

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Повышение тепловой защиты при реконструкции храма Сергия Радонежского в Волгограде

С.В. Корниенко¹

ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 400074,
Россия, Волгоград, Академическая, 1.

Информация о статье

УДК 699.86

Научная статья

История

Подана в редакцию 6 марта 2014

Оформлена 16 мая 2014

Согласована 27 мая 2014

Ключевые слова

православный храм;
ограждающая конструкция;
тепловая защита;
тепловой комфорт;
реконструкция.

АННОТАЦИЯ

Приоритетным направлением современной архитектуры и строительства является энергоэффективность и энергосбережение. Повышение тепловой защиты и обеспечение комфортных условий микроклимата помещений необходимы в течение всего жизненного цикла здания — при проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции зданий. Особенно актуальна эта проблема для объектов культурного наследия, представляющих историческую и архитектурно-художественную ценность. Сохранение памятников истории и культуры, являющихся всенародным достоянием, важно как для нынешнего поколения, так и для потомков. Данная статья посвящена решению проблемы повышения тепловой защиты при реконструкции храма Сергия Радонежского в Волгограде. На основе визуально-инструментального обследования выявлены многочисленные дефекты наружных стен пристройки к храму, допущенные в процессе строительства, которые не могут обеспечить надежные и безопасные условия эксплуатации объекта. Выполнена оценка теплотехнических показателей наружных стен колодцевой кладки на основе расчета температурно-влажностного режима с учетом краевых зон. По результатам расчета установлено, что применение в соответствии с проектным решением в качестве утеплителя минераловатных плит обеспечивает минимально допустимые требования по тепловой защите. Однако крайне низкое значение коэффициента теплотехнической однородности свидетельствует о неэффективном конструктивном решении наружных стен. Расчетная оценка показала, что применение в качестве утеплителя монолитного полистиролбетона, согласно предложению автора, значительно повышает теплотехническую однородность наружных стен. Указанная рекомендация реализована на практике в 2013 году.

Содержание

1.	Введение	40
2.	Обзор литературы	40
3.	Постановка задачи	41
4.	Описание исследования	41
	Объект исследования	41
	Визуально-инструментальное обследование объекта	44
	Расчетная оценка теплотехнических показателей наружных стен	44
5.	Заключение	48

¹

Контактный автор:

+ 7 (988) 491 2459, svkorn2009@yandex.ru (Корниенко Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент)

1. Введение

Приоритетным направлением современной архитектуры и строительства является энергоэффективность и энергосбережение. Повышение тепловой защиты и обеспечение комфортных условий микроклимата помещений необходимы в течение всего жизненного цикла здания — при проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции зданий. Особенно актуальна эта проблема для объектов культурного наследия, представляющих историческую и архитектурно-художественную ценность. Сохранение памятников истории и культуры, являющихся всенародным достоянием, важно как для нынешнего поколения, так и для потомков.

Строительство и реконструкция культовых зданий, с точки зрения тепловой защиты, имеет свою специфику. Поэлементную оценку уровня теплозащиты ограждающих конструкций следует производить по минимально допустимому сопротивлению теплопередаче исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий. Обязательной является проверка санитарно-гигиенического показателя для обеспечения условия недопустимости выпадения конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций при расчетных условиях. Оценка энергоэффективности культовых зданий, как правило, не производят ввиду уникальности зданий как объектов культурного наследия.

Основные требования по тепловой защите ограждающих конструкций культовых зданий отражены в СП 31–103–99 «Здания, сооружения и комплексы православных храмов». Однако в настоящее время этот документ во многом устарел и нуждается в актуализации.

В актуализированной редакции СНиП 23–02–2003 (СП 50.13330.2012) нормы не распространяются на тепловую защиту культовых зданий.

В настоящее время отсутствуют научно обоснованные технические решения по теплозащите ограждающих конструкций как вновь строящихся, так и реконструируемых культовых зданий. Следует отметить, что при теплозащите культовых зданий перед проектировщиком стоят ограничения и по выбору схемы утепления ограждающих конструкций. Размещение утеплителя снаружи, наиболее благоприятное с теплотехнической точки зрения и поэтому часто используемое на практике в массовом строительстве, в данном случае не представляется возможным в связи с конструктивными и декоративными особенностями наружных стен. Размещение утеплителя со стороны помещений опасно с точки зрения влажностного режима и зачастую также невозможно в связи со спецификой внутренней отделки помещений богослужения. Наличие теплоизоляционного слоя в толще стены требует устройства конструктивных связей, являющихся «мостиками холода». Подобные теплотехнические неоднородные участки ограждающих конструкций приводят к формированию в оболочке здания сложных двух- и трехмерных температурных и влажностных полей, что значительно усложняет проведение теплотехнического расчета.

Указанные выше обстоятельства затрудняют проектирование, строительство и реконструкцию культовых зданий и требуют индивидуального подхода к проектированию с привлечением высококвалифицированных специалистов. Этим определяется актуальность рассматриваемой проблемы.

