

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ К РАЗЛИЧНЫМ ТИПАМ ДЫМА, ПЫЛИ, ПАРУ И АЭРОЗОЛЯМ

ЧАСТЬ I

А. Зайцев

независимый эксперт

Продолжая тему, поднятую в первом номере данного журнала, о реальной, а не технологической чувствительности дымовых пожарных извещателей к различным типам дыма, хотелось бы рассмотреть некоторые особенности самих дымовых извещателей в части обнаружения этих типов дыма.

Принято считать, что дерево и хлопок при горении образуют белый дым, а пенополиуретан и изделия из ПВХ черный, а сами дымовые извещатели, использующие оптические средства обнаружения, реагируют по-разному на дым разных цветов. Это связывают с различными уровнями оптической плотности различных типов дыма от различных горючих материалов. Обычно считается, что огонь, горящий открытым пламенем, образует дым, по большей части состоящий из частиц субмикронного диаметра, в отличие от тлеющего огня, образующего частицы намного более крупного размера. Могут ли современные дымовые извещатели иметь к ним равномерную чувствительность и при этом исключать реагирование на пыль, пары и аэрозоли.

Данная статья состоит из трех частей: введение в теорию оптической регистрации продуктов горения, существующее состояние регистрации дыма в пожарных извещателях и перспективные направления развития дымовых пожарных извещателей. Надеюсь, что читатели на основании данных материалов смогут сами научиться отличать действительно профессиональные качественные дымовые извещатели от их дешевых подделок.

Сам факт горения различных материалов характеризуется не изменением оптической плотности среды, как это многие считают, а наличием определенной концентрации продуктов горения в виде частичек углерода. Изменение же оптической плотности среды при горении – это уже следствие наличия какой-то концентрации этих частичек.

Таким образом, основной задачей при выявлении наличия возгорания является оценка концентрации частиц дыма.

Ионизационные точечные пожарные извещатели изначально по своему принципу работы определяли именно достижение предельной концентрации частиц в контролируемых помещениях. Применение пришедших им на смену дымовых точечных оптико-электронных пожарных извещателей основано на попытке увязать изменение концентрации продуктов горения с оптической плотностью среды во время горения каких-либо материалов. Безусловно, взаимосвязь между концентрацией продуктов горения и оптической плотностью среды имеется, но для каждого вида пожарной нагрузки она разная, что и показал многолетний опыт использования извещателей данного типа. Определяется же

взаимосвязь именно размерами самих частиц продуктов горения.

Характеристики дыма зависят от состава горючего материала, режима горения (тление или горение открытым пламенем) и степени смешения с окружающим воздухом (разбавления). Эти факторы определяют такие характеристики продуктов горения, как размер образующихся частиц, распределение, состав, концентрация, коэффициенты преломления, поглощения и отражения и др.

Перенос дыма от огня к месту расположения извещателей осуществляется султанами и потолочными струйными потоками. В процессе переноса дыма происходит изменение его характеристик, в частности, размеров его частиц, в основном из-за осаждения и агломерации (спекания). Известно, что при охлаждении дыма более мелкие частицы агломерируются, т.е. с течением времени образуют более крупные частицы («старение» дыма), что в свою очередь ведет к снижению их концентрации.

Вследствие этого оптико-электронные извещатели должны иметь равномерную чувствительность к различным размерам частиц дыма.

Немаловажный вопрос перспективного применения оптико-электронных по-

жарных извещателей связан с возможностью реагирования на дым, выделяемый при горении древесины.

Тестовый пожар, характеризующийся горением древесины, изначально был предусмотрен как в EN 54 часть 9:1982 г. «Components of automatic fire detection systems, Part 9. Methods of tests sensitivity to fire», так и в ГОСТ Р 50898-96 «Извещатели пожарные. Огневые испытания» и был обозначен как TF1/ТП1.

В силу ряда трудностей, обусловленных малыми размерами частиц, образующихся при данном виде горения, при тестировании оптико-электронных пожарных извещателей он не был включен в EN 54 часть 7:1982 г. «Fire detection and fire alarm systems – Part 7: Smoke detectors – Point detectors using scattered light, transmitted light or ionization», а также в ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарной. Технические средства пожарной автоматики». Но разработки последних лет показывают, что в ближайшие годы вполне возможно включение данного теста в сертификационные испытания и для оптико-электронных пожарных извещателей.

Как отечественной, так и зарубежной промышленностью освоен выпуск большого количества измерительных приборов, позволяющих определять размеры частиц в данном диапазоне и их концентрацию, в частности, для замеров запыленности атмосферного воздуха. Считается, что почти 99% количественного состава частиц атмосферной пыли имеет размер порядка 1 мкм, что чуть больше размеров частиц дыма. Но если для промышленных измерителей концентрации малых частиц подчас при проведении замеров не стоит задача провести селекцию одних частиц от других, то для оптико-электронных пожарных извещателей эта задача выходит на первый план наравне с высокой обнаружительной способностью к различным типам дыма. Вызвано это необходимостью их функционирования не в лабораторных условиях при исследовании каких-либо проб, а в реальных помещениях, где помимо всего могут находиться взвешенные частицы пыли, аэрозоли или пара, которые могут попадать в зону измерения оптико-электронной системы извещателя и вызывать их срабатывание. Результаты работ последних лет подтвердили реальность такой задачи.

Наличие в пожарных извещателях механизма селекции обнаруженных частиц по их размерам позволяет в значительной мере стабилизировать их работу при самой минимальной концентрации продуктов горения. Это, в свою очередь, предоставляет возможность поднять реальную чувствительность извещателя, тем самым реализовав принцип раннего обнаружения при одновременном снижении вероятности ложных срабатываний.

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ОПТИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИИ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ. ТЕОРИЯ РАССЕЯНИЯ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ

Чтобы понять, с какими продуктами горения работают пожарные извещатели, в первую очередь нужно упомянуть усредненные размеры частиц дыма (D), образующиеся при горении различных материалов:

- при горении древесины (ТП1) выделяются частицы размером 0,1 мкм;
- при тлении хлопкового шнура (ТП3) выделяются частицы размером 0,15 мкм;
- при горении пенополиуретана (ТП4) и Н-гептана (ТП5) выделяются частицы размером 0,2 мкм;
- при тлении древесины (ТП2) формируются частицы размером 0,45 мкм.

Сразу же здесь имеет смысл пояснить определения основных величин, которые будут в дальнейшем использоваться.

Под интенсивностью рассеяния I понимается квадрат вещественной амплитуды электрического вектора. От значения уровня интенсивности напрямую зависит уровень сигнала на выходе фотоприемника извещателя.

Основной характеристикой для определения распределения интенсивности рассеяния I является относительный параметр $q = \pi D / \lambda$, характеризующий соотношение размеров частиц к длине волны светоизлучателя.

Точка наблюдения Θ – это угол, измеренный между направлением падающего света и местом размещения фотоприемника. При размещении фотоприемника в зоне прямого луча $\Theta = 0^\circ$.

Первоначально попытку объяснить, почему небо синее, а облака белые, предпринял лорд Рэлей (John Williams Strutt) в опубликованной работе в 1871 г., посвященной когерентному рассеянию света, названному рэлеевским рассеянием.

Для частиц, размеры которых превышают порядка десятков длин волн, действуют законы оптики, основанные уже на зонах А. Ж. Френеля, который и получил свою известность в большей степени именно за теорию дифракции. Кстати, именно ему мы обязаны описанием того, как радиоволны могут огибать препятствия.

Для описания дифракции на частицах, отличных от сфер, иногда применяется теория И. Фраунгофера. Но даже при всей ее универсальности и повышенной точности получаемых результатов, все дальнейшие теоретические изыскания в области малых частиц основаны все-таки, как это ни странно, на работах Ми.

МИ-ТЕОРИЯ

Теория рассеяния световой волны частицами малых размеров подробно раз-

работана Густавом Ми (G. Mie) в 1908 г. и получила название МИ-Теория – теория рассеяния (дифракции) плоской электромагнитной волны на однородной сфере произвольного размера [1]. Сама теория МИ создана на базе электромагнитной теории Д. К. Максвелла (1831-1879 гг.), в основе которой лежит его известная система уравнений.

Плоскую электромагнитную волну, облучающую сферу, которой в данном случае выступает частица дыма, можно представить как суперпозицию сферических волн, выходящих из центра сферы. Каждая из этих элементарных волн поляризует сферу и возбуждает в ней вторичную волну, которая излучается сферой. Эти вторичные волны называются парциальными волнами Ми, именно они и образуют рассеянный свет [2].

Из данной теории следует, что за исключением случаев с большой проводимостью или диэлектрической проницаемостью интенсивность рассеянного света I достигает максимума как в направлении, совпадающем с направлением падающего света $\Theta = 0^\circ$, так и в обратном направлении $\Theta = 180^\circ$ и имеет минимум в плоскости симметрии $\Theta = 90^\circ$. При увеличении радиуса сферы частиц наблюдаются отклонения от симметрии, причем в направлении падения рассеивается больше света, чем в обратном направлении [3].

Это явление еще часто называют эффектом Ми. При дальнейшем увеличении размера частиц практически весь рассеянный свет будет распространяться в направлении, близком к $\Theta = 0^\circ$. Однако если радиус сферы очень велик по сравнению с длиной волны, то, как следует из геометрической оптики, большая часть падающего света отражается.

Хотя решение, предложенное Ми, получено для дифракции на одной сфере, оно применимо также к дифракции на любом числе сфер при условии, что все они имеют одинаковый диаметр и одинаковый состав, распределены хаотически и находятся друг от друга на расстояниях, больших по сравнению с длиной волны.

Надо отметить, что частицы дыма по форме достаточно далеки от сферы, и одни, образовавшиеся в результате горения с высокой температурой, имеют несколько иную форму и удельную электропроводность, чем другие, образовавшиеся в результате тлеющего очага с низкой температурой и которые вообще больше похожи на вытянутые диполи, имеющие низкую удельную электропроводность, что, естественно, влияет на точность конечных результатов.

Необходимо отметить, что природу рассеяния частицами дыма на основании теории МИ действительно приходится исследовать в достаточно приближенной форме без учета коэффициентов поглощения и отражения, которые на практи-

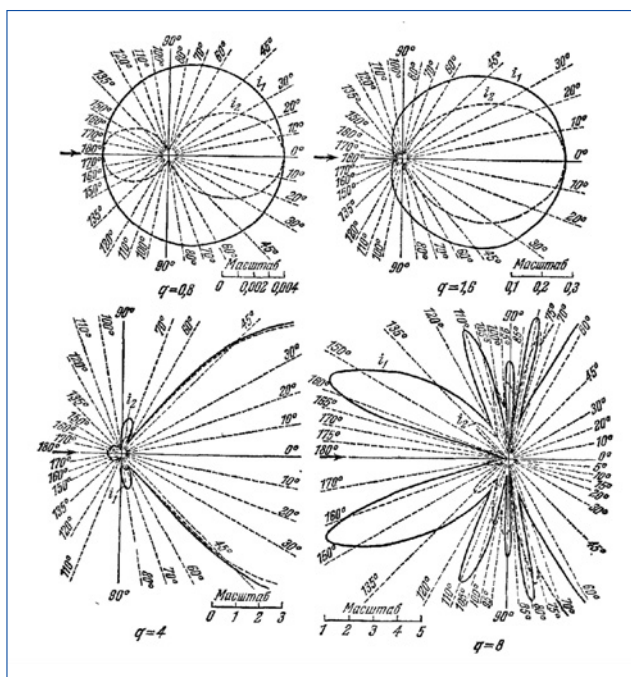


Рис. 1. Распределение интенсивности рассеяния в зависимости от параметра q

ке могут вносить серьезную коррекцию в конечные результаты [4].

