

Интеллектуальное развитие пожарных извещателей

Игорь Неплохов к. т. н., эксперт

Пожарные извещатели определяют эффективность работы системы пожарной сигнализации. В общем случае наиболее эффективными пожарными извещателями считаются дымовые пожарные извещатели: они обнаруживают пожароопасную ситуацию на этапе тления материалов и обеспечивают реальную защиту жизни людей и материальных ценностей [1]. По требованиям НПБ 110-03 "Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией", большинство типов зданий и помещений следует оборудовать дымовыми пожарными извещателями. Пороговый дымовой пожарный извещатель с дискретным выходным сигналом (по НПБ 65-97 "Извещатели пожарные дымовые оптоэлектронные. Общие технические требования. Методы испытаний") должен формировать на приемно-контрольный прибор (ПКП) сигнал тревоги при достижении определенного значения удельной оптической плотности среды. Адресно-аналоговый пожарный извещатель с аналоговым выходным сигналом (по НПБ 65-97) должен передавать на адресно-аналоговый приемно-контрольный прибор (ААПКП) текущие значения удельной оптической плотности среды. ААПКП обрабатывает информацию от адресно-аналоговых извещателей в реальном масштабе времени и в нем заключена основная часть интеллекта. ААПКП имеет огромные возможности по накоплению и обработке информации практически как у персонального компьютера. Современный уровень развития микроэлектроники позволяет наделять "интеллектом" даже пороговые извещатели безадресные и адресные.

Термин "интеллектуальный пожарный извещатель" в последнее время достаточно часто встречается в печати и в рекламных материалах многих производителей, хотя в нормативной базе он отсутствует. Интеллект в пожарном извещателе - это наличие "мозгов" и "памяти". "Мозги" - это процессор, который обрабатывает информацию, поступающую от сенсора, по определенному алгоритму, и накапливает ее в энергонезависимой памяти для дальнейшего использования. Очевидно большие возможности интеллектуализации, по сравнению с одноканальными извещателями, имеют комбинированные и мультисканальные извещатели, в которых обрабатывается большой объем информации [2].

Оптические дымовые извещатели первого поколения

В дымовых оптоэлектронных извещателях используется эффект рассеяния излучения на частицах дыма. Соответственно имеется источник излучения, который освещает определенную часть дымовой камеры, и фотоприемник, направленный в эту зону (рис. 1). Когда отраженный сигнал достигает установленного порога, формируется сигнал "Пожар". Конструкция дымовой камеры и расположение излучате-

ля и фотоприемника должны не только исключать прямое попадание излучения на фотоприемник, но и снижать до минимума уровень фонового сигнала, переотраженного от ее стенок. Причем уровень фонового сигнала не должен значительно увеличиваться в процессе эксплуатации при запылении дымовой камеры. Кроме того, необходимо исключить влияние внешнего освещения, обеспечить защиту от электромагнитных помех, от влаги, от коррозии и даже от мелких насекомых. Чувствительность не должна зависеть от температуры окружающей среды, от скорости воздушного потока, от напряжения питания и т.д. Все это определяет сложность реализации на первый взгляд достаточно простого принципа дымоопределения и длительный процесс развития конструкции и схемотехнических решений дымового извещателя.

Во времена разработки первых отечественных оптических извещателей отсутствовала не только специализированная элементная база, но не было даже стандартных светодиодов и фотодиодов. Так например, в извещателе дымовом фотозлектрическом ИДФ-1М в качестве оптопары использовались лампа накаливания типа СГ24-1,2 и фоторезистор типа ФСК-Г1. Это определяло низкие технические характеристики извещателя ИДФ-1М и слабую защиту от внешних воздействий: инерционность срабатывания при оптической плотности 15 - 20 %/м составляла 30 с, напряжение питания $27 \pm 0,5$ В, ток потребления более 50 мА, масса 0,6 кг, фоновая освещенность до 500 лк, скорость воздушного потока до 6 м/с.

