

А.И. БЕДОВ¹, А.И. ГАБИТОВ², А.С. САЛОВ², Э.И. ГАНЕЕВА², А.А. ПАРФЕНОВА²
¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия
²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, Россия

РАЗВИТИЕ И ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ СЪЕМКИ

Аннотация. Предметом исследования является повышение уровня энергоэффективности зданий и сооружений. В статье приведен анализ энергопотребления в России и за рубежом, подробно рассмотрены мероприятия по повышению энергоэффективности и энергосберегающие технологии при строительстве и реконструкции зданий в развитых странах мира. Представлена хронология развития тепловизионных приборов и диагностики строительных конструкций. Рассмотрена современная нормативная база и методики проведения обследований с применением тепловизионной съемки. Выявлены основные проблемы энергопотребления в Республике Башкортостан и наиболее часто встречающиеся причины их возникновения. Проанализирован уровень энергопотерь в г. Уфа, представлены результаты проведенных тепловизионных обследований ряда объектов различного назначения. На основе полученных результатов сделаны выводы о причинах снижения показателей теплоэффективности, определена экономическая эффективность различных способов утепления и предложены оптимальные варианты устройства ограждающих конструкций.

Ключевые слова: энергоэффективность, тепловизионная съемка, обследование, утеплитель, экономическая эффективность, теплопотери.

A.I. BEDOV¹, A.I. GABITOV², A.S. SALOV², E.I. GANEEVA², A.A. PARFYONOVA²
¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia
²Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

DEVELOPMENT AND PECULIARITIES IN DIAGNOSTICS OF ENGINEERING STRUCTURES WITH APPLICATION OF THERMOVISION INSPECTION

Abstract. Increase of energy performance of buildings and structures is the subject of the research. Energy consumption both in Russia and abroad is analyzed, and energy performance measures and energy saving technologies at construction and reconstruction of buildings in the developed countries of the world are thoroughly considered herein. History of making thermal imaging devices and diagnostics of engineering structures is presented. Current regulatory framework and procedures for making thermovision inspection are reviewed. Main problems of energy consumption in the Republic of Bashkortostan and the frequent reasons thereof are found. Heat loss rate in Ufa is analyzed, with the results of thermovision inspection of various facilities being conducted, are given. Under the results obtained the reasons for reducing heat efficiency indicators are analyzed, economic efficiency of different insulation methods is defined, and optimum installation of enclosing structures are proposed.

Keywords: energy performance энергоэффективность, thermovision inspection тепловизионная съемка, survey обследование, insulation утеплитель, economic efficiency экономическая эффективность, heat loss теплопотери.

В настоящее время Россия обладает большими запасами как уже открытых, так и потенциальных энергетических ресурсов. В мировых разведанных запасах доля РФ составляет:

нефть — 13%, природный газ — 36%, уголь — 12%. Россия имеет самую протяженную береговую линию, что предоставляет в ее распоряжение огромные площади континентального шельфа (3,9 млн.км), высокоэффективные в отношении обнаружения запасов нефти и газа. Несмотря на такое богатство страны, положение в настоящее время таково, что почти каждая вторая тонна сжигаемого топлива расходуется нерационально. В доказательство можно привести статистические данные Международного энергетического агентства и американского совета АСЕЕЕ. По данным статистики Международного энергетического агентства, Российская Федерация находится лишь на двадцать восьмом месте по энергопотреблению [1, 2]. А изучив исследования в области энергопотребления американского совета АСЕЕЕ (American Council for an Energy-Efficient Economy), следует отметить, что Россия занимает последнее место по рациональному энергопотреблению. Во внимание они брали 12 крупнейших экономик мира: Австралии, Бразилии, Канады, Китая, Франции, Германии, Италии, Японии, России, Великобритании, США и Евро Союза. Лидирующие же позиции в данном рейтинге заняли Великобритания, Германия, Италия (рисунок 1).

Сравнивая Россию с другими странами мира, можно сделать вывод о том, что суровые климатические условия оказывают огромное влияние на потребление энергоресурсов, оно превышает в 6-8 раз показатели других стран [3]. Одна из причин заключается в большом количестве жилых зданий, которые возводились в 1917–1984 годы. В этот период времени преобладало строительство панельных зданий. Жилые здания возводились так быстро, что вопросам их теплоизоляции не уделялось должного внимания, поэтому приходилось решать вопросы с теплоизоляцией традиционными методами (проклейка швов на окнах, утепление стен, замена окон и дверей). Потеря тепла в домах старого типа высока и может достигать 80%. Указанная проблема ведет к росту коммунальных платежей. Здания таких типов нуждаются в реновации, которая заключается в комплексе мер, в том числе - утепление фасадов.

