

**РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
ОБ ОБЪЕКТАХ ОБСТАНОВКИ ИНФРАКРАСНЫМИ СРЕДСТВАМИ**

**Л. Ф. ВАСКОВСКАЯ¹, магистрант А. В. ГОРДИЕВИЧ^{1, 2},
канд. техн. наук, доц. П. В. КАМЛАЧ²**

**¹(ОАО «АГАТ – системы управления» – управляющая компания
холдинга «Геоинформационные системы управления», Минск)**

**²(Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники, Минск)**

Развитие средств инфракрасного наблюдения за объектами приводит к желанию их привлечения к решению все более широкого круга задач в различных народнохозяйственных отраслях. Основными приборами инфракрасного наблюдения являются тепловизоры, технические и сервисные показатели которых за последние годы непрерывно совершенствуются. Однако стремление к расширению областей использования инфракрасных приборов раскрывает целый ряд проблем, ограничивающих эффективность их применения. В статье рассматриваются возможности современных тепловизоров, области их применения, имеющиеся ограничения. Рассматриваются методы расширения круга решаемых задач и предлагаются пути повышения эффективности использования инфракрасных приборов в сложных условиях окружающей среды.

Ключевые слова: *тепловизоры, слабое инфракрасное излучение, радиодиапазон, видимый диапазон, окружающая среда.*

1. Основные принципы построения, назначение и области применения инфракрасных устройств.

Все тела с температурой выше абсолютного нуля являются излучателями энергии. Интенсивность излучения зависит от температуры поверхности тела и излучающей способности его составных материалов. Разные поверхностные объекты нагреваются и отдают накопленное тепло с различной интенсивностью. В температуру физических тел определенным вклад вносит также нагревание Земли. Указанные свойства лежат в основе обнаружения и распознавания объектов на окружающем фоне в области инфракрасного излучения. [1]

Инфракрасное излучение – это разновидность электромагнитного излучения, занимающего в спектре электромагнитных волн диапазон от 0,77 до 340 мкм. Инфракрасное излучение обладает свойствами видимого света – распространяется прямолинейно, отражается, преломляется, как и видимый свет – и свойствами радиоволн – может проходить сквозь некоторые материалы, непрозрачные

для видимого излучения. Через атмосферу инфракрасное излучение проникает значительно лучше, чем видимый свет, но через облака и туманы оно проникает ненамного лучше. В космическом пространстве применение инфракрасных приборов более благоприятно благодаря отсутствию ослабляющего излучения среды. В космосе ослабляющее излучение среды отсутствует и инфракрасные средства становятся «всепогодными».

Известно, что человеческий глаз воспринимает часть электромагнитного излучения, а именно – видимый свет. Этого хватает, чтобы видеть цвета, формы, однако во многих областях деятельности этого недостаточно.

Тепловую энергию и инфракрасные лучи человек ощущает только при непосредственном прикосновении или в непосредственной близости от нагретого источника. Для удаленного восприятия человеком тепловых свойств объектов необходимо преобразовать невидимую, инфракрасную, часть спектра в видимые цвета. Для этого используются тепловизионные устройства, среди которых широко распространены тепловизоры. Тепловизоры позволяют «видеть» инфракрасное излучение (ИК) объектов и определять таких их свойства, которые невидимы в других диапазонах радиоизлучения. Тепловизор фиксирует тепловое излучение объекта или поверхности в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра и преобразует его в видимый для восприятия человеческим глазом диапазон частотного спектра. По показаниям температуры в отдельных точках наблюдаемого объекта определяется интенсивность излучения, приведенная к видимому частотному диапазону. Каждой зафиксированной частоте инфракрасного спектра излучения объекта ставится в соответствие частота видимого спектра. Измерение температуры объекта осуществляется бесконтактным способом. Обнаружение объекта производится по его тепловому контрасту с окружающим фоном. Интенсивности излучения, приведенные к видимому частотному диапазону, отображаются в виде термограммы на экране тепловизора в черно-белом или цветном виде. Пользователь по экрану тепловизора зрительно выделяет точку или некоторую область, которые имеют цветовой контраст с окружающим фоном, и по этому цвету (набору цветов) определяет тепловой контур обнаруженного объекта и другие связанные с ним характеристики.

