

**Государственное унитарное предприятие города Москвы  
«Научно-исследовательский институт московского строительства  
«НИИМосстрой»**

Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21СЛ27  
Свидетельство о включении в реестр № 174


**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор ГУП «НИИМосстрой»  
ДОКТ. ЭКОН. НАУК  
  
М.П. Буров  
2013 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

по возможности применения крупноформатных керамических блоков  
BRAER толщиной 510мм в строительстве

Договор № 234/13/00/13 от «25» марта 2013 г.

Лаборатория № 13 Теплозвукоизоляции и микроклимата зданий

Заведующий лабораторией: канд. тех. наук  И.А.Румянцева  
Тел: 8-499-739-31-07

Москва 2013

Задачей настоящей работы явилось определение возможности применения наружных стен из крупноформатных керамических поризованных камней (блоков) BRAER толщиной 510мм в строительстве московского региона.

В работе дана оценка основных теплотехнических показателей стеновой ограждающей конструкции:

- приведенного сопротивления теплопередаче стен из крупноформатного блока BRAER толщиной  $\delta=0,51$  м, облицовочного кирпича ( $\delta=0,120$  м) и слоя штукатурки ( $\delta=0,02$  м);

- температуры на внутренней поверхности стены;

- температурного перепада между температурами внутреннего воздуха и температурой на внутренней поверхности стены.

Работа выполнена в соответствии с договором № 234/13/00/13 от 25 марта 2013 г.

## **1. Требования к тепловой защите зданий**

Нормами СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» установлены три показателя тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений

здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

В соответствии со СНиП 23-02-2003 требования к тепловой защите здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей «а» и «б» (поэлементный подход).

Следует отметить, что, при поэлементном подходе выполнение указанных поэлементных требований («а» и «б») предъявляется не только к конструкции наружной стены, но и ко всем ограждающим конструкциям жилых и общественных зданий (в т.ч. чердачным перекрытиям, крыше, оконным блокам, монтажным швам).

## 2. Оценка основных теплотехнических показателей стены

В соответствии с СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции можно определить через сопротивление теплопередаче конструкции «по глади» ( $R_0$ ),

$$R_0^{пр} = R_0 \cdot R \quad (2.1)$$

где  $R$  – коэффициент теплотехнической однородности конструкции, учитывающий влияние различных теплопроводных включений.

Сопротивление теплопередаче «по глади» рассматриваемой конструкции из блоков BRAER с облицовочным кирпичом и штукатуркой определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{INT}} + \sum_{i=1}^N \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{EXT}} \quad (2.2)$$

где  $\alpha_{INT}$ ,  $\alpha_{EXT}$  – коэффициенты теплообмена, принимаемые по СНиП 23-02-2003;

$\delta_i$  – толщины слоев конструкции стены;

$\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности отдельных конструктивных слоев.

В данной работе рассматривалась конструкция наружной стены из крупноформатных поризованных блоков BRAER толщиной  $\delta=510$  мм, облицовочного кирпича  $\delta=120$  мм, теплого штукатурного слоя  $\delta=30$  мм на внутренней поверхности стены.

При подстановке численных значений в формулу 2.2 коэффициентов теплопроводности и теплообмена сопротивление теплопередаче конструкции стены составит:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,51}{0,16} + \frac{0,120}{0,51} + \frac{1}{23} = 3,65 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

Для определения  $R_0$  значения коэффициентов теплопроводности для крупноформатных керамических блоков облицовочного кирпича и теплой штукатурки взяты из протоколов сертификационных испытаний.

По результатам сертификационных испытаний расчетное значение коэффициента теплопроводности ( $\lambda_B$ ) для крупноформатных блоков BRAER составляет - 0,16 Вт/м $^\circ$ C.

Значение теплотехнической однородности  $R_0$  принимаем равным 0,89 по результатам расчетов ГУП «НИИМосстрой» наружных стен жилых домов из крупноформатных керамических блоков толщиной 510 мм и облицовочным кирпичом  $\delta=120$  мм.