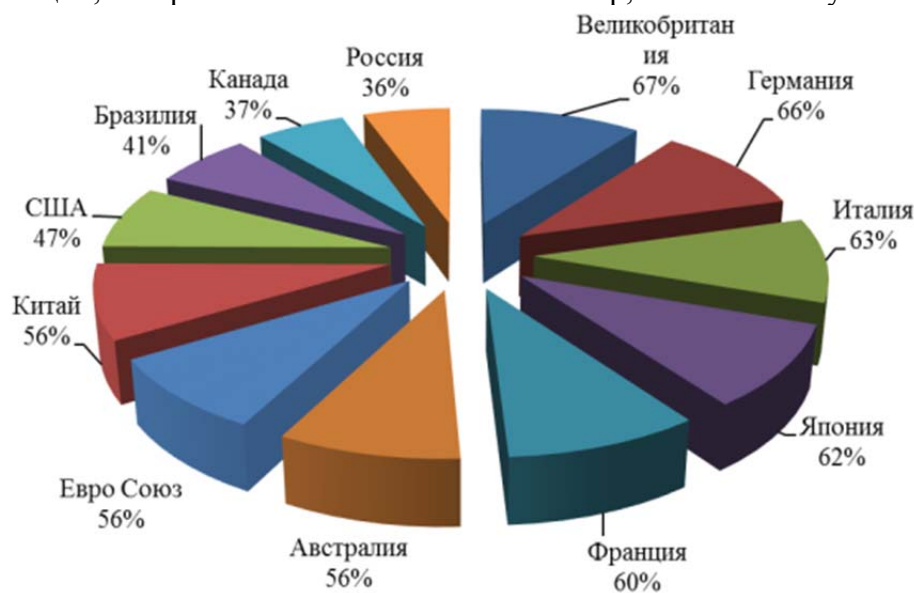


Рисунок 1 – Рациональное энергопотребление по странам

Начиная с 1970-х гг. многие страны проводили политику и внедряли программы по повышению энергоэффективности. Сегодня на промышленный сектор приходится почти 40% годового мирового потребления первичных энергоресурсов и примерно такая же доля мировых выбросов углекислого газа. Принят международный стандарт ISO 50001, который регулирует, в том числе, энергоэффективность.

Одной из важных проблем для России в области энергоэффективности является качество строительных материалов [4, 5]. Первичное жилье в многоэтажном здании на сегодняшний день дорогостоящее удовольствие, тем не менее, люди приобретают данный вид

жилья, не подозревая о его качестве. При строительстве зачастую используются некачественные материалы, что приводит к «пустым» стенам (это выявляется только при диагностике тепловизором), а также низкой температурой в помещениях. Жителям таких квартир в последующем приходится утеплять стены, менять окна и двери, за свой счет заниматься энергосбережением, учитывая тот факт, что многие молодые семьи покупают квартиры в ипотеку (на 20–30 лет).

В развитых странах на строительство и эксплуатацию зданий расходуется около половины всей энергии, в развивающихся странах — примерно треть. Это объясняется большим количеством бытовой техники в развитых странах. В России на бытовые нужды приходится около 40–45% всей вырабатываемой энергии. Затраты на отопление в жилых зданиях на территории нашей страны составляют 350–380 кВт*ч/м² в год (в 5–7 раз выше, чем в странах ЕС), а в некоторых типах зданий они достигают 680 кВт*ч/м² в год. Расстояния и изношенность теплосетей приводят к потерям в 40–50% от всей вырабатываемой энергии, направляемой на отопление зданий. Вследствие решения этих проблем идет активное строительство зданий с эффективными утеплителями и расположением по сторонам света, такие постройки имеют низкое энергопотребление, а также используют солнечную энергию для обогрева. Все это может повлиять на объем закупки энергоресурсов [6, 7]. А Россия, в свою очередь, имея основной доход от поставки энергоресурсов в страны зарубежья, не только уменьшит объемы экспорта, но и потеряет большую часть прибыли.

Уже на протяжении многих лет в европейских странах используют энергосберегающие технологии при строительстве и реконструкции зданий. В этих странах разработаны необходимые законодательные нормы с учетом экономических интересов собственников жилья и инвесторов. Повышения уровня энергоэффективности зданий добиваются применением эффективной теплоизоляции [8], установки теплонасосов, современных оконных и дверных блоков, не допускающих теплопотерь, использования котельных установок с высоким КПД и приборов поквартирного регулирования температуры.

В Германии на реконструкцию зданий с целью понижения энергопотребления было потрачено более 1,5 млрд. евро. Более того, владельцам жилья, желающим провести реконструкцию дома, предоставляются налоговые льготы в размере 20% и банковские кредиты с низкой процентной ставкой.

Во Франции в 2005 году для семей, желающих использовать технологии экономии термической энергии в собственном жилище, ввели в действие программу налоговых льгот. При модернизации жилья им предоставляется кредит, право на возмещение до 50% расходов по установке систем терморегуляции, модернизации отопления и использования альтернативных источников энергии: биотопливо, энергия солнца и ветра.

В Японии энергосберегающая политика получила начало с 1973 года. Предпринимаются меры по снижению энергоемкости зданий, усовершенствованию конструкций зданий для снижения затрат на отопление и кондиционирование. Особое внимание уделяется развитию гелиоэнергетике. Использование солнечных батарей позволяет значительно снизить расходы на электроэнергию. Установка солнечных батарей на треть оплачивается правительством.

В странах Европы и США появилась тенденция применения энергосберегающих технологий, выражаемая в строительстве «пассивных» зданий, характеризующихся малым электропотреблением и отсутствием отопления и «активных» зданий способных вырабатывать электроэнергию для собственных нужд. Для сравнения в России первый «активный» дом построен только в 2011 году. Приоритет в технологиях ставится на повышении эффективности теплоизоляции, монтажа устройств рекуперации для использования тепла вытяжного воздуха. Кроме этого, принимаются меры препятствующие инфильтрации теплого воздуха через окна, двери, балконы путем их замены, в результате этих мер по санации, на современный, инновационный вариант. Огромная роль отводится применению котельных с повышенным

КПД. В квартирах домов повсеместно используются приборы для регулирования температуры помещений.

Тепловизионная диагностика здания является важным элементом теплотехнической части энергетического обследования [9, 10], предназначенная для измерения и исследования фактического температурного поля поверхности излучения, к которой в данном случае можно отнести наружные ограждающие конструкции, внутренние тепловые источники и т.п. Измерения, проводимые с помощью приборов тепловизионного наблюдения, формируют практически сплошную тепловую картину рассматриваемого элемента здания (одновременно регистрируют несколько значений температур).

