

# НЕКОТОРЫЕ НЮАНСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ. ГАЗОВЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ В ГОСТ Р 53325-2012

**В. Здор**

заместитель начальника  
научно-исследовательского центра пожарно-спасательной техники,  
начальник отдела пожарной автоматики  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

*Театр, как известно, начинается с вешалки, а система пожарной сигнализации – с пожарных извещателей. Классифицируя пожарные извещатели, отечественная нормативная база, в первую очередь, разделяет их на ручные и автоматические. В иностранной литературе ручные извещатели не награждаются титулом «пожарный извещатель» и называются «manual callpoint», что дословно переводится как «точка ручного вызова», в то время как автоматические извещатели попадают под термин «детектор» (detector). Очевидно, что наше отношение к ручникам как к извещателям, сложилось исторически и явилось следствием того, что ручники, так же как и автоматические извещатели, подключаются в шлейф пожарного приемно-контрольного прибора. Оставим пока в покое ручные пожарные извещатели и поговорим об автоматических.*

## **АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ В СВЕТЕ ГОСТ Р 53325-2009**

Из определения, данного в ГОСТ Р 53325-2009, следует, что автоматический пожарный извещатель – это техническое средство, реагирующее на один или несколько физических факторов пожара. В принципе, данное определение достаточно корректно раскрывает суть автоматического пожарного извещателя, однако некоторые вездливые читатели нормативных документов указали на возможность трактовки понятия «физические факторы пожара» как «опасные факторы пожара», поэтому в одном из новейших нормативных документов, а именно в техническом регламенте Таможенного союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения», было решено несколько видоизменить данное определение и представить его в следующем виде: «Пожарный извещатель – техническое средство, предназначенное для обнаружения пожара посредством контроля изменений физических параметров окружающей среды, вызванных пожаром...»

Итак, наш автоматический пожарный извещатель контролирует изменение физических параметров окружающей среды, вызванное пожаром. На сегодняшний день пожарные извещатели «знают» четыре параметра, которые можно контролировать с использованием применяемых технологий построения чувствительных элементов: температура (тепловые извещатели), задымленность (дымовые извещатели), электро-

магнитное излучение пламени (извещатели пламени) и изменение химического состава воздушной среды (газовые извещатели). Работа практически любого такого извещателя строится на том, что значение контролируемого параметра переводится чувствительным элементом в электрический сигнал, который обрабатывается по определенному алгоритму.

Прежде чем перейти к основной теме текущего повествования – пока еще не очень широко распространенным газовым извещателям, – уделим некоторое внимание более привычным типам извещателей. Акцентировать это внимание будем на двух вопросах, а именно, каким образом значение контролируемого параметра переводится в электрический вид и какова достоверность обнаружения пожара разными типами извещателей. Под понятием «достоверность обнаружения пожара» будем подразумевать неразрывно связанную с ним вероятность ложного срабатывания, вызванную воздействием внешних факторов среды, схожих с пожаром, но не являющихся его следствием.

В первую очередь обратимся к тепловым пожарным извещателям.

Первые тепловые пожарные извещатели (если их, конечно, можно назвать извещателями) были известны задолго до применения электрических устройств и основывались, в основном, на изменении механических характеристик материалов под воздействием температуры. Данный метод до сих пор лежит в основе построения некоторых современных тепловых из-

вещателей, однако по мере развития электронных технологий все чаще чувствительным элементом теплового извещателя стали материалы, имеющие зависимость от температуры своих электрических параметров.

Тепловые извещатели являются, пожалуй, самыми устойчивыми к ложному срабатыванию приборами. Если тепловой извещатель сохраняет работоспособность, то вызвать его срабатывание может только температурный фактор. Никакой иной параметр среды не способен оказать воздействие на чувствительный элемент, при котором извещатель перейдет в тревожный режим, за исключением, конечно, электромагнитных помех, но о них говорить не будем, так как эти воздействия не являются схожими с факторами пожара.