На рисунке 1 представлено распределение интенсивностей для различных значений q для диэлектрических сфер с показателем преломления порядка 1,25. Именно на эти диаграммы в большинстве своем ссылаются при описании процессов при оценке концентрации тех или иных частиц малых размеров.

Из рисунка становится видно, чем больше отношение диаметра частицы к длине волны светового излучателя, т.е. с возрастанием параметра q , тем больше энергии рассеивается вперед по ходу движения электромагнитной волны. Процесс смещения интенсивности вперед по ходу движения электромагнитной волны становится ярко выраженным уже для значений q более 0,8.

Характерной особенностью при увеличении радиуса частицы является появление боковых излучений вторичных волн, примерно так же, как у направленных антенн. Появление такого ряда максимумов и минимумов при больших значениях q хорошо объясняется теорией Гюйгенса-Кирхгофа. Их местонахождение на полярных диаграммах в обеих плоскостях и амплитуда зависит от конкретных значений размеров и формы каждой отдельно взятой частицы. При наличии в объеме этих частиц более одной эти максимумы и минимумы излучения усредняются в пределах 20-35° телесного угла. Т.е. в реальных условиях анализа концентрации частиц этих выбросов в значениях интенсивности рассеяния можно и не обнаружить, в том числе и за счет некоторого отличия между собой размеров частиц.

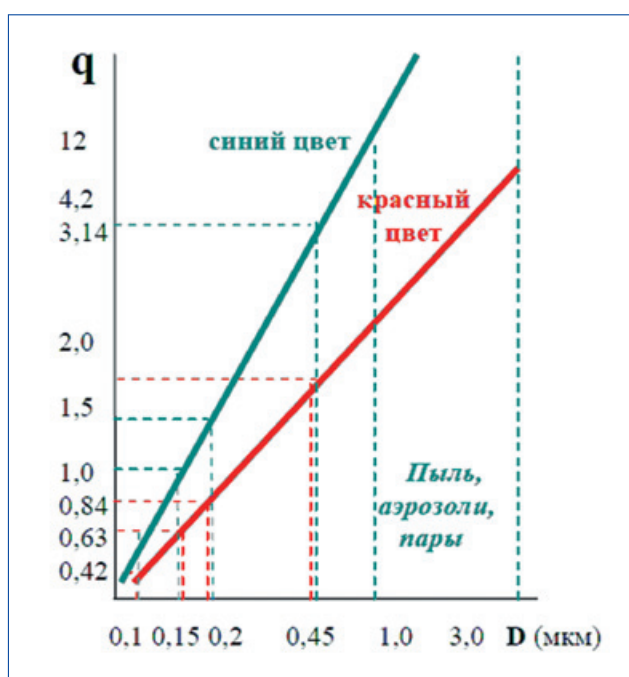


Рис. 3. Зависимость параметра q от размеров частиц для красного и синего цвета

Характерными точками наблюдения при изучении данного процесса являются (рис. 2): зона прямого рассеяния ($\Theta = 0^\circ$), зона бокового рассеяния ($\Theta = 90^\circ$) и зона обратного рассеяния ($\Theta = 180^\circ$), зона прямого луча во внимание не принимается.

ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ ИНТЕНСИВНОСТИ РАССЕЯНИЯ ОТ ВЫБРАННОЙ ТОЧКИ НАБЛЮДЕНИЯ И ЦВЕТА СВЕТОИЗЛУЧАТЕЛЯ

Посмотрим, как будет меняться параметр q , а в соответствии с ним и направленность рассеяния отраженной энергии для различных размеров частиц.

Выполним эту операцию (рис. 3) для двух крайних цветов видимого диапазона

Рис. 2. Характерные точки наблюдения и распределение интенсивности рассеяния в зависимости от параметра q

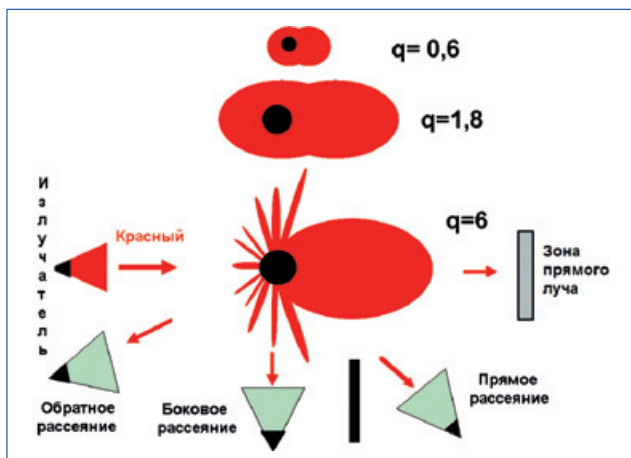
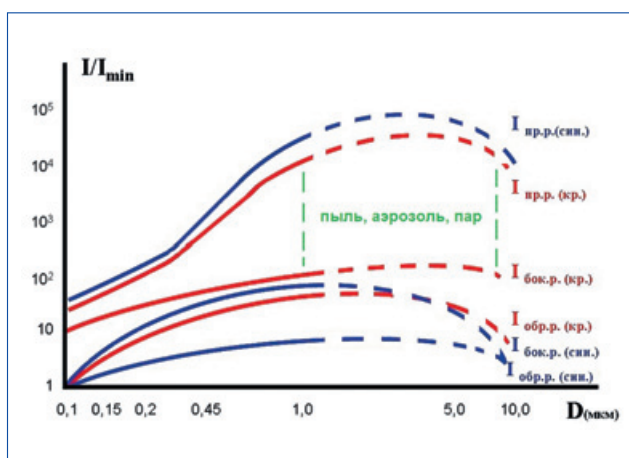


Рис. 4. Зависимость уровня интенсивности рассеяния от выбранной точки наблюдения и цвета светового излучателя



волн – красного ($q_{\text{красн.}}$) и синего ($q_{\text{синий}}$). Длина волны красного цвета составляет 0,75 мкм, а синего 0,45 мкм.

Таким образом, в случае использования красного излучателя, уже начиная с частиц с размерами более 0,2 мкм ($q = 0,8$), имеем повышенную интенсивность рассеяния I по направлению хода движения электромагнитной волны, в то время как для частиц с размерами менее 0,2 мкм это смещение еще мало выражено (рис. 1).

В случае использования синего излучателя имеем еще более выраженное смещение рассеяния вперед и уже для всех размеров в установленном диапазоне, но и неравномерность интенсивности рассеяния ΔI становится более однородной для всех этих размеров частиц.

На основании данных, приведенных в таблице 13.4 [3] для диэлектрических сфер с показателем преломления равным 1,25, путем умножения этих значений на величину $1/q^2$ можно вычислить значения интенсивности рассеяния I от одной такой сферы для различных точек наблюдения и для различных значений размеров частиц (рис. 4), в том числе пыли, пара и аэрозолей с размерами частиц 1,0–10,0 мкм. Одновременно с этим можно оценить и неравномерность распределения интенсивности рассеяния $I_{\text{max}}/I_{\text{min}}$.

Из рисунка 4 видно, насколько значения интенсивности рассеяния I по направлению прямого рассеяния с $\Theta = 0^\circ$ для частиц пыли, аэрозоли и пара превышает аналогичные значения для частиц всех типов дыма.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЫБОРА ТОЧКИ НАБЛЮДЕНИЯ И ИНТЕНСИВНОСТИ РАССЕЯНИЯ ОТ ЧАСТИЦ ПЫЛИ, ПАРА И АЭРОЗОЛЕЙ

Данная взаимосвязь как раз и является причиной повышенной чувствитель-

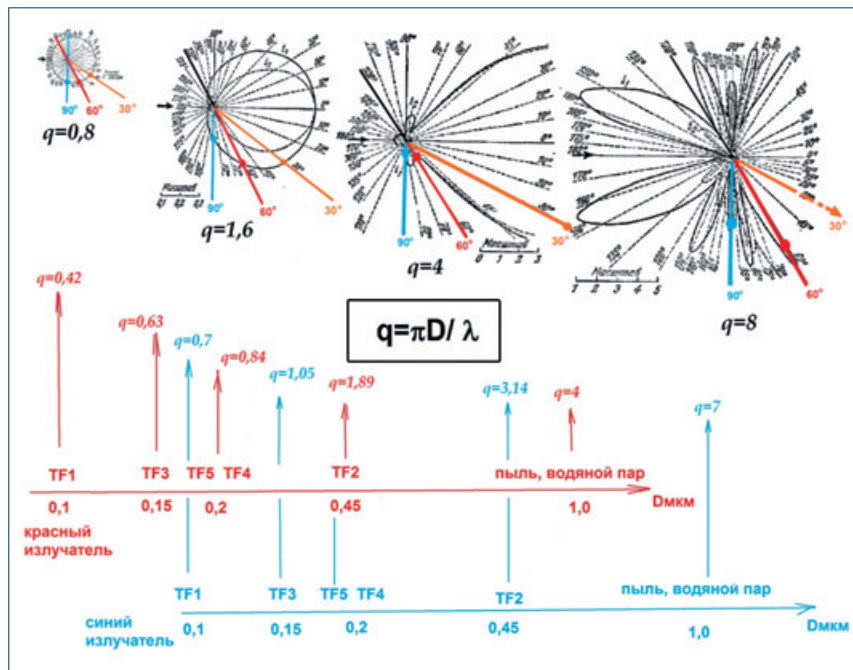


Рис. 5. Зависимость интенсивности рассеяния от выбранных точек наблюдения $\Theta = 30^\circ$, $\Theta = 60^\circ$, $\Theta = 90^\circ$ для частиц разных размеров и излучателей с разной длиной волны

ности пожарных извещателей к частицам пыли с размерами от 1,0 до 8–10 мкм, с максимумом для частиц с размером порядка 5,0 мкм и причиной необходимости учета размеров обнаруженных частиц при принятии решения о наличии предельной концентрации частиц продуктов горения (рис. 5).

Т.е. при измерении концентрации продуктов горения нужно учитывать размеры самих обнаруженных частиц, чтобы исключить влияние частиц, не имеющих отношения к горению.

Теперь имеет смысл сравнить неравномерность интенсивности рассеяния для различных точек наблюдения, но уже с учетом предельной концентрации частиц дыма на фоне одиночных частиц пыли, пара или аэрозолей. Значение предельной концентрации, харак-

терной для каждого тестового пожара, получаем путем умножения значения интенсивности рассеяния от одной частицы на предельную концентрацию этих частиц в соответствии с приложением Л ГОСТ Р 50898-96 «Извещатели пожарные. Огневые испытания», что и позволяет делать теория МИ (рис. 6). Это нужно сделать, чтобы понять, какой суммарный уровень интенсивности рассеяния будет предельным для частиц различных значений и как он будет соотноситься с интенсивностью рассеяния от пыли, пара и аэрозолей.

Конечно, здесь надо не забывать, что имеющаяся погрешность, но с некоторым приближением, эти результаты показывают достаточно верно.