Тепловизоры (рисунок 2) - это устройства, предназначенные для наблюдения нагретых объектов по их собственному тепловому излучению. Они преобразуют невидимое глазом человека инфракрасное излучение в электрические сигналы, которые после усиления и автоматической обработки вновь преобразуются в видимое изображение объектов. В отличие от изображений в видимой и ближней инфракрасной областях спектра, полученных за счет отраженного излучения объекта и различий в отражательной способности его элементов и отражающего фона, тепловые (инфракрасные) изображения создаются за счет собственного теплового излучения объекта и определяются различиями в температуре и излучательной способности его элементов и окружающего фона. Изменения температуры поверхности излучения объекта в определенной мере соответствуют деталям визуально наблюдаемой картины, поэтому создаваемые тепловизором изображения в основном отвечают представлениям о форме и размерах рассматриваемых объектов и его отдельных участков.



Рисунок 2 - Тепловизор

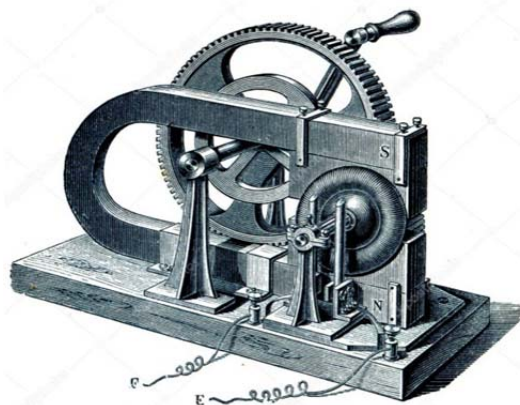


Рисунок 3 - Эвапорограф

Первой попыткой создания тепловизора можно назвать эвапорограф, что означает «регистрация испарения» (рисунок 3). В качестве преобразователя использовалась масляная пленка. Разность температур наблюдаемого объекта и окружающей среды фиксировалась и преобразовывалась в разность толщины пленки. При нагревании происходило неравномерное испарение жидкости и таким образом осуществлялось отображение объекта. Основой его создания послужили опыты Д.Гершеля еще в 19 веке, который использовал фильтровальную бумагу, пропитанную спиртом и прокопченную со стороны наблюдаемого предмета. В начале 20 века были попытки усовершенствовать прибор и достигнуты определенные успехи в Америке, Германии и Советском Союзе. Однако все приборы относились к классу не сканирующих устройств и не получили широкого применения из-за низкой разрешающей способности и скорости воспроизведения предмета исследования.

В 1945-1950 гг. во многих странах начались разработки сканирующего устройства, идею которого предложил советский ученый Ф.Е. Темников. В основе предложенного метода было развертывающее преобразование. Главное внимание было направлено на систему оптико-механического сканирования, поскольку в то время передающие телевизионные

трубки не были достаточно чувствительными к инфракрасному излучению, и основным показателем было время передачи изображения. По этому принципу они классифицировались как низкоскоростные, среднескоростные и высокоскоростные. Первые высокоскоростные тепловизоры появились в 60-х годах двадцатого века. С этого момента началось активное развитие отрасли.

Опыт предыдущих поколений и быстрое развитие науки и техники послужили стимулом для разработки твердотельных матриц, и было доказано, что с помощью кремния возможно преобразование оптических в электрические сигналы. При помощи сдвиговых регистров отдельные элементы матриц, располагающиеся по периферии, сканировались в двух перпендикулярных направлениях. В 70 годах появились аналоги регистров, которые именуется ПЗС, выполняющие роль хранителей сигналов, которые затем расшифровываются специальными устройствами и транслируются в виде изображений. В настоящее время наиболее широкое применение имеют сверхчувствительные неохлаждаемые болометры. В нашей стране производство по данной технологии было освоено в 2007 году.

В зависимости от модели тепловизоры различаются по величине шага измеряемой температуры. Современные технологии позволяют различать температуру объектов с точностью до $(0,05-0,1)K$. Благодаря хорошей блокировке фильтров измерения температуры могут проводиться "по месту" для всех других обрабатывающих лазеров, работающих в диапазоне от 800 нм до 2,6 мкм.

Для корректного измерения температуры объекта необходимо, чтобы он полностью попадал в пиксель. Физически изображение объекта проецируется на детекторе, при этом, чем дальше тепловизор находится от объекта, тем больше "размыто" изображение. Поэтому чем больше будет в детекторе пикселей, тем более четкое изображение мы будем получать. Иногда стандартное поле зрения можно изменить. Для этого применяют телеобъектив. У таких объективов угол поля зрения меньше стандартного и они, как бы, приближают объект к тепловизору. В некоторых объективах тепловизоров используется особая конструкция линз, которая обеспечивает более широкое поле зрения. Эти объективы называются широкоугольными и находят применение, когда нет возможности отойти на достаточное расстояние, чтобы охватить объект измерения.

Тепловизоры нашли применение во множестве отраслей. Это стало возможным с одной стороны потому, что инфракрасное излучение окружает нас постоянно и несет много информации для обнаружения объектов и их диагностики. С другой стороны, универсальность тепловизоров связана с их основными преимуществами: дистанционное измерение на достаточных расстояниях, мобильность, работа в реальном времени.

Основным и главным недостатком тепловизора является большая цена - 90% стоимости прибора составляют его элементы: матрица и объектив. Матрицы весьма сложны в производстве, и, соответственно, дороги. Объективы нельзя сделать из стекла, потому что этот материал не пропускает ИК излучение. По этой причине для создания объективов применяются редкие и дорогие материалы.

Любые работы, в том числе и тепловизионное обследование, должны проводиться в соответствии с рядом нормативно-правовых документов, регулирующих отдельно взятую сферу деятельности [11, 12]. Для тепловизионного обследования это, в первую очередь, перечень ГОСТов, федеральных законов и СП, являющихся определяющими для данного вида работ. Прежде чем приступить к рассмотрению нормативной базы, определяющей правила тепловизионных исследований, необходимо упомянуть, что теория теплового контроля строительных и электротехнических конструкций разработана достаточно давно, и современная версия термодиагностики является «реинкарнацией» проверенной и хорошо зарекомендовавшей себя методики строительной диагностики. Это означает, что всякий термографический анализ производится не ради измерений, а с целью обнаружения отклонений от утвер-

ждённых количественных и качественных соотношений в конструкции зданий или электрооборудования.

