

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-5-52-61

**Рязанцев О.А., Трубаев П.А., Кошлич Ю.А., Доценко Д.Ю., Буханов Д.Г.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
E-mail: razancev.oa@bstu.ru

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ ПЕРЕД ПРОВЕДЕНИЕМ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

Аннотация. Приводится анализ результатов инструментального теплотехнического обследования 22 многоквартирных жилых домов, построенных из силикатного и керамического кирпича или железобетонных панелей, со сроком эксплуатации зданий – более 40–50 лет, проводимого перед капитальным ремонтом. Тепловые расчеты по определению экономии энергетических ресурсов показали среднее значение экономии тепловой энергии после утепления в 28 %. Приведены и систематизированы типовые дефекты ограждающих конструкций, выявленные при тепловизионном обследовании. Наружное обследование методом инфракрасной термографии проводилось тепловизором с последующей обработкой термограмм. Показано отсутствие влияния результатов тепловизионного обследования на параметры утеплителя. Приведены результаты измерений сопротивления теплопередаче. Измерения проводились с использованием десятиканальных измерителей плотности тепловых потоков и температуры. Отклонения фактического измеренного сопротивления теплопередаче от расчетного составило в среднем 16 % и достигало 33 %. Сопротивление теплопередаче стены до утепления много меньше значения сопротивления теплопередаче утеплителя и итогового сопротивления многослойной стеновой конструкции. Погрешность определения термического сопротивления утепляемой стены не влияет на необходимую толщину утеплителя. Сделан вывод, что инструментальное обследование ограждающих конструкций зданий перед капитальным ремонтом представляется избыточным. Рекомендовано использовать при капитальном ремонте жилых зданий советской постройки типовую толщину утепления, которая для климатических условий Белгородской области составит 12 см минераловатного утеплителя.

Ключевые слова: термическое сопротивление, инструментальное обследование, ограждающие конструкции, дефекты, утепление, энергосбережение.

Введение. Здания старой постройки не соответствуют современным требованиям по энергосбережению [1]. С учетом того, что на теплоснабжение в РФ тратится по разным оценкам от 33 до 40 % всего потребления первичной энергии, энергосбережение в жилищной сфере является наиболее эффективным способом энергосбережения. Как отмечено в [2]: «самым простым и распространенным способом повышения энергоэффективности зданий является улучшение теплозащитных характеристик ограждающих конструкций». Капитальный ремонт с выполнением утепления ограждающих конструкций существующего жилого и нежилого фонда позволяет снизить затраты на отопление, повысить комфортность проживания. Это позволяет одновременно решать и экологические задачи, так как снижение расхода ископаемого топлива приводит к снижению выбросов парниковых газов.

В Белгородской области, согласно данным АИС «Город», 5708 многоквартирных жилых домов (МКД) общей площадью 25,92 млн. м², из которых около 2/3 построены до 1992 г. (рис. 1). В 2012 г. в Белгородской области создан «Фонд содействия реформированию жилищно-комму-

нального хозяйства Белгородской области», задачей которого являлось обеспечение проведения капитального ремонта МКД. За последние 10 лет в области проведен капитальный ремонт 1592 МКД (40 % зданий советской постройки), для большей части зданий капремонт включал утепление фасадов.

Эффективному утеплению ограждающих конструкций должно предшествовать профессиональное инженерное обследование конструкций и предоставление научно-обоснованных рекомендаций, основанных на современных научных достижениях в этой области, для последующего составления технического задания. Экономическая и технологическая эффективность подбора и монтажа теплоизоляции может быть достигнута только при научном подходе [3, 4]. Целями обследования зданий является:

- а) оценка фактического термического сопротивления ограждающих конструкций и расчет необходимой толщины утепления;
- б) обнаружение дефектов ограждающих конструкций;
- в) технико-экономическое обоснование утепления.

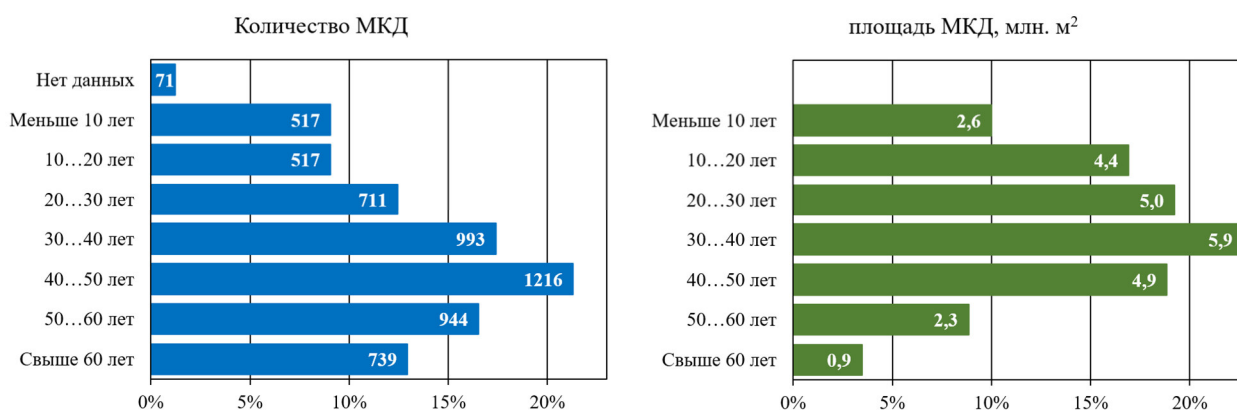


Рис. 1. Возраст МКД Белгородской области

В работе [5] на основании теплоэкономической модели теплозащитной оболочки зданий совместно с системой отопления (с учетом состава ограждающих конструкций и особенностей протекания термодинамических процессов в ограждающих конструкциях и инженерном оборудовании) выявлено, что приведенное суммарное термическое сопротивление ограждающих конструкций оказывает наибольшее влияние на величину приведенных затрат.