Из рисунка 6 видно, что применение синего излучателя значительно (более

Рис. 6. Зависимость уровня интенсивности рассеяния от выбранной точки наблюдения и цвета светоизлучателя с учетом предельной концентрации при огневых испытаниях

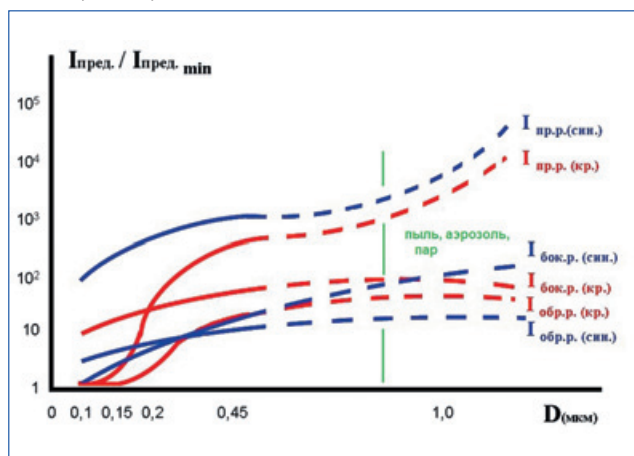
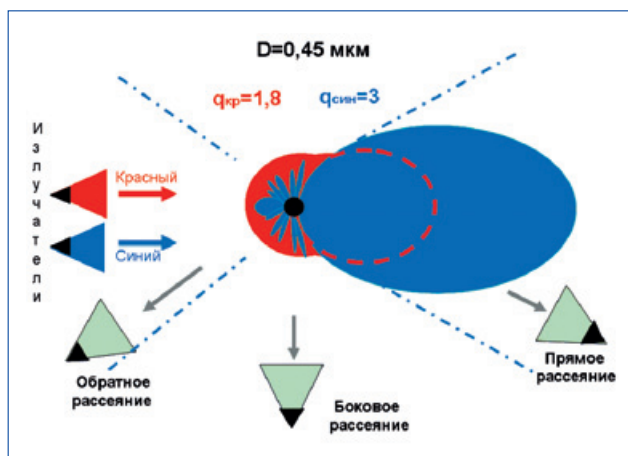


Рис. 7. Селекция частиц по размерам в зависимости от интенсивности рассеяния света с разной длиной волны



чем на порядок) повышает уровень интенсивности рассеяния от малых частиц с размерами 0,1-0,15 мкм, особенно в зоне прямого рассеяния с $\Theta = 0^\circ$. При этом именно за счет повышения уровня интенсивности рассеяния от частиц с малыми размерами значительно снижается (более чем на порядок в зоне прямого рассеяния) неравномерность интенсивности рассеяния для различных тестовых пожаров.

Минимальная неравномерность характерна для красного и синего излучателей в зоне обратного рассеяния с $\Theta = 180^\circ$, но при этом одновременно и абсолютные значения интенсивности тоже имеют минимальные значения. В промышленных измерителях концентрации именно эта точка наблюдения используется при оценке концентрации очень малых частиц с размерами менее 0,1 мкм.

Отсюда следует, что с минимальными потерями в абсолютных величинах интенсивности наименьшая неравномерность интенсивности при использовании красного излучателя характерна в точке бокового рассеяния с $\Theta = 90^\circ$, а при использовании синего излучателя в зоне прямого рассеяния с $\Theta = 0^\circ$.

Но здесь необходимо учесть, что и

максимальная интенсивность рассеяния от частиц с размерами более 1 мкм также находится в зоне прямого рассеяния с $\Theta = 0^\circ$ и имеет значительно больший уровень, чем от продуктов горения, и, как следствие, нецелесообразность для оценки интенсивности рассеяния от частиц дыма в данной точке. Т.е. и для синего светоизлучателя наилучшая точка наблюдения находится также в зоне бокового рассеяния.

ВЫВОДЫ

Таким образом, для получения максимальной равномерности интенсивности рассеяния, как для красного, так и для синего каналов излучения, для частиц дыма с размерами 0,1-0,45 мкм в оптико-электронных дымовых пожарных извещателях наиболее оптимальными являются точки наблюдения в зоне бокового рассеяния с $\Theta = 90^\circ$.

Следует также обратить внимание на то, что при оценке концентрации обнаруженных частиц в оптико-электронных извещателях необходимо иметь механизм селекции частиц дыма от попавших в зону измерений оптической системы извещателя частиц пыли, пара и аэрозолей с размерами в диа-

пазоне 1,0-10 мкм. Это позволит значительно снизить вероятность ложных срабатываний установок пожарной сигнализации. Особенно остро этот вопрос может встать при необходимости прохождения ТП1, если со временем этот тест также войдет в перечень сертификационных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Ми
К вопросу оптики мутных сред, особенно коллоидных растворов металлов. 1908 г.
2. Шифрин К. С.
Рассеяние света в мутной среде. М.- Л., 1951 – 51 с.
3. М. Борн, Э. Вольф.
Основы оптики. М.: Наука, 1973 – 598 с.
4. Хвостиков И. А.
Теория рассеяния света и ее применение. К вопросам прозрачности атмосферы и туманов. М.: Успехи физических наук, т. XXIV, вып. 2, 1940 – 212 с.

Fire System Designer

Быстро, качественно, бесплатно!



Программа FSD для расчета систем пожарной сигнализации
Экономит время проектировщиков, менеджеров по продажам и технических специалистов



BOSCH

Разработано для жизни

- Удобный интерфейс на русском языке
- Поддержка пожарных панелей FPA-1200/5000
- Краткое описание компонентов системы
- Автоматический расчет токов, длины шлейфа, емкости АКБ, тепловой утечки

- Проверка правильности подбора компонентов
- Спецификации по каждой панели и по сети панелей в целом
- Экспорт спецификаций в MS Excel и PDF
- FSD доступна бесплатно на сайте Bosch

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ К РАЗЛИЧНЫМ ТИПАМ ДЫМА, ПЫЛИ, ПАРУ И АЭРОЗОЛЯМ

ЧАСТЬ 2

А. Зайцев

независимый эксперт

В первой части данного материала, размещенном в предыдущем номере журнала, были рассмотрены основные теоретические моменты процесса обнаружения признаков пожара в оптико-электронных дымовых извещателях. Одновременно с этим рассматривался вопрос о возможности и необходимости селекции частиц дыма от попадающих в измерительную зону оптической системы точечных дымовых пожарных извещателей частиц пыли, пара и аэрозолей.

Данная часть материала посвящена рассмотрению существующего состояния с обнаружением частиц дыма с помощью точечных дымовых пожарных извещателей. Но начать эту часть все-таки было бы интересно с накопленного опыта в сходной области: это промышленное измерение концентраций и размеров частиц коллоидных растворов. Сюда относятся и измерители запыленности атмосферного воздуха, и измерители выбросов в металлургической промышленности, и измерители, применяемые в химической промышленности и т.п.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ КОНЦЕНТРАЦИИ

Одним из наиболее применимых для измерения концентрации и размеров частиц в промышленных средствах измерения является фотометрический метод. Этот метод подразделяется на абсорбционный, основанный на ослаблении интенсивности светового потока (он применяется в линейных дымовых пожарных извещателях), и нефелометрический, основанный на регистрации рассеянного отраженного светового потока (применяется в точечных дымовых пожарных извещателях).

Главным недостатком фотометрического абсорбционного метода для промышленных измерений является его низкая чувствительность при измерении малых концентраций аэрозольных частиц (менее 30 мг/м³), а также невозможность контроля высоких концентраций (более 10-12 г/м³) вследствие практически полного поглощения светового излучения.

В случае измерения малых концентраций аэрозольных частиц гораздо более эффективным считается нефелометрический метод, основанный на регистрации прямого, бокового и обратного рассеяния света [1]. Кстати, именно он и применяется в точечных дымовых пожарных извещателях, что для нас и является интересным.

Для контроля промышленных процессов на сегодняшний день наиболее широко используется метод бокового рассеяния, когда излучатель и приемник расположены примерно под углом, равным 90°.

На методе бокового рассеяния света

работают практически все известные приборы контроля счетной концентрации аэрозольных частиц.

Серьезным недостатком нефелометрического метода прямого рассеяния при контроле весовой концентрации промышленных пылевых аэрозолей с широким дисперсным составом является резкая потеря чувствительности при измерении концентрации частиц диаметром более 8-10 мкм, что существенно снижает и даже исключает возможность их применения во многих отраслях. Это связано с тем, что при таком соотношении длины волны света излучателя и размеров измеряемых частиц уже действуют законы распространения электромагнитных волн, основанные на теории зон Френеля, а не теории Ми. Поэтому приборы, использующие нефелометрический метод, применяются в основном там, где выбрасываются мелкодисперсные аэрозольные частицы.

Интересные решения для измерения концентрации частиц применила в своих приборах немецкая фирма FRITSCH [2]. Она предлагает для проведения измерений концентраций частиц с размерами 0,08-2000 мкм прибор ANALY SETTE 22 MicroTec plus. В этом приборе один полупроводниковый лазер с излучением зеленого цвета отвечает за измерение маленьких частиц, в то время как инфракрасный полупроводниковый лазер закрывает диапазон более крупных частиц.

Эта же фирма позиционирует свою технологию FRITSCH-ZOOM, реализованную в приборе ANALY SETTE 22 NanoTec класса High-End, с диапазоном измерения частиц размером 0,01-2000 мкм. Для повышения точности и чувствительности

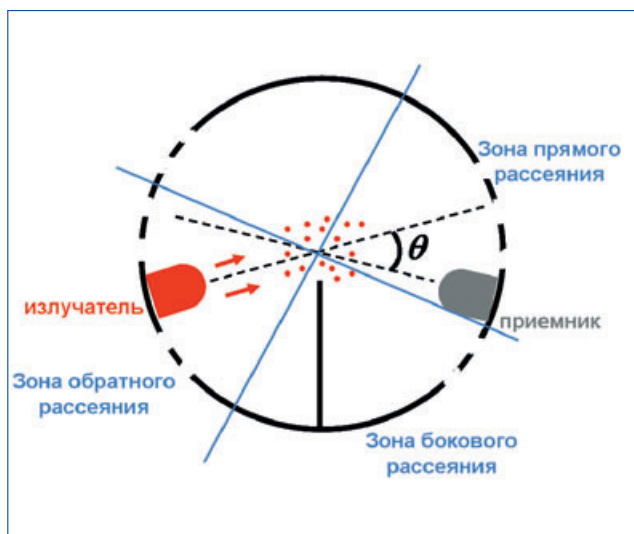


Рис. 1. Смещение приемника оптической системы в горизонтальной плоскости

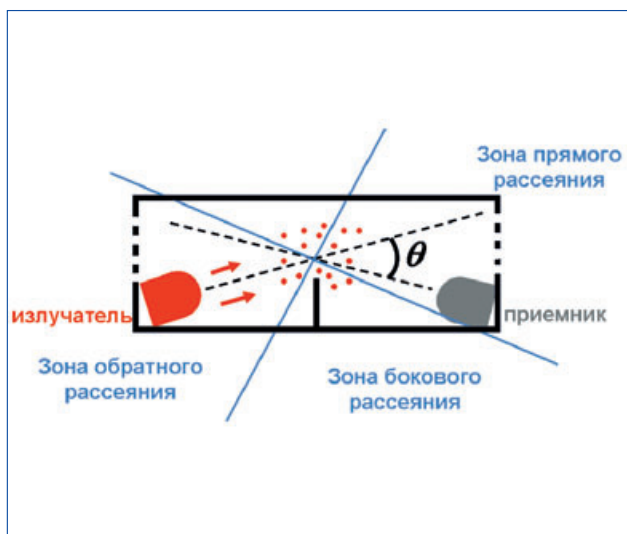


Рис. 2. Смещение приемника оптической системы в вертикальной плоскости

прибора для частиц с размером 0,01-0,1 мкм дополнительно используется обратное рассеяние, для чего фирма FRITSCH одной из первых в данной области ввела использование второго лазерного пучка красного цвета. Этот луч через микроотверстие в центре детектора облучает помещенную непосредственно перед ним пробу и измеряет уровень обратного рассеяния.

