

## Секция специальных проблем

### СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЭНЕРГОАУДИТА СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Кузь А. П., Котовский В. Й.*

*КПИ им. Игоря Сикорского, Украина, Киев, пр-т Победы, 37, корп. 7  
E-mail: kotovsk@kpi.ua, a.kuz@kpi.ua*

Основным параметром любой системы для преобразования изображения является ее информационная емкость, характеризующая возможности передачи этой системой максимального количества информации, содержащейся в воспринимаемом потоке излучения.

Практически для любого конкретного случая можно создать систему технического зрения (ТЗ), намного превышающую возможности человеческого глаза как анализатора изображений [1]. При этом использование специальных алгоритмов обработки получаемого изображения позволяет добиться эффективных решений.

Наряду со стремительным развитием систем ТЗ, создается математическое обеспечение обработки изображений, что позволяет говорить о системах ТЗ, конечным продуктом которых является не само изображение, а параметры контролируемого процесса.

Особое место в области получения информации занимают многоканальные системы (МКС), включающие, как правило, несколько каналов видимого диапазона (ВД) –  $\Delta\lambda = 0,4\text{--}0,8$  мкм и инфракрасного (ИК) диапазона –  $\Delta\lambda = 0,9\text{--}1,1$  мкм, 3–5 мкм, 8–14 мкм [2].

Инфракрасная термография давно сформировалась как самостоятельная отрасль видеотехники. Тепловизионные камеры (ТК) используются не только в военных целях, а и в медицинской диагностике, экологии, системах охраны, предупреждения о пожарах, а также для теплового мониторинга сложных объектов, например зданий и сооружений.

Экспертное обследование зданий и сооружений – это комплекс мероприятий по контролю, испытаниям и оценке технического состояния объектов, проведение которого обусловлено необходимостью определения эксплуатационных характеристик конструкций, целесообразности проведения реконструкции или ремонта, выявления причин аварий и прогнозирования состояния объекта [3].

Для этих целей достаточно одного канала ВД и одного канала ИК диапазона, причем канал ВД используется как дополнительный в качестве координатной привязки.

Проведенные оценки показывают, что по информационному потенциалу тепловидение по крайней мере не уступает дневному зрению. Преимуществами же наблюдения в ИК диапазоне является независимость получаемой информации от времени суток, а также меньшее рассеяние излучения в дымках, тумане и при искусственных помехах.

Значительный прогресс в разработке фокальных матриц дал возможность создать ТК, обладающих высокой чувствительностью. Повышение чувствительности и информационной емкости ТК в результате использования полноформатных матриц и межкадровой обработки сигнала изображения, а также введения псевдоцвета, позволяет в усредненных условиях теплового баланса осуществлять качественный переход от контроля источников тепла к наблюдению в ИК диапазоне с максимальной информативностью.

Процесс энергоаудита зданий и сооружений, и решения таких проблем, как сохранение тепла, проникновения влаги, повреждения кровли и конструкций, плохое качество системы кондиционирования и вентиляции – не совсем простая задача [4]. В этих ситуациях МКС ТЗ является просто необходимым инструментом, дающим возможность владельцу здания или инспектору обнаружить проблему и далее с помощью специалистов найти эффективное ее решение.

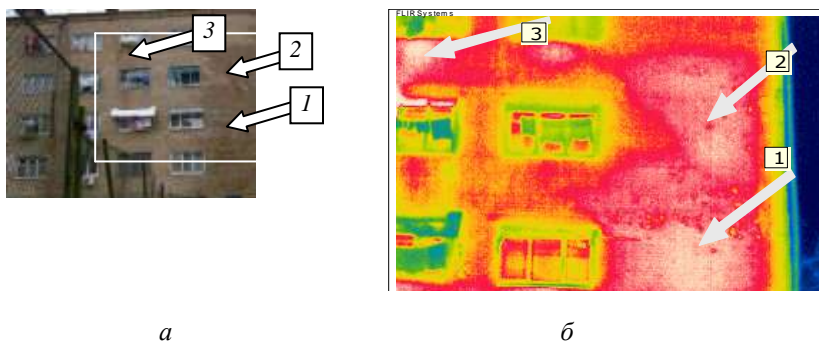
Пакет прикладных программ, позволяет производить запись термограмм в реальном масштабе времени в память ТК, проводить усреднение термоизображений во времени и пространстве, создавать термопрофили изображений и производить другие операции, что расширяет диагностические возможности метода и повышает его информативность. Для разработки и оценки эффективности такого рода проектов необходима объективная информация о реальном состоянии зданий, в том числе по их теплозащите и теплопотерям. Каждый объект индивидуален – его характеристики зависят не только от строительной серии, но и связаны с соблюдением технологии производства, климатических и геологических условий эксплуатации, проведенных прежде ремонтных работ [5].

