

ДАТЧИК КООРДИНАТ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ НА ПЗС-ЛИНЕЙКАХ

А.Н. Павлов, С.А. Терентьев, Е.С. Повернов, Е.В. Сыпин, Г.В. Леонов

В статье рассмотрен способ усовершенствования пирометра спектрального отношения путем введения ПЗС-линеек в качестве приемников излучения. Предложена структурная схема датчика для определения координат очага возгорания.

Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в развитии общества, практически во всех сферах деятельности человека проблема энергетического обеспечения цивилизации решается практически так же, как и сотни лет назад. Основным способом получения энергии по-прежнему остается сжигание ископаемого топлива [1]. Главному достоинству углей – их сравнительно низкой стоимости, сопутствует и главный их недостаток – высокая пожаро- и взрывоопасность. Одной из актуальных задач является разработка мер и конкретных средств, направленных на снижение травматизма в угольной промышленности, источником которого являются взрывы газа метана и угольной пыли.

Существенное повышение уровня пожарной безопасности при сравнительно небольших затратах, обеспечивает внедрение автоматических систем противопожарной защиты.

Для обеспечения взрывобезопасности и успешного подавления взрыва, необходимо обнаружить очаг возгорания на начальной стадии развития. Следовательно, для контроля охраняемого объекта необходимо использовать датчик, который должен обладать малой инерционностью и большой чувствительностью. Этим условиям удовлетворяют оптические датчики температуры [2].

Газодисперсные системы (угольные шахты, мукомольное производство и др.) имеют большую поглощающую способность, поэтому для уменьшения влияния расстояния от датчика до точки возгорания и оптических свойств среды на значение контролируемой температуры, в качестве оптического датчика можно использовать пирометр спектрального отношения [3]. Температура спектрального отношения не зависит от поглощающих свойств среды, если она не вносит изменений в спектр излучения.

В ходе исследований было предложено ввести в состав пирометрического датчика ПЗС-линейки в качестве приемников излучения. ПЗС-линейки расположены перпендикулярно друг другу, образуя двумерную систему координат. Исследуя распределение на-

пряжения по длине вертикальной и горизонтальной ПЗС-линейки (рис. 1), можно определить следующие параметры очага возгорания:

- температуру (U_{x_0}/U_{y_0});
- координаты (x_0 и y_0);
- размеры (Δx_0 и Δy_0).

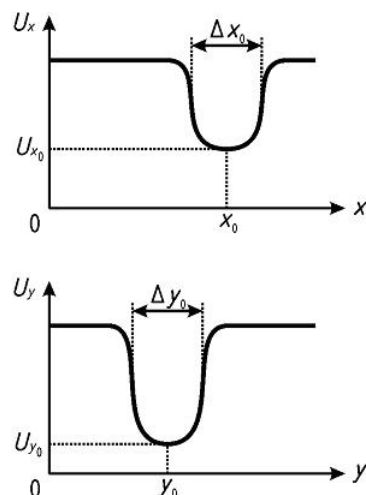


Рисунок 1 – Графики распределения напряжения по длине ПЗС-линеек

Конечной целью работы является разработка и изготовление пирометрического датчика для реализации возможности определения координат очага возгорания. Поэтому, на начальном этапе, возникла задача проектирования датчика координат очага возгорания с ПЗС-линейками.

Была предложена следующая структурная схема датчика координат очага возгорания (рис. 2).

Датчик работает следующим образом. Излучение от охраняемого объекта фокусируется при помощи объектива 1. Затем световой поток разделяется светоделительной пластиной на два потока. Каждый из этих потоков попадает на ПЗС-линейки 3. Сигналы с ПЗС-линеек поступают в блок первичной обработки информации. ПЗС-линейки расположены перпендикулярно друг другу, что обеспечивает возможность определения размеров и координат объекта возгорания.

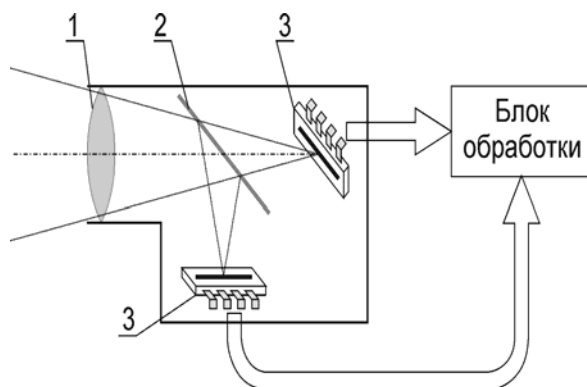


Рисунок 2 – Структурная схема датчика координат очага возгорания: 1 – объектив; 2 – разделитель светового потока; 3 – ПЗС-линейки

После проведения лабораторных исследований было установлено, что для реализации преимуществ использования ПЗС-линеек (определение размера и положения очага возгорания) необходимым условием является наличие качественной оптики.

