

РАЗДЕЛ III. КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

УДК 658.284:535.318

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ОБРАЗЦА ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ЛИНЗАМИ

С.А. Терентьев, Д.А. Герасимов, А.И. Сидоренко, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин

В работе рассмотрена задача проектирования оптико-электронного прибора, который может определять как начало очага возгорания на ранней стадии, так и его координаты. Приведена структурная схема датчика, рассчитана оптическая система. Изготовлен лабораторный образец пирометрического датчика на базе оптической системы с цилиндрическими линзами.

Ключевые слова: пирометрический датчик, оптическая система, цилиндрические линзы, однокоординатный приемник излучения.

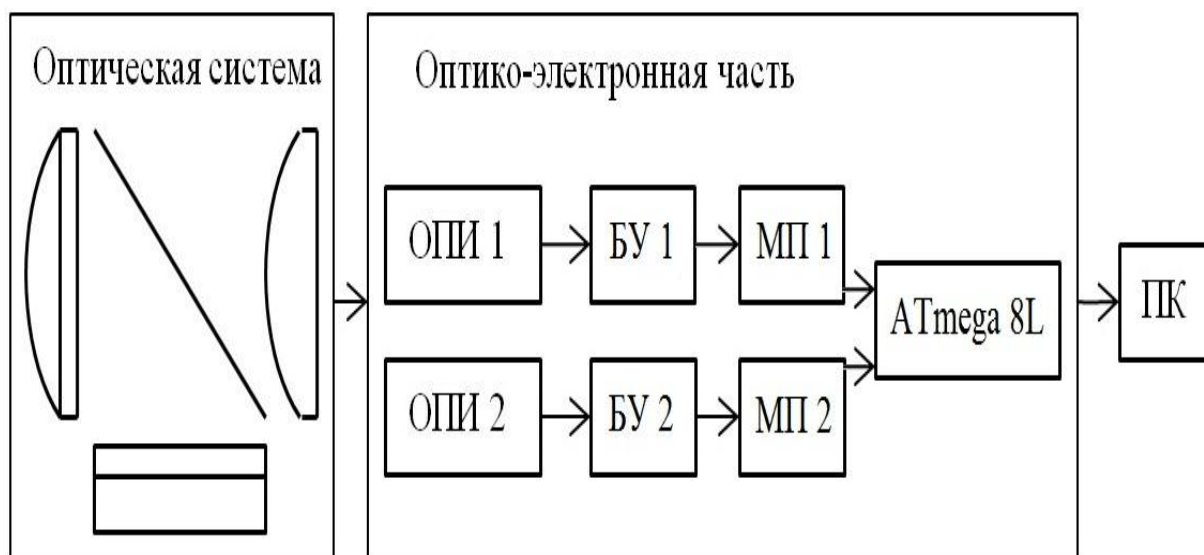
Введение

Сложность физических процессов, предшествующих взрыву в угольных шахтах существенно затрудняет его прогнозируемость и предотвращение. В этих условиях актуальной задачей является выявление начальной стадии развития взрыва. С этой задачей справляются оптические датчики, построенные по методу спектрального отношения [1, 2]. Для увеличения эффективности

локализации взрыва и уменьшения травматизма при инициировании взрывоподавляющих устройств, необходимо спроектировать оптико-электронный прибор (ОЭП), который сможет определить как начало возгорания, так и его координаты.

Основная часть

На рисунке 1 представлена структурная схема лабораторного образца пирометрического датчика.



ОПИ – однокоординатный приемник излучения; БУ – блок усиления; МП – мультиплексор;

ПК – персональный компьютер

Рисунок 1 - Структурная схема лабораторного образца пирометрического датчика

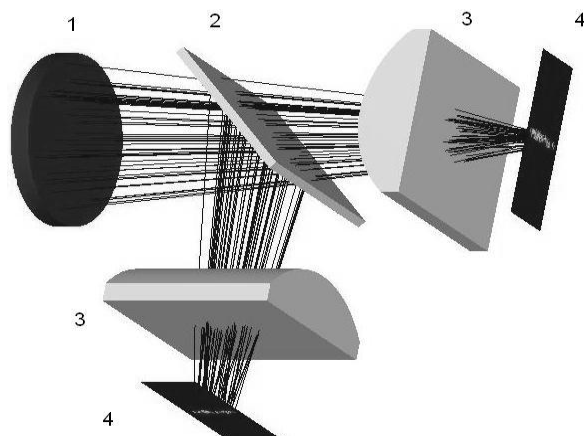
РАЗДЕЛ III. КОМПОНЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Условно лабораторный образец можно разделить на три части:

- оптическая система;
- оптико-электронная часть;
- персональный компьютер.

