

# Пожарные извещатели с газовым сенсором в свете актуальных нормативных требований

Владимир БАКАНОВ,  
главный конструктор ЧП «АРТОН»

Более 15 лет назад были сформулированы технические требования к газовым пожарным извещателям в НПБ 71-98 [1]. И сегодня этот документ остается единственным действующим нормативом по данному виду оборудования. И если при внедрении ГОСТ Р 53325 как-то обновились технические требования к большинству компонентов систем пожарной сигнализации, то газовых пожарных извещателей эти изменения не коснулись. В 2011 г. один из руководителей разработки ГОСТ Р 53325 В. Л. Здор так обосновывал отсутствие технических требований к этому виду изделий [2]: «За кадром по-прежнему остаются газовые пожарные извещатели. Основная причина отсутствия нормативных требований к ним заключается в неполном объеме информации о технических особенностях этих приборов в части возможности их использования с целью обнаружения пожара. Применяемые для целей построения газовых извещателей сенсоры, основанные в основном на электрохимических ячейках, как правило, не селективны, т. е. способны реагировать на серию подобных по типу химической активности газов». В прошлом году, обсуждая нюансы применения газовых пожарных извещателей, указанный выше руководитель разработки этого стандарта утверждал [3]: «...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». Действительно, версия ГОСТ Р 53325-2012, в которой присутствовал раздел по извещателям пожарным газовым (ИПГ), обсуждалась, но в окончательную редакцию стандарта этот раздел не попал. И если на круглом столе по обсуждению новой редакции стандарта Е. Г. Сайдулин, директор ООО «Этра-Сецавтоматика», головного производителя газовых извещателей в России, отмечал [4] введение в стандарт раздела по ИПГ и давал по нему свои предложения, то В. Л. Здор констатировал: «В период времени, пока шло утверждение новой редакции стандарта, в плановом порядке были разработаны Изменения № 1, которые должны войти в уже пересмотренную редакцию (сейчас они находятся в стадии согласования в техническом комитете ТК 274). Именно в эти изменения попала глава по газовым извещателям, несколько расширилось Приложение А, в части увеличения количества тестовых очагов при огневых испытаниях, произведено исправление некоторых неточностей, допущенных в тексте стандарта.

...прогнозирование даты появления ГОСТа с дополнительными разработанными Изменениями № 1 является неблагодарной задачей».

За последние годы, пока разработчики стандарта по компонентам СПС определяются с этим разделом — вносить его или не вносить, а если и вносить, то подразделом 4.13, а не 4.12, который обсуждался технической общественностью до выхода стандарта.



Видимо, этот несчастливый номер и приводит к задержке появления современных требований к ИПГ. С другой стороны, газовые извещатели производятся, и даже радиолюбители сегодня создают на основе современных сенсоров достаточно современные анализаторы угарного газа [5] как одного из наиболее токсичных продуктов горения. Но будут ли эти изделия соответствовать современным техническим требованиям к ИПГ? Этот вопрос пока остается открытым. Здесь речь идет не о каких-то частностях, а о кардинальном подходе к этому виду изделий. Так [3], высказано вполне логичное утверждение, что пока сегодня невозможно построить универсальный газовый извещатель. В то же время там же говорится, что «разработанный отечественный документ не несет столь явных ограничений и сформулирован с возможностью его применения для любых типов газовых извещателей». Европейские же «нормативщики, формулируя требования к газовым извещателям, ограничились только извещателями, реагирующими на угарный газ, и только на основе электрохимических ячеек». Но разве европейские стандарты, которые касаются ИПГ, ограничиваются только широко известной парой документов [6, 7]? Ведь в нормативных документах серии EN 54 существует и другие части: EN 54-26 [8] и EN 54-30 [9], в которых не говорится, что они распространяются на ИПГ только на основе электрохимических ячеек. В прагматичной Европе не создают международных стандартов на эфемерные «универсальные» газовые извещатели, а только те стандарты, с помощью которых можно убедиться в надлежащем качестве

продукции конкретного вида пожарного извещателя. То есть стандарты разрабатываются на изделия, которые уже производятся в нескольких странах.

Как в настоящее время увязаны между собой опасные факторы пожара, типы извещателей и европейские стандарты, показано на рис. 1.