2. Обзор литературы

Проблеме тепловой защиты и повышения качества микроклимата помещений культовых зданий посвящены работы [1–13]. В статье [1] на основе анализа энергопотребления и состояния окружающей среды показана необходимость термомодернизации и обновления источников теплоты в культовых зданиях. В обзорной статье [2] выполнен мониторинг тепловлажностного состояния в церквях Испании при использовании традиционных отопительных систем. На примере церкви Аya Baniya [3] проведено исследование состояния исторических зданий в г. Испарта (Турция) и показана необходимость их восстановления и защиты. В работе [4] представлена интегрированная модель, позволяющая выполнить оценку температурно-влажностного режима в помещениях церкви и его влияния на работу органа. В статье [5] приведены результаты динамического моделирования влажности каменных стен собора Лечче (Cathedral of Lecce) (Южная Италия). На основе CFD-модели и локальных измерений в работе [6] исследуются условия по созданию однородного температурного поля вокруг труб органа в церкви Св. Мартина (St. Martin church) в г. Обересслинген (Германия). В статье [7] приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по созданию параметров микроклимата в подклетах православных храмов. В работах [8, 9] выполнена оценка влияния внешних аэродинамических характеристик на параметры микроклимата в православных храмах. В статье [10] кратко освещены современные проблемы создания микроклимата в православных храмах и представлены основные результаты теоретических и практических исследований по улучшению их отопления и вентиляции. В

статье [11] представлены результаты комплексного обследования храма «Во имя святой, животворящей Троицы» (г. Балаково). Работа [12] посвящена анализу причин неблагоприятного состояния подвалов исторических зданий в Санкт-Петербурге. Результаты мониторинга Кронштадтского Морского собора с использованием динамических параметров отражены в статье [13].

Проблеме повышения тепловой защиты зданий за счет совершенствования ограждающих конструкций с тепловыми мостами посвящены работы [14 - 23]. В статье [14] эта проблема обсуждается для зданий Скандинавских стран. Обзорная статья [15] посвящена сравнительному анализу методов расчета теплозащиты ограждающих конструкций с теплопроводными включениями в России и США. В статье [16] на основе термоэлектрической аналогии разработан «метод эквивалентной стены» для динамического моделирования тепловых мостов [17]. В статье [18] рассмотрены многомерные динамические модели для оценки теплозащитных свойств тепловых мостов на основе метода частотной характеристики (frequency response method). В статье [19] выполнена оценка влияния уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на потери тепловой энергии, эксплуатационные затраты и затраты топливно-энергетических ресурсов в течение отопительного периода. В работе [20] показано, что совершенствование краевых зон ограждающих конструкций имеет высокий потенциал энергоэффективности. В статье [21] на основе натурных измерений и численного моделирования переноса тепла и влаги в ограждающих конструкциях показано, что ухудшение теплозащиты может быть вызвано нарушениями, допущенными в ходе строительства и реконструкции здания. В работе [22] предложен алгоритм теплотехнического расчета строительных ограждающих конструкций с краевыми зонами, который позволяет выполнить поэлементную оценку теплозащиты здания с учетом его формы [23]. В статье [24] обсуждаются возможности энергетической модернизации общественных зданий.

Проведенный обзор литературы позволил сформулировать цель и задачи исследования.

3. Постановка задачи

Целью данной работы является оценка теплотехнических показателей наружных стен при реконструкции храма Сергия Радонежского в Волгограде и разработка предложений по повышению эффективности его теплозащиты.

Из поставленной цели вытекают следующие задачи:

- провести визуально-инструментальное обследование объекта;
- выполнить расчетную оценку теплотехнических показателей наружных стен здания;
- разработать предложения по повышению тепловой защиты наружных стен здания.

4. Описание исследования

Объект исследования

Объектом исследования является храм Преподобного Сергия Радонежского в Волгограде (рис. 1). Здание построено в 1999 году. В 2011 году начата реконструкция храма, в ходе которой предполагается возведение пристройки со стороны западного фасада храма в виде дополнительного отапливаемого объема для размещения помещений богослужебного назначения.

Необходимость проведения теплофизических исследований пристройки к храму обусловлена требованием заказчика. Определение фактических теплотехнических показателей по результатам натурных измерений на момент проведения исследований не представляется возможным в связи с незавершенностью строительно-монтажных работ. Исследования теплозащитных свойств пристройки к храму были проведены в два этапа. На первом этапе выполнено визуально-инструментальное обследование с целью определения фактического технического состояния объекта. На втором этапе дана расчетная оценка теплотехнических показателей наружных стен с использованием полученных фактических данных и материалов проектной документации.

Визуально-инструментальное обследование выполнено автором в конце сентября 2012 года. Фрагмент наружной стены пристройки к храму в общем виде показан на рис. 2. Фрагменты наружной стены, содержащей краевые зоны, показаны на рис. 3, 4.

