

# ДЫМ И ЕГО СВОЙСТВА КАК АРГУМЕНТЫ В ПОЛЬЗУ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ С ОТКРЫТОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

А.В. Зайцев

научный редактор журнала «Алгоритм безопасности»

**Е**динственная задача любого пожарного извещателя – обнаружить пожар. Для дымовых извещателей опасным фактором пожара, который он должен обнаружить, является, естественно, дым. И на этом очевидные для большинства понятия начинаются и заканчиваются. Дым, так дым.

Многие уже слышали, что дым бывает белый, серый или темный. Только в чем разница и какое это имеет отношение к работе извещателя, объяснить могут единицы. Очень часто возникает вопрос: а какие типы дыма может обнаружить тот или иной извещатель? И почему же тот или иной извещатель реагирует не только на дым, но и на пыль или водяной туман (пар)? Значит ли это, что были допущены ошибки при разработке данного извещателя? А может, неверно выбран сам принцип обнаружения пожара по наличию дыма, поскольку его невозможно отличить от пыли или водяного пара?

Так уж сложилось, что когда в специальной литературе излагаются химико-физические свойства дыма, то практически никогда не рассматриваются вопросы его обнаружения. А когда описывают принцип работы извещателя пожарного дымового оптико-электронного точечного (ИПДОТ), то ничего не говорят о свойствах дыма. В лучшем случае удовлетворяются изображением частиц дыма в виде каких-то кружочков, от которых, якобы, отражается свет излучателя в оптической камере. Создается ложное впечатление, что как только появляются эти кружочки, т.е. частицы дыма, сразу должно приниматься решение о возникновении пожара. Все намного сложнее...

Чтобы можно было хоть как-то понимать принцип работы пожарных извещателей, одних кружочков, изображающих частицы дыма, точно недостаточно. Надо все-таки разобраться с химико-физическими свойствами дыма, хотя бы на самом элементарном уровне. И только потом обсуждать качество тех или иных пожарных извещателей: способны ли они выполнить свою главную задачу по обнаружению пожара или нет.

И из непонимания возникает два прямо противоположных мнения. Первое – любой ИПДОТ, по определению, всегда при любых условиях выполняет свои функции по достоверному и своевременному обнаружению пожара. Если принять этот постулат, то непонятно, зачем существует такое количество извещателей, причем самых разных ценовых категорий. Другая крайность – полностью отказаться от тупикового и неперспективного направления – обнаружения пожара в виде ИПДОТ, так как ни один из них не выполняет своих функций безукоризненно.

Попробуем с этим разобраться, и начнем с рассмотрения основных свойств самого дыма. Если мы хотим что-то обнаружить, надо знать что это такое и как это выглядит.

## ЧТО ТАКОЕ ДЫМ?

**Первая особенность, которую надо учитывать при определении требований к дымовым пожарным извещателям, – дым является аэрозолем со всеми присущими ему свойствами.**

Когда в статьях, связанных с применением пожарных извещателей, говорится о возможности или необходимости отличать дым от аэрозолей, пыли и паров (тумана), вас вводят в заблуждение – все эти перечисленные продукты являются аэрозолями. Наше обиходное представление о дыме не всегда согласуется с выверенными научными понятиями. Тут и я когда-то слукавил, был грех [1, 2, 3].

**Аэрозоли** (от греч. *aer* – воздух и лат. *sol* – раствор) – системы, состоящие из твердых или жидких частиц, взвешенных в газообразной среде (БСЭ).

Можно привести сотни и тысячи примеров аэрозолей. Космическое пространство, атмосфера Земли, воздух, которым мы дышим и который содержит пыль, всякие микроорганизмы, вирусы, споры растений и даже вулканический пепел – все это аэрозоли, возникающие как естественным путем, так и при участии человека. И дым, и пыль, и туман, и многое другое относятся к аэрозолям и обладают многими схожими свойствами [4].

