

Adaptive system of atmospheric fog effect compensation for vehicle TV-system

A. B. Belskiy, B. N. Senik, A. B. Sukhachev

The Joint-Stock Company "Krasnogorsky Zavod im. S. A. Zverev", Krasnogorsk, Moscow region, Russia

The evaluation was performed to define the atmospheric fog effect on the vehicle TV-system. The possibility of atmospheric fog compensation using light filters for TV-system with CCD array photo-receiver was observed in this document. Adaptive atmospheric fog compensation system was offered.

УДК 621.383.001.66

Оценка требований к точности стабилизации оптической оси оптико-электронной системы

А. Б. Бельский, А. Б. Сухачев

ОАО "Красногорский завод им. С. А. Зверева", г. Красногорск, Московская обл., Россия

Тактические возможности и уровень эффективности оптико-электронных систем (ОЭС) во многом определяют их работу в реальных условиях окружающей обстановки. Рассмотрена возможность оптимизации функционирования ОЭС, расположенных на подвижных объектах. Получены результаты для оценки значений величины среднего квадратического отклонения для системы стабилизации оптической оси ОЭС в обзорных и обзорно-прицельных комплексах для подвижных наземных и воздушных объектов специальной техники.

Одной из задач оптимизации работы ОЭС, расположенной на подвижном объекте (например летательном аппарате), является обеспечение пространственной стабилизации ее оптической оси.

Сдвиг изображения, возникающий во время накопления сигнала в фотоприемнике ОЭС, представляет собой одну из наиболее существенных причин уменьшения контраста малоразмерных объектов и ухудшения резкости изображения.

Даже при идеальной стабилизации линии визирования смещение изображения возникает в связи с перемещением летательного аппарата за время накопления энергетического потока в фотоприемнике. Известно, что при наличии смещения (сдвига) изображения каждая точка местности воспроизводится отрезком прямой линии, длина которой пропорциональна путевой скорости полета, продолжительности экспонирования и масштабу изображения [1]

$$S = T \sin^2 \beta V_g f H,$$

где S — сдвиг изображения, м;

T — время накопления в фотоприемнике, с;

V_g — путевая скорость, м/с;

f — фокусное расстояние объектива, м;

β — угол наклона оптической оси ОЭС относительно горизонта;

H — высота полета, м.

Влияние сдвига изображения на разрешающую способность фотографической системы [2] описывается соотношением

$$R/R_0 = \{[\sin(\pi R_0 S \eta)/(\pi R_0 S \eta)] \times [\sin(\pi R_0 S (1 - \eta))/(\pi R_0 S (1 - \eta))]\}^{0,36},$$

где R — разрешающая способность при сдвиге изображения;

R_0 — разрешающая способность без сдвига изображения;

S — величина сдвига изображения;

η — КПД затвора фотоаппарата.

Влияние сдвига изображения на разрешающую способность оптико-электронной системы с учетом $\eta = 1,0$ описывается соотношением [1]

$$R/R_0 = \{[\sin(\pi R_0 S)/(\pi R_0 S)]\}^{0,36}, \quad (1)$$

Упрощенная графическая модель для оценки сдвига изображения [2] представлена на рис. 1. Для оценки величины сдвига изображения по фоточувствительной зоне фотоприемника может использоваться выражение [1]

$$S = K_{ch} d/N, \tag{2}$$

$$R_0 = N/2d, \tag{3}$$

где S — величина сдвига изображения, мм;
 K_{ch} — коэффициент сдвига изображения;
 d — размер активной зоны фотоприемника, мм;
 N — число активных ячеек фотоприемника по направлению сдвига, пиксели.

где d — линейный размер активной зоны фотоприемника, мм;
 N — число активных ячеек фотоприемника по рассматриваемому размеру, пиксели.

