 10,54 Вт/м<sup>2</sup>;

термическое сопротивление кладки – 3,813 м<sup>2</sup>·°С/Вт;

эквивалентный коэффициент теплопроводности кладки – 0,118 Вт/м·°С.

На основании значений коэффициентов теплопроводности стены, полученных экспериментально при различных значениях влажности камня в кладке, были рассчитаны значения коэффициентов теплопроводности для абсолютно сухой стены и для стен в условиях эксплуатации А (влажность стены 1,0%) и Б (влажность стены 1,5%):

-абсолютно сухая стена ( $\omega=0\%$ ):  $\lambda_0=0,108$  Вт/м·°С;

-при условиях эксплуатации А ( $\omega=1,0\%$ ):  $\lambda_A=0,118$  Вт/м·°С;

-при условиях эксплуатации Б ( $\omega=1,5\%$ ):  $\lambda_B=0,123$  Вт/м·°С.

Необходимо учесть, что экспериментальные и расчётные значения коэффициента теплопроводности фрагмента стены могут несколько отличаться от фактических, замеренных в условиях эксплуатации зданий. Влияние на значение могут оказывать: климатические условия района, эксплуатационный режим помещений, технология производства строительных работ, качество кладочного раствора, фактическая воздухопроницаемость стен и другие факторы.

**Перечень нормативно-технической документации:**

- ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.
- ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
- ГОСТ 25380-82. Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции.

Испытываемый фрагмент кладки стены выложен «Заказчиком».

Акт приемки проб №160-Т/И-15 от 20.10.2015г.

**Исполнители:** Николаев К.Г.

**Дополнительные сведения:** Отпечатано в 2х экземплярах. 1-й экземпляр, отпечатанный на бланке с логотипом, передан Заказчику, 2-й экземпляр передан в КДГ АТСИЦ. Копии протокола недействительны.

Руководитель АТСИЦ

Руководитель ТИЦ



Т.З. Лыгина

А.С. Чекмарев