

## Использование тепловизионного метода для обследования зданий и сооружений: обзор

*А.С. Кавелин, А.Д. Тютина, В.Э. Нуриев, М.А. Колотиенко*

*Донской государственный технический университет*

**Аннотация:** в статье описан принцип работы тепловизионных устройств, а также подняты проблемы, решение которых может упростить применение тепловизионных устройств, при обследовании зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** тепловизор, термография, тепловизионное устройство, обследование зданий, реконструкция, энергоаудит, строительная диагностика, тепловидение.

Термограмма представляет собой тепловые лучи инфракрасной части светового спектра, зафиксированные после обнаружения в 1800 году явления инфракрасного излучения [1]. Термография, в свою очередь, - это использование инфракрасной камеры (тепловизионного устройства) для визуализации и измерения тепловой энергии, излучаемой объектом [2].

Заинтересованность российского рынка строительных услуг в приборах, работающих на основе тепловизионного метода, обусловлена возникновением в 2010 г. повышенного спроса на энергоаудит зданий и сооружений, вызванного вступлением в силу федерального закона № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», и последующего приказа Министерства энергетики Российской Федерации № 182 «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования». Однако сравнительно молодой рынок услуг тепловизионного обследования всё еще сталкивается с разночтениями в нормативной документации, трудностями поверки приборов, требованиями к переквалификации кадров, а заказчикам и исполнителям работ, для предварительной оценки рациональности применения технологии, требуется проводить анализ значительных объемов информации, зачастую, представленной исключительно в виде числовых критериальных показателей эффективности отдельно взятых приборов.

---

Диагностические мероприятия с применением тепловизионной технологии, для обследования технического состояния зданий и сооружений, позволяют выявить дефекты на ранних стадиях их развития, что снижает потребность в дорогостоящих мероприятиях по усилению конструкций [3].

Диагностика с помощью тепловизионной технологии может стать основой для:

- выявления скрытых дефектов строительных конструкций;
- визуализации потерь энергии;
- обнаружения отсутствия или деформативности изоляционных слоев;
- определения местоположения утечки воздуха;
- обнаружения плесени, прогнивших и плохо изолированных участков;
- определения температурных мостов;
- нахождения места проникновения влаги в плоских крышах;
- обнаружения нарушений в трубопроводах и отопительных стояках;
- нахождения неисправности в линиях электроснабжения [4].

Ниже приведены области применения метода тепловидения.

1) Строительная диагностика. Своевременное выявление проблемных зон здания позволит значительно снизить затраты на его реконструкцию. Тепловые камеры позволяют обнаружить полости или расслоение в слоях защитных материалов, недоступные для визуального и, в отдельно взятых случаях, даже инструментального обследования [5].

Старение и структурную деградацию в зданиях может вызвать появление гнили, коррозии металла, выкрашивание кирпича и бетона. Биологическая активность бактерий и грибков приводит к тому, что пораженные части дерева имеют различные тепловые структуры, что отчетливо отражается при проведении тепловизионной диагностики [6]. Обнаружение трещин в бетонных конструкциях возможно благодаря тому,

---

что трещины по оценке прибора выглядят как тепловые шунты в цельной структуре.

2) Энергоаудит и строительная инспекция. Испытания на герметичность являются важным аспектом контроля качества для сдающихся впервые и вновь вводимых в эксплуатацию зданий [7]. Потери энергии могут составлять до 50% от общего потребления энергии. Причинами служат как ошибки в проектировании дымоходов и вентиляционных каналов, так и низкое качество строительно-монтажных работ, в особенности, при заделке стыков конструкций [8]. Дефекты могут возникать во время эксплуатации инженерных сетей, их устранение сохраняет уровень энергосбережения, повышая эффективность работы зданий и систем их обеспечения.

3) Определение участков конденсации и подтопления. Присутствие влаги в стенах или облицовочных покрытиях может влиять на работоспособность всего здания. Инфракрасные камеры позволяют определить участки проникновения воды, обнаружить влагу под поверхностью [9].

Тепловизионный метод обследования зданий и сооружений имеет, как свои достоинства, так и недостатки. К преимуществам технологии можно отнести широкие возможности визуализации и вариативность применения. Тепловизор способен улавливать движущиеся частицы воды и потоки циркулирующего воздуха, обнаружить дефекты до выхода конструкций из работоспособного состояния. Данный неразрушающий метод может использоваться для измерения или наблюдения в местах, труднодоступных, недоступных или опасных для применения иных методов [10].

Требуется учесть также недостатки данного метода. Качественные камеры имеют довольно высокий ценовой диапазон (от 3000 долларов США) из-за увеличения размера массива пикселей (современный уровень 1280x1024 пикселей), в то время как менее дорогие модели (с массивами

---

пикселей от 40x40 до 160x120 пикселей) также доступны. Меньшее количество пикселей снижает качество изображения, затрудняя распознавание участков температурных отклонений. Существует разница в частоте обновления. Многие модели не обеспечивают измерения освещенности. Потеря этой информации, без правильной калибровки по излучательной способности, расстоянию, температуре окружающей среды и относительной влажности, влечет за собой то, что получающиеся изображения могут стать не более чем неверными измерениями температуры.

