

Оптоэлектронные датчики пламени

Николай ГОРБУНОВ,
к. т. н.
Лев ДИЙКОВ,
к. т. н.
Федор МЕДВЕДЕВ,
к. т. н.
Наталья АНИСИМОВА
21@giricond.spb.ru

В статье изложены новые принципы разработки и организации производства оптоэлектронных датчиков пламени. Эффективность этих принципов подтверждена популярностью пожарных датчиков пламени из серии «Набат», разработанных в ОАО «НИИ «Гириконд» и многократно отмеченных золотыми и серебряными наградами на международных выставках и симпозиумах.

Основные положения разработки оптоэлектронных датчиков пламени сводятся к следующим:

- В ходе разработки пожарных датчиков особое внимание следует уделять основному функциональному элементу, определяющему тактико-технические и эксплуатационные характеристики датчика — приемнику излучения. Его изготовление должно являться составной частью технологического процесса изготовления датчика в целом.
- Адекватность датчика разнообразию видов возгорания достигается за счет вариативности фотоэлектрических характеристик приемника излучения.
- Адаптация датчиков к условиям эксплуатации и совместимость их с приемно-контрольными приборами (в том числе адресными) достигается применением специальных конструкций и электронных схем обработки сигналов.
- Средства контроля работоспособности датчика своими оптическими характеристиками должны соответствовать реальным очагам пожара.
- Привычное положение в практике взаимоотношений изготовителя и потребителя — «используйте то, что мы можем делать» должно смениться другим — «мы сделаем то, что вам нужно».

Адекватность датчика разнообразию видов возгорания

В течение последних пяти лет в ОАО «НИИ «Гириконд» были созданы новые полупроводниковые материалы и технологии, не имеющие мировых аналогов и позволившие разработать новые полупроводниковые многоспектральные, многоэлементные фотогальванические приемники излучения (в дальнейшем — приемники излучения), непосредственно преобразующие излучение пламени и фоновых оптических помех в фото-ЭДС [1, 2]. Использование такого приемника излучения в качестве основного функ-