Причинами повышенных тепловых потерь в старых зданиях являются изношенные окна и межпанельные швы. Однако на практике встречаются и дефектные панели, у которых фактическое сопротивление теплопередаче наружных стен значительно ниже нормативного (требуемого) [6]. Дополнительными преимуществами утепления являются защита стеновых поверхностей от внешних воздействий: осадков, биологических образований, низких температур (что, в свою очередь, защищает внутренние поверхности от образования конденсата). Кроме того, наружное утепление выполняет функцию дополнительной звукоизоляции и продлевает срок эксплуатации сооружения.

Сопротивление теплопередаче характеризует теплозащиту отдельных ограждающих конструкций зданий и является нормируемым показателем. На основании нормируемых значений этой величины часто делаются выводы об уровне энергосбережения зданий. С нормируемыми значениями сопротивлений теплопередаче сравниваются расчетные значения [7].

Стоимость утепления наружных стен существующих зданий зависит от принятого конструктивного варианта. Вариант утепления с оштукатуриванием фасадных поверхностей является наиболее дешевым. Экономическая целесообразность теплозащиты определяется соотношением затрат на утепление и на получаемую в его результате экономию. Но относительно дешевые энергоносители в России не позволяют

окупить дорогое утепление, и в большинстве случаев здания следует утеплять только до нормативных значений [8].

Проведение тепловизионной съемки перед капитальным ремонтом позволит уточнить дефектные области, получить исходные данные для расчета фактического значения сопротивления теплопередаче конструкции и определить толщину дополнительного слоя теплоизоляции. Необходимо отметить, что после производства работ по устранению дефектов тепловой защиты наружных ограждающих конструкций, выявленных в процессе термографирования, необходимо повторное термографическое обследование с целью определения качества выполнения ремонтно-строительных работ [6].

По утверждению авторов [9], в процессе эксплуатации ограждающие конструкции зданий имеют несколько повышенную влажность, что приводит к увеличению коэффициента теплопроводности материалов и снижению их теплоизолирующей способности. Из-за этого проектные и фактические значения сопротивлений теплопередаче в большинстве случаев отличаются. Основное влияние на снижение фактического термического сопротивления ограждающих конструкций по отношению к проектным значениям оказывает их конструктивное исполнение, а не применяемые материалы [10].

Целью работы являлось исследование влияния точности определения теплозащитных характеристик стен утепляемого здания на требуемую толщину утеплителя и оценка необходимости проведения инструментальных измерений до капитального ремонта.

Характеристика обследуемых зданий и оценка экономии тепловой энергии при утеплении. В период 2020-2021 гг. были выполнены работы по теплотехническому обследованию зданий, участвующих в программах капитального ремонта на территории Белгородской области. Было обследовано 22 многоквартирных жилых дома (табл. 1), построенных из силикатного

и керамического кирпича или железобетонных панелей, срок эксплуатации зданий – более 40–50 лет.

В состав работ входило:

– визуальное и тепловизионное обследование зданий;

– инструментальное измерение термического сопротивления ограждающих конструкций;

– тепловой расчет для определения толщины утеплителя и величины экономии энергоресурсов после утепления.

Для всех зданий было выбрано утепление стен минераловатной изоляцией.

Таблица 1

Характеристики обследованных жилых жомов

№	Местоположение	Этаж-ность	Материал стен и толщина	Площадь, м ²		Количество жителей, чел.
				отаплива-емая	утепляемых стен	
1	г. Белгород	9	силикатный кирпич 0,5 м	2790,0	2252,5	108
2	г. Белгород	5	ж/б панель 0,35 м	4365,0	2183	191
3	г. Грайворон	3	силикатный кирпич 0,5 м	8382,2	2850,9	209
4	г. Грайворон	4	силикатный кирпич 0,5 м	3513,5	2087,9	120
5	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	4363,1	2265,8	223
6	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	2696,9	1331,5	138
7	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	5684,8	2802,1	269
8	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	5659,3	2825,6	264
9	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	5676,8	2802,1	264
10	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	2698,4	1511,1	124
11	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	2696,0	1517,5	134
12	г. Старый Оскол	5	силикатный кирпич 0,5 м	2695,1	1476,5	132
13	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	5727,7	2881,9	248
14	г. Старый Оскол	5	ж/б панель 0,35 м	4356,2	2267,2	212
15	г. Старый Оскол	5	силикатный кирпич 0,5 м	3560,4	2214,2	151
16	г. Шебекино	5	ж/б панель 0,35 м	2693,6	1511,5	127
17	г. Шебекино	5	силикатный кирпич 0,5 м	2269,9	1713,4	331
18	г. Шебекино	5	ж/б панель 0,35 м	5520,3	2939,7	243
19	п. Разумное	5	ж/б панель 0,35 м	2601,0	1606,9	148
20	с. Купино	3	ж/б панель 0,35 м	1431,6	1294,1	71
21	с. Купино	2	глиняный кирпич 0,5 м	891,2	609,2	53
22	с. Купино	2	глиняный кирпич 0,5 м	894,6	605,1	57

В натуральном выражении экономия тепловой энергии от повышения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий составила от 30 Гкал до 330 Гкал в зависимости от

площади зданий (рис. 2, 3), что составило от 17 % до 42 % от потребления, среднее значение – 28 %.