Оптическая система

Структурная схема оптической системы с цилиндрическими линзами для пирометрического датчика определения координат очага возгорания представлена на рисунке 2.



1 – собирающая линза, 2 – разделитель светового потока, 3 – цилиндрическая линза, 4 – ОПИ со светофильтрами

Рисунок 2 - Структурная схема оптической системы ОЭП определения очага возгорания с цилиндрическими линзами

С целью определения геометрических размеров предложенной оптической системы и проверки ее работоспособности было выполнено моделирование с помощью программы Zemax (рисунок 3).

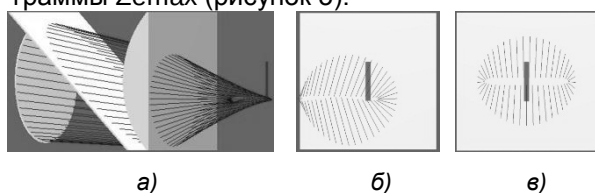


Рисунок 3 - Прямой тракт оптической системы и ход лучей через нее

а – общий вид, б – вид пучка лучей со стороны приемника излучения при расположении очага возгорания в крайнем правом верхнем углу, в – вид пучка лучей со стороны приемника излучения при расположении очага возгорания на оптической оси системы

В результате моделирования была получена оптическая система, представленная на рисунке 2 и ее геометрические параметры относительно диаметра входной линзы $d_{\text{лин}}$:

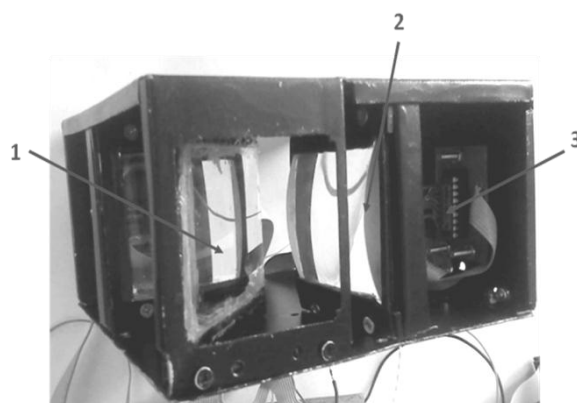
- радиус кривизны линзы – $4d_{\text{лин}}$;

- расстояние от плоской части линзы до центра полупрозрачного зеркала – $0,5d_{\text{лин}}$;
- расстояние от центра полупрозрачного зеркала до цилиндрической линзы – $0,5d_{\text{лин}}$;
- ширина и высота цилиндрической линзы – $1,1d_{\text{лин}}$;
- глубина цилиндрической линзы – $0,25d_{\text{лин}}$;
- радиус кривизны цилиндрической линзы – $0,8d_{\text{лин}}$;
- расстояние от цилиндрической линзы до приемника излучения – $0,8d_{\text{лин}}$;
- ширина чувствительного слоя ОПИ – $0,04d_{\text{лин}}$;
- длина чувствительного слоя ОПИ – $0,33d_{\text{лин}}$.

Диаметр линзы $d_{\text{лин}}$, являющийся исходным параметром моделирования, определяется в результате предварительного энергетического расчета, исходя из характеристик предполагаемого очага возгорания и полученной оптической системы.

Диаметр линзы снизу ограничен минимальным количеством энергии необходимым для работоспособности ОПИ, а сверху – геометрическими размерами ОЭП.

В результате энергетического расчета, проведенного с помощью программы Zemax, получен оптимальный диаметр линзы – 60мм. Исходя из этого, рассчитаны реальные геометрические параметры оптической системы, на основании которых была собрана оптическая часть прибора (рисунок 4).



1 – разделитель светового потока; 2 – цилиндрическая линза; 3 – ОПИ

Рисунок 4 – Фотография оптической части прибора

Оптико-электронная часть лабораторного образца

Оптико-электронная часть прибора состоит из двух каналов, обеспечивающих

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3/2, 2012

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ОБРАЗЦА ПИРОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ЛИНЗАМИ

принцип пирометрии спектрального отношения, а также реализующих предложенную методику определения двумерных координат очага взрыва. Каждый канал состоит из:

- ОПИ;
- блока усилителей;
- мультиплексора.