Следовательно, первым этапом проектирования датчика координат очага возгорания является расчет параметров оптической системы.

В целях снижения временных и финансовых затрат на изготовление датчика было принято решение об описании оптической системы с помощью математической модели.

Объектив оптической системы представляет собой совокупность нескольких линз, предназначенных для оперативного изменения параметров оптики в процессе работы датчика. Если расстояние до очага возгорания принять постоянным, то объектив можно представить как одну собирающую линзу. Поэтому первоочередной задачей стало написание программы, позволяющей рассчитывать основные параметры собирающей линзы (диаметр, фокус) в зависимости от расстояния до очага возгорания и его расположения в плоскости, перпендикулярной оптической оси линзы. Используя допущение о том, что световая волна очень мала по сравнению со всеми размерами оптических приборов, можно строить изображения, используя законы геометрической оптики.

В результате была написана программа «Lens Calculations», позволяющая подбирать фокусное расстояние и диаметр собирающей линзы в зависимости от расстояния до объекта, его размера и необходимого расстояния от объектива до ПЗС-линеек.

Далее в соответствии с требованиями по быстродействию датчика было необходимо выбрать ПЗС-линейки [4, 5]. Это можно сделать, определив их основные параметры: частоту тактовых импульсов, светочувствительность и максимальный выходной уровень напряжений. Поэтому следующей задачей проектирования стала разработка программы «CCD LIS», позволяющая подбирать параметры ПЗС-линейки оптической системы датчика координат очага возгорания. На рис. 3 приведено одно из окон программы «CCD LIS».

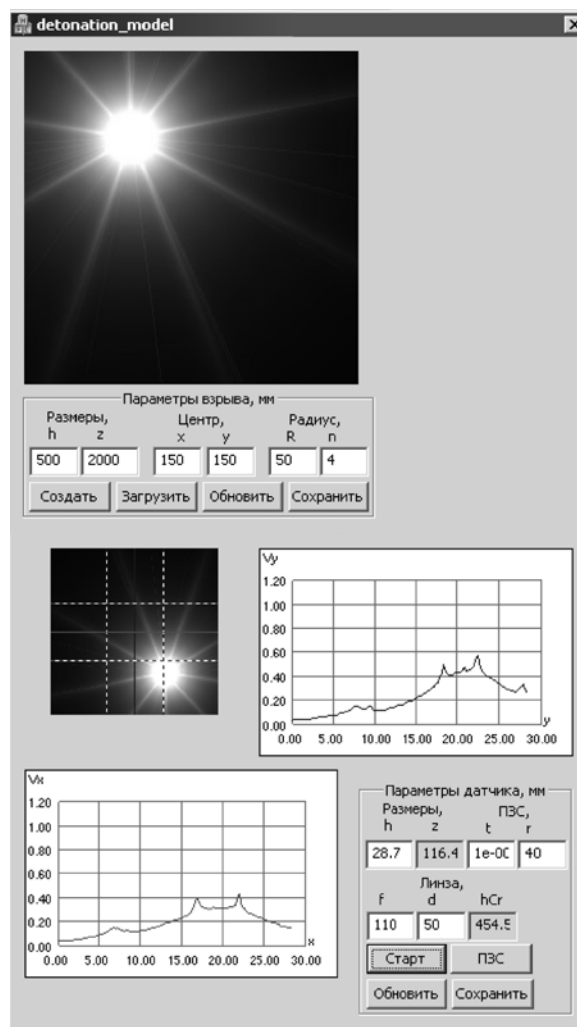


Рисунок 3 – Внешний вид окна программы «CCD LIS»

Для проведения лабораторных измерений были приняты следующие значения геометрических параметров:

– высота охраняемого объекта
 $h_{obj} \leq 0,5$ м;

ДАТЧИК КООРДИНАТ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ НА ПЗС-ЛИНЕЙКАХ

– расстояние от охраняемого объекта до датчика $z_{obj} \geq 2$ м;

– расстояние от объектива датчика до чувствительного элемента $z_{im} \approx 0,11$ м.

