

БОЛЬШИЕ ПРОБЛЕМЫ МАЛЕНЬКИХ ИПДОТ ИЛИ ПОПЫТКА ПОДВЕСТИ ИТОГИ

А.В. Зайцев

научный редактор журнала «Алгоритм безопасности»

Давно собирался написать эту статью, но до последнего времени мне для этого не хватало какого-то материала. И вот сейчас всё необходимое уже есть - пора писать.

Было бы все просто, если бы где-то можно было бы взять книгу, посвященную ИПДОТ, в которой было бы все, что с ним связано. Прочитали и сразу во всем разобрались. Но такой книги в природе не существует. Вместо нее есть только отдельные статьи разных лет, разбросанные по разным журналам.

В данной статье я хочу попытаться обобщить в кратком виде основные проблемы ИПДОТ, поднятые в разное время разными авторами, т.е. свести все в одно место, а заодно и напомнить об этих материалах. Объем работы большой, поэтому полную версию материала мы разместили на сайте www.avtoritet.net в разделе библиотека/статьи avtoritet.net и снабдили его всеми необходимыми ссылками на используемые материалы. Для поиска используйте расширенный поиск, или поиск по разделу. В журнальном варианте предлагается материал акцентирующий внимание на основных проблемах и задачах, стоящих перед ответственными производителями ИПДОТ.

1. ЧАСТНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ДЫМА В ИПДОТ

Чувствительность любого приемного устройства определяется возможностью выделить и обработать сигнал, для этого он должен на какую-то величину быть больше уровня как внешних, так и внутренних шумов. Но по пути к зоне обнаружения у частиц дыма еще имеются преграды, вносящие потери, характеризующиеся аэродинамическим сопротивлением конструкции ИПДОТ. Частицы дыма получают энергию от химической реакции, проходящей в очаге возгорания. Нас же интересует, на каком этапе развития пожара он будет обнаружен с помощью ИПДОТ и от чего это зависит. Любой процесс обнаружения связан с его энергетикой того, что мы обнаруживаем, и чувствительностью устройства обнаружения, что тоже относится к энергетическим характеристикам. Это вопрос со множеством неизвестных, взаимноисключений и массой компромиссов. В частности, основным самым главным компромиссом в ИПДОТ является выбор его чувствительности между его возможностью обнаруживать дым и вероятностью ложного срабатывания.

Задача ИПДОТ обнаружить пожар на самом начальном его этапе, буквально в первые минуты после возгорания и еще до того как это возгорание можно будет приравнять к пожару. Что может этому мешать. Вот и разберемся с этим, может это поможет или оправдать отечественные подходы к нашим ИПДОТ или натолкнет на какие-то действия по улучшению их параметров.

1.1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ДЫМА

Прежде чем говорить о возможности обнаруживать дым ИПДОТ сначала имеет смысл сформулировать основные свойства дыма [1]:

- 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 такой аэрозолью;
- разные материалы при горении выделяют дым со своими свойствами и параметрами;
- 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 ме-

няет 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 – это изменчивость самого пожара, возникающего, например, от небольшого тления одного вещества, и переходящего в обширное горение различных видов материалов и предметов.

Первым выводом из этого является необходимость наличия у ИПДОТ равномерной чувствительности ко всем возможным размерам частиц дыма, при минимальной чувствительности к любым другим частицам, не являющихся продуктами горения.

Вторым выводом является то, что на первоначальном этапе возгорания у частиц дыма очень мало энергии для преодоления препятствий на пути к зоне измерения.

Без учета этих двух принципиальных посылов говорить об ИПДОТ невозможно.

1.2. ЛОЖНЫЕ СРАБАТЫВАНИЯ ИЛИ ВОЗМОЖНОСТЬ СВОЕВРЕМЕННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА

Причин ложных срабатываний ИПДОТ не так много и все они подробно рассмотрены в статье «Ложные срабатывания в системах пожарной сигнализации» [2,3], поэтому я их тут только перечислю:

- конструктивные особенности оптической системы и корпуса извещателя;
- эксплуатационный контроль текущей запыленности извещателя;
- наведенные электромагнитные помехи.

