

Анализ «мостиков холода» с целью выявления недостатков монолитного домостроения в г. Воронеже

О. А. Сотникова¹ ✉, М. И. Целярицкая¹, Ю. О. Пащенко¹

¹ Воронежский государственный технический университет
ул. 20-летия Октября, д. 84, г. Воронеж 394006, Российская Федерация

✉ e-mail: ksenija.sotnikova@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. В данной статье проанализированы тепловизионные обследования жилых помещений в монолитных домах 2018-го и 2019-го гг. постройки в городе Воронеже. На основании нормативных требований Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» ставится вопрос о существующих недостатках в конструктивных узлах монолитного перекрытия, связанных с ошибками при проектировании и монтаже. Такие ошибки приводят к образованию мест, через которые происходят потери теплоты – «мостиков холода». «Мостики холода» ухудшают энергоэффективные свойства конструкций и провоцируют излишние затраты на эксплуатацию зданий.

Методы. В рассматриваемой статье используется метод тепловизионного обследования для бесконтактной диагностики «мостиков холода».

Результаты. Анализ термограмм основан на выявлении причин возникновения нарушений теплоизоляции наружных ограждающих конструкций или снижения ее качества. Основным критерием сравнения различных участков поверхности ограждающих конструкций является разница температур в выбранной точке на сравниваемом участке поверхности. Разница температур между температурой внутри помещения и температурой поверхности стены жилого дома по ул. 45-ой Стрелковой Дивизии превышает +6,0°C при нормируемом значении $\Delta t_n = +4,0^\circ\text{C}$. Разница температур между температурой внутри помещения и температурой поверхности стены жилого дома по улице Хользунова превышает +11,0°C при нормируемом значении $\Delta t_n = +4,0^\circ\text{C}$.

Заключение. Вышеприведенные результаты тепловизионного обследования позволяют сделать вывод, что по периметру консольных дисков перекрытий либо не были установлены термовкладыши, либо смонтированы с грубыми ошибками. Неконтролируемая потеря теплоты через зафиксированные «мостики холода» приводит к значительному увеличению расхода теплоты на отопление здания. Это противоречит закону № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности». Исключить существующие мостики в эксплуатируемых квартирах достаточно трудозатратно. Целесообразно предотвратить их образование на стадии проектирования и при выполнении монтажных работ с помощью перфорации монолитной плиты перекрытия. Применение термовкладышей приводит к уменьшению удельных теплопотерь в среднем в 1,5 раза и практически исключает промерзание в стандартных условиях.

Ключевые слова: монолитное домостроение; «мостик холода»; теплоизоляционный вкладыш; тепловизионное обследование.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Сотникова О. А., Целярицкая М. И., Пащенко Ю. О. Анализ «мостиков холода» с целью выявления недостатков монолитного домостроения в г. Воронеже // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022; 26(3): 21-34. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-34>.

Поступила в редакцию 27.07.2022

Подписана в печать 19.08.2022

Опубликована 30.09.2022

Analysis of "Cold Bridges" in Order to Identify Shortcomings of Monolithic Housing Construction in Voronezh

Olga A. Sotnikova ¹ ✉, Margarita I. Tselyaritskaya ¹, Yulia O. Pashchenko ¹

¹ Voronezh State Technical University
20-letiya Oktyabrya str. 84, Voronezh 394006, Russian Federation

✉ e-mail: ksenija.sotnikova@yandex.ru

Abstract

Purpose of research. This article analyzes thermal imaging surveys of residential premises in monolithic houses built in 2018 and 2019 in the city of Voronezh. Based on the regulatory requirements of Federal Law No. 261-F3 "On Energy Saving and energy Efficiency improvement", the question is raised about the essential shortcomings in the structural units of the monolithic overlap associated with errors in design and installation. Such errors lead to the formation of places through which heat losses occur - "cold bridges". "Cold bridges" worsen the energy-efficient properties of structures and provoke excessive costs for the operation of buildings

Methods. In the article under consideration, the method of thermal imaging is used for non-contact diagnostics of "cold bridges".

Results. The analysis of thermograms is based on identifying the causes of violations of thermal insulation of external enclosing structures or a decrease in its qualities. The main criterion for comparing different surface areas of enclosing structures is the temperature difference at the selected point on the compared surface area. The temperature difference between the indoor temperature and the surface temperature of the wall of a residential building on the 45th Rifle Division Street exceeds +6.0 °C with a normalized value of $\Delta t_{ext} = +4.0$ °C. The temperature difference between the indoor temperature and the surface temperature of the wall of a residential building on Kholzunov Street exceeds +11.0 °C with a normalized value of $\Delta t_{ext} = +4.0$ °C.

Conclusion. The above results of the thermal imaging survey allow us to conclude that thermal pads were either not installed along the perimeter of the cantilever ceiling discs, or were mounted with gross errors. Uncontrolled loss of heat through fixed "cold bridges" leads to a significant increase in heat consumption for heating the building. This is contrary to Law No. 261-FZ "On Energy Conservation and Energy Efficiency Improvement". It is quite labor-intensive to eliminate existing bridges in operated apartments. It is advisable to prevent their formation at the design stage and during installation work by means of perforation of a monolithic floor slab. The use of thermal pads leads to a decrease in specific heat loss by an average of 1.5 times and practically eliminates freezing under standard conditions.