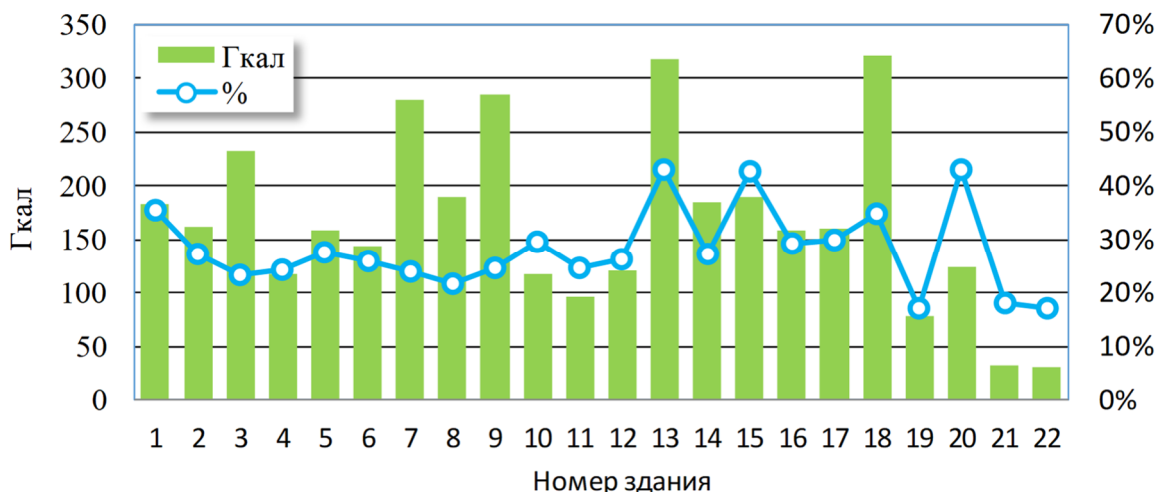


Рис. 2. Расчетная величина снижения расхода тепловой энергии на отопление после утепления

До капремонта жильцы большинства домов оплачивали отопление по нормативу, утвержденному органами местного самоуправления муниципальных образований, равному $0,015...017$ Гкал/м² в месяц (при оплате 12 меся-

цев в году), или $209...237$ кВт·ч/м² в год, что примерно на треть выше фактических затрат на отопление, о величине которого можно судить на основании данных зданий с установленными приборами учета тепловой энергии и по расчетным данным (рис. 3).

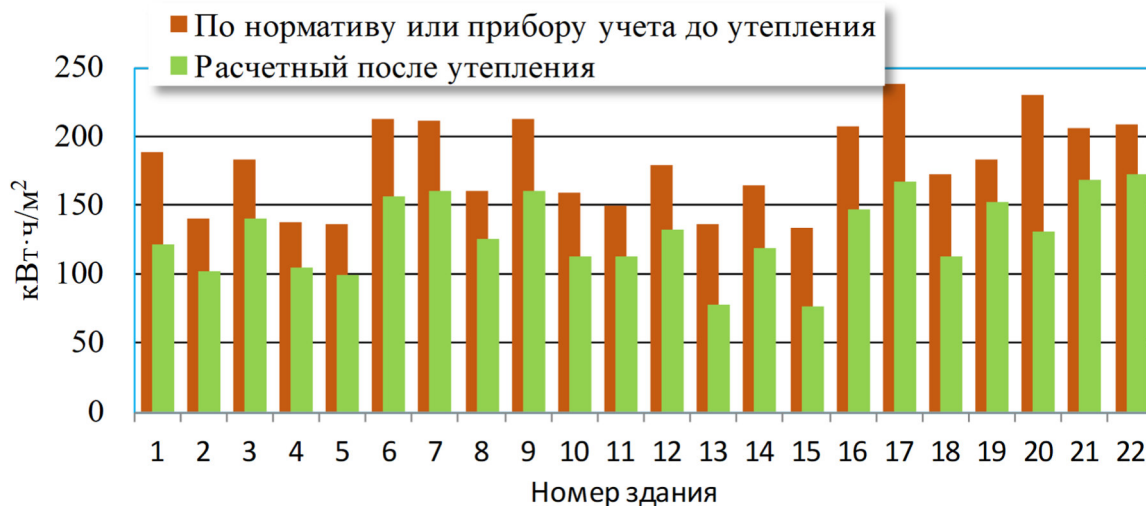


Рис. 3. Расчетный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию до и после утепления

Базовый уровень удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию согласно приказу Минстроя России от 06.06.2016 г. № 399 составляет:

2-х этажный дом	136 кВт·ч/м ² ;
3-х этажный дом	125 кВт·ч/м ² ;
4-х этажный дом	114 кВт·ч/м ² ;
5-и этажный дом	102 кВт·ч/м ² ;
9-и этажный дом	84 кВт·ч/м ² .

