

пучка. При этом при диагностике газовых потоков регистрируются пространственно-временные характеристики пучка: угол его отклонения, интенсивность пульсаций угла отклонения, диаметр пучка (градиентно-рефрактометрические методы), а при исследовании аэрозольных потоков измеряется интенсивность пучка (градиентно-фотометрические системы).

Высокая эксплуатационная и метрологическая надежность градиентно-оптических измерений обусловлена способами формирования термодинамических градиентов в измерительных каналах анализаторов, позволяющими обеспечить устойчивую фотометрическую базу, защиту оптических поверхностей излучателя и фотоприемника от загрязнений, а в некоторых случаях и их термостабилизацию. В градиентно-оптических анализаторах на пути прохождения зондирующего светового пучка отсутствуют твердо-

тельные (стеклянные) границы раздела между анализируемой и окружающей средами, что позволяет эффективно осуществлять непрерывный и продолжительный анализ газовых и аэрозольных потоков различной физической природы. В результате разработан и создан класс оригинальных градиентно-оптических анализаторов аэродисперсных систем, две модели из которых ДО-1 и ИД-1 освоены в серийном производстве. Градиентно-оптические анализаторы обладают простотой и удобством в применении, повышенной эксплуатационной и метрологической надежностью. Они нашли практическое применение в диагностике газовых и аэрозольных сред, при решении широкого класса аналитических, экологических, метрологических задач, в процессах глобального мониторинга, в системах автоматического управления, регулирования и контроля промышленных производств.

УДК 681

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ОГНЕВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Волков С.А.¹, Есипович Д.Л.¹, Дмитриченко А.С.²

¹НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь

В последние несколько десятилетий в Республике Беларусь все более актуальным становится применение полимерных материалов в системах различных технологических трубопроводов. Это вызвано их достоинствами по сравнению с традиционными, металлическими трубопроводами. Не стали исключением в части применения полимерных трубопроводов и автоматические установки пожаротушения (УП). Во многих странах мира (США, ЕС, Россия) практикуется использование трубопроводов из полимерных материалов в составе УП, о чем свидетельствует наличие стандартов, определяющих область и условия их применения, требования и методы испытаний трубопроводов.

На территории Республики Беларусь возможность применения полимерных трубопроводов в составе УП определена положениями ТКП 45-2.02-190-2010 [1], в соответствии с которым трубопроводы следует предусматривать из негорючих материалов (из стальных труб); применение в УП трубопроводов из других материалов должно производиться в соответствии с их областью применения после соответствующих испытаний.

Однако, до настоящего времени нормативная база по данному вопросу отсутствует. С целью формирования требований и разработки методов испытаний проанализируем применяемые в различных странах подходы, регламентированные

[2-6].

Основными критериями, определяющими возможность использования полимерных трубопроводов для автоматических установок пожаротушения, являются их устойчивость к повышенной температуре и воздействию пламени. В настоящей работе предлагается анализ методик испытаний полимерных трубопроводов в части устойчивости к воздействию открытого пламени.

Зоны пламени приняты согласно [9].

Оценку воздействия пламени на трубопровод проводим путем определения расположения (в зоне пламени, вне зоны пламени) трубопровода относительно пламени модельного очага для каждой методики испытаний [2-6].

Для расчета высоты пламени модельного очага будем использовать следующее эмпирическое выражение [7]:

$$H \approx 0,235 Q^{0,4} - 2,04 (S_n / \pi)^{0,5} \quad (1)$$

где, Q – тепловая мощность очага пожара; S_n – площадь модельного очага пожара;

Испытание полимерных трубопроводов для УП открытым пламенем в соответствии с [3] проводится в помещении (4×4) м высотой 2,8 м. Трубопровод со спринклерным оросителем (температура срабатывания – 68°C) размещается на расстоянии 15 мм от потолка до трубопровода. Тестовый очаг – 13 В [8], горючее – 10 л гептана. Время воздействия ограничивается вре-

менем горения тестового очага.

Для указанного тестового очага (мощность очага – 1652 кВт) высота пламени, определенная по формуле (1), составит порядка 3,8 м, однако подача воды спринклером вносит изменения в размер и форму пламени, что делает теоретическую оценку характера воздействия пламени на трубопровод сложной. Можно предположить, что испытываемый трубопровод будет находиться в зоне прерывистого пламени. Следует также отметить, что трубопровод по методике [3] размещается на высоте, которая является наиболее распространенной на объектах.