Рис. 1

Весьма трудно разработать стандарт с возможностью его применения для любых типов газовых извещателей. У разных типов газовых извещателей будут разными не только технические параметры, но и методы их контроля. Все это создает труднопреодолимые преграды в реализации подобного нормативного проекта. Так зачем же писать стандарт для «универсального газового извещателя», который и создать сегодня невозможно? Правда, в своей статье автор приводил пример «электронного носа» [10]. Такой сенсор газов, разработанный в Национальном институте стандартов и технологий США, состоял из 16 датчиков восьми типов, выполненных в виде металл-оксидных пленок, нанесенных на поверхность 16 микронагревателей, выполненных из поликристаллического кремния. Эта технология базируется на взаимодействии химических веществ и полупроводниковых чувствительных материалов, расположенных сверху на платформе микроэлектромеханических систем (MEMS) — микронагревателей. Сочетание чувствительных пленок из различных материалов и возможности изменять температуру позволило этому устройству быть полным аналитическим эквивалентом сенсорных нейронов носа. Но эти технологии еще не скоро войдут в конструкцию пожарных извещателей из-за их высочайшей стоимости.

Еще несколько лет назад можно было найти для электрохимических сенсоров СО существенный недостаток — их срок службы был раза в два меньше среднего срока службы ИП, прописанного в п. 4.2.4.3 ГОСТ Р 53325, но сегодня на рынке представлены изделия со сроком службы не менее 10 лет. А малое потребление таких сенсоров позволяет создать ИПГ не только для двухпроводного подключения к ППКП, но и автономные ИПГ (сигнализаторы газа СО).

Теперь про газы, которые могут быть опасным фактором пожара, т. е. газы, которые появляются в результате горения и термического разложения токсичных продуктов. Состав продуктов сгорания зависит от состава горящего вещества и условий, при которых происходит его горение. При горении прежде всего выделяется большое количество монооксида углерода, углекислого газа, оксидов азота, которые заполняют объем помещения, в котором происходит горение, и создаются опасные для жизни человека концентрации [11].

НПБ 71-98 так определял эти газы и их опасные концентрации (см. п. 7.1):

«7.1. Извещатели должны реагировать как минимум на один из приведенных ниже газов при концентрации в пределах:

CO<sub>2</sub> — 1000–1500 ppm;

CO — 20–80 ppm;

CxHy — 10–20 ppm».

В проекте же ГОСТ Р 53325 конкретизация технических требований приведена только для монооксида углерода. По другим газам сказано следующее: «Для ИПГ,

реагирующих на иные газы (не монооксид углерода), типы газов (паров), допустимые значения их концентрации, при которых ИПГ сохраняют дежурный режим, а также предельные значения концентрации газов, после воздействия которых ИПГ восстанавливают исходную чувствительность, должны быть указаны в ТД на ИПГ конкретных типов».

Таким образом, разнообразие ИПГ в ГОСТ Р 53325 сводится не к разным типам выявляемых газов, а к сенсорам с разным принципом действия (см. п. 4.1.2.3):

«— 16 — с использованием электрохимических ячеек;

— 17 — с использованием полупроводниковых газовых сенсоров;

— 18 — с использованием металлооксидных сенсоров;

— 19 — резерв».

При этом технические параметры и методы контроля, приведенные в стандарте, являются одними и теми же для всех ИПГ, у которых сенсоры имеют разные принципы действия. Вот и получается, что сравнивать требования разных стандартов между собой можно только для монооксида углерода с любым из сенсоров, различных по принципу действия.

Но начнем проводить сравнения с определений газовому пожарному извещателю и газовому СО в частности. В обсуждаемом документе приведены следующие определения:

«3.1 извещатель пожарный газовый; ИПГ: автоматический ИП, реагирующий на изменение химического состава атмосферы, вызванное пожаром.

3.2 извещатель пожарный газовый, реагирующий на монооксид углерода (СО); ИПГ (СО): автоматический ИП, реагирующий на изменение концентрации в атмосфере монооксида углерода (СО), вызванное пожаром».

В европейском стандарте EN 54-1 дано куда более скромное определение такому извещателю:

«3.1.3 газовый пожарный извещатель (gas detector)

Извещатель, чувствительный к газообразным продуктам сгорания и (или) теплового распада».