В комбинированном дымовом-тепловом извещателе ДИП-1 уже были применены светодиод и фотодиод, причем расположенные в вертикальной плоскости (рис. 2). Здесь уже использовано не непрерывное излучение, а импульсное: длительность 30 мкс, частота 300 Гц. Для защиты от помех было применено синхронное детектирование, т.е. вход усилителя был открыт только во время излучения светодиода [3]. Были улучшены основные характеристики извещателя: инерционность снизилась до 5 с при оптической плотности 10%/м, масса снизилась в 2 раза, допустимая фоновая освещенность увеличилась до 10000 лк, допустимая скорость воздушного потока - до 10 м/с. В режиме "Пожар" включался светодиодный индикатор красного цвета. Для передачи сигнала тревоги в извещателе ДИП-1, как и в извещателе ИДФ-1М использовалось реле, что определяло значительные токи потребления: более 40 мА в дежурном режиме и более 80 мА в тревоге, при напряжении питания $24 \pm 2,4$ В и необходимость использования отдельных сигнальных цепей и цепей питания.

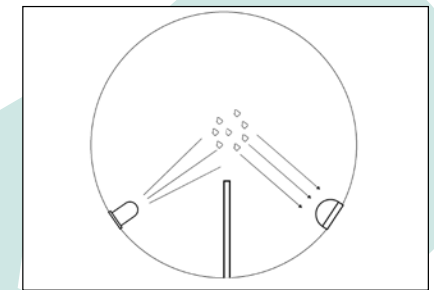


Рис. 1 Принцип действия дымового оптоэлектронного извещателя

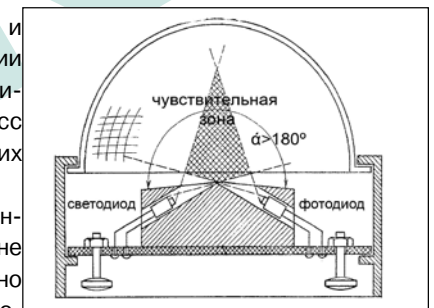


Рис. 2 Вертикальное расположение оптопары в извещателе ДИП-1



Рис. 3 Конструкция извещателя ДИП-2

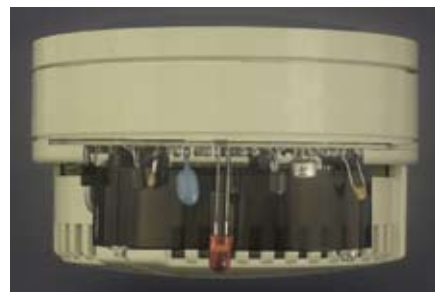


Рис. 4 Конструкция извещателя ДИП-3

Дымовой оптический извещатель ИП 212-2 (ДИП-2) 1981 года уже имел технические черты, которые сохранили многие современные извещатели. Использование более современной элементной базы и новых схемотехнических решений позволило отказаться от реле и разработать извещатель для 2-х проводного подключения к приборам типа ППК-2, "УОТС" и др. Ток потребления в дежурном режиме был снижен до 0,5 мА, а диапазон рабочих напряжений питания расширен до 24±10 В. При активизации извещателя ИП212-2 ток потребления повышался до 5 - 20 мА и включался красный светодиод. Чувствительность извещателя ДИП-2 была повышена до 5%/м (0,22 дБ/м). Частота импульсов светодиода была снижена до 2 Гц. Для защиты от помех так же использовалось синхронное детектирование и активизация извещателя происходила только при обнаружении подряд 4-х импульсов, превышающих установленный порог.

Основным недостатком извещателя ДИП-2, как следующего за ним ДИП-3 были неэффективные вертикальные дымовые камеры и дымозаходы (рис. 3, 4), несогласованные с горизонтальными направлениями движения дыма под перекрытием. Несмотря на это, конструкции извещателей ДИП-2 и ДИП-3 дожили до наших дней. Да и в плане обработки информации в значительной части современных отечественных извещателей все так же используется только накопление в приемном тракте 4-х импульсов. Причем, в отличие от ДИП-2 и ДИП-3, во многих из них полностью исключена экранировка фотодиода и электроники, несмотря на то, что уровни электромагнитных помех в настоящее время, по сравнению с 80-ми годами возросли на порядок.

Чувствительность и время обнаружения пожара

На этапе эксплуатации крайне важно контролировать чувствительность извещателей и ее соответствие заданному диапазону. Нельзя надеяться на раннее обнаружение очага, при снижении чувствительности в несколько раз. Значительное повышение чувствительности также нежелательно, т.к. при этом во многих случаях увеличивается вероятность ложных тревог. Однако возможность контроля чувствительности ограничена высокой стоимостью измерительного оборудования.