Keywords: monolithic housing construction; "cold bridge"; thermal insulation liner; thermal imaging examination.

Conflict of interest. *The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: Sotnikova O. A., Tselyaritskaya M. I., Pashchenko Y. O. Analysis of "Cold Bridges" in Order to Identify Shortcomings of Monolithic Housing Construction in Voronezh. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2022; 26(3): 21-34 (In Russ.). [https://doi.org/ 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-34](https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-34).

Received 27.07.2022

Accepted 19.08.2022

Published 30.09.2022

Введение

Монолитное домостроение по ряду причин превалирует на фоне панельных и кирпичных зданий. Преимущества этого способа возведения зданий становятся особенно актуальными с принятием закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности»¹. Широкие возможности технологии монолитного домостроения позволяют решить актуальные проблемы в перспективе устойчивого развития строительной индустрии. Экологическое строительство, которое включает в себя решение комплекса задач, таких как архитектурные, строительные, экологические, градостроительные, экономические и социальные, имеет определение «устойчивое строительство».

Для решения экологической задачи устойчивого развития, необходимо минимизировать воздействие тепловлажностных дефектов строительных конструкций на эксплуатацию дома. Повреждения, определение которых визуаль-

но представляется возможным, подвергаются тепловизионной диагностике. Тепловизионные обследования выявляют так называемые «мостики холода».

«Мостики холода» – одни из самых распространенных повреждений строительных конструкций. Различают разнообразные типы «мостиков холода»: обусловленные конструктивными особенностями, свойствами материала конструкций, расположением (геометрией) [1]. Так геометрические «мостики холода» представляют собой стык однородных материалов со схожей плотностью, но диаметрально противоположными по величине коэффициента теплопроводности. Индикатором «мостиков холода» служат низкие показатели температур на поврежденных поверхностях, повышенные трансмиссионные потери и возникновение «точек росы».

Физические свойства материалов конструкций способствуют капиллярному перемещению в своей толще, а повышенная влажность создает благоприятные условия для тепловлажностных повреждений. Более того, отсутствие систематического проветривания помещения влечет за собой перенасыщение воздуха водяными парами. Избыток влаги в воздухе при опреде-

¹ Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009. № 261-ФЗ. Ст. 93.

ленной температуре не способен больше удерживаться и выделяется в форме капель воды. Температура, при которой это явление наблюдается, носит название температуры «точки росы». В этом случае относительная влажность воздуха составляет 100%.

В помещении существуют такие слои воздуха, которые имеют непосредственный контакт с более холодными поверхностями строительных элементов. Эти слои охлаждаются значительно быстрее других – до температуры поверхности [2]. Если в области «мостика холода» минимальная температура поверхности ниже температуры «точки росы», следовательно, и температура воздуха в этой зоне также ниже температуры «точки росы». В результате этого влага, содержащаяся в этом слое воздуха, выделяется в виде конденсата на холодной поверхности [3].

Стихийные теплопотери возможны в уязвимых местах, таких как углы помещений, стыки стен, узлы дверных и оконных проемов, балконы и выступающие плиты.

Ряд мер по повышению теплозащитных свойств, учет теплотехнической неоднородности, контроль качества строительно-монтажных работ – это то, что позволяет избежать образования «мостиков холода».

Материалы и методы

Избежать образования «мостиков холода» на стадии возведения монолитного дома – сложная задача, как правило

решением проблемы «утечки теплоты» занимаются после сдачи объекта в эксплуатацию, когда температура наружного воздуха достигает отрицательных значений [4]. Телевизор-современный прибор для диагностики строительных конструкций. Тепловизионное обследование – получение изображения объектов с помощью исходящего от них теплового (инфракрасного) излучения [5].

Метод тепловизионного обследования сконцентрирован на дистанционном измерении полей температур поверхностей ограждающих конструкций. Результатом является снимок в инфракрасном изображении. Тепловизор воспринимает электромагнитное излучение строительной конструкции: чем выше ее температура, тем она ярче. Вычисление сопротивлений теплопередаче и температур внутренних поверхностей ограждающих конструкций основано на фиксации разности температур между внутренней и наружной поверхностями ограждения.

Бесконтактная диагностика с применением тепловизионной технологии позволяет также выявить ошибки при проектировании и монтаже на ранних стадиях их образования, что снижает потребность в дорогостоящих мероприятиях по усилению конструкций [6, 7, 8, 9, 10].

Результаты и их обсуждение

Одной из основных задач теплосбережения и формирования комфортного микроклимата при эксплуатации жилого дома является создание эффективной

теплоизоляции наружных ограждающих конструкций. Уровень теплозащиты и параметры микроклимата в жилых помещениях регламентируются, соответственно нормативным документам СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

На стадии проектирования монолитного жилого дома предусматривают поэтажное опирание наружных стен на консольные выпуски дисков перекрытий. Этот способ подразумевает наиболее четкое разделение конструктивных элементов на несущие и ограждающие конструкции по функциональному на-

значению. Безусловно, наличие «мостиков холода» возможно в местах опирания наружной ограждающей конструкции на перекрытие [11, 12, 13].