Следующий параметр среды, изменяющийся при пожаре, – это задымленность. Обнаружение автоматическими приборами дыма стало возможно с появлением электронных технологий. Самые распространенные в наше время оптико-электронные дымовые извещатели основаны на принципе контроля оптической плотности среды и строятся на базе оптико-электронных пар – излучатель-приемник. Однако первые дымовые извещатели, созданные в первой половине XX века, возникли до появления используемых сейчас технологий оптико-электронной промышленности, когда никто еще не знал о свето- и фотодиодах, фоторезисторах, фототранзисторах. В основу этих извещателей был положен принцип контроля тока через ионизированную воздушную среду в специальной дымовой камере, причем ионизация воздуха в ней осуществлялась излучением радиоактивного элемента, помещенного в конструкцию извещателя. Такие извещатели получили название радиоизотопные.

Надо отметить, что ионизационные извещатели (в том числе радиоизотопные) обладают рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с оптико-электронными. Их чувствительность не зависит от цвета дыма, в то время как оптико-электронные точечные извещатели практически «не видят» черные дымы. Ионизационные извещатели способны обнаруживать так называемые «бесцветные дымы», практически не изменяющие оптическую плотность среды. Такой «бесцветный дым» возникает, например, в результате деструкции нагретого полимерного материала, в частности, изоляции электрокабелей. Этот дым мы не можем идентифицировать визуально, его не «видит» оптико-электронный извещатель, а вот ионизационный извещатель способен обнаружить. Несмотря на очевидные преимущества, производство радиоизотопных извещателей во всем мире практически свелось к нулю, и дело здесь, естественно, в необходимости применения радиоактивного элемента в конструкции извещателя. Конечно, существуют альтернативные ме-

тоды ионизации воздуха, и теоретически создать ионизационный извещатель без радиоактивного элемента возможно (например, применение ультрафиолетового излучения, электрической дуги). Наиболее перспективным представляется совершенствование электроиндукционных извещателей. Однако, как показала практика, ионизационные извещатели с альтернативным методом ионизации воздуха оказываются либо слишком дорогими, либо нестабильными. Возможно, в будущем появление новых технологий вернет в пожарную технику ионизационные дымовые извещатели.

В отличие от тепловых, дымовые извещатели уже не обладают столь высокой устойчивостью к ложному срабатыванию. Воздействие пыли или тумана, накопление пыли в дымовой камере точечного извещателя нередко становятся причиной формирования ложного тревожного сигнала как ионизационным, так и оптико-электронным извещателем, что ограничивает применение дымовых извещателей в запыленных зонах, а также в местах с повышенной влажностью и возможным образованием конденсата.

Еще одним параметром, контролируемым автоматическими пожарными извещателями, является электромагнитное излучение пламени. Спектр электромагнитного излучения, генерируемого пламенем, широк и, в зависимости от горючего вещества, охватывает инфракрасный, видимый и ультрафиолетовый диапазоны. До недавнего времени извещатели пламени контролировали только инфракрасный и/или ультрафиолетовый диапазоны спектра. При этом в качестве чувствительного элемента инфракрасного извещателя в основном применяют полупроводниковые фоточувствительные приборы, контролируемая длина волны которых определяется составом полупроводника, а для контроля ультрафиолетового диапазона используют счетчики фотонов. В настоящее время ускоренными темпами осваиваются технологии регистрации пламени в видимом диапазоне, что стало возможным благодаря появлению миниатюрной высокоскоростной вычислительной элементной базы. В основу принципа действия извещателей видимого диапазона заложена не просто регистрация наличия излучения и выявления его частотных флуктуаций, а детальный анализ видеоизображения, что требует серьезной программной обработки регистрируемых данных. В связи с этим извещатели видимого диапазона не следует напрямую относить к извещателям пламени.