Таким образом, можно констатировать, что для промышленного измерения малых концентраций частиц с малыми размерами применяются способы селекции и измерения, основанные как на использовании разных длин волн светоизлучателей, так и на выборе различных точек наблюдения. Т.е. все необходимые предпосылки для внедрения этих способов анализа в точечных дымовых пожарных извещателях имеются, а сами способы достаточно подробно изучены и апробированы.

ОСОБЕННОСТИ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ ДЫМА В ТОЧЕЧНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЯХ

В пожарных извещателях для их защиты от частиц, не являющихся продуктами горения, нужно помимо оценки концентрации частиц дыма провести селекцию частиц дыма от частиц пыли, аэрозолей и различных паров.

Частицы пыли, паров и аэрозолей имеют геометрические размеры от 1 до 10 мкм и как было показано ранее, даже при малой концентрации создают достаточно большую интенсивность рассеяния, что приводит к повышенной вероятности ложных срабатываний. Именно по этой причине подавляющее большинство существующих оптико-электронных извещателей невозможно использовать в квартирах на

кухнях, когда при жарке на сковороде образуется сильный восходящий поток паров воды и масла, имеющий размеры, превосходящие частицы дыма. Они даже при минимальной концентрации вызывают немедленное срабатывание установленных в этих помещениях извещателей.

Такая же ситуация со строительной и прочей пылью. Не имея возможности за счет тепловых потоков, возникающих только при горении, достигнуть зоны измерения в оптической системе извещателя, они могут туда случайно попадать за счет небольших завихрений воздушных потоков. При этом, так же как и в случае с парами, достаточно их минимального количества, чтобы уровень интенсивности рассеяния превысил порог срабатывания.

Практически все точечные оптико-электронные извещатели имеют оптическую систему со смещением приемника оптического сигнала или в горизонтальной плоскости (рис. 1) или в вертикальной (рис. 2). Возможно смещение приемника и одновременно в обеих плоскостях. На принцип работы и обнаружительную способность оптопары это никоим образом не влияет. В большей степени это имеет значение для аэродинамического сопротивления воздушному потоку, заходящему в оптическую систему, что в определенной степени также влияет на чувствительность извещателя. В частности, при горизонтальном смещении элементов оптопары в местах размещения светоизлучателя и фотоприемника появляются зоны с повышенным аэродинамическим сопротивлением.

Для защиты от прямого попадания излучения от светоизлучателя на фотоприемник используются всякого рода шторки. Вот они-то и влияют на это аэродинамическое сопротивление оптической системы.

Для повышения чувствительности при испытаниях в установке «Дымовой канал», где очень часто вместо тлеющего хлоп-

кового шнура используется аэрозоль с размером частиц 0,5-1,0 мкм, часть отечественных производителей смещают приемник оптического сигнала в зону прямого рассеяния вплотную к зоне прямого луча. По сравнению с оценкой уровня интенсивности рассеяния в зоне бокового рассеяния это дает повышение чувствительности по данному тесту в 10-15 раз. Но одновременно с этим в несколько десятков раз повышается чувствительность к пыли, аэрозолям и парам и падает чувствительность к дымам с малыми размерами частиц. Т.е. извещатель настраивается на выполнение одной конкретной задачи – измерение чувствительности в установке «Дымовой канал». Именно этим можно объяснить явление, когда извещатель показывает неплохие результаты в установке «Дымовой канал» и отрицательные результаты при огневых испытаниях (тестовых пожарах). Здесь, правда, необходимо еще учесть влияние при огневых испытаниях аэродинамических характеристик извещателя, которые тоже могут быть не на должном уровне.

Одной из первых попыток выйти по равномерности чувствительности к различным типам дыма на уровень ионизационного извещателя была разработка японской фирмы Hochiki Corporation.

По материалам прессы, где-то ориентировочно в 2000 году они поставили задачу «создать оптический дымовой извещатель, хорошо обнаруживающий черный дым и с достаточным уровнем обнаружения серого дыма, не приводящим к ложным срабатываниям. С этой целью фирма Hochiki провела ряд исследований параметров частиц при горении различных материалов. В процессе работы обнаружилось, что, изменяя угол рассеяния луча в инфракрасном диапазоне между излучателем и фотоприемником, можно минимизировать различия между переотражением светового потока от серых и



Рис. 3. Оптическая камера японской фирмы Hochiki

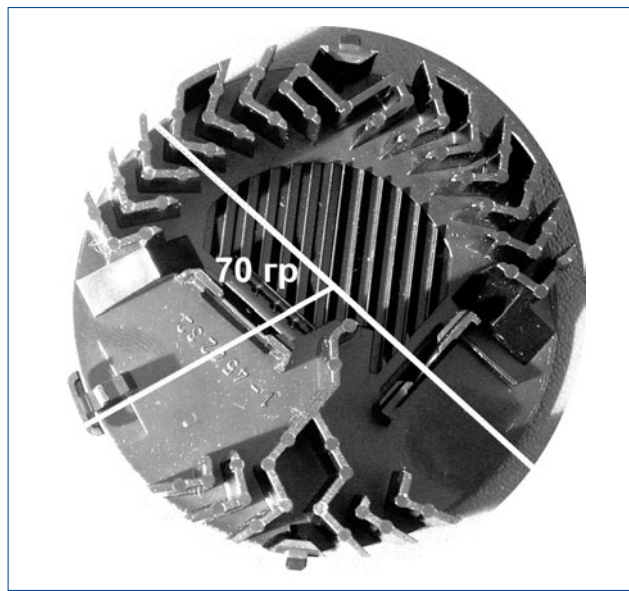


Рис. 4. Оптическая камера FD0181 Siemens

от черных дымовых частиц. На основании этих исследований была разработана оптическая дымовая камера с «плоской» характеристикой (технология «Flat Response»), которая по способности обнаружения черного дыма близка к ионизационному дымовому извещателю, а уровень обнаружения серого дыма не завышен» [3].

Для реализации этой задачи понадобилось выполнить целый ряд работ по снижению уровня собственных шумов, вызванных отражением света излучателя от стенок оптической системы. Для этого они изменили технологию отливки элементов оптической системы. Также были проведены работы по повышению электромагнитной защищенности. Все это было связано с необходимостью смещения фотоприемника из зоны прямого рассеяния в непосредственную близость к зоне бокового рассеяния, где уровень интенсивности рассеяния намного ниже, чем в зоне прямого рассеяния. В этих извещателях точка наблюдения определена как $\Theta=70^\circ$, что на тот момент было революционным поступком (рис. 3).

Таким образом, примерно в 2002-2003 годах была реализована заявленная технология «Flat Response», что позволило использовать точку наблюдения с более равномерной интенсивностью рассеяния для всех тестовых пожаров. В какой-то мере это одновременно привело к некоторому снижению чувствительности к пыли, аэрозолям и парам.

Примерно по этому же пути пошли разработчики System Sensor, которые установили во всех своих извещателях точку наблюдения $\Theta=45^\circ$, а также Тусо, применившие, в частности, в извещателях серии 801 MX точку наблюдения $\Theta=55^\circ$. Фирма Siemens в системе Cerberus для извещателей серии FDO 181 (рис. 4) уста-

новила такой же угол наблюдения, как и Hochiki с $\Theta=70^\circ$.

Дальше всех пошли специалисты из Apollo. Они разместили светоизлучатель в вертикальном туннеле, расположенном ровно посередине оптической системы на ее верхней крышке, а фотоприемник горизонтально на нижней крышке. Таким образом, была выбрана точка наблюдения с $\Theta=90^\circ$.

С учетом падения усредненного уровня сигнала в приемном тракте в данных извещателях были применены дополнительные меры по экранированию входных цепей для повышения защищенности от электромагнитных помех, которые по европейским нормам на порядок жестче российских. Также смещение приемника оптического сигнала в зону бокового рассеяния требует снижения уровня отраженного сигнала от стенок оптической системы, т.е. снижения уровня собственных шумов.

Это достигается как применением светоизлучателей и фотоприемников с узкой диаграммой направленности (порядка $\pm 50^\circ$), так и их помещением в специальные светопоглощающие туннели, а также изготовлением стенок и крышек оптической камеры с мелкими светопоглощающими линзами. И тогда становится понятным, почему импортный реально работающий точечный дымовой пожарный извещатель не может стоить меньше \$30 USA.

ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТОЧЕЧНЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ, ИЛИ КУДА И ЗАЧЕМ МЫ ИДЕМ

В отечественных оптико-электронных извещателях, с учетом отсутствия до сих пор в программе сертификации тестовых пожаров, некоторые производители идут

совсем по другому пути. Размещая приемник оптического сигнала в зоне прямого рассеяния или где-то рядом с этим, таким образом повышают его чувствительность к тестовой аэрозоли в установке «Дымовой канал», добиваясь этим снижения себестоимости продукции в первую очередь за счет снижения затрат на экранирование входных цепей. В этом случае еще появляется возможность снижения электропотребления за счет снижения светотдачи излучателя, можно не заботиться об уровне отраженного излучения от стенок оптической камеры. И при этом даже не рассматривается сама вероятность реагирования извещателя на пыль, аэрозоль и пары. В итоге такая продукция обеспечивает максимальную вероятность ложных срабатываний при минимальной чувствительности к пожарам, но никто из потребителей об этом даже и не догадывается.

Давайте попробуем представить обычный равнобедренный треугольник. Найдем в этом треугольнике центр тяжести. На всякий случай напомним, что центр тяжести треугольника – это точка пересечения всех трех медиан, которые в свою очередь являются отрезками прямых между вершинами и серединами противоположных сторон данного треугольника. И вот примем эту точку за исходную для конкретного схемотехнического решения точечного пожарного дымового извещателя. Каждая из трех этих медиан будет характеризовать один из основных параметров извещателя:

- обобщенную чувствительность тракта обработки, т.е. чувствительность ко всем частицам, которые появятся в оптической камере;
- защищенность от электромагнитных помех;
- защищенность от частиц, не являю-



Рис. 5. Оптическая камера ИП 212-78/79/82 «Аврора»

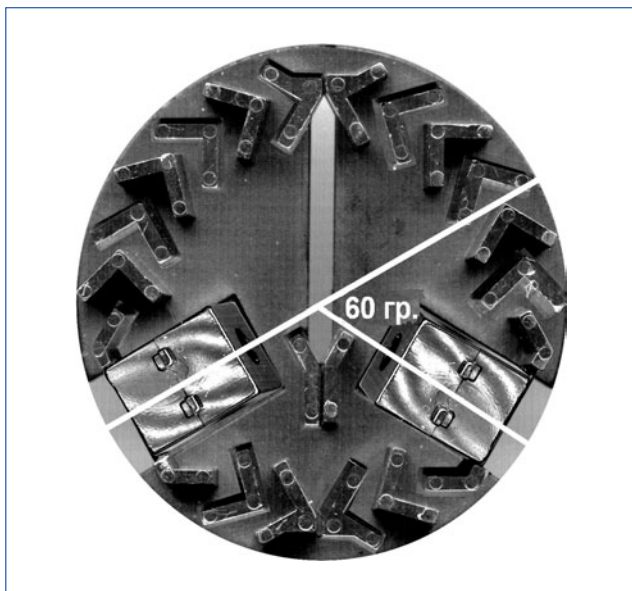
щихся продуктами горения, т.е. пыли, пара и всевозможных аэрозолей.