На стадии монтажных работ предусматривают расположение термовкладышей по периметру с отступом от края на 100 мм [14].

Для сопряжений с плитой перекрытия минимальные температуры на внутренней поверхности стены зависят от толщины стены и наличия перфорации [15]. В узлах данного вида промерзание практически не наблюдается. Пример применения данного решения представлен на рис.1.



Рис. 1. Термовкладыши в монолитном перекрытии

Fig. 1. Thermal pads in a monolithic overlap

При соблюдении условий энергосбережения, обеспечения санитарно-гигиенических условий смоделируем изополя температур в программном обеспечении LIRA LAND (рис.2). За темпе-

ратуру внутреннего воздуха принято $t_{вн}=+20^{\circ}\text{C}$, температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью $0,92 t_{н} = - 24^{\circ}\text{C}$.

Минимальная температура в месте размещения теплопроводных включений не превышает нормируемый температурный перепад равный $\Delta t^{\text{н}}=+4^{\circ}\text{C}$, следовательно, санитарно-гигиеническое условие [7] выполнено. Приходим к выводу, что «мостики холода» отсутствуют.

Были выполнены экспериментальные исследования в жилых зданиях г. Воронеж по ул. 45-ой Стрелковой Дивизи

и ул. Хользунова при проведении которых использовался тепловизор TESTO 865 (серийный номер 62280818).

Обследование вышеупомянутых жилых домов, находящиеся в эксплуатации с 2019-го и 2018-го гг., проводилось бесконтактным способом.

Основные технические характеристики тепловизора TESTO 865 представлены в табл.1.

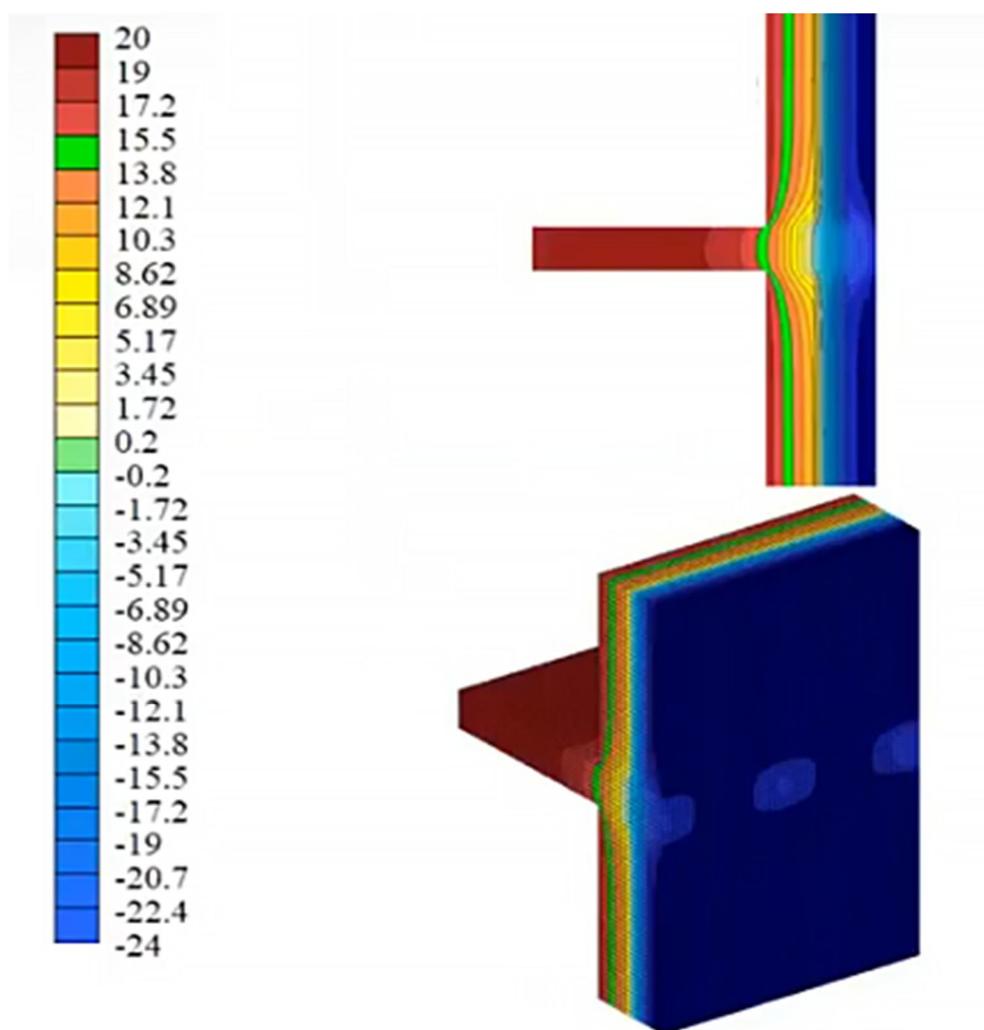


Рис. 2. Термографическая визуализация перфорации выпусков дисков монолитного перекрытия

Fig. 2. Thermographic visualization of perforation of monolithic overlap disk releases

Обзорное термографирование внутренних поверхностей ограждающих конструкций выполнялось в жилых поме-

щениях, имеющих характеристики, приведенные в табл.2.