Причиной ложных срабатываний извещателей пламени может стать излучение источников искусственного и естественно-го освещения, нагретых деталей машин и механизмов, сварки, нагревательных приборов и т. д. Борьба с этой проблемой приходится как на аппаратном, так и на программном уровне. При этом практически

невозможно создать универсальный извещатель, регистрирующий все возможные виды пламени и не реагирующий на все источники фоновых помех. Так, например, излучение пламени газовой горелки, горящего разлитого бензина, тлеющего очага древесины отличаются и по спектру, и по интенсивности, и по динамике горения, что формирует разные, порой противоположные требования к методу обработки данных, получаемых от чувствительного элемента извещателя. Резюмируя вышесказанное, можно прийти к выводу, что выбор извещателя пламени должен быть основан на детальном анализе характера горючей нагрузки на объекте и уровня и типа фоновой засветки.

## ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ И ГАЗОВЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ

Рассмотрение газовых извещателей начнем с того, что лежит в основе их чувствительного элемента, т.е. какой сенсор переводит значение концентрации контролируемого газа в электрический сигнал.

В основном для построения газовых пожарных извещателей применяют следующие виды сенсоров:

- металлооксидные,
- термохимические,
- полупроводниковые,
- электрохимические.

## МЕТАЛЛООКСИДНЫЕ СЕНСОРЫ

Изготавливаются металлооксидные сенсоры на основе толстопленочной микроэлектронной технологии. В качестве подложки используется, например, поликристаллическая окись алюминия, на которую с двух сторон наносится нагреватель и металлооксидный газочувствительный слой. Чувствительный элемент помещен в корпус, защищенный проникаемой для газа оболочкой, удовлетворяющей всем требованиям взрыво- и пожаробезопасности.

Металлооксидные сенсоры предназначены для определения концентраций горючих газов (метан, пропан, бутан, водород и т.д.) в воздухе в интервале концентраций от тысячных до единиц процентов и токсичных газов (СО, арсин, фосфин, сероводород и т.д.) на уровне предельно допустимых концентраций.

Для построения металлооксидных сенсоров широко используется диоксид олова, отличающийся высокой химической устойчивостью. Принцип действия таких сенсоров основан на том, что обратимая хемосорбция активных газов на их поверхности сопровождается обратимыми изменениями проводимости. Сенсоры имеют высокую чувствительность к содержанию в атмосфере целого ряда отравляющих и взрывоопасных газов, а также возможность управления процессами, происходящими на поверхности и в объеме полупроводника.

Определение концентрации CO основано на изменении сопротивления чувствительного элемента. На поверхности, образованной окисью олова, при соприкосновении с молекулой CO происходит химическая реакция доокисления углерода:  $\text{SnO}_2 + 2 \cdot \text{CO} = \text{Sn} + 2 \cdot \text{CO}_2$ .

Соответственно, при возрастании концентрации CO в воздухе количество молекул Sn возрастает, что приводит к понижению сопротивления чувствительного элемента. Для получения непрерывного процесса измерения CO необходимо периодически восстанавливать поверхность сенсора путем доокисления ранее восстановленного олова. Для реализации этого процесса используется нагревательный элемент, расположенный непосредственно под поверхностью сенсора.

Реальная зависимость сопротивления от концентрации CO выражается сложной нелинейной функцией, т.к. в скорость химической реакции вносит значительный вклад температура, в несколько меньшей степени влажность, а также точность поддержания температуры нагревателя при проведении восстановительной реакции.

### ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ ГАЗОСИГНАЛИЗАТОРЫ

Среди методов, применяемых для определения концентрации в атмосферном воздухе горючих газов или паров горючих жидкостей, используется термохимический метод. Его сущность заключается в измерении теплового эффекта (дополнительного повышения температуры) от реакции окисления горючих газов и паров на каталитически активном элементе датчика и дальнейшем преобразовании полученного сигнала. Датчик сигнализатора, используя этот тепловой эффект, формирует электрический сигнал, пропорциональный концентрации горючих газов и паров с различными коэффициентами пропорциональности для различных веществ.