Именно эти три параметра из имеющихся четырех, будучи взаимосвязанными между собой, и определяют качество точечного дымового пожарного извещателя. Четвертым параметром является аэродинамическое сопротивление корпуса и оптической системы, но о нем чуть позже.

И вот теперь, не меняя площадь данного треугольника, попробуем сместить точку пересечения этих отрезков прямых в ту или в другую сторону.

Что мы получим, увеличивая защищенность от частиц, не являющихся продуктами горения, путем перемещения фотоприемника максимально в зону бокового рассеяния или даже обратного рассеяния? Мы, смещая установленную первоначально точку в треугольнике, или уменьшим защищенность от электромагнитных помех, или уменьшим обобщенную чувствительность тракта обработки, или выполним оба эти действия сразу. Но при минимальной обобщенной чувствительности извещатель не пройдет даже испытания в установке «Дымовой канал», значит, остается только один вариант «выйти из затруднительной ситуации» – за

Рис. 6. Оптическая камера ИП 212-44



ООО «ИНЕРОС»

официальный поставщик
модулей газового пожаротушения
и газового огнетушащего состава (ГОС) «ИНЕРГЕН»
производства FIRE EATER A/S (Дания)
по всей территории Российской Федерации



Предназначен для ликвидации пожаров классов А, В и С, возгораний дерева, тканей, бумаги, резины, пластмасс, горючих жидкостей, масел, смазочных веществ, смол, лаков, горючих газов и электрооборудования.



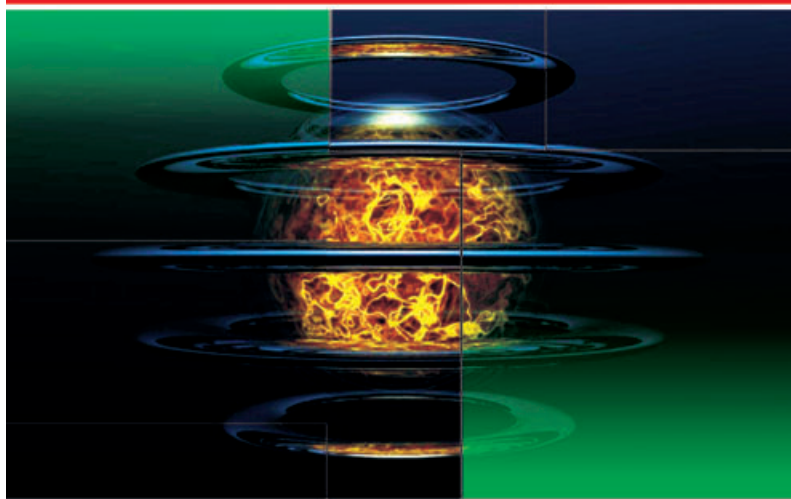
Безопасен для здоровья людей, одобрен экологическими организациями.



Не оказывает вредного воздействия на оборудование, ценности, магнитные носители информации и документы, поскольку это токонепроводящий, неконденсируемый, сухой газ, без цвета и запаха.



Все оборудование имеет сертификаты Пожарной безопасности и одобрено Российским морским регистром судоходства к применению.



ИНЕРОС

г. Калининград, Тихорецкий тупик, 1/3
Тел. (4012) 631-626, факс (4012) 472-256
E-mail: info@ineros.ru; www.ineros.ru

Представительство в Москве:
Московская обл., Ленинский р-н
пос. Развилки, МГПЗ
моб.: +79857811154
моб.: +79062162997

Представительство в Санкт Петербурге:
Санкт Петербург
ул. Возрождения 31, лит.А, оф 324
тел./факс: (812) 332-28-15
моб.: +79817287392

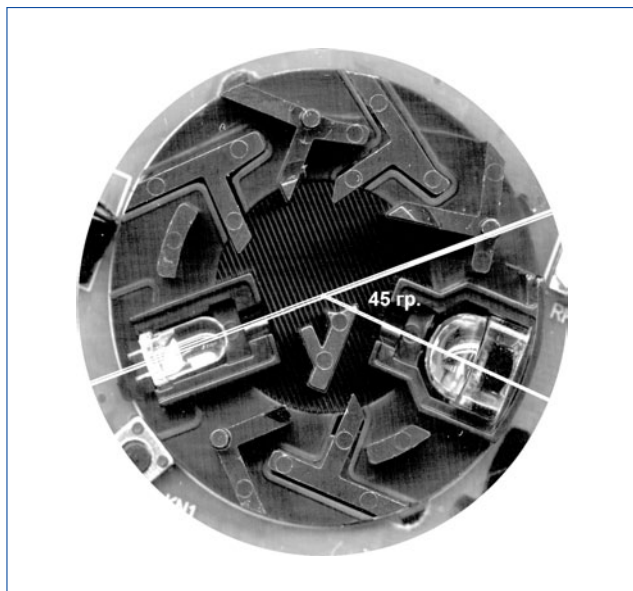
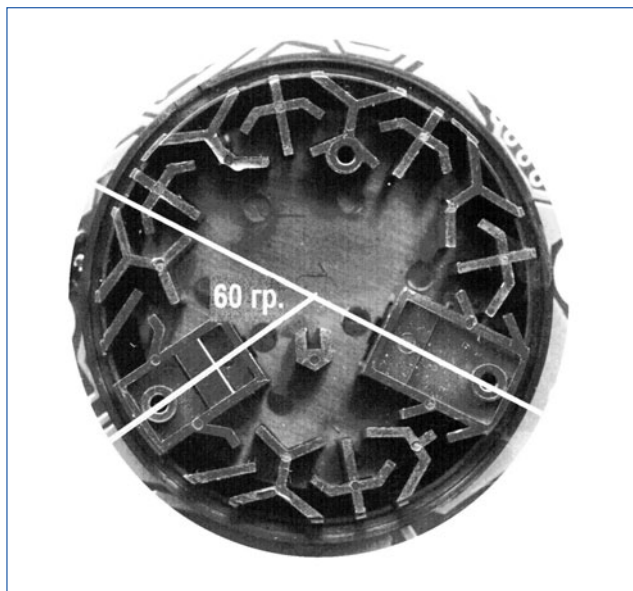


Рис. 7. Оптическая система ИП 212-45



Рис. 8. Оптическая камера ИП 212-18 «ИД-2»

Рис. 9. Оптическая система ИП 212-34А



счет защищенности от электромагнитных помех. А у нас и так требуется как минимум 2 степени жесткости к ЭМС. В этом случае вступают в силу «договорные отношения».

Второй путь – это уменьшение защищенности от частиц, не являющихся продуктами горения, путем перемещения фотоприемника максимально в зону прямого рассеяния при той же обобщенной чувствительности тракта обработки. Таким образом, мы можем сразу повысить защищенность от электромагнитных помех, но использовать такой извещатель можно будет только в операционной палате больницы.

Напомню, что частицы, не являющиеся продуктами горения, имеют средние размеры от 0,5 до 10 мкм и от них не существует механических фильтров типа сеточки или решетки, от них так просто не защититься, и бороться с ними достаточно сложно, но можно.

В результате всего вышесказанного, получается, что вероятность ложных срабатываний при нормируемой обобщенной чувствительности тракта обработки для этого треугольника будет оставаться неизменной. Независимо от того, будет ли это повышенная чувствительность к частицам, не являющимися продуктами горения (а без них никак не бывает), или это будет повышенная чувствительность к электромагнитным помехам, которых нет только в лесу. Как говорят, «хрен редьки не слаще».

Тут нельзя еще забывать, что имеющееся аэродинамическое сопротивление как самого корпуса извещателя, так и его оптической системы значительно снижает как чувствительность к продуктам горения, так и чувствительность к частицам, не являющимся продуктами горения, одновременно не внося никаких улучшений в электромагнитную защищенность.

И вот вывод из этого. Не меняя площадь этого треугольника введением дополнительных защитных механизмов, положительного результата не достигнуть. А вот эти-то механизмы и стоят денег. Вот, оказывается, где клад зарыт, кто бы мог подумать.

Где-то в 2001-2002 годах в ИВС «Сигналспецавтоматика» был налажен серийный выпуск извещателя ИП 212-44/43, в котором одним из первых в нашей стране была использована точка наблюдения с $\Theta=60^\circ$, которая позволила создать очень неплохой по тому времени извещатель (рис. 6).

Более того, в 2004 году с участием сторонних экспертов был проведен сравнительный анализ его параметров с параметрами извещателя, выполненного по технологии «Flat Response», разработанной Hochiki Corporation. Результаты, за исключением некоторых не самых критичных параметров, получились достаточно схожими. И я уверен, что именно этот извещатель за эти годы многие специалисты оценили в своей практической деятельности.

Вот как примерно выглядит список лидеров по выбору оптимальной точки наблюдения среди отечественных извещателей:

- ИП 212-46 – $\Theta=55^\circ$, «Контакт»;
- ИП 212-26 ДИП-У – $\Theta=60^\circ$, «Контакт»;
- ИП 212-44 – $\Theta=60^\circ$, ИВС Сигналспецавтоматика»;
- ИП 212-34 – $\Theta=60^\circ$, «Болид»;
- ИПК8 (ИП 212-77) – $\Theta=60^\circ$, «СКБ Электронмаш», Украина;
- ДИП – И (ИП 212-67) – $\Theta=60^\circ$, «ЛВС Электроникс»;
- ДИП 66 (ИП 212-66) – $\Theta=60^\circ$, «К-Инженеринг»;
- ИП 212-89 – $\Theta=65^\circ$, «Элемент»;
- ДИП – ИС (ИП 212-70) – $\Theta=70^\circ$, «ТЕХПРОМ» и «ЛВС Электроникс».

Конечно, это не полный список, уверен, что он гораздо шире, но цели представить полный список и не ставилось в данной статье.

Как видно из приведенного перечня, не так все плохо, все-таки часть отечественных производителей, так же, как и за рубежом, постепенно смещает точки наблюдения в зону бокового рассеяния, как это в свое время сделали в Hochiki Corporation.

А вот теперь хотелось бы свести эту информацию к чему-то конкретному, осязаемому, что действительно можно будет потом использовать в практической работе. Как реально оценить качество того или иного извещателя, по каким параметрам его сравнивать с другими.

Что касается чувствительности к статическому дыму, т.е. достаточно равномерно распределенному по объему и медленно нарастающему, то это достаточно просто произвести в установке «Дымовой канал». Получили значения 0,05-0,2 дБ/м и все успокоились.

Если имеется необходимость понять чувствительность извещателя к реальному изменению оптической плотности среды при горении тех или иных продуктов, нужно воспользоваться результатами тестовых пожаров ТП2-ТП5. Тут уже включается способность извещателя показать свои аэродинамические характеристики. На основании этих тестов можно судить о реальной чувствительности того или иного извещателя к продуктам горения.

