

# КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ

**И. Саутин**

директор ООО «Конструкторское бюро «МЕТРОСПЕЦТЕХНИКА»

*Цель этой статьи – показать текущее положение дел в области обеспечения реальной пожарной безопасности, обозначить возможные направления по выходу из сложившейся ситуации и привлечь специалистов к решению поднятых в этой публикации проблем.*

## СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОБЛЕМЫ

Главными задачами любой системы противопожарной сигнализации является сохранение жизни людей и уменьшение катастрофических последствий от возможных возгораний. Для выполнения этих требований, как минимум, должна обеспечиваться гарантированная работоспособность всех компонентов системы в любой момент времени и в течение всего срока службы. Попробуем разобраться, почему эти основные правила не выполняются и никогда не выполнялись в традиционных противопожарных системах.

Основным средством раннего обнаружения пожаров во всем мире остаются точечные дымовые пожарные извещатели, на базе которых строятся практически все системы пожарной безопасности. Анализ технических требований проведения регламентных работ дымовых пожарных извещателей в эксплуатации говорит о существенной ограниченности используемых технологий контроля. Во всех нормативных документах считается достаточным проверять только функционирование извещателей методом какого-либо внешнего избыточного воздействия на его дымовой датчик (например, при помощи аэрозолей с неконтролируемой оптической плотностью, механическим введением дополнительной отражательной поверхности в измерительную зону и т.д.), при этом никогда не осуществляется проверка наиважнейшего параметра – фактического порога срабатывания пожарного извещателя. А ведь хорошо известно, что именно этот параметр имеет максимальную нестабильность от внешних воздействий и времени эксплуатации (загрязнение оптических элементов, старение электронных компонентов, изменение температуры, воздействие электромагнитных помех и т.д.). В то же время именно он отвечает за качественную сторону обнаружения возгораний – минимальное время выявления пожара при недопущении ложных

срабатываний. Также надо учитывать, что любой точечный дымовой пожарный извещатель фактически является измерительным прибором концентрации дыма и, как любой другой измерительный прибор, обязан периодически поверяться на подтверждение точности измерения, а в случае необходимости подвергаться перекалибровке.

Кроме того, очень опасным является заблуждение о якобы возможном самоконтроле пожарных извещателей, так широко рекламируемом фирмами-производителями. Все они скрывают, что реально речь идет о проверке в автоматическом режиме только 80% работоспособности изделия, определенных требованиями п. 17.4 СП 5.13130.2009, при этом остается открытым вопрос об оставшихся 20% возможно неправильно работающих частях схемы пожарных извещателей – кто и как может гарантировать их готовность к обнаружению пожара? Ответ здесь только один – никто, никак и никогда.

Очень важным аспектом, влияющим на общую безопасность противопожарной системы, является наличие в конструкции классических ИП «дымовых измерительных камер», требующих обязательной периодической «ручной» очистки от загрязнений. Таким образом в обслуживании вынужденно используется «человеческий» фактор, в результате которого могут происходить фатальные ошибки эксплуатации, поскольку осуществить контроль качественного исполнения своих обязанностей обслуживающим персоналом практически не представляется возможным. Наиболее опасным здесь является процесс разборки-сборки «дымовой камеры» в эксплуатации для качественной ее очистки от загрязнений, так как при этом невозможно гарантировать сохранение основных параметров, поскольку любые неточности сборки оптической системы могут изменить чувствительность датчика.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что существующие системы

противопожарной автоматики никогда не обеспечивали реальную безопасность жизни людей, и не могут ее обеспечить сегодня.

Попутно необходимо выделить еще одну важную проблему, которую создает классический «пожарный шлейф». В угоду монтажникам и для снижения стоимости установки, производители пытаются «повесить» на него как можно больше элементов противопожарной системы. И почему-то никто не задумывается об оборотной стороне такой «медали», которая имеет очень много «подводных камней». Во-первых, пожарный шлейф – это огромная и очень эффективная антенна, собирающая на себе электромагнитные излучения любой природы и подводящая этот электромагнитный «мусор» к выводам всех подключенных устройств. Второе – большое количество распределенных элементов противопожарной системы питается от единого шлейфа большой длины, имеющего активное сопротивление постоянному току, что приводит к существенному ограничению электрической мощности, которую может использовать каждый элемент системы. В большинстве случаев энергетические возможности ИП становятся меньше энергии подводимых помех, и при этом вряд ли стоит удивляться появлению непредсказуемых ложных срабатываний. Третье – все пожарные извещатели, подключенные к шлейфу, находятся в постоянном активном состоянии, так как между циклами измерения требуется подзарядка накопительных конденсаторов. Это приводит к возможности их взаимодействия с электромагнитной помехой в любой момент времени, а не только при проведении измерений, что дополнительно повышает вероятность появления ложных срабатываний.