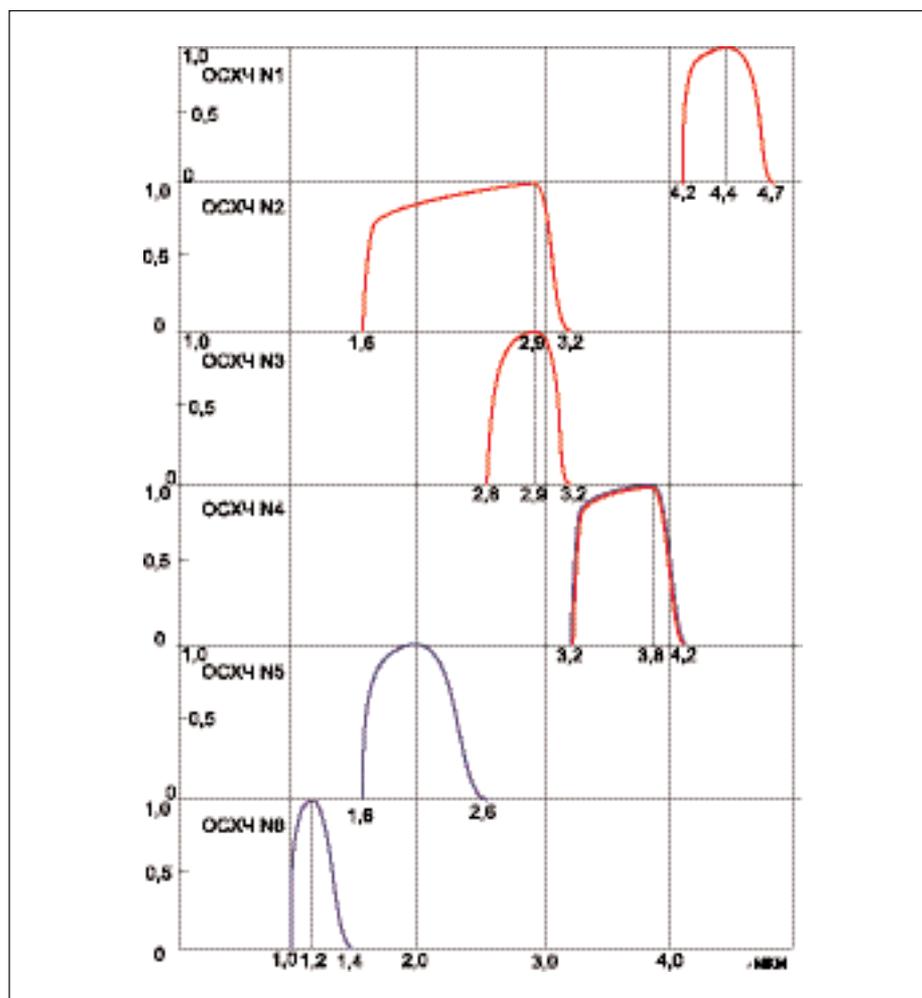


Рисунок. Относительные спектральные характеристики чувствительности (ОСХЧ) фоточувствительных элементов многоспектрального полупроводникового приемника излучения

ционального элемента в оптоэлектронных датчиках пламени позволяет обнаружить и идентифицировать пламя с использованием принципа спектральной селекции, когда выделение излучения пламени на фоне разнообразных оптических помех осуществляется регистрацией в спектре его излучения

«светящихся» продуктов горения, например паров воды и углекислого газа [3]. Для обнаружения пламени в таком варианте идентификации не требуется наличия колебаний (мерцаний) интенсивности излучения, что является необходимым условием работы и главным принципиальным недостатком

Таблица. Спектральные характеристики фоточувствительных элементов

№	Тип очага пожара по ГОСТ Р 50808-96	Номер вида ОСЧХ фоточувствительного элемента согласно рисунку					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
1	ТП-1, ТП-4, ТП-5, взрыв	+	+				
2	ТП-2, ТП-3, «Горячая» угольная пыль				+		
3	ТП-6	+		+			
4	Горение веществ, не содержащих углеводородов, взрыв	+	+		+		
5	Оптические помехи в виде солнечного света, излучения люминесцентных ламп, электросварки						+
6	Оптические помехи в виде излучения от нагретых тел и ламп накаливания				+	+	

всех известных отечественных и зарубежных датчиков пламени, поскольку необходимость работы по «мерцающим» источникам обуславливает высокую вероятность ложных срабатываний от широко распространенных «мерцающих» оптических помех.

Варьируя состав полупроводникового материала и спектр пропускания интерференционных фильтров, входящих в состав приемника излучения, можно получать спектральные характеристики чувствительности оптоэлектронных датчиков пламени, которые будут соответствовать всему многообразию спектров излучения очагов пожара, имеющих различную динамику возгорания и развития и обусловленных горением различных материалов.

На рисунке приведены спектральные характеристики фоточувствительных элементов, сформированные указанным выше способом, а в таблице — их комбинации в приемнике излучения, каждая из которых обеспечивает возможность регистрации соответствующих типов очагов пожара на фоне наиболее распространенных оптических помех (солнечный свет, излучение люминесцентных и электрических ламп накаливания, разрядов молнии и вспышек электросварки). Сопоставляя сигналы, поступающие от каждого из фоточувствительных элементов с соответствующей спектральной характеристикой, можно с высокой степенью достоверности определить, является ли это излучение следствием возникшего очага пожара или это оптическая помеха.

Приведем перечень наиболее характерных материалов, очаги возгорания которых должны обнаруживаться разработанными оптоэлектронными датчиками пламени.

