

Недооцененные возможности газовых пожарных извещателей

Владимир КОЗУБОВСКИЙ, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник УжНУ
Владимир БАКАНОВ, главный конструктор ЧП «Артон»

Наиболее распространенные в настоящее время пожарные извещатели обнаруживают следующие факторы развивающегося пожара:

- контроль открытого пламени в том или ином спектре излучения пламени;
- увеличение удельной оптической плотности воздуха точечными дымовыми извещателями;
- увеличение оптической плотности воздуха линейными дымовыми извещателями;
- рост температуры тепловыми извещателями.

Особенности применения таких изделий достаточно подробно раскрыты в государственных строительных нормах [1]. Технические требования и методы контроля этих извещателей изложены в соответствующих нормативных документах серии ДСТУ EN 54. Однако не все части европейских стандартов серии EN 54 переведены и внедрены в Украине. Создание национального нормативного документа — это достаточно сложный и длительный процесс даже при условии выполнения идентичного перевода (IDT). Правильно спланировать работу подкомитетов ТК25 с учетом приоритетных направлений — задача для очередной конференции УСПТБ.

Одной из таких приоритетных задач является создание национального стандарта по газовым пожарным извещателям. Эта проблема уже поднималась в 2011 г. на 7-й Международной конференции УСПТБ [2], но не нашла должной оценки в решениях этого форума. Но как показывает международный опыт и опыт наших ближайших соседей, газовые пожарные извещатели занимают достойное место в ряду широко применяемых пожарных извещателей как средств раннего обнаружения пожара.

Для выявления очага возникающего пожара на самой ранней стадии в мире давно уже используют мультикритериальные пожарные извещатели, которые обычно содержат и газовый сенсор. В России, например, многие годы существовал нормативный документ НПБ 71-98 [3], в настоящее время вводится изменение № 1 к ГОСТ Р 53325-2012 [4], в котором есть отдельный раздел, посвященный газовым пожарным извещателям, а на сайте ведущего отраслевого института ВНИИПО уже представлен для обсуждения новый стандарт по мультикритериальным пожарным извещателям [5]. В России производится несколько типов газовых пожарных извещателей, существуют разработанные специалистами Академии государственной противопожарной службы Российской Федерации рекомендации [7] по использованию газовых пожарных извещателей.

В Украине же сегодня нет нормативного документа на подобный компонент системы пожарной сигнализации. Нет такого нормативного документа и в планах работы подкомитета 4 ТК25. В то же время в Украине имеется несколько научных школ, которые многие годы занимаются исследованиями в области создания газовых сенсоров. Одна из них имеется в Ужгородском национальном университете. Научными исследователями этой школы создан целый ряд металл-оксидных сенсоров на основе полупроводниковых материалов. Эти разработки защищены 75 авторскими свидетельствами и патентами и дважды отмечались присуждением государственных премий Украины в области науки и техники (1987, 1998 гг.). Последние разработки ученых в этом

направлении, как, например, «Способ стабилизации температуры датчика газа» [8], положены в основу совместной работы с частным предприятием «Артон». Результатом этой совместной работы явилось создание нового комбинированного (теплого и газового) пожарного извещателя.

Газовый пожарный извещатель — устройство, которое реагирует на наличие в воздухе газов, выделяющихся при горении материалов (оксиды углерода, углеводородные соединения). Газовые извещатели могут фиксировать наличие в воздухе и других газов, возникающих при пожаре. Главной частью газового пожарного извещателя является сенсор, электрический сигнал, на выходе которого зависит от концентрации соответствующего газа. Наиболее распространенным газовым сенсором является датчик Наойоши Тагучи — полупроводниковый сенсор, регистрирующий наличие в атмосфере повышенного содержания недоокисленных газов, например СО. При появлении молекул угарного газа или водорода на поверхности такого сенсора меняется его электрическая проводимость, что является сигналом пожарной тревоги.

В Украине наиболее развита технология производства толстопленочных полупроводниковых сенсоров. По этой технологии изготавливаются сенсоры в Ужгороде. Полупроводниковые сенсоры объединяют в себе достоинства микроэлектронных устройств: низкую стоимость при массовом производстве, миниатюрность, низкую электрическую мощность, с возможностью измерения концентрации газов и жидкостей в широких пределах и с достаточно высокой чувствительностью.