Приведенные расчеты показывают, что здания после капремонта будут соответствовать нормальному и повышенному классу энергетической эффективности. Но для подтверждения этого, необходимо выборочное инструментальное обследование после выполнения всех работ, так как на практике зачастую значительная часть зданий после капремонта не соответствует требованиям энергоэффективности. Это вызвано как недостаточной толщиной утеплителя, так и качеством выполняемых работ [11].

Тепловизионный осмотр зданий. Ограждающие конструкции зданий влияют на энергоэффективность в большей степени, чем электрические системы, системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Распространенным методом выявления дефектов ограждающих конструкций является инфракрасная термография или тепловизионное исследование. Это надежный инструмент, объединяющий измерительные методы, различные схемы и типы анализа [12, 13]. В данной работе использовалась качественная и количественная оценка тепловых потерь при пассивной схеме анализа.

По сравнению с другими методами неразрушающего контроля инфракрасная термография является наиболее распространенным, хорошо изученным и широко применяемым методом [14].

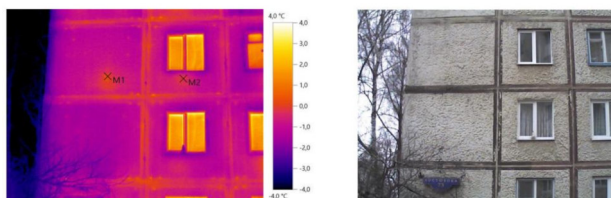
Хорошее соответствие между экспериментальными данными и результатами моделирования подтверждают возможности дальнейшего развития этого метода. Его преимуществами являются: малое время измерений; низкие затраты; широкие возможности измерений. К недостаткам относятся: влияние качества тепловизионного оборудования на конечный результат; влияние внешних условий (конвективный теплоперенос, отраженное излучение, состояние поверхностей в зависимости от погоды); значительное влияние на точность нестационарности процессов. Также применение тепловизионной техники должно выполняться квалифицированным персоналом, как во время измерений, так и при обработке данных [15].

Инфракрасная термография широко используется для качественной оценки тепловых свойств зданий и обнаружения разнообразных дефектов: утечек воздуха, тепловых мостов, нарушений целостности изоляции, трещин и т. д. Кроме того, она способна обеспечивать двухмерное тепловое изображение в реальном времени. Температура, полученная с помощью тепловизионного исследования, менее точна, чем с помощью контактных датчиков, поскольку измерение в значительной степени зависит от окружающих

условий и свойств обследуемой поверхности [16].

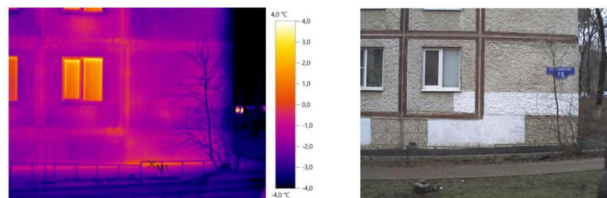
При обследовании проводился визуальный осмотр для оценки состояния ограждающих конструкций, выявления общестроительных дефектов, осмотр теплового узла и системы трубопроводов системы отопления. Затем выполнялось тепловизионное обследование для выявления дефектов в тепловой защите ограждающих конструкций и выбора наиболее типичного участка

стеновой конструкции для измерения сопротивления теплопередаче, а также для выявления особо проблемных мест для устранения дефектов в изоляции. Результаты обследования передавались заказчику, а далее подрядчику, выполняющему утепление. На рисунке 4 приведены наиболее типичные неоднократно встречающиеся дефекты.



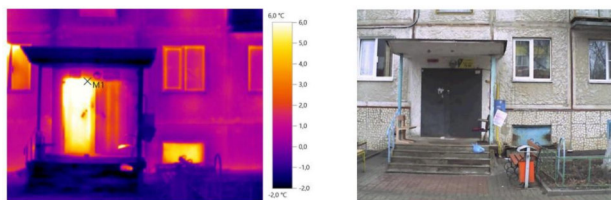
Параметры изображения:
Коэффициент излучения: 0,95
Отраж. темп. [°C]: -1,0

Дефект 1: тепловые потери через стены в местах установки радиаторов, тепловые потери через межпанельные швы ($\Delta t = 1,1 \dots 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}$)



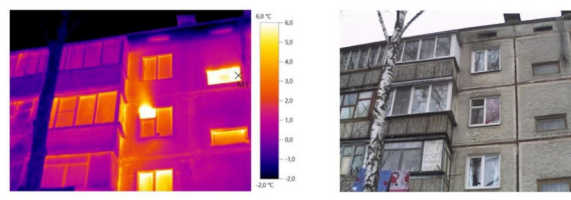
Параметры изображения:
Коэффициент излучения: 0,95
Отраж. темп. [°C]: -1,0

Дефект 2: тепловые потери через цоколь здания ($\Delta t = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C}$)



