

ния и т.д. К источнику ошибок измерения датчика можно отнести околоэлектродное изменение состава газа, связанное с концентрационной и электродиффузией кислорода через оксид циркония, поляризация электродов, старение и нестабильность свойств окислов и износ платины, которая используется в датчике для снятия сигнала. Еще один момент применения систем контроля углеродного потенциала с кислородными датчиками погружного типа, который можно рассматривать, как его серьёзный недостаток – это невозможность применять многоточечные системы, в которых один газоанализатор имеет возможность обслуживать несколько объектов регулирования путем простого переключения в системе отбора газовых проб. В реальных условиях это позволяет в разы сократить себестоимость систем автоматического управления. Однако возможность измерять характеристики контролируемых атмосфер непосредственно у поверхности обрабатываемых деталей, практическая безинерционность и простота монтажа на объекте управления – все эти качества датчика кислорода обеспечили ему широкое распространение в системах измерения. Опи-

санные выше методы измерения углеродного потенциала были успешно использованы при создании систем автоматического контроля и управления процессами химико-термической обработки металлов в целях модернизации существующего термического оборудования на машиностроительных предприятиях Республики.

1. Neumann, F. Thermodynamische Grundlagen zur Prozesskontrolle beim Aufkohlen in Gasen / F. Neumann, U. Wyss // HTM: Harterei-Technische Mitteilungen. – 1994. – Bd. 49. – № 3. – P. 207-214
2. AWT-Fachausschuss 5 Arbeitskreis 4 (Hrsg.): Die Prozessregelung beim Gasaukochen und Einsatzdarten// Expert Verlag, Renningen – 1997.
3. Schmalzried, H.: Über Zirkonoxid als Elektrolyt für elektrochemische Untersuchungen bei hohen Temperaturen // Z. Elektrochem. Ber. Bunsenges. Physik. Chemie. – 1962. – Bd. 66. – № 7. – P. 572.

УДК: 535.32:551.508

## ГРАДИЕНТНО-ОПТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ПОВЫШЕНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

**Виленчиц Б.Б., Попов В.К., Шаронов Г.В.**

*Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко  
Минск, Республика Беларусь*

Проведен анализ проблем и определены способы повышения эксплуатационной и метрологической надежности методов и средств оптической диагностики газовых и аэродисперсных потоков на основе предложенного градиентно-оптического принципа. Различные области науки (физика, химия, биология), техники (ракетная, космическая, лазерная), промышленности (химическая, газо- и нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая), хозяйственной деятельности (охрана окружающей среды, производство и хранение продовольственной продукции) так или иначе связаны с анализом газовых и аэрозольных сред. Чрезвычайно широкий круг требований к методам анализа этих сред и реализующим их устройствам определяется многообразием газоаналитических задач, конкретное решение которых и обуславливает необходимость совершенствования традиционных и разработку новых способов и аппаратуры.

Автоматизация процессов различных производств и технических средств требует быстродействующего автоматического анализа параметров сложных многокомпонентных и мно-

гофазных газовых и аэродисперсных потоков (агрессивных, токсичных, быстродиссоциирующих, взрывоопасных, высокотемпературных, влажосодержащих, дымовых, пылевых) в широких диапазонах изменения их скоростных и термодинамических режимов. Непрерывная диагностика этих сред позволяет следить (и в определенной мере управлять) как за ходом технологических процессов, так и за качеством получаемой продукции.

В целом ряде производств химической, нефтяной, нефтехимической, горнодобывающей, газовой, энергетической и других отраслей промышленности контроль за составом газообразных сред осуществляется с помощью автоматических анализаторов. Они служат для определения и предупреждения образования взрывоопасных концентраций смесей, а также вредных для человека количеств токсичных и ядовитых веществ. Анализаторы приобрели актуальность при контроле предельно допустимых выбросов отходящих газов производств, выхлопных газов транспортных средств, а также для контроля предельно допустимых концентраций загрязни-

телей воздуха.

Газоаналитические средства развиваются в двух вариантах: промышленном и лабораторном. Лабораторные средства анализа характеризуются более высокой чувствительностью и прецизионностью в силу условий их эксплуатации и предназначения. Производственные средства, в свою очередь, должны обеспечивать непрерывный и автоматический анализ газообразных сред в условиях длительной эксплуатации, в экстремальных заводских и климатических условиях без участия человека. Поэтому круг требований ко всем упомянутым средствам существенно дифференцируется.