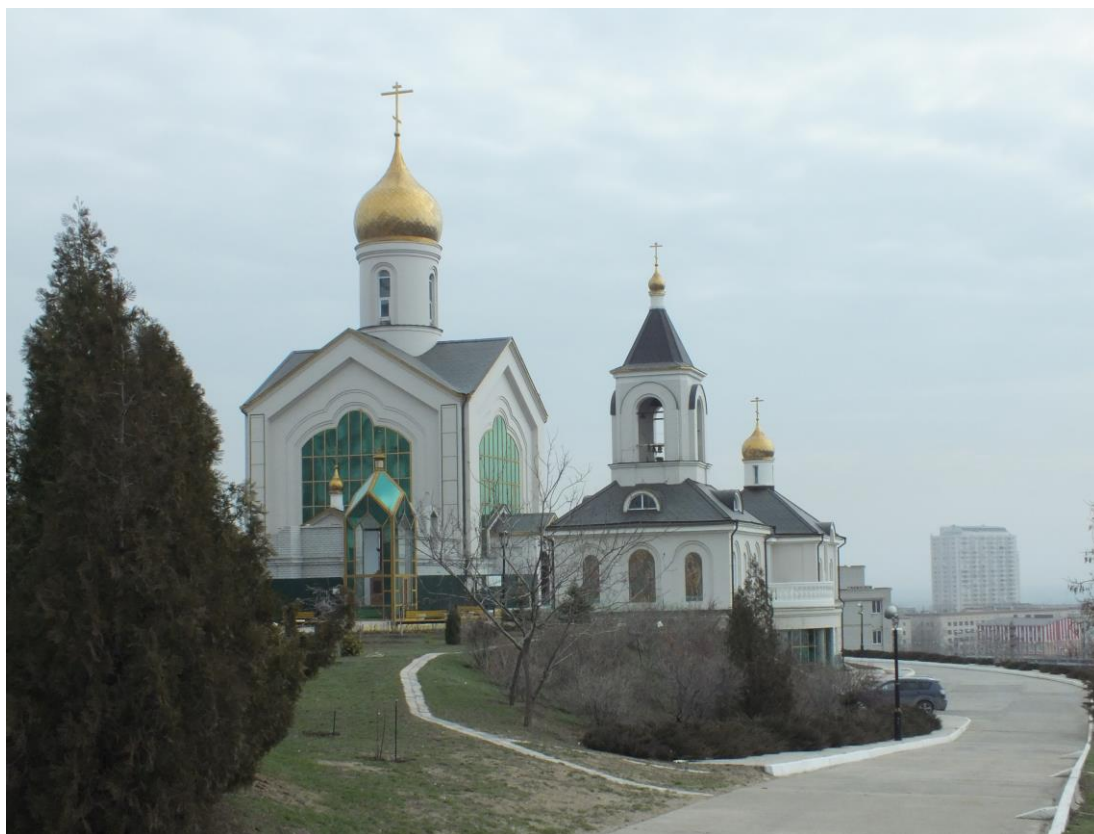


Рисунок 1. Общий вид храма со стороны главного входа



Рисунок 2. Фрагмент наружной стены пристройки к храму

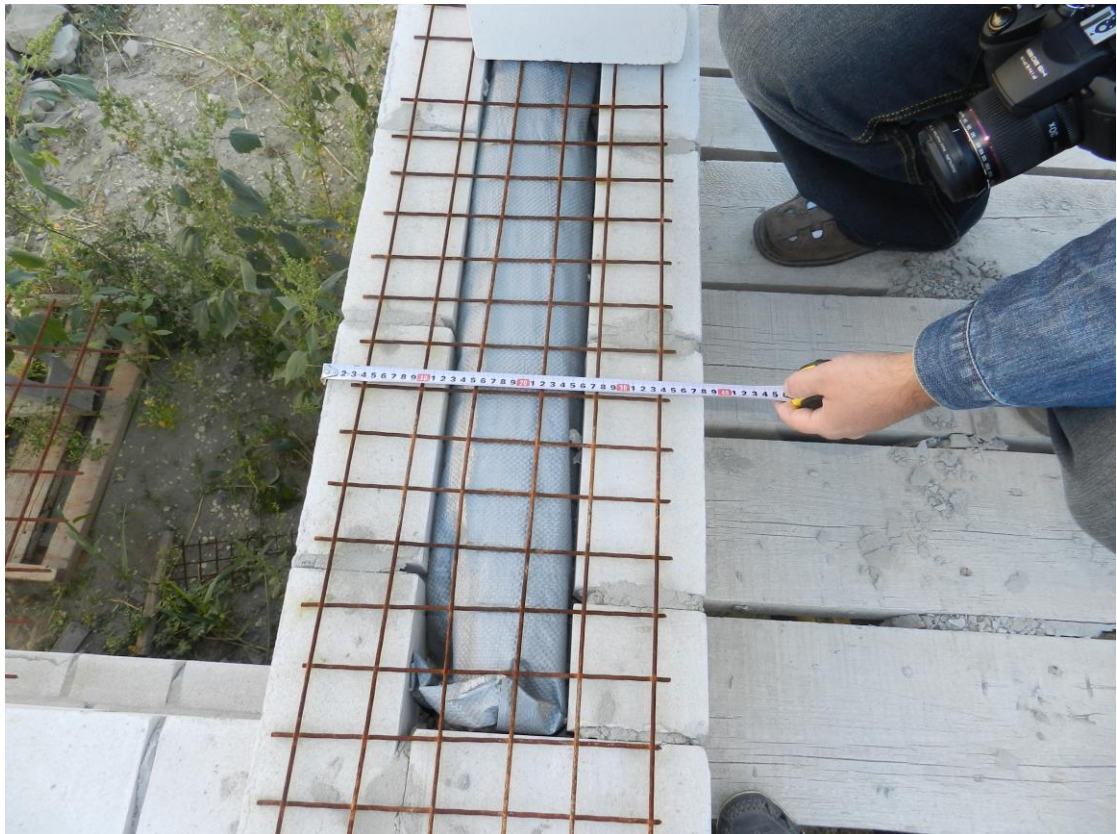


Рисунок 3. Фрагмент наружной стены в зоне утеплителя кирпичной кладки



Рисунок 4. Фрагмент наружной стены в зоне вертикального ребра и горизонтального прокладного ряда кирпичной кладки

Конструктивная система пристройки к храму каркасная, с металлическим каркасом. Наружные стены выполнены в виде колодцевой кладки из полнотелого силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе с эффективным минераловатным утеплителем. Общая толщина стены 380 мм, в том числе: внутреннего слоя — 120 мм, утеплителя — 140 мм, наружного слоя — 120 мм (рис. 3). Для связи внутреннего и наружного слоев кладки использованы кирпичные вертикальные ребра жесткости шириной 120 мм с шагом в осях 1,2 м и горизонтальные прокладные ряды высотой 100 мм (с учетом растворного шва) с шагом в осях 0,6 м. Горизонтальные прокладные ряды армированы металлической сеткой. Для защиты от увлажнения утеплителя предусмотрена гидро- и пароизоляция. Внутренняя поверхность стены подготовлена под штукатурку, наружная — под облицовку фасадной плиткой.