Разработанные на основе этих полупроводниковых сенсоров извещатели пожарные газовые могут быть использованы для определения концентраций горючих газов (метан, пропан, бутан, водород и т. д.) в воздухе в интервале концентраций от 0,001% до единиц процентов, а также токсичных газов (СО, окислы азота, хлор, сероводород и т. д.) при концентрациях на уровне ПДК. На рис. 1 представлена схема элементов сенсора с использованием платиновой пасты в качестве нагревательного элемента. На рис. 2 приведена конструкция полупроводникового газочувствительного сенсора.

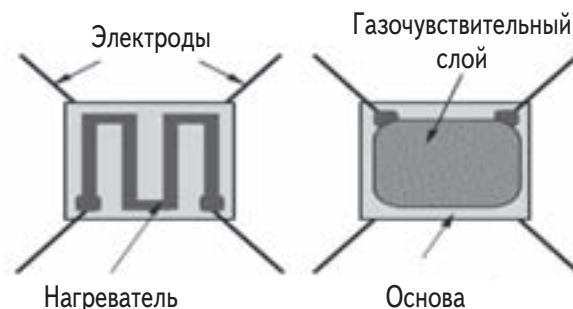


Рис. 1

Такие сенсоры производятся серийно и имеют стабильные характеристики. Поэтому очевидна целесообразность разработки извещателя пожарного газового на базе металл-оксидного полупроводникового газочувствительного элемента (далее — адсорбционный чувствительный

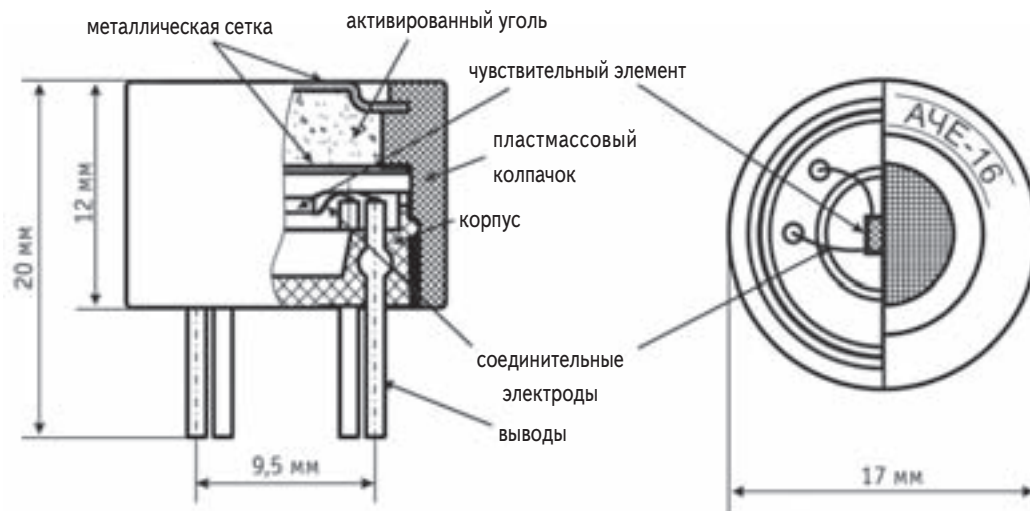


Рис. 2

элемент — АЧЭ). В основе работы АЧЭ лежат электрохимические реакции на поверхности полупроводника, легированного катализатором (например, в случае СО катализатор Pd: $\text{Pd} + \text{O}_2 \xrightarrow{400^\circ\text{C}} \text{PdO}$; $\text{PdO} + \text{CO} \xrightarrow{110^\circ\text{C}} \text{Pd} + \text{CO}_2$), которые приводят к изменению его проводимости за счет насыщения поверхности материала газом акцепторного или донорного типа (окислитель или восстановитель). Преимуществом таких элементов является высокая чувствительность — на уровне десятых ppm, линейная зависимость (в логарифмическом масштабе) выходного сигнала от концентрации газа в широком диапазоне, длительный срок службы, устойчивость к агрессивным газам и к значительным перегрузкам по концентрации, стабильность, быстрое действие и низкая цена. Однако существенным недостатком такого типа сенсора является значительное энергопотребление (порядка 100–200 мВт), что делает невозможным его использование в автономных пожарных газовых сигнализаторах. Поэтому очень актуальным для этого класса изделий является разработанный АЧЭ СО с низким уровнем энергопотребления [9, 10]. Такой сенсор может использоваться и в приборах двойного назначения — для анализа загазованности и предупреждения пожара. Уменьшение энергопотребления АЧЭ СО достигается за счет:

- ✓ уменьшения размеров чувствительного слоя и подложки с нагревателем;
- ✓ подбора длительности циклов десорбции газовых компонентов и их адсорбции.