Таблица 1. Технические характеристики TESTO 865**Table 1.** Technical characteristics of TESTO 865

№п/п	Наименование / Name	Значение / Meaning
1	Размер детектора, пикселей	160x120
2	Диапазон измерения температур, °С	от минус 20 до плюс 280 from minus 20 to plus 280
3	Температурная чувствительность (NETD), мК, не более	120
4	Рабочая температура, °С	от минус 15 до плюс 50 from minus 15 to plus 50
5	Точность измерения, °С, не более	2

Таблица 2. Характеристики исследуемых жилых зданий**Table 2.** Technical characteristics of TESTO 865

№ п/п	Местоположение / Location	Тип здания / Type of building	Ввод в эксплуатацию, год / Commissioning, year	Количество этажей / Number of floors	Температура наружного воздуха, °С / The temperature of the air on the gun, °С	Температура в жилом помещении, °С / Temperature in the living room, °С
1	ул. 45-й Стрелковой Дивизии	Монолитный	2019	25	минус 15,0 minus 15.0	плюс 22,5 plus 22.5
2	ул. Хользунова Holzunova str .	Кирпично-монолитный	2018	17	минус 14,0 minus 14.0	плюс 21,0 plus 21.0

Детальные замеры производились в перпендикулярном направлении к стене либо при отклонении, не превышающем 30°. Термографирование выполнялось последовательно, с покадровой записью термограмм и одновременным измере-

нием, и фиксацией температур реперных участков. На рис.3, 4, 5, 6 зона темного цвета обозначает область максимально пониженных значений температур на внутренней поверхности ограждения.

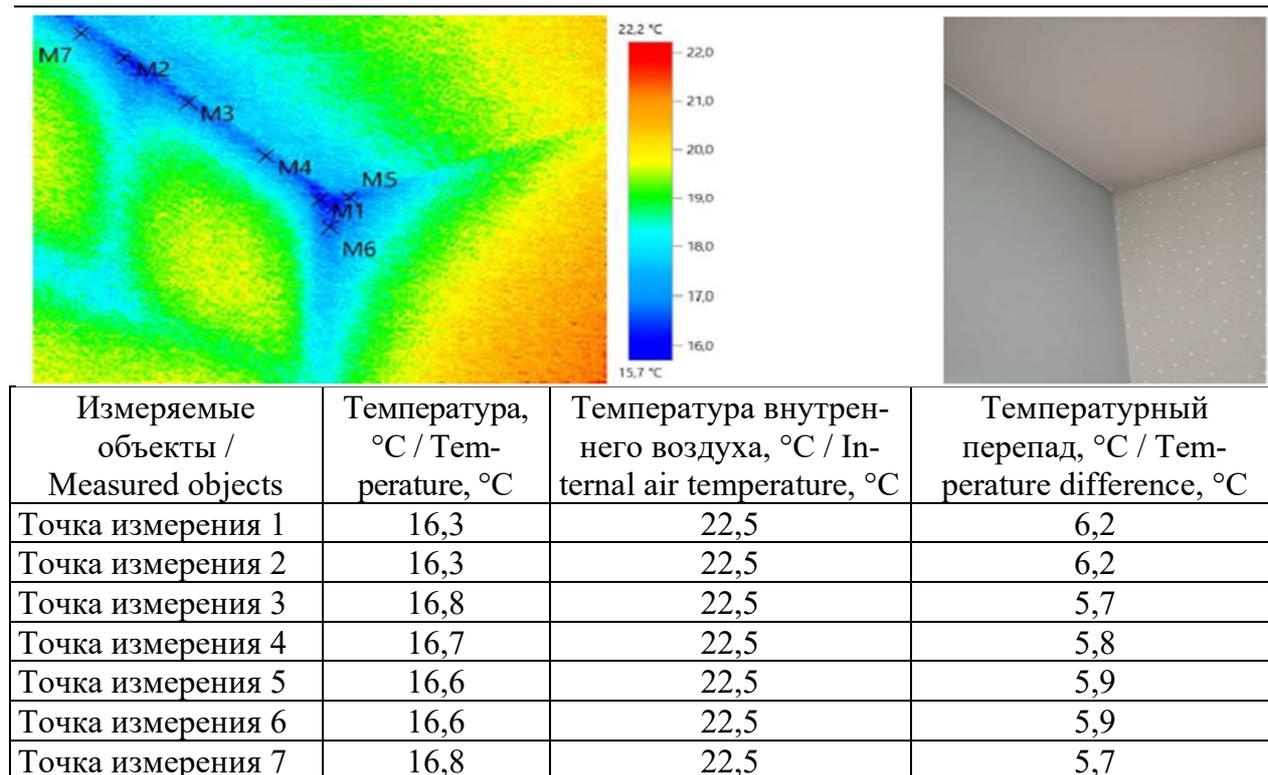


Рис. 3. Результаты тепловизионного обследования верхней зоны внешней стены жилого дома по ул. 45-ой Стрелковой Дивизии

