

УДК 621.382.32

**Определение дальностей обнаружения, распознавания и идентификации
каналов двухканальной тепловизионной системы**

Письменюк Л.В.

Студент, кафедра «Оптико-электронные приборы научных исследований»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

*Научный руководитель: Кулакова Н.Н., к.т.н., доцент кафедры «Оптико-электронные
приборы научных исследований» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

rl-3@mx.bmstu.ru

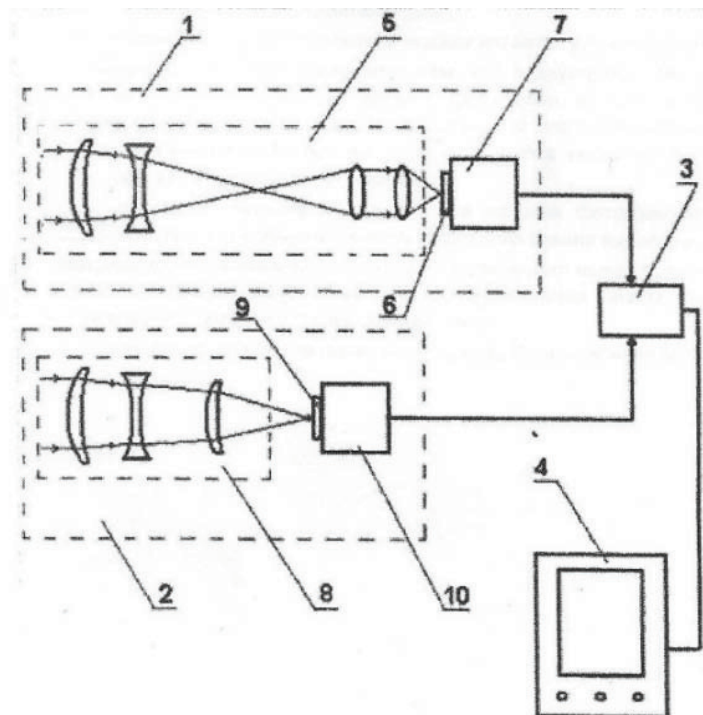
1. Описание тепловизионной системы.

Двухканальная тепловизионная система предназначена для наблюдения объектов в сумерках и ночью в простых и сложных метеоусловиях, в том числе при запылении и задымлении. Может использоваться в системах охраны, в армии, в правоохранительной деятельности.

Прибор состоит из двух оптико-электронных каналов: узкопольного и широкопольного. Каждый из каналов выполнен отдельно, установлен в едином корпусе системы и включает объектив и матрицу фотоприёмников, установленную в плоскости наилучшего изображения. Оба объектива - линзовые. Узкопольный канал – канал высокого разрешения, поэтому он работает в ближней ИК-области 3-5 мкм. Для повышения чувствительности матрицы фотоприёмников, предусматривается её охлаждение. Широкопольный канал работает в дальней области 8-11 мкм ИК-диапазона. Охлаждение матрицы в этом канале не производится.

Принципиальная схема двухканальной тепловизионной системы изображена на рисунке. Система содержит установленные в общем корпусе (на чертеже не показан) канал узкого поля зрения 1, канал широкого поля зрения 2, переключатель каналов 3 и монитор 4, который может быть выполнен в виде микродисплея. Канал узкого поля зрения 1 включает линзовый объектив 5, охлаждаемое тепловизионное матричное

фотоприёмное устройство МФПУ 6 и блок обработки сигнала 7. Канал широкого поля зрения 2 включает объектив 8, неохлаждаемое тепловизионное МФПУ 9 и блок обработки сигнала 10.



В техническом задании для каналов заданы рабочие спектральные диапазоны, относительные отверстия объективов D/f' , фокусные расстояния объективов f' , типы матриц.

Канал узкого поля зрения: диапазон длин волн – $\Delta\lambda = 3...5\text{мкм}$, относительное отверстие – $D/f' = 1:4$, фокусное расстояние – $f' = 340\text{ мм}$, матрица – охлаждаемая InSb IDCA (фирма SCD) с параметрами: формат – 640x512 пикселей, шаг – 15 мкм, размеры – 9,6x7,68 мм.