Визуально-инструментальное обследование объекта

На основе визуально-инструментального обследования выявлены многочисленные дефекты наружных стен, допущенные в процессе строительства:

- не обеспечена непрерывность тепловой изоляции наружных стен в плоскости фасада (рис. 3);
- не обеспечено плотное примыкание теплоизоляции к сквозным теплопроводным включениям в колодцевой кладке (рис. 3, 4);
- отсутствует крепление теплоизоляции в полостях кирпичной кладки (рис. 4);
- не обеспечена непрерывность пароизоляционного слоя (рис. 4), предусмотренного проектом;
- имеются многочисленные сквозные теплопроводные включения в виде вертикальных кирпичных ребер кладки и горизонтальных армированных прокладных рядов (рис. 3, 4), которые снижают теплотехническую однородность наружных стен;
- имеются незаполненные швы кладки (рис. 3), что может привести к ухудшению эксплуатационных качеств наружных стен вследствие фильтрации воздуха;
- фактически примененный теплоизоляционный материал не соответствует проекту.

Указанные дефекты не могут обеспечить надежные и безопасные условия эксплуатации объекта.

Расчетная оценка теплотехнических показателей наружных стен

Расчетная оценка теплотехнических показателей наружных стен выполнена на основе поэтажных требований.

Требование по сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций имеет следующий вид (формула (1)):

$$R_h^{des} \geq R_h^{req}, \quad (1)$$

где R_h^{des} — расчетное приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции; R_h^{req} — нормируемое сопротивление теплопередаче.

Нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен определяется исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий по формуле (2):

$$R_h^{req} = \frac{n(t_{int}^{des} - t_{ext}^{des})}{\alpha_h^{si} \Delta t_n}, \quad (2)$$

где n — коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции относительно внутреннего и наружного воздуха; $t_{int}^{des} = 16\text{ °C}$ — расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно п. 9.7* СП 31–103–99; $t_{ext}^{des} = -25\text{ °C}$ — расчетная температура наружного воздуха в холодный период года; α_h^{si} — коэффициент теплообмена у внутренней поверхности ограждения, равный $8,7\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$; Δt_n — нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый согласно п. 9.2 СП 31–103–99 (не более 4 °C).

В [20] приведена методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с учетом температурно-влажностного режима в краевых зонах. Там же показано, что краевые

зоны могут существенно снизить теплозащиту ограждений. Для ограждающей конструкции, содержащей / краевых зон, расчетное приведенное сопротивление теплопередаче определяется по формуле (3):

$$R_h^{des} = \frac{R_h^{con}}{1 + \frac{1}{A} \sum_{i=1}^l k_i^{ez} A_i^{ez}}, \quad (3)$$

где R_h^{con} — сопротивление теплопередаче по глади наружной стены; A — расчетная площадь наружной стены; l — число краевых зон в ограждающей конструкции; k_i^{ez} , A_i^{ez} — соответственно коэффициент влияния и площадь зоны влияния i -й краевой зоны, определяемые на основе расчета температурно-влажностного режима по температурному полю [20].

Указанная методика позволяет оценить влияние краевых зон на теплозащитные свойства ограждающих конструкций. Оценка теплозащитных свойств ограждений производится путем сравнения расчетного приведенного сопротивления теплопередаче, определяемого по формуле (3), с нормируемым значением.

Для оценки эффективности конструктивного решения удобно использовать коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, определяемый по формуле (4):

$$r = \frac{R_h^{des}}{R_h^{con}}, \quad (4)$$

Рекомендуемые значения r для ряда ограждающих конструкций приведены в ГОСТ Р 54851–2011 «Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче». Более высокие значения коэффициента теплотехнической однородности свидетельствуют о меньшем влиянии краевых зон на теплозащиту ограждающих конструкций.

Проверка санитарно-гигиенического показателя сводится к следующему условию (формула (5)):

$$t_{si}^{des} > t_d, \quad (5)$$

где t_{si}^{des} — расчетная температура на внутренней поверхности ограждающей конструкции; t_d — точка росы внутреннего воздуха, определяемая при расчетных параметрах.

Расчетная температура на внутренней поверхности ограждения t_{si}^{des} определяется по температурному полю.

Расчет температурно-влажностного режима выполнен для фрагмента наружной стены в зоне вертикального кирпичного ребра на основе программно-вычислительного комплекса «Энергоэффективность и тепловая защита зданий (ЭНТЕЗА)» [21]. Расчет выполнен по двум вариантам, с применением различных теплоизоляционных материалов: 1 — минераловатных плит, согласно проектному решению; 2 — монолитного полистиролбетона, по предложению автора. Геометрические и теплофизические характеристики, используемые в расчете по варианту 1, приняты на основе натурных данных и проектной документации, по варианту 2 — с использованием натурных данных и ГОСТ Р 51263–99. Применение полистиролбетона рекомендуется ГОСТ Р 51263–99 в качестве теплоизоляции в колодцевой кладке для обеспечения надежных и безопасных условий эксплуатации объекта.