Fig. 3. Results of thermal imaging examination of the upper zone of the outer wall of a residential building on the ul. 45 Strelkovoi Divizii

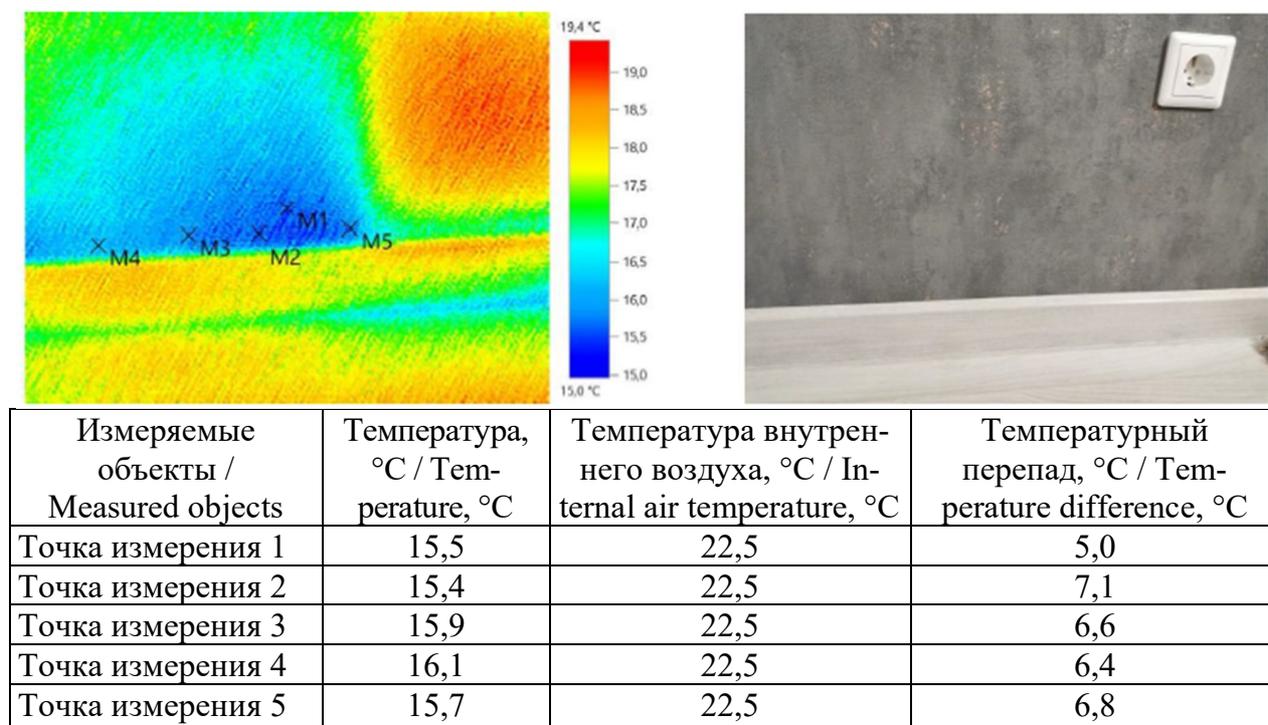
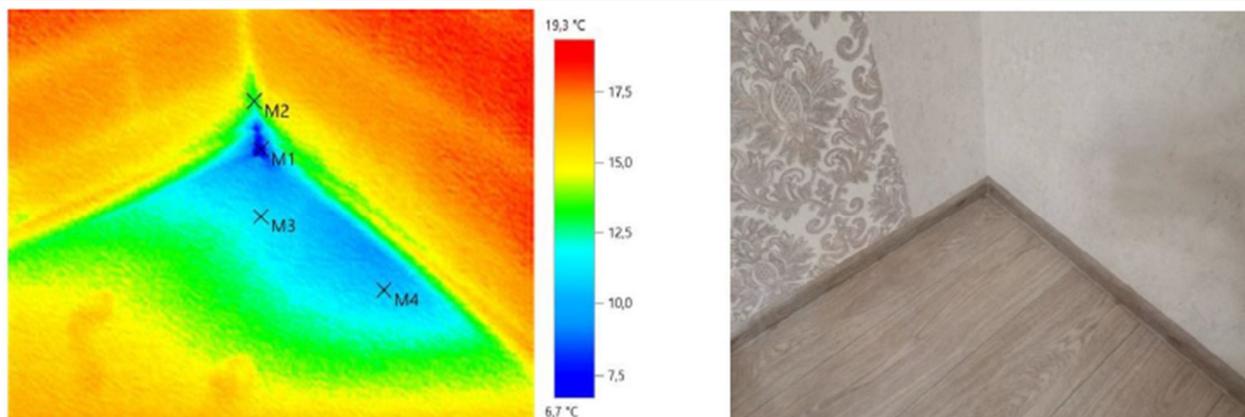


Рис. 4. Результаты тепловизионного обследования нижней зоны внешней стены жилого дома по ул. 45-ой Стрелковой Дивизии