- Объекты, горящие с выделением дыма (ТП-1, ТП-4, ТП-5): различные виды древесины, дизельное топливо и бензины, топливо для реактивных двигателей и горюче-смазочные материалы, трансформаторное масло и рабочие масла компрессоров и насосов, пластмассовые изделия.
- Легко воспламеняющиеся жидкости, горящие без выделения дыма (ТП-6): метан, этан, пропан, бутан, спирты — метанолы, этанолы, пропанолы, ацетон.

- Группы веществ, способные к несанкционированному разогреву и тепловыделению (ТП-2, ТП-3.): тлеющие древесина, хлопок, мука, зерно, торф, уголь и угольная пыль.
- Легковоспламеняющиеся вещества, не содержащие углерода: водород, аммиак, гидразины, азид натрия и другие, у которых спектры поглощения лежат в диапазоне 1,5–5 мкм.

- Характерные взрывные процессы: взрывы метановоздушноугольной пыли, взрывы летучих углеводородных смесей, взрывы при нарушении техники безопасности в производстве взрывчатых веществ.

На сегодня можно считать, что проблема создания датчика, чувствительного ко всему многообразию видов очагов возгорания, успешно решена.

Адаптация к приемно-контрольным приборам

Для полной адекватности датчика требуемым условиям пожаробезопасности адаптация должна осуществляться не только по «оптическому входу», но и по «электрическому выходу». Решение этой проблемы особенно актуально для адресно-аналоговых типов датчиков, когда необходимо учитывать особенности построения адресной системы вкупе с особенностями адресной системы приемно-контрольного прибора и соответствующей им инфраструктуры.

Для этого необходимо было разработать такое адресно-аналоговое противопожарное устройство, которое обладало бы всеми перечисленными выше качествами датчика пламени, полностью отвечало всем требованиям НПБ 76-98 и могло бы быть адаптировано к любой адресно-аналоговой аппаратуре потребителя. Основные требования к такому устройству сводятся к следующим:

1. Устройство периодически должно выдавать на приемно-контрольный прибор информацию о результатах внутреннего самотестирования на предмет исправности электронных трактов и чистоты входного окна. Кроме того, разумеется, оно должно выдавать сигнал о предпожарной тревоге и сигнал о пожаре. Причем предпожарным признаком может быть любой из выбранных потребителем — например, несанкционированное повышение температуры контролируемого объекта.
2. Устройство должно удовлетворять требованиям по взрывобезопасности (в том числе и для взрывоопасных зон категории «0»), иметь расширенный интервал рабочих температур (от –60 до +85 °С), а также быть устойчивым к воздействию агрессивной среды (SO₂).
3. В таком устройстве должна быть предусмотрена возможность доукомплектования его адресной платой, самостоятельная установка потребителем которой была бы предусмотрена конструкцией устройства

и наличием соответствующих разъемов. Это позволит решить главную проблему, которая имеется всегда, когда необходимо совместить адресный пожарный извещатель с адресным приемно-контрольным прибором с присущей только ему системной адресации и кодирования.

4. Такое устройство должно предусматривать подключение дополнительных блоков, позволяющих обеспечить принципиально новое качество датчика, например, совмещение его с системой видеонаблюдения или с радиоканалом (для автономных датчиков).

Первый вариант такого устройства был разработан, изготовлен, испытан и освоен в мелкосерийном производстве НИИ «Гириконд». Это инфракрасный оптоэлектронный преобразователь ИПП 332-1/1. Он имеет аналоговый выход с унифицированным выходным сигналом тока 0–20 мА, адаптирован к адресному приемно-контрольному прибору «Ладога-А» и может взаимодействовать с централизованной системой пожарообнаружения и управления пожаротушением.

В «Дежурном режиме» выходной токовый сигнал преобразователя равен 2 мА и индицируется мерцающим свечением зеленого светодиода.

В режиме «Неисправность» (загрязнение входного окна, неисправность приемника излучения или электронного тракта) выходной токовый сигнал преобразователя равен 4 мА и индицируется непрерывным свечением красного светодиода.