На рис. 4 представлена схема расположения датчика относительно охраняемого объекта.

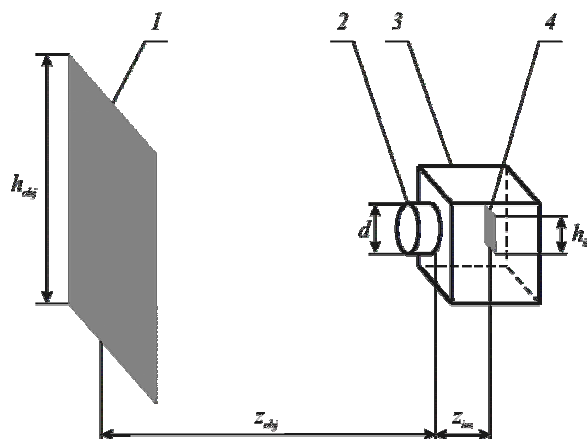


Рисунок 4 – Схема расположения датчика: 1 – охраняемый объект; 2 – объектив датчика; 3 – датчик; 4 – чувствительный элемент

С помощью программ «Lens Calculation» и «CCD LIS» [6] было установлено, что для «покрытия» всего охраняемого объекта необходимо использовать объектив, имеющий диаметр $d = 50$ мм и фокусное расстояние $f = 110$ мм.

Датчик координат очага возгорания (рис. 1) включает в себя следующие основные элементы:

- линза;
- полупрозрачное зеркало, играющее роль расщепителя луча;
- две платы с ПЗС-линейками, выполняющие функции фотоприемников.

При этом критичными геометрическими параметрами обладают линза и ПЗС-линейки. С учетом этих параметров в САПР КОМПАС-3D V7 был спроектирован датчик координат очага возгорания. Конструкция датчика приведена на рис. 5.

Оптическая система представляет собой две печатные платы с ПЗС-линейками 8, выполненных в корпусе 4. Платы с ПЗС-линейками жестко крепятся к корпусу с помощью болтовых соединений 17. На каждой ПЗС-линейке размещен светофильтр с помощью прижимной пластины 11. На горизонтальной линейке размещен синий светофильтр 10, а на вертикальной – красный 9.

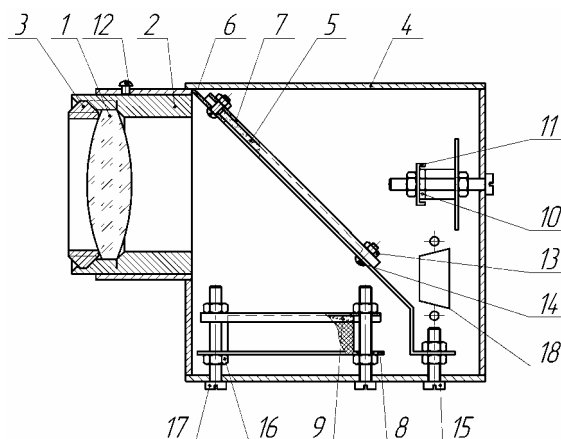


Рисунок 5 – Конструкция оптической части: 1 – линза; 2 – оправа; 3 – кольцо; 4 – корпус; 5 – зеркало полупрозрачное; 6 – рамка; 7 – рамка прижимная; 8 – плата с ПЗС-линейкой; 9 – светофильтр синий; 10 – светофильтр красный; 11 – пластина прижимная; 12, 14, 15, 17 – винты; 3, 16 – гайки; 18 – крепежное отверстие для разъема DB9

Фокусировка изображения охраняемого объекта осуществляется с помощью объектива, который представляет собой линзу 1, зафиксированную в оправе 2 кольцом 3. Объектив крепится в корпусе с помощью винта 12, ослабляя который можно осуществлять точную фокусировку светового потока путем перемещения объектива вдоль оптической оси прибора.

Для разделения светового потока предусмотрено полупрозрачное зеркало 5, закрепленное на рамке 6 прижимной рамкой 7 с помощью винтов 14 и гаек 13. Прижимная рамка имеет по краям небольшие бортики, исключаящие смещение полупрозрачного зеркала в плоскости перпендикулярной рисунку. Рамка 6 крепится к корпусу винтами 15. Изменение положения гаек позволяет регулировать угол наклона полупрозрачного зеркала относительно оптической оси прибора, который должен составлять 45 градусов.