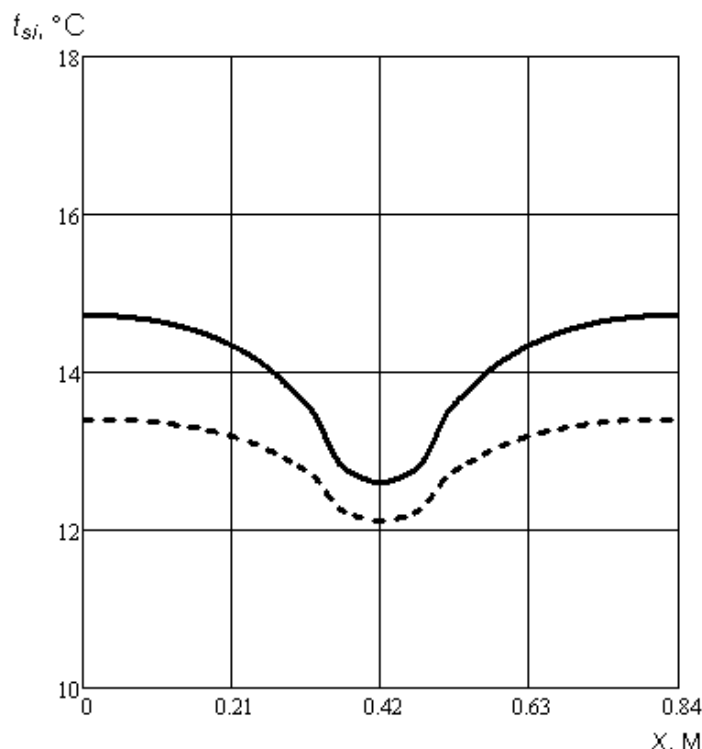


Рисунок 5. Профили температуры на внутренней поверхности фрагмента наружной стены в зоне кирпичного ребра

На рис. 5 приведены профили температуры $t_{si}(x)$ на внутренней поверхности фрагмента наружной стены в зоне кирпичного ребра, построенные на основе расчета температурного поля. Сплошной линией показаны результаты расчета по первому варианту, пунктиром — по второму варианту. Минимальная температура на внутренней поверхности отмечается по оси кирпичного ребра: по первому варианту — 12,6 °C, по второму — 12,1 °C. По мере удаления от ребра температура повышается, достигая максимального значения по глади стены: по первому варианту — 14,72 °C, по второму — 13,39 °C. Применение в качестве утеплителя полистиролбетона обеспечивает более высокую однородность температурного поля, а, следовательно, меньшее влияние краевой зоны на теплозащиту конструкции. Изменение температуры от минимального до максимального значения происходит на полосе шириной 0,42 м. Площадь зоны влияния (от оси кирпичного ребра) рассматриваемого фрагмента единичной длины равна $A^{ez} = 0,42 \text{ м}^2/\text{м}$. Средняя температура на площади зоны влияния фрагмента наружной стены равна 14,043 °C по первому варианту и 13,002 °C по второму.

Используем полученные данные для определения тепловых потоков, проходящих через ограждающую конструкцию.

Тепловой поток Q_h^{des} , проходящий через зону влияния площадью A^{ez} , определяется по формуле (6):

$$Q_h^{des} = \alpha_h^{si} A^{ez} (t_{int}^{des} - t_{si}^{av}), \quad (6)$$

где t_{si}^{av} — средняя температура в зоне влияния краевой зоны.

$Q_h^{des} = 7,15 \text{ Вт}$ по первому варианту и $Q_h^{des} = 10,95 \text{ Вт}$ по второму.

Тепловой поток Q_h^{con} , проходящий по глади фрагмента стены той же площади, определяется по формуле (7):

$$Q_h^{con} = \alpha_h^{si} A^{ez} (t_{int}^{des} - t_{si}^{con}), \quad (7)$$

где t_{si}^{con} — температура по глади фрагмента стены.

$Q_h^{con} = 4,68 \text{ Вт}$ по первому варианту и $Q_h^{con} = 9,54 \text{ Вт}$ по второму.

На основе полученных значений теплового потока определим коэффициент влияния краевой зоны: $k^{ez} = 0,528$ для первого варианта и $k^{ez} = 0,148$ для второго варианта. Приведенные значения коэффициента влияния краевой зоны могут быть использованы и для горизонтального прокладного ряда без армирующей металлической сетки. В случае применения армирующей металлической сетки рекомендуется использовать значения k^{ez} с повышающим коэффициентом 1,1. Для пластиковых армирующих сеток повышающий коэффициент не вводится. Результаты расчета значений коэффициента влияния и площади зоны влияния различных краевых зон наружной стены приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения коэффициента влияния k_i^{ez} и площади зоны влияния A_i^{ez} для краевых зон наружной стены

Краевая зона ограждения	k_i^{ez}	A_i^{ez} , м ² /м
Теплопроводное включение в виде вертикального кирпичного ребра или горизонтального прокладного ряда без армирующей сетки в трехслойной кирпичной стене колодцевой кладки с утеплением:		
– минераловатными плитами	0,528	0,42
– монолитным полистиролбетоном	0,148	0,42
Теплопроводное включение в виде горизонтального кирпичного прокладного ряда с металлической армирующей сеткой в трехслойной кирпичной стене колодцевой кладки с утеплением:		
– минераловатными плитами	0,581	0,42
– монолитным полистиролбетоном	0,163	0,42

Используем полученные результаты для определения расчетного приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен.

В наружной стене выделим многократно повторяющийся участок размером 1,12×0,6 м (H), ограниченный осями вертикальных соседних ребер кирпичной кладки и горизонтальных соседних прокладных рядов. Примем таким образом выделенный участок в качестве расчетного. Площадь расчетного участка 0,672 м². В границах расчетного участка суммарная длина вертикальных ребер $l_1 = 2 \cdot 0,6 = 1,2$ м, горизонтальных прокладных рядов $l_2 = 2 \cdot 1,12 = 2,24$ м. В горизонтальных прокладных рядах расположена армирующая металлическая сетка. Используя данные табл. 1, определим суммарную площадь зоны влияния теплопроводных включений: вертикальных ребер $A_1^{ez} = 0,42 \cdot 1,2 = 0,504$ м², горизонтальных прокладных рядов $A_2^{ez} = 0,42 \cdot 2,24 = 0,941$ м². По табл. 1 определим коэффициент влияния теплопроводных включений в наружной стене с утеплением минераловатными плитами: вертикального кирпичного ребра $k_1^{ez} = 0,528$, горизонтального прокладного ряда $k_2^{ez} = 0,581$. Коэффициент влияния теплопроводных включений в наружной стене с утеплением монолитным полистиролбетоном: вертикального кирпичного ребра $k_1^{ez} = 0,148$, горизонтального прокладного ряда $k_2^{ez} = 0,163$. Сопротивление теплопередаче по глади наружной стены с утеплением: минераловатными плитами $R_h^{con} = 3,68$ м²·°C/Вт, монолитным полистиролбетоном $R_h^{con} = 1,81$ м²·°C/Вт. По формуле (3) расчетное приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены с утеплением: минераловатными плитами $R_h^{des} = 1,67$ м²·°C/Вт, монолитным полистиролбетоном $R_h^{des} = 1,35$ м²·°C/Вт. По формуле (4) для наружной стены с утеплением: минераловатными плитами $r = 0,454$, монолитным полистиролбетоном $r = 0,746$.