В режиме «Предупреждение о пожаре» выходной сигнал преобразователя равен 12 мА. В этом случае обнаруживается ИК-излучение, соответствующее появлению несанкционированных источников тепла, либо не достигшее уровня, при котором уже можно уверенно заявлять о появлении пламени в очаге пожара. Режим индицируется одновременным свечением зеленого и красного светодиодов. При исчезновении ИК-излучения преобразователь возвращается в дежурный режим.

При пожаре преобразователь переходит из режима «Предупреждения о пожаре» в режим «Пожар» с выходным токовым сигналом 20 мА.

По остальным параметрам оптоэлектронный преобразователь ИПП 332-1/1 соответствует техническим условиям на извещатели пламени серии «Набат» (АДПК.425241.001 ТУ).

Адекватность средств контроля реальным очагам пожара

Разработка адекватных средств контроля работоспособности датчиков велась как в части внутренней автоматической проверки фотоприемника, электронных трактов и чистоты входного окна, так и в части внешнего контроля. В последнем случае тестирующее устройство выполнялось в виде тестового инфракрасного фонаря.

Внутренний самоконтроль исправности приемника излучения и электронного тракта осуществляется включением в конструкцию приемника излучения инфракрасного излучателя, позволяющего направлять контрольное излучение в обход системы интерференционных фильтров таким образом, что интегральным излучением в равной степени засвечиваются и проверяются все фоточувствительные элементы и соответствующие им электронные тракты.

При контроле загрязнения входного окна должно иметь место соответствие спектров излучения контрольного излучателя и спектрального распределения чувствительности фоточувствительных элементов. Для этого в качестве контрольного можно использовать фотолюминесцентный излучатель с набором соответствующих интерференционных фильтров.

Как при внутреннем контроле работоспособности, так и при проверке загрязнения входного окна используется принцип построения октрона, аналогичный описанному ранее [4].

Для проверки работоспособности внешними средствами используется специальное осветительное устройство — тестовый фонарь, который может входить в комплект поставки датчика. Его особенность заключается в том, что спектральное распределение излучения тестового фонаря имитирует ИК-спектры излучения различных типов очагов возгорания при одновременном освещении и наведении луча на контролируемый преобразователь. Причем спектры излучения в точности соответствуют спектрам излучения того типа очага пожара, для которого предназначен данный преобразователь пламени, а наведение на объект осуществляется по «видимому» лучу. Вес устройства не превышает 350 г, потребляемая мощность — 1,7 Вт. В качестве оптических элементов, формирующих спектры излучения устройства, используются интерференционные фильтры, изготовление которых является частью технологического процесса изготовления устройства в целом.

Адаптация к различным условиям эксплуатации

Еще один тип адаптации, который необходимо обеспечить для датчика пламени, — это адаптация к различным условиям эксплуатации. Эта проблема решается использованием соответствующих конструктивных решений.

Ниже приводятся основные типы извещателей серии «Набат», их конструктивные особенности и соответствующие области применения.

Извещатели ИП332-1/1 —

«Набат 1» (обыкновенное исполнение)

Пластмассовый корпус. Степень защиты оболочкой IP41, IP65 (с защитным кварцевым диском). Диапазон рабочих температур:

–60...+55 °С. Габаритные размеры не более 90×90×105 мм. Масса не более 260 г. Сигнал срабатывания формируется бесконтактным способом за счет изменения внутреннего сопротивления датчика.

Назначение:

- защита общественных зданий, музеев, театров, церквей, складов, ангаров, спортивных сооружений, производственных и подсобных помещений промышленных предприятий, машинных залов с мощными энергетическими установками и оборудованием, других помещений с высотой потолка, превышающей 7 м;
- защита объектов, расположенных на открытых уличных площадках;
- защита объектов, для защиты которых по каким-либо причинам невозможно применение дымовых и тепловых извещателей, например, помещений с повышенной пыльностью и производственной задымленностью;
- обнаружение тлеющих очагов пожара;
- обнаружение опасного перегрева фрагментов электрического оборудования, расположенного под защитными кожухами, или нарушения целостности тепловой защиты высокотемпературных печей.