Само понятие «атмосфера» несколько шире, чем тот объем воздуха, находящегося внутри охраняемого помещения, так, в Википедии [12] читаем:

«Атмосфера (от греч. ατμός — «пар» и σφαῖρα — «сфера») — газовая оболочка небесного тела, удерживаемая около него гравитацией».

Пожарные же извещатели — тепловые, дымовые и газовые — предназначены для работы внутри помещений и на свободном пространстве поверхности земли свою задачу могут не выполнить. Правильней использовать здесь понятие «окружающая среда» в непосредственной близости от извещателя.

Предположим, что может существовать ИП, реагирующий на уменьшение концентрации определенного газа в окружающем воздухе, которое вызвано пожаром, например, концентрации кислорода. Тогда слово «изменение» в первом определении будет оправданно, но разве допустимо говорить о любом изменении концентрации монооксида углерода (СО), вызванном пожаром? Во-первых, при выявлении пожара речь всегда идет про увеличение концентрации СО выше определенного значения. Во-вторых, в первом же пункте технических характеристик ИПГ (СО) говорится:

«ИПГ (СО) не должен ложно срабатывать при резком увеличении концентрации монооксида углерода на 10 ppm при начальной концентрации менее 5 ppm».

Таким образом, изменение имеется и даже резкое, а реагировать ИПГ на него не должен. Возможно потому, что это техническое требование не было выделено в отдельный пункт и не имеет своего названия, оно не попало в таблицу программы испытаний ИПГ, и в последующем в данном разделе не приведена методика выполнения испытаний извещателей по этому пункту технических требований. Складывается впечатление, что это техническое требование было просто выдернуто из одного из европейских стандартов без пояснительного текста.

В prEN 54-30:2009 так рассматривается возможность влияния чувствительности ИПГ от скорости роста концентрации СО:

«4.7 Срабатывание в условиях изменения чувствительности СО  
Предельное значение порога срабатывания извещателя может зависеть от скорости изменения концентрация СО вблизи извещателя. Такое поведение может быть учтено при проектировании извещателя, чтобы четко были видны различия между газом СО в окружающем пространстве и тем, что генерируется при пожаре. Если такое селективное подавление наблюдается, оно не должно приводить ни к существенному снижению чувствительности извещателя к пожару, ни к существенному увеличению вероятности неправильной тревоги. Так как практически нельзя провести испытания при всех возможных скоростях, увеличение концентрации СО, оценка коэффициента чувствительности извещателя должна быть сделана анализом схемы/программного обеспечения и/или проведением физических тестов и имитаций. Пола-

гают, что извещатель соответствует требованиям настоящего пункта, если эта оценка показывает, что в пределах рабочих температур, указанных производителем:

- а) при любой скорости роста концентрации СО меньше чем 1 мкл/л в минуту извещатель не выдает сигнал пожарной тревоги, пока концентрация СО не достигнет 60 мкл/л
- б) извещатель не выдает сигнал пожарной тревоги, когда изменение концентрации СО происходит ступенчато, по 10 мкл/л, наложением на фоновый уровень между 0 и 3 мкл/л».

Из приведенного выше пункта видно, что в европейских стандартах имеется еще одно условие по скорости роста концентрации СО: ИПГ не должен срабатывать не только при скачкообразном изменении концентрации СО, но и при квазистатическом росте до определенного значения.

Получается, что данные параметры изделия производитель должен обеспечивать в процессе НИР/ОКР, а не в ходе серийного производства или сертификационных испытаний.

Общезвестно, что технические параметры одного и того же изделия в процессе разных экспериментов могут значительно отличаться, если будут различия в методике проведения этих экспериментов. Тожественна ли предложенная в проекте ГОСТ Р 53325 методика европейским стандартам на пожарные извещатели с газовым СО сенсором? Для ответа на эти вопросы сравним существенные признаки соответствующих пунктов проекта российского стандарта и prEN 54-26. В проекте ГОСТ Р 53325 имеется следующий пункт:

«4.12.3.1 Определение стабильности чувствительности ИПГ (СО) проводят следующим образом. ИПГ (СО) устанавливают в испытательную камеру в рабочем положении и выдерживают во включенном состоянии в течение не менее 10 минут. Ориентация ИПГ (СО) относительно направления воздушного потока в испытательной камере произвольная, но одинаковая для данных испытаний.