Именно поэтому они трудноразличимы между собой. Любые аэрозоли, кроме дыма от горения, могут вызывать ложные срабатывания пожарных извещателей. Более того, для обнаружения возгораний или очагов пожара значимы дымы не всякие, а только образующиеся при горении окружающих нас органических веществ (дерево, пластмасса, ткани и т.п.). Вот зачем нам необходимо разобраться с его (дыма) физическими свойствами.

### МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ДЫМА

Основной механизм образования дыма при горении органических веществ заключается в конденсации пара. При разложении соединений под воздействием повышенной температуры и при недостатке кислорода (процесс пиролиза) возникают высшие углеводороды, молекулярный вес и концентрация которых увеличивается до тех пор, пока не возникнет пересыщение паров и не начнется конденсация – образование мельчайших капель вокруг углеродных ядер (центров конденсации). Ядра непрерывно растут, а водород улетучивается до тех пор, пока капельки не превратятся целиком в углерод.

В зоне реакции молекулы сталкиваются между собой, образуя ядра, из которых путем захвата других молекул вырастают первичные частицы сажи, основа дыма. Эти первичные частицы сажи имеют практически сферическую форму и аморфное строение [5]. Под воздействием тепловых потоков первичные частицы сажи покидают зону реакции, чтобы впоследствии предстать уже в виде дыма.

**Вторая особенность, которую надо учитывать при определении требований к дымовым пожарным извещателям, заключается в том, что при горении разных материалов и дымы будут разные.**

Удельная теплота сгорания для разных органических соединений разная, следовательно, и среда формирования частиц дыма у них также разная. Для сравнения можно привести древесину и полимерные соединения. Но способность органических соединений дымить при свободном горении на воздухе зависит не только от соотношения углерода и водорода, большое значение имеет строение молекул конкретных веществ: при горении разных материалов и дымы будут разные. В частности, органические соединения, состоящие из компактных молекул, например, молекул с бензольным кольцом, легче всего образуют углеродные частицы [6]. Спектр дымов очень широк. Даже в случае сигаретного дыма размеры и форма частиц дыма разных сортов табака абсолютно друг на друга не похожи [7]. И вот как с помощью ИПДОТ обнаружить все это множество типов дыма?

### ЧТО ПРОИСХОДИТ С ДЫМОМ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВО ВРЕМЕНИ

**Третья очень важная особенность для определения требований к техническим характеристикам дымового пожарного извещателя заключается в том, что в процессе развития пожара дым меняет свои физические свойства, а при перемещении и удалении от очага возгорания дым модифицируется как по концентрации, так и размерам и форме своих частиц.**

Пока костер только разгорается, над ним стелется белый дымок. Когда костер разгорится, то над самим пламенем будет находиться большое множество летящих вверх маленьких частиц сажи, и только уже выше их будет клубиться белый дым. Эту картину созерцать можно часами, уж очень она романтична.

Как только первичные частицы сажи под воздействием тепловых потоков покидают зону реакции, сразу начинается процесс коагуляции, т.е. объединение мелких частиц в большие по размеру. В этом случае частицы сажи, получающиеся при неполном сгорании, образуют длинные цепочки, у которых еще появляются электростатические заряды. Если дым первоначально и содержит твердые сферические частицы, то в нем в процессе последующей коагуляции образуются агрегаты (соединенные или слипшиеся между собой частицы) неправильной формы. Таким образом, сначала появляю-

тся какие-то одни частицы дыма, постепенно они становятся иными, а обнаруживать с помощью пожарных извещателей нужно будет и те, и другие.

Как же происходит модификация частиц дыма во времени и пространстве? На начальном этапе возгорания (тления), когда конвективная часть мощности тепловыделения очага очень мала, за счет коагуляции образуется хорошо видимый дым с частицами достаточно больших размеров, такой же, как и на рисунке 1.

По мере развития горения температура в очаге повышается и возрастает конвективная мощность тепловыделения. В зоне реакции уже формируются частицы меньших размеров, и такой дым виден плохо, иногда его называют серым или темным.