Параметры изображения:
Коэффициент излучения: 0,95
Отраж. темп. [°C]: -1,0

Дефект 3: тепловые потери через входные двери и отверстия в цоколе ($\Delta t = 7,6 \text{ } ^\circ\text{C}$)



Параметры изображения:
Коэффициент излучения: 0,95
Отраж. темп. [°C]: -1,0

Дефект 4: тепловые потери через окна подъездов ($\Delta t = 11,3 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Рис. 4. Типовые дефекты, выявленные при тепловизионной съемке зданий

Обнаруженные дефекты тепловой защиты оценивались количественно и качественно. Среднее отклонение температуры поверхности по данным тепловизионного контроля в местах дефектов от средней температуры характерной ограждающей конструкции составляло:

$\Delta t \leq 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ – до 60 точек;

$\Delta t = 2 \div 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – до 20 точек;

$\Delta t \geq 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – до 15 точек.

Количество выявленных дефектов (в среднем на здание): от одного до нескольких десятков, в зависимости от критериев значительности дефекта. Типы дефектов: устаревшие и не соответствующие современным требованиям конструкции подъездных окон и дверей; местные нарушения строительных конструкций стен. Во всех случаях выявленные дефекты не являются существенными и не влияют на параметры утепления.

Оценка влияния сопротивления теплопередаче стен на необходимую толщину утеплителя. При капремонте зданий для расчета необходимой толщины утеплителя необходимо знать величину сопротивления теплопередаче стен. Инструментальное измерение сопротивления теплопередаче стен используется для получения полной информации не только о материале, но и его износе, ухудшении характеристик. Для утеплителя измерения не проводились, поскольку применяется новый материал и его характеристики подтверждены сертификатами соответствия.

Была проведена серия замеров измерителем плотности теплового потока и температур. Расчеты выполнены согласно ГОСТ Р 56623-2015 «Контроль неразрушающий. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих

конструкций». Измерения приводились с использованием десятиканальных измерителей плотности тепловых потоков и температуры ИТП-МГ4.03/Х(1) «ПОТОК», фрагмент полученных данных представлен на рисунке 5. Каждым прибором измерения сопротивления теплопередаче проводились в двух точках, кроме того измерялась внутренняя и наружная температура.

В примере среднее сопротивление теплопередаче составило $0,92 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$, при нормативном значении для г. Белгорода при соответствующих параметрах $2,86 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$.

Фактические значения термического сопротивления сплошных ограждающих конструкций

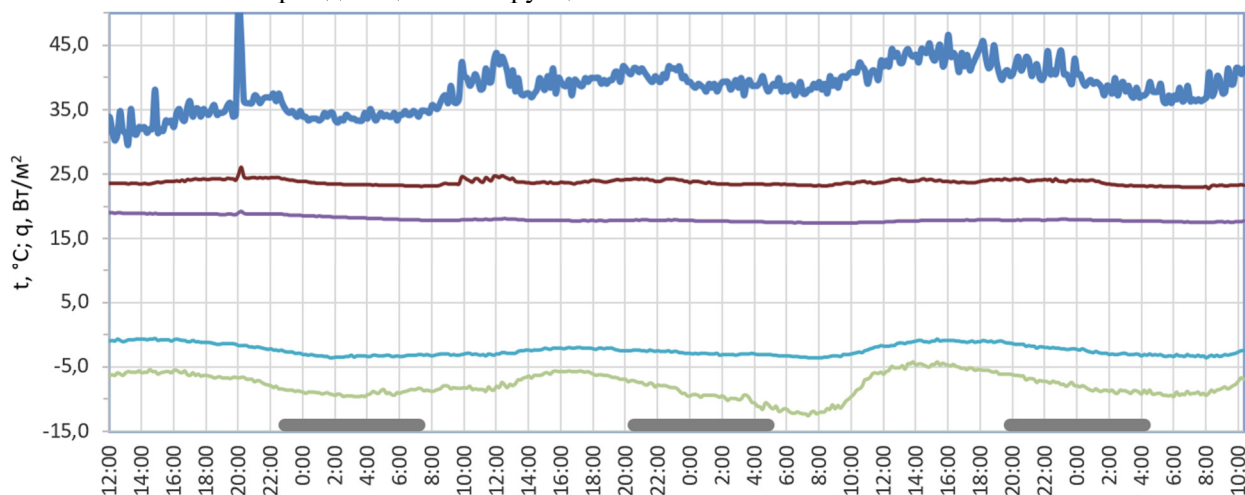


Рис. 5. Результаты замеров температур и теплового потока

Таблица 2

Результаты измерений термического сопротивления

	Температуры, °C				Тепловой поток q , Вт/м ²	Сопротивление теплопередаче R , (м ² ·К)/Вт
	поверхности стены		воздуха			
	внутри помещения $t_{ст.вн}$	снаружи помещения $t_{ст.нар.}$	внутри помещения $t_{вн}$	снаружи помещения $t_{нар.}$		
Точка 1 (дефектная)						
Интервал № 1	18,3	-3,2	23,5	-9,0	34,0	0,96
Интервал № 2	17,8	-2,8	23,8	-9,1	39,5	0,83
Интервал № 3	17,9	-2,4	23,8	-7,9	39,9	0,79
Среднее значение	18,0	-2,8	23,7	-8,7	37,8	0,86
Точка 2 (реперная)						
Интервал № 1	18,4	-4,27	23,5	-9,0	30,0	1,09
Интервал № 2	18,0	-3,91	23,8	-9,1	34,1	0,96
Интервал № 3	18,5	-2,98	23,8	-7,9	37,3	0,85
Среднее значение	18,3	-3,7	23,7	-8,7	33,8	0,97
Отклонение значений в точках 1 и 2						-12%

Из результатов анализа можно заключить, что даже заметное отличие расчетного и фактического сопротивления теплопередаче утепляемых стен приводит к небольшому отклонению в проектной величине толщины утеплителя. Можно рекомендовать типовую толщину утепления от 10 до 12 см минераловатного утеплителя.