В испытательной камере устанавливают скорость воздушного потока ( $0,20 \pm 0,04$ ) м/с.

Последствием подачи в объем испытательной камеры монооксида углерода создают его концентрацию ( $18 \pm 2$ ) ppm, при этом скорость роста концентрации должна быть от 1 до 6 ppm.

После достижения концентрации 18 ppm ИПГ (СО) выдерживают в данных условиях не менее 10 минут. После этого осуществляется рост концентрации монооксида углерода до 100 ppm со скоростью от 1 до 6 ppm.

В момент срабатывания ИПГ (СО) фиксируют значение чувствительности. Проветривают испытательную камеру и камеру ИПГ (СО) и переводят его в дежурный режим.

Определение значения чувствительности проводят шесть раз с перерывом не менее 1 часа. В перерывах между испытаниями ИПГ (СО) должен быть включен.

Определяют наибольшее  $S_{max}$  и наименьшее  $S_{min}$  значение чувствительности ИПГ (СО) и рассчитывают отношение  $S_{max}$  к  $S_{min}$ .

ИПГ (СО) считают выдержавшим испытания, если:

- в процессе испытания извещателем не было сформировано ложных сигналов;
- значение чувствительности находится в пределах от 25 до 100 ppm;
- отношение  $S_{max}$  к  $S_{min}$  менее или равно 1,6».

То, что здесь указывается скорость роста концентрации СО в ppm без указания времени, в течение которого осуществляется этот прирост, можно считать просто технической ошибкой. А вот 10-минутная выдержка ИПГ при концентрации в ( $18 \pm 2$ ) ppm может существенно повлиять на порог срабатывания извещателя, ведь prEN 54-26 такая «стабилизация» отсутствует:

«5.1.5 Измерение СО порогового значения отклика

Образец, для которого значение порога срабатывания по СО должно быть измерено, должен быть установлен в тестовой газовой камере, описанной в Приложении А, в нормальном рабочем положении, при его нормальных средствах крепления. Ориентация образца по отношению к направлению потока воздуха должна быть с минимальной чувствительностью, как определяется в тесте проверки зависимости от направления, если иное не указано в процедуре тестирования. Перед началом каждого измерения тестовая газовая камера должна очищаться, чтобы гарантировать, что концентрация СО в туннеле меньше 1,5 мкл/л. Скорость воздуха в непосредственной близости от образца должно быть ( $0,2 \pm 0,04$ ) м/с во время измерения, если иное не предусмотрено в рамках процедуры испытания. Если иное не указано в процедуре тестирования,

температура воздуха в испытательной газовой камере должна быть  $23 \pm 5$  °С и не должна отличаться более чем на 5 К для всех измерений на определенный тип извещателя. Образец должен быть подключен к оборудованию его питания и мониторинга, как описано в 5.1.2, и должна быть проведена стабилизация в течение, по крайней мере, 15 мин., если иное не указано производителем. Газ СО должен подаваться в испытательную газовую камеру таким образом, чтобы скорость увеличения концентрации СО находилась между 1 мкл/л в минуту и 6 мкл/л в минуту, если не указано иное в процедуре тестирования. Для извещателей, отклик которых чувствителен к скорости, производитель может указать норму роста в пределах этого диапазона, чтобы гарантировать, что измеренное предельное значение порога срабатывания является типичной предельной величиной для статического срабатывания извещателя. Скорость увеличения концентрации СО должна быть одинакова для всех измерений на определенный тип извещателя. Концентрация СО в тот момент, когда образец выдает сигнал пожарной тревоги, должен быть записан как S (мкл/л). Это значение должно приниматься в качестве порогового значения срабатывания СО».