Поднимаясь над очагом, дым попадает в еще не нагретые слои воздуха, охлаждается, и его мелкие частицы агрегируются (спекаются между собой), образуя агрегат (рис. 2). Крупные частицы агрегата хорошо рассеивают свет, т.е. дым опять становится видимым, как и на начальном этапе возгорания, только уже на некотором удалении от зоны реакции. Его обычно называют «белым». При дальнейшем подъеме конвекционный поток ослабевает, и слипшиеся между собой и в результате этого потяжелевшие частицы перестают подниматься, а остывая, начинают даже опускаться (идет клубление дыма).

Рис. 1. Частица сигаретного дыма («Мальборо»)

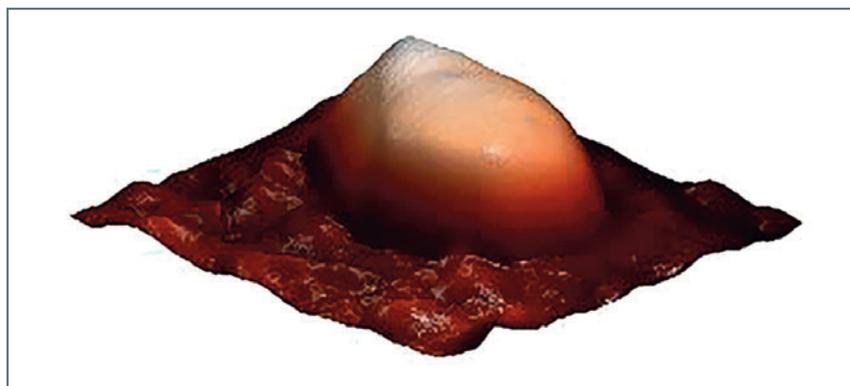
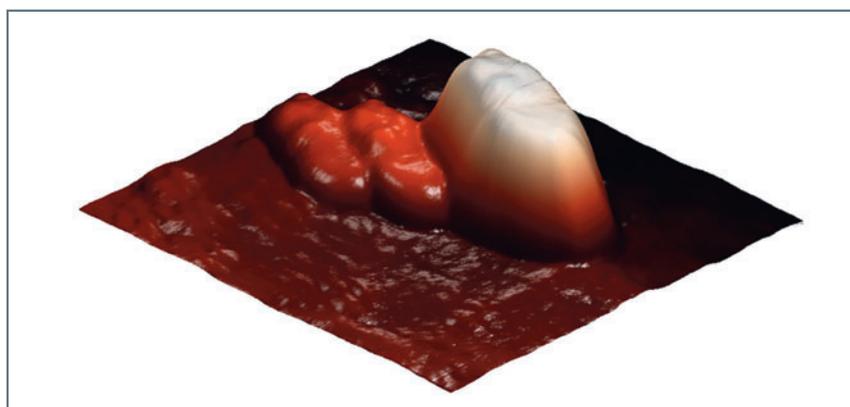


Рис. 2. Образование агрегатов



Но, с учетом постоянно возрастающей энергии тепловыделения при пожаре, они попадают в газовые струи, где получают дополнительную энергию, и их поток опять начинает подниматься вверх. Постепенно образуются устойчивые султаны и потолочные струйные потоки, которые переносят дым к расположенным на потолочном перекрытии пожарным извещателям. Вот здесь-то мы их не просто должны, а обязаны обнаружить.

По мере развития пожара области темного и белого дыма постепенно отдаляются от места возгорания.

Если же на каком-то этапе тепловой энергии для подъема частиц дыма не хватает, то дым не достигает потолочного перекрытия, а зависает слоем на некоторой высоте. Этот процесс называется стратификацией и очень характерен для холодного табачного дыма.

Таким образом, в процессе продвижения от очага к пожарному извещателю, свойства дыма неоднократно изменяются. Соответственно и частицы дыма могут менять размеры от 0,1 до 0,5–0,6 мкм и обратно. Такие же примерно размеры имеют частицы табачного дыма.

## ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ДЫМА И ЧТО МЫ ДОЛЖНЫ ОБНАРУЖИТЬ

Попробуем теперь объединить все рассмотренные свойства дыма и сформулировать их:

- дым, как один из опасных факторов пожара, очень трудно отличить от других аэрозолей (пыль, туман, бытовые и промышленные аэрозоли и т.п.), т.к. он сам является аэрозолем;
- разные материалы при горении выделяют дым со своими свойствами и характеристиками;
- на начальном этапе развития пожара на свойства дыма очень сильно влияют параметры окружающей среды (температура и влажность в помещении, потоки воздуха и т.п.);
- в процессе развития пожара дым меняет свои физические свойства;
- при перемещении и удалении от очага возгорания дым модифицируется как по концентрации, так и размерам и форме своих частиц.

Причин этих явлений несколько. Во-первых, это неустойчивость и изменчивость самого дыма, как одного из видов аэрозолей. Во-вторых – изменчивость самого пожара, возникающего, например, от небольшого тления одного вещества и переходящего в обширное горение различных видов материалов и предметов.

И вот тут возникает вопрос, а каких размеров частицы дыма должен обнаруживать дымовой пожарный извещатель? Ведь этим будет определяться его месторасположение в помещениях по отношению к месту возможного возникновения

пожара? Если очаг пожара предположительно будет находиться в непосредственной близости от извещателя, то он должен иметь возможность регистрировать самые маленькие частицы дыма. По мере удаления места размещения извещателя от места предполагаемого очага пожара извещатель должен иметь возможность регистрировать агломерированные (спекшиеся между собой) частицы с увеличенными размерами и в гораздо меньшей концентрации. И какой тут выбрать подходящий для данной задачи извещатель?

Но это глубочайшее заблуждение. В действительности для достоверного обнаружения пожара мы должны иметь возможность обнаружения частиц дыма всех размеров, от самых маленьких до больших, имеющих как самую минимальную кинетическую тепловую энергию, так и большую, невзирая на электрический потенциал, который они с собой несут. Никакой селективности к различным типам дыма у пожарных извещателей быть не должно!

**Это четвертая и, наверное, самая главная особенность, которую нужно учитывать при рассмотрении требований к дымовым пожарным извещателям.**

## ИПДОТ И ЕГО ПРОБЛЕМЫ

Когда определены основные свойства дыма, можно перейти к вопросу его достоверного и своевременного обнаружения.

Для обнаружения дыма в помещении используется два способа: абсорбционный, основанный на ослаблении интенсивности светового потока, и нефелометрический, основанный на регистрации рассеянного отраженного светового потока.

Абсорбционный способ применяется в линейных дымовых пожарных извещателях.

Нефелометрический способ основан на теории рассеяния световой волны частицами малых размеров [1]. Данный способ нашел свое применение как в ИПДОТ, так и в аспирационных дымовых извещателях.

В чем заключается сложность использования нефелометрического способа обнаружения. В том, что интенсивность рассеяния излучения светодиода ИПДОТ от частиц дыма на несколько порядков слабее, чем фоновая освещенность в помещениях, где необходимо разместить эти пожарные извещатели. Фоновая освещенность характеризуется наличием в помещениях источников искусственного или естественного освещения.

Во время тестовых испытаний ИПДОТ на защищенности от фоновой освещенности в непосредственной близости от него размещаются четыре люминесцентные лампы мощностью от 30 до 40 Вт, и при этом у него не должно быть никаких ложных сра-

батываний [8]. И сравните эту суммарную мощность с ничтожно малым отражением света от нескольких частиц дыма.

От фоновой освещенности ИПДОТ, в привычном нам исполнении, защищают собственно сам корпус и закрытая оптическая система в виде лабиринта. Однако корпус и лабиринт имеют большое аэродинамическое сопротивление, которое значительно увеличивает время обнаружения дыма по сравнению с теми же линейными извещателями. И чем больше аэродинамическое сопротивление у конструктивных элементов ИПДОТ, тем дыму труднее попасть в зону измерений, тем больше ему для этого необходимо энергии и времени. Для того, чтобы мелкие насекомые не попадали в извещатель, вокруг оптической камеры с его лабиринтами помещается еще защитная сеточка, которая также препятствует проникновению дыма в зону измерения. Сквозь отверстия корпуса ИПДОТ, минуя защитную сеточку, через лабиринт его оптической системы в измерительную зону должны попадать частицы дыма независимо от их размеров, имеющейся у них кинетической энергии, электрического заряда и т.п.