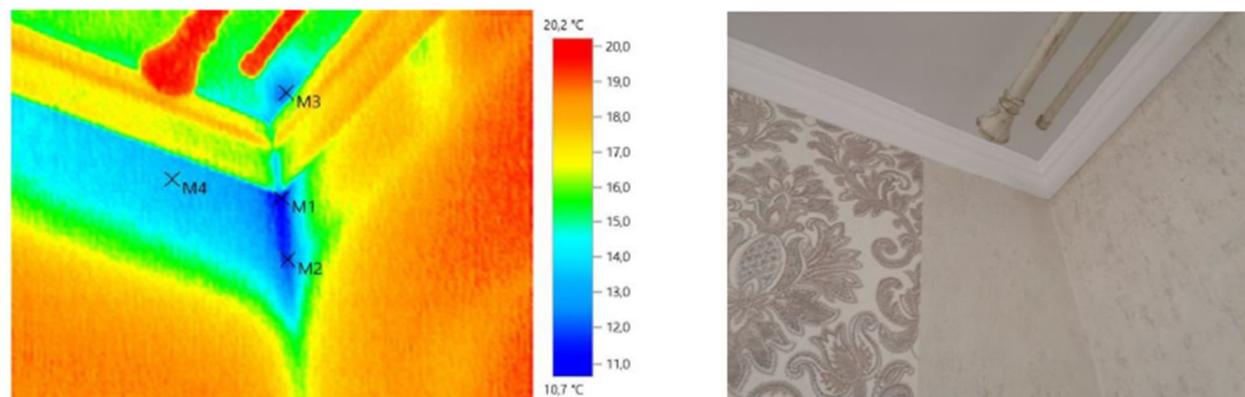
Fig. 4. Results of thermal imaging examination of the lower zone of the outer wall of a residential building on the ul. 45 Strelkovoi Divizii



Измеряемые объекты / Measured objects	Температура, °C / Temperature, °C	Температура внутреннего воздуха, °C / Internal air temperature, °C	Температурный перепад, °C / Temperature difference, °C
Точка измерения 1	7,0	21,0	14,0
Точка измерения 2	12,8	21,0	8,2
Точка измерения 3	11,2	21,0	9,8
Точка измерения 4	10,4	21,0	10,6

Рис. 5. Результаты тепловизионного обследования нижней зоны внешней стены жилого дома по ул. Хользунова

Fig. 5. Results of a thermal imaging survey of the lower zone of the outer wall of a residential building on ul. Holzunova



Измеряемые объекты / Measured objects	Температура, °C / Temperature, °C	Температура внутреннего воздуха, °C / Internal air temperature, °C	Температурный перепад, °C / Temperature difference, °C
Точка измерения 1	10,7	21,0	10,3
Точка измерения 2	11,7	21,0	9,3
Точка измерения 3	12,3	21,0	8,7
Точка измерения 4	13,7	21,0	7,3

Рис. 6. Результаты тепловизионного обследования верхней зоны внешней стены жилого дома по ул. Хользунова

Fig. 6. Results of thermal imaging examination of the upper zone of the outer wall of a residential building on ul. Holzunova

Выводы

Анализ термограмм основан на выявлении причин возникновения нарушений теплоизоляции наружных ограждающих конструкций или снижения ее качеств. Основным критерием сравнения различных участков поверхности ограждающих конструкций является разница температур в выбранной точке на сравниваемом участке поверхности.

Разница температур между температурой внутри помещения и температурой поверхности стены жилого дома по ул. 45-ой Стрелковой Дивизии превышает $+6,0^{\circ}\text{C}$ при нормируемом значении $\Delta t^{\text{н}}=+4,0^{\circ}\text{C}$. Разница температур между температурой внутри помещения и температурой поверхности стены жилого дома по улице Хользунова превышает $+11,0^{\circ}\text{C}$ при нормируемом значении $\Delta t^{\text{н}}=+4,0^{\circ}\text{C}$.

Вышеприведенные результаты тепловизионного обследования позволяют

сделать вывод, что по периметру консольных дисков перекрытий либо не были установлены термовкладыши, либо смонтированы с грубыми ошибками. Неконтролируемая потеря теплоты через зафиксированные «мостики холода» приводит к значительному увеличению расхода теплоты на отопление здания. Это противоречит закону № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности». Исключить существующие мостики в эксплуатируемых квартирах достаточно трудозатратно. Целесообразно предотвратить их образование на стадии проектирования и при выполнении монтажных работ [2] с помощью перфорации монолитной плиты перекрытия. Применение термовкладышей приводит к уменьшению удельных теплопотерь в среднем в 1,5 раза и практически исключает промерзание в стандартных условиях [14].

Список литературы

1. Шеина С.Г., Миненко А.Н. Анализ и расчет "мостков холода" с целью повышения энергетической эффективности жилых зданий // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-1(22). С. 131.
2. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения. Иваново: ПресСто, 2016. 276 с.
3. Егорова Т.С., Черкас В.С. Повышение энергоэффективности зданий благодаря устранению критических мостиков холода и непрерывной изоляции выступающих строительных конструкций // Вестник МГСУ. 2011. № 3-1. С. 421-428.
4. Шилова Е.А., Шилов С.О., В.А. Хакимова Экспериментальное определение уязвимых мест для образования "мостиков холода" // StudArctic Forum. 2017. №1(5). С. 93-98.