Если не менять ничего в конструкции ИПДОТ, то понизить вероятность ложных срабатываний до минимума можно только за счет снижения чувствительности извещателя к дыму. Можно получить необходимую чувствительность к дыму, но тогда придется смириться с постоянными ложными срабатываниями. Что лучше. Вот первый компромисс.

1.3 ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА ИПДОТ

В статье «Нет дыма без огня», написанной И.А. Масловым еще в 2004 году [4] было показано, как те или иные конструктивные формы корпуса и оптической системы ИПДОТ влияют на его чувствительность. С одной стороны, речь идет о минимизации аэродинамического сопротивления воздушным потокам, с другой, о том, что в измерительную зону должна попасть большая часть проходящего конвекционного потока смеси воздуха и дыма. В качестве основных условий нормального функционирования ИПДОТ автор

приводит шесть основных свойств конструктивного исполнения:

1. Форма корпуса не должна обладать высокими аэродинамическими свойствами.
2. Расположение входных отверстий должно обеспечивать заход дыма, как для горизонтальных, так и для вертикальных потоков.
3. Входные отверстия в пластиковом корпусе должны иметь как можно большие размеры.
4. Защитная сетка должна обладать антистатическими свойствами с обязательным «заземлением».
5. Для движения дыма через чувствительную зону конструкция извещателя должна создавать минимум вертикальных перемещений.
6. Основные потоки движения дыма внутри извещателя должны проходить через чувствительную зону.

И как вопросы аэродинамики влияют на энергетику ИПДОТ? Полностью и непосредственно. А знание аэродинамики это высокий профессионализм в нашем деле.

1.4. ЗАЩИЩЕННОСТЬ ОТ ФОНОВОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Одним из важнейшим параметром, необходимым для нормальной работы ИПДОТ, является нормируемая величина защищенности ИПДОТ от фоновой освещенности, создаваемой искусственным или естественным освещением, иначе фотоприемник ИПДОТ будет реагировать не столько на частицы дыма, сколько на эту фоновую освещенность.

От фоновой освещенности ИПДОТ, в привычном нам исполнении, защищает собственно сам корпус и закрытая оптическая система в виде лабиринта (рис. 1). Однако корпус и лабиринт имеют большое аэродинамическое сопротивление воздушным потокам, 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. 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. [1].

Помимо аэродинамического сопротивления заходу частицам дыма в оптическую систему мешают еще образовавшиеся статические потенциалы как на корпусе извещателя, его сетке и корпусе оптической системы, так и на самих частицах дыма.

Каждой частице дыма необходима небольшая энергия, чтобы преодолеть такие препятствия, а это как раз и относится к вопросу энергетики ИПДОТ. Вот тут и намечился второй компромисс между защищенностью от фоновой освещенности и аэродинамическим сопротивлением.

1.5. ВНУТРЕННИЕ ШУМЫ ИПДОТ

Фоновый сигнал на приемнике ИПДОТ также вызван еще переотражением от стенок оптической системы светового потока от собственного излучателя, который в итоге попадает на фотоприемник, формируя внутренние шумы ИПДОТ. На это влияет и выбор материала для корпуса оптической системы, форма выступов стенок лабиринта и наличие каких-то других путей отражения. Это же многомерное моделирование при множестве различных условий.

