

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЯЧЕЕК ПЗС НА ПОГРЕШНОСТЬ ДАТЧИКА КООРДИНАТ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ

М.О. Кулев, Е.В. Барышникова, А.Н. Павлов, С.А. Терентьев, Е.С. Повернов, Е.В. Сыпин, Г.В. Леонов

*В статье рассмотрено влияние неоднородной чувствительности ячеек ПЗС на погрешность датчика координат очага возгорания и предложен способ коррекции этой погрешности.*

В современном мире приборы с зарядовой связью (ПЗС) используются во многих областях науки и техники. Микроскопия в медицине и биологии, компьютерное зрение и видеоконференции, системы ориентации космических аппаратов и считыватели штрих-кода, телефакс и сканер – всё это стало возможным и доступным благодаря ПЗС.

В Бийском технологическом институте был предложен способ усовершенствования пирометра спектрального отношения путем введения однокоординатных приборов с зарядовой связью (ПЗС-линеек) в качестве приемников излучения. В результате был разработан прибор, получивший название датчика координат очага возгорания (ОВ) [1]. Использование данного датчика в системах автоматического взрывоподавления может значительно повысить уровень пожарной безопасности на производствах, связанных с газодисперсными системами.

Однако существует ряд параметров ПЗС (темновой ток, неоднородная чувствительность ячеек, шумы), которые могут отрицательно сказываться на точности измерения координат и температуры пирометрическим датчиком координат ОВ.

Неоднородная чувствительность ячеек ПЗС заключается в том, что даже при однородной освещенности всех ячеек, уровень электрического потенциала каждой из них является различным (иногда этот эффект называют геометрическим шумом) [2]. В таких системах как теле- и фотокамеры этой неоднородностью можно пренебречь, но в измерительных приборах, где требуется высокая фотометрическая точность, данную погрешность необходимо учитывать.

После проведения анализа характеристик ПЗС различных фирм-производителей, было установлено, что разброс чувствительности ячеек для большинства приборов составляет 25%.

В результате было принято решение провести исследование влияния неоднород-

ной чувствительности ячеек ПЗС-линеек на показания датчика. При этом для упрощения вычислений были приняты следующие допущения: ОВ является абсолютно черным телом; светофильтры являются полосовыми, ширина полосы пропускания которых составляет 2 нм.

Для оценки влияния неоднородной чувствительности на определение температуры ОВ был предложен следующий алгоритм:

а) используя законы оптического излучения [3], рассчитывается освещенность, соответствующая центру ОВ заданной температуры;

б) рассчитываются выходные напряжения для граничных значений чувствительностей ПЗС-линеек при длинах волн, равных центральным длинам волн пропускания светофильтров;

в) используя градуировочную характеристику, составленную для номинального значения чувствительности, рассчитывается температура ОВ регистрируемая датчиком для наиболее неблагоприятных сочетаний чувствительностей;

г) вычисляются погрешности измерения температуры и проводится их оценка.

В исследуемом датчике используются ПЗС-линейки ILX551A фирмы Sony, паспортная чувствительность которых колеблется в пределах от 30 до 50 В/(Лк\*с), номинальным значением является 40 В/(Лк\*с) [4]. При этом время опроса ПЗС-линеек составляет 1 с. Центральные длины волн светофильтров равны 500 нм и 650 нм. В качестве температуры ОВ было принято значение 913 К. Для удобства обработки, данные, полученные после применения вышеизложенного алгоритма, были сведены в таблицы 1 и 2.

Таким образом, относительная погрешность при измерении температуры может достигать 7,55%, что является неприемлемым.

Для изучения влияния неоднородной чувствительности на измерение координат

*ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2007*

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЯЧЕЕК ПЗС НА ПОГРЕШНОСТЬ ДАТЧИКА КООРДИНАТ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ

очага возгорания было разработано программное обеспечение, позволяющее моделировать распределение выходного сигнала ПЗС-линейки в зависимости от освещенности и чувствительности ячеек. При этом учет неоднородной чувствительности осуществляется путем наложения случайного шума на чувствительность каждой ячейки с амплитудой, составляющей 25% от номинального значения.

Таблица 1  
Значения напряжений для различных чувствительностей

№ ПЗС	Центральная длина волны светового фильтра, нм	Чувствительность, В/(Лк*с)	Напряжение, В
1	500	30	0,004
		40	0,006
		50	0,007
2	650	30	1,638
		40	2,183
		50	2,729

Таблица 2  
Расчетные значения температуры при различных сочетаниях чувствительностей

Чувствительность первой ПЗС, В/(Лк*с)	Чувствительность второй ПЗС, В/(Лк*с)	Температура, К	Относительная погрешность, %
30	30	907	0,67
30	50	848	7,12
40	40	913	—
50	30	982	7,55
50	50	913	0,00

В результате моделирования было установлено, что для сигнала с ярко выраженным пиком освещенности (ОВ находится вблизи координатной оси) погрешность определения координат составляет не более 2% (рисунок 1), а для слабого сигнала погрешность может достигать 30% (рисунок 2).

