

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»
С.В.Малютин
« _____ » _____ 2014 г.

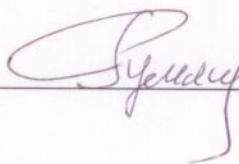


ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по возможности применения крупноформатных керамических поризованных блоков производства ООО «ТД БРАЕР» формата 12,4НФ в строительстве

Договор № 130/13/00/14 от «18» февраля 2014 г.

Лаборатория № 13 Теплозвукоизоляции и микроклимата зданий

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

Регистрационный № 179/13/14



ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР
ГУП «НИИМОССТРОЙ»
ЛАПТЕВА Л. Г.

ГУП «НИИМОССТРОЙ»
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
ПЛАНОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ


Москва 2014

Задачей настоящей работы явилось определение возможности применения наружных стен из крупноформатных керамических поризованных камней (блоков) производства ООО «ТД БРАЕР» [1] формата 12,4НФ в строительстве московского региона.

В работе дана оценка основных нормируемых теплотехнических показателей стеновой ограждающей конструкции:

- приведенного сопротивления теплопередаче стен из крупноформатного блока ООО «ТД БРАЕР» формата 12,4НФ толщиной $b=0,44$ м, облицовочного кирпича ($b=0,120$ м) и слоя теплой штукатурки ($b=0,03$ м);

- температуры на внутренней поверхности стены;

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

Работа выполнена в соответствии с договором № 130/13/00/13 от 18 февраля 2014 г.

1. Требования к тепловой защите зданий

Сводом правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) 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 с СП 50.13330.2012 [2] 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 50.13330.2012 «Проектирование тепловой защиты зданий» приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции можно определить через сопротивление теплопередаче конструкции «по глади» (R_0),

$$R_0^{np} = R_0 \cdot r, \quad (2.1)$$

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

Сопротивление теплопередаче «по глади» рассматриваемой конструкции из блоков Ceramic Termo с облицовочным кирпичом и теплой 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 α_{int} , α_{ext} – коэффициенты теплообмена, принимаемые по СНиП 23-02-2003;

δ_i – толщины слоев конструкции стены;

λ_i – коэффициент теплопроводности отдельных конструктивных слоев.

В данной работе рассматривалась конструкция наружной стены из крупноформатных поризованных блоков БРАЕР толщиной $\delta=440\text{мм}$, облицовочного кирпича $\delta=120\text{ мм}$, теплого штукатурного слоя $\delta=30\text{ мм}$ на внутренней поверхности стены.

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

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,08} + \frac{0,44}{0,154} + \frac{0,120}{0,44} + \frac{1}{23} = 3,628 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Для определения R_0 значения коэффициентов теплопроводности для крупноформатных керамических блоков облицовочного кирпича и теплой штукатурки взяты из протоколов сертификационных испытаний [5,6,7].

По результатам испытаний испытательной лабораторией ООО ИЭЦ «Стройстандарт» [5] коэффициент теплопроводности фрагмента кладки из крупноформатного камня производства ООО «ТД БРАЕР» при плотности камня $770 \text{ кгс}/\text{м}^3$, плотности кладочного раствора в сухом состоянии $750 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотности штукатурного теплоизоляционного раствора $780 \text{ кг}/\text{м}^3$ и средней плотности кладки в сухом состоянии $775 \text{ кг}/\text{м}^3$ составляет:

- в сухом состоянии – $0,139 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{C})$
- при условиях эксплуатации А (влажность кладки 1%) – $0,149 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{C})$
- при условиях эксплуатации Б (влажность кладки 1,5%) – $0,154 \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{C})$

Методика испытаний фрагмента кладки: ГОСТ 530-2012; ГОСТ 26254-84.

Коэффициент теплопроводности для теплой штукатурки с наполнителем из гранул пенополистирола λ_B принимался по данным испытаний ГУП «НИИМосстрой» и Липецкого государственного технического университета [6,7]. Согласно этим испытаниям для штукатурки «Термосиг» с наполнением из гранул пенополистирола составляет $0,08 \text{ Вт}/\text{м} \text{ } ^\circ\text{C}$ (производитель: ООО «Родиус», г.Липецк).

Значение теплотехнической однородности кладки r_0 принималось равным 0,89 по результатам расчетов ГУП «НИИМосстрой» [9] наружных стен такой же толщины жилых домов из крупноформатных керамических блоков с близкими по значению теплотехническими показателями кладки ($\lambda_{\text{б}}=0,14$ Вт/м °С).

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

$$R_0^{\text{пр}} = 0,89 \cdot 3,628 = 3,23 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

По данным расчета приведенное сопротивление теплопередаче рассматриваемой конструкции стены из крупноформатных керамических блоков формата 12,4НФ составляет 3,23 м² °С/Вт, что удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и московских городским строительным нормам МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях»: для жилых зданий Московского региона (для Московского региона: $R_0^{\text{пр}} \geq 3,13 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$).