Канал широкого поля зрения: диапазон длин волн – $\Delta\lambda = 8...11\text{ мкм}$, относительное отверстие – $D/f' = 1:1,2$, фокусное расстояние – $f' = 170\text{ мм}$, матрица – микроболометрическая UL03191 (фирма Ulis) с параметрами: формат – 384x288 пикселей, шаг – 25 мкм, размеры – 9,6x7,2 мм.

2. Оценка дальностей обнаружения, распознавания, идентификации каналов по критерию Джонсона и геометрическим характеристикам каналов.

Успешное решение задач, стоящих перед тепловизионной системой, во многом зависит от её пространственного и температурного разрешения. Поскольку процесс обнаружения и распознавания объекта зависит от ряда случайных факторов и является вероятностным, то необходим критерий, позволяющий с определенной степенью

достоверности принимать решение о выполнении задачи обнаружения или распознавания. В этом качестве широко используется критерий Джонсона [1].

Критерий Джонсона представляет собой зависимость между числом разрешаемых периодов эквивалентной миры N , укладываемых на критическом размере наблюдаемого объекта, и вероятностью решения задач наблюдения. Критическим называется размер, вдоль которого ведётся анализ изображения объекта для выявления его характерных признаков. Эквивалентной штриховой мирой называют миру прямоугольной формы, ширина которой равна критическому размеру объекта, а длина соответствует его размеру в направлении, перпендикулярном критическому. Один период эквивалентной миры содержит два штриха равной толщины – тёмный и светлый.

Пространственная частота системы f в плоскости МФПУ, обеспечивающая требуемое для решения задачи обнаружения или распознавания число N , может быть рассчитана по формуле (1), приведённой в [1]:

$$\nu = \frac{N \cdot l}{f' \cdot h_{кр}}, (1)$$

где ν , лин/мм – пространственная частота оптического канала,

N – число периодов эквивалентной миры, укладываемых на критическом размере объекта,

l , м – расстояние между объектом и оптической системой,

f' , мм – фокусное расстояние оптической системы,

$h_{кр}$, м – критический размер наблюдаемого объекта.

Из формулы (1) можем выразить искомую величину – дальность до объекта:

$$l = \nu \cdot \frac{f' h_{кр}}{N}. (2)$$

Пространственная частота оптической системы определяется параметрами приёмной матрицы:

$$\nu = \frac{1}{2a}, (3)$$

где a , мм – размер светочувствительного элемента МФПУ.

Значения числа Джонсона N , характеризующие решение задач обнаружения, распознавания, идентификации с вероятностью 50%, по данным [1] приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Значения числа Джонсона

<i>Решаемая задача</i>	<i>N</i>
Обнаружение	1.00
Распознавание	3.00 ... 4.00
Идентификация	6.0

Выберем в качестве объекта наблюдения человека с ростом 1,7 м. Рост человека является критическим размером $h_{кр}$.

Используя данные технического задания, формулу (3) и таблицу 1, вычислим дальности, на которых решаются задачи наблюдения с вероятностью 50%. Результаты вычислений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты вычислений дальности

<i>Оптический канал</i>	<i>f', мм</i>	<i>v, лин/мм</i>	<i>Дальность до объекта l, м</i>		
			<i>Обнаружение</i>	<i>Распознавание (N=3)</i>	<i>Идентификация</i>
Широкого поля, $\Delta\lambda = 8...11$ мкм	170	20	5780	1927	963
Узкого поля, $\Delta\lambda = 3...5$ мкм	340	33	19270	6422	3211

Согласно расчёту по формулам (2), (3) при выбранных типах матриц и при выбранном типе объекта дальность обнаружения объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 19270 м, для широкопольного – 5780 м, дальность распознавания объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 6422 м, для широкопольного – 1927 м, дальность идентификации объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 3211 м, для широкопольного – 963 м.

3. *Оценка дальностей обнаружения, распознавания, идентификации каналов по критерию Джонсона с учётом энергетических характеристик каналов.*

В статье [2] описана связь дальностей обнаружения, распознавания, идентификации тепловизионного прибора не только с критерием Джонсона, но и с энергетическими характеристиками системы, а также с квалификацией оператора.