На испытаниях по электромагнитной совместимости не хотелось бы останавливаться в данной статье, это материал совсем для других статей, но процесс известен, методики тоже, а проблемы как были, так и остаются. Я уверен, что большинство читателей понимают, что объектов со 2-ой степенью жесткости по ЭМС, как это прописано в наших нормативах, не так уж много, а для работы на других реальных объектах наши отечественные извещатели мало подходят.

И вот теперь, наверное, самое любопытное. Как оценить защищенность пожарного извещателя к частицам, не являющимися продуктами горения, о которых я тут так много написал. Представьте себе, что этот параметр не оценивается нигде во всем мире.

Просто наши зарубежные коллеги не идут по пути максимального удешевления своей продукции, а ищут пути реализации и использования именно качественной продукции. Ну так у них сложилось. Поэтому они пока этот параметр не нормируют, веря своим производителям, что те всеми силами с этим борются. Не поймите, что они идут на это добровольно из чисто альтруистских побуждений, у них для этого есть нормы на вероятность ложных срабатываний, которые надо тем или иным путем реализовать, и они это действительно реализовывают.

Но поскольку в нашей стране все наоборот, то, наверное, у нас стоит и этот параметр как-то пронормировать, по-другому, т.е. добровольно, у нас не получается. В той же установке «Дымовой канал» проводим тесты на чувствительность к дыму от тлеющего хлопкового шнура и чувствительность к аэрозоли с размером частиц порядка 1,0-

3,0 мкм. Вот он и коэффициент защищенности от частиц, не являющихся продуктами горения. И все становится на свои места.

В принципе этот параметр можно и не мерить. Для любого специалиста не составит труда вскрыть корпус и открыть оптическую камеру, чтобы посмотреть выбранную точку наблюдения фотоприемника, и если выяснится, что угол между направлением излучения светодиода и осью фотоприемника меньше 30-45°, что и характеризует точку наблюдения, то можете быть уверены, что достаточно одной пылинки, пролетающей через оптическую камеру извещателя, чтобы вызвать реакцию, равносильную пожару. И не надо потом удивляться, а почему вроде нормальный извещатель, показавший очень приличные показатели при испытаниях и в установке «Дымовой канал», и после тестовых пожаров, вдруг ни с того ни с сего формирует ложные срабатывания. Матушку-природу не обмануть.

Но уж если точка наблюдения действительно находится в зоне бокового рассеяния, то неплохо бы посмотреть, а как реализована защита от электромагнитных помех. А никак. Как будто за последние двадцать лет ничего не менялось.

Конечно, необходимо было бы более серьезно подойти к вопросам электромагнитной защищенности и снижению уровня собственных шумов, вызванных отражением от стенок и крышек оптической камеры. Необходимость в этом вызвана значительным снижением интенсивности рассеяния в зоне бокового рассеяния, куда потихоньку идут все производители, по сравнению с зоной прямого рассеяния. Этого в целях экономии в большинстве случаев на должном уровне не делается, как и многого другого. В частности, нашими производителями в большинстве своем используются светодиоды с коротким сроком старения, что уже через один-два года приводит к снижению чувствительности в десятки раз. Дешево и сердито. Для снижения вероятности ложных срабатываний вопреки всем нормативным требованиям устанавливается доступный всякому регулятор чувствительности извещателя, а можно и вообще надеть на сам извещатель пластиковую крышку. И такие случаи сплошь и рядом имеются.

А пока мы не будем иметь сравнительных показателей прохождения тестовых пожаров в рамках огневых испытаний, характеризующих реальную, а не технологическую чувствительность к различным типам дыма, не будем понимать ничего о защищенности к частицам, не являющимися продуктами горения – обсуждение достоинств и недостатков наших ИП равносильно гаданию на кофейной гуще.

ВЫВОДЫ

В последние годы намечилось смещение фотоприемников оптических систем извещателей в зону бокового рассеяния, имеющую большую равномерность интенсивности рассеяния для различных тестовых пожаров по сравнению с зоной прямого рассеяния. Корректность данных мероприятий может быть проверена только в рамках огневых испытаний (ТП 1 – ТП5). Одновременно с этим снижается чувствительность к частицам, схожим по размерам с частицами дыма, но не являющимися продуктами горения.

С другой стороны в процессе данного смещения значительно снижается абсолютный уровень интенсивности рассеяния, т.е. сигнала на выходе фотоприемника, что требует повышения чувствительности тракта обработки. Но, повышая чувствительность тракта обработки, необходимо тщательно подойти к вопросу электромагнитной защищенности от внешних помех, чувствительность к которым значительно возрастает в рамках данных работ. А вот с этим вопросом у отечественных извещателей дела обстоят не самым лучшим образом.

Также следует отметить, что пока ни в одном отечественном извещателе не применялась и не применяется какого-либо типа защита от частиц, схожих по размерам с частицами дыма, но не являющихся продуктами горения. Но об этом в следующей части.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Дудкин Н.И., Адаев И.С.
Статья об измерении массовой концентрации аэрозолей. Источник: http://www.eco-intech.com/library/#view/library/%3FELEMENT_ID%3D406
2. FRITSCH. Измерение размера частиц. Каталог продукции.
3. Т.В. Варламова.
Пожарные извещатели фирмы «Hochiki» (Япония). // Алгоритм безопасности. – 2004. – №3.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ К РАЗЛИЧНЫМ ТИПАМ ДЫМА, ПЫЛИ, ПАРУ И АЭРОЗОЛЯМ

ЧАСТЬ 3

А. Зайцев

независимый эксперт

В первой части данного материала были рассмотрены основные теоретические моменты процесса обнаружения признаков пожара в оптико-электронных дымовых извещателях. Одновременно с этим рассматривался вопрос о возможности и необходимости селекции частиц дыма от попадающих в измерительную зону оптических систем извещателей частиц пыли, пара и аэрозолей.

Вторая часть была посвящена рассмотрению измерения концентрации и размеров частиц в промышленности и анализу существующего состояния обнаружения частиц дыма на примере достаточно известных и популярных дымовых оптико-электронных пожарных извещателей.

Данная часть материала посвящена новым направлениям в обнаружении признаков пожара оптико-электронными дымовыми пожарными извещателями.

ДВУХВОЛНОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

В целях снижения неравномерности чувствительности к дымам, выделяемым при горении различных материалов, а в свою очередь, и для разных тестовых пожаров производители пожарных извещателей идут разными путями.

Работы в области совершенствования промышленных измерителей концентрации частиц и коллоидных растворов не могли не сказаться на развитии оптико-электронных дымовых пожарных извещателей. Уход на другие значения длины волны излучателей, применение, в частности, излучателей зеленого цвета, увеличение коэффициента поглощения окружающих элементов придало развитию

оптико-электронных пожарных извещателей новый толчок.

Следующим этапом в развитии оптико-электронных пожарных извещателей после работ «Hochiki» по смещению точки наблюдения в зону бокового рассеяния явилось использование излучателей синего цвета, сразу, минуя промежуточный зеленый, который уже широко использовался в промышленных измерителях концентрации.

В 1990 г. изобретатель Судзи Накамура из корпорации Nichia Chemical Industries (Япония) разработал достаточно дешевый светодиод с синим цветом излучения. В 1993 г. было освоено его серийное производство.

Внедрение светодиодов с синим цветом излучения в пожарные извещатели

Рис. 1. Расположение светоизлучателя и фотоприемника в извещателе IQ8Quand OT^{blue}

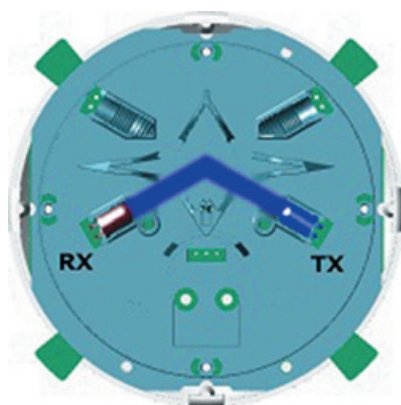


Рис. 2. Внешний вид извещателя IQ8Quand



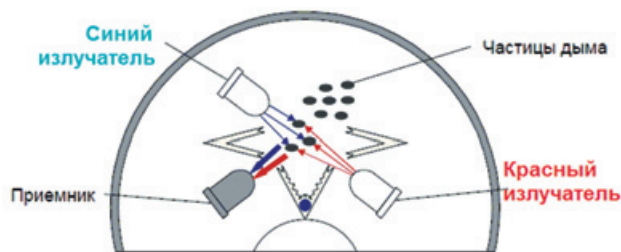


Рис. 3. Расположение светоизлучателей в извещателе IQ8Quand O²T

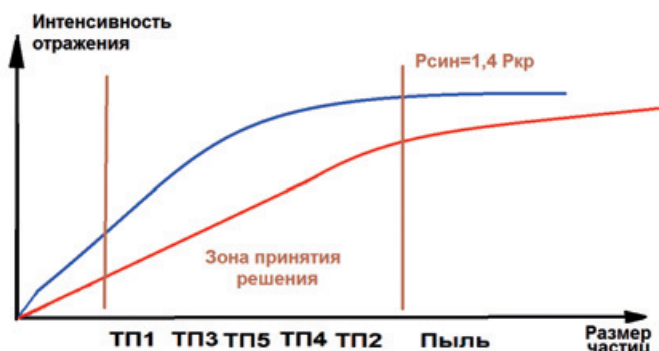


Рис. 4. Зависимость уровня интенсивности рассеяния для излучателей красного и синего цвета

позволило решить некоторые проблемы. Здесь следует отметить, что само по себе применение излучателя синего цвета вместо красного без дополнительных мероприятий проблему реагирования оптико-электронных дымовых пожарных извещателей на пыль, аэрозоли и пар не снимает, что было подтверждено в первых разработках Esser [1].

Изначально эта фирма позиционировала извещатель новой серии IQ8Quand O²blue. Этот комбинированный извещатель имеет помимо оптоэлектронного еще термодифференциальный канал. Оптоэлектронный канал был реализован на светоизлучателе синего цвета. Благодаря этому данный извещатель получил достаточно равномерную характеристику к тестовым пожарам.

Имея точку наблюдения с $\Theta = 60^\circ$ (рис. 1), он позволил в достаточной степени линеаризовать зависимость чувствительности от размеров частиц. Но полностью устранить повышенную чувствительность к пыли и другим паразитным продуктам это до конца не помогло. Тогда появилась возможность увязать в алгоритме обработки значения чувствительности к малым размерам частиц и скорости нарастания температуры путем использования значений термодиффе-

ренциального канала. Здесь использована характерная зависимость уменьшения размеров частиц дыма при увеличении температуры среды, вызываемой интенсивным горением пожарной нагрузки.

Следующим этапом было внедрение в данную технологию второго излучателя с красным цветом (рис. 3). В извещателе по технологии O²T (двойной оптический и тепловой) красный светоизлучатель занял место так, чтобы фотоприемник находился в зоне бокового рассеяния в точке с $\Theta = 60^\circ$, а синий излучатель установлен, чтобы тот же фотоприемник находился в точке наблюдения $\Theta = 120^\circ$. Обе эти точки наблюдения обеспечивают достаточно равномерность для всех типов тестовых пожаров. Более того, этим удалось значительно снизить чувствительность к частицам с большими размерами. Используя значения из термодифференциального канала для корректировки чувствительности, появилась возможность получить извещатель, сравнимый по своим характеристикам с ионизационным.

