

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 ПЗС-матрицей. Для работы в дневных условиях при освещенности от 1 до 10^5 лк использована дневная телевизионная камера (ДТК). Автоматическое переключение ДТК на НТК обеспечивает фотометрический датчик, который при освещенности местности 1—2 лк выдает команду на включение НТК. Система [1] показала низкую устойчивость ЭОПа в НТК к ярким локальным источникам света, которые попадают в поле зрения и приводят к расплыванию изображения или необратимым прожогам мишени ЭОПа.

В связи с этим разработан круглосуточный телевизионный канал (КТК), в состав которого входят:

объектив с полем зрения $2W^\circ = 2^\circ$ и автоматически изменяющимся относительным отверстием: днем — 1/4, ночью — только 1/2,6, так как габаритные размеры КТК ограничены объемом ($W \times H \times L$) = $\sim(165 \times 170 \times 120)$ мм;

телевизионная камера на ПЗС-матрице SONY ICX-249AL с внутрикадровой обработкой видеосигнала;

узлы автоматической фокусировки изображения и повышения контраста изображения.

Объектив, входящий в КТК, разработан при условии обеспечения наибольшего коэффициента передачи контраста днем при изменении освещенности на местности от 0,1 до 10^5 лк и наибольшей светосилы ночью в условиях ЕНО ($0,1—5 \cdot 10^{-3}$) лк. Значения коэффициента передачи контраста приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики объектива с полем зрения $2W^\circ = 2^\circ$

Коэффициент передачи контраста на $\nu = 40 \text{ мм}^{-1}$			
Центр	Край	Центр	Край
0,8	0,45	0,5	0,43
(1:4)		(1:2,6)	
День		Ночь	

В качестве приемника оптического изображения в КТК установлена телевизионная камера, в которой реализован алгоритм внутрикадрового суммирования сигналов с элементов ПЗС-матрицы и суммирования кадров изображения. Управление относительным отверстием объектива выполняется автоматически.

Узел автоматической фокусировки изображения служит для компенсации взаимного смещения ПЗС-матрицы и фокальной плоскости объектива, вызванного механическими воздействиями и воз-

действием внешних температур в диапазоне от +60 до -60°C . При практической реализации в устройстве автофокусировки используется информация от температурного датчика и информация о величине спектральных составляющих, полученных с применением быстрого преобразования Уолша-Адамара фрагмента изображения в центре поля зрения форматом 64×64 элементов разложения как метод, обеспечивающий наибольшую вероятность успешной реализации автоматической фокусировки [2].

При разработке алгоритма повышения контраста использовалась специфика изображений, характерная для пилотирования, а именно, наличие линии горизонта в поле зрения (рис. 1, а) и, как следствие, бимодальный характер распределения по яркости элементов изображения (см. рис. 1, б). В связи с этим был разработан метод адаптивного преобразования гистограмм.

Метод включает:

- автоматический выбор порога отбраковки элементов гистограммы, значения которых малы (см. рис. 1, в);

- устранение на гистограмме участков с нулевыми значениями яркости элементов ("сжатие" гистограммы (см. рис. 1, з));

- применение алгоритма линейного растяжения гистограммы для "заполнения" всего динамического диапазона по яркости (см. рис. 1, е).

Результат обработки изображения с бимодальной гистограммой с помощью предложенного алгоритма адаптивного преобразования гистограммы представлен на рис. 1, д.

Метод адаптивного преобразования гистограммы успешно применялся и к изображениям с одномодальным распределением яркости элементов, полученным как в дневных (рис. 2), так и в ночных (рис. 3) условиях наблюдения.

Для количественной оценки эффективности алгоритма повышения контраста измерялся локальный контраст меры $K(i, j)$ [3], как

$$K(i, j) = 1 - \frac{1}{1 + k\sigma^2(l)}, \quad (1)$$

где $\sigma^2(l)$ — дисперсия в окрестности $n \times m$;

$k = 0,8$ — коэффициент нормирования.

Рассчитанный по (1) контраст в исходных и преобразованных изображениях приведен на рис. 2 и 3.

Разрешающая способность КТК, измеренная в диапазоне, эквивалентном изменению освещенно-

сти на местности по тестовой испытательной таблице ТИТ-0249, приведена в табл. 2.