отличаются от расчётных незначительно (табл. 3). Отклонения результатов измерений на однотипных зданиях в большинстве незначительные. Для домов были рассчитана необходимая толщина утеплителя (до нормируемого значения термического сопротивления). Несмотря на разную конструкцию ограждающих стен, толщина утеплителя для всех домов составила от 9 до 11 см, при этом использование измеренного или рассчитанного значения термического сопротивления утепляемой стены на результаты практически не повлияло.

Выводы. В работе приводится анализ результатов инструментального теплотехнического обследования 22 многоквартирных жилых домов, проводимых перед капитальным ремонтом. Тепловизионное обследование позволяет качественно и количественно определять дефекты тепловой изоляции ограждающих конструкций.

Но, в конечном счете, оно не влияет на параметры утеплителя при проведении капитального ремонта зданий и представляется излишним.

Отклонения фактического измеренного сопротивления теплопередаче от расчетного составило в среднем 16 % и достигало 33 %. В то же время само сопротивление теплопередаче стены до утепления много меньше значения сопротивления теплопередаче утеплителя и итогового сопротивления многослойной стеновой конструкции. Отклонения толщины утеплителя, определенного по расчетным характеристикам стены до утепления, и по данным инструментального из-

мерения сопротивления теплопередаче составило в среднем 5 мм (6 %), и только в одном случае – более 1 см. Таким образом, ошибка в определении термического сопротивления утепленной стены не влияет на необходимую толщину утеплителя. Поэтому инструментальное обследование ограждающих конструкций зданий перед капитальным ремонтом представляется избыточным. Можно рекомендовать использовать при капитальном ремонте жилых зданий советской постройки типовую толщину утепления, которая для климатических условий Белгородской области составит 12 см минераловатного утеплителя.

Таблица 3

Сравнение данных замеров и расчетных значений

№	Сопротивление теплопередаче, (м ² ·°С)/Вт			Расчет толщины утеплителя		
	Фактическое значение (по данным измерений)	Расчётное значение	Отклонение	По измеренному значению	По расчетному значению	Отклонение
1	0,77	0,869	-13%	10,1	9,6	-5%
2	0,83	0,785	5%	9,9	9,9	1%
3	0,77	0,870	-13%	10,1	9,6	-5%
4	1,03	0,861	16%	9,0	9,6	6%
5	0,87	0,774	11%	9,7	9,9	2%
6	0,62	0,775	-25%	10,7	9,9	-7%
7	0,66	0,780	-18%	10,6	9,9	-6%
8	0,90	0,756	16%	9,6	9,9	4%
9	0,65	0,792	-22%	10,6	9,9	-6%
10	0,80	0,769	4%	10,0	9,9	-1%
11	0,92	0,782	17%	9,4	9,9	5%
12	0,77	0,856	-11%	10,1	9,6	-5%
13	0,61	0,769	-26%	10,8	9,9	-8%
14	0,77	0,794	-3%	10,1	9,9	-2%
15	0,74	0,850	-15%	10,2	9,6	-6%
16	0,63	0,787	-25%	10,7	9,9	-7%
17	0,69	0,835	-21%	10,4	9,6	-8%
18	0,61	0,782	-28%	10,8	9,9	-8%
19	1,15	0,772	33%	8,6	9,9	16%
20	0,67	0,759	-13%	10,5	9,9	-6%
21	1,01	0,977	3%	9,1	9,1	-1%
22	1,04	0,996	4%	9,0	9,1	1%

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенова Э.Е., Думанова В.С. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2020. № 2(32). С. 72–75.

2. Ковалева А.А., Наумович Ю.И. Повышение энергоэффективности зданий при реконструкции // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2022. № 1. С. 129–132.

3. Kosukhin M.M., Kosukhin A.M. The thermal and physical aspects of designing facade heat insulation at capital repairs and reconstruction of civic buildings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. 012023. DOI:10.1088/1757-899X/552/1/012023

4. Kosukhin M.M., Kosukhin A.M., Komarova K.S. Increasing of the energy efficiency in civilian buildings applying fixed type of facade systems // IOP Conference Series: Journal of Physics. 2018. Pp. 49–54. DOI:10.1088/1742-6596/1066/1/012012

5. Avsyukevich D., Shishkin E., Litvinova N., Mirgorodskiy A. Thermoeconomic model of a building's thermal protection envelope and heating system // Magazine of Civil Engineering. 2022. No 5(113). 11302. DOI:10.34910/mce.113.2

