

ПРИБОР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Сидоренко А.И. – аспирант, Сыпин Е.В. – к.т.н., доцент,
Бийский технологический институт (филиал),
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
(г. Бийск)

Введение

Взрывобезопасность производственных процессов должна быть обеспечена взрывопредупреждением, взрывозащитой, а также активным взрывоподавлением. Суть метода взрывоподавления состоит в том, что на ранней стадии развития взрыва, которая фиксируется детектором, автоматически срабатывают устройства, выбрасывающие в защищаемый объем огнетушащее вещество. В качестве детекторов обычно используются оптико-электронные датчики, удовлетворяющие требованию высокого быстродействия [1,2,3].

Существует ряд потенциально опасных производств и объектов с возможной пожаро- и взрывоопасной средой, такие как мукомольное, деревообрабатывающее, лакокрасочное, металлургическое, нефтегазовое производства, имеющие в своем составе большие по объему цеха, склады, помещения. На таких объектах возможно воспламенение горючей среды, что может привести к разрушениям и человеческим жертвам [4].

В связи с этим разработана и создана быстродействующего прибора для реализации системы обнаружения и подавления очага взрыва и пожара на ранней стадии, позволяющей определять координаты очага возгорания, является актуальной задачей.

Целью работы является выявление исходных данных для проектирования прибора и его функциональное проектирование. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие частные задачи:

- провести литературный и патентный поиск существующих средств автоматической локализации пожаров и взрывов;
- определить технические характеристики, которыми должен обладать разрабатываемый прибор;
- разработать структурную схему прибора.

АНАЛОГИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ПРИБОРА

Автоматические средства локализации пожаров и взрывов на ранней стадии пред-

ставлены в России небольшим количеством, среди которых нужно отметить систему локализации взрывов автоматическую (СЛВА), выпускаемую ОАО «Быковский завод средств логического управления» [5]. В этой системе используется датчик пламени компактный (ДПК), представляющий собой радиационный пирометр. К существенным недостаткам этого датчика относятся:

- влияние промежуточной газодисперсной среды на принимаемое решение;
- отсутствие возможности определения координат очага возгорания;
- исключение ложных срабатываний за счет повышения порога срабатывания.

Известна также автоматическая система взрывоподавления – локализации взрывов «АСВП-ЛВ», выпускаемая ЗАО «МВК по ВД при АГН» [6]. Система АСВП-ЛВ приводится в действие ударной воздушной волной, образованной в результате взрыва метано-пылевоздушной смеси, поэтому АСВП-ЛВ обладает низким быстродействием и неспособна локализовать очаг возгорания на ранней стадии и, по сути, борется с уже развитым взрывом, когда ущерб взрывом может быть уже нанесён.

Известен оптико-электронный прибор (ОЭП), имеющий возможность определения координат очага возгорания, структурная схема которого представлена на рисунке 1 [7, 8].

ОЭП регистрирует распределение мощности светового потока по вертикальной и горизонтальной осям с помощью приемников излучения, в качестве которых используются однокоординатные приемники излучения (ОПИ), расположенные перпендикулярно друг другу и оптической оси датчика. Причем каждый ОПИ регистрирует излучение в своем выделенном участке спектра. Использование двух ОПИ дает существенное повышение быстродействия пирометрического датчика, по сравнению со сканирующей системой на матричных многоэлементных приемниках, в связи с меньшим временем опроса ОПИ при прочих равных условиях.

ПРИБОР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

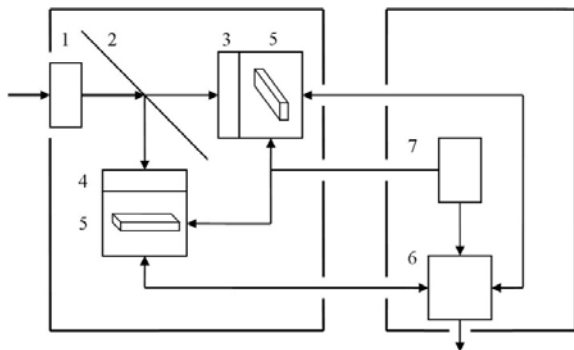


Рисунок 1 – Структурная схема ОЭП с возможностью определения координат очага возгорания на однокоординатных приемниках излучения:

- 1 – оптическая система; 2 – разделитель светового потока;
- 3, 4 – светофильтры; 5 – однокоординатные приемники излучения; 6 – блок микроконтроллера; 7 – блок питания;

Недостатком этого датчика является то, что в случае использования простейшей осесимметричной оптической системы изображение от точечного излучателя, смещенного относительно оптической оси, не проецируется на один или оба ОПИ, что может привести к пропуску начального момента возгорания.