Количественный и качественный контроль указанных сред в большинстве случаев осуществляют с помощью локального газового анализа, который в свою очередь разделяют на две группы методов: контактные и бесконтактные. К первым относятся: механические, тепловые, магнитные и другие, которые требуют для получения информации об анализируемой газообразной среде контакта зондирующего элемента (различного рода датчиков) с этой средой. Ко вторым (в основном оптическим) относятся те, которые необходимую информацию дают путем взаимодействия электромагнитного излучения с такой средой (в частности, по поглощению ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения или с помощью нефелометрических, фотометрических, интерферометрических, рефрактометрических и других измерений).

Одним из существенных недостатков контактных методов является их низкая метрологическая надежность измерений, обусловленная изменением свойств датчиков во времени в результате взаимодействия их с анализируемой газообразной средой. В силу этого такие методы мало пригодны для анализа большинства сложных газовых сред и газозвесей.

Бесконтактные оптические методы, благодаря также их быстрдействию, являются наиболее пригодными для осуществления автоматического экспресс-анализа сложных газовых и аэрозольных сред. Однако и оптические методы имеют недостатки. Они проявляются уже при анализе газовых сред, где бесконтактные оптические методы (так же, как и контактные) не всегда обладают необходимой метрологической надежностью измерений. Это обусловлено загрязнением и запотеванием окон оптических кювет, необходимых для проведения локального анализа традиционными методами. Наличие окон в измерительных каналах приводит к ужесточению требований к состоянию (качеству) анализируемой среды, помещаемой в них, что существенно затрудняет (а иногда и исключает) процессы газоподготовки и анализа сложных газовых сред (особенно влагосодержащих, агрессивных, быстродиссоциирующих, высокотемпературных, движущихся с большими скоростями).

Подобные недостатки проявляются в еще большей мере при локальном анализе аэрозоль-

ных сред (дымовых, пылевых). Здесь процессы газоподготовки (осушка, очистка), используемые для уменьшения загрязнений окон оптических кювет анализаторов газов, неприемлемы, так как исследуемые характеристики аэродисперсной среды (дымность, прозрачность) связаны именно с наличием в газовом потоке аэрозолей различной природы (частиц пыли, сажи, металлов), которые устраняются операциями газоподготовки.

Попытки решать эти проблемы путем предохранения оптических поверхностей приборов от загрязнений к успеху не привели, так как использованные способы защиты (механические, конвективные, термоконвективные) оказались в большинстве случаев малоэффективными, особенно при создании мобильных и портативных устройств, в частности, анализаторов дыма.

Аналогичные проблемы возникают и в сопутствующих диагностике процессах. Разнообразие источников выбросов газовых и аэрозольных сред, подлежащих анализу, и природных условий их контроля предъявляют специфические требования и к средствам управления, формирования и диагностики параметров световых зондирующих пучков. Традиционно используемые для этих целей твердотельные (стеклянные) оптические элементы (линзы, призмы, фильтры, зеркала, разделительные пластины) будут не только загрязняться, но и нагреваться, особенно при использовании мощных световых пучков или коротких импульсов излучения, что может привести к частичной или полной потере их оптических свойств. Все это снижает эффективность анализа. Проблема эффективности связана с не универсальностью большинства оптических методов к измеряемым параметрам газового потока. Вследствие этого для комплексного исследования характеристик потока необходимо использовать несколько методов и приборов. В итоге такая диагностика требует комплекта дорогостоящей измерительной аппаратуры, что значительно усложняет измерения в производственных условиях.

Учитывая широкий и все возрастающий объем автоматических газоаналитических измерений, необходимо дальнейшее развитие оптических средств, расширяющих круг решаемых газоаналитических задач и в большей мере соответствующих современным эксплуатационным требованиям, чем традиционные. Однако отмеченные выше проблемы нельзя разрешить лишь усовершенствованием известных оптических методов и аппаратуры. Здесь необходимы новые подходы.

В связи с выше изложенным, нами предложен и развивается градиентно-оптический подход, основанный на создании и использовании градиентов оптико-физических характеристик (температуры, давления, концентрации, плотности, а, следовательно, и показателя преломления среды) в анализируемом потоке и измерении параметров прошедшего через него светового зондирующего

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.<sup>1</sup>, Есипович Д.Л.<sup>1</sup>, Дмитриченко А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский 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-