6. Косарев Л.В., Кузнецов П.Ю., Болдырев Н.Ю., Костюкова Ю.С., Бораковский Д.А. Выявление основных дефектов теплотехнической защиты наружных ограждающих конструкций крупнопанельных зданий и определение наиболее эффективных методов их устранения // Инновации и инвестиции. 2021. № 5. С. 213-216.
7. Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 14–16.
8. Малявина Е.Г., Фролова А.А. Энергетическая и экономическая оценка теплозащиты офисного здания // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 8. С. 64–69. DOI:10.12737/article_5968b4502ace93.00925434.
9. Косарев Л.В., Вавилов В.И., Болдырев Н.Ю., Добрынкина О.В., Костюкова Ю.С. Разработка мероприятий обеспечивающих эффективную работу теплотехнической защиты ограждающих конструкций жилого дома // Инновации и инвестиции. 2021. № 12. С. 189–192.
10. Тарасюк П.Н., Ващенко Д.А., Трубаев П.А., Радченко В.В. Анализ термического сопротивления ограждающих конструкций различного типа по результатам инструментальных измерений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 152–158.
11. Трубаев П.А., Гришко Б.М. Анализ энергоэффективности зданий после капитального ремонта // Энергетические системы. 2016. № 1. С. 161–168.
12. Kirimtat A., Krejcar O. A review of infrared thermography for the investigation of building envelopes: Advances and prospects // Energy and Buildings. 2018. Vol. 176. Pp. 390–406. DOI:10.1016/j.enbuild.2018.07.052
13. Lucchi E. Applications of the infrared thermography in the energy audit of buildings: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 82. Pp. 3077–3090. DOI:10.1016/j.rser.2017.10.031
14. El Masri Y., Rakha T. A scoping review of non-destructive testing (NDT) techniques in building performance diagnostic inspections // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 265. 120542. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.120542
15. Nardi I., De Rubeis T., Ambrosini D., Lucchi E. Quantification of heat energy losses through the building envelope: A state-of-the-art analysis with critical and comprehensive review on infrared thermography // Building and Environment. 2018. Vol. 146. Pp. 190–205. DOI:10.1016/j.buildenv.2018.09.050
16. Yang Y., Chen Z., Vogt Wu T, Semprey A., Batsale J-C. In situ methodology for thermal performance evaluation of building wall: A review // International Journal of Thermal Sciences. 2022. 107687. DOI:10.1016/j.ijthermalsci.2022.107687

Информация об авторах

Рязанцев Олег Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры энергетике теплотехнологии. E-mail: razancev.oa@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Трубаев Павел Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры энергетике теплотехнологии. E-mail: trubaev@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Кошлич Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Доценко Дмитрий Юрьевич. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Буханов Дмитрий Геннадьевич, старший преподаватель. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 05.10.2022 г.

© Рязанцев О.А., Трубаев П.А., Кошлич Ю.А., Доценко Д.Ю., Буханов Д.Г., 2023

***Ryazantsev O.A., Trubaev P.A., Koshlich Yu.A., Dotsenko D.Yu., Bukhanov D.G.**
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova
**E-mail: razancev.oa@bstu.ru*

INSTRUMENTAL THERMAL ENGINEERING INSPECTION OF BUILDING ENCLOSING STRUCTURES BEFORE MAJOR REPAIRS

Abstract. *The analysis of the results of the instrumental thermal engineering survey of 22 multi-apartment residential buildings built of silicate and ceramic bricks or reinforced concrete panels, with a service life of buildings of more than 40–50 years, carried out before major repairs is given. Thermal calculations to determine the savings in energy resources showed an average value of savings in thermal energy after insulation of 28 %. Typical defects of enclosing structures identified during thermal imaging examination are presented and systematized. An external examination by infrared thermography is carried out with a thermal imager, followed by processing of thermograms. The absence of influence of the results of thermal imaging examination on the parameters of the insulation is shown. The results of measurements of resistance to heat transfer are presented. The measurements are made using ten-channel heat flux density and temperature meters. The actual measured heat transfer resistance deviated from the design resistance by an average of 16 per cent to 33 per cent. The heat transfer resistance of the wall before insulation is much less than the value of the heat transfer resistance of the insulation and the final resistance of the multilayer wall structure. The error in determining the thermal resistance of the insulated wall does not affect the required thickness of the insulation. It is concluded that the instrumental examination of the enclosing structures of buildings before a major overhaul seems to be redundant. It is recommended to use a typical thickness of insulation during the overhaul of Soviet-built residential buildings, which for the climatic conditions of the Belgorod Region will be 10 cm of mineral wool insulation.*

Keywords: *thermal resistance, instrumental examination, enclosing structures, defects, insulation, energy saving.*