При горении различных газов и паров термохимический датчик выдает сигналы, разные по величине. Надо отметить, что одинаковым уровням различных газов и паров в воздушных смесях соответствуют неравные выходные сигналы датчика.

Термохимический датчик не избирателен. Его сигнал характеризует уровень взрывоопасности, определяемый суммарным содержанием горючих газов и паров в воздушной смеси.

Попытка контроля совокупности компонентов, в которой содержание отдельных, загодя известных горючих составляющих, колеблется от нуля до какой-то концентрации, может привести к погрешности контроля. Этот фактор необходимо учитывать для задания границ диапазона сигнальных концентраций и допуском на их изменение – пределом допускаемой базовой абсолютной погрешности срабатывания.

### ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ГАЗОВЫЕ СЕНСОРЫ

Принцип действия полупроводниковых газовых сенсоров основан на изменении электропроводности полупроводникового газочувствительного слоя при химической адсорбции газов на его поверхности. Используемые в них физико-химические принципы детектирования сигналов сочетаются с современными микроэлектронными технологиями, что обуславливает низкую стоимость продуктов при массовом производстве и высокие технические характеристики.

Полупроводниковые газочувствительные сенсоры – это высокотехнологичные элементы с низким энергопотреблением (от 20 до 200 мВт), высокой чувствительностью и увеличенным быстродействием до долей секунд. Внедрение в производство газовых пожарных извещателей на основе полупроводниковых химических сенсоров, изготавливаемых по групповой технологии, позволяет намного снизить стоимость газовых извещателей, что немаловажно для массового применения.

### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ

Электрохимические сенсоры – специальные устройства, в которых аналитический сигнал обеспечивается протеканием электрохимического процесса. Такие сенсоры используются в газоаналитическом оборудовании и предназначены для качественного и количественного анализа химических соединений в жидких и газообразных средах.

Электрохимические сенсоры используются главным образом для определения реакционно-способных (электроактивных) веществ, которые способны электрохимически восстанавливаться или окисляться на индикаторном электроде миниатюрной электрохимической ячейки, генерирующей аналитический сигнал. В качестве индикаторных электродов служат инертные электроды (Pt,

Pd, Au, Ag), химически активные (Cu, In, Sn) или модифицированные комплексные соединения, а также ионоселективные электроды.

Чаще всего электрохимические сенсоры используют для обнаружения и локализации утечек природного газа (метана) или сжиженного газа (пропана).

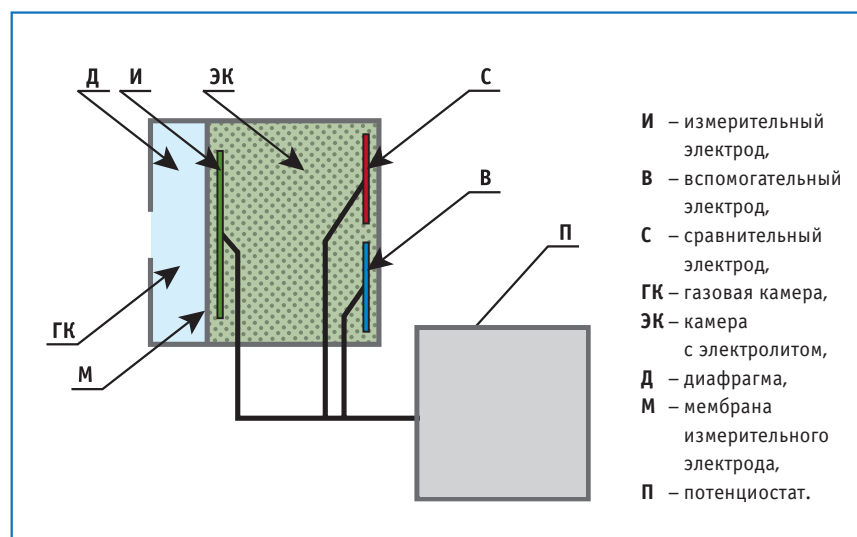
Электрохимическая ячейка представляет собой трехэлектродную систему, помещенную в камеру с электролитом ЭК (рис. 1).