Интерпретация изображений зачастую затруднена, особенно на объектах с неустойчивыми температурами. Последствия минимизируются при активной термической визуализации [11]. Так как на уровне излучения влияет отражение излучения, такого как солнечный свет, от обследуемой поверхности, существует риск погрешности измерений. Большинство камер имеют точность измерения  $\pm 2\%$ , и не обеспечивают точность, получаемую при использовании контактных методов. Интерпретация и обработка данных, полученных методом термографии, требует высококвалифицированных, высокооплачиваемых кадров.

Возможно заключить, что тепловизионные камеры являются незаменимым инструментом для выявления местоположения дефектов зданий и сооружений, поскольку они могут быть эффективны даже на недоступных, для иных методов диагностики, участках. Однако, делая выбор в пользу данного метода, эксперт должен объективно оценивать рациональность применения технологии, в процессе сопоставления ее преимуществ с повышением затрат и возможными трудностями, вызванными требованиями к поверке приборов. С целью упрощения процесса проведения предварительной оценки потребности в применении технологии, нами составлена аналитическая таблица (таблица №1).

---

Таблица № 1

Анализ рациональности применения тепловизионного метода для  
обследования зданий и сооружений

№	Ключевые преимущества	Сопутствующие затруднения	Методы минимизации недостатков
1.	Оперативность разовых натурных обследований	Чрезмерно подвижный характер диагностических операций	Составление унифицированных рекомендаций, направленных на совершенствование интерпретации и учета результатов обследования
2.	Исключение длительного мониторинга		
3.	Возможность бесконтактного обследования	Высокий уровень затрат	Привлечение сторонних организаций, специализирующихся на тепловизионном обследовании
		Поверка приборов	
		Высокие требования к квалификации	
4.	Малый вес и габариты прибора, относительно простая конфигурация	Перекрытие изображения собственным теплом оптических элементов	Введение регламента проведения измерений, учет выдержки прибора в условиях окружающих температур до окончательной стабилизации
5.	Многовариантность применения прибора	Размытие излучения на значительных дистанциях, помехи, вызванные повышенной контрастностью	Рациональный выбор модели по оптимальному диапазону прозрачности среды
		Перекрытие изображения засветкой	Соблюдение требований, предъявляемых к погодным условиям
			Проведение измерений перпендикулярно диагностируемой поверхности

### Литература

1. Herschel W. The Scientific Papers of Sir William Herschel. USA: Cambridge University Press, 2013. pp. 25-26.
2. Awbi H.B. Air Distribution in Rooms: Ventilation for Health and Sustainable Environment, Netherlands: Elsevier, 2000. pp. 152-157.

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

4. Guyer E.C. Handbook of Applied Thermal Design. USA: CRC Press, 1999. pp. 75-76.

5. Vollmer M., Möllmann K. P. Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications. USA: John Wiley & Sons, 2018. pp. 605-606.

6. Paik J.K., Melchers R.E. Condition Assessment of Aged Structures. Netherlands: Elsevier, 2014. pp. 408-410.

7. Шеина С.Г., Чулкова Е. В. Анализ эффективности энергосберегающих мероприятий // Инженерный вестник Дона, 2011, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/707](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/707)

8. Зильберова И.Ю., Петров К.С., Зильберов Р.Д. Разработка предложений по повышению энергоэффективности многоквартирных жилых домов массовой застройки // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1080](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1080).

9. Yarlagadda P., Kim Y.H. Measurement Technology and Its Application. Germany: Trans Tech Publications Ltd, 2012. pp. 1200-1205.

10. Williams T. Thermal Imaging Cameras: Characteristics and Performance. USA: CRC Press, 2009. P. 118.

11. Dastbaz M., Strange I., Selkowitz S. Building Sustainable Futures: Design and the Built Environment. Luxemburg: Springer, 2015. P. 43.

### References

1. Herschel W. The Scientific Papers of Sir William Herschel. USA: Cambridge University Press, 2013. pp. 25-26.



2. Awbi H.B. Air Distribution in Rooms: Ventilation for Health and Sustainable Environment. Netherlands: Elsevier, 2000. pp. 152-157.
3. Chang J.R., Yang S.R. Innovation and Sustainable Technology in Road and Airfield Pavement. Germany: Trans Tech Publications Ltd, 2013. pp. 82-83.
4. Guyer E.C. Handbook of Applied Thermal Design. USA: CRC Press, 1999. pp. 75-76.
5. Vollmer M., Möllmann K. P., Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications. USA: John Wiley & Sons, 2018. pp. 605-606.
6. Paik J.K., Melchers R.E. Condition Assessment of Aged Structures. Netherlands: Elsevier, 2014. pp. 408-410.
7. Sheina S. G., Chulkova Ye. V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/707](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/707)
8. Zil'berova I.YU, Petrov K.S., Zil'berov R.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1080](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1080).
9. Yarlagadda P., Kim Y.H. Measurement Technology and Its Application, Germany: Trans Tech Publications Ltd, 2012. pp. 1200-1205.
10. Williams T. Thermal Imaging Cameras: Characteristics and Performance. USA: CRC Press, 2009. p. 118.
11. Dastbaz M., Strange I., Selkowitz S. Building Sustainable Futures: Design and the Built Environment. Luxemburg: Springer, 2015. p. 43.