Рис.1. Влияние фоновой освещенности

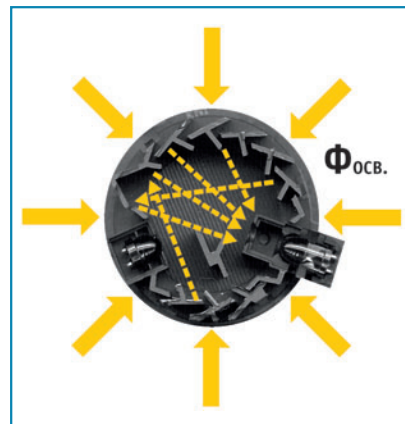
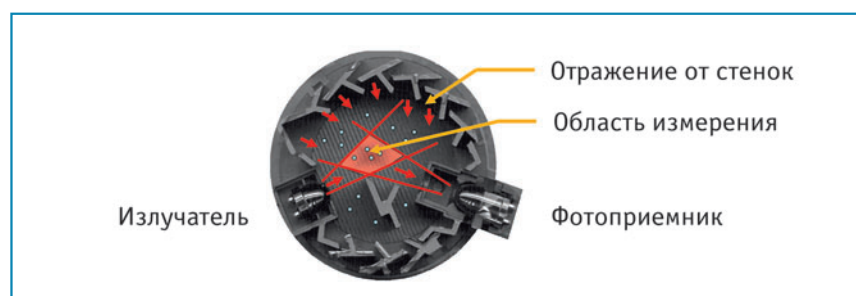


Рис.2. Область измерения и собственные шумы



Казалось бы, что минимизировать как чувствительность к фоновой освещенности, так и к переотраженному излучению можно путем предельного уменьшения контролируемого объема в зоне измерений путем максимального сужения диаграммы направленности, как излучателя, так и фотоприемника (рис. 2). Но тогда, уменьшается чувствительность извещателя к дыму, так как снижается вероятность нахождения хотя бы одной частицы дыма в этой зоне измерения. Но даже, если хотя бы одна частица и попадет в зону измерения, то хватит ли уровня излучения светодиода, чтобы уровень рассеяния от нее можно было бы зарегистрировать фотоприемником. Вряд ли. Вот и получается – что так плохо, что эдак. А это тоже вопрос энергетики ИПДОТ. Вот уже третий компромисс, между размерами зоны измерения и чувствительностью к дыму.

1.6. ВЫБОР СВЕТОИЗЛУЧАТЕЛЯ

Дальше вступает в силу проблема выбора типа светодиодного излучателя, т.е. обычного на наш взгляд светодиода. В целях снижения себестоимости ИПДОТ в большинстве случаев используются светодиоды с пониженными до предела характеристиками по части старения, не говоря о текущей стабильности излучения.

Об этом более подробно написано в статье «Проверка временем». Ее не всегда выдерживает чувствительность пожарных извещателей» Ирины Пивинской [5]. Так вот автор указанной публикации в рамках проведенных экспериментов пришла к выводу, что более 70% светодиодов, используемых для «стандартных извещателей», вдвое снижают свою излучающую способность уже через два года. Через четыре года излучаемый световой поток снижается уже в три раза. Это уже в принципе неработоспособные извещатели, какими бы они другими исключительными возможностями не обладали.

Может быть, все это возможно компенсировать за счет увеличения коэффициента усиления сигнала от фотоприемника. Нет. Тут возникают одна за другой новые проблемы, причем, тоже связанные с энергетикой ИПДОТ.

1.7. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРИЕМНОГО ТРАКТА ИПДОТ

Если попытаться улучшить характеристики ИПДОТ путем изменения всего одного его параметра, не меняя в нем ничего другого, то вряд ли что-то из этого получится. Насколько между собой увязаны параметры в ИПДОТ представлено на рисунке 3.