Размещение оборудования при испытании в соответствии с [6] аналогично [3], однако в процессе испытаний не происходит подача воды. Трубопровод монтируется на расстоянии $(10 \div 20)$ см от потолка в помещении размером (3×3) м высотой 3 м. Модельный очаг – 6 л. гептана, налитые в противень диаметром 550 мм. (мощность очага – 957 кВт). Время проведения испытания – не менее 5 мин. Высота пламени (1) составит порядка 3,0 м., что обеспечивает воздействие на трубопровод верхней границей пламени, формируемой всходящими потоками, и характеризующейся практически полным отсутствием пламени.

Методика испытаний, описанная в [4] отличается от рассмотренных выше. Трубопровод располагается на расстоянии (200 ± 50) мм от пола, на котором установлен противень размерами (400×200) мм с 0,5 литрами метанола. Время проведения испытания – 5 мин. С учетом, имеющихся данных высота пламени может достигать 0,8 м.

Исходя из параметров и условий проведения испытаний, можно сделать вывод, что при проведении испытаний трубопровод будет находиться в области устойчивого пламени. Однако следует отметить, что время проведения испытания в соответствии с [4] меньше чем в [3, 6] и составляет 5 мин, что в принципе достаточно, для того чтобы вскрылся спринклерный ороситель и произошел запуск УП.

Методика, описанная в [2] предполагает целый комплекс из 9 испытаний, рассматривающий различное расположение модельного очага относительно испытываемого трубопровода, а также различную пожарную нагрузку, характерную для пожаров с медленным и быстрым распространением пламени. В [2] в качестве модельного очага используют модельный очаг класса А (брусочки хвойных пород древесины сечением 50×50 мм и длиной 455 мм). Мощность тепловыделения одного модельного очага составляет порядка 300 кВт. Также методикой предусмотрено использование модельного очага пожара, представляющего собой смоделированный блок мебели (два листа фанеры с закрепленными на них

сэндвич-панелями). Для проведения испытаний используются камеры с размерами $(6,1 \times 6,1 \times 3)$ м; $(6,1 \times 4,9 \times 3)$ м; $(7,3 \times 4,9 \times 3)$ м.

С учетом имеющихся данных, высота пламени при проведении испытаний с двумя модельными очагами класса А может достигать значения 2,5 м. Учитывая особенности размещения модельного очага над уровнем пола (0,5 м), можно сделать вывод, что высота пламени будет порядка 3,0 м, что свидетельствует о размещении трубопровода в верхней границе пламени.

Сравнительный анализ высоты пламени, и соотношения высоты размещения трубопровода H относительно высоты пламени h над модельным очагом приведен в таблице 1.

Таблица 1

| Методика испытаний | Высота помещения, м | Высота пламени (h), м | Высота размещения трубопровода (H), м | Соответствие условию $h \leq H$ |
|-------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| LPC 1260 [3] | 2,8 | 3,8 | 2,78 | $h > H$ |
| FM 1635 [2] | 3,0 | 3,0 | 2,95 | $h \approx H$ |
| WAL 04042-A [4] | – | 0,8 | 0,25 | $h > H$ |
| Методика ФГБУ ВНИИПОМЧСРФ [6] | 3,0 | 3,0 | 2,9 | $h \approx H$ |

Важно отметить критерии оценки результатов испытаний для различных методик испытаний [2-6], таблица 2.

Как видно из таблицы 1 испытания по [2, 6] в меньшей степени уделяют внимание устойчивости полимерных трубопроводов к огневому воздействию, а делают упор на исследование устойчивости трубопроводов к воздействию тепловых потоков в условиях пожара приближенных к реальным. Однако, в условиях реального пожара нельзя исключить ситуацию, когда трубопровод будет подвержен продолжительному воздействию пламени.