Относительно уменьшения размеров АЧЭ СО все понятно: чем меньше масса чувствительного элемента сенсора, тем меньше мощности надо для его нагрева до определенной температуры. Кроме того, в наше время для уменьшения габаритов и энергопотребления АЧЭ перспективнее использовать нанотехнологии, например, применение в качестве подложки нанотрубки. Они очень прочны при диаметре несколько десятков нм. Поэтому во всем мире в этом направлении ведутся интенсивные исследования.

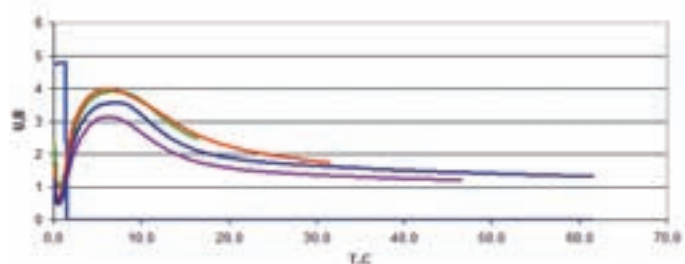


Рис. 3

Более доступным вариантом для разработчиков приборов является выбор режима работы АЧЭ СО. Во-первых, для уменьшения энергопотребления можно использовать импульсное напряжение питания нагревателя. Действительно, при импульсном напряжении питания происходит меньшее рассеивание тепла на пассивных элементах схемы управления. Экономия мощности — порядка 30%. Во-вторых, уменьшить энергопотребление извещателя пожарного газового можно и за счет «спящего» режима работы микроконтроллера, который в рабочем состоянии тоже потребляет довольно значительную мощность. Кроме того, можно сократить до минимума период нагрева АЧЭ СО (450 °C) и увеличить до максимума период его охлаждения до температуры 100 °C и ниже. Так, на рис. 3 приведена зависимость сигнала с АЧЭ СО при продолжительности цикла десорбции (термоочистки) 1,5 сек. и различных периодах охлаждения.

Основой конструкции АЧЭ СО является поликерамическая основа размерами 1,5 x 1,5 x 0,25 мм, которая обеспечивает малый градиент температур между нагревателем и чувствительным слоем. На одной стороне подложки методом трафаретной печати наносится нагревательный слой из платиновой пасты, который защищен изоляционным слоем из диэлектрической пасты.

На другой стороне подложки тем же методом изготавливаются электроды типа тандем из пасты на основе золота. Выводы элемента выполнены из платиновой проволоки диаметром 30 мкм. Проволока крепится на контактных площадках и приклеивается пастой. Проволочные выводы платы привариваются к выводам корпуса. Таким образом, основа находится в подвешенном состоянии, что обеспечивает минимальное рассеивание тепла. Газочувствительный слой изготовлен на основе мелкодисперсной двуокиси олова, легированной палладием, который наносится на подложку методом толсто пленочной технологии. Вид чувствительного слоя, полученный с помощью электронного микроскопа, показан на рис. 4.

При разработке газосигнализатора мы взяли за основу предлагаемую фирмой Figaro измерительную схему для подключения сенсора CO TGS2442. Схема включения с контролем температуры подложки и временные диаграммы представлены на рис. 5.