При подстановке численных значений в (2.1) получим величину приведенного сопротивления теплопередаче стены

$$R_0^{пр} = 0,89 \cdot 3,65 = 3,25 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

По данным расчета приведенное сопротивление теплопередаче рассматриваемой конструкции стены из кирпичных блоков BRAER составляет 3,25 м $^2$   $^\circ$ C/Вт, что удовлетворяет требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и московских городским строительным нормам МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях» для жилых зданий Московского региона: приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не ниже требуемого значения (для г. Москвы  $R_{\text{треб}} = 3,13 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ ).

### 3. Расчет температуры в конструкции наружной стены

Для оценки теплотехнических качеств ограждения требуется оценить не только величину приведенного сопротивления теплопередаче, но также температуры в любой плоскости ограждения. Особенно большое значение для теплотехнической оценки ограждения имеет температура на его внутренней поверхности, т.к. она определяет возможность появления на этой поверхности конденсата, что недопустимо с санитарно-гигиенической точки зрения. Образование конденсата может быть также причиной порчи отделки внутренней поверхности ограждения.

Согласно СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» температура на внутренней поверхности ограждающих конструкций ( $\tau_b$ ) должна быть не ниже минимально допустимого значения, т.е. не ниже точки «росы» ( $\tau_b > \tau_p$ ). Для жилых зданий при расчетной температуре внутреннего воздуха  $+18^\circ\text{C}$  и относительной влажности 55% температура точки росы составляет  $10,7^\circ\text{C}$ .

Расчет температуры на внутренней поверхности ограждения проводим по формуле:

$$\tau_g = T_g - \frac{T_g - T_n}{R_0} R_g \quad (3),$$

где  $\tau_b$  – температура на внутренней поверхности  $n$ -го слоя ограждения, считая нумерацию слоев от внутренней поверхности ограждения,  $^\circ\text{C}$ .

Температуру на границе (поверхности) каждого слоя ограждения определяем по формуле:

$$\tau_m = T_g - \frac{T_g - T_n}{R_0} (R_g + \sum_{n-1} R) \quad (4),$$

где  $\sum_{n-1} R$  - сумма термических сопротивлений  $(n-1)$  первых слоев ограждения,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Расчет температурного режима стены производим для расчетных значений температур внутреннего и наружного воздуха (для Москвы  $t_b = 18^\circ\text{C}$ ,  $t_n = -28^\circ\text{C}$ ).

Поскольку температурный перепад  $\Delta t$  в каждом слое ограждения пропорционален его термическому сопротивлению, разность температур внутреннего и наружного воздуха  $t_{в} - t_{н} = 46^{\circ}\text{C}$  распределяем пропорционально термическим сопротивлениям слоев.

Расчет слоев располагаем следующим образом:

$$R_{в} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}; \quad \Delta t_{в} = 1,5^{\circ}\text{C}; \quad t_{в} = 18 - 1,5 = 16,5^{\circ}\text{C}$$

Сопротивление теплопередаче штукатурки

$$R_1 = \frac{0,02}{0,7} = 0,029 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт} \quad \Delta t_1 = 1,8^{\circ}\text{C}; \quad t_2 = 18 - 1,8 = 16,2^{\circ}\text{C}$$

Сопротивление теплопередаче крупноформатных блоков

$$R_2 = \frac{0,51}{0,16} = 3,188 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт} \quad \Delta t_2 = 42^{\circ}\text{C}; \quad t_3 = 18 - 42 = -24,0^{\circ}\text{C}$$

Сопротивление теплопередаче слоя из облицовочного камня

$$R_3 = \frac{0,12}{0,44} = 0,273 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт} \quad \Delta t_3 = 45,5^{\circ}\text{C}; \quad t_4 = 18 - 45,5 = -27,5^{\circ}\text{C}$$

---


$$R_{н} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

График распределения температуры в стене из крупноформатных кирпичных блоков представлен на рисунке 1.

