

УДК 621.384.3:536

Малогабаритный тепловизор для гражданских целей

Н. З. Горева, Н. Ф. Кошавцев, В. И. Теплов, С. Ф. Федотова
ГУДП СКБ ТНВ ГУП «НПО «Орион»», Москва, Россия

Предложена схема построения малогабаритного тепловизора для решения гражданских задач. Рассмотрены пути модернизации тепловизора в целях обеспечения возможности измерения температуры.

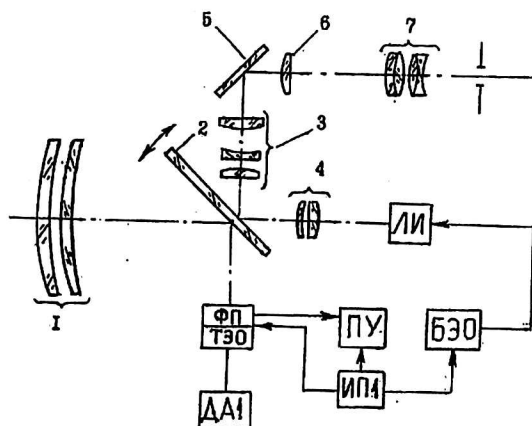
Тепловизионные приборы широко используются для контроля за состоянием линий электропередач, теплоизоляции зданий, теплотрасс, различных процессов, сопровождающихся выделением тепла, когда не требуются высокочувствительные тепловизоры с высоким пространственным разрешением.

Для решения указанных задач разработан тепловизор ТМ-100М. В приборе реализована схема параллельного сканирования с параллельной обработкой видеосигналов и воспроизведением изображения на индикаторе, построенном на светоизлучающих диодах.

Функциональная схема тепловизора показана на рисунке.

На линейку фотоприемников (ФП) через входной объектив 1 и зеркало сканирующей системы 2 направляется излучение от последовательно просматриваемых элементов пространства предметов. Сигналы с ФП усиливаются блоком предварительных усилителей (ПУ) и поступают в блок электрон-

ной обработки сигнала (БЭО). Эти сигналы модулируют яркость свечения элементов линейного излучателя (ЛИ). Каждому элементу ФП соответствует определенный элемент ЛИ. Сформированный растр наблюдается через окулярную систему.



Функциональная схема тепловизора

ИК-объектив состоит из двух линз. Он имеет фокусное расстояние 100 мм, относительное отверстие 1:1,67.

ФП представляет собой фоторезистор из 48 элементов на основе селенида свинца, охлаждаемый четырехкаскадным термоэлектрическим охладителем ТЭО и чувствительный в области спектра 3—5 мкм. Размер чувствительного элемента составляет 0,14x0,13 мм, шаг 0,15 мм. Среднее значение удельной обнаружительной способности по источнику абсолютно черного тела (АЧТ) 573 К не хуже $4,6 \cdot 10^9$ см·Гц^{1/2}·Вт⁻¹. Конструктивно ФП выполнен в герметичном вакуумном корпусе, включающем в себя ТЭО.

Через окулярную систему наблюдается изображение, сформированное с помощью светодиодов ЛИ и соответствующее распределению яркости пространства предметов в области чувствительности ФП. Окулярная система включает объективы 3 и 4, сканирующее зеркало 2, плоское зеркало 5, коллектив 6 и окуляр 7.

В качестве ЛИ применена линейка светоизлучающих диодов красного цвета свечения. Общая длина линейки 6 мм, число элементов 50, размер элемента 0,1x0,06 мм, шаг 0,12 мм. ЛИ располагается в фокальной плоскости объектива 3. В фокальной плоскости объектива 4 формируется развернутое изображение ЛИ. Просмотр пространства предметов оптической системой и развертка изображения ЛИ происходят синхронно за счет использования зеркала 2 с двусторонним покрытием. Изображение, расположенное в фокальной плоскости объектива 4, рассматривается в окуляр 7. Между объективом 4 и окуляром 7 расположено зеркало 5, поворачивающее изображение в горизонтальной плоскости, и коллектив 8, позволяющий уменьшить габариты системы.

Механизм сканирования обеспечивает качание зеркала по синусоидальному закону на угол $\pm 4^\circ$ с частотой 20 Гц. Привод зеркала осуществляется от двигателя постоянного тока.

