



Тепловизионная визуализация фасада здания и повышение энергограмотности жильцов

Введение

При возведении зданий, построенных до 2000 года, применялись типовые проектные решения ограждающих конструкций с принятым на тот момент уровнем теплозащиты, которые в несколько раз меньше современного [1]. И чаще всего ухудшение воздушно-теплого режима в помещениях таких зданий в отопительный период обычно происходит из-за повышенной инфильтрации воздуха, снижения теплофизических свойств строительных материалов наружных стен, старения системы отопления и др.

Как известно, более 50% жилфонда в Республике Беларусь приватизировано, и на гражданах лежит определённая степень ответственности за состояние своей собственности. Под ответственностью понимается не только забота о повышении комфортности жилья, но и достижение нормируемого значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания. Для выбора соответствующей системы утепления фасада необходимо провести мониторинг и диагностику теплотехнического состояния наружных ограждающих конструкций здания [2, 3]. Существует расчётный метод определения величины плотности теплового потока, проходящего через ограждение (ГОСТ 25380–2014). Но расчётный метод не даёт точного результата, так как мы не можем

с высокой точностью оценить деградацию материалов несущей конструкции.

Методом измерения (например, измеритель плотности тепловых потоков и температуры ИТП-МГ4/100 «Поток») получают точные результаты плотности теплового потока в характерной зоне. Тепловизионная съёмка показывает аномалии на поверхности несущих конструкций здания (сырые участки, выветривание связующих материалов, скрытые трещины, неплотности стыков и т.д.).

Под ответственностью собственника понимается не только забота о повышении комфортности жилья, но и достижение нормируемого значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания

В дополнение к надёжному восприятию и анализу расчётных энергохарактеристик, интуитивно понятная регистрация и визуализация результатов тепловизионной съёмки имеет значение и для эффективной иллюстрации существующих условий «как есть» — для принятия решения о термомодернизации здания «как будет» жилищно-эксплуатационными предприятиями или домовладельцами.

Рецензия эксперта на статью получена 02.12.2019 [Expert review on the article received on December 2, 2019].

УДК 69.058.7. Научные специальности: 05.23.03; 05.23.00.

Тепловизионная визуализация фасада здания и повышение энергограмотности жильцов

А. Б. Невзорова, д.т.н., профессор; **С. Г. Додолев**, магистр; **О. К. Новикова**, к.т.н., доцент; **Г. Р. Гончаров**, инженер, УО «Белорусский государственный университет транспорта» (БелГУТ, г. Гомель, Республика Беларусь)

Повышение грамотности жильцов многоквартирного дома по энергосбережению является актуальной задачей. Общественное обсуждение результатов предварительного обследования фактических условий эксплуатации ограждающих конструкций здания, проведённого методом тепловизионного контроля с предоставлением количественной и качественной интерпретации полученных термограмм, позволит заинтересованным жильцам принять обоснованное решение по выбору экономически целесообразной системы утепления фасада здания.

Ключевые слова: тепловизионная съёмка, ограждающие конструкции, термограмма, энергограмотность.

UDC 69.058.7. Numbers of scientific specialty: 05.23.03; 05.23.00.

Thermal imaging of the facade of the building and increase energy literacy of residents

A. B. Neuzorova, Doctor of Technical Sciences, Professor; **S. G. Dodolev**, researcher; **O. K. Novikova**, PhD, Associate Professor; **G. R. Goncharov**, engineer, Belarusian State University of Transport (Gomel city, Republic of Belarus)

Improving the literacy of residents of an apartment building on energy saving is an urgent task. Public discussion of the results of the preliminary survey of the actual operating conditions of the building envelope, conducted by thermal imaging control with the provision of quantitative and qualitative interpretation of the thermograms, will allow interested residents to make an informed decision on the choice of an economically feasible system of insulation of the facade of the building.

Keywords: thermal imaging, enclosing structures, thermogram, energy saving literacy.