Из расчета видно, что температура на внутренней поверхности стены (по глади) составляет  $16,5^{\circ}\text{C}$ , что значительно выше температуры точки «росы» ( $t_p = 10,7^{\circ}\text{C}$ ). Указанное удовлетворяет требованию СНиП 23-02-2003.

Плоскость с нулевой изотермой определяем из условия, что температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и «нулевой» изотермой должен составлять  $18^{\circ}\text{C}$ :

$$\frac{t_{в} - t_{н}}{R_0} (R_{г} + \sum R_{изот}) = 18^{\circ}$$

После подстановки численных данных получим:

$$\frac{18 + 28}{3,65} (0,115 + \sum_{n-1} R_{изот}) = 18^{\circ},$$

где  $\sum_{n-1} R_{изот}$  - сумма термических сопротивлений до нулевой изотермы:

Рис.

$$\sum_{n-1} R_{изот} = 1.313$$

Отсюда

$$\sum_{n-1} R_{изот} = R_1 + R_2^{изот} ,$$

где  $R_2^{изот}$  - термическое сопротивление слоя в крупноформатном кирпичном блоке до нулевой изотермы:

$$R^{изот} = 1,313 - 0,029 = 1,284 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Из формулы:

$$R^{изот} = \frac{\delta_{блок}}{\lambda_{блок}} = 1.284 \quad (5),$$

получим, что плоскость с нулевой изотермой находится в керамическом блоке на расстоянии ( $\delta_{блок}$ ) 205 мм от внутренней поверхности стены.

$$\delta_{блок} = 0,16 \cdot 1,284 = 0,205 \text{ м.}$$

**Температурный перепад** для рассматриваемой конструкции кирпичной стены между внутренней температурой воздуха ( $18^{\circ}\text{C}$ ) и внутренней поверхности стены ( $16,5^{\circ}\text{C}$ ) составляет  $1,5^{\circ}\text{C}$ :

$$\Delta T_B = 18 - 16,5 = 1,5^{\circ}\text{C}$$

Температурный перепад соответствует нормативным требованиям: в соответствии со СНиП 23-02-2003 требуемое значение  $\Delta T_B$  для стены должно составлять не более  $4^{\circ}\text{C}$ .



#### 4. Основные результаты и выводы

По результатам теплотехнического расчета конструкция наружной стены из крупноформатных керамических поризованных камней (блоков) BRAER толщиной 0,51 м, облицовочного кирпича ( $\delta=0,12$  м) и слоя штукатурки ( $\delta=0,03$  м) соответствует по теплотехническим показателям нормативным поэлементным требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях»: приведенное сопротивление теплопередаче стены составляет  $3,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  (при требуемом: не менее  $3,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ ); нормативный температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и температурой на внутренней поверхности стены не превышает нормативного ( $4^{\circ}\text{C}$ ) и составляет  $1,5^{\circ}\text{C}$ .

Указанная конструкция стены из крупноформатных керамических блоков BRAER толщиной 510мм может быть рекомендована для применения в московском регионе для малоэтажных (до пяти этажей) жилых домов, таунхаусов и коттеджей.

## Список использованных источников

1. Альбом технических решений. Рекомендации по применению керамических крупноформатных поризованных камней. Группа BRAER. Москва, 2011.
2. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». М, 2005.
3. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». М, 2004.
4. МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях». М,2000.
5. Система сертификации ГОСТ Р. Протокол испытаний по определению коэффициента теплопроводности в кладке крупноформатного камня. ООО ИЭЦ «Стройстандарт».
6. К.Ф.Фокин. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Техническая библиотека НП АВОК. М.2006.
7. Заключение по результатам мероприятий эффективности в блокированном 10-ти секционном жилом доме тип 1 (дом 1) в квартале таунхаусов. ГУП НИИМосстрой, 2012.