Питание ТЭО обеспечивается от стабилизатора напряжения ДА 1. Электропитание ФП, ПУ, БЭО осуществляется от источника питания ИП 1. На входы ИП 1 и ДА 1 питание подается от аккумуляторной батареи или от первичного стабилизированного источника питания.

Технические характеристики тепловизора ТМ-100М

Спектральный диапазон чувствительности, мкм	3—5
Поле зрения, угл. град.....	4x8
Геометрическое разрешение, мрад.....	1,3
Число элементов в кадре.....	48x96
Увеличение, крат.....	1,7
Эквивалентная шуму разность температур на уровне 303 К, град.....	0,15
Энергопотребление, Вт.....	12
Напряжение питания, В.....	12
Масса прибора (без первичного источника), кг.....	3,2

Для задач гражданского применения важно, чтобы тепловизор обеспечивал количественное измерение температуры. Для измерения температуры возможно использование одной строки, тогда прибор может работать как термопрофиль или измерять температуру в одной заданной точке строки (упрощенный вариант).

Для проведения измерений необходимо иметь опорный излучатель, который представляет собой либо черное тело с заданной температурой, либо зачерненную лопасть диска с контролируемой температурой, либо зеркалированную лопасть диска, создающую на ФП его автоколлимационное изображение, и т. п. *

Опорный излучатель может просматриваться во время нерабочего хода сканера или вводиться в оптический путь с помощью модуляторов.

Для обеспечения измерения температуры необходимо проводить градуировку тепловизора по внешнему эталонному черному телу. Градуировочная кривая представляет собой зависимость амплитуды видеосигнала от температуры черного тела. Градуировка не только исключает нелинейность зависимости температуры от мощности излучения, но и позволяет свести к минимуму влияние внутриприборного излучения. Все данные, необходимые для измерения температуры, следует вводить в мини-ЭВМ.

В рассматриваемой конструкции тепловизора в качестве опорного излучателя целесообразно использовать автоколлимационную наводку, создаваемую небольшой зеркальной сферой, размещаемой на вращающейся перед ФП. лопасти диска, в центре кривизны которой находится ФП. Вращение диска осуществляется от того же электродвигателя, что и работа сканирующей системы. Диск также используется для выработки синхроимпульсов.

При работе вне помещения в качестве опорного излучателя можно использовать тонкие зачерненные пластины, кустарник, деревья и даже небо у горизонта, которые можно рассматривать как излучатели с коэффициентом излучения, близким к единице при температуре окружающего воздуха.

Для данного тепловизора необходимо получить ряд градуировочных кривых при различной окружающей температуре (температуре прибора). Эти данные, введенные в мини-ЭВМ, существенно снижают погрешность измерения температуры за счет внутриприборного излучения и изменения окружающей температуры. При ее значениях, не отраженных на градуировочных кривых, должна проводиться интерполяция.

При нахождении опорного излучателя перед тепловизором (трава, кустарник и т. д.) процедура градуировки упрощается, так как в данном случае полностью исключается влияние внутриприборного излучения.

* Госсорг Ж. Инфракрасная термография. — М.: Мир, 1988.

Методические ошибки, определяемые влиянием коэффициента излучения и пропускания атмосферы, должны быть скорректированы. Для этого, помимо градуировочных кривых, в мини-ЭВМ должны вводиться данные о коэффициенте излучения объекта и параметры атмосферы (относительная влажность, метеорологическая дальность видимости и т. д.), позволяющие рассчитать ее пропускание по заданной модели.

Анализ показывает, что модернизированный тепловизор ТМ-100М позволит проводить температурные измерения в диапазоне 283—373 К с абсолютной погрешностью ± 2 К. Диапазон измеряемых температур может быть расширен за счет применения диафрагм и соответствующей градуировки.

The hand-held thermal imager for civil purposes

N. Z. Goreva, N. F. Koschavtsev, V. I. Teplov, S. F. Fedotova
Special Design Office of Night-Vision Devices of State Unitary
Enterprise «RD&P Centre "Orion"», Moscow, Russia

The scheme of the hand-held thermal imager for civil purposes is described. The ways of modernization of the thermal imager for temperature measurement is discussed.

* *
*