В качестве ОПИ было решено выбрать фотодиодные линейки S4111-16R фирмы HamamatsuPhotonicsK.K., так как они имеют небольшое количество ячеек (16 шт.), относительно большого размера, с высокой чувствительностью, что соответствует требуемым характеристикам ОПИ.

Блок усилителей представляет собой шестнадцатиканальный преобразователь тока-напряжение. Для данного блока выбраны ОУ LMC660 фирмы NationalSemiconductor, имеющие 4 усилителя в одном корпусе и входной ток смещения, не более 10^{-12} А.

В качестве мультиплексора было решено использовать шестнадцатиканальный монолитный аналоговый мультиплексор ADG406 фирмы Analog Devices, имеющий высокую скорость переключения (150 нс).

В качестве основного звена системы выбран микроконтроллер ATmega 8L фирмы ATMEL, поскольку он является наиболее доступным, имеет достаточное количество портов ввода/вывода, встроенный шестиканальный АЦП. Сигналы с микроконтроллера идут на ПК для визуализации данных.

В результате работы был собран лабораторный образец пирометрического датчика координат очага возгорания на базе оптической системы с цилиндрическими линзами (рисунок 5).

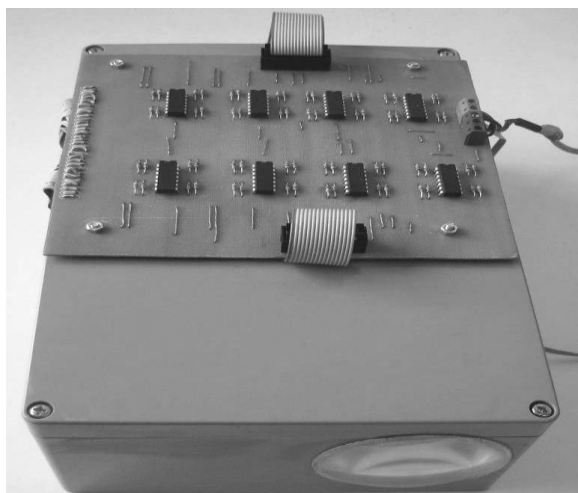


Рисунок 5 – Фотография лабораторного образца пирометрического датчика

Основные характеристики датчика:

- погрешность в определении координат, не более, % 10;
- определение температуры с точностью, °C ± 50 ;
- диапазон измеряемых температур, °C 500-800;
- угловое поле, не менее, град 14;
- потребляемая мощность, не более, Вт 0,5;
- дальность действия, не менее, м 20;
- возможность интеграции в автоматическую систему противопожарной защиты и взрывоподавления;
- возможность подключения к ПК.

Вывод

В результате проделанной работы был спроектирован и изготовлен лабораторный образец пирометрического датчика на базе оптической системы с цилиндрическими линзами. Габаритные размеры датчика составляют 90x160x240 мм. Доказана способность датчика определять двумерные координаты очага возгорания.

Дальнейшая работа заключается в разработке методик испытания датчика и проведении испытаний.

Работа выполнена в рамках программы «СТАРТ» (государственный контракт №8590p/13900 от 17.12.2010).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2109345 Российская Федерация, МПК6 G 08 B 17/12. Пирометрический датчик пожарной сигнализации [Текст] / Г.В. Леонов [и др.]; заявитель и патентообладатель Бийский технологический институт Алтайского государственного технологического университета им. И.И.Ползунова. – №95117261/12, заявл. 10.10.95; опубл. 20.04.98.
2. Патент 2318242 Российская Федерация, МПК7 G 08 B 17/12. Пирометрический датчик координат очага возгорания [Текст] / Е.В. Сыпин [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Алтайский государственного технологического университета им. И.И.Ползунова. – №2006137378/09, заявл. 23.10.06; опубл. 27.02.08.

Директор ООО «Полистрим» **С.А. Терентьев** – terser@list.ru; инженер ООО «МИП «Политех» **Д.А. Герасимов** – gda@bti.secna.ru; инженер ООО «МИП «Политех» **А.И. Сидоренко** – sai@bti.secna.ru; научный сотрудник ООО «Полистрим» **А.Н. Павлов** – pan@bti.secna.ru; научный руководитель ООО «Полистрим» **Е.В. Сыпин** – sev@bti.secna.ru, (3854)43-24-50.