Имеются весьма существенные отличия и в оборудовании для проведения определения чувствительности ИПГ. Касаются они не только размеров тестовой газовой камеры. Например, в европейском стандарте предусмотрено оборудование для отбора и анализа озона. На рис. 2 представлен стенд «Газовый канал» для измерения чувствительности ИПГ. Очевидно, что для стенда таких размеров трудно найти климатическую камеру, в которой можно будет проводить температурные испытания. Так как методика проведения испытаний при повышенной температуре среды в проекте российского стандарта изложена следующим образом:

«4.12.3.7 Определение устойчивости ИПГ к воздействию повышенной температуры проводят следующим образом. Испытательное оборудование и метод испытания должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 60068-2-2. ИПГ устанавливают в климатическую каме-

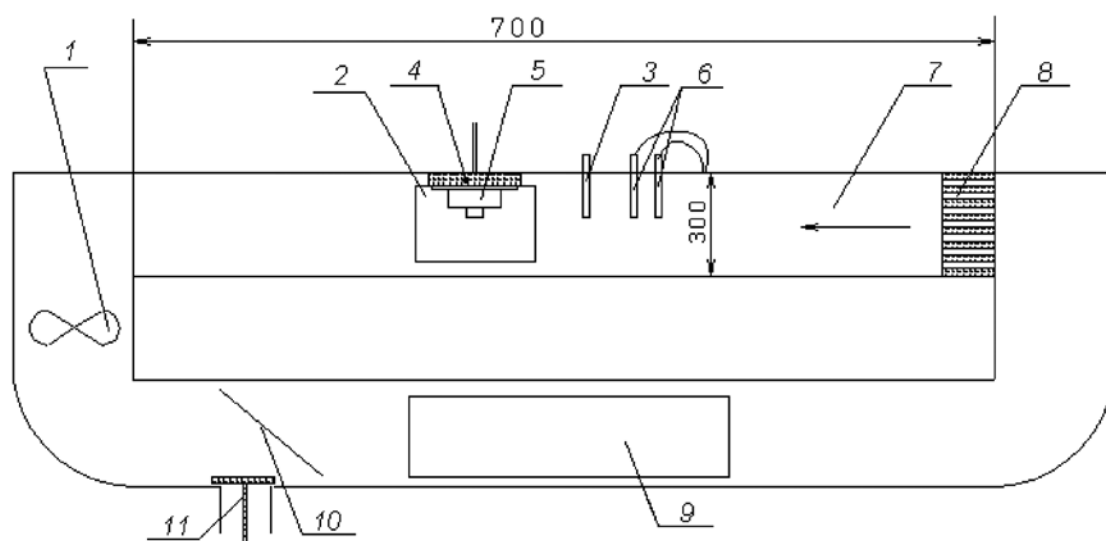


Рис. 2,

где 1 – вентилятор с двигателем; 2 – крышка отсека для установки испытуемого ИП со стеклянным смотровым окном; 3 – газоанализатор; 4 – площадка с поворотным устройством для установки испытуемого ИП; 5 – испытуемый ИП; 6 – измерители температуры и скорости потока воздуха; 7 – направление потока воздуха; 8 – линейризатор; 9 – отсек нагревателя; 10 – регулятор скорости потока воздуха; 11 – вентиляционное отверстие.





извещателя по 4.13.3.3.

ИПГ считают выдержавшим испытания, если:

- в процессе испытания извещателем не было сформировано ложных сигналов;
- перед окончанием выдержки ИПГ сработал от воздействия контролируемого им газа;
- значение чувствительности находится в пределах от 25 до 100 ppm;
- отношение  $S_{max}$  к  $S_{min}$  менее или равно 1,6».

А вот что указано в приложении J стандарта prEN 54-30 относительно конструкции тестовой газовой камеры (см. рис. 3, который в стандарте имеет обозначение рис. JJ. 1):

«Извещатели СО срабатывают, когда сигнал(ы) от одного или более чувствительных элементов СО отвечают определенному критерию. Концентрация газа в чувствительном(ых) элементе(ах) зависит от концентрации газа вокруг извещателя, но это соотношение обычно сложное и зависит от ряда факторов, таких как ориентация, монтаж извещателя, скорость воздушного потока, турбулентность, скорость роста концентрации газа и т. п. Относительное изменение значения порога срабатывания, измеренного в газовой камере, является основным рассмотренным параметром при оценивании стабильности извещателей, которые испытывают на соответствие этой части стандарта. При проектировании и описании испытательной газовой камеры следует учитывать указания, приведенные в Приложении А. Чем больше газовая испытательная камера, тем больше газа нужно для испытания. Контроль состояния окружающей среды,

ру. В процессе всего испытания ИПГ должен быть включен. Повышают температуру в камере до значения температуры, установленной в ТД на ИПГ конкретного типа, при которой извещатель сохраняет работоспособность, но не менее 55 °С со скоростью 1 °С/мин., и выдерживают при данной температуре не менее 2 часов.