В частности, при проверке теплоизолирующих ограждений строительных конструкций руководствуются нормативами, изложенными в следующих документах:

- СП 50.13330.2012 с изм. №1 «Тепловая защита зданий»;
- МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях».

В числе прочего в данных документах сформулированы требования по тепловому балансу между внутренней атмосферой и температурой стен и именно эти нормативы являются основанием для оформления претензий к строителям.

Базовые положения о применении методов неразрушающего контроля изложены в следующих правилах и стандартах:

- ГОСТ Р 54853-2011 «Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера»;
- ГОСТ 26629-85 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций» (рассмотрены особенности контроля специальных теплоизолирующих покрытий);
- ГОСТ 25380-2014 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции» (сформулированы методические указания по организации термографических замеров);
- РД-13-04-2006 «О порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах» (в том числе и о порядке проведения тепловизионного контроля на объектах повышенной опасности).

Существует более современный стандарт, в котором сформулированы основные понятия, числовые соотношения и методические указания для проведения термографических проверок: ГОСТ Р 54852-2011 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций».

Если же электротехническая лаборатория планирует оказывать услуги в области энергоаудита тепловых сетей, то при составлении отчётов следует принять во внимание рекомендации, изложенные в РД 153.34.0-20.364-00 «Методика инфракрасной диагностики тепломеханического оборудования». Существует также нормативный документ для проведения тепловизионного обследования зданий и всевозможных сооружений – Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Главные требования к проведению работ по тепловизионному контролю сооружений и ограждающих конструкций заключаются в наличии лицензий, аттестатов и допусков, обязательной проверке всех видов оборудования, необходимого для обследования, обязательном перепаде температуры во время проведения работ по сравнению с внутренней температурой помещения и температурой воздуха, наличию датчиков измерения тепла и самописцев в соответствии с действующими нормативными документами. Также в момент проведения работ не должно быть никаких осадков, а тепловые границы зданий должны быть замкнуты. Снаружи сооружение следует измерять на одинаковом для каждого замера расстоянии. Все поверхности ограждающих конструкций должны быть обязательно подвержены тепловой съемке.

Во время проведения тепловизионной диагностики ограждающих конструкций здания можно применять и другие методы неразрушающего контроля [13, 14].

Тепловизионное обследование предназначено для решения следующих задач:

- выявление возможных дефектов теплозащиты ограждающих конструкций с указанием типов нарушений, мест их расположения и параметров;

– учет влияния выявленных дефектов теплозащиты на нормируемые энергетические показатели здания при определении энергоэффективности и класса энергосбережения;

– планирование мероприятий по приведению теплоизоляции и воздухопроницаемости к нормативным показателям с целью повышения энергетической эффективности здания.

В г. Уфа широко распространена программа тепловизионного обследования существующих конструкций фасадных систем жилых зданий, утверждённая Министерством по жилищно-коммунальному и дорожному строительству Республики Башкортостан [15, 16].

Для анализа уровня энергопотерь в г. Уфа были проведены тепловизионные обследования ряда объектов различного назначения [17].

Одноэтажное здание с облицовкой из сэндвич-панелей представляет собой производственно-бытовой корпус трапецеидальной формы с размерами в плане 33,0x13,8 м., высотой 6,840-8,045 м. Окна, наружные двери и витражи – из ПВХ-профиля с двухкамерными стеклопакетами. Ворота – секционные с калиткой.

В ходе тепловизионного обследования были выявлены незначительные теплопотери в углах наружных стен в торцевых помещениях здания (дефект должен устраниться после естественного снижения влажности стен в процессе последующих отопительных периодов), окна, наружные двери, ворота и углы являются естественными участками теплопотерь (рисунки 4, 5).

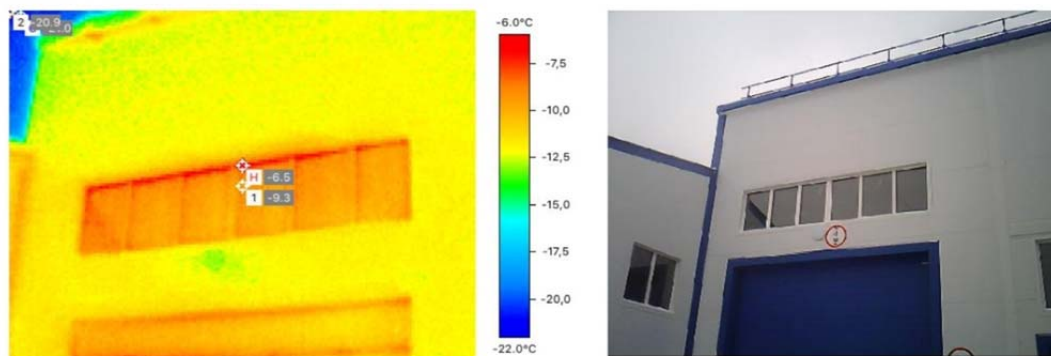


Рисунок 4 - Термограмма фрагмента наружной поверхности ограждающих конструкций одноэтажного здания с облицовкой из сэндвич-панелей