Из выражений (2), (3) следует, что коэффициент сдвига изображения K_{ch} равен

$$K_{ch} = R_0 S/2.$$

Оценка изменения разрешающей способности оптико-электронной системы от сдвига изображения по фоточувствительной зоне фотоприемника по выражению (1) приведена в табл. 1 и на рис. 2

Из табл. 1 следует, что влияние сдвига изображения по фоточувствительной зоне фотоприемника на разрешающую способность оптико-электронной системы начинает сказываться при значениях параметра $R_0 S > 0,3$ (коэффициент сдвига $K_{ch} > 0,15$). При меньших значениях сдвига ухудшение разрешающей способности оптико-электронной системы не превышает 5 % и на качество работы ОЭС практически не влияет.

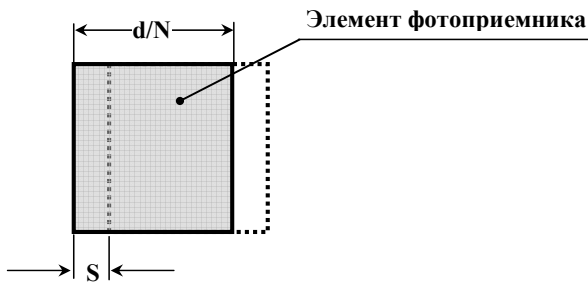


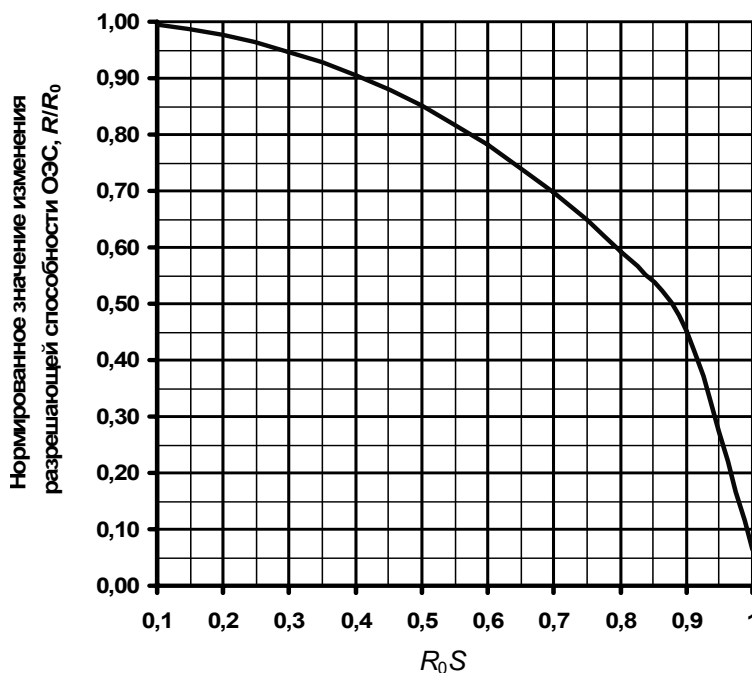
Рис. 1. Модель сдвига изображения по фоточувствительной зоне фотоприемника

Разрешающая способность без сдвига изображения R_0 (штрих/мм) для фотоприемника с ячеистой структурой (матрицы, линейки) определяется выражением [1]

Таблица 1

Характеристики сдвига изображения										
$R_0 S$										
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
K_{ch}										
0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	
Нормированное изменение разрешающей способности ОЭС (R/R_0)										
0,994	0,976	0,947	0,905	0,850	0,782	0,698	0,593	0,452	0,065	
Уменьшение разрешающей способности ОЭС от сдвига изображения, %										
0,5	2,5	5	10	15	22	30	40	45	94	

Рис. 2. Зависимость изменения разрешающей способности ОЭС от сдвига изображения по фоточувствительной зоне фотоприемника



Известно, что угловое разрешение ОЭС (мгновенное поле зрения) описывается выражением

$$\alpha = \arctg [b/(fN)],$$

где N — число элементов разложения фотоприемника по выбранной координате (по вертикали или по горизонтали), пиксели;

b — линейный размер рабочей зоны фотоприемника по выбранной координате (по вертикали или горизонтали), мм;

f — фокусное расстояние объектива, мм.