Для получения объективной информации о тепловом состоянии здания рассмотрим одну из методик обследования с использованием МКС ТЗ, в состав которой входит видеокамера и ТК работающая в спектральном диапазоне 8–12 мкм. На рис. 1, *a* показана фотография здания выполненная в ВД, а на рис. 1, *b* – тоже здание, но в ИК диапазоне.

Выделенная область (рис. 1, *а*) соответствует фрагменту на рис. 1, *б*, где стрелками указаны проблемные места. Стрелки 1 и 2 указывает на утечку тепла вызванную нарушением внутренней и наружной гидроизоляции стены, а стрелка 3 – на утечку тепла вызванную отсутствием теплоотражающего экрана между батареей отопления и стеной. Данную информацию невозможно увидеть в ВД (рис. 2, *а*).

Контрольная съемка проводилась в одно и то же время, в одинаковых условиях. При обработке термограмм использована единая температурная шкала, которая устанавливает связь между цветом и температурой.

Поскольку камера ВД используется не для измерений, а для визуального оперативного контроля и последующей паспортизации здания, то не было необходимости в точном совмещении ее оптической оси с осью ТК. Видеокамера ВД имеет большее пространственное разрешение, чем ТК, поэтому для удобства наведения МКС ТЗ ее поле зрения устанавливалось немногим больше поля зрения ТК.



**Рис. 2. Съемка здания общежития, выполненная МКС ТЗ: *а*) в видимом диапазоне; *б*) в ИК-диапазоне**

Термограмма на рис. 2 показывает повышенную температуру на поверхности здания, что свидетельствует о повышенных теплопотерях. То есть, величина и характер распределения температуры по поверхностям конструкций здания, несут информацию об уровне теплозащиты, теплопотерях и наличии скрытых дефектов.

На термограмме (рис. 2 правый снимок) светлые оттенки соответствуют местам наиболее интенсивного оттока тепловой энергии. Неравномерность теплового изображения свидетельствует о недостаточном утеплении и не герметичности оконных проемов. Светлые пятна под окнами свидетельствуют о тепловых потерях в виду отсут-

ствия тепловых экранов внутри помещения. Хорошо видны локальные дефекты – межпанельные стыки.

Согласно проведенных измерений и аналитических расчетов, с каждого квадратного метра поверхности здания теряется около 20 Вт энергии.

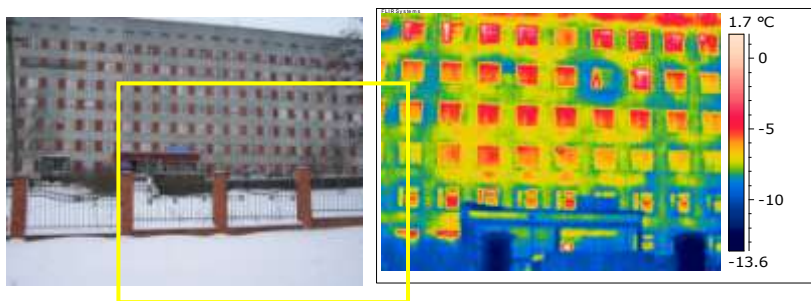


Рис. 2. Съемка здания выполненная МКС ТЗ

Сложными вопросами являются измерения температур застекленных проемов и абсолютизация шкалы температурных измерений. Первое обусловлено тем, что в ИК диапазоне стекло являются практически зеркалом и его изображение (соответственно – и термопрофили при измерениях) транслируют отраженное излучение от внешних объектов. Второе является причиной того, что отдельные участки зданий не являются ламбертовскими излучателями (как это заложено во встроенных программах обработки сигнала ТК) и имеют различные коэффициенты излучения (в то время, как в программу обработки вносится единый коэффициент для всего поля зрения). В предлагаемой методике температура остекления измерялась косвенно по значению температуры участков конструкций, находящихся непосредственно над стеклами и соприкасающихся с ними. Была разработана упрощенная модель теплопереноса, которая позволяет рассчитывать конвекционный нагрев соседних со стеклами участков конструкций. За базовый уровень собственной температуры прилегающей конструкции бралось значение температуры снизу или сбоку от остекления.