Известны фотоэлектронные сканирующие системы, осуществляющие сканирование изображений в пространстве. Объектив приемной оптической системы строит изображение всего поля обзора в плоскости чувствительного слоя приемника излучения фотоэлектронной сканирующей системы. Недостатками таких сканирующих систем являются невысокое быстродействие, связанное с продолжительным временем считывания электрического сигнала с координатного фотоэлектрического приемника излучения, а также влияние оптических характеристик среды на правильность определения яркости (температуры) объекта. Это делает невозможным использование подобных датчиков в системах взрывоподавления в газодисперсных средах.

Наиболее близким аналогом разрабатываемого прибора является модифицированный быстродействующий датчик определения координат очага возгорания с цилиндрическими линзами [1]. Указанный датчик имеет недостаток – на приемник оптического излучения поступает очень мало энергии, уровень которой сопоставим с собственными шумами приемника, что значительно снижает вероят-

ность правильного обнаружения сигнала на фоне помех и может привести к пропуску факта возгорания или к обнаружению возгорания через неприемлемо длительный промежуток времени.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРИБОРА

Одним из направлений, развитие которого может дать существенное повышение уровня пожарной безопасности и взрывозащиты техногенных объектов при сравнительно небольших затратах на внедрение, является использование автоматических систем противопожарной защиты и взрывоподавления. Такие системы базируются на приборах, реагирующих на какое-либо физическое явление, сопровождающее вспышку или взрыв на начальной стадии развития. Информация с прибора подается на исполнительное устройство для принудительного диспергирования в зону воспламенения взрывоподавляющего вещества.

Сложность физических процессов, предшествующих взрыву, 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. Известен пирометрический датчик пожарной сигнализации [9], содержащий объектив, диафрагму, линзу, разделитель светового потока, светофильтры, инфракрасные фотодетекторы, усилители, блок термостабилизации темновых токов фотодетекторов, блок вычисления отношения двух значений напряжения, блок усреднения, пороговый детектор, блок питания.

К существенному недостатку данного датчика относится отсутствие возможности определения координат очага возгорания. Для увеличения эффективности локализации взрыва и уменьшения травматичности при инициировании взрывоподавляющих устройств, необходимо спроектировать оптико-электронный прибор, который сможет определить как начало возгорания, так и его координаты.

Разрабатываемый прибор является основной частью активной системы обнаружения и подавления очага возгорания на ранней стадии. Прибор предназначен для формирования электроимпульса на активацию одного из устройств пожаротушения или взрывоподавления в случае возникновения возгорания в зоне действия этого устройства.

В связи с малой продолжительностью индукционного периода взрывов газодисперсной среды, составляющего всего 20 мс [10], время срабатывания датчика контроля должно составлять 5 мс, при быстродействии взрывоподавляющих устройств 15 мс. При этом датчик контроля должен обеспечивать обнаружение с высокой достоверностью очага возгорания на ранней стадии в условиях запыленной среды. Сходные проблемы наблюдаются для всех объектов, где содержится пыль горючих и легковоспламеняющихся веществ (например, угольная, древесная, мучная, сахарная, алюминиевая и др.).

Прибор должен обладать достаточно высоким быстродействием для обеспечения возможности локализации очага возгорания на ранней стадии, чтобы не допустить возникновения взрывного горения. Прибор должен иметь возможность определения координат очага возгорания, что позволит значительно снизить стоимость системы пожаротушения и взрывоподавления, а также снизить до минимума риск для жизни и здоровья

людей, находящихся в охраняемом помещении в момент срабатывания системы. Возможность определения координат очага возгорания также позволит значительно снизить ущерб при срабатывании системы, поскольку при возникновении аварийной ситуации устройство пожаро- или взрывоподавления срабатывает локально, а не по всему защищаемому объему. Разрабатываемый прибор должен иметь возможность использования и в классической системе пожаротушения, где речь идет не о взрывном горении, а о пожаре. Прибор должен иметь возможность легко адаптироваться к любому виду и конфигурации устройств пожаротушения и взрывоподавления. Разрабатываемый прибор должен обладать высокой достоверностью принятия решения о факте возникновения возгорания для обеспечения высокой вероятности правильного обнаружения очага возгорания.