Как зависит время обнаружения пожара от чувствительности дымового извещателя? Так ли уж важно на практике обеспечивать чувствительность в пределах требований

НПБ 65-97, от 0,05 дБ/м до 0,2 дБ/м? Достаточно простой эксперимент дал исчерпывающий ответ на эти вопросы. В верхней части замкнутого объема были установлены дымовые пожарные извещатели с различной чувствительностью, тлеющий фитиль на штативе (рис. 5) и один, или лучше два вентилятора для равномерного распределения дыма. Испытывались 3 дымовых извещателя "ПРОФИ-О" (ИП 212-73) с запрограммированными при помощи МПДУ чувствительностями 0,08 дБ/м, 0,16 дБ/м и с заводской установкой 0,12 дБ/м, а также два серийных извещателя ИП 212-XX с чувствительностью 0,31 дБ/м и ИП 212-YY с чувствительностью 0,58 дБ/м (12,5%/м), причем это не ДИП-1, как можно было бы подумать исходя из чувствительности, а одна из последних новинок российского рынка.

Тип фитиля и величина задымляемого объема определяют скорость увеличения удельной оптической плотности среды. В эксперименте использовался фитиль из хлопка круглого сечения с массой 7 г на 1 метр, причем для эксперимента потребовалось всего лишь несколько сантиметров фитиля. В объеме равном примерно 0,13 м³ извещатель "ПРОФИ-О" (ИП 212-73) с чувствительностью 0,08 дБ/м активизировался через 1 мин 25 с от начала задымления (табл. 1), а извещатель ИП 212-YY с чувствительностью 0,58 дБ/м, т.е. почти в 3 раза ниже допустимого по НПБ 65-97 предела, активизировался через 12 мин 5 с!!! Вот такая разница в эффективности, почти в 10 раз увеличивается время обнаружения очага.

Какой смысл в загромождении чувствительности современного дымового пожарного извещателя до таких значений? Все достаточно просто: зачем усложнять конструкцию дымовой камеры, вводить экранировку, использовать микропроцессоры, когда от ложняков можно "защититься" снижением чувствительности и при этом обеспечить максимально низкую цену извещателя. Не многим лучше извещатели с чувствительностью 0,3 - 0,4 дБ/м: время обнаружения очага при их использовании увеличивается в 3 - 5 раз.



Рис. 5 Расположение фитиля на кронштейне

Таблица 1

Тип извещателя	ИП 212-73	ИП 212-73	ИП 212-73	ИП 212-XX	ИП 212-YY
Чувствительность, дБ/м	0,08	0,12	0,16	0,31	0,58
Время активизации, с	85	128	158	347	725



Рис. 6 Дымовая камера извещателей 2112/24, 2151, 2251

По западным экспериментальным оценкам, при удельной оптической плотности дыма 0,1 дБ/м видимость составляет примерно 100 метров [4], что дает большие возможности по пресечению развития пожара, защите людей и имущества. На одном ответственном объекте тестирование дымовых извещателей проводилось с использованием дыма от тления текстильных материалов. Некоторые извещатели не срабатывали даже при близком расположении тестового очага, что объяснялось их низкой чувствительностью. Однако вместо того чтобы забраковать эти извещатели, обслуживающий персонал "добивался" их сработки изолируя извещатель и очаг от внешней среды при помощи полиэтиленового рукава и повышая тем самым концентрацию дыма до нереальных величин.

Анализируя результаты измерений, приведенные в **таблице 1**, можно сделать заключение, что время активизации дымового извещателя примерно пропорционально его чувствительности, выраженной в дБ/м. При тестовых пожарах по ГОСТ Р 50898-96 "Извещатели пожарные. Огневые испытания" также наблюдается линейное увеличение удельной оптической плотности, измеренной в дБ/м.

Возможности автотестирования

Вернемся к принципу действия оптического извещателя. При отсутствии дыма минимальный уровень сигнала от светодиода должен поступать на фотодиод. Для уменьшения переотражений используются свет и фотодиоды с узкими диаграммами направленности и отъюстированными оптическими осями, дымовая камера обычно имеет заостренные внутрь боковые пластинки и рифленые под определенными углами крышки, что значительно уменьшает площадь отражающей поверхности по сравнению со сплошной стенкой (**рис. 6**). Кроме того, используется исключительно пластик черного цвета с матовой поверхностью. Оптимальная форма дымовой камеры одновременно обеспечивает свободный проход воздуха и значительное ослабление излучения от внешних источников света, выравнивание чувствительности по различным направлениям воздушного потока.