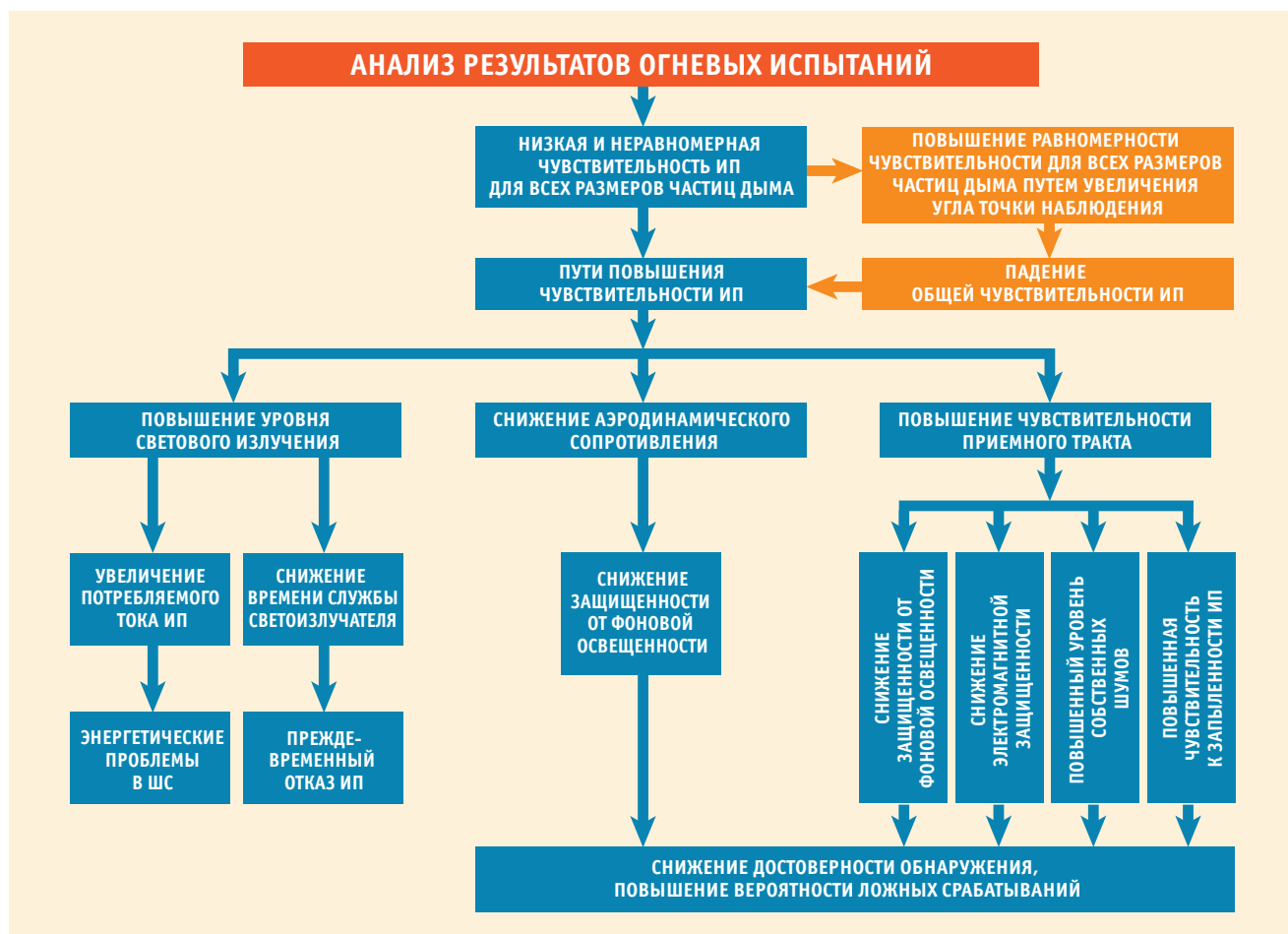
Основными энергетическими ограничениями для выбора чувствительности приемного тракта являются защищенность от фоновой освещенности, уровень собственных шумов и защищенность от электромагнитных помех.

Стоит только поднять коэффициент усиления приемного тракта, так сразу он становится исключительно чувствительным ко всем наведенным внешним э.д.с. [3], собственным шумам и фоновой освещенности, ложные срабатывания не заставят себя долго ждать. Тут надо учесть, что большинство отечественных ИПДОТ итак имеют всего 2-ю степень жесткости по устойчивости к воздействию электромагнитных помех и ухудшать этот параметр уже некуда. Только порядка 10 типов отечественных ИПДОТ имеют эту степень выше второй. Вот почему наши ИПДОТ «научились» срабатывать от электромагнитных импульсов в электропроводке при включении и выключении света в помещениях.

1.8. СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ В ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

В оптической системе постоянно накапливается пыль. В скоплении пыли, а как следствие ложных срабатываний из-за нее, виновато высокое аэродинамиче-

Рис. 3. Взаимосвязь параметров в ИПДОТ



ское сопротивление конструкции ИПДОТ. Имеется два пути борьбы с этим явлением – разработка конструкции с минимальным аэродинамическим сопротивлением и эксплуатационной компенсацией запыленности оптической системы. За рубежом широко используют оба эти пути.