Поскольку в расчете не учтены другие краевые зоны (углы наружной стены, оконные откосы, узлы сопряжения наружной стены с внутренними стенами), то теплозащитные качества наружной стены будут еще ниже. Выполнить оценку влияния всех краевых зон на теплозащиту наружных стен не представляется возможным ввиду отсутствия необходимых для расчета проектных данных.

Результаты расчета показателей тепловой защиты наружной стены приведены в табл. 2.

Таблица 2. Расчетные показатели тепловой защиты наружной стены

Наименование показателя	Обозначение, ед. изм.	Значение показателя по вариантам расчета	
		1	2
Расчетное приведенное сопротивление теплопередаче	R_h^{des} , м ² ·°C/Вт	1,67	1,35
Расчетная температура на внутренней поверхности	t_{si}^{des} , °C	12,6	12,1
Коэффициент теплотехнической однородности	r	0,454	0,746

Нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен по формуле (2) $R_h^{req} = 1,18 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Точка росы при расчетной температуре внутреннего воздуха $t_{int}^{des} = 16 \text{ °C}$ и относительной влажности $\varphi_{int}^{des} = 50 \%$ равна $5,6 \text{ °C}$.

Анализ результатов позволяет сделать вывод о том, что конструкция наружной стены отвечает требованиям по теплозащите как по первому, так и по второму варианту. Однако крайне низкое значение коэффициента теплотехнической однородности по варианту 1 свидетельствует о неэффективном конструктивном решении наружных стен, предусмотренном проектом.

Применение в качестве утеплителя монолитного полистиролбетона значительно повышает теплотехническую однородность наружных стен и рекомендуется для практической реализации.

После завершения реконструкции при приемке здания в эксплуатацию следует осуществить тепловизионный контроль качества тепловой защиты здания с целью обнаружения скрытых дефектов строительства и их устранения. Кроме того, рекомендуется выполнить комплексную оценку теплозащиты ограждающих конструкций оболочки здания на основе натурных измерений с целью определения их фактических теплотехнических показателей.



Рисунок 6. Фрагмент наружной стены с утеплением монолитным полистиролбетоном (июль 2013 года)

Указанная рекомендация по использованию в качестве утеплителя наружных стен монолитного полистиролбетона была реализована на практике в 2013 году.

5. Заключение

По результатам проведенных исследований сформулированы выводы:

1. На основе визуально-инструментального обследования выявлены многочисленные дефекты наружных стен пристройки к храму, допущенные в процессе строительства, которые не могут обеспечить надежные и безопасные условия эксплуатации объекта.

2. Выполнена оценка теплотехнических показателей наружных стен колодцевой кладки на основе расчета температурно-влажностного режима с учетом краевых зон. По результатам расчета установлено, что применение в соответствии с проектным решением в качестве утеплителя минераловатных плит обеспечивает минимально допустимые требования по тепловой защите. Однако крайне низкое значение

коэффициента теплотехнической однородности свидетельствует о неэффективном конструктивном решении наружных стен.

3. Расчетная оценка показала, что применение в качестве утеплителя монолитного полистиролбетона, согласно предложению автора, значительно повышает теплотехническую однородность наружных стен. Указанная рекомендация реализована на практике в 2013 году.