На основе предъявленных требований разработана структурная схема прибора, представленная на рисунке 2.

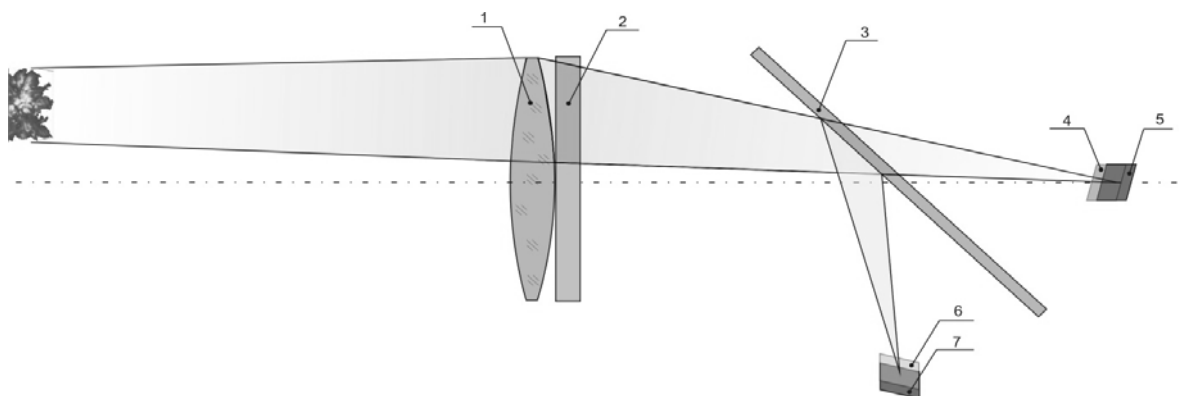


Рисунок 2 – Структурная схема прибора:

1 – оптическая система; 2 – анализатор изображения; 3 – светоделительная пластина; 4,6 – светофильтры; 5,7 – приемники излучения.

Излучение контролируемой области фокусируется при помощи оптической системы 1 на приемниках излучения 5, 7 и разделяется светоделительной пластиной 3 на два потока. Каждый из этих потоков через светофильтры 4, 6 с разными спектрами пропускания попадает на соответствующий приемник излучения. Анализатор изображения 2, позволяет определить местоположение очага возгорания.

Сигналы с приемников излучения и с анализатора изображения подаются в исполнительную схему, которая состоит из блока микропроцессора и блока питания. Блок микропроцессора преобразует в цифровые значения сигналы с приемников излучения, выполняет обработку сигнала с анализатора изображения и, в случае возникновения возгорания, формирует управляющий сигнал на соответствующее устройство пожаро- или взрывоподавления.

Разрабатываемый прибор должен обладать следующими техническими характеристиками:

– возможность определения как температуры, так и местоположения очага возгорания;

– возможность определения как температуры, так и местоположения очага возгорания;

ПРИБОР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

– дальность действия – максимальное расстояние до объекта контроля, не менее 35 м;

– высокое быстродействие: не более 0,003 с;

– достоверность принятия решения – не хуже 0,95;

– низкая потребляемая мощность: не более 0,75 Вт;

– отсутствие влияния на показания прибора свойств промежуточной газодисперсной среды;

– устойчивость к механическим вибрациям;

– устойчивость к воздействию воздушных потоков;

– возможность использования в автоматических системах противопожарной защиты и взрывоподавления.

Разрабатываемый прибор в составе активной системы пожаротушения или взрывоподавления может использоваться во всех областях производства, опасных по пожарам и взрывам газодисперсной среды. К таким производствам относятся мукомольное, деревообрабатывающее, лакокрасочное, металлургическое, нефтегазовое. Уникальность прибора для потребителя обусловлена несколькими его функциональными возможностями. Прибор, благодаря высокому быстродействию, позволяет локализовать очаг возгорания на начальной стадии, исключая возникновение взрывного горения. Использование прибора позволит значительно снизить стоимость системы пожаротушения или взрывоподавления, а также снизить до минимума риск для жизни и здоровья людей, находящихся в охраняемом помещении в момент срабатывания системы. Отсутствие влияния промежуточной среды (влажности, запыленности) и расстояния до очага на достоверность срабатывания прибора позволят использовать прибор в сложных по запыленности средах.