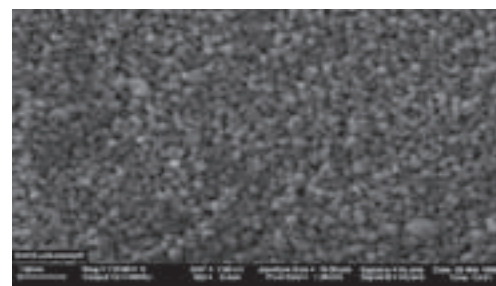


Рис. 4

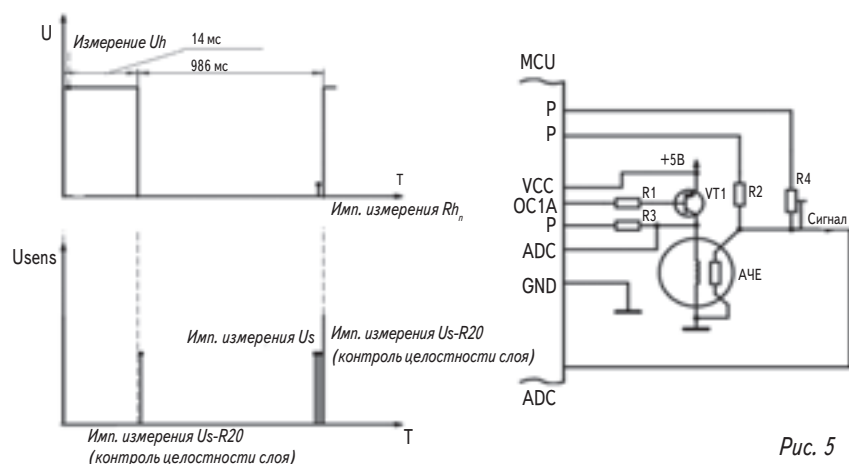


Рис. 5

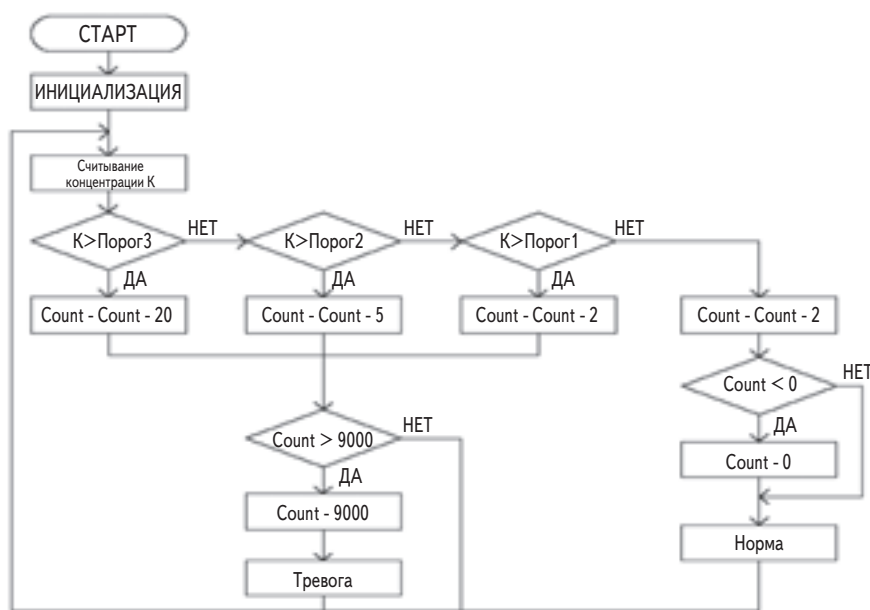


Рис. 6

В этой схеме применяется импульсное питание нагревателя и в систему регистрации введен счетчик импульсов, который обрабатывает импульсы, амплитуда которых больше предельного значения концентрации CO , по определенному алгоритму. Таким образом, сигнал пожарной тревоги выдается при определенном количестве импульсов, а это означает, что измеряется параметр концентрация $\times$ время, т. е. доза. При измерении дозы установлены три порога срабатывания газосигнализатора:

- первый (концентрация CO — 50 ppm, время срабатывания — 2–3 мин.) — в результате формируются прерывистые звуковые и световые сигналы с частотой 1 Гц;
- второй (концентрация CO — 100 ppm, время срабатывания — 2–3 мин.) — сигналы с частотой 2 Гц;
- третий (концентрация CO — 150 ppm, время срабатывания — 2–3 мин.) — в результате формируются непрерывные сигналы и срабатывает реле — нормально замкнутые контакты размыкаются.

При этом при концентрации 50 ppm второй порог срабатывает через 10 мин., а третий — через 30 мин. Алгоритм обработки сигнала при аккумулятивном методе измерения (концентрация $\times$ время) приведен на рис. 6.