Извещатели ИП332-1/1 —

«Набат 1» (взрывозащищенное исполнение) с блоком искрозащиты на стабилитронах (БИС)

Корпус пластмассовый, металлизированный. Степень защиты оболочкой IP65 (с защитным кварцевым диском), IP67 (с защитным кварцевым диском и заполнением внутреннего пространства электронного блока резиноподобным компаундом). Маркировка взрывозащиты датчика $E_{xib}11CT6$, маркировка взрывозащиты БИС [E_{xib}]11C. Диапазон рабочих температур: –60...+55 °С. Габаритные размеры не более 90×90×110 мм. Масса не более 360 г. Сигнал срабатывания формируется бесконтактным способом за счет изменения внутреннего сопротивления датчика.

Извещатели ИП332-1/1М — «Набат 1М»

(взрывозащищенное исполнение) с блоком искрозащиты на стабилитронах (БИС)

Корпус алюминиевый (латунный), повышенная устойчивость к механическим нагрузкам. Маркировка искрозащиты датчика $E_{xib}11CT6$, маркировка взрывозащиты БИС [E_{xib}]11C. Диапазон рабочих температур: –60...+55 °С. Габаритные размеры не более 90×90×110 мм. Масса не более 350 г. Сигнал срабатывания формируется бесконтактным способом за счет изменения внутреннего сопротивления датчика.

Предназначены для защиты:

- нефтеперерабатывающих предприятий, нефтяных скважин, шельфовых нефтедобывающих платформ, нефтепроводов и установок для разжижения нефти при ее транспортировке по нефтепроводам, нефтехранилищ;

- газопроводов, газохранилищ, газораспределительных и газокompрессорных станций;
- морских терминалов для загрузки танкеров;
- взрывоопасных химических производств и производств взрывчатых веществ;
- шахт и предприятий угольной промышленности;
- открытых площадок для хранения пожароопасных и взрывоопасных веществ, складов ГСМ, гаражей и автозаправочных станций;
- резервуарных парков сжиженных газов.

Извещатели ИП332-1/2 «СК» —

«Набат 2»

Пластмассовый корпус. Степень защиты оболочкой IP41, IP65 (с защитным кварцевым диском). Диапазон рабочих температур: –60...+55 °С. Габаритные размеры не более 90×90×105 мм. Масса не более 260 г. Сигнал срабатывания формируется контактным способом с помощью реле (сухой контакт).

Назначение:

- защита офисов, индивидуальных гаражей, загородных коттеджей, дачных строений, отдельных изолированных помещений, где целесообразно применение извещателей для индивидуальной защиты единичных объектов с использованием четырехпроводного шлейфа, независимых источников питания и средств оповещения;
- использование в системах защиты газовых отопительных и нагревательных установок от последствий самопроизвольного погасания газового факела (газовые горелки в котельных и доменных печах, в газовых турбинах и металлургии, газовые факелы при сгорании попутных газов).

Извещатели ИП332-1/3 — «Набат 3»

Пластмассовый корпус. Степень защиты оболочкой IP41, IP65 (с защитным кварцевым диском). Диапазон рабочих температур: –60...+55 °С. Габаритные размеры не более Ø100×41 мм. Масса не более 250 г. Контактный разъем для установки в розетку типа РИД-6М. Сигнал срабатывания формируется бесконтактным способом за счет изменения внутреннего сопротивления датчика.

Предназначены для защиты:

- транспортных средств, включая железнодорожные вагоны, вагоны пригородных электропоездов и в метро;
- промышленных и гражданских объектов в качестве извещателя, работающего в единой инфраструктуре с извещателями дыма и с тепловыми извещателями для повышения вероятности своевременного обнаружения возникающих очагов пожара в защищаемом помещении.