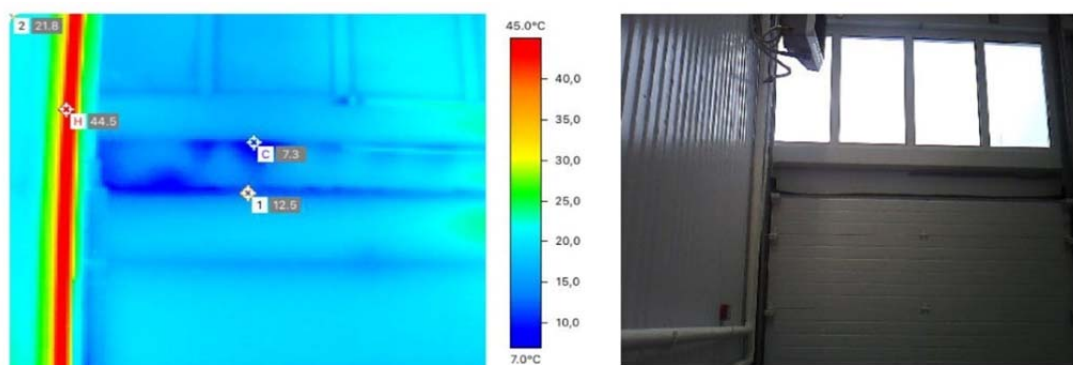


Рисунок 5 - Термограмма фрагмента внутренней поверхности ограждающих конструкций одноэтажного здания с облицовкой из сэндвич-панелей

Выявлено, что на значительной части поверхности ограждающих конструкций температурное поле равномерное. На фасаде не обнаружены температурные аномалии и дефекты, которые могли бы быть вызваны некачественным утеплением стен. Тепловой поток с рядовой поверхности стен равномерный.

Многоэтажный жилой дом со стенами из кирпичной кладки с утеплением минераловатными плитами. Здание – пятнадцатизэтажное с толщиной стен 380-510 мм, утеплитель 100 мм минеральная вата, в плане сложной формы с размерами 53,81x15,22 м. Перегородки выполнены из керамического кирпича толщиной 65, 120 и 250 мм, а также пазогребневых плит толщиной 80 мм и газобетонных блоков толщиной 200 мм.

Выявлено, что на значительной части поверхности ограждающих конструкций температурное поле равномерное. На фасаде не обнаружены температурные аномалии и дефекты, которые могли бы быть вызваны некачественным утеплением стен. Тепловой поток с рядовой поверхности стен равномерный. Таким образом, существенные теплопотери наблюдаются только в наружных углах помещений.

В результате выполненного тепловизионного обследования были выявлены участки, не соответствующие требованиям теплотехники. Некачественно выполнено примыкание утеплителя к стене в углу здания (рисунки 6, 7). Согласно п. 5.2 таблицы 5 (СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий») «...нормируемый температурный перепад для наружных стен жилых зданий составляет 4,0°C...». По результатам тепловизионного обследования фактический температурный перепад варьируется от 3,2°C до 16,1°C, что не соответствует нормам.

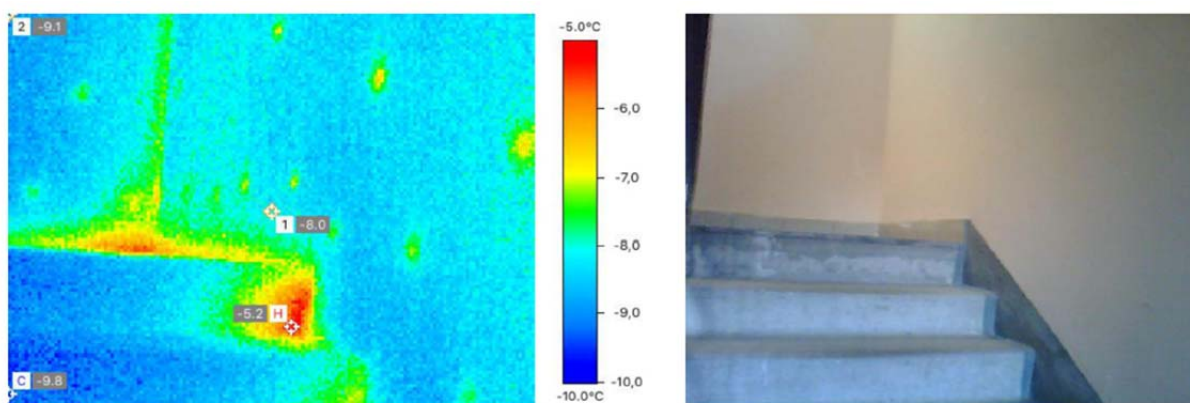


Рисунок 6 – Термограмма лестничной клетки многоэтажного жилого здания со стенами из кирпичной кладки с утеплением минераловатными плитами

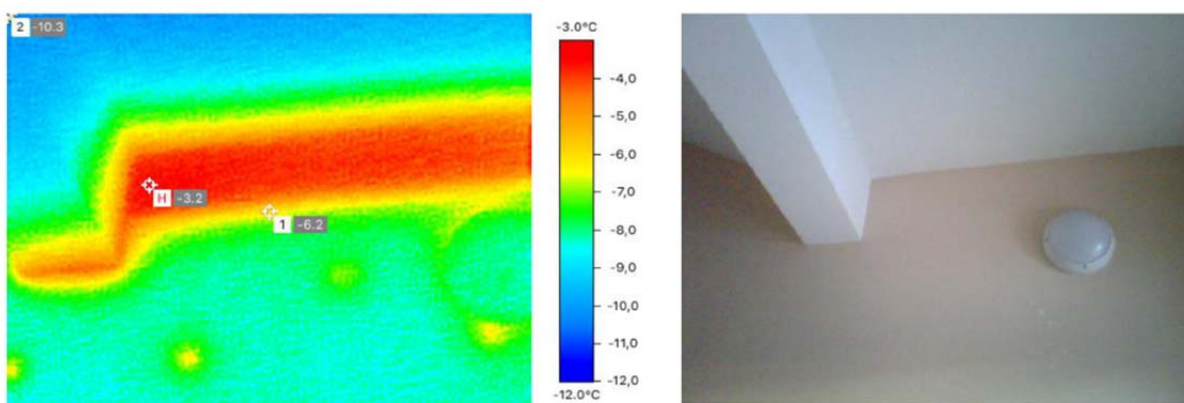


Рисунок 7 – Термограмма узла опирания перекрытия в многоэтажном жилом здании со стенами из кирпичной кладки с утеплением минераловатными плитами

По результатам проведенного комплекса работ с использованием визуально-измерительного контроля и анализа проектной и исполнительной документации установлено, что работы по теплоизоляции наружных стен выполнены в соответствии с проектом. Однако примыкание утеплителя к торцам стен выполнено некачественно, вследствие чего происходят теплопотери в углах помещений.