Немного о так называемой компенсации запыленности оптической системы. За рубежом этот процесс еще называют компенсацией дрейфа чувствительности. Подразумевается, что по мере накопления пыли на стенках оптической камеры, в извещателе без компенсации дрейфа чувствительности должно произойти увеличение чувствительности извещателя. Значит, по мере накопления пыли чувствительность надо уменьшать. В европейских нормах EN 54-7 предусмотрено, что предельный уровень компенсации дрейфа чувствительности должен наступить раньше, чем чувствительность ухудшится больше чем в 1,6 раза по отношению к изначальному уровню чувствительности, установленному производителем. У нас в стране это никак не нормируется.

Если же изначально порог срабатывания ИПДОТ находится на уровне 0,2 дБ/м, то говорить о какой-то еще последующей компенсации вряд ли целесообразно, т.к. такой ИПДОТ, уже изначально не будет работоспособным.

А самым главным условием механизма компенсации является временной интервал, за который может быть достигнут предел компенсации. При линейном характере компенсации он находится в пределах 6,4 часа. В реальных же условиях этот механизм должен работать в процессе недель, месяцев и даже лет и для его работы нужен алгоритм, функционирующий в реальном масштабе времени, не зависимо от снятия питающего напряжения с извещателей, и с возможностью приведения в исходное состояние после обслуживания. Это возможно только в адресно-аналоговых системах.

2. ЧТО ТАКОЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ИПДОТ. ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Вроде бы перечисленные здесь частные энергетические вопросы отечественных ИПДОТ известны давно. Я же их здесь только объединил вместе. Тогда, почему их у нас в стране никто не решал, и решать не спешит. Почему в итоге наши ИПДОТ так отличаются по своим характеристикам от своих зарубежных аналогов.

История эта началась 30 лет назад, когда пути отечественных и зарубежных производителей кардинально разошлись. И причиной здесь явилось определение такого параметра как чувствительность пожарного извещателя.

В Европе в 1984 сразу по выходу EN 54 – 9 «Компоненты автоматических

систем пожарной сигнализации. Часть 9. Проведение испытаний» с этим параметром окончательно определились – результаты огневых испытаний. Хотя сам этот стандарт в чистом виде так и не используется, но его содержание можно найти сейчас во всех частях данной серии стандартов, посвященных пожарным извещателям разного типа.

В нашей стране была попытка решить этот вопрос при разработке ГОСТ Р 50898-96 «Извещатели пожарные. Огневые испытания», который был просто проигнорирован, о нем все постарались быстренько забыть. Его внедрение могло исключить всякое применение отечественных ИПДОТ. Этот вопрос так окончательно не решен и до сих пор, хотя в редакции ГОСТ Р 53325-2012 «Технические средства пожарной автоматики» есть уже нечто похожее на европейские нормы. Но при этом так и остались некоторые серьезные противоречия.

Вопросу чувствительности пожарных извещателей в наших СМИ было посвящено несколько статей, три из которых я бы рекомендовал для ознакомления [6,7,8].

2.1. ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА «ДЫМОВОЙ КАНАЛ»

Задержавшись, эдак, лет на 30 по отношению к международным подходам мы смогли за эти годы сформировать целые поколения ИПДОТ, рассчитанные на обнаружение только частиц аэрозоли со средним размером частиц от 0,5 до 1,0 мкм, а не дыма.

В статье «Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям» [9] было показано, как распределяется в пространстве интенсивность рассеяния излучения в зависимости от размеров самих частиц. Так вот, если маленькие частицы дыма при облучении их инфракрасным излучателем имеют практически сферическую форму распределения интенсивности рассеяния, то частицы размером более 0,5 мкм основную энергию направляют в зону прямого рассеяния, т.е. по ходу направления вектора излучения. И вот, размещение фотоприемника в этой зоне прямого рассеяния приводит к тому, что уровень сигнала от частиц большого размера, к которым относится та же тестовая аэрозоль, на несколько порядков превосходит уровень сигнала от малых частиц дыма. Т.е. ИПДОТ изначально разрабатывается для обнаружения частиц больших размеров (пыль, туман и т.п.), а не дыма.