При включении извещателя он находится в состоянии начального прогрева до его выхода на рабочий режим. При этом периодически вспыхивает зеленый индикатор. После прогрева начинается работа в дежурном режиме. Измерение концентрации газа производится каждую секунду. При достижении концентрации первого порога начинает увеличиваться количество измерений до двух в секунду. При этом включается импульсная индикация красного индикатора с частотой вспышек 1 Гц.

После понижения концентрации до уровня меньше первого порога уменьшается скорость измерения в 2 раза. При достижении концентрации второго и третьего порога скорость увеличивается до 5 и 20 Гц соответственно. Частота индикации красного индикатора равна 1 Гц с двумя вспышками и с 4 Гц соответственно. При достижении счетчиком значения 9000 включается звуковая индикация и коммутация внешней цепи с помощью реле. Для обеспечения согласования выходного сигнала извещателя с прибором приемно-контрольным пожарным в изделии использовано техническое

решение по патенту на полезную модель [11]. Фотографии газосигнализатора представлены на рис. 7 и 8.

Экспериментальные исследования и особенности функционирования чувствительных элементов извещателей пожарных газовых подтверждают, что они могут применяться для обнаружения загораний на стадии пиролиза, тления различных материалов. В частности, они могут использоваться для обнаружения возгорания материалов, когда медленное окисление этих материалов может привести к образованию значительной концентрации газов CO и H_2 . Значительное количество газов CO и H_2 выделяется при пиролизе электроизоляционных и радиотехнических материалов, что позволяет использовать извещатели пожарные газовые для обнаружения загораний кабельной продукции и электрических изделий [13, 14]. Извещатели пожарные газовые наряду с автономными дымовыми пожарными извещателями можно применять в жилых помещениях, офисах (с постоянным пребыванием людей), поскольку они могут выявить выделение незначительного количества CO и H_2 (незначительное превышение над фоновым уровнем), что позволит определить возникновение пожара гораздо раньше дымового и теплового пожарных извещателей.

Извещатели пожарные газовые не снижают своей работоспособности при наличии пыли, паров воды и, следовательно, могут использоваться в запыленных помещениях, а также в таких помещениях, как кухни, ванные комнаты, прачечные, сауны, где присутствуют пары воды. Перечень помещений, в которых могут применяться газовые пожарные извещатели, можно классифицировать следующим образом:

1. Производственные объекты:

- здания и помещения с производством изделий из древесины;
- здания и помещения с производством синтетических смол, синтетических волокон полимерных материалов;
- здания и помещения с производством текстильных, текстильно-галантерейных изделий;
- здания и помещения с производством табачных изделий;
- здания и помещения с производством целлюлозно-бумажных изделий.

2. Складские помещения:

- склады хлопка, суровья, пряжи, чесаного льна, шерсти, шерстяных и меховых изделий;
- склады бумаги, картона, тары из картона, древесно-стружечных плит и изделий из них;
- склады сыпучих материалов сельскохозяйственного производства;
- склады торфа, угольной пыли и других видов мелкодисперсного твердого топлива.

3. Помещения с вычислительной техникой, радиоаппаратурой:



Рис. 7

- АСУТП объектов нефтепереработки и нефтехимии;
- АТС, серверные, операторские;
- стойки с аппаратурой.

4. Специальные сооружения:

- кабельные тоннели,
- кабельные галереи.

5. Объекты с массовым пребыванием людей:

- библиотеки,
- архивы,
- книжные хранилища,
- кинотеатры,
- офисы.

6. Подземные гаражи.

7. Ну и, как мы уже говорили выше, пожарные извещатели газовые имеют преимущества по сравнению с дымовыми извещателями, которые наиболее полно раскрываются при их использовании в бытовых помещениях: на кухнях, в ванных, прачечных, где всегда присутствуют пары.

Однако таких рекомендаций нет в ДБН В. 2.5-56. Вот и получается, что нет потребности в газовых пожарных извещателях.