Таблица 2

| Контролируемые параметры | LPC 1260 | FM 1635 | WAL 04042-A | Методика ФГБУ ВНИИПО |
|--|----------|---------|-------------|----------------------|
| Отсутствие пламенного горения трубопровода во время и после проведения испытаний | – | – | + | – |
| Отсутствие протечек в системе трубопроводов и в местах их соединений | + | + | + | + |
| Отсутствие горящих капель в процессе воздействия пламени на полимерный трубопровод | – | – | + | + |
| Деформация трубопроводов | + | + | + | + |

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что при проведении испытаний по методикам [3, 4] полимерные трубопроводы подвержены устойчивому прямому воздействию

пламени. В тоже время, следует отметить, что в соответствии с положениями методики [3], прямое огневое воздействие на полимерный трубопровод не продолжительное и ограничивается моментом вскрытия спринклерного оросителя (около 60 с), что не позволяет в полной мере, оценить устойчивость полимерного трубопровода к огневому воздействию. Метод испытаний, описанный в [4] направлен непосредственно на оценку поведения полимерного трубопровода при прямом воздействии пламени, что позволит определить его устойчивость к огневому воздействию.

В части контролируемых параметров в процессе испытаний, как видно из таблицы 2, основными критериями при проведении испытаний является целостность и отсутствие деформаций трубопроводов.

1. ТКП 45-2.02-190-2010 «Пожарная автоматика зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования».
2. FM 1635 Approval Standard for Plastic Pipe and

Fittings for Automatic Sprinkler Systems.

3. LPS 1260 Loss Prevention Standard. Requirements for testing plastic pipes and fittings for sprinkler systems.
4. Test Procedure WAL 04042-A / VdS, 2005.
5. VdS 2100-06: 2004-01(01) Pipe Joint.
6. Программа и методика сертификационных испытаний труб и фитингов «FIREPROFF» компании ООО «Поток-Трубная компания» на прочность и пожаростойкость. / ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва. – 2013.
7. Heskestad G. Fire plumes, flame height, and air entrainment / SFPE Handbook of Fire Protection Engineering / – 3rd ed. – Quincy MA: NFPA. – 2002. – P.2-1 – 2-17.
8. BS EN 3-1:1996 Portable fire extinguishers. Description, duration of operation, class A and B fire test McCaffrey, B.J., Purely buoyant diffusion flames: some experimental results. – 1979. – National Bureau of Standards, NBSIR 79-1910.

УДК 544.22+544.08

ГАЗОВЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИЙ WO_3 С Co_3O_4 И МНОГОСТЕННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Гайдук Ю.С.¹, Реутская О.Г.², Таратын И.А.², Савицкий А.А.¹, Стрижаков Д.А.³

¹Белорусский Государственный Университет
Минск, Республика Беларусь

²ОАО «Минский НИИ радиоматериалов»,
Минск, Республика Беларусь

³Институт химии новых материалов НАНБ,
Минск, Республика Беларусь

Полупроводниковые резистивные датчики на основе SnO_2 , In_2O_3 , WO_3 , ZnO и др. оксидов широко применяются для обнаружения и определения концентрации различных газов. Однако, несмотря на значительное количество публикаций о газосенсорных свойствах индивидуальных оксидов – Co_3O_4 и, в особенности, WO_3 , исследования, посвященные изучению влияния добавки Co_3O_4 на газочувствительные свойства WO_3 , отсутствуют. Поэтому целью нашей работы стало изучение структурных и газочувствительных свойств оксидов вольфрама, кобальта и их композиций, полученных золь-гель методом.

Кроме того, в составе композиции с WO_3 нами впервые оценены газочувствительные свойства многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ), полученных в плазме высоковольтного разряда атмосферного давления в Институте тепло- и массообмена НАН Беларуси.

Методика эксперимента. Гель вольфрамовой кислоты получен из 1,23М р-ра вольфрамата натрия и 12М р-ра азотной кислоты.

$Na_2WO_4 \times 2H_2O$ по каплям добавляли к раствору HNO_3 . При термическом разложении геля образуется нанокристаллический триоксид вольфрама.

Оксид кобальта Co_3O_4 получали осаждением 9,24М р-ром аммиака смеси оксидных соединений кобальта из 2,3 М р-ра $Co(NO_3)_3 \times 7H_2O$. Отжиг данной смеси выше 200 °С приводил к получению нанокристаллического Co_3O_4 .

Углеродные нанотрубки (УНТ) получали в плазме высоковольтного разряда атмосферного давления при постоянном напряжении 8,0 кВ и силе тока 100 мА. В качестве исходного сырья была использована смесь углеводородов (метан, пропан) с воздухом.

С целью изучения газочувствительных свойств исследованных композиций были изготовлены микроощные сенсоры. На пластину анодированного алюминия (1,3×1,3 мм) с сформированными на его поверхности фотолитографическим методом Pt-электродами (одна пара, расстояние 80 мкм) капельным методом нано-