Извещатели ИП332-1/4 — «Набат 4».

Адресно-аналоговые

Извещатель «Набат 4» предназначен для использования в сложных эксплуатационных условиях. Корпус металлический, алюминиевый (латунный). Степень защиты оболочкой IP67. Взрывозащищенное исполнение

с маркировкой 1E_{хиб}ИСТ6 с видом взрывозащиты «искробезопасная цепь». Маркировка взрывозащиты БИС [E_{хиб}]11С. Имеет систему внутреннего и внешнего контроля работоспособности с самотестированием. Извещатель имеет аналоговый выход с унифицированным выходным сигналом тока 0–20 мА и может взаимодействовать с централизованной системой пожаробнаружения и управления пожаротушением. Выходные характеристики аналогичны выходным характеристикам оптоэлектронного преобразователя ИПП332-1/1.

По заявке заказчика в дополнение к требованиям НПБ -76-98 у «Набата 4» могут быть реализованы следующие параметры и характеристики:

- Диапазон рабочих температур: от –60 до +85 °С.
- Устойчивость к солнечной засветке с освещенностью до 100 000 лк.
- Отсутствие ложных срабатываний при засветке от ламп накаливания до 5000 лк.
- Устойчивость к ИК-излучению от нагретых объектов с температурой до 400 °С.
- Устойчивость к синусоидальной вибрации в диапазоне частот 1–500 Гц с ускорением 10 g, к механическому удару одиночного воздействия с пиковым ударным ускорением 500 g, механическим ударам многократного действия с пиковым ударным ускорением 150 g.

- Быстродействие 1 мс.
- Сферический угол обзора не менее 100°, с оптической приставкой — 5°.

При выборе датчика разработчиками проектов противопожарных систем предлагается следующая последовательность действий:

1. Прогнозирование заказчиком наиболее вероятных типов очага пожара, оптических помех или взрыва.
2. Выявление особенностей размещения защищаемых объектов на контролируемой площади.
3. Ознакомление с эксплуатационными документами для извещателей и установление возможности использования перечисленных в них вариантов исполнения.
4. Выявление возможных дополнительных требований к датчику, учитывающих специфику защищаемого объекта и не отраженных в основном тексте эксплуатационных документов.
5. По выполнении перечисленных выше пунктов выдается заявка на изготовление извещателей (при необходимости с перечислением дополнительных требований).
6. Изготовитель датчика выбирает оптимальную комбинацию фоточувствительных элементов в приемнике излучения и обеспечивает адекватность характеристик датчика возможным пожарным угрозам.

Такая схема обеспечивает наиболее качественное выполнение проектов по обеспечению пожаро-взрывобезопасности конкретных охраняемых объектов.

Все перечисленные выше датчики соответствуют требованиям НПБ 76-98 (Извещатели пожарные. Общие технические требования), требованиям международного европейского стандарта EN54-10:2005 и имеют патентную защиту [5]. Годовой объем производства датчиков серии «Набат» превышает 10 000 штук. ■

Литература

1. Горбунов Н. И., Дийков Л. К. Фотолюминесцентный излучатель, полупроводниковый фотоэлемент и оптрон на их основе. Патент РФ № 2261502, с приоритетом от 05.02.2004.
2. Фотоэлементы. Технические условия АДПК.423231.001 ТУ.
3. Медведев Ф. К., Варфоломеев С. П. и др. Электронно-оптические извещатели пламени. ИК-приемники нового поколения // Электроника НТБ. 2000. № 6.
4. Дийков Л. К., Медведев Ф. К. и др. Новые октроны для спектрально-аналитической аппаратуры // Компоненты и технологии. 2004. № 6.
5. Горбунов Н. И., Дийков Л. К. и др. Патенты РФ: № 53744 с приоритетом от 18.06.2002, № 48090 с приоритетом от 27.05.2005.