Для обеспечения нормальной работы ячейки к ее электродам подключается электронное устройство – потенциостат (П). Со стороны анализируемой среды перед полупроницаемой мембраной (М) измерительного электрода (И) находится диафрагма (Д), ограничивающая поток анализируемого газа к измерительному электроду. Диафрагма и полупроницаемая мембрана конструктивно оформляют газовую камеру (ГК). В некоторых типах электрохимических ячеек газовая камера заполнена фильтрующим веществом, удаляющим из анализируемого газа компоненты, которые могут исказить аналитический результат.

Анализируемый газ диффундирует через диафрагму к катализатору измерительного электрода, на котором претерпевает электрохимические превращения. Генерируемый ток при этом пропорционален концентрации анализируемого газа. Электролит, потенциал измерительного электрода, катализатор измерительного электрода и материал фильтрующего вещества выбираются исходя из условий оптимального анализа.

Сенсоры, способные детектировать опасные для организма человека количества вредных газов в воздушной смеси, имеют большой спрос на рынке. Уже сейчас существуют разработки на основе углеродных нанотрубок (УНТ), которые способны работать с различными газами, например  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , He,  $\text{O}_2$  и их смесями. Однако

Рис. 1



УНТ легко окисляются в кислородсодержащей атмосфере при больших значениях тока ионизации, и устройства на их основе приходят в негодность.

Один из принципов работы газовых сенсоров может быть основан на индивидуальных сигналах исследуемых газов при ионизации. Такой тип детекторов широко используется в современных газовых анализаторах, таких как хроматографы и масс-спектрометры для высокоточного измерения концентраций газов, однако данный метод очень дорогостоящий и пока не может быть широко использован для целей противопожарной защиты.

Отметим, что исходя из определения пожарного извещателя чувствительный элемент газового извещателя должен реагировать на изменение концентрации газов, выделяемых при горении, т.е. приборы, регистрирующие повышение концентрации углеводородов, аммиака, азота, не могут быть отнесены к газовым извещателям, а являются газоанализаторами.

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать тот факт, что, несмотря на достаточно широкий спектр технологий преобразования концентраций контролируемого газа в электрический сигнал, ни один из известных газовых сенсоров не способен обеспечивать требуемую реакцию только на один, интересующий нас газ. Все они в той или иной степени низкоселективны. Это значит, что газовый извещатель, созданный, например, для реакции на повышение концентрации угарного газа, как неодоокисленного, аналогичным образом среагирует на некоторый иной недоокисленный газ.

Доведя рассуждения до некоторого абсурда, можно описать ситуацию, когда пары духов или одеколона, которыми побрызгалась женщина, покидая гостиничный номер, становятся причиной ложного срабатывания газового извещателя, установленного в этом номере. Аналогично можно подойти к вопросу применения газовых извещателей в больницах, где наличие в атмосфере паров лекарственных средств является нормой.

Неизбирательность газоочувствительных сенсоров для газовых извещателей подобна неизбирательности дымовых извещателей к воздействию дыма, пыли или тумана. Это значит, что газовые извещатели, как и дымовые, имеют существенное ограничение по возможности их применения с точки зрения обеспечения высокой достоверности формирования сигнала о пожаре.

Не менее проблематичным является вопрос о том, на какой газ должен реагировать газоочувствительный сенсор. Безусловно, в подавляющем большинстве горячая нагрузка защищаемых объектов представляет собой органические соединения, горящие или тлеющие с образованием оксидов углерода. Следует заметить, что в процессе

тления или горения с ограниченным доступом к очагу кислорода, преобладающим будет появление монооксида углерода, т.е. угарного газа. Однако в случае достаточного притока кислорода основным газообразным продуктом горения станет диоксид углерода – углекислый газ. Из этого следует, что в зависимости от прогнозируемого сценария развития пожара необходимо применять разные типы газовых извещателей.