Эти приборы «видят» предметы вне зависимости от освещенности, погодных условий, в любое время суток и года, фактически улавливая и отображая на экране температуру всего, что теплее абсолютного нуля. Тепловизоры способны «чувствовать» мельчайшие изменения температурных параметров, не различимые тактильными органами человека. Для тепловизора не станет преградой дождь, туман и даже густой дым. По интенсивности (мощности) принимаемого от наблюдаемого объекта излучения, его визуального контура, а также по базе эталонных характеристик объектов тепловизоры могут предоставить информацию о типе и параметрах объекта наблюдения. Важным свойством тепловизоров является

сочетание значительной дальности их действия с малой заметностью для нежелательного радиослежения [2].

По выполняемым функциям различают следующие типы тепловизоров:

- наблюдательные;
- измерительные;
- визуальные пирометры.

Наблюдательные тепловизоры создают на экране изображение объекта в видимом диапазоне на цветовой шкале, полученное по данным инфракрасного излучения. Эти приборы могут не иметь средств для определения температуры.

Тепловизоры измерительного типа аналогичны наблюдательным, но дополнительно для каждой точки поверхности или объекта определяют значение температуры и рассчитывают термограмму для каждой точки. На экране каждый оттенок цветного (или черно-белого) изображения соответствует определенной температуре точки поверхности или предмета. Чувствительность измерительных тепловизоров намного выше, чем у наблюдательных.

Пирометры – это приборы для визуального наблюдения за температурой. Пирометр измеряет температуру в одном месте, попавшем в фокус объектив и выводит это значение на экран. Пирометры не запоминают ранее полученные результаты. Для охвата большой поверхности или объекта необходимы многократные измерения в разных местах, ручная запись и последующее построение температурных графиков.

По назначению тепловизоры подразделяют на следующие типы:

- диагностические;
- медицинские;
- морские;
- мультисенсорные;
- научные;
- строительные;
- для систем автоматизации;
- военные.

Диагностические приборы позволяют выявлять проблемные участки путем анализа температурных показателей объектов.

Медицинские тепловизоры востребованы для выявления у пациентов различного рода заболеваний [3, 4].

Морские приборы способны анализировать инфракрасное изображение при критических погодных условиях.

Мультисенсорные приборы получают информацию от совокупности тепловизоров и осуществляют распределение результатов множеству пользователей. Являются основой для создания интегральных систем сбора и объединения информации от разнотипных источников.

Приборы научного типа позволяют решить обширный спектр задач. Выбор того или иного аппарата зависит от условий исследования и результата, который необходимо получить пользователю.

Строительная аппаратура востребована при обследовании конструкций зданий. Она позволяет моментально и с высокой точностью выявлять дефекты и неисправности.

В системах автоматизации тепловизоры позволяют вести мониторинг температурных показателей объектов вне зависимости от условий видимости и уровня освещенности. Приборы включают в системы круглосуточного контроля наземного, надводного и воздушного движения [5].

В военной сфере тепловизоры используются для обнаружения и распознавания объектов [6].

2. Устройство приборов инфракрасного наблюдения.

Принцип работы тепловизора един для всех видов оборудования: прием ИК-лучей от объекта, преобразование ИК-лучей в видимые температурные диаграммы, графическое отображение температурных измерений на экране дисплея [1].

В общем случае тепловизор состоит из:

- объектива с матрицей;
- дисплея;
- элементов управления;
- хранилища данных.