Корпус представляет собой полый параллелепипед с сваренным полым цилиндром для крепления объектива. Корпус защищает основные элементы оптической системы от внешних климатических и механических воздействий, обеспечивает безопасность обслуживания и придает прибору в целом эстетический вид.

Для обеспечения подключения ПЗС-линеек к блоку обработки в корпусе предусмотрено технологическое отверстие 18 для крепления разъема DV9.

Фотография оптической части датчика представлена на рис. 6.



Рисунок 6 – Фотография оптической части датчика

После расчета и конструирования оптической системы датчика возникла задача проектирования и изготовления блока обработки. Для выполнения функций обработки информации в его состав было решено ввести микропроцессор. Рассматривалось три варианта построения блока обработки с использованием микропроцессор.

Первый вариант предусматривал построение блока обработки на высокопроизводительном DSP. Этот вариант позволяет непосредственное управление работой ПЗС-линеек от процессора и считывание информации в реальном времени.

Второй вариант опирался на применение микропроцессора, использование буферного блока ОЗУ большой ёмкости и организации режима ПДП. В этом случае происходило временное разделение считывания информации с ПЗС-линейки и её обработка. В процессе считывания текущей информации в режиме ПДП, процессор обрабатывал результаты предыдущего измерения из буфера.

В третьем варианте предлагалось использовать микроконтроллер со средней производительностью, а получение требуемой информации от ПЗС-линеек возложить на аппаратное обеспечение.

После анализа всех трёх вариантов предпочтение было отдано последнему. Это позволило использовать в схеме обработки распространенный и недорогой микроконтроллер семейства MCS-51 фирмы ATMEL [7].

Структурная схема блока обработки датчика координат очага возгорания приведена на рис. 7.

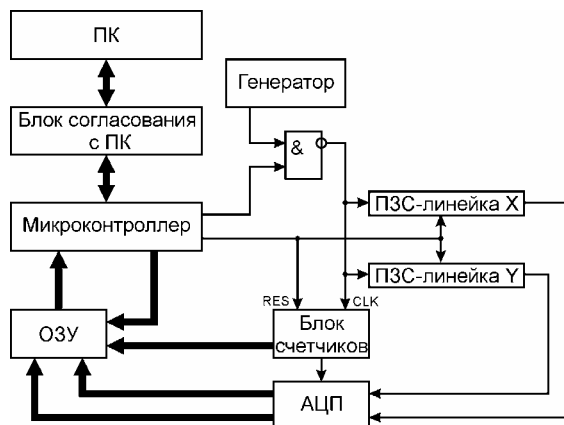


Рисунок 7 – Структурная схема блока обработки

Рассмотрим работу составных частей устройства. Программно управляемый генератор вырабатывает сигналы общей синхронизации ПЗС-линеек. Микроконтроллер имеет возможность программно запрещать работу генератора. Это необходимо для обеспечения правильного алгоритма запуска линеек. Микроконтроллер осуществляет запуск линеек путём формирования управляющего сигнала. Этот же сигнал осуществляет сброс счётчиков, которые подсчитывают количество поступивших на ПЗС-линейки импульсов и, таким образом, хранят номер ячейки, которая обрабатывается в текущий момент в линейке. АЦП осуществляет аналого-цифровое преобразование напряжения, поступающего с ПЗС-линеек. ОЗУ предназначено для временного хранения данных, поступающих с АЦП. В состав блока обработки входит также блок сопряжения с ПК. После окончания считывания и оцифровки данных с ПЗС-линеек, микроконтроллер высылает уже обработанные данные в ПК посредством интерфейса RS-232 для осуществления дальнейшей обработки и визуализации.

Разработка монтажной схемы и трассировка проводников печатных плат проводилась в САПР P-CAD 2001, разработанной фирмой «ACCEL Technologies» [8].

Программное обеспечение пирометрического датчика координат очага возгорания подразделено на две части. Первая часть предназначена для микроконтроллера AT89C51 и написана на языке ассемблера для микроконтроллеров промышленного стандарта MCS-51. Программное обеспечение микроконтроллера отвечает за:

ДАТЧИК КООРДИНАТ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ НА ПЭС-ЛИНЕЙКАХ

- распознавание команд принятых от ПЭВМ;
- организацию корректного аппаратного считывания данных с ПЭС-линеек в ОЗУ;
- передачу измерительной информации на ПЭВМ.