Это может оказать существенное влияние на точность определения двумерных координат ОВ, и, тем самым, вызвать срабатывание не того устройства взрывоподавления.

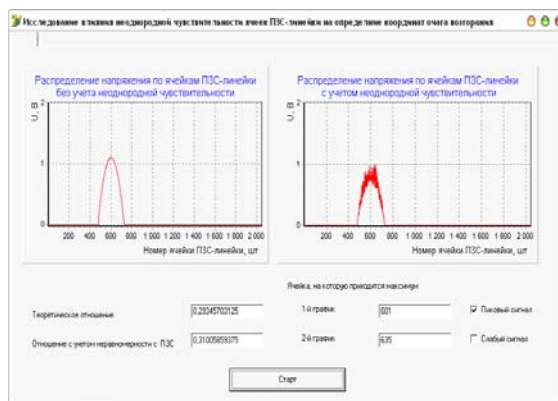


Рис. 1. Внешний вид окна программы при исследовании пикового сигнала

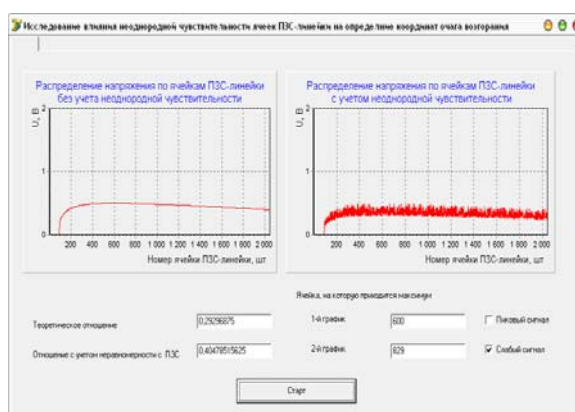


Рис. 2. Внешний вид окна программы при исследовании слабого сигнала

Для устранения погрешности, вызванной неоднородной чувствительностью, необходимо при проведении измерений осуществлять коррекцию чувствительности всех ячеек. Поскольку чувствительность каждого индивидуального элемента является фиксированной величиной, то для коррекции необходимо экспериментально до проведения измерений установить поправочные коэффициенты для каждой ячейки ПЗС-линейки. Это осуществляется путем получения равномерной освещенности всех ячеек с помощью эталонного источника излучения. Поправочные коэффициенты легко могут быть внесены в память микропроцессорного устройства датчика и использованы при всех последующих операциях.

В результате проведенной работы было достигнуто следующее:

- исследовано влияние неоднородной чувствительности ячеек ПЗС на погрешность определения температуры;

– исследовано влияние неоднородной чувствительности ячеек ПЗС на погрешность определения двумерных координат очага возгорания;

– доказана необходимость проведения коррекции неоднородной чувствительности ячеек ПЗС;

– предложен способ коррекции неоднородной чувствительности ячеек ПЗС.

Дальнейшая работа направлена на разработку установки для определения поправочных коэффициентов чувствительности ячеек ПЗС-линеек, а также на разработку алгоритмов управления пирометрическим датчиком координат очага возгорания, позволяющих устранить погрешность, связанную с неоднородной чувствительностью ячеек ПЗС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Датчик координат очага возгорания на ПЗС-линейках // Ползуновский вестник. – 2006. - №2. – С.121-127.

2. Приборы с зарядовой связью: прецизионный взгляд на мир [Электронный ресурс]/ Л. Лазовский.- Режим доступа: [http://optics.phys.spbu.ru/~Arkhov/test/exp1\\_biprism/experim/ccd/ccd\\_overview.pdf](http://optics.phys.spbu.ru/~Arkhov/test/exp1_biprism/experim/ccd/ccd_overview.pdf)

3. Якушенков В.Г. Теория и расчет опико-электронных приборов: Учебник для приборостроительных специальностей вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989

4. Sony Global – CCD Linear Sensor [Электронный ресурс]. – CCD Linear Sensor. – Режим доступа: [www.sony.net/Products/SC-HP/pro/image\\_senser/ccd\\_linear.html](http://www.sony.net/Products/SC-HP/pro/image_senser/ccd_linear.html)