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 ($\tau_{\text{в}}$) должна быть не ниже минимально допустимого значения, т.е. не ниже точки «росы» ($\tau_{\text{в}} > \tau_{\text{р}}$). Для

жилых зданий при расчетной температуре внутреннего воздуха $+20^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 55% температура точки росы составляет $10,7^{\circ}\text{C}$.

Расчет температуры на внутренней поверхности ограждения проводим по формуле:

$$\tau_{\sigma} = t_{\sigma} - \frac{t_{\sigma} - t_{\text{н}}}{R_0} R_{\sigma} \quad (3),$$

где $\tau_{\text{в}}$ – 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 [8]:

$$\tau_m = t_{\sigma} - \frac{t_{\sigma} - t_{\text{н}}}{R_0} (R_{\sigma} + \sum_{n-1} R) \quad (4),$$

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 $t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{н}} = -28^{\circ}\text{C}$).

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

1. Расчет слоев располагаем следующим образом:

$$R_{\text{в}} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Температурный перепад между температурой воздуха и внутренней поверхностью стены:

$$\Delta t_{\text{в}} = 1,5^{\circ}\text{C}$$

Температура на внутренней поверхности стены:

$$\tau_{\text{в}} = 18 - 1,5 = 16,5^{\circ}\text{C}$$

2. Сопротивление теплопередаче и температурный перепад слоя из «теплой» штукатурки

$$R_1 = \frac{0,03}{0,08} = 0,378 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$\Delta t_1 = 6,4^{\circ}\text{C}$$

Температура на границе «теплая» штукатурка-кладка:

$$t_2 = 18 - 6,4 = 11,6^{\circ}\text{C}$$

3. Сопротивление теплопередаче и температурный перепад крупноформатных блоков

$$R_2 = \frac{0,38}{0,14} = 2,714 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$\Delta t_2 = 41,9^{\circ}\text{C}$$

$$t_3 = 18 - 41,9 = -23,9^{\circ}\text{C}$$

Сопротивление теплопередаче и температурный перепад слоя из облицовочного камня

$$R_3 = \frac{0,12}{0,44} = 0,272 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$\Delta t_3 = 45,5^{\circ}\text{C}$$

$$t_4 = 18 - 45,5 = -27,5^{\circ}\text{C}$$

$$R_n = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

График распределения температуры в стене из крупноформатных кирпичных блоков формата 12,4НФ 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 СП 50.1333.2012.

Определение плоскости с нулевой изотермой

Плоскость с нулевой изотермой определяем из условия, что температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и «нулевой» изотермой должен составлять 18°C :

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

После подстановки численных данных получим:

$$\frac{18 + 28}{3,628} (0,115 + \sum_{n-1} R_{изот}) = 18^{\circ},$$

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

$$\sum_{n-1} R_{изот} = 1,305$$

Отсюда

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

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

$$R^{изот} = 1,305 - 0,378 = 0,927 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Из формулы:

$$R^{изот} = \frac{\delta_{блок}}{\lambda_{блок}} = 0,927 \quad (5), \quad \delta_0 = \lambda_{блок} \cdot 0,927$$

получим, что плоскость с нулевой изотермой находится в керамическом блоке на расстоянии (δ_0) 172 мм от внутренней поверхности блока, или с учетом слоя «теплой» штукатурки ($\delta=0,03\text{м}$) на расстоянии 172мм от внутренней поверхности стены:

$$\delta_0 = 0,154 \cdot 0,927 = 0,142 \text{ м.}$$

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

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

Расчетное значение температурного перепада ниже 4°C , т.е. соответствует нормативным требованиям: в соответствии с СП 50.1333.2012 требуемое значение перепада воздух – поверхность стены $\Delta t_{\text{в}}$ для стены должно составлять не более 4°C .

Таким образом, по расчетным данным конструкция керамического блока формата 12,4НФ обеспечивает все нормативные теплотехнические требования при условии эксплуатации в Московском регионе.

График распределения температуры в наружной кирпичной стене из керамических блоков ООО «ТД БРАЕР» толщиной 440мм представлен на рисунке.