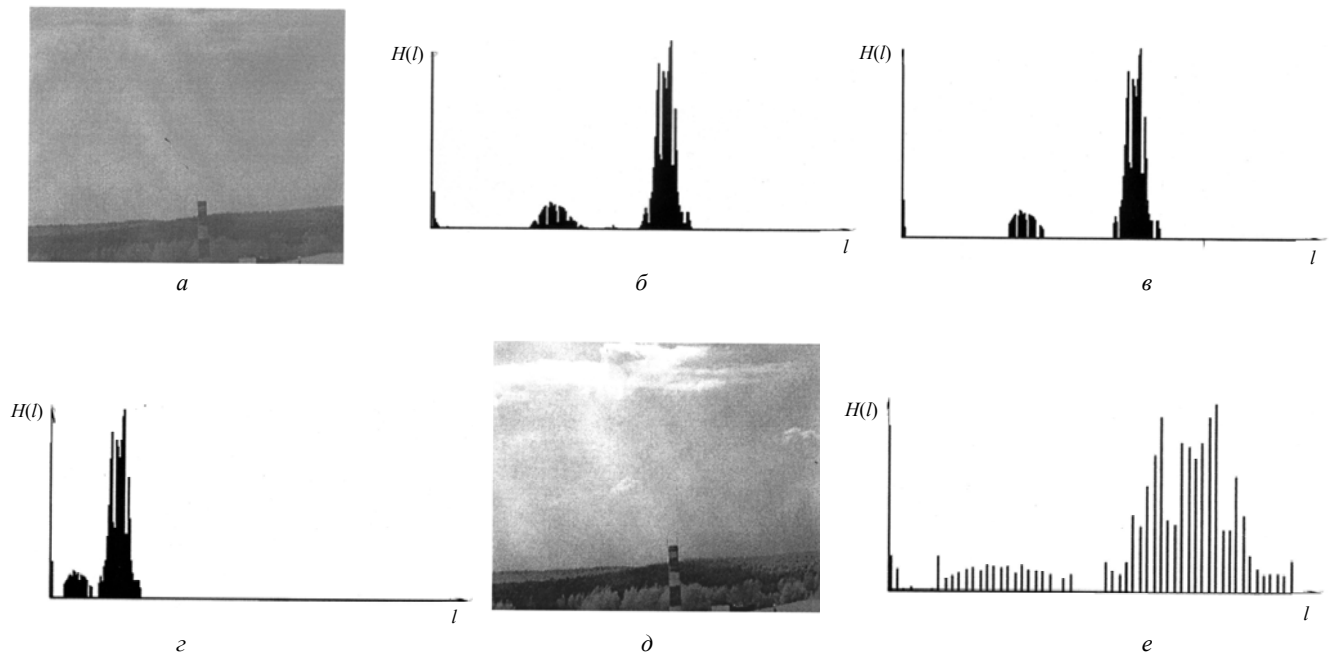


Рис. 1. Результаты обработки изображения методом адаптивного преобразования гистограммы:

a — исходное изображение; *б* — гистограмма исходного изображения; *в* — гистограмма исходного изображения после "отбраковки" элементов; *г* — гистограмма изображения после устранения участков с нулевыми значениями яркости элементов; *д* — обработанное изображение; *е* — гистограмма обработанного изображения