5. Мостики холода: современное решение проблемы / О.С. Никитина, Д.С. Максимцев, И.И. Харебин, Ю.В. Кузнецова // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 2. С. 134-136.
6. Голицын А.А. Глазом тепловизора // Наука из первых рук. 2014. № 3/4. С. 198-203.
7. Chang J.R., Yang S.R. Innovation and Sustainable Technology in Road and Airfield Pavement // Trans Tech Publications Ltd. Germany, 2013. С. 82-83.
8. Использование тепловизионного метода для осмотра зданий и посещения: обзор / А.С. Кавелин, А.Д. Тютин, В.Э. Нуриев, М.А. Колотенко // Инженерный вестник Дона. 2019. №6. С. 17-23.
9. Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология. М.: Академия, 2008. 360 с.
10. Иванченко В.Т., Басов Е.В., Тришкина А.А. Создание оптимальной температурно-влажностной среды в жилых зданиях // Жилищное строительство. 2015. №8. С. 24-28.
11. Енюшин В.Н., Камалтдинова Э.М. Термографическое обследование каркасного дома // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2011. №2(16). С. 86-93.
12. Лукьянов В.И. Нестационарный массоперенос в строительных материалах и конструкциях при решении проблем повышения защитных качеств ограждающих конструкций зданий с влажным и мокрым режимом: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1993. 24 с.
13. Макеев М.Ф., Мельников Д. Е., Марченко М.И. Энергетическая эффективность объемно-планировочных решений многоквартирных жилых домов в разных климатических условиях // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2018. №3(32). С. 49-54.
14. ООО «ПЕНОПЛЭКС СПб» Термовкладыши ПЕНОПЛЭКС® – инновационный продукт для применения в монолитном домостроении/ «ПЕНОПЛЭКС СПб» ООО // Научно-технический и производственный журнал. 2017. № 8. С. 12-13.
15. Руденко Н.Н., Фурсова И.Н. Влияние нестационарных тепловых условий на определение термического сопротивления ограждения // Инженерный вестник Дона. 2013. №4(27). С. 225.
16. Кологерманская Е.М. Правовое регулирование использования возобновляемых источников энергии в российской федерации и зарубежных государствах: дис. ... канд. юрид. наук. М., 2020. 369 с.
17. Семенов В.С., Розовская Т.А. Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций с применением облегченных кладочных растворов // Строительные материалы. 2015. №6. С. 16-19.

18. Characteristics and properties of lightweight concrete manufactured with cenospheres / F. Blanco, P. Garcia, P. Mateos, J. Ayala // *Cement and Concrete Research*. 2012. No. 30. P. 1715-1722.

19. Самарин О.Д., Тищенко И.И. Исследование регулируемых параметров в автоматизированных климатических системах в целях энергосбережения // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. №2(37). С. 13-18.

References

1. Sheina S.G., Minenko A.N. Analiz i raschet "mostkov kholoda" s tsel'yu povysheniya energeticheskoi effektivnosti zhilykh zdaniy [Analysis and calculation of "cold bridges" in order to increase the energy efficiency of residential buildings]. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*, 2012, no.4-1(22), 131 p.

2. Aloyan R.M., Fedosov S.V., Oparina L.A. *Energoeffektivnye zdaniya – sostoyanie, problemy i puti resheniya* [Energy-efficient buildings - state, problems and solutions]. Ivanovo, PresSto Publ., 2016, 276 p.

3. Egorova T.S., Cherkas V.S. Povyshenie energoeffektivnosti zdaniy blagodarya ustraneniyu kriticheskikh mostikov kholoda i nepreryvnoi izolyatsii vystupayushchikh stroitel'nykh konstrukttsii [Improving the energy efficiency of buildings by eliminating critical cold bridges and continuous insulation of exposed building structures]. *Vestnik MGSU = Vestnik MGSU*, 2011, no. 3-1, pp. 421-428.

4. Shilova E.A., Shilov S.O., Hakimova V.A. Khakimova Eksperimental'noe opredelenie uyazvimykh mest dlya obrazovaniya "mostikov kholoda" [Experimental determination of vulnerable places for the formation of "cold bridges"]. *StudArctic Forum*, 2017, no.1(5), pp. 93-98.

5. Nikitina O.S., Maksimtsev D.S., Kharebin I.I., Kuznetsova Yu.V. Mostiki kholoda: sovremennoe reshenie problemy [Bridges of cold: a modern solution to the problem]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii = Modern Trends in the Development of Science and Technology*, 2017, no. 2, pp. 134-136.

6. Golitsyn A.A. Glazom teplovizora [With the Eye of a thermal imager]. *Nauka iz pervykh ruk = Science at First Hand*, 2014, no. 3/4, pp. 198-203.