ИПДОТ должен обнаружить пожар на самой ранней стадии, когда он только-только возник. Не тогда, когда уже все в дыму, а когда собственно дыма самого вроде как и не видно, т.е. тогда, когда только первые частицы дыма с таким трудом начали достигать места размещения пожарного извещателя. И нужно это для того, чтобы была хоть малейшая возможность на начальном этапе пожара воспользоваться первичными средствами пожаротушения в виде тех же огнетушителей и начать как можно раньше эвакуацию из здания людей.

И вот здесь опять возвращаемся к свойствам дыма. Ну где взять энергии этим слипшимся между собой, потяжелевшим частицам дыма, чтобы после всего проделанного пути от очага пожара до извещателя преодолеть все вышеперечисленные преграды на пути к зоне измерения ИПДОТ?

И вот это, на сегодняшний день, как раз и является самой трудной задачей при создании и использовании данного типа извещателей, особенно, если большинство наших отечественных разработчиков пожарных извещателей о аэродинамике знают только понаслышке и при полном отсутствии необходимой для этого измерительной базы.

От закрытой оптической системы со всеми их лабиринтами и сеточками, которые создают столько проблем, можно было бы отказаться, если бы удалось как-то устранить воздействие фоновой освещенности на приемный тракт ИПДОТ. И лучше всего это реализовать каким-то схемотехническим способом, как-никак электронные компоненты становятся все мощнее и дешевле.

**КАК ПОВЫСИТЬ  
ЗАЩИЩЕННОСТЬ ОТ  
ФОНОВОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ  
В ИПДОТ**

Давно теоретически изучены и широко применяются на практике способы передачи и обработки сигналов, которые позволяют бороться с внешними помехами, в данном случае, фоновой освещенностью приемника ИПДОТ.

Принцип исключения воздействия фоновой засветки может быть основан, в том числе, на применении широкополосных сигналов (ШПС). Существует несколько методов расширения спектра сигналов, и один из них – метод прямой последовательности.

На рисунке 3 представлен упрощенный принцип селекции полезного сигнала при наличии внешних помех с использованием ШПС.

Для получения ШПС используется генератор псевдослучайных последовательностей (ПСП), имеющий высокую тактовую частоту: чем выше частота, тем шире спектр. Чем больше период повторения (длина кода) псевдослучайной последовательности, тем больше формируется гармонических составляющих, тем шире и равномернее спектр сигнала. Т.е. при идеальном источнике случайного сигнала был бы сформирован равномерный спектр неограниченной ширины, который еще называется «белым шумом» [9].

Современные светодиодные излучатели имеют возможность передавать частотно- или фазомодулированные сигналы с полосой до 100 МГц путем прямой модуляции. Это позволяет в передающем тракте извещателя сформировать на базе генератора ПСП широкополосный сигнал  $S_1(t)$ . В зависимости от периода повторения ПСП он может содержать до нескольких сотен гармонических составляющих.

Для простоты дальнейшей обработки этот ШПС перемножается с модулирующим вспомогательным сигналом  $S_2(t)$ , имеющим частоту сигнала от десятых долей до единиц кГц. Далее данный сложный широкополосный сигнал поступает на светодиодный излучатель.

Обнаружение частиц дыма происходит вне корпуса извещателя, на расстоянии от него от 3 до 6 см.

Рассеянное излучение светодиода от частиц дыма после приема фотодиодом и необходимого усиления попадает на перемножитель-коррелятор. В нем путем перемножения поступающего на вход сложного сигнала с исходным сигналом  $S_1(t)$  и последующей узкополосной фильтрации происходит выделение сигнала от вспомогательного генератора  $S_2(t)$ .