Еще больше усложнит выбор газоочувствительного сенсора решение задачи защиты объекта с недетерминированной горючей нагрузкой, когда преобладающими газообразными продуктами горения наряду с оксидами углерода могут стать иные химические соединения, например галогеносодержащие.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что так же как в случае с извещателями пламени, создать универсальный газовый извещатель невозможно.

Отметим также, что различные типы газов по-разному распространяются в помещении, а значит, и требования к размещению газовых извещателей могут зависеть от типа газа, на который реагирует конкретный извещатель.

Таким образом, сложностей, связанных с разработкой, созданием и, главное, применением газовых пожарных извещателей, очень много. Тем не менее сбрасывать эти приборы со счетов нельзя. Ряд экспериментов, проведенных в лабораторных условиях, показал значительные преимущества газовых извещателей по сравнению с извещателями иных типов. В первую очередь эти преимущества выразились во времени обнаружения возгорания. В тестовых опытах, даже при отсутствии принудительного воздухообмена, газовые извещатели, реагирующие на монооксид углерода и установленные не только на потолке, но и на стенах испытательного помещения, срабатывали значительно раньше своих дымовых собратьев. А это значит, что использование газовых извещателей может значительно повысить эффективность систем противопожарной защиты, но пока что только в детерминированных условиях.

## ГАЗОВЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ В ГОСТ Р 53325-2012

Еще недавно разработчики газоочувствительных сенсоров и потенциальные производители газовых извещателей справедливо возмущались по поводу отсутствия в отечественной нормативной базе технических требований к газовым извещателям, а главное, требований к их применению. Ведь такой нормативный пробел является фактором, практически полностью блокирующим возможность применения этих приборов. Вряд ли здравомыслящий проектировщик рискнет оснастить объект газовыми извещателями, не опираясь на положения нормативных документов, так как такой

шаг станет «хорошим подарком» пожарному инспектору.

В 2011-12 годах сотрудниками ФГБУ ВНИИПО МЧС России были разработаны изменения и дополнения в ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний». Основу этих изменений составило введение нового подраздела 4-й главы стандарта, посвященного общим техническим требованиям и методам испытаний газовых пожарных извещателей. За основу разработки были взяты положения международных и европейских стандартов серий ISO 7240 и EN 54. Надо отметить, что западные нормативщики, формулируя требования к газовым извещателям, ограничились только извещателями, реагирующими на угарный газ, и только на основе электрохимических ячеек. Разработанный отечественный документ не несет столь явных ограничений и сформулирован с возможностью его применения для любых типов газовых извещателей. В 2012 году проект изменений прошел процедуру общественного обсуждения, был принят на заседании ТК 274, и в ближайшее время планируется его передача в Росстандарт.

Дополнительно заметим, что вносимые изменения войдут не в ГОСТ Р 53325 редакции 2009 года, а в утвержденный ГОСТ Р 53325-2012, который в настоящее время находится в стадии издания и будет введен в действие с 1 января 2014 года. Такое наложение издания новой редакции и тут же внесения в нее изменений стало следствием как объективных, так и субъективных причин, значительно задержавших появление новой версии стандарта.

В ближайшем будущем планируется издание пересмотренной версии свода правил СП5.13130 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования», включающей в себя разработанные изменения № 2. В этом документе в гораздо большей степени, чем в ныне действующей редакции, найдут отражения требования по применению газовых извещателей.

Новые версии нормативных документов практически снимут барьер, ограничивающий использование газовых пожарных извещателей, а вот к чему приведет их применение на практике, сможет показать только сама практика.

Уже сейчас ясно, что, если за основу использования тепловых и дымовых извещателей может в полной мере быть взята нормативная база, применение извещателей пламени только опирается на нормативную базу и требует творческого подхода, а взятие на вооружение газовых извещателей потребует как нормативной базы и творческого подхода, так и анализа опыта их применения и допущенных ошибок.