Но к этому времени двухволновая технология была уже достаточно изучена и внедрена в серийное производство силами Nittan Group. Эта корпорация была создана в 1954 году и имеет свои подраз-

деления и производственные мощности сразу в нескольких странах: Японии, Китае, Швеции, Бахрейне и Великобритании. В частности, европейское подразделение Nittan Europe было создано в 1972 году.

И вот этой корпорацией в 2003 году удалось реализовать, а в 2005 году наладить серийный выпуск дымовых пожарных оптико-электронных извещателей по двухволновой технологии.

В этой серии двухволновых извещателей присутствуют адресно-аналоговый EV-DP (Dual Optical Detector) и неадресный EVC-DP (conventional).

В чем суть двухволновой технологии. Разработчики Nittan Group обнаружили неравномерность изменения интенсивности рассеяния для красного и синего излучателя в области размеров частиц 1,0 мкм [2, 3, 4]. Таким образом, они пришли к выводу, что когда интенсивность в зоне прямого рассеяния синего цвета перестает превосходить интенсивность рассеяния красного цвета в районе частиц с размерами порядка 1,0 мкм (рис. 4, 5), то можно принять решение об обнаружении частиц, не являющихся продуктами горения. Оба светоизлучателя размещаются практически в непосредственной близости друг от друга (рис. 6), и для их различения они ра-

Рис. 5. Зависимость отношения уровней интенсивности рассеяния синего излучателя к красному от размеров частиц

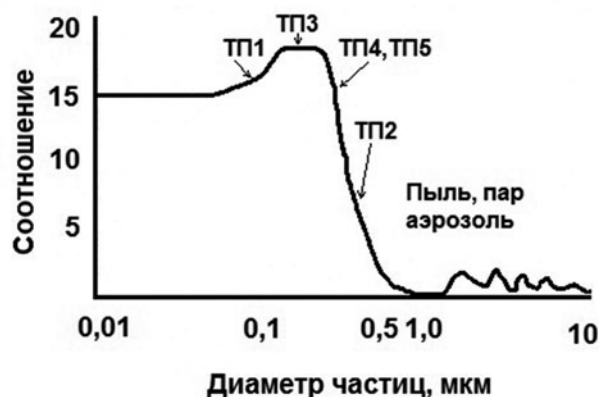
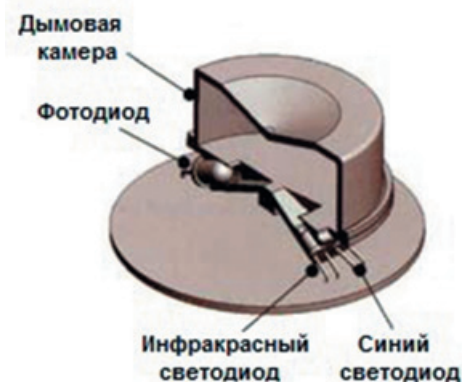


Рис. 6. Оптическая система извещателя EV-DP



ботают попеременно. В извещателях EV-DP и EVC-DP применена схема размещения светоизлучателей и фотоприемника с вертикальным смещением между осями (рис. 6) в зоне практически прямого рассеяния с точкой наблюдения $\Theta = 30^\circ$.

Отправным значением порога принятия решения о присутствии посторонних продуктов для такого размещения свето- и фотодиодов разработчики признали соотношение уровней интенсивности рассеяния для этих двух цветов (синий/красный), равное 1,4. Сам анализ о наличии частиц и их количестве в оптической камере производится по синему каналу, но при достижении значения уровня в инфракрасном канале по отношению к синему, равного или больше 0,7 ($1:1,4 = 0,7$), принимается решение об обнаружении частиц, не являющихся продуктами горения.

Помимо этого, расположение фотоприемника в зоне прямого рассеяния позволяет получить сигнал с гораздо большим уровнем, чем в зоне бокового рассеяния, что снижает необходимость в дополнительных мероприятиях по обеспечению электромагнитной защищенности и позволяет несколько снизить потребляемый светоизлучателями ток.

И если в извещателях с одним светоизлучателем для повышения равномерности чувствительности к различным дымам разработчики стараются сместить фотоприемник в зону бокового рассеяния, что порождает новые дополнительные проблемы, о которых я писал во второй части данного материала, то при двухволновой технологии эти проблемы просто отсутствуют.

Блокирование реагирования извещателя на частицы, имеющие размеры больше, чем частицы дыма, позволяет встроенный в извещатель алгоритм косвенной двухволновой оценки размера частиц. Эта технология позволяет отсеять воздействие паразитных факторов на обнаружительную способность извещателя и ставит его в один ряд с ионизационными извещателями. Более того, наличие механизма селекции частиц по их размерам позволило

Табл. 1. Основные технические характеристики системы OSID

Тип приемника	Диаграмма направленности (гр.)		Длина контролируемой зоны станд./повыш. мощн. (м)		Кол-во прд.
	Гор.	Вер.	Мин.	Макс.	
Imager 10°	7	4	30/–	150/–	1
Imager 45°	38	19	15/30	60/120	7
Imager 90°	80	48	6/12	34/68	7

увеличить реальную чувствительность непосредственно к продуктам горения без опасения повышения вероятности ложных срабатываний от частиц, не являющихся продуктами горения.

Разработчики немецкой фирмы Bosch пошли примерно тем же путем, как и Nittan Group. Данная технология получила у них название «Dual Ray».

Выпускаемые по этой технологии извещатели FAP DO 420 широко известны во всем мире.

Но в отличие от Nittan Group эти извещатели выпускаются еще и в комбинированном исполнении – FAP DOT 420 с термодифференциальным каналом, FAP DOTC 420 с термодифференциальным и газовым каналами, которые могут корректировать работу оптического канала в зависимости от условий развития пожара. Здесь используется следующая особенность: при тлении формируются частицы больших размеров и выделяется большое количество CO, а при интенсивном горении формируются частицы меньших размеров и происходит выделение большого количества тепла. Значит, такой извещатель уже может подстраивать оптический канал для обнаружения частиц тех или иных размеров. Для коррекции обнаружительной способности по оптическому каналу при наличии этих дополнительных каналов используется технология, названная производителем

ISP (Intelligent Signal Processing). При этом в документации отмечается, что максимальная эффективность этих двух дополнительных каналов может быть достигнута только при соответствующем для этих каналов расстоянии между точками контроля в помещениях.

ЛИНЕЙНЫЙ ДВУХВОЛНОВОЙ ДЫМОВОЙ ПОЖАРНЫЙ ИЗВЕЩАТЕЛЬ

Рассматривая двухволновую технологию в дымовых пожарных извещателях, очень трудно не упомянуть возможность ее применения в линейных дымовых извещателях, даже несмотря на то, что данный материал всецело посвящен только точечным.

Речь пойдет о новой системе под названием OSID (Open-area Smoke Imaging Detection), предназначенной для охраны одной такой системой достаточно больших площадей. Что интересно, позиционирует эту систему фирма Xtralis, известная на мировом рынке как поставщик аспирационных систем. Она же и представила новую систему в апреле 2012 года на выставке MIPS в Москве.

В зависимости от используемого типа приемного модуля «Imager» в системе может быть задействовано до 7 синхронизированных между собой модулей-излучателей. Данные по дальности действия приведены в таблице 1.

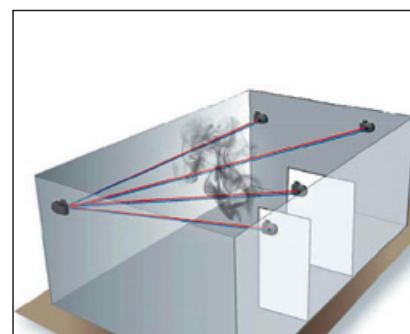
Рис. 7. Расположение светоизлучателей в извещателе FAP DO 420



Рис. 8. Извещатель FAP DO 420



Рис. 9. Размещение элементов системы OSID



По понятным причинам, как и во всех линейных дымовых пожарных извещателях, используется не нефелометрический метод, основанный на регистрации рассеянного отраженного светового потока, а абсорбционный, основанный на ослаблении интенсивности светового потока. Но вот двухволновая технология с применением ультрафиолетового (УФ-0,3 мкм) и инфракрасного (ИК-0,8 мкм) излучения, которые находятся за пределами диапазона, видимого для людей, — это достаточно интересное и новое решение в линейных извещателях.

Как уже рассматривалось в первой части данного материала, интенсивность рассеяния у двух этих длин волн для различных размеров частиц абсолютно разная. Разное по этой же причине и ослабление световых потоков, проходящих через задымленные участки, между приемной и передающей частью, что позволяет определять как размер частиц, так и их концентрацию с исключением воздействия на принятие решения о пожаре частиц пыли, пара и аэрозолей любого происхождения.

Световой поток от каждого модуля-излучателя представляет уникальную последовательность импульсов от УФ и ИК-светодиодов, синхронизированную с приемным модулем Imager, что исключает влияние других посторонних источников света.

Вместо фотодиода в приемной части извещателя используется CMOS (КМОП)-матрица. В отличие от CCD (ПЗС), в которой данные с каждого пикселя считываются последовательно, в CMOS-матрице сигнал с каждого пикселя считывается отдельно, что увеличивает быстродействие. Использование матрицы позволяет системе быть нечувствительной ко всякого рода вибрациям и возможным медленным отклонениям световых лучей, различая между собой при этом сигналы от УФ и ИК-светодиодов.

Модули-излучатели могут питаться как от проводных источников питания, так и от батареек, комплекта которых

должно хватить на 5 лет.

Таким образом, следствие из теории МИ придало абсолютно новые возможности не только точечным, но и линейным пожарным дымовым извещателям.

Таким образом, двухволновая технология позволяет реально защитить оптико-электронные извещатели от ложных срабатываний при обнаружении частиц с размерами, превышающими значения для частиц дыма, и одновременно с этим повысить реальную чувствительность к продуктам горения. При этом данные извещатели легко проходят тест TF1 (ТП1).

КАКИЕ ЕЩЕ ЕСТЬ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЧАСТИЦ, НЕ ЯВЛЯЮЩИХСЯ ПРОДУКТАМИ ГОРЕНИЯ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЯХ

Патентование — это серьезная вещь, и шутить с ним нельзя, но помимо красно-синей двухволновой технологии имеется еще достаточное количество способов оценки концентрации продуктов горения для пожарных извещателей.

Сложность работ при выборе алгоритмов оптической оценки концентрации связана как с малой теоретической изученностью самих процессов формирования и последующей модификации частиц дыма, их особенностью формирования при различных типах горящих материалов, так и с трудностью проведения экспериментов в этой области. Эта проблема плюс высокие затраты на корректное проведение самих экспериментов создает значительные трудности нахождения наиболее эффективных способов выявления возгораний оптико-электронными дымовыми пожарными извещателями.

Мало того, что источники излучения зеленого цвета, являющегося промежуточным между красным и синим, в полном объеме уже давно используются всеми разработчиками промышленных средств измерения концентрации. Существуют и другие общеизвестные способы оценки размеров частиц, в том числе и с синим светоизлучателем. Главным направлением при этом является наличие двух и более некоррелированных между собой каналов получения данных о проходящих процессах.

В частности, для измерения размеров частиц используется метод двухпозиционной оценки, основанный на оценке соотношения уровней интенсивности рассеяния с двух точек наблюдения. Одной точкой при этом может быть зона прямого рассеяния, другая точка может находиться в зоне бокового или обратного рассеяния.