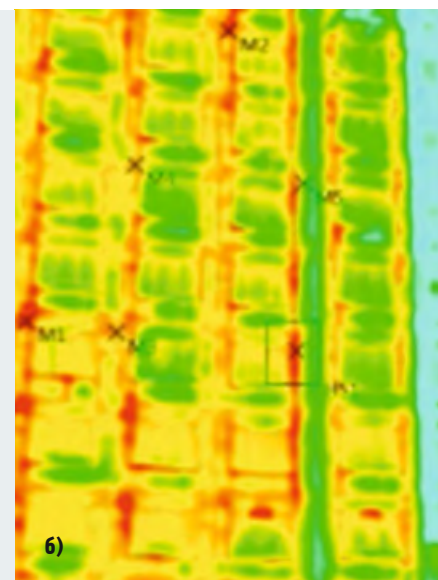
Цель работы — предложить способ повышения грамотности жильцов в области энергоэффективности эксплуатации здания постройки 1980-х годов на основе интерпретации термограмм (тепловых изображений) в интуитивно понятном количественном и качественном формате для принятия решения о возможности реализации своего потенциала в области тепловой защиты ограждающих конструкций.

Сегодня при строительстве и эксплуатации зданий широко используют неразрушающий метод — инфракрасную (ИК) термографию — для выявления и измерений тепловых колебаний на поверхностях и потерь тепловой энергии в наружных ограждающих конструкциях зданий [4, 5].

Тем не менее, параметр «температура поверхности» не представляет полной информации об энергетической эффективности ограждающих конструкций здания. Из-за отсутствия эталона интерпретация проблем энергоэффективности по-прежнему основана на опыте и знаниях экспертов или аудиторов, что может привести к тому, что результаты будут субъективными или противоречивыми.

Ещё одна важная проблема, которая часто не учитывается, заключается в том,

что степень износа строительных конструкций обычно варьируется даже на небольших площадях. Например, когда речь идёт об исследовании наружных стен, то различные области по всей поверхности могут находиться на разных уровнях деградации. Таким образом, их характеристики будут сильно отличаться.



❖❖ Рис. 1. Жилое панельное здание до утепления (а) и его термограмма (б)



тур на наружной поверхности требуют условий, близких к стационарным, которые практически невозможно достигать непрерывно.

Напротив, качественный анализ термограмм включает в себя обзор цветовых узоров, присутствующих в изображении, чтобы различить тепловые колебания на поверхности ограждения (рис. 1).

Качественные формы анализа используются для диагностики и обнаружения потенциальных дефектов здания, включая следующие основные типы дефектов: изменение теплопроводности строительных материалов, потери тепла из-за инфильтрации воздуха и вентиляции, структурные дефекты и дефекты, связанные с повышением влажности в помещениях и на поверхностях конструкций и другие [8].

Анализ условий теплопередачи через ограждающие конструкции в настоящее время является необходимым шагом в оценке уровней энергоэффективности существующих зданий согласно СТБ EN 15603–2014 «Энергетические характеристики зданий. Оценка общего потребления энергии и энергетических характеристик зданий».

Это связано с тем, что на этапе эксплуатации здания тепловое сопротивление строительных материалов ниже заявленного при строительстве, так как фактическое термическое сопротивление строительных конструкций с тепловыми дефектами обычно ниже номинального.



Рис. 2. Жилое панельное здание после утепления (а) и его термограмма (б)



Снижение значений термического сопротивления строительных материалов приводит к избыточной теплопередаче через фасады зданий [9]. Это, в свою очередь, приводит к увеличению мощности систем отопления и охлаждения для кондиционирования помещений. Несмотря на сложившуюся ситуацию с повышенным потреблением энергоресурсов, жители многоэтажных домов не стремятся к их снижению.

Для апробации предлагаемого в работе подхода было проведено инструментальное обследование зданий сертифицированными специалистами сектора энергетических исследований научно-исследовательской лаборатории «Энергоэффективность и охрана труда» отдела экологической безопасности и энергосбережения на транспорте испытательного центра Белорусского государственного университета транспорта (БелГУТ). Для достижения поставленной цели использовали методику МВИ.МН 4420–2012 «Тепловизионная диагностика теплового состояния ограждающих конструкций зданий и сооружений»; ТКП 45-1.04-304-2016 «Теплотехническое обследование

зданий с применением методов инструментального контроля»; ГОСТ Р 54853–2011 «Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера»; СТБ EN 13187–2016 «Тепловая защита зданий. Определение теплотехнических неоднородностей ограждающих конструкций. Метод тепловизионного контроля», утверждённый постановлением Госстандарта РБ от 4 марта 2016 года №21, в соответствии с которым осуществляется контроль теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий и определения зон структурной неоднородности методом термографического обследования.