Во многих практических случаях применима следующая формула расчёта дальностей до объекта, на которых решается задача наблюдения [2]:

$$l = \frac{h_{кр} \gamma_o x}{C \delta} \sqrt{-\frac{0,7}{\ln(1 - P)}}, (4)$$

где γ_o - показатель квалификации оператора, для оператора невысокого уровня его можно принять равным 0,8;

C – критерий Джонсона, в нашем частном случае его значения по данным [2], можно взять равными значениям N для вероятности 50%, приведённым в табл. 1;

δ – значение элементарного поля зрения тепловизионного прибора, которое определяется по формуле:

$$\delta = \frac{a}{f'}; (5)$$

P – вероятность решения поставленной задачи наблюдения;

x – коэффициент, учитывающий энергетические характеристики системы, приближённо определяется формулой (6):

$$x = \min(0,75; 0,59 \left(\sqrt{1 + 0,78 \ln(m/0,3)} - 1 \right),$$

$$m = \frac{\Delta T_R \tau_a \alpha}{\Delta T}, (6)$$

где ΔT_R , К – разность радиационных температур объекта и фона, для человека в качестве объекта наблюдения и типичных фонов обычно принимается $\Delta T_R = 5 \dots 10$ К,

τ_a – коэффициент пропускания атмосферы, примем его равным 0,5;

α – число выборок на элемент, при применении четырёхпозиционного микросканирования $\alpha = 2$;

ΔT , К – разность температур эквивалентная шуму, указана в паспорте МФПУ.

Согласно паспортным характеристикам, МФПУ канала узкого поля зрения имеет $\Delta T = 0,02$ К, а МФПУ канала широкого поля зрения $\Delta T = 0,1$ К.

Используя в качестве объекта наблюдения человеческую фигуру, вычислим по формулам (4) - (6) дальности, на которых решаются задачи наблюдения с вероятностью 50%, т.е. при $P = 0,5$. Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3

Оптический канал	f' , мм	Дальность до объекта l , м		
		Обнаружение ($C=1$)	Распознавание ($C=3$)	Идентификация ($C=6$)

Широкого поля, $\Delta\lambda = 8...11$ мкм	170	6664	2221	1111
Узкого поля, $\Delta\lambda = 3...5$ мкм	340	23230	7745	3872

Согласно расчёту по формулам (4) - (6) при выбранных типах матриц и при выбранном типе объекта дальность обнаружения объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 23320 м, для широкопольного – 6664 м, дальность распознавания объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 7745 м, для широкопольного – 2221 м, дальность идентификации объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 3872 м, для широкопольного – 1111 м

4. Анализ результатов расчёта по двум методам.

Из сравнений табл. 2 и табл. 3 видно, что дальности распознавания, обнаружения и идентификации с вероятностью 50%, рассчитанные по формуле (4), превышают рассчитанные по формуле (2) на 15% для широкопольного канала и на 20% для узкопольного. Известно [1], что применимость формулы (1) подтверждена экспериментальными проверками, а следовательно и полученная из неё формула (2) должна давать значения дальностей, близкие к реальным дальностям приборов. Поэтому при оценке возможностей нашей тепловизионной системы следует воспользоваться методикой, описанной в пункте 2, которая связывает дальности с критерием Джонсона и геометрическими характеристиками каналов. В этом случае мы уберёмся от заведомого завышения качеств прибора.

Методика, описанная в пункте 3, связывающая дальности с критерием Джонсона и энергетическими характеристиками каналов, не даёт объективной оценки дальностей решения задач наблюдения нашей системой. По-видимому она содержит большое количество приближений. Однако в общем случае она может применяться для сравнения матриц с различными характеристиками, например, если конкретный тип МФПУ не задан техническим заданием.

При выбранных типах матриц и при выборе в качестве объекта наблюдения человека дальность обнаружения объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 19270 м, для широкопольного – 5780 м, дальность распознавания объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 6422 м, для широкопольного – 1927 м, дальность

идентификации объекта с вероятностью 50% составляет для узкопольного канала 3211 м, для широкопольного – 963 м.

Список литературы

1. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Инфракрасные системы «смотрящего» типа. – М.: Логос, 2004. – 444 с.+8 с. цв. вкл.
2. Иванов В.П., Овсянников В.А., Филиппов В.Л. Метод оптимизации несканирующих тепловизионных приборов // Оптический журнал. 2012. Т. 79, № 3. С. 4 – 10.