## ЧТО ДЕЛАТЬ?

Для эффективного решения вышеописанных проблем необходимо достоверно установить причину создавшейся ситуации.

Она лежит практически на поверхности – это устаревшая технология построения дымовых пожарных извещателей на основе оценки уровня отражаемого светового сигнала от частиц дыма. Самым большим недостатком конструкции является тот факт, что оптический канал измерительной системы постоянно находится в «разомкнутом» состоянии и «закрывается» лишь при поступлении дыма в дымовую камеру. Иначе говоря, проверить чувствительность ИП можно только в случае создания эквивалентного дымового «сигнала» с соответствующим уровнем оптической плотности. Эта задача по силам исключительно специализированным стационарным испытательным камерам, формирующим равномерный измерительный дымовой поток и стабильную скорость его перемещения. Однако, обеспечить поверку 100% эксплуатируемых пожарных извещателей в таких камерах нереально, так как время одного измерения очень велико и составляет десятки минут, а количество дымовых камер во всем мире слишком мало в сравнении с миллионами изделий, подлежащих периодическому контролю. Очень важна и экономическая составляющая этого вопроса, так как стоимость качественной проверки и периодического обслуживания пожарной автоматики оказывается за пределами высокой. Дополнительно надо учитывать, что используемый физический принцип определения концентрации дыма является косвенным методом измерения, при котором анализируется абсолютное значение формируемого сигнала, пропорциональное оптической плотности окружающей среды, и которое существенно зависит от любых внешних воздействий, кроме того, косвенный метод измерения всегда уступает по точности и надежности прямому способу, а также требует индивидуальной калибровки.

После выявления сущности проблемы напрашивается и способ ее решения – необходимо изменение технологии обнаружения дыма таким образом, чтобы датчики дыма находились в состоянии постоянного контроля, а измеряться должно относительное изменение сигнала, то есть с помощью прямого метода измерения оптической плотности среды. Этот способ очень распространен и используется в линейных дымовых извещателях. Остается только разместить линейный датчик в малых габаритах точечного пожарного извещателя.

**КАК СДЕЛАТЬ?**

Для перехода к прямому методу измерения оптической плотности целесообразно сначала разобраться с физическим смыслом уровня пожарной тревоги, выраженном в дБ/м. А это ничто иное, как относительное изменение плотности оптической среды на измерительной длине в 1 м, которое можно математически пересчитать в процентное отношение, используя простую формулу:

$$\rho = (10/L) \cdot \log(U_0/U_1), \text{ где:}$$

$\rho$  – уровень пожарной тревоги, выраженный в дБ/м;

$L$  – расстояние между источником света и фотоприемником, выраженное в метрах;

$U_0$  – уровень сигнала фотоприемника при облучении его потоком измерительного света при отсутствии дыма;

$U_1$  – уровень сигнала фотоприемника при облучении его потоком измерительного света при наличии дыма, соответствующего уровню пожарной тревоги.

Поскольку вычисляется соотношение  $U_0/U_1$ , то размерность этих сигналов не имеет значения, лишь бы они были выражены в одинаковых единицах, например, в уровнях напряжения или кодах АЦП (аналогово-цифрового преобразователя).

При вычислении получаем, что верхнему уровню пожарной тревоги при  $\rho = 0,2 \text{ дБ/м}$  соответствует уменьшение светового потока на 4,7% при расстоянии между источником света и фотоприемником в  $L = 1 \text{ м}$ , соответственно минимальный уровень пожарной тревоги 0,05 дБ/м окажется ровно в 4 раза меньше. Много это или мало? Предположим, что светодиод с расстояния в 1 метр напрямую освещает фотоприемник и создает на его выходе напряжение 3,3 В для прямого согласования уровней с современными микроконтроллерами. Если обрабатывать этот сигнал простым 16-разрядным аналогово-цифровым преобразователем, то один разряд АЦП будет соответствовать шагу в 0,00005 В. Изменение уровня светового потока при появлении дыма, соответствующего верхнему пределу пожарной тревоги в 0,2 дБ/м, составит 0,155 В или 3100 дискрет АЦП. Таким образом, если уменьшим расстояние между источником света и фотоприемником в 20 раз до приемлемого значения размеров измерительной зоны точечного пожарного извещателя в 5 см, то диапазон «по-