Что в итоге получилось. Что, при проведении испытаний по измерению чувствительности в установке «Дымовой канал» с использованием испытательной аэрозоли, чтобы получить требуемую чувствительность ИПДОТ, никаких сложных схемотехнических решений применять не надо. Три-четыре транзистора и этого бу-

дет достаточно. Только такие извещатели никогда не смогут обнаружить реальный дым. Это подтвердили первые огневые испытания, проведенные во ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ [12].

А саму характеристику, получаемую в установке «Дымовой канал» уже давно пора бы переименовать из чувствительности в порог срабатывания, как это сделано уже почти 30 лет назад во всем мире.

2.2. ОГНЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

Огневые испытания в виде тестовых пожаров проводят таким образом, чтобы с помощью эталонных пожарных нагрузок проимитировать на входе извещателей дымы различного характера и во всем диапазоне размеров их частиц.

К сожалению, только в конце 2014 года первые несколько образцов наших отечественных ИПДОТ смогли удачно пройти сертификационные испытания, включающие тестовые пожары. Но это капля в море. А каковы все остальные серийно выпускаемые у нас в стране ИПДОТ. Ничего плохого сказать про них нельзя, т.к. про их возможности по обнаружению пожара просто ничего не известно, в лучшем случае об этом что-то могут знать только их производители. Но по понятным причинам они не спешат на огневые испытания.

Конечно, жаль, что почти 30 лет мы по части определения чувствительности пожарных извещателей находились на ложном пути. Придется, как всегда, наверстывать упущенное. А для этого придется пересмотреть пути решения всех частных вопросов энергетики ИПДОТ.

3. ИПДОТ С ОТКРЫТОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ (БЕСКАМЕРНЫЙ)

Классическая схема ИПДОТ подразумевает защиту измерительной зоны в оптической системе от фоновой освещенности с помощью самого корпуса извещателя и закрытой оптической системы в виде лабиринта. Но корпус и лабиринт, как тут было уже ранее отмечено, имеют большое аэродинамическое сопротивление, которое значительно увеличивает время обнаружения дыма.

На сегодняшний день электронная элементная база становится все шире, мощнее и дешевле. Повсеместно происходит постепенное вытеснение сложных механических устройств их электронными аналогами.

Для построения помехозащищенных систем непосредственно на излучатель вместо узкополосного немодулированного сигнала подаются сложные широкополосные сигналы, за счет этого исключается воздействие любых сторонних мешающих сигналов, которые отличаются своими параметрами от излучаемых сигналов [1].

Технология с открытой оптической системой 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 классической технологии.

4. КАК ОТЛИЧИТЬ ЧАСТИЦЫ ДЫМА ОТ ДРУГИХ АЭРОЗОЛЕЙ

Как уже здесь отмечалось, диапазон размеров частиц дыма находится в пределах от 0,1 до 0,6 мкм. Максимально вероятный размер частиц пыли находится в диапазоне порядка 5,0 мкм. Частицы тумана (пара) имеют еще большие размеры, и такие же, как и у большинства аэрозолей искусственного и промышленного происхождения, подчас достигая 10 и более мкм.

Можно ли как-то измерить эти размеры частиц самим пожарным извещателем, чтобы их не путать между собой. Этому вопросу была посвящена большая статья из трех частей «Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям» [9,10,11].

Имея всего один канал в ИПДОТ, абсолютно не очевидно, что рассеяние излучения происходит от одной большой частицы, или от множества малых. По уровню получаемого сигнала в одноканальном приемном тракте это не определить.

По мере увеличения размеров частиц, соизмеримых по своим размерам с длиной волны излучателя, диаграмма направленности интенсивности рассеяния из почти сферической формы преобразуется в узконаправленную с осью, совпадающей с направлением излучающего потока, т.е. в сторону от светодиода на фотоприемник.