Блок-схема алгоритма работы программного обеспечения микроконтроллера представлена на рис. 8.

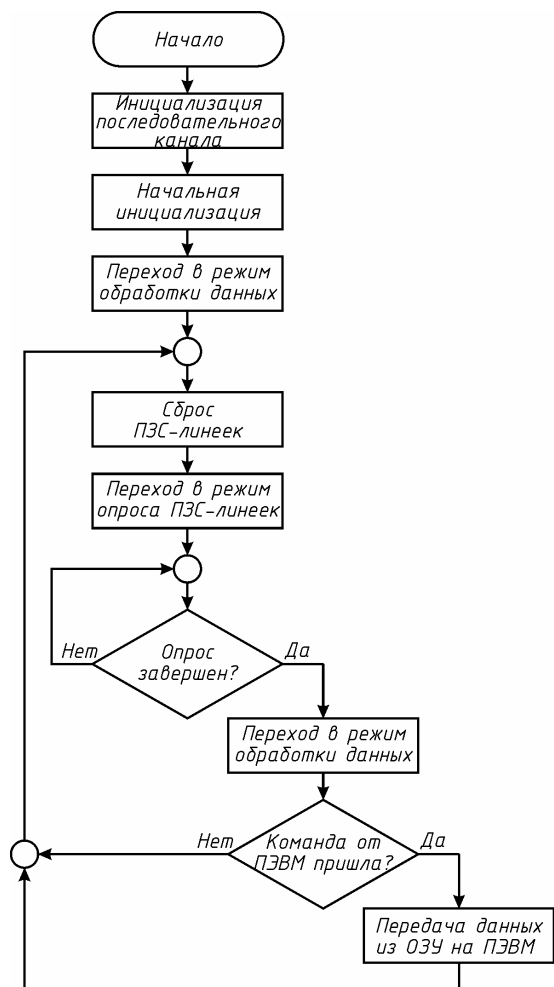


Рисунок 8 – Блок-схема алгоритма работы программного обеспечения микроконтроллера

Вторая часть программного обеспечения предназначена для ПЭВМ и написана на языке программирования С++ [9] в среде визуальной разработки приложений Visual C++ v7.0.

Программное обеспечение ПЭВМ обеспечивает:

- прием данных от блока управления или считывание данных из файла;
- возможность сохранения данных для последующей обработки;
- обработку полученных данных (фильтрация, сглаживание);

- вычисление координат очага возгорания;
- визуализацию результатов.

Блок-схема алгоритма работы программного обеспечения ПЭВМ представлена на рис. 9.

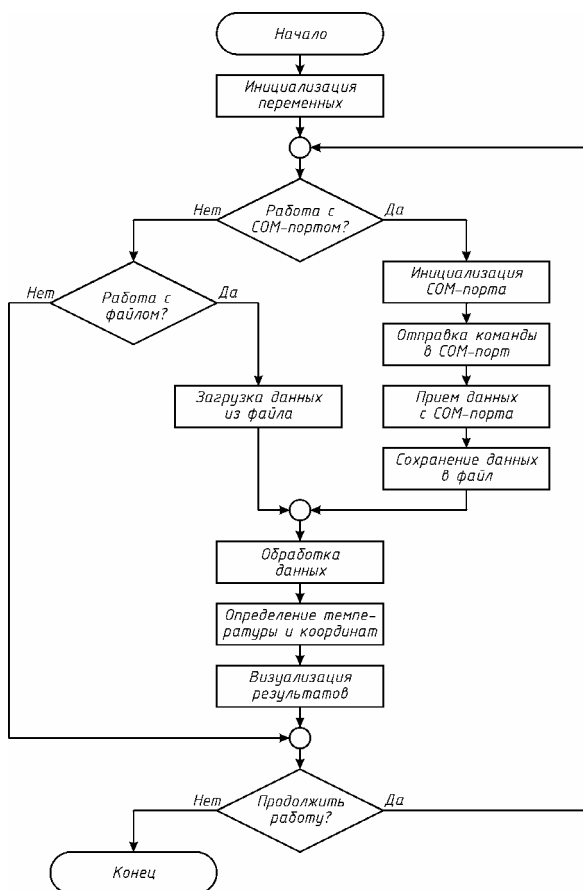


Рисунок 9 – Блок-схема алгоритма работы программного обеспечения ПЭВМ

Внешний вид окна программы для ПЭВМ приведен на рис. 10.