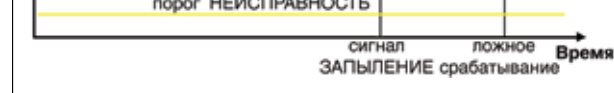


Рис. 7 Дополнительные пороги для контроля чувствительности

приемного тракта повышается и происходит увеличение чувствительности. При отсутствии технического обслуживания сначала появляются ложные тревоги, а со временем фоновый сигнал может достигнуть порога "Пожар" и извещатель перестанет реагировать на сигнал "Сброс" с ПКП. С другой стороны, при загрязнении оптопары, снижении уровня излучения светодиода, уменьшении усиления приемного тракта и т.п. происходит снижение фонового сигнала и уменьшение чувствительности. Устанавливается диапазон изменения фонового сигнала, который соответствует нормальной работе извещателя, и дополнительные пороги для определения неисправности извещателя (**рис. 7**). Такая функция присутствовала во многих извещателях System Sensor прошлого века, например в извещателях 2112/24, 2451: при достижении верхнего или нижнего порога выключалась индикация дежурного режима: мигание светодиода с периодом 10 с. Кроме того, извещатель имел специальный разъем, к которому подключался адаптер MOD400R и вольтметр для измерения фонового напряжения (**рис. 8**). На этикетке извещателя указываются допустимые пределы изменения напряжения. Например, для дымового извещателя 2112/24S диапазон MOD400R составляет 0,28 - 1,34 вольт, при исходном значении около 0,5 вольт. Из этого следует, что допускается большее изменение в сторону увеличения чувствительности, чем в сторону снижения.



Рис. 8 Измерение фонового сигнала извещателя 2112/24S

На этикетке извещателя указываются допустимые пределы изменения напряжения. Например, для дымового извещателя 2112/24S диапазон MOD400R составляет 0,28 - 1,34 вольт, при исходном значении около 0,5 вольт. Из этого следует, что допускается большее изменение в сторону увеличения чувствительности, чем в сторону снижения.

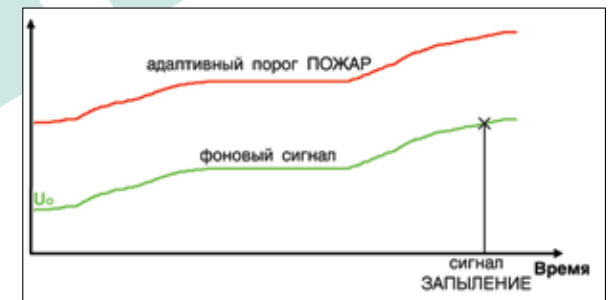


Рис. 9 Компенсация изменения чувствительности

Современные интеллектуальные извещатели

В современных интеллектуальных извещателях с аналого-цифровыми преобразователями имеется возможность не только фиксировать выход чувствительности за допустимые пределы, но и стабилизировать ее на исходном уровне. Медленные изменения чувствительности компенсируются соответствующей корректировкой порога срабатывания (**рис. 9**). Причем используется сложный алгоритм, в котором реализована зависимость изменения чувствительности от величины фонового сигнала. Простая компенсация изменения фонового сигнала не дает требуемых результатов. Кроме



Рис. 10 Индикация уровня запыления на дисплее МПДУ

того, должна учитываться вероятность медленного нарастания оптической плотности дыма при тлеющих пожарах в реальных условиях.

Использование эффективной конструкции дымовой камеры, стабилизация и контроль чувствительности обеспечивают в современных дымовых извещателях возможность корректировки инсталлятором чувствительности без риска выхода за допустимые пределы по НПБ 65-97. Например, в интеллектуальных извещателях неадресных серии ПРОФИ и адресных серии ЛЕОНАРДО заводской уровень чувствительности 0,12 дБ/м может быть перепрограммирован при помощи многофункционального пульта дистанционного управления МПДУ на 0,08 дБ/м или на 0,16 дБ/м в зависимости от условий эксплуатации. Использование высокой чувствительности несколько сокращает диапазон компенсации и в равных условиях потребует более частого технического обслуживания, пониженная чувствительность наоборот позволяет увеличить периоды между техническим обслуживанием. Следовательно, повышенную чувствительность желательно использовать в достаточно чистых помещениях, а в относительно пыльных зонах можно устанавливать пониженную чувствительность.