В решении второй проблемы помогал видимый канал МКС ТЗ: на этапе окончательного анализа изображения оператором, цветное изображение позволяло в ручном режиме корректировать измеренные значения температур отдельных участков по таблицам типовых значений коэффициентов излучения поверхностей и покрытий. Однако, в этом случае процесс паспортизации здания со сложными архитектурными и конструкторскими решениями существенно усложняется.

Решение первой проблемы в некоторых случаях возможно при визировании отраженного стеклом излучения калиброванного источника. Однако практическая реализуемость и стоимость такого решения, очевидно, неадекватны решаемой задаче.

Возможным путем решения второй проблемы является использование для измерений многоканальных оптико-электронных систем (МКОЭС): зная спектральные коэффициенты излучения поверхностей наблюдаемых объектов и воспользовавшись дифференциальными методами измерений можно точнее рассчитать температуру наблюдаемых объектов. В то же время используемая МКС ТЗ в сущности является МК ОЭС. Если с помощью видеокамеры автоматически разделить изображение на однородные по оптическим характеристикам участки и задать для каждого такого участка весовой коэффициент, учитывающий реальный коэффициент излучения, а затем перемножить матрицу ИК изображения с матрицей весовых коэффициентов, то на выходе получим матрицу реальных абсолютных значений температур объекта. Этот алгоритм обработки предполагает последовательное решение задачи сегментирования изображения и реализации одного из простейших методов поэлементного комплексирования [6]. Решение и первой, и второй задач хорошо известны и не требуют значительных вычислительных затрат. Следует учесть, однако, что в этом случае значительно повысятся требования по совмещению полей зрения каналов, что повлечет необходимость переработки входного блока МКС ТЗ.

Многочисленные и разнообразные применения МКС ТЗ, по информативности не уступают человеческому зрению. Разработка и промышленное освоение необходимых оптических и фотоэлектронных компонентов, и пригодность известных методов и аппаратуры для преобразования и представления информации, позволяет сделать вывод, что в ближайшие и последующие годы МКС ТЗ получат бурное развитие как одна из современных перспективных информационных технологий.

**Выводы.** Многочисленные и разнообразные применения МКС ТЗ, по информативности не уступают человеческому зрению и в настоящее время получают бурное развитие как одна из современных перспективных информационных технологий.

При использовании МКС ТЗ можно получить такой объем информации, сбор которой с помощью обычных средств занял бы огромное количество времени и средств.

Для повышения точности и эффективности измерений необходимо создавать программы постобработки изображений для учета неравномерности коэффициентов излучения по полю зрения.

## Литература

1. Колобродов В. Г. Проекування тепловізійних і телевізійних систем спостереження : підручник / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт. – Київ : Політехніка, 2007. – 344 с.
2. Микитенко В. І. Моделювання зображень у задачах комплексування каналів оптико-електронних систем / В. І. Микитенко, В. Й. Котовський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2007. – Вип. 33. – С. 24–29.
3. Интернет-ресурс 2108 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ndmik.com.ua>; <https://geoagronavt.com.ua>
4. Средства и методы теплового контроля. «Круглый стол» // В мире НК. – 2005. – № 1 (27). – С. 61–63.
5. Юдина А.Ф. Реконструкция и реставрация зданий и сооружений / А. Ф. Юдина. – М. : Академия, 2010. – 320 с.

### **АППАРАТУРА И СРАВНИТЕЛЬНАЯ МЕТОДИКА ДИСТАНЦИОННОГО БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСА «ТЕРМОДИН» И ТЕПЛОВИЗОРА**

*Белов М. Е.<sup>1</sup>, Леник Д. К.<sup>2</sup>, Кваснюк Д. И.<sup>3</sup>, Сорочан Е. Н.<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup>Шайко-Шайковский А. Г.*

*<sup>1</sup>Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича*

*<sup>2</sup>Черновицкая областная клиническая больница*

*<sup>3</sup>Буковинский государственный медицинский университет, Черновцы*

*<sup>4</sup>Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь*

Одной из важнейших задач медицинской диагностики состояния человека является измерение температуры и радиационных потоков с поверхности объекта. Полученная таким образом в результате исследований информация, позволяет качественно и количественно оценить функциональное состояние организма, установить возможные нарушения и отклонения от нормальных значений параметров.

С этой целью авторами разработан, сконструирован и создан специализированный информационно-диагностический комплекс, работа которого базируется на использовании метода динамической теплотри, бесконтактного дистанционного наблюдения изменения теплового излучения.

Информация считывается специальной головкой на анизотропных кристаллических полупроводниках и накапливается на спе-