Из основ математического анализа и теории передачи сигналов известно, что результат перемножения двух сигналов описывается корреляционной функцией  $K(t)$ , и ее значение максимально для абсолютно

схожих по всем своим параметрам сигналов. Для ортогональных сигналов (абсолютно не похожих друг на друга)  $K(t)$  имеет значение, равное нулю. В частности, при перемножении сигнала  $S(t)$  самого на себя на выходе перемножителя всегда присутствует постоянная составляющая.

В нашем случае это будет вспомогательный сигнал  $S_2(t)$ . После узкополосной фильтрации по уровню выделенного сигнала  $S_2(t)$  по тем или иным критериям можно принять однозначное решение об обнаружении признака пожара и формировать в требуемом виде выходной сигнал.

Таким образом, если бы не некие преобразования и перемножения как в передающем, так и приемном трактах, то все было бы аналогично, как в обычных ИПДОТ с закрытыми оптическими системами.

А вот и самое главное. Что же в данном случае произойдет при поступлении на оптический приемник этой схемы сигнала внешней засветки  $N(t)$ ?

Известно, что все естественные и искусственные источники излучают свет с ограниченным спектром модуляции. В частности, люминесцентные лампы имеют в своем спектре гармоники  $\pm 50$  и  $\pm 100$  Гц. Поэтому, при поступлении в приемный тракт данных сигналов, их легко отличить от ШПС, сформированного с помощью ПСП. Несколько сложнее с солнечным светом, где спектр модуляции гораздо шире, но и тут проблемы решаемы.

Каким бы не был этот сигнал внешней помехи, хоть от фонарика, хоть от люминесцентных светильников, хоть от солнца, сразу после перемножения в приемном тракте с исходным широкополосным сигналом  $S_1(t)$  у него происходит многократное расширение занимаемого им спектра частот, т.к. перемножение широкополосного сигнала с любым отличным от него формирует совсем другой широкополосный сигнал.

Такой сигнал от внешней световой помехи становится эквивалентным сигналу

«белого шума» и не попадает в полосу пропускания узкополосного фильтра, настроенного на выделение сигнала  $S_2(t)$ , т.е. таким путем происходит снижение его уровня на несколько порядков [10].

В итоге, путем первоначального расширения спектра излучаемого сигнала в передающем тракте, с последующей его сверткой в узкополосный сигнал в приемном тракте, исключается воздействие сигналов с отличными от исходных параметрами. Чем шире полоса используемого ШПС, по сравнению с полосой пропускания полосового фильтра, выделяющего исходный сигнал  $S_2(t)$ , тем больше помехоустойчивость к посторонним источникам светового излучения.

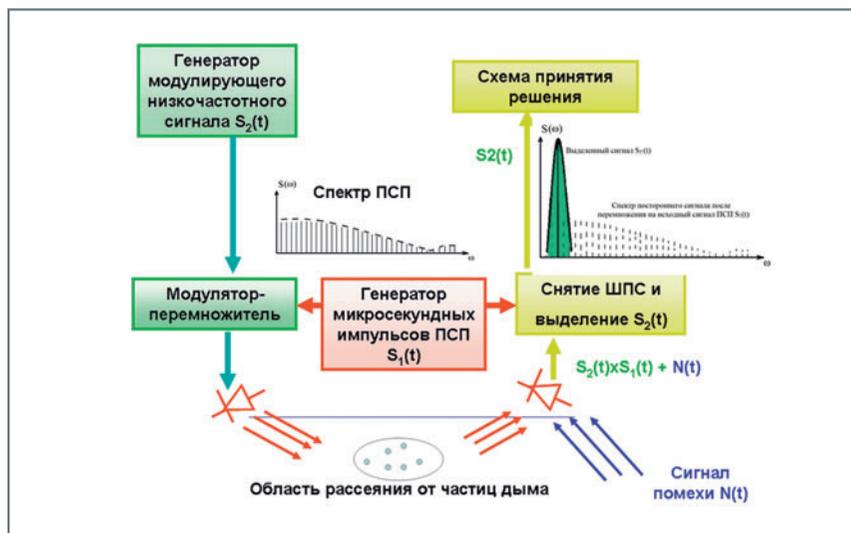
Вот это и есть основа построения помехозащищенных систем.