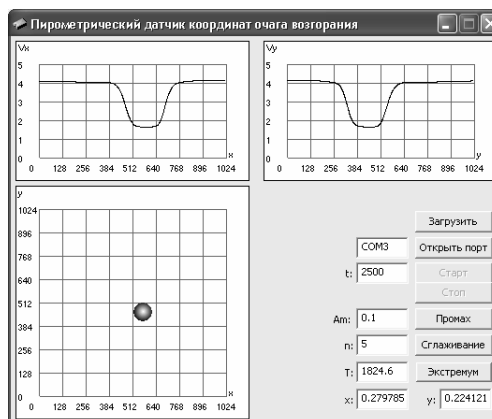


Рисунок 10 – Внешний вид окна программы для ПЭВМ

В нижней правой части окна программы расположены элементы управления. К ним относятся виртуальные кнопки и поля для ввода/вывода требуемой информации. Остальная часть окна программы предназначена для вывода графиков распределения напряжения по длине ПЗС-линеек и расположения очага возгорания на координатной сетке.

Кнопка «Загрузить» предназначена для работы с данными, хранящимися в файле. После нажатия на эту кнопку на экран будет выведено стандартное окно открытия файла, в котором пользователю необходимо выбрать нужный файл и нажать на кнопку «Открыть». Если данные в указанном файле корректны, то на экран будут выведены графики напряжений.

Для работы с данными, загруженными из файла, используются кнопки «Промых», «Сглаживание», «Экстремум», предназначенные для поэтапной обработки данных в процессе отладки программы или градуировки датчика. Поля «Am:» и «n:» используются для настройки параметров фильтрации и сглаживания.

Для работы с блоком управления предназначена кнопка «Старт», которая становится доступной только после инициализации СОМ-порта. Для этого необходимо нажать на кнопку «Открыть порт», предварительно указав в соответствующем поле имя СОМ-порта, к которому подключен блок управления. После нажатия на кнопку «Старт» программа в автоматическом режиме через интервал времени, указанный в поле «t:», будет принимать и сохранять в файл данные от блока управления, осуществлять их обработку, вычислять координаты, а также выводить на экран результаты измерения. При этом в поля «x:» и «y:» будут выведены значения координат. Для завершения работы с блоком управления необходимо нажать на кнопку «Стоп».

Выход из программы осуществляется стандартными способами.

В результате проведенной работы было достигнуто:

- разработана структурная схема датчика координат очага возгорания;
- рассчитана оптическая система датчика;
- изготовлен опытный образец датчика координат очага возгорания на ПЗС-линейках.

Результаты работы будут использованы при проектировании пирометрического датчика пожарной сигнализации с ПЗС-линейками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблема раннего обнаружения очагов пожаров и взрывов угольной пыли / Д.М. Захаренко // Мат. Всерос. науч.-практ. конф. "Проблемы использования канско-ачинских углей на электростанциях", 21 - 23 ноября 2000, Красноярск: 2000. - с. 141 – 149.
2. Поскачей А.А., Чубаров Е.П. Оптико-электронные системы измерения температуры. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Свет Д.Я. Оптические методы измерения истинных температур. - М.: Наука, 1982.
4. Sony Global – CCD Linear Sensor [Электронный ресурс]. – CCD Linear Sensor. – Режим доступа: www.sony.net/Products/SC-HP/pro/image_sensor/ccd_linear.html.
5. Atmel Corporation [Электронный ресурс]. – CCD Image Sensors - Datasheets. – Режим доступа: http://www.atmel.com/dyn/products/datasheets.asp?family_id=614.
6. Pavlov A.N., Terentiev S.A., Povernov E.S., Sypin E.V., Leonov G.V. The Calculation Program of Ignition Center Coordinates Gauge Optical System [Текст] // International Siberian Workshop And Tutorials On Electron Devices And Materials EDM'2005. – Novosibirsk: NSTU, 2005. – 1-5 July. – p. 93 – 95.
7. Гребнев В.В. Однокристалльные микроЭВМ семейства AT89 фирмы ATMEL. – СПб: FineStreet, 1988.
8. Разевиг В.Д. Проектирование печатных плат в P-CAD 200. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 560 с.
9. Шилдт Г. Полный справочник по C++], 4-е издание.: Пер. с англ.: – М.: Вильямс, 2004. – 800 с.