Трехэтажный торгово-сервисный комплекс с наружными стенами из кирпичной кладки и утеплением минераловатными плитами. Здание – трехэтажное, с толщиной стен 380, 510 мм, с цокольным этажом, в плане прямоугольной формы с габаритными размерами 34,725x14,61 м, с высотой первого этажа 4,2 м, второго – 3,7 м, третьего – 3,1 м, высота цокольного этажа – 3,2 м. Фасады торгово-сервисного комплекса решены в трехцветном сочетании облицовки керамогранитными плитами. Облицовка цоколя выполнена из плитки по технологии Besser. Окна, наружные двери и витражи – из ПВХ-профиля с двухкамерными стеклопакетами (рисунки 8, 9).

Обнаружены незначительные теплопотери в наружных углах стен в торцевых помещениях здания (дефект должен устраниться после естественного снижения влажности стен в процессе последующих отопительных периодов), углы являются естественными участками теплопотерь.

Выявлено, что на значительной части поверхности ограждающих конструкций температурное поле равномерное. На фасаде не обнаружены температурные аномалии и дефекты, которые могли бы быть вызваны некачественным утеплением стен. Тепловой поток с рядовой поверхности стен равномерный.

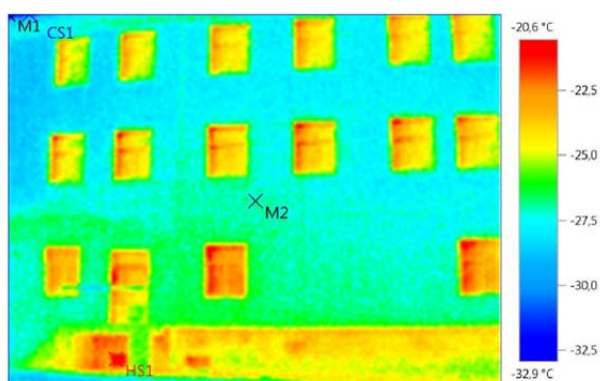


Рисунок 8 – Термограмма фасада трехэтажного торгово-сервисного комплекса со стенами из кирпичной кладки с утеплением минераловатными плитами

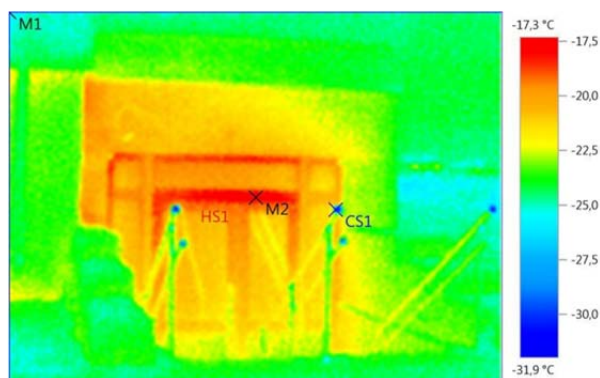


Рисунок 9 – Термограмма входной группы трехэтажного торгово-сервисного комплекса со стенами из кирпичной кладки с утеплением минераловатными плитами

Результаты анализа тепловизионного обследования показывают, что причинами снижения показателей теплоэффективности являются просчёты в проектировании, выбор некачественных материалов, низкое качество производства работ и неправильная эксплуатация [18, 19].

На основе проведенных тепловизионных обследований ряда объектов в Республике Башкортостан определена экономическая эффективность различных способов утепления