Для дополнительной защиты от фоновой освещенности могут использоваться светофильтры, в том числе и поляризационные.

Для повышения обнаружительной способности и защищенности от внешних сигналов можно дополнительно применить пространственное разнесение оптических каналов (двух и более), в том числе и разнонаправленные, с взаимной компенсацией мешающих сигналов, т.к. маловероятно размещение источника мешающего воздействия непосредственно снизу извещателя и ровно по его центру, чтобы осветить одновременно все фотоприемники.

Использование широкополосных сигналов на основе ПСП для исключения фоновой освещенности – это, скажем так, самый кардинальный способ. Конечно, чем сложнее излучаемый сигнал, тем больше его помехозащищенность. Если же особо жестких требований по защищенности к фоновой освещенности не предъявлять к электронной части ИПДОТ, а дополнять ее другими способами, то можно просто ограничиться в передающем тракте любым модулированным по частоте сигналом со снятием этой модуляции и после-

Рис. 3. Схема ИПДОТ с открытой оптической системой



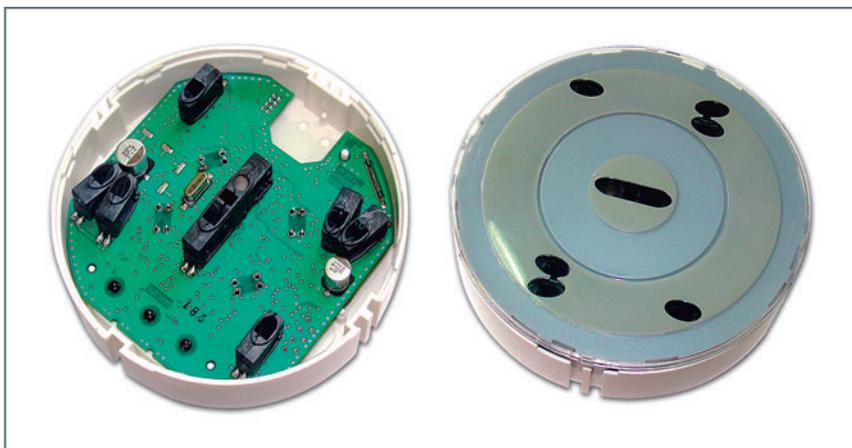


Рис. 4. ИПДОТ FAR-OC 520 с лицевой панелью и без нее

дующей фильтрацией полезного сигнала уже в приемном тракте.

В любом случае, использование тех или иных преобразователей сигналов как в передающем, так и в приемном трактах позволяют полностью отказаться от проблематичных закрытых оптических систем оптико-электронных пожарных извещателей.

Одним из примеров реализации построения ИПДОТ с открытой оптической системой являются пожарные извещатели 500-й и 520-й серий BOSCH, изображенные на рисунке 4. По понятным причинам конкретный используемый в них принцип защиты от фоновой освещенности ни в каких материалах найти не возможно. Но общее понимание у нас и так уже имеется, дело в частности, а они уже не так принципиальны.

### ЧТО ДАЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Если в традиционный ИПДОТ при всех его мерах защиты от фоновой освещенности что-то вдруг и залетит, то надо немедленно принимать решение, ждать уже некогда. Тут не стоит вопрос о том, что же залетело в измерительную зону, дым или пыль. Если же ждать, когда в измерительной зоне действительно окажется достаточно большое количество частиц дыма и достоверность обнаружения будет обеспечена, то это будет слишком поздно для использования всяких огнетушителей, да и для начала эвакуации людей тоже. Таким образом, у нас дилемма: что хуже, ложные срабатывания или полномасштабный пожар.