Потребителями прибора будут выступать крупные государственные и частные производства, имеющие в своем составе цеха и помещения, потенциально опасные по пожарам и взрывам пыли и газа. Разрабатываемый прибор может использоваться в составе системы пожаротушения или активного взрывоподавления.

Предлагаемая система позволит быстро обнаружить и подавить очаг возгорания в любых помещениях, больших складах, цехах и тем самым сохранить жизни людей и существенно сократить затраты предприятий на

возмещение ущерба, что является одним из критериев востребованности предлагаемого прибора.

В основу проекта легли научные исследования, проводимые на кафедре методов и средств измерений и автоматизации БТИ АлтГТУ, в лаборатории оптико-электронных приборов и систем, результаты которых представлены в научных трудах и диссертациях на соискание ученой степени кандидата технических наук [11, 12].

Заключение

Работы по реализации предлагаемого прибора для обеспечения пожарной безопасности и взрывозащиты техногенных объектов ведутся на протяжении двух лет. В настоящее время проведена часть НИОКР, проведен литературный и патентный поиск, анализ существующих систем автоматической противопожарной защиты и взрывоподавления, разработана структурная схема прибора, произведено моделирование и расчет основных технических параметров оптической системы прибора, найдены технические решения для реализации быстродействующего анализатора изображения. Следующим этапом работы будет разработка, изготовление и исследование лабораторного образца прибора в лабораторных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S.A. Terentiev, E.S. Povernov, A.N. Pavlov, E.V. Sypin – Designing of optical system with cylindrical lenses of ignition center coordinates pyrometric sensor. International conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices EDM'2010: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU Publishing polygraph center, 2010. – P.430-433.
2. A.N. Pavlov, S.A. Terentiev, E.S. Povernov, E.V. Sypin – Optoelectronic system for determination of ignition center three-dimensional coordinates at initial stage. International conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices EDM'2010: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU Publishing polygraph center, 2010. – P.417-419.
3. D.V. Gerasimov, A.N. Pavlov, N.Y. Tupikina, E.V. Sypin – Construction of spectral ratio pyrometric sensor based on dichroic beamsplitter. International conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices EDM'2010: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU Publishing polygraph center, 2010. – P.406-409.
4. Баратов А.Н., Корольченко А.Я – Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. [Текст] / Справ. издание в 2 книгах, М., Химия, 1990. – 496с.;

СИДОРЕНКО А.И., СЫПИН Е.В.

5. Система локализации взрывов автоматическая (СЛВА) [электронный ресурс] / режим доступа: <http://www.logikabz.ru/catalog/slva.htm>;

6. Автоматическая система взрывоподавления–локализации взрывов (АСВП-ЛВ.1М) [электронный ресурс] / режим доступа: <http://mvkmine.ru/lrus/asvp>;

7. Пирометрический датчик координат очага возгорания [Текст] : пат. 2318242 Рос. Федерация : МПК7 G 08 B 17/12 / Сыпин Е.В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ГОУВПО Алт. гос. тех. ун-т им. И.И.Ползунова. – №2006137378/09 ; заявл. 23.10.06 ; опубл. 27.02.08.

8. Pavlov A.N., Terentiev S.A., Sypin E.V., Povernov E.S., Leonov G.V. The ignition center coordinate gauge on CCD linear sensors [Текст] // International workshops and tutorial on electron devices and materials EDM'2006: workshop proceedings. - Novosibirsk: NSTU, 2006. - p. 103-106.

9. Пирометрический датчик пожарной сигнализации [Текст] : пат. 2109345 Рос. Федерация : МПК6 G 08 B 17/12 / Леонов Г.В. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Бийский технологический ин-т Алт. гос. тех-го ун-та им. И.И.Ползунова. – №95117261/12 ; заявл. 10.10.95 ; опубл. 20.04.98.

10. Мамаев В.И. Предупреждение взрывов пылеметановоздушных смесей. – М.: Недра, 1990. – 159 с.

11. Оптико-электронный прибор обнаружения начальной стадии развития взрыва в газодисперсных системах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Сыпин Е.В. – Бийск: 2007. – 144 с.

12. Оптико-электронная система определения трехмерных координат очага взрыва в газодисперсных системах на начальной стадии. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Павлов А.Н. – Бийск: 2010. – 134 с.