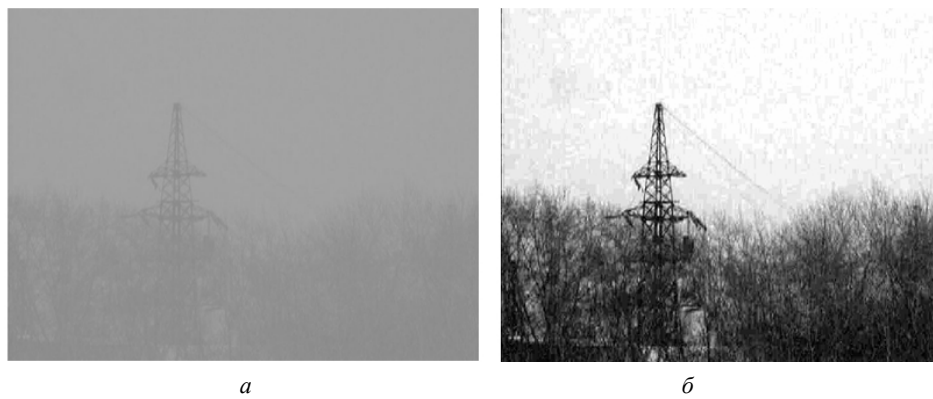
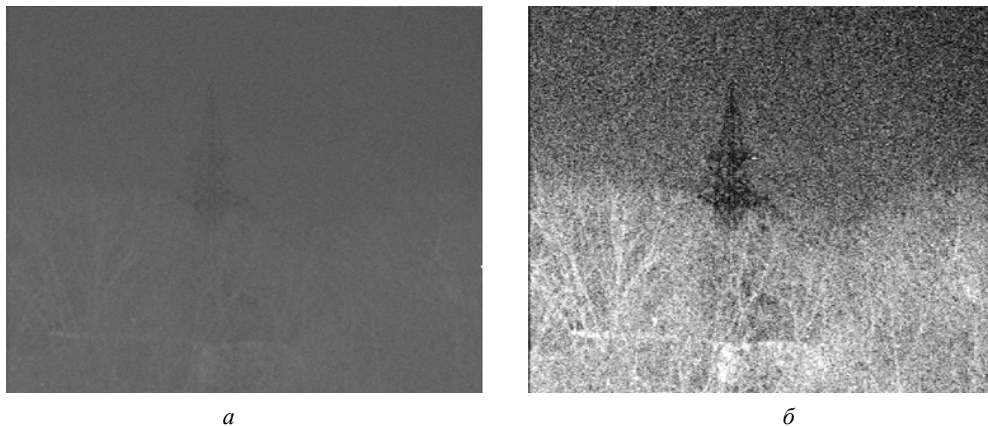


Рис. 2. Изображение вершины опоры ЛЭП размером (2,5×3) м на дальности ~2500 м, днем:

a — исходное изображение $K(i, j) = 0,72$; *б* — обработанное изображение $K(i, j) = 1,0$



a

б

Рис. 3. Изображения вершины опоры ЛЭП размером (2,5×3) м на расстоянии ~2500 м, ночью:

a — исходное изображение $K(i, j) = 0,52$; *b* — обработанное изображение $K(i, j) = 0,99$

Таблица 2

Разрешающая способность КТК при различной освещенности

Освещенность, лк	10^4	10^2	1	10^{-1}	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-3}$
Разрешение (центр/край), т.л.	600/550	600/550	600/550	500/450	400/300	350—300/ /250—200

Круглосуточный телевизионный канал имеет сопоставимые технические характеристики по диапазону освещенностей на местности, разрешению и числу воспроизводимых градаций яркости с телевизионными камерами на базе ЭОП. Прожоги мишени при наличии в поле зрения ярких локальных источников света отсутствуют.

Л и т е р а т у р а

1. ГЕО-НТК-4. Технические условия. КНИБ.201219.019 ТУ.
2. Макаров К. В., Шлычков В. И. Автоматическая фокусировка изображений для телевизионных камер//ТСС. Сер. Техника телевидения. 2005. С. 111—115.
3. Журавель И. М. Краткий курс теории обработки изображений. www.matlab.exponenta.ru

Статья поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

Round-the-clock TV-channel

V. I. Shlychov, K. V. Makarov

Federal State Unitary Enterprise Production Association "Ural Optical & Mechanical Plant",
Ekaterinburg, Russia

A TV-channel without imaging device for searching and identification of landmarks on conditions of changing of illumination on area from $5 \cdot 10^{-3}$ to 10^5 lx was worked out. The TV-channel consists of the lens with the auto changing aperture, the TV-camera, the unit of auto-focusing and the unit of contrast image rising. Comparative tests of this system with TV camera based on imaging device generation 2+ showed coincident results on basic technical parameters (resolution, number of gradation of brightness).

УДК 543.427.4

Разработка программного обеспечения для математического моделирования спектров в рентгенофлуоресцентном анализе вещества

А. В. Романов

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, Иваново, Россия

М. А. Степович

Калужский государственный педагогический университет им. К. Э. Циолковского, Калуга, Россия

М. Н. Филиппов

Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН, Москва, Россия

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) состава вещества — перспективный метод определения широкого спектра химических элементов. Настоящая работа посвящена изучению возможностей подбора оптимальных параметров для проведения количественного РФА твердых тел методами математического моделирования.

Рентгеновское излучение, возникающее при воздействии на твердое тело потоков электромаг-

нитного излучения, заряженных и атомных частиц, используют для определения качественного и