А в ИПДОТ с открытой оптической системой отдельно пролетающая под извещателем частица – еще не повод для принятия немедленного решения, есть время подождать и перепроверить лишний раз, то ли это, что мы должны обнаружить. Уж если это пожар, то частицы, независимо от имеющейся у них энергии, полетят мимо, одна за другой, у них нет никаких препятствий, не нужно никакой дополнительной

энергии, летят себе и летят. Вот тут и можно уже принимать решение. А по времени обнаружения это будет все равно быстрее, чем в упомянутом случае закрытых оптических систем.

Преимущество для серийного производства такой конструкции заключается в том, что все необходимые элементы для работы такого ИПДОТ размещены на одной плате (рис. 4), и только для свето- и фотодиодов в корпусе предусмотрены окна, закрытые поликарбонатом. И никаких архитектурных излишеств в виде лабиринтов, сложной геометрии корпусов и т.п.

Таким образом, получается практически герметичный корпус, куда никакая пыль не залетит, чем грешат ИПДОТ, выполненные по традиционной технологии, и с чем постоянно приходится бороться.

Для удаления пыли, создающей очень большие трудности при эксплуатации ИПДОТ, выполненных по традиционной технологии, в бескамерных извещателях достаточно периодически протирать только их гладкую внешнюю поверхность. Вот он, весь объем технического обслуживания, о таком можно только мечтать.

Для медицинских учреждений это просто находка, т.к. закрытые оптические системы ИПДОТ с их лабиринтами являются не только местами скопления пыли, но местами размножения болезнетворных бактерий. А подобные места по понятным причинам не подлежат соответствующей обработке медицинским персоналом.

Измерительная область находится на расстоянии 3-6 см от поверхности ИПДОТ, поэтому размещать его можно заподлицо с подвесными потолками, что сегодня очень ценится с точки зрения дизайнеров и потребителей, и не допускается для традиционных ИПДОТ. Для красоты еще можно на внешнюю поверхность извещателя дополнительно закрепить наклейки различных цветов. Об этом наши дизайнеры сейчас и мечтать не могут.

Но есть и проблема. За отсутствие закрытой оптической системы надо будет все-таки чем-то заплатить. В данном случае – повышенным потребляемым током

извещателя, необходимым еще для работы дополнительных генераторов, смесителей и других преобразователей, и который возрастает в данном случае более чем на порядок, до нескольких миллиампер. Но это не так страшно. Возможно включение ИПДОТ по 4-проводной схеме в неадресные пороговые шлейфы или использование контроллеров с повышенной энергетикой в адресно-аналоговых шлейфах систем пожарной сигнализации.

В итоге можно констатировать, что возможность для создания и разработки ИПДОТ с открытыми оптическими системами имеет место быть. Данная технология позволяет по временным показателям обнаружения дыма при пожаре не только приблизиться к линейным извещателям, но даже их значительно превзойти, не говоря уже о ИПДОТ, выполненных по традиционной технологии.

Так что есть еще большие и на настоящий момент недостаточно изученные перспективы у наших незаменимых ИПДОТ, и никакое это не тупиковое направление, как хотелось бы видеть некоторым специалистам. Рано, еще очень рано списывать ИПДОТ со счетов и прятать в чулан.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев А.В. Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям. Часть 1 // Алгоритм безопасности. 2012. № 3.
2. Зайцев А.В. Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям. Часть 2 // Алгоритм безопасности. 2012. № 4.
3. Зайцев А.В. Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям. Часть 3 // Алгоритм безопасности. 2012. № 5.
4. Петрянов И.В. Вездесущие аэрозоли. М.: «Педагогика», 1996.
5. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Изд. 2-е. М.: «Химия», 1972. С. 39.
6. Clarke A.E., Hunter T.G., Garner F.H. // J. Inst. Petroleum Tech-nol, 1946.
7. Тимошенко М.А., Чернов Н.Н. Исследование частиц сигаретного дыма // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2006. Выпуск № 12. Том 67.
8. ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний.
9. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник. М.: «Высшая школа», 1983. С. 200.
10. Теляков И.М., Рошин Б.В., Фомин А.И., Вейцель В.А. Радиосистемы передачи информации. Учеб. пособие для вузов. М.: «Радио и связь», 1982.