Ясно, что высокотехнологичные производственные помещения, как правило, особо чистые и в них нормально работают и дымовые извещатели. Что касается нормативных документов для бытовых пожарных извещателей газовых, то они вообще отсутствуют как в Европе, так и в Америке (США, Канада). Однако в этих случаях на Западе сертификационные центры имеют право регулировать подобные ситуации, издавая свои стандарты «предотвращения потерь» (например, Loss Prevention Standard LPS 1282), которые может понести отрасль из-за отсутствия стандартов. У нас ситуация несколько отличная — нет сертификационных центров широкой специализации, и они не могут разрабатывать и издавать стандарты. Поэтому есть необходимость разработать стандарт (хотя бы ведомственный) для бытовых пожарных извещателей газовых, которые могли бы использоваться и как газосигнализаторы загазованности угарным газом, т. е. для приборов двойного назначения.

Таким образом, металл-оксидные сенсоры полупроводникового типа могут с успехом использоваться в извещателях пожарных газовых для обнаружения пожаров на начальной стадии. Для этого необходимо уменьшить энергопотребление за счет уменьшения размеров чувствительного элемента и нагревателя (возможно с использованием



Рис. 8

нанотехнологий), а также за счет использования энергосберегающих режимов питания сенсора. Для предотвращения ложных срабатываний следует использовать мультикритериальные извещатели, которые имеют 2–3 сенсора для достоверного выявления различных типов пожаров на самых ранних стадиях развития пожара. Хотя стоимость таких извещателей будет больше стоимости однокомпонентных, однако она быстро окупится за счет предотвращения ложных срабатываний и простоев охраняемых объектов. Кроме того, на объектах в соответствии с их особенностями должны устанавливаться различные типы извещателей — и это должно найти свое отображение в государственных строительных нормах. И, конечно, для надежной работы извещателей пожарных они должны быть правильно смонтированы в соответствии с нормативными документами, и их эксплуатация должна проводиться в соответствии с рекомендациями производителя и нормативных документов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. ДБН В. 2.5–56–2010 Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту
2. Мисевич И. З., Корнев В. П., Баканов В. В. «Пожарные газовые извещатели». Тезисы докладов на 7-й международной конференции УСПТБ в Ялте, 2011 г., http://www.arton.com.ua/downloads/publications/tezisy_dokladov_sotrudnikov_predpriyatiya_na_7_mezhdunarodnoj_konferencii_v_yalte8/
3. НПБ 71–98 «Извещатели пожарные газовые. Общие технические требования. Методы испытаний»
4. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний
5. http://li.ru/go?www.vniipo.ru/news/tex_regl.php
6. Неплохов И. Г. «Пожарные извещатели с газовым каналом на российском рынке», ж. «Системы безопасности», 2009, № 5, с. 126
7. Федоров А. В. и др. «Системы и технические средства раннего обнаружения пожара». М., Академия ГПС МЧС России, 2009, с. 110
8. Алякшев И. П., Козубовский В. Р. «Способ стабилизации температуры датчика газа», патент Украины на полезную модель № 46786, бюл. № 1, 2010
9. Козубовський В. Р., Кормош В. В., Алякшев І. П., Ліщенко Н. г. «Сенсори та прилади для сповіщувачів газових». Тези доповідей 4-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Сенсорна електроніка та мікропроцесорні технології (СЕМСТ-4)». Одеса, 28.06.2010 — с. 274
10. Козубовський В., Кормош В., Алякшев І., Ліщенко Н. «Сенсори для пожежних сповіщувачів газових», ж. «Метрологія та прилади», № 5, 2010, с. 67–70
11. Баканов В. В., Корнев В. П., Мисевич И. З. «Пожарный извещатель», патент Украины на полезную модель № 58165, бюл. № 7, 2011
12. Баканов В. В. «Схемы подключения дымовых пожарных извещателей Часть 3», <http://daily.sec.ru/2014/02/04/Shemi-podklucheniya-dimovih-posharnih-izveshateley-CHast-3.html>
13. Федоров А. В., Лукьянченко А. А., Соколов А. В. «Экспериментальные исследования полей концентраций водорода и оксида углерода на ранней стадии пожара в помещениях и определение рациональных мест установки газовых пожарных извещателей» // Пожаровзрывобезопасность, № 3, 2006, с. 74
14. Федоров А. В., Лукьянченко А. А., Соколов А. В. «Применение газовых пожарных извещателей в системах пожарной сигнализации нефтеперерабатывающих производств» // Территория нефтегаз, № 6, 2006, с. 28.