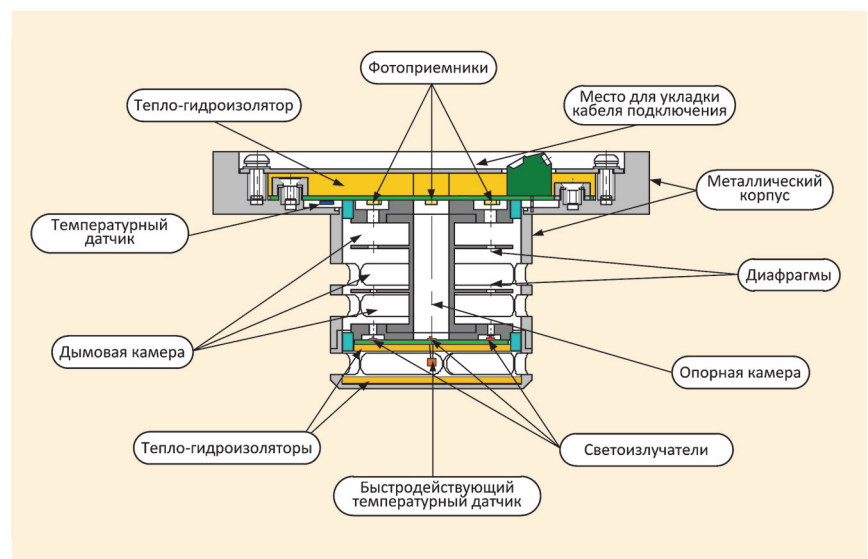
жарной» тревоги от 0,05 дБ/м до 0,2 дБ/м будет перекрываться примерно от 38 до 155 дискретами АЦП, что при уровне флуктуации шума измеряемого сигнала в 5-6 дискрет оказывается более чем достаточно для надежной фиксации этого события. Единственной технической проблемой данного способа является необходимость более точной температурной компенсации параметров оптического измерительного канала, так как такое устройство работает в зоне измерения достаточно малых приращений сигналов.

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЫМОВЫХ ДАТЧИКОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

1. При близком расположении источника света от фотоприемника на общий уровень сигнала воздействуют две разнонаправленные составляющие: первая, находящаяся в зоне прямой видимости между ними отвечает за поглощение, и при воздействии дыма этот световой поток уменьшается; вторая – в зоне, где весь объем вокруг центрального луча работает в режиме отражения света от частиц дыма и соответственно сигнал увеличивается. Таким образом, чтобы выделить необходимую компоненту надо принять меры по их физическому разделению. Наиболее простым и эффективным решением является установка на пути светового потока обычной диафрагмы с площадью отверстия, обеспечивающей полноценное освещение активной зоны фотозлемента и в то же время блокирующей отраженные сигналы.

2. Простота реализации электронной части заключается в том, что за счет увеличения яркости источника измерительного света обеспечивается большой выходной уровень сигнала фотоприемника, необходимый для прямой цифровой обработки си-

**Особенности конструкции многоканального комбинированного ИП в металлическом корпусе (с двумя температурными датчиками)**



гнала без применения усилителей. Такое решение существенно ослабляет влияние электромагнитных помех на работу изделия и упрощает борьбу с внешней засветкой открытой и свободно вентилируемой измерительной камеры изделия.

3. Проблема относительно высокого энергопотребления решается введением «старт/стопного» режима работы, для чего организуется следующая циклограмма – от пожарного прибора на датчик подается напряжение питания – производится инициализация микроконтроллера, измерение температуры и оптической плотности, далее накопленные данные передаются в пожарный прибор, который после их получения снимает напряжение питания. Практически такой цикл занимает время менее 0,2 с, а управляя периодом опроса датчика, можно очень экономно расходовать электроэнергию, в зависимости от текущих потребностей по контролю охраняемого объекта. Кроме того, полностью отключенный датчик не реагирует на внешние помехи, что дополнительно повышает стабильность работы противопожарной системы в части ложных срабатываний.

4. В качестве корпуса изделия эффективнее всего использовать металлоконструкцию – это дает целый ряд преимуществ. Во-первых, проводимость металла упрощает снятие электростатического заряда с изделия и упрощает его взаимодействие с наэлектризованными аэрозолями. Во-вторых, высокая теплоемкость металлического корпуса поглощает первичное ударное тепловое воздействие на электронную схему в экстремальной ситуации, обеспечивая ее жизнестойкость до принятия решения о регистрации пожара. В-третьих, осуществляется дополнительная экранировка от внешних электромагнитных воздействий. В-четвертых, появляется возможность антивандального и других дизайнерских исполнений.

### ДОСТИГАЕМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

1. Работоспособность оптических каналов всех пожарных извещателей находится под постоянным контролем в каждом цикле измерения. В случае появления отказа противопожарная система практически

мгновенно сама выявляет место неисправности и выдает соответствующие сообщения, что гарантирует ее правильную работу в течение всего срока службы без периодического проведения проверок ИП.

2. Поскольку величина изменения уровня оптического сигнала, соответствующая порогам «пожарной тревоги» и дополнительных предупреждений, вычисляется математическим способом относительно текущего состояния оптической системы, то ее загрязнение и изменение параметров электронных компонентов во времени не оказывают влияния на точность измерений. При этом контроль порогов срабатывания и ручная перкалибровка дымовых датчиков в процессе эксплуатации не требуется, таким образом появляется возможность заменить периодическое техническое обслуживание с «ручной» чисткой извещателей и использованием «человеческого» фактора на технологию ремонта по мере автоматического выявления неисправностей.

3. Дополнительно появляется возможность дистанционного тестирования противопожарной системы с проверкой всех порогов срабатывания «пожарной» тревоги, а также дополнительных предупреждений и сообщений, за счет имитации изменения оптической плотности принудительным изменением уровня светового потока в пожарных извещателях, что легко реализуется управлением яркостью светового потока в оптическом канале от микроконтроллера.

4. Небольшая длина и площадь измерительного луча светового измерительного потока позволяет в одном корпусе разместить несколько дымовых датчиков, что наделяет систему абсолютно новым качеством в части скорости достоверного обнаружения пожаров, так как одновременно можно анализировать несколько результатов измерений в одном рабочем цикле. Кроме того, такая конструкция при наличии трех и более датчиков, расположенных по кругу, делает возможным пеленговать направление поступления дыма. Также появляется возможность создания сверхминиатюрных датчиков дыма для специальных применений.

5. В конструкции легко реализуется анализ размера частиц дыма, на основе которого можно снизить уровень ложных срабатываний. При использовании двухцветных источников света в синем и красном спектрах, по соотношению уровней сигналов в каждом спектре за время одного измерения, можно легко определить отличие между паром и дымом. Кроме того, отмечена значительно большая чувствительность новых датчиков к «черным» дымам относительно классических ИП, что объясняется малым коэффициентом отражения черных частиц при традиционном способе измерения.

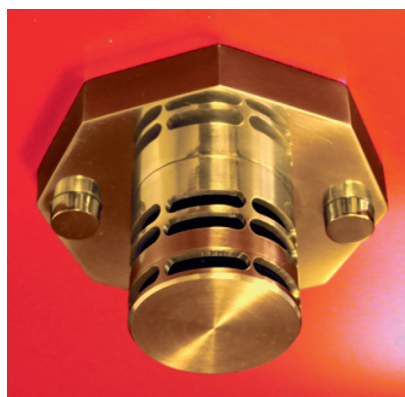
6. Потенциал модернизации новых систем практически полностью зависит от алгоритмов программного обеспечения при очень простой и унифицированной аппаратной части, что позволяет постоянно улучшать их качество без существенных материальных затрат на замену оборудования.

7. Традиционные противопожарные системы, как правило, имеют относительно небольшую начальную стоимость, однако при продаже от потребителя тщательно скрываются требуемые затраты на их обязательное периодическое техобслуживание, которые в течении срока службы могут многократно превысить стоимость самой системы. Рассматриваемая технология по себестоимости изготовления примерно равна качественным традиционным системам, но при этом изначально ориентирована на потребителя, снимая с него более 90% проблем эксплуатации, так как не требует обязательного периодического обслуживания. Другими словами, в рамках стоимости «жизненного цикла» новая технология оказывается значительно дешевле. Кроме того, возможно дополнительное сокращение расходов на эксплуатацию в части уменьшения суммы страховых взносов, так как риск возникновения пожаров значительно снижается.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Вывод можно сделать только один – традиционные противопожарные системы дошли до предела своих технологических возможностей и уже давно требуют срочной замены. В то же время рассмотренные технологии позволяют создавать противопожарные системы принципиально нового уровня качества, надежности и безопасности, недостижимых существующими системами, и фактически открывают новое направление в конструировании таких систем.*

*Сравнительные испытания пожарных извещателей с использованием новых технологий во ВНИИПО МЧС России в мае 2015 года подтвердили их преимущество над классическими ИП в части времени обнаружения пожаров при всех нормируемых типах возгораний ТП-2... ТП-5.*



Внешний вид опытных комбинированных ИП дым/тепло нового поколения