REFERENCES

1. Semenova E.E., Dumanova V.S. The increase of energy efficiency operated buildings [Povysheniye energoeffektivnosti ekspluatiruyemykh zdaniy]. Engineering - Construction Bulletin of Caspian. 2020. No 2(32). Pp. 72–75. (rus)
2. Kovaleva A.A., Naumovich Yu. I. Increasing the energy efficiency of buildings during reconstruction [Povysheniye energoeffektivnosti zdaniy pri rekonstruktsii]. Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). 2022. No 1. Pp. 129–132. (rus)
3. Kosukhin M.M., Kosukhin A.M. The thermal and physical aspects of designing facade heat insulation at capital repairs and reconstruction of civic buildings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. 012023. DOI:10.1088/1757-899X/552/1/012023
4. Kosukhin M.M., Kosukhin A.M., Komarova K.S. Increasing of the energy efficiency in civilian buildings applying fixed type of facade systems. IOP Conference Series: Journal of Physics. 2018. Pp. 49–54. DOI:10.1088/1742-6596/1066/1/012012
5. Avsyukevich D., Shishkin E., Litvinova N., Mirgorodskiy A. Thermoeconomic model of a building's thermal protection envelope and heating system. Magazine of Civil Engineering. 2022. No. 5(113). 11302. DOI:10.34910/mce.113.2
6. Kosarev L.V., Kuznetsov P.Yu., Boldyrev N.Yu., Kostyukova Yu.S., Borakovskiy D.A. The troubleshooting of thermal protection defects of large-panel buildings enclosing parts [Vyyavleniye osnovnykh defektov teplotekhnicheskoy zashchity naruzhnykh ogradhdayushchikh konstruksiy krupnopanel'nykh zdaniy i opredeleniye naiboleye effektivnykh metodov ikh ustraneniya]. Innovation and investment. 2021. No. 5. Pp. 213–216. (rus)
7. Gagarin V.G. Dmitriev K.A. Consideration of thermal heterogeneities in the assessment of thermal protection of enclosing structures in Russia and european countries [Uchet teplotekhnicheskikh neodnorodnostey pri otsenke teplozashchity ograhdayushchikh konstruksiy v Rossii i yevropeyskikh stranakh]. Building materials. 2013. No. 6. Pp. 14–16. (rus)
8. Malyavina E.G., Frolova A.A. Energy and economic assessment of thermal protection of an office building [Energeticheskaya i ekonomicheskaya otsenka teplozashchity ofisnogo zdaniya]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 8. Pp. 64–69. DOI:10.12737/article_5968b4502ace93.00925434. (rus)
9. Kosarev L.V., Vavilov V.I., Boldyrev N.Yu., Dobrynina O.V., Kostyukova Yu.S. Development of measures to ensure efficient operation of heat engineering protection of enclosing structures of a residential building [Razrabotka meropriyatiy obespechivayushchikh effektivnyuyu rabotu teplotekhnicheskoy zashchity ograhdayushchikh konstruksiy zhilogo doma]. Innovation and investment 2021. No. 12. Pp. 189–192. (rus)

10. Tarasyuk P.N., Vashchenko D.A., Trubaev P.A., Radchenko V.V. Analysis of thermal resistance of enclosing structures of various types based on the results of instrumental measurements [Analiz termicheskogo soprotivleniya ograzhdayushchikh konstruktivnykh razlichnogo tipa po rezul'tatam instrumental'nykh izmereniy]. Bulletin of the BSTU V.G. Shukhov. 2015. No. 2. Pp. 152–158. (rus)

11. Trubaev P.A., Grishko B.M. Analysis of energy efficiency of buildings after overhaul [Analiz energoeffektivnosti zdaniy posle kapital'nogo remonta]. Energy systems. 2016. No 1. Pp. 161–168. (rus)

12. Kiritmat A., Krejcar O. A review of infrared thermography for the investigation of building envelopes: Advances and prospects. Energy and Buildings. 2018. Vol. 176. Pp. 390–406. DOI:10.1016/j.enbuild.2018.07.052

13. Lucchi E. Applications of the infrared thermography in the energy audit of buildings: A review.

Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 82. Pp. 3077–3090. DOI:10.1016/j.rser.2017.10.031

14. El Masri Y., Rakha T. A scoping review of non-destructive testing (NDT) techniques in building performance diagnostic inspections. Construction and Building Materials. 2020. Vol. 265. P. 120542. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.120542

15. Nardi I., De Rubeis T., Ambrosini D., Lucchi E. Quantification of heat energy losses through the building envelope: A state-of-the-art analysis with critical and comprehensive review on infrared thermography. Building and Environment. 2018. Vol. 146. Pp. 190–205. DOI:10.1016/j.buildenv.2018.09.050

16. Yang Y., Chen Z., Vogt Wu T, Semprey A., Batsale J-C. In situ methodology for thermal performance evaluation of building wall: A review. International Journal of Thermal Sciences. 2022. 107687. DOI:10.1016/j.ijthermalsci.2022.107687

Information about the authors

Ryazantsev, Oleg A. PhD. E-mail: razancev.oa@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Trubaev, Pavel A. DSc, Professor. E-mail: trubaev@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Koshlich, Yuri A. PhD. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Dotsenko, Dmitry Yu. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bukhanov, Dmitry G. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 05.10.2022

Для цитирования:

Рязанцев О.А., Трубаев П.А., Кошлич Ю.А., Доценко Д.Ю., Буханов Д.Г. Инструментальное теплотехническое обследование ограждающих конструкций зданий перед проведением капитального ремонта // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 5. С. 52–61. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-5-52-61

For citation:

Ryazantsev O.A., Trubaev P.A., Koshlich Yu.A., Dotsenko D.Yu., Bukhanov D.G. Instrumental thermal engineering inspection of building enclosing structures before major repairs. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 5. Pp. 52–61. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-5-52-61