Данная схема имеет лучшие результаты при использовании уже применяемого в обычных оптико-электронных извещателях светоизлучателя красного цвета, а не синего. Таким образом, вполне возможно использовать для этого несколько модифицированную одноволновую схему существующих извещателей.

Введение корректирующего коэффициента $K_{mn} = I_o / I_{o0}$, определяемого выбранными точками наблюдения обоих фотоприемников, в имеющийся тракт обработки может позволить значительно повысить чувствительность к дымам с малыми размерами частиц.

Одним из основных следствий теории МИ является то, что по соотношению уровней интенсивности рассеяния в разных точках наблюдения всегда можно вычислить размеры частиц, образующих это рассеяние.

Имея значения сигналов от двух фотоприемников, один из которых находится в зоне прямого рассеяния $U_{n.p.}$, а другой в зоне бокового рассеяния $U_{б.р.}$, с учетом экспериментально полученного корректирующего коэффициента K_{mn} , можно определять усредненные размеры обнаруженных частиц d_q :

$$d_q = K_{mn} \cdot (U_{n.p.} / U_{б.р.})^{1/2}; (1)$$

Наличие в приведенном выражении квадратного корня вызвано тем, что значение уровня интенсивности рассеяния напрямую связано с площадью сфер частиц, а не их диаметром.

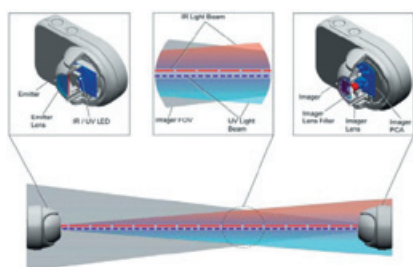
Получив усредненные размеры обнаруженных частиц d_q и зная значение уровня сигнала от фотоприемника, расположенного в зоне прямого рассеяния $U_{n.p.}$, куда направлена большая часть отраженной энергии, можно получить условное значение концентрации продуктов горения $y_{тек}$:

$$y_{тек} = U_{n.p.} / d_q; (2)$$

В итоге, имея такие величины, как условное значение концентрации продуктов горения $y_{тек}$, размеры обнаруженных частиц d_q и значение сигнала от фотоприемника, расположенного в зоне прямого рассеяния $U_{n.p.}$, можно с достаточной точностью принять решение о достижении предельных величин продуктов горения для всех типов дыма с не меньшей достоверностью, чем это делается в ионизационных извещателях. Также такое решение позволяет полностью исключить срабатывание извещателя на частицы с размерами, превышающими 1 мкм, но не являющимися продуктами горения, что даже в ионизационных извещателях произвести невозможно.

В результате данный принцип позволяет обычный пороговый извещатель превратить в устройство селективного

Рис. 10. Устройство элементов системы OSID



характера с защитой от паразитных продуктов и по своим возможностям значительно превосходящее ионизационные извещатели.

Наличие двух некоррелированных каналов обработки в извещателях позволяет решить проблему не только ложных срабатываний при наличии в оптической системе извещателя пыли или аэрозолей, но и повысить защищенность от электромагнитных помех. Также может быть решен вопрос постепенного запыления линз излучателей и фотоприемника и даже постепенного старения самого излучателя, т.к. само решение о наличии продуктов горения формируется уже не столько по абсолютному уровню интенсивности рассеяния в одном из каналов, сколько основано на сравнении этих уровней в обоих каналах. Этому способствует и то, что факты старения и запыления влияют одинаково на оба канала и могут взаимно компенсироваться.

Приняв меры по защите извещателя от частиц, не являющихся продуктами горения, можно будет практически до допустимого предела поднять реальную чувствительность к продуктам горения, не опасаясь ложных срабатываний. При этом можно будет говорить уже и о реальном прохождении тестового пожара с горением древесины ТП1/TF1, что для подавляющего большинства выпускаемых извещателей является недостижимым.

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ КАНАЛ СОВМЕЩАЕМ С ТЕПЛОВЫМ

Достаточно интересно совместное использование в точечных пожарных извещателях оптико-электронных и тепловых каналов, когда текущие значения или чувствительность в оптическом канале корректируются значениями в тепловом. В этом случае речь идет не о наличии в одном корпусе двух независимых извещателей, а только о корректировке работы оптического канала.

Анализ взаимосвязи размеров частиц дыма, изменения их концентрации и температуры в помещении для некоторых горючих материалов в некоторой

степени имеется в NFPA Standard 72 (National Fire Alarm Code). Этот документ принят в качестве действующих норм на проектирование международной некоммерческой организацией по обеспечению пожарной, электрической безопасности и безопасности строительства «Национальной Ассоциацией Пожарной Безопасности» (National Fire Protection Association, NFPA).

Помимо этого, рассмотрение этих вопросов можно найти в материалах международных конференций по вопросам пожарной безопасности. В частности, в материалах одной из них [6] можно найти значения средней выделяемой мощности P при разных тестовых пожарах (табл. 2).

Также там представлены зависимости уровня тепловыделения для этих тестовых пожаров во времени. Таким образом, применение значений тепловых каналов для коррекции алгоритма оптико-электронных каналов в извещателях, выполненных по технологиям O²T (Esser) и ISP (Bosch), можно считать полностью обоснованным и может широко использоваться в современных дымовых извещателях.

ИЗМЕРЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ АЭРОЗОЛЕЙ

С появлением извещателей с алгоритмом защиты от реагирования на частицы с размером 1,0 мкм и более встает вопрос об эффективности оценки их чувствительности в установке «Дымовой канал». Ведь если использовать допустимый для этого аэрозоль с размером частиц в пределах 0,5-1,0 мкм (п.4.7.2.5. ГОСТ Р 53325), то извещатели, имеющие защиту от реагирования на пыль, аэрозоль и пар, не во всех случаях могут соответствовать существующим российским нормам по чувствительности (0,05-0,2 дБ/м). К этому необходимо еще добавить то, что для извещателей с точкой наблюдения в зоне прямого рассеяния при использовании тестовых аэрозолей с размерами частиц 0,5-1,0 мкм в установке «Дымовой канал» многократно по-

вышается измеренная чувствительность по сравнению с тлеющим хлопковым шнуром. Т.е. в лучшем случае надо снижать размеры тестового аэрозоля до 0,3-0,4 мкм, а в идеале оставить только хлопковый шнур.

И еще одно следствие, вытекающее из материала этой статьи. Это касается методики проведения тестовых пожаров для дымовых оптико-электронных извещателей. У части наших специалистов бытует мнение, что для их проведения вполне достаточно контролировать только значения оптической плотности среды в месте установки испытываемых образцов, ведь, мол, они только на нее и рассчитаны. Но наиболее правильно все-таки тесты проводить в жесткой взаимосвязи между оптической плотностью и концентрацией продуктов горения, т.к. именно концентрация продуктов горения и характеризует наличие возгорания, а вот изменение оптической плотности – это уже вторичный параметр и зависит от концентрации через размер выделяемых частиц. Только так можно гарантировать корректность проходящих процессов, и тут не имеет значения, на какие признаки обнаружения рассчитаны те или иные извещатели.

В очень непростой ситуации оказался мультикритериальный извещатель 2251CTLE производства «System sensor» [4]. Для защиты от ложных срабатываний в алгоритме обработки помимо оптико-электронного канала дополнительно учитываются еще и значения по каналам термочувствительного элемента, датчика окиси углерода и инфракрасного детектора пламени. Именно по этой причине он не может достигнуть требуемых параметров в установке «Дымовой канал», т.к. предусмотренный процесс в этой установке в чистом виде не соответствует совокупности опасных факторов пожара, на обнаружение которой рассчитан указанный извещатель. Поэтому для него в 2005 г. в рамках LPCB пришлось разработать самостоятельный специальный стандарт LPS 1279: ISSUE Draft.0 «Точечные мультисенсорные пожарные детекторы, использующие оптические или ионизационные дымовые сенсоры и электрохимические СО-сенсоры и опционально тепловые сенсоры». И это произошло вовсе не потому, что извещатель уж такой плохой, а наоборот, потому что современные извещатели опережают по своим возможностям даже зарубежные существующие методики оценочных испытаний. В частности, этим стандартом для таких извещателей введен расширенный объем испытаний. А готова ли наша отечественная нормативная база к этому?

Вполне возможно, что с появлением на рынке оптико-электронных точечных пожарных дымовых извещателей с за-

Табл. 2. Значения средней выделяемой мощности при разных тестовых пожарах

	TF2	TF4	TF5	TF3	TF1
	Тление древесины	Горение пенополиуретана	Горение Н-гептана	Тление хлопковых шнуров	Горение древесины
D (мкм)	0,45	0,2	0,2	0,15	0,1
P кВт	2,3	30	150	32	56

щитой от частиц, не являющихся продуктами горения, в обозримом будущем появятся дополнительные соответствующие требования в нормативной базе, может быть, и отечественной. Первая такая попытка уже имеется по упомянутому извещателю 2251CTL. В случае развития событий по такому сценарию будет иметь место жесткая конкуренция за право обладать теми или иными технологиями защиты извещателей. Нашим отечественным разработчикам пора включаться в эту работу, а не прятать за умными и чересчур умными слогами запылившиеся в чулане технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог данной трилогии, хотелось бы надеяться, что после ознакомления с ней сотрудники проектно-монтажных организаций получат хоть какой-то инструмент при выборе дымовых пожарных извещателей не столько по ценовым параметрам, сколько по их возможностям реально обнаруживать возгорания при минимальной вероятности ложных срабатываний. Приходящие новые технологии в дымовые оптико-электронные извещатели позволяют получить абсолютно иные характеристики автоматических установок пожарной сигнализации. Так что еще очень рано списывать со счетов оптико-электронные дымовые извещатели и пытаться их заменить на газовые, имеющие много своих проблем, или другие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Esser. Автоматические пожарные извещатели. // Материалы учебного семинара. – 2009. – №11.
2. Неплохов И. Г. Двухдиапазонные дымовые пожарные извещатели. // Системы Безопасности. – 2008. – №3.
3. Неплохов И. Г. Развитие дымовых извещателей. // Грани безопасности. – 2008. – №5.
4. Неплохов И. Г. Комбинированные пожарные извещатели. // Системы Безопасности. – 2007. – №6.
5. Сулим Т. Двухдиапазонные дымовые извещатели. Новый уровень точности обнаружения. // Алгоритм безопасности. – 2010. – №5.
6. 10th International Conference on Automatic Fire Detection, AUBE '95, April 4-6, 1995, Duisburg, Germany, 368-380 с.
7. 12th International Conference on Automatic Fire Detection, AUBE '01, March 25-28, 2001.

Fire System Designer

Быстро, качественно, бесплатно!



Программа FSD для расчета систем пожарной сигнализации
Экономит время проектировщиков, менеджеров по продажам и технических специалистов

 **BOSCH**
Разработано для жизни

- Удобный интерфейс на русском языке
- Поддержка пожарных панелей FPA-1200/5000
- Краткое описание компонентов системы
- Автоматический расчет токов, длины шлейфа, емкости АКБ, тепловой утечки

- Проверка правильности подбора компонентов
- Спецификации по каждой панели и по сети панелей в целом
- Экспорт спецификаций в MS Excel и PDF
- FSD доступна бесплатно на сайте Bosch