Снижение значений термического сопротивления строительных материалов приводит к избыточной теплопередаче через фасады зданий [9]. Это, в свою очередь, приводит к увеличению мощности систем отопления и охлаждения для кондиционирования помещений

Время проведения измерений — февраль 2019 года. Объект исследований — стеновые ограждающие конструкции многоэтажного жилого здания 1984 года постройки.

После измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции, определения сопротивления теплопередаче и проведения тепловизионной диагностики зданий и сооружений результаты оформлялись в протоколах установленной формы, а также формировалась база термограмм с количественной и качественной интерпретацией результатов для общественного обсуждения.

Низкая активность собственников в проведении энергосберегающих мероприятий объясняется не только низкими тарифами на тепло, но и значительными первоначальными затратами. Поэтому указом Президента Республики Беларусь от 4 сентября 2019 года №327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов» предусматривается возможность участия государственного бюджета (до 50 %) в проведении тепловой модернизации.

Нужно отметить, что при этом именно из бюджета Республики Беларусь в полном объёме оплачиваются все работы, что избавляет граждан от единовременных финансовых вложений. Свою долю затрат они будут возмещать в течение нескольких лет, причём делать это в том числе и за счёт будущей экономии на оплате жилищно-коммунальных услуг.

Следует отметить, что поскольку речь идёт о коллективной собственности, то решение в любом случае будет зависеть от жильцов (количество голосов не менее 2/3 от общего числа). Но прежде эксплуатирующие организации должны проанализировать ситуацию и предложить варианты решения проблемы на примере уже утеплённых зданий (рис. 2).

Результаты предварительного опроса домовладельцев и жителей по результатам обследования показывают, что тепловая визуализация оболочки здания, как оценка условий его эксплуатации, имеет высокий потенциал для повышения энергограмотности жильцов в качестве интуитивно понятного инструмента коммуникации жилищно-эксплуатационных организаций и общественности в вопросах энергосбережения.

Заключение

Таким образом, проблемы потерь тепла могут быть легко донесены жителям дома в интуитивно понятном количественном и качественном формате для принятия решения домовладельцев о реализации имеющегося потенциала в области тепловой защиты ограждающих конструкций здания.

Использование инфракрасной термографии в качестве диагностического инструмента для оценки аномалий наружных стен в жилых зданиях и тепловых потерь через них позволяет дать адекватную оценку эффективности ограждающих конструкций и предоставить выводы и рекомендации, являющиеся частью процесса термографического анализа.

При этом необходимо учитывать техническую или профессиональную подготовку эксперта в области проектирования ограждающих конструкций зданий и гигротермических характеристик в сочетании с соответствующим опытом работы, связанной с большими зданиями.

Несмотря на потенциальные ограничения в технической точности, термограммы представляют возможность сделать невидимое тепло видимым, тем самым представляя жителям здания визуальные доказательства потенциальных проблемных областей и предложения в разрезе планирования энергосберегающих мероприятий и определения приоритетов для профилактического и прогностического обслуживания зданий. И это может стать ключевым шагом в изменении поведения и отношения граждан к вопросам оптимального энергопотребления и выбора экономически целесообразного варианта термомодернизации здания с полной или частичной теплозащитой для достижения реального имеющегося предела энергосбережения при реализации указанных мероприятий. ●

1. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*, 2010. №3. С. 8–16.
2. Епифанцев Б.Н., Кривошеин А.Д. Тепловизионная диагностика ограждающих конструкций зданий и сооружений: проблемы, перспективы // *Вестник СибАДИ*, 2008. №7. С. 14–18.
3. Салов А.С., Гайнанова Э.С. Особенности мониторинга и проведения обследования теплотехнического состояния строительных конструкций // *Вестник Евразийской науки*, 2019. №1. 11 с.
4. Balaras C.A., Argiriou A.A. Infrared thermography for building diagnostics. *Energy and Buildings*. March 2002. No. 34. Pp. 171–183.
5. Невзорова А.Б. Учёт энергии, потребляемой зданием. Проблемы безопасности на транспорте: Мат. VII Междун. научно-практ. конф. — Гомель: БелГУТ, 2015. С. 308–310.
6. МВИ.МН 5656–2016. Определение критических дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций зданий с помощью метода тепловизионного контроля: методика проведения измерений и расчётов. — Минск: ГП «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.», 2016. 25 с.
7. Карпов Д.Ф. Варианты количественной оценки тепловых изображений // *Природообустройство*, 2019. №1. С. 56–59.
8. Самарин О.Д., Швеченкова И.С. Оценка теплотехнической однородности фасада здания при изменении толщины утеплителя // *Журнал С.О.К.*, 2016. №5. С. 91–92.
9. Данилевский Л.Н., Терехова И.А., Пивень О.В. Метод расчёта приведённого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и нормативные значения величины // *Журнал С.О.К.*, №8. 2019. С. 38–42.