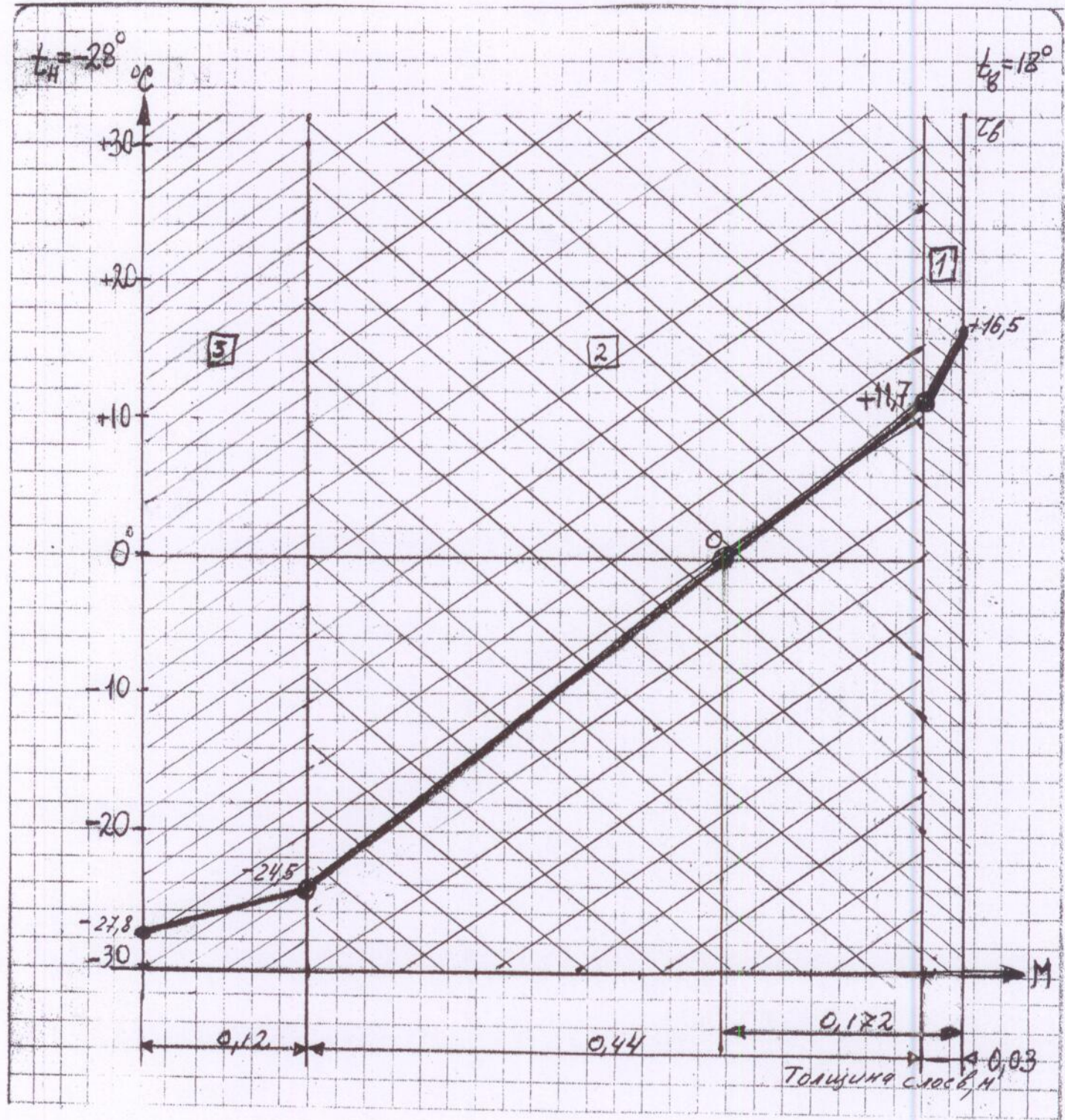


Рис. Изменение температуры ($^{\circ}\text{C}$) в наружной стене из крупноформатных керамических блоков ООО «ТД БРАЕР» формата 12,4НФ.

- 1 - «теплый» штукатурный слой
- 2 - крупноформатный блок
- 3 - облицовочный кирпич

Основные результаты и выводы

По результатам теплотехнического расчета конструкция наружной стены из крупноформатных керамических поризованных камней (блоков) (формата 12,4НФ по ГОСТ 530-2012) производства ООО «ТД БРАЕР» толщиной 0,44 м, облицовочного кирпича ($\delta=0,12$ м) и слоя «теплой» 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 $3,23 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; нормативный температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и температурой на внутренней поверхности стены не превышает нормативного (4°C) и составляет $1,5^\circ\text{C}$.

Указанная конструкция стены из крупноформатных керамических блоков производства ООО «ТД БРАЕР» формата 12,4НФ с внутренним слоем из «теплой» штукатурки ($\delta=0,03\text{м}$) может быть рекомендована для применения в московском регионе для малоэтажных (до трех этажей) жилых домов, таунхаусов, коттеджей и высотноэтажном строительстве.

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. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003), М. 2012.
4. МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях». М,2000.
5. Система сертификации ГОСТ Р. Протокол испытаний № 169 от 16.01.2014г. по определению коэффициента теплопроводности в кладке крупноформатного камня ООО ИЭЦ «Стройстандарт».
6. Заключение по результатам испытаний смеси сухой теплоизоляционной штукатуркой производства ООО «Родиус». ГУП НИИМосстрой, М.2012.
7. Заключение по результатам лабораторных испытаний образцов теплоизоляционного штукатурного материала «Термофикс» на основе заполнителя из пенополистирола производства ООО «Родиус». Минобрнауки России. Липецкий государственный технический университет. М.2011.
8. К.Ф.Фокин. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Техническая библиотека НП АВОК. М.2006.
9. Заключение по результатам мероприятий по повышению эффективности в блокированном 10-ти секционном жилом доме тип 1 (дом 1) в квартале таунхаусов. ГУП НИИМосстрой, 2012.
9. Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки энергоэффективности зданий, РНТО строителей, М.2000.