ограждающих конструкций и выбраны оптимальные варианты устройства ограждающей конструкции в зависимости от назначения здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение теплотерь узла сопряжения оконной рамы со стеной при замене устаревшей конструкции оконных блоков на современные / А.И. Бедов, А.М. Гайсин, А.И. Габитов, Р.Г. Галеев, А.С. Салов, М.С. Шибиркина // Вестник МГСУ. 2015. №11. С. 46-57.
2. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 8-16.
3. Исторические аспекты развития энергоэффективных технологий в строительстве / А.И. Габитов, А.М. Гайсин, Е.А. Удалова, А.С. Салов, В.В. Ямилова, Э.С. Гайнанова // Экологические системы и приборы. 2019. № 4. С. 44-50.
4. Гайсин А.М., Бабков В.В. Анализ несущих наружных стен многоэтажных жилых домов в республике Башкортостан с позиции удельной теплозащитной характеристики // Строительные материалы. 2016. № 10. С. 55-57.
5. Опыт реализации новых российских нормативов по теплозащите ограждающих конструкций зданий в республике Башкортостан / Р.Ф. Мамлеев, Р.Ш. Сагитов, Г.С. Колесник, В.В. Бабков, Р.Р. Гареев, А.М. Гайсин, А.П. Москалев, Ю.М. Коробейников, Г.Ф. Разумова, А.Н. Чикота, И.В. Федорцев, Х.Д. Мавляров, А.Л. Яровенко, В.Б. Карташов, Д.А. Сеницин // Строительные материалы. 2003. № 10. С. 6-9.
6. CAD in interdisciplinary integration as a tool to increase specialist training quality in "Construction" education / A.I. Bedov, A.I. Gabitov, A.M. Gaisin, A.S. Salov, A.R. Chernova // VI International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education" (IPICSE-2018), Moscow, Russia, November 14-16, 2018. P. 1-7.
7. Опыт эксплуатации зданий с теплоэффективными наружными стенами в условиях республики Башкортостан / В.В. Бабков, А.М. Гайсин, И.М. Нафтулович, Д.А. Сеницин, Г.С. Колесник // Ростехнадзор. Наш регион. 2005. № 5. С. 22.
8. Несущие наружные трехслойные стены зданий с повышенной теплозащитой / В.В. Бабков, Г.С. Колесник, А.М. Гайсин, Р.Р. Гареев, А.Н. Чикота // Строительные материалы. 1998. №6. С. 16-18.
9. Буркитбаев А.К., Адилова Ш.К. Тепловизионное обследование как способ технической диагностики теплотерь в зданиях и сооружениях // Вестник Алматинского технологического университета. 2013. № 1. С. 77-79.
10. Логачева Е.А., Жданов В.Г., Тарануха Д.С. Тепловизионное обследование зданий и сооружений // Сборник «Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. 78-я научно-практическая конференция». 2014. С. 102-106.
11. Смородова О.В. Проблемы оценки эффективности теплоснабжения по результатам тепловизионного обследования // Инновационная наука. 2016. № 4-3. С. 147-151.
12. CAD analysis for stress and strain behaviour of masonries made of hollow ceramic blocks. / A.I. Bedov, A.I. Gabitov, A.M. Gaisin, A.S. Salov, A.R. Chernova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Volume 465, 2018. VII International Symposium Actual Problems of Computational Simulation in Civil Engineering 1–8 July 2018, Novosibirsk, Russian Federation. P.1-7
13. Бедов А.И., Гайсин А.М., Габитов А.И. Компьютерное моделирование работы под нагрузкой высокопустотных керамических стеновых изделий и кладок на их основе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. №3 (369). С. 231-236.
14. Салов А.С., Гайнанова Э.С. Особенности мониторинга и проведения обследования теплотехнического состояния строительных конструкций // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. № 1. С. 54.
15. Самарин О.Д. Основы обеспечения микроклимата зданий. М.: Изд-во АСВ, 2014. 208 с.
16. Недосеко И.В., Ишматов Ф.И., Алиев Р.Р. Применение конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона в несущих и ограждающих конструкциях зданий жилищно-гражданского назначения // Строительные материалы. 2011. № 7. С. 14-17.
17. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. Москва, ИД Спектр, 2009. 544 стр.
18. Теплоэффективные наружные стены в практике современного строительства жилых домов и зданий другого значения / В.В. Бабков, Р.Ф. Хуснутдинов, А.Е. Чуйкин, А.М. Гайсин, Р.Р. Гареев // Уфимский государственный нефтяной технический университет. Санкт-Петербург, 2011.
19. Increase of energy performance of residential buildings with enclosing structures made of masonries with application of ceramic blocks / A.I. Bedov, A.I. Gabitov, A.S. Salov, A.R. Biktasheva // Journal of Physics: Conference Series 2020. 1425(1), 012042.