Перед окончанием испытания на ИПГ воздействуют концентрацией контролируемого им газа, способной вызвать срабатывание ИПГ. Контролируют срабатывание ИПГ. После окончания испытания ИПГ выдерживают в нормальных условиях в течение не менее 2 часов. Затем устанавливают в испытательную камеру в положение с минимальным значением чувствительности. По методике, изложенной в 4.13.3.1, определяют значение чувствительности ИПГ и отношение  $S_{max}$  к  $S_{min}$ , для расчета которого берут значения чувствительности, измеренные при данном испытании, и при испытании этого

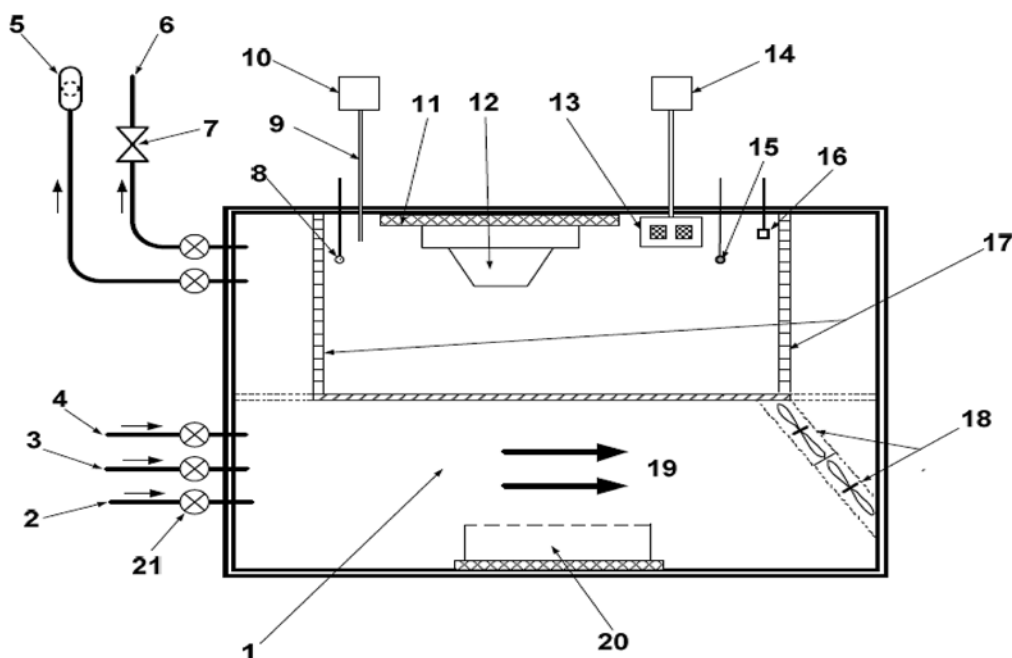


Рис. 3, где 1 – тестовая газовая камера; 2 – вход чистого воздуха; 3 – вход токсичного газа; 4 – вход СО; 5 – клапан баланса давления; 6 – выпускное (продувки) отверстие; 7 – вакуумный насос; 8 – датчик скорости воздушного потока; 9 – трубка отбора озона; 10 – анализатор озона; 11 – монтажная панель извещателя; 12 – тестируемый извещатель; 13 – датчик измерения СО; 14 – СО метр; 15 – датчик температуры; 16 – датчик влажности; 17 – воздушные выпрямители; 18 – вентилятор воздушного потока; 19 – направление потока воздуха; 20 – лоток для исследуемых веществ; 21 – пять клапанов потока (3 входные и 2 выходных).

персональную безопасность и равномерное распределение газа легче достичь, если объем газовой испытательной камеры является минимальным. Испытательная газовая камера имеет длину 500 мм, ширину — 400 мм и высоту — 400 мм и обеспечит приемлемые результаты. Рис. 3 дает пример построения тестовой газовой камеры.

Камера также должна быть настолько герметичной, насколько это возможно для избегания утечки испытательного газа из камеры и недопущения проникновения в нее загрязняющих веществ.