Модель для оценки точности стабилизации оптической оси ОЭС приведена на рис. 3. При этом распределение шумовой составляющей колебаний оптической оси ОЭС принимается близким к нормальному закону распределения.

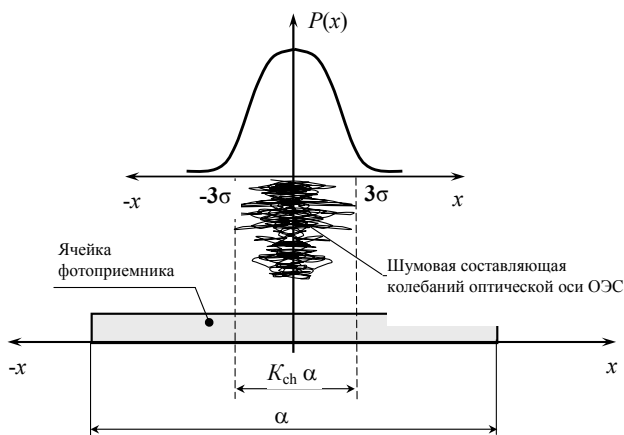


Рис. 3. Модель для оценки точности стабилизации оптической оси ОЭС

Величина среднего квадратического отклонения (СКО) σ для системы стабилизации, при котором обеспечивается заданное качество представления информации в ОЭС с учетом модели (см. рис. 3), определяется выражением

$$\sigma = K_{ch} \alpha / 6, \tag{4}$$

где K_{ch} — коэффициент сдвига изображения;

α — мгновенное поле зрения фотоприемника по выбранной координате.

С учетом выражения (4) и данных табл. 1 допустимая величина СКО σ для системы стабилизации оптической оси ОЭС может быть определена из выражения

$$\begin{cases} \sigma = 0,025 \alpha, \text{ при уменьшении разрешающей способности ОЭС до } 5\%, \\ \sigma = 0,033 \alpha, \text{ при уменьшении разрешающей способности ОЭС до } 10\%. \end{cases}$$

Значения оценки величины СКО σ для системы стабилизации оптической оси ОЭС, выполненной на основе матричного фотоприемника на ПЗС формата 1/3" с размерами фоточувствительной зоны ($\Gamma \times B$) 4,8×3,6 мм и с числом элементов разложения ($\Gamma \times B$) 790×580 пикселей, для различных фокусных расстояний объектива приведены в табл. 2 и на рис. 4.

Таблица 2

Фокусное расстояние объектива, мм							
25	50	75	100	125	150	175	200
Мгновенное поле зрения ОЭС, мрад							
0,24	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03
Максимально допустимое СКО системы стабилизации оптической оси ОЭС, мрад							
Ухудшение разрешающей способности не более 5 %							
0,0061	0,0030	0,0020	0,0015	0,0012	0,0010	0,0009	0,0008
Ухудшение разрешающей способности не более 10 %							
0,0080	0,0040	0,0027	0,0020	0,0016	0,0013	0,0011	0,0010