REFERENCES

1. Bedov A.I., Gaisin A.M., Gabitov A.I., Galeev R.G., Salov A.S., Shibirkina M.S. Opredelenie teplopoter' uzla sopriazheniia okonnoi ramy so stenoj pri zamene ustarevshei konstruksii okonnykh blokov na sovremennye [Determination of heat losses of a window frame to the wall joint when replacing the outdated constructions of window blocks with modern ones]. *Bulletin of MSUCE*. 2015. No. 11. Pp. 46-57. (rus).
2. Gagarin V.G. Makroekonomicheskie aspekty obosnovaniia energosberegaiushchikh meropriiati pri povyshenii teplozashchity ograzhdaiushchikh konstruksii zdanii [Macroeconomic reasons for applying energy saving measures under increasing of heat insulation in building enclosing structures]. *Construction materials*. 2010. No. 3. Pp. 8-16. (rus).
3. Gabitov A.I., Gaisin A.M., Udalova E.A., Salov A.S., Yamilova V.V., Gainanova E.S. Istoricheskie aspekty razvitiia energoeffektivnykh tekhnologii v stroitel'stve [Historical aspects of the development of energy efficient technologies in construction]. *Ecological systems and devices*. 2019. No. 4. Pp. 44-50. (rus).
4. Gaisin A.M., Babkov V.V. Analiz nesushchikh naruzhnykh sten mnogoetazhnykh zhilykh domov v respublike Bashkortostan s pozitsii udel'noi teplozashchitnoi kharakteristiki [Analysis of Bearing External Walls of Multi-story Residential Buildings in the Republic of Bashkortostan from the Position of Specific Thermal Protection Characteristic]. *Construction materials*. 2016. No. 10. Pp. 55-57. (rus).
5. Mamleev R.F., Sagitov R.Sh., Kolesnik G.S., Babkov V.V., Gareev R.R., Gaisin A.M., Moskalyov A.P., Korobeinikov Yu.M., Razumova G.F., Chikota A.N., Fedortsev I.V., Mavliyarov H.D., Yarovenko A.L., Kartashov V.B., Sinitsyn D.A. Opyt realizatsii novykh rossiiskikh normativov po teplozashchite ograzhdaiushchikh konstruksii zdanii v respublike Bashkortostan [Experience in applying new Russian standards for heat protection of building enclosing structures in the Republic of Bashkortostan]. *Construction materials*. 2003. No. 10. Pp. 6-9. (rus).
6. Bedov A.I., Gabitov A.I., Gaisin A.M., Salov A.S., Chernova A.R. CAD in interdisciplinary integration as a tool to increase specialist training quality in "Construction" education. VI International Scientific Conference "Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education" (IPICSE-2018) Moscow, Russia, November 14-16, 2018. P.1-7.
7. Babkov V.V., Gaisin A.M., Naftulovich I.M., Sinitsyn D.A., Kolesnik G.S. Opyt ekspluatatsii zdanii s teploeffektivnymi naruzhnymi stenami v usloviiakh respubliki Bashkortostan [Operating experience of buildings with heat efficient exterior walls in the Republic of Bashkortostan]. *Rostekhnadzor. Our region*. 2005. No. 5. Pp. 22. (rus).
8. Babkov V.V., Kolesnik G.S., Gaisin A.M., Gareev R.R., Chikota A.N. Nesushchie naruzhnye trekh-sloynnye steny zdanii s povyshennoi teplozashchitoy [Bearing exterior three-layer walls of buildings with hyperinsulation]. *Construction materials*. 1998. No. 6. Pp. 16-18. (rus).
9. Burkitbaev A.K., Adilova Sh. K. Teplovizionnoe obsledovanie kak sposob tekhnicheskoi dia-gnostiki teplopoter' v zdaniiah i sooruzheniiah [Thermovision inspection as a way for technical diagnostics of heat loss in buildings and structures]. *Bulletin of Almaty technological University*. 2013. No. 1. Pp. 77-79. (rus).
10. Logacheva Ye.A., Zhdanov V.G., Taranukha D.S. Teplovizionnoe obsledovanie zdanii i sooruzhenii [Thermovision inspection of buildings and structures]. *Collection «Methods and technical means of improving efficiency in the use of electrical equipment in industry and agriculture. The 78th Scientific and practical conference»*. 2014. Pp. 102-106. (rus).
11. Smorodova O.V. Problemy otsenki effektivnosti teplopotrebleniia po rezul'tatam teplovizionnogo obsledovaniia [Problems for assessing heat consumption under thermovision inspection]. *Innovation science*. 2016. No. 4-3. Pp. 147-151. (rus).
12. Bedov A.I., Gabitov A.I., Gaisin A.M., Salov A.S., Chernova A.R. CAD analysis for stress and strain behaviour of masonries made of hollow ceramic blocks. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Volume 465, 2018. VII International Symposium Actual Problems of Computational Simulation in Civil Engineering 1–8 July 2018, Novosibirsk, Russian Federation. P.1-7
13. Bedov A.I., Gaisin A.M., Gabitov A.I. Komp'uternoe modelirovanie raboty pod nagruzkoj vysokopustotnykh keramicheskikh stenovykh izdelii i kladok na ikh osnove [Computer Modeling of Work under the Load of High-Loose Ceramic Wall Articles and Classics Based on Their Basis]. *News of higher educational institutions. Textile industry technology*. 2017. No. 3 (369). Pp. 231-236. (rus).
14. Salov A.S., Gainanova E.S. Osobennosti monitoringa i provedeniia obsledovaniia teplotekh-nicheskogo sostoianiia stroitel'nykh konstruksii [Features of monitoring and inspection of the thermal state of building structures]. *Bulletin of the eurasian science*. 2019. T 11. No. 1. Pp. 54. (rus).
15. Samarin O.D. Osnovy obespecheniia mikroklimata zdanii [Provisions for making internal conditions in buildings]. M.: ASB Publishers. 2014. P. 208. (rus).
16. Nedoseko I.V., Ishmatov F.I., Aliev R.R. Primenenie konstruksionno-teploizoliatsionnogo keramzitobetona v nesushchikh i ograzhdaiushchikh konstruksiiakh zdanii zhilishchno-grazhdanskogo naznacheniia [Application of structural and heat insulating lightweight concrete in bearing and enclosing structures of civil engineering facilities]. *Construction materials*. 2011. No. 7. Pp. 14-17. (rus).
17. Vavilov V.P. Infrakrasnaia termografiia i teplovoi kontrol' [Infrared thermography and heat control]. *Moscow, Spectr Publ*. 2009. P. 544. (rus).

18. Babkov V.V., Khusnutdinov R.F., Chuikin A.E., Gaisin A.M., Gareev R.R. Teploeffektivnyye naruzhnye steny v praktike sovremennogo stroitel'stva zhilykh domov i zdaniy drugogo znacheniia [Heat efficient exterior walls in modern practice of constructing residential houses and other buildings]. *Ufa state petroleum technological university. Saint-Petersburg*. 2011. (rus).

19. Bedov A.I., Gabitov A.I., Salov A.S., Biktasheva A.R. Increase of energy performance of residential buildings with enclosing structures made of masonries with application of ceramic blocks // *Journal of Physics: Conference Series* 2020. 1425(1), 012042.

Информация об авторах

Бедов Анатолий Иванович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия,

канд. техн. наук, проф., профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: gbk@mgsu.ru

Габитов Азат Исмагилович

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия,

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительных конструкций.

E-mail: azat7@ufanet.ru

Салов Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильные дороги и технология строительного производства.

E-mail: salov@list.ru

Ганеева Элина Ильдаровна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия,

студент группы БПГ-16-02.

E-mail: ganeeva.elina@mail.ru

Парфенова Анастасия Александровна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия,

студент группы БПГ-16-02.

E-mail: nastyia10092011@mail.ru

Information about authors

Bedov Anatoly I.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,

cand. tech. sciences, prof., professor of the department of reinforced concrete and stone structures.

E-mail: gbk@mgsu.ru

Gabitov Azat I.

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia,

doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Building Structures.

E-mail: azat7@ufanet.ru

Salov Alexander S.

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia,

candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Roads and Construction Technology.

E-mail: salov@list.ru

Ganeeva Elina I.

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia,

student of the BPG-16-02 group.

E-mail: ganeeva.elina@mail.ru

Parfenova Anastasia A.

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia,

student of the BPG-16-02 group.

E-mail: nastyia10092011@mail.ru