Внимание должно уделяться и выбору материалов, используемых при конструировании испытательной газовой камеры и ее газовых штуцеров для того, чтобы испытательные газы не реагировали с оборудованием и таким образом не влияли на концентрацию газа.

Для измерения значения порога срабатывания потребуется рост концентрации газа до тех пор, пока извещатель не сработает. Это проще обеспечить в газовой камере замкнутого типа. Поток воздуха в камере, что создается с помощью вентилятора, будет турбулентным, и его нужно пропустить через один или несколько выпрямителей потоков (позиция 15 и 16 на рис. 3), чтобы создать почти ламинарный и равномерный поток воздуха в непосредственной близости от извещателя. Это может быть достигнуто с помощью фильтра, сотового выпрямителя или обоих, размещенных впереди и сзади, извещателей. Следует проявлять осторожность, чтобы гарантировать, что воздушный поток хорошо перемешивается перед входом в выпрямитель





Рис. 4

потока для получения однородной температуры и концентрации газа. Эффективное перемешивание может быть получено путем подачи газа в тестовую газовую камеру перед вентилятором против движения воздушного потока.

Тестовая газовая камера может быть размещена внутри климатической камеры, чтобы обеспечить нагрев и охлаждение в течение климатических испытаний.

Во избежание нарушения условий испытания, например вследствие турбулентности, особое внимание надо уделять размещению элементов в рабочем объеме».

Имеются также существенные различия при проверке устойчивости при воздействии в течение установленного времени газов и паров окружающей среды. Различия имеются в количестве газов: в европейском стандарте испытания проводят еще по двум дополнительным газам — гексаметилдисилоксану и озону. Различия имеются и по времени воздействия, и по применяемым концентрациям, а также по времени восстановления.

Очень непростыми являются испытания в сернистом газе 21 сутки. Многие электронные компоненты таких испытаний не проходят, и требуется их замена на элементы со специальной защитой.

Как может выглядеть электронный блок пожарного извещателя, если не предпринято необходимых мер защиты, после пребывания 21 сутки в среде SO<sub>2</sub>, показано на рис. 4.

Все это подтверждает тот факт, что изменение № 1 стандарта ГОСТ Р 53325-2012 содержит технические требования испытания и методы их контроля менее жесткие, чем в европейских стандартах. Продукция, сертифицированная по европейским нормативам, легко будет проходить испытания по такому российскому стандарту. А обратное, строго говоря, маловероятно. ☒

#### Литература:

1. НПБ 71-98 Извещатели пожарные газовые. Общие технические требования. Методы испытаний <http://www.0-1.ru/law/default.asp?doc=/NPB/71-98>
2. Здор В. «ГОСТ 53325 новая версия — новые требования», ж. «Алгоритм безопасности», № 5, 2011, с. 6
3. Здор В. «Некоторые нюансы применения газовых пожарных извещателей в системах пожарной автоматики. Газовые извещатели в ГОСТ Р 53325-2012», ж. «Алгоритм безопасности», № 3, 2013, с. 24
4. Круглый стол «Новая редакция ГОСТ Р 53325» Техника пожарная. Технические

средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний», ж. «Алгоритм безопасности», № 4, 2013, с. 6

5. Корнев А. «Анализатор концентрации угарного газа», ж. «Радио», № 5, 2014, с. 36

6. ISO 7240-8:2007 Fire detection and alarm systems — Part 8: Carbon monoxide fire detectors using an electro-chemical cell in combination with a heat sensor

7. LPS 1279: ISSUE 1.0 Testing Procedures for the LPCB Approval and Listing of Point Multisensor Fire Detectors using Optical or Ionization Smoke Sensors and Electrochemical Cell CO Sensors and, optionally, Heat Sensors

8. prEN 54-26:2008 Fire detection and fire alarm systems. Part 26: Point fire detectors using carbon monoxide sensors

9. prEN 54-30:2009 Fire detection and fire alarm systems- Part 30: Multi-sensor fire detectors - Point detectors using a combination of carbon monoxide and heat sensors

10. Баканов В. «Мультикритериальные пожарные извещатели по российским и европейским стандартам», ж. «Технологии защиты», № 3, 2014, с. 73

11. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Пожарный\\_газовый\\_извещатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/Пожарный_газовый_извещатель)