Объектив с матрицей выполняет функции приемника ИК излучений. Он отвечает за трансформацию сигнала в графическое изображение температурных показателей в виде картинки на экране дисплея. От свойств объектива зависит дальность действия тепловизора. Матрица представляет собой приемник излучения, который принимает и преобразует энергию оптического излучения ИК-спектра в электрический сигнал, пропорциональный мощности поглощенного чувствительными площадками поверхности матрицы ИК-излучения.

На экране дисплея отображаются измеренные температуры наблюдаемого объекта в виде термограммы – картинки, имеющей различные оттенки, каждому из которых соответствует своя температура точки объекта.

Элементы управления – это кнопки, переключатели и т. п., с помощью которых производятся следующие настройки: выбор цветовой гаммы изображения, назначение режима слияния нескольких картинок или разделения картинки на несколько окон, назначение визуализации картинок за интервал времени, выбор конкретной точки объекта для определения его температуры, ввод требования на подготовку отчетных документов и т. п.

Конструктивное исполнение аппаратуры может быть различным в зависимости от условий применения, возлагаемых функций, необходимости стационарного или мобильного исполнения.

3. Перспективные направления развития инфракрасной техники

3.1 Обязательный состав составных частей тепловизоров не всегда предоставляет пользователю необходимый объем данных об объектах. Для повышения качества исполнения и расширения состава выполняемых функций, усовершенствования и повышения удобства сервиса в состав современных тепловизоров включаются дополнительные средства. К ним относятся:

- коммутационные средства обмена данными;
- расширители функций;
- сенсорные органы управления и сенсорный экран.
- средства регистрации, долговременного хранения и многократного воспроизведения проведенных измерений.

Коммутационные средства обмена данными включают Wi-Fi или Bluetooth-модули, посредством которых собранные тепловизором сведения передаются на смартфоны, планшеты, ноутбуки. При наличии USB-порта информацию можно передать напрямую на компьютер. Если есть HDMI-порт, то становится возможной потоковая трансляция видео на подключенный удаленный монитор или телевизор.

Средства регистрации и долговременного хранения данных – хранилища – представляют собой электронную память для запоминания зафиксированных данных в виде файлов фото- и видео- снимков, термограмм, голосовых или текстовых данных. В качестве хранилища могут использоваться внутренние или внешние флешки. Сохраненную информацию можно переносить на персональный компьютер с целью последующей обработки и повторного воспроизведения.

3.2 Важнейшим направлением развития инфракрасной техники является расширение выполняемых им функций за счет введения новых структурных модулей [6]. К ним относятся:

- лазерные ИК-измерители дальности;
- средства видео- и/или аудиозаписи;
- лазерные указатели, облегчающий наведение фокуса на объект;
- средства расширения функциональных опций для отображения на экране информации в виде «картинка в картинке», реализации многооконного изображения, отображения скроллинга данных за интервал времени и т.п;
- средства обработки температурных данных для расчета оперативных и обобщенных расширенных показателей, подготовки отчетов о термограммах в специальных формах;
- средства диагностики для выявления наличия и локализации по месту и времени дефектных контрольных тепловых точек;
- средства для представления пользователям на смартфонах и на компьютерах информации в универсальных форматах: видео – mp4, аудио – mp3, wav, картинок – jpeg.

3.3 Выбор конкретных ИК-приборов должен производиться после определения:

- цели работы и области использования, условий окружающей среды в области эксплуатации;
- перечня объектов, представляющих интерес для обнаружения и определения характеристик,
- круга и требований пользователей результатов;
- возможностей по привлечению источников информации.

После этого выбор приборов для обработки ИК-информации должен опираться на технические характеристики приборов. К ним относятся:

- область применения прибора;
- спектральный диапазон;
- разрешение инфракрасного датчика;
- разрешение и размер дисплея;
- температурный диапазон;
- чувствительность;
- погрешность измерений;
- максимальная дальность.

Ориентируясь на эти параметры, можно определить, какой тепловизор является лучшим для решения задачи.