7. Chang J.R., Yang S.R. Innovation and Sustainable Technology in Road and Airfield Pavement. *Trans Tech Publications Ltd*, Germany, 2013, pp. 82-83.

8. Kavelin A.S., Tyutina A.D., Nuriev V.E., Kolotenko M.A. Ispol'zovanie teplovizionnogo metoda dlya osmotra zdaniy i poseshcheniya: obzor [The use of thermal imaging method for inspection of buildings and visits. Review]. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*, 2019, no. 6, pp. 17-23.

9. Tetior A.N. *Arkhitekturno-stroitel'naya ekologiya: [Architectural and construction ecology]*. Moscow, Academy Publ., 2008. 360 p.
10. Ivanchenko V.T., Basov E.V., Trishkina A.A. *Sozdanie optimal'noi temperaturno-vlazhnostnoi mikrosredy v zhilykh zdaniyakh [Creation of an optimal temperature and humidity microenvironment in residential buildings]*. *Zhilishchnoe stroitel'stvo = Housing Construction*, 2015, no.8, pp. 24-28.
11. Enyushin V.N., Kamaltdinova E.M. *Termograficheskoe obsledovanie karkasnogo doma [Thermographic examination of a frame house]*. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Izvestiya Kazan State University of Architecture and Civil Engineering*, 2011, no.2(16), pp. 86-93.
12. Lukyanov V.I. *Nestatsionarnyi massoperenos v stroitel'nykh materialakh i konstruktsiyakh pri reshenii problem povysheniya zashchitnykh kachestv ograzhdayushchikh konstruktsii zdaniy s vlazhnym i mokry rezhimom. Abstract. dis. dokt. techn. nauk [Unsteady mass transfer in building materials and structures in solving problems of increasing the protective qualities of enclosing structures of buildings with wet and wet conditions. Dr. Eng. sci. abstract diss.]*. Moscow, 1993, 24 p.
13. Makeev M.F., Melnikov D E., Marchenko M.I. *Energeticheskaya effektivnost' ob'emno-planirovochnykh reshenii mnogokvartirnykh zhilykh domov v raznykh klimaticheskikh usloviyakh [Energy efficiency of space-planning solutions of apartment buildings in different climatic conditions]*. *Nauchnyi zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya = Scientific journal. Engineering systems and structures*, 2018, no.3(32), pp. 49-54.
14. LLC "PENOPLEX SPb" *Thermal pads PENOPLEX® – an innovative product for use in monolithic housing construction. Nauchno-tekhnicheskii i proizvodstvennyi zhurnal = Scientific, Technical and Production Journal*. 2017, no. 8, pp. 12-13.
15. Rudenko N.N., Fursova I.N. *Vliyanie nestatsionarnykh teplovykh uslovii na opredelenie termicheskogo soprotivleniya ograzhdeniya [Influence of non-stationary thermal conditions on the determination of thermal resistance of the fence]*. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*, 2013, no.4(27), 225 p.
16. Kologermanskaya E.M. *Pravovoe regulirovanie ispol'zovaniya vozobnovlyаемыkh istochnikov energii v rossiiskoi federatsii i zarubezhnykh gosudarstvakh. Diss. cand. jurid. nauk [Legal regulation of the use of renewable energy sources in the Russian Federation and foreign countries. Cand. jurid. sci. diss.]*. Moscow, 2020, 369 p.
17. Semenov V.S., Rozovskaya T.A. *Povyshenie energoeffektivnosti ograzhdayushchikh konstruktsii s primeneniem oblegchennykh kladochnykh rastvorov [Improving the energy efficiency of enclosing structures with the use of lightweight masonry mortars]*. *Stroitel'nye materialy = Building Materials*, 2015, no.6, pp. 16-19.

18. Blanco F., Garcia P., Mateos P., Ayala J. Characteristics and properties of light-weight concrete manufactured with cenospheres. *Cement and Concrete Research*, 2012, no. 30, pp. 1715-1722.

19. Samarin O.D., Tishchenkova I.I. Issledovanie reguliruemyykh parametrov v avtomatizirovannykh klimaticheskikh sistemakh v tselyakh energosberezheniya [Investigation of regulated parameters in automated climate systems for energy saving purposes]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* = *Engineering and Construction Magazine*, 2013, no. 2(37), pp. 13-18.

Информация об авторах / Information about the Authors

Сотникова Ольга Анатольевна, доктор технических наук, профессор кафедры проектирования зданий и сооружений, Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: ksenija.sotnikova@yandex.ru

Olga A. Sotnikova, Dr. of Sci. (Engineering), Professor of the Design of Buildings and Structures Department, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: ksenija.sotnikova@yandex.ru

Целярицкая Маргарита Ивановна, старший преподаватель кафедры проектирования зданий и сооружений, Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: marirry@yandex.ru

Margarita I. Tselyaritskaya, Senior Lecturer of the Design of Buildings and Structures Department, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: marirry@yandex.ru

Пашченко Юлия Олеговна, ассистент кафедры проектирования зданий и сооружений, Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: pz-vgasu@mail.ru

Yulia O. Pashchenko, Assistant of the Design of Buildings and Structures Department, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: pz-vgasu@mail.ru