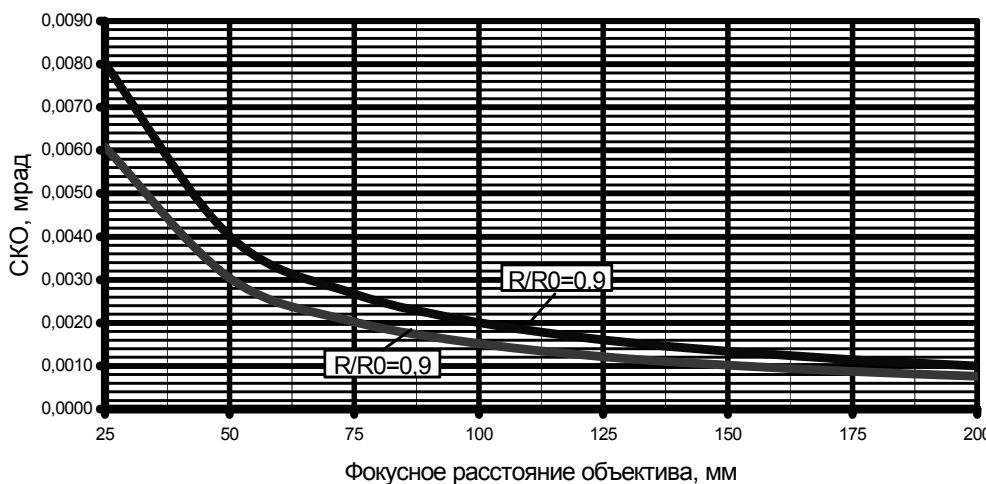


Рис. 4. Зависимость величины среднего квадратического отклонения σ для системы стабилизации оптической оси ОЭС от фокусного расстояния объектива

Рассматривая точность стабилизации оптической оси ОЭС как размах "шумовой дорожки" (6σ), получим оценку необходимой точности стабилизации оптической оси ОЭС

$$\left\{ \begin{array}{l} 6\sigma = 0,150 \alpha, \text{ при уменьшении разрешающей} \\ \text{способности ОЭС до } 5\%, \\ 6\sigma = 0,198 \alpha, \text{ при уменьшении разрешающей} \\ \text{способности ОЭС до } 10\%. \end{array} \right.$$

Заключение

Допустимая величина СКО для системы стабилизации оптической оси ОЭС при условии нормального распределения случайного процесса колебаний должна быть не более 0,025 величины

мгновенного поля зрения фотоприемника. При этом уменьшение разрешающей способности ОЭС в условиях внешних воздействий не превышает 5 % от номинального значения. При увеличении величины СКО до 0,033 величины мгновенного поля зрения фотоприемника уменьшение разрешающей способности ОЭС в условиях внешних воздействий может достигать до 10 % от номинального значения.

Литература

1. Науч.-техн. отчет по ОКР "Переоборудование-К"/ НТЦ ОАО "Красногорский завод им. С. А. Зверева". — Красногорск, 2004.
2. Науч.-техн. отчет по ОКР "Загиб"// Там же, 1978.

Статья поступила в редакцию 27 ноября 2006 г.

Optical axis accuracy stabilization requirements evaluation of electro-optical system

A. B. Belskiy, A. B. Sukhachev

The Joint-Stock Company "Krasnogorsky Zavod im. S. A. Zverev", Krasnogorsk, Moscow region, Russia

Tactical ability and effectiveness level of electro-optical systems (EOS) define the possibilities of their work in real environment. The possibility of functions optimization of EO systems mounted on the movable objects is discussed in their paper. The results of evaluation of root-mean-square (rms) deviation value of optical axis in surveying and surveying-aiming systems are achieved.

УДК 621.383

Круглосуточный телевизионный канал

В. И. Шлычков, К. В. Макаров

ФГУП «ПО "Уральский оптико-механический завод"», г. Екатеринбург, Россия

Разработана телевизионная система без ЭОП для обнаружения и распознавания объектов при изменении освещенности на местности от $5 \cdot 10^{-3}$ до 10^5 лк. В состав системы входят объектив с изменяемым относительным отверстием, телевизионная камера, узлы автофокусировки и повышения контраста. Сравнительные испытания разработанной системы с телевизионной камерой на базе ЭОП показали сопоставимые результаты по основным техническим характеристикам (разрешение, число градаций яркости).

Пилотирование при изменении освещенности на местности от $5 \cdot 10^{-3}$ до 10^5 лк, поиск, обнаружение и распознавание ориентиров и препятствий производятся круглосуточными телевизионными камерами. Например, в системе [1], конструктивно

состоящей из двух телевизионных камер, работу при изменении освещенности местности от $5 \cdot 10^{-3}$ до 1 лк обеспечивает ночная телевизионная камера (НТК), в которой приемником изображения является ЭОП поколения 2+, оптически связанный с