4. Применение инфракрасных приборов для обнаружения и идентификации целей со слабым инфракрасным излучением и наличии сложной окружающей среды.

Для обнаружения и определения характеристик объектов на основе их инфракрасного излучения интерес представляет только ограниченная наиболее контрастная по сравнению с окружающим фоном область спектра. Эта область для разных наблюдаемых объектов в значительной степени зависит от материала объекта. Поэтому максимум мощности излучения для разных объектов соответствует разным поддиапазнам излучения. В связи с тем, что изначально тип наблюдаемого объекта неизвестен, для обнаружения объектов в заданной области окружающего пространства необходимо иметь возможность раздельного детального охвата излучения объектов и окружающего фона в отдельных ИК поддиапазнах. Во всех случаях для обнаружения объекта необходима оценка контрастности его ИК излучения по сравнению с параметрами ИК излучения окружающего фона. Для этого необходимо оценивать мощность излучения возможных объектов и фона как в локальных ИК поддиапазнах, так и в интегральном более широком диапазоне, перекрывающем все локальные поддиапазоны. Интегральная оценка ИК излучения вместе с оценками ИК излучений в локальных ИК-поддиапазнах даст более полную информацию при обнаружении малозаметных объектов со слабым

переменным ИК излучением и объектов, о характере излучения которых априорные сведения отсутствуют.

Для реализации этого подхода целесообразно весь спектральный диапазон возможных ИК частот возможных объектов и окружающего фона наблюдать и обрабатывать комплексом ИК-приборов, каждый из которых настраивается на определенный диапазон частот, в котором может быть зафиксировано ИК излучение искомым объектам и фона. При этом необходимо учитывать такие характеристики измерительных приборов как диапазоны измеряемых температур, удаление объектов и основной материал, использованный для их изготовления, характеристика фона - наземная, надводная, воздушная (в пределах атмосферы), космической или иная окружающая обстановка местонахождения объектов.

При наличии разного рода помех, ухудшающих и искажающих инфракрасную спектральную контрастность объекта, наличие нескольких приборов измерения, настраиваемых на разные ИК- поддиапазоны, предоставляет возможность оценки объекта как бы с разных сторон для отбора более информативных и качественных поддиапазонов. Благодаря этому предоставляется более полная информация об обстановке, что улучшит итоговый результат. На основании указанных результатов может быть выполнена последующая идентификация объекта [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов Ю. А. Инфракрасные излучения. М., «Энергия», 1976. – С. 63.
2. Локтев Д. А. Методы и моделирование измерительной системы контроля объектов транспорта по их изображениям / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)». Москва – 2020. – С. 376.
3. Deng Zhong-Shan Enhancement of thermal diagnostics on tumors underneath the skin by induced evaporation. / Zhong-Shan Deng, Jing Liu, – Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, China, September 1-4, 2005. – P. 7525–7528.
4. Дехтярев Ю. П. Инфракрасная дистанционная термография как вспомогательный метод в диагностике и лечении вертеброгенных болей у спортсменов. / Ю. П. Дехтярев, В. И. Нечипорук, С. А. Мироненко, Е. Ф. Венгер, В. И. Дунаевский, В. Й. Котовский, Е. А. Соловьев. – Электроника и связь 3' Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии», 2010. – С. 122–125.
5. Обнаружение и распознавание воздушных объектов на основе совместной обработки изображений, формируемых в различных спектральных каналах : сб. ст. / Цифровая обработка сигналов ; редкол.: Ар. С. Аджемов [и др.]. – Москва : Научно технический журнал № 3/2018. – С. 56-63.
6. J. Dong, D. Zhuang, Y. Huang and J. Fu. Advances in MultiSensor Data Fusion: Algorithms and Applications // Sensors. – 2009. – № 9(10). – P. 7771–7784.
7. Муравьев В. С. обнаружение и распознавание воздушных объектов на основе совместной обработки изображений, формируемых в различных спектральных каналах / ЦОС № 3 2018. – С. 56–63.