Thermal imaging of the facade of the building and increase energy literacy of residents. Pp. 74–77.

Alla B. Neuzorava, Doctor of Technical Sciences, Professor; **Sergey G. Dodolev**, researcher; **Olga K. Novikova**, PhD, Associate Professor; **Gleb R. Goncharov**, engineer, Belarusian State University of Transport (BSUT, Gomel city, Republic of Belarus)

1. V.G. Gagarin. *Makroekonomicheskie aspekty obosnovaniya jenergosberegajushhih meroprijatij pri povyshenii teplozashhity ograzhdajushhih konstrukcij zdaniy* [Macroeconomic aspects of the rationale for energy-saving measures while increasing the thermal protection of building envelopes]. *Stroitel'nye materialy* ["Construction Materials" Magazine]. 2010. No. 3. Pp. 8–16. [In Russian]
2. B.N. Epifancev, A.D. Krivoshein. *Teplovizionnaja diagnostika ograzhdajushhih konstrukcij zdaniy i sooruzhenij: problemy, perspektivy* [Thermovision diagnostics of building envelopes of buildings and structures: problems, prospects]. *Vestnik SibADI* [Bulletin of Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)]. 2008. No. 7. Pp. 14–18. [In Russian]
3. A.S. Salov, Je.S. Gajnanova. *Osobennosti monitoringa i provedeniya obsledovaniya teplotnicheskogo sostojaniya stroitel'nyh konstrukcij* [Features of monitoring and examination of the thermal state of building structures]. *Vestnik Evrazijskoj nauki* [Bulletin of Eurasian science]. 2019. No. 1. 11 p. [In Russian]
4. C.A. Balaras, A.A. Argiriou. Infrared thermography for building diagnostics. *Energy and Buildings*. March 2002. No. 34. Pp. 171–183.
5. A.B. Nevzorova. *Uchet jenerгии, potrebljaemoj zdaniem* [Metering the energy consumed by the building]. *Problemy bezopasnosti na transporte: Mat. VII Mezhdun. nauchno-prakt. konf.* [Transport Safety Issues: Proc. of the VII International Scientific and Practical Conference]. Gomel. *BelGUT* [Belarusian State University of Transport]. 2015. Pp. 308–310. [In Russian]
6. MVI.MN [Methodology for performing measurements No.] 5656–2016. *Opreделение критических дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций зданий с помощью метода тепловизионного контроля: методика проведения измерений и расчетов* [Determination of critical defects in thermal insulation of building envelopes using the thermal imaging control method: measurement and calculation methods]. Minsk. *GP "Institut zhilishha — NIP-TIS im. Ataeva S.S."* ["Institute of Housing — NIPTIS named after Atayev S.S." State Enterprise]. 2016. 25 p. [In Russian]
7. D.F. Karpov. *Varianty kolichestvennoj ocenki teplovyh izobrazhenij* [Options for quantifying thermal images]. *Prirodoobustrojstvo* ["Environmental engineering" Magazine]. 2019. No. 1. Pp. 56–59. [In Russian]
8. O.D. Samarin, I.S. Shvechenkova. *Ocenka teplotnicheskoy odnorodnosti fasada zdaniya pri izmenenii tolshhiny uteplitelja* [Assessment of the heat engineering uniformity of the building facade when the thickness of the insulation changes]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2016. No. 5. Pp. 91–92. [In Russian]
9. L.N. Danilevskij, I.A. Terehova, O.V. Piven'. *Metod raschjota privedjonnogo soprotivleniya teploperedache ograzhdajushhih konstrukcij i normativnye znachenija velichiny* [Method of calculation of the reduced heat transfer resistance of enclosing structures and standard values]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2019. No. 8. Pp. 38–42. [In Russian]