Вот это замечательное свойство малых по размеру частиц и можно использовать для определения их размеров. Но для этого надо иметь два некоррелированных между собою канала измерения уровня рассеяния.

На сегодняшний день используются два способа двухканальной обработки – двухпозиционный и двухволновый. Оба они за рубежом имеют общую аббревиатуру «dual optical» – ДО или О². К слову сказать, в установке «Дымовой канал» при тестировании таких извещателей измерительной аэрозолью, они показывают неудовлетворительные результаты, т.к. именно от нее они и защищены.

Получив значение удельной оптической плотности среды и имея размеры частиц, ничего не стоит из двух этих величин получить самую главную величину – концентрацию частиц. Именно она в полной мере характеризует развитие пожара.

Нужны ли нам такие возможности у ИПДОТ. Конечно, очень бы хотелось получить и прямо сейчас. Вопрос в другом, что будет с ценой таких ИПДОТ.

Введение в схему дополнительно светодиода на цене ИПДОТ вряд ли скажется, так же как и пара дополнительных элементов в схеме обработки. А вот потребительские качества такого ИПДОТ возрастают более чем на порядок.

ВЫВОДЫ

Еще совсем недавно для большинства специалистов проектно-монтажных организаций сам ИПДОТ был наподобие черного ящика. Практически никто из них не мог понять, чем один такой извещатель может отличаться от другого. По каким критериям сравнивать, что можно самому увидеть в нем, как к этому отнестись. Покрывало сдернуто. Теперь только ленивый не знает и не понимает, почему импортные извещатели действительно стоят своих денег и чего не хватает у наших ИПДОТ.

На мой взгляд, цель достигнута.

Несмотря ни на что, подходы к оценке качественных характеристик ИПДОТ все-таки постепенно меняются, а устаревшие решения уже не смогут обеспечить эти характеристики. Понятно, что, чтобы их достигнуть, придется в корне пересмотреть принимаемые решения при разработке новых ИПДОТ, которые рано или поздно должны появиться на отечественном рынке.

Тридцатилетние отставание в технологиях ИПДОТ ни за день, ни за год не наверстаешь, особенно, когда в этом нет большого желания. Но лидеры нашего рынка без особого труда могли бы приподнять планку, так чтобы всем остальным было бы не выгодно выпускать морально устаревшую и не пригодную к употреблению продукцию. И лакмусовой бумажкой в этом будут отзывы специалистов по обслуживанию систем пожарной сигнализации, которые как никто знают реальную ситуацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Зайцев «Дым и его свойства как аргументы в пользу извещателей с открытой оптической системой» ж. Алгоритм безопасности №1 2015
2. А.В. Зайцев, Неплохов И.Г. «Ложные срабатывания в системах пожарной сигнализации. Часть 1» ж. Системы безопасности №4, 2009
3. А.В. Зайцев, Неплохов И.Г. «Ложные срабатывания в системах пожарной сигнализации. Часть 2» ж. Системы безопасности №5, 2009
4. И.А. Маслов «Нет дыма без огня», ж. БДИ №3 (54) 2004
5. И. Пивинская «Проверка временем. Ее не всегда выдерживает чувствительность пожарных извещателей» ж. БДИ №4, (55) 2004
6. И.Г. Неплохов «Чувствительность дымового извещателя», ж. Системы безопасности №2, 2012
7. В.В. Баканов «Взгляд на пожарные дымовые извещатели через призму тестовых пожаров», ж. F+S №1 2010
8. А.В. Зайцев «Пожарные извещатели: огневые испытания или «Дымовой канал», ж. Алгоритм безопасности №1, 2012
9. А.В. Зайцев «Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям. Часть I.» ж. Алгоритм безопасности №3, 2012
10. А.В. Зайцев «Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям. Часть 2.» ж. Алгоритм безопасности №4, 2012
11. А.В. Зайцев «Чувствительность пожарных извещателей к различным типам дыма, пыли, пару и аэрозолям. Часть 3.» ж. Алгоритм безопасности №5, 2012
12. В.Л. Здор «ГОСТ 53325: новая версия – новые требования» ж. Алгоритм безопасности № 5, 2011