Литература

1. Woroniak G., Piotrowska-Woroniak J. Effects of pollution reduction and energy consumption reduction in small churches in Drohiczyn community // *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 72. Pp. 51–61.
2. Varas-Muriel M.J., Martínez-Garrido M.I., Fort R. Monitoring the thermal-hygrometric conditions induced by traditional heating systems in a historic Spanish church (XII-XVIC.) // *Energy and Buildings*. 2014. (In Press, Accepted Manuscript).
3. Turk Ali, Elif Celebi M. Research, protection and restoration studies on the historical fabric of Isparta, using Aya Baniya Church as an example // *Building and Environment*. 2006. Vol. 41. Issue 12. Pp. 1867–1871.
4. Van Schijndel A.W.M., Schellen H.L., De Wit M.H. Improved HVAC operation to preserve a church organ // *Building and Environment*. 2009. Vol. 44. Issue 1. Pp. 156–168.
5. D'Agostino D. Moisture dynamics in an historical masonry structure: The Cathedral of Lecce (South Italy) // *Building and Environment*. 2013. Vol. 63. Pp. 122–133.
6. Pitsch S., Holmberg S., Angster J. Ventilation system design for a church pipe organ using numerical simulation and on-site measurement // *Building and Environment*. 2010. Vol. 45. Issue 12. Pp. 2629–2643.
7. Кочев А.Г., Пасякина О.В. Основные зависимости для расчета тепловлажностных характеристик, влияющих на микроклимат и сохранность подклетов православных храмов // *Приволжский научный журнал*. 2007. № 3. С. 75–81.
8. Соколов М.М. Влияние внешних аэродинамических характеристик на создание и поддержание требуемых параметров микроклимата в православных храмах // *Вестник МГСУ*. 2011. Т. 1. № 1. С. 407–412.
9. Кочев А.Г., Соколов М.М. Теоретические и экспериментальные исследования влияния внешних аэродинамических характеристик на параметры микроклимата в православных храмах // *Приволжский научный журнал*. 2011. № 1. С. 58–64.
10. Гавей О.Ф., Старкова Л.Г. Исследование воздушных режимов и оптимизация отопления и вентиляции в православных храмах // *Вестник МГСУ*. 2011. № 7. С. 283–287.
11. Землянский А.А., Аридов В.А., Вертынский О.С. Активный мониторинг несущей конструкции храма "Во имя Святой Животворящей Троицы", г. Балаково // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. №7(33). С. 63–69.
12. Старцев С.А. Анализ причин неблагополучного состояния подвалов в Санкт-Петербурге // *Инженерно-строительный журнал*. 2009. № 2. С.31–42.
13. Савин С.Н., Демишин С.В., Ситников И.В. Мониторинг уникальных объектов с использованием динамических параметров по ГОСТ Р 53778–2010 // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 7(25). С. 33–39.
14. Berggren B., Wall M. Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes – Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology // *Energy and Buildings*. 2013. Vol. 65. Pp. 331–339.
15. Matrosov Yu.A., Butovsky I.N., Childs K.V. Results of comparing solutions of calculation problems of enclosing structures with thermal bridges by Soviet and American methods // *Energy and Buildings*. 1990. Vol. 14. Issue 4. Pp. 303–311.
16. Martin K., Escudero C., Erkoreka A., Flores I., Sala J.M. Equivalent wall method for dynamic characterization of thermal bridges // *Energy and Buildings*. 2012. Vol. 55. Pp. 704–714.
17. Martin K., Erkoreka A., Flores I., Odriozola M., Sala J.M. Problems in the calculation of thermal bridges in dynamic conditions // *Energy and Buildings*. 2011. Vol. 43. Issues 2–3. Pp. 529–535.
18. Mao G., Johannesson G. Dynamic calculation of thermal bridges // *Energy and Buildings*. 1997. Vol. 26. Issue 3. Pp. 233–240.
19. Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. №8(34). С. 4–14.

20. Корниенко С.В. Оценка влияния краевых зон ограждающих конструкций на теплозащиту и энергоэффективность зданий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8(26). С. 5–12.
21. Корниенко С.В. Комплексная оценка теплозащиты ограждающих конструкций оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 7(33). С. 43–49.
22. Корниенко С.В. Теплотехнический расчет строительных конструкций с краевыми зонами // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2013. №. 34(53). С. 22–29.
23. Корниенко С.В. Учет формы при оценке теплозащиты оболочки здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 5(10). С. 20–27.
24. Vatin N.I., Nemova D.V., Murgul V., Pukhkal V., Golik A., Chizhov E. Reconstruction of administrative buildings of the 70's: The possibility of energy modernization. Journal of Applied Engineering Science / Istrazivanja i Projektovanja za Privredu. 2014. №. 1. Pp. 37–44.

Thermal performance elevation at Sergey Radonezhskiy temple reconstruction in Volgograd

S.V. Korniyenko¹

Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering, 1 Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia.

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 6 March 2014
Received in revised form 16 May 2014
Accepted 27 May 2014

Keywords

orthodox temple;
enclosure structure;
thermal performance;
thermal comfort;
reconstruction

ABSTRACT

The priority direction of modern architecture and construction is energy efficiency and energy saving. Thermal performance elevation and thermal comfort indoor climate supporting are necessary during all life cycle of the building — at design, construction, operation and reconstruction of buildings. This problem is especially actual for the cultural heritage objects which are of historical and architectural and art value. Preservation of the history and the cultures monuments which are national property, it is important both for present generation, and for descendants. In this article the thermal performance elevation problem solution at St. Sergey Radonezhskiy temple reconstruction in Volgograd is given. On the basis of visual and tool inspection numerous defects of external walls of additional building to the temple by construction which can't provide reliable and safe conditions are revealed. The assessment of hollow masonry thermotechnical parameters by use of temperature and moisture mode method with consideration for edge effects zones is executed. By results of calculation it is established that application according to the design as mineral wool insulation provides minimum admissible requirements for thermal performance. However the lowest value of heat transfer performance uniformity factor testifies to the inefficient design constructive consideration of external walls. The settlement assessment showed that application of monolithic polystyrene concrete, according to the author idea, considerably increases the heat transfer performance uniformity factor of external walls. The specified recommendation is realized in practice in 2013.

¹

Corresponding author:

+ 7 (988) 491 2459, svkorn2009@yandex.ru (Sergey Valerjevich Korniyenko, Ph. D., Associate Professor)