Уровень сигнала, соответствующий оптически чистой среде и величина компенсации хранятся в двоичном коде в энергонезависимой памяти, и не стираются даже при длительном отключении питания. При помощи пульта МПДУ можно оценить степень запыления дымовой камеры в процентах от диапазона автокомпенсации, равного 100%, дискрет индикации 10% (рис. 10). В адресных и адресно-аналоговых системах автоматически фиксируется достижение границ автокомпенсации и на дисплее контрольного прибора индицируется соответствующее сообщение. Использование адаптивного порога, кроме сохранения уровня чувствительности в процессе эксплуатации, позволяет увеличить интервалы времени между техническим обслуживанием, спрогнозировать сроки его проведения и обеспечить более высокий уровень защиты от помеховых воздействий.

Например, в серии интеллектуальных извещателей "ПРОФИ" используется специализированная микросхема с 8-и разрядным (256 дискретов) аналогово-цифровым преобразователем и с энергонезависимой памятью EEPROM емкостью 128 бит. Объем EEPROM позволяет, кроме хранения данных для стабилизации чувствительности, записать дату выпуска извещателя, дату последнего технического обслуживания, режим работы извещателя. Можно запрограммировать мигание зеленого индикатора в дежурном режиме. Тогда при достижении границ автокомпенсации дрейфа чувствительности мигание прекратится, как в предыдущих сериях извещателей System Sensor. В ПКП с малыми токами шлейфа в дежурном режиме можно включать индикацию дежурного режима в последнем извещателе шлейфа, вместо использования УКШ. Если индикация в дежурном режиме не запрограммирована, то запыленные извещатели легко выявляются при тестировании лазерным тестером ЛТ: активизируются только извещатели с нормальной чувствительностью.

Еще большие возможности реализуются в комбинированных интеллектуальных пожарных извещателях. Комбинированные дымовые-тепловые извещатели предыдущего поколения, как правило имели максимальный тепловой канал на 50 - 70°C. Сигнал "Пожар" формировался по превышению порога в любом из каналов, то есть реализовалась логика работы "или". Функционирование таких извещателей аналогично работе отдельных одноканальных извещателей соответствующих типов при тех же условиях. Качественное улучшение характеристик было получено при совместной обработке информации в цифровом виде по различным каналам. Интеллектуальные мультисканальные извещатели на базе специализированных процессоров обеспечивают измерение текущих значений контролируемых факторов в широких пределах, что позволяет реализовать более сложную и эффективную логику работы. Например, сигнал "Пожар" может формироваться при достижении определенной средневзвешенной суммарной величины нескольких факторов еще до того момента, когда какой-либо из факторов в отдельности достигнет порогового значения. Так, в интеллектуальном дымовом-тепловом извещателе проводится измерение величины удельной оптической плотности дыма и скорости повышения температуры в относительных единицах. Даже при наличии сравнительно небольшой оптической плотности дыма повышение температуры со скоростью несколько градусов в минуту с высокой вероятностью соответствует пожароопасной обстановке. Данная логика работы комбинированного извещателя позволяет значительно сократить время обнаружения возгораний, сопровождающихся одновременно несколькими факторами, и повысить способность обнаружения "быстрых" пожаров. В комбинированном извещателе с оптическим дымовым каналом использование информации по тепловому каналу обеспечивает увеличение чувствительности по "черным" дымам при горении пластика, изоляции кабеля, ЛВЖ (очаги ТП-4, ТП-5 по ГОСТ Р-50898) и т.д., до уровня дымового ионизационного извещателя. Примерами таких интеллектуальных извещателей являются комбинированные пожарные извещатели неадресные ИП 212/101-4-A1R "ПРОФИ-ОТ" (рис. 11) и адресные ИП 212/101-3А-A1R "ЛЕОНАРДО-ОТ".

Современные достижения микроэлектроники позволяют значительно развить интеллектуальный уровень пожарных извещателей и получить качественно более высокий уровень пожарной защиты. Оптимальные алгоритмы обработки могут обеспечить раннее достоверное обнаружение пожароопасной обстановки на объекте. Высокий уровень защиты от помех путем экранировки, за счет сложной обработки сигналов позволяет практически полностью исключить ложные тревоги от электромагнитных помех. Стабилизация уровня чувствительности, возможность ее перепрограммирования на высокую или на пониженную, в рамках требований НПБ 65-97, позволяет адаптировать извещатели к условиям эксплуатации. Кроме того, при использовании интеллектуальных пожарных извещателей значительно упрощается процедура технического обслуживания.



Рис. 11 Комбинированный интеллектуальный пожарный извещатель ИП 212/101-4-A1R "ПРОФИ-ОТ"