References

1. Woroniak G., Piotrowska-Woroniak J. Effects of pollution reduction and energy consumption reduction in small churches in Drohiczyn community. *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 72. Pp. 51–61.
2. Varas-Muriel M.J., Martínez-Garrido M.I., Fort R. Monitoring the thermal-hygrometric conditions induced by traditional heating systems in a historic Spanish church (XII-XVIC.). *Energy and Buildings*. 2014. (In Press, Accepted Manuscript).
3. Turk Ali, Elif Celebi M. Research, protection and restoration studies on the historical fabric of Isparta, using Aya Baniya Church as an example. *Building and Environment*. 2006. Vol. 41. Issue 12. Pp. 1867–1871.
4. Van Schijndel A.W.M., Schellen H.L., De Wit M.H.. Improved HVAC operation to preserve a church organ. *Building and Environment*. 2009. Vol. 44. Issue 1. Pp. 156–168.
5. D'Agostino D. Moisture dynamics in an historical masonry structure: The Cathedral of Lecce (South Italy). *Building and Environment*. 2013. Vol. 63. Pp. 122–133.
6. Pitsch S., Holmberg S., Angster J. Ventilation system design for a church pipe organ using numerical simulation and on-site measurement. *Building and Environment*. 2010. Vol. 45. Issue 12. Pp. 2629–2643.
7. Kochev A.G., Pasyakina O.V. Osnovnyye zavisimosti dlya rascheta teplovlazhnostnykh kharakteristik, vliyayushchikh na mikroklimat i sokhrannost podkletov pravoslavnykh khramov [Fundamental dependencies for calculation of heat-and-humidity properties influencing upon microclimate and preservation of church cellars]. *Privolzhsky Scientific Journal*. 2007. №. 3. Pp. 75–81. (rus)
8. Sokolov M.M. Vliyaniye vneshnikh aerodinamicheskikh kharakteristik na sozdaniye i podderzhaniye trebuyemykh parametrov mikroklimata v pravoslavnykh khramakh [The influence of external aerodynamical characteristic on creation and maintenance of required microclimat parameters in ortodox temples]. *Vestnik MGSU*. 2011. Vol. 1. №. 1. Pp. 407–412. (rus)
9. Kochev A.G., Sokolov M.M. Teoreticheskiye i eksperimentalnyye issledovaniya vliyaniya vneshnikh aerodinamicheskikh kharakteristik na parametry mikroklimata v pravoslavnykh khramakh [Theoretical and experimental study of the influence of external aerodynamic characteristics on microclimate parameters in orthodox temples]. *Privolzhsky Scientific Journal*. 2011. №. 1. Pp. 58–64. (rus)
10. Gavey O.F., Starkova L.G. Issledovaniye vozdukhnykh rezhimov i optimizatsiya otopeniya i ventilyatsii v pravoslavnykh khramakh [The study of air streams and the improvement of heating and ventioation in the orthodox temples]. *Vestnik MGSU*. 2011. №. 7. Pp. 283–287. (rus)
11. Zemlyanskiy A.A., Aridov V.A., Vertynskiy O.S. Aktivnyy monitoring nesushchey konstruksii khrama "Vo imya Svyatoy Zhivotvoryashchey Troitsy", g. Balakovo [Active monitoring of bearing structure of St. Trinity Church in Balakovo]. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. №. 7(33). Pp. 63–69. (rus)
12. Startsev S.A. Analiz prichin neblagopoluchnogo sostoyaniya podvalov v Sankt-Peterburge [The analysis of the reasons of an unsuccessful condition of cellars in St. Petersburg]. *Magazine of Civil Engineering*. 2009. №. 2. Pp.31–42. (rus)
13. Savin S.N., Demishin S.V., Sitnikov I.V. Monitoring unikalnykh obyektov s ispolzovaniyem dinamicheskikh parametrov po GOST R 53778–2010 [Monitoring of unique buildings with using of dynamic parameters according to GOST R 53778-2010]. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. №. 7(25). S. 33–39. (rus)
14. Berggren B., Wall M. Calculation of thermal bridges in (Nordic) building envelopes – Risk of performance failure due to inconsistent use of methodology. *Energy and Buildings*. 2013. Vol. 65. Pp. 331–339.
15. Matrosov Yu.A., Butovsky I.N., Childs K.V. Results of comparing solutions of calculation problems of enclosing structures with thermal bridges by Soviet and American methods. *Energy and Buildings*. 1990. Vol. 14. Issue 4. Pp. 303–311.
16. Martin K., Escudero C., Erkoreka A., Flores I., Sala J.M. Equivalent wall method for dynamic characterization of thermal bridges. *Energy and Buildings*. 2012. Vol. 55. Pp. 704–714.
17. Martin K., Erkoreka A., Flores I., Odriozola M., Sala J.M.. Problems in the calculation of thermal bridges in dynamic conditions. *Energy and Buildings*. 2011. Vol. 43. Issues 2–3. Pp. 529–535.
18. Mao G., Johannesson G. Dynamic calculation of thermal bridges. *Energy and Buildings*. 1997. Vol. 26. Issue 3. Pp. 233–240.
19. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Vliyaniye urovnya teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruksiy na velichinu poter teplovoy energii v zdanii [Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building]. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. №. 8(34). Pp. 4–14. (rus)

20. Korniyenko S.V. Otsenka vliyaniya krayevykh zon ograzhdayushchikh konstruktsiy na teplozashchitu i energoeffektivnost zdaniy [The estimation of enclosing structures edge zones influence on thermal performance and energy efficiency of buildings]. Magazine of Civil Engineering. 2011. №. 8(26). Pp. 5–12. (rus)
21. Korniyenko S.V. Kompleksnaya otsenka teplozashchity ograzhdayushchikh konstruktsiy obolochki zdaniya [The complex assessment of a thermal performance of the building envelope]. Magazine of Civil Engineering. 2012. №. 7(33). Pp. 43–49. (rus)
22. Korniyenko S.V. Учет формы при оценке теплозащиты оболочки здания [The accounting of the form at the assessment of the thermal performance of the envelopes]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. №. 5(10). Pp. 20–27. (rus)
23. Korniyenko S.V. Teplotekhnicheskiy raschet stroitelnykh konstruktsiy s krayevymi zonami [Thermophysical calculations for building constructions with rim zones]. Vestnik VolgGASU. 2013. Vol. 34(53). Pp. 22–29. (rus)
24. Vatin N.I., Nemova D.V., Murgul V., Pukhkal V., Golik A., Chizhov E. Reconstruction of administrative buildings of the 70's: The possibility of energy modernization. Journal of Applied Engineering Science / Istrazivaniya i Projektovaniya za Privredu. 2014. №. 1. Pp. 37–44.