

In order to be able to implement the objectives of the Industry 4.0 concept, manufacturing companies should make investments in IT technologies supporting the execution of processes (activities), because IT systems are the basis for further investments in smart technologies. The transition to “level 4.0” also requires large investments in supplementing the knowledge of managers and engineers to implement and use the IT technologies supporting production processes.

References

1. Patalas-Maliszewska J., Skrzyszewska M. Model rozwoju przedsiębiorstwa produkcyjnego w

kontekście koncepcji Industry 4.0 /Przedsiębiorczość i Zarządzanie, 2017, vol.18 (12), pp. 177–196.

2. Younus M., Hu L., Yong Y., Yuqing F. Realization of Manufacturing Execution System for a Batched Process Manufacturing Industry/ Proceedings of the Int. MultiConf. of Engineers and Computer Scientists, 2009, vol. 2, pp. 1337–1341.

3. Dorst W., Glohr C., Hahn T., Knafla F., Loewen U., Rosen R. Umsetzungsstrategie Industrie 4.0: Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0 – Frankfurt/Main: BITKOM e.V. – 2015. – 100 pp.

4. Spath D., Ganschar O., Gerlach S., Hämmerle M., Krause T., Schlund S. Produktionsarbeit der Zukunft Industrie 4.0. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013, 155 pp.

УДК 535.317:621.783.323

ГРАДИЕНТНО-ОПТИЧЕСКИЕ ДЫМОМЕРЫ

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

Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, Республика Беларусь

Загрязнение воздушной среды газовыми выбросами промышленных предприятий и транспортных средств постоянно увеличивается. В связи с этим весьма актуальна проблема оперативного контроля концентрации газовых выбросов. Создание надежных методов и средств экспресс-контроля газовых загрязнений является одной из проблем современного газоаналитического приборостроения. Основными вопросами непрерывного экспрессного анализа параметров сложных газовых систем являются определение локальных концентраций и полей концентраций движущихся сред, и одновременное определение концентраций и скоростей потоков.

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 должны обеспечивать непрерывный и автоматический анализ газообразных сред в условиях длительной эксплуатации в экстремальных заводских и климатических условиях.

Количественный и качественный контроль указанных сред в большинстве случаев осуществляется с помощью локального газового анализа, который, в свою очередь, разделяют на две группы методов: контактные и бесконтактные. К первым относятся механические, тепловые, магнитные и др., которые требуют контакта зондирующего элемента с исследуемой средой. Ко вторым относятся те, которые нужную информацию получают путем взаимодействия электромагнитного излучения с газовой средой. В частности, по поглощению ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения.

Для локального анализа дымовых, пылевых и подобных им аэродисперсных потоков наибольшее распространение получили два метода: фильтрация и просвечивания. Метод фильтрации заключается в осаждении на фильтре путем пропускания через него исследуемого потока частичек пыли и

сажи с последующим измерением степени черноты фильтра оптическим способом. По такому принципу работают, например, дымомеры «Бош» (Германия), «Фон Бранд» (США), AVL (Австрия). Однако этот метод не является экспрессным и достаточно сложен в измерениях.

Метод просвечивания основан на измерении ослабления интенсивности светового пучка при прохождении его через диагностируемый поток. Подобный метод реализован в дымомерах «Вольво» (Швеция), «Утак» (Франция), «Хартридж» (Англия).

Способ экспрессный, относительно прост в реализации, но основной его недостаток – загрязнение оптических элементов измерительного тракта аэрозольными частицами – трудно преодолим.

Изучение и анализ мирового опыта разработки методов и средств исследования токсичных компонентов и дымности газообразных сред выявили следующие основные тенденции развития данной группы приборов:

- повышение метрологических характеристик приборов;
- создание полифункциональных многопараметрических приборов, основанных на модульно-блочном принципе построения;
- применение средств микроэлектроники, вычислительной техники, программного обеспечения;
- уменьшение массогабаритных характеристик создаваемых приборов.

Существенного повышения метрологической надежности газоаналитических измерений можно достичь, взяв за основу оптические методы, обладающие высокой чувствительностью и селективностью. Это обусловлено и тем, что оптические принципы измерения позволяют реализовывать полностью безинтрузивный анализ газовых сред. С помощью предложенных методов удалось значительно повысить точность измерений в условиях с ограниченными пространственными возможностями размещения измерительных устройств относительно

источников выбросов, а также при исследовании газовых выбросов с быстропеременной концентрацией частиц, при диагностике дымности отработавших газов движущегося транспортного средства и в других нестандартных ситуациях.

На этой основе разработаны оригинальные градиентно-фотометрические принципы построения газоаналитических средств исследований дымовых выбросов. Основанные на использовании вихревых и струйных эффектов для осуществления защиты и термостабилизации элементов оптического тракта средств измерений, они обеспечивают необходимую метрологическую надежность контроля.

Градиентно-фотометрические средства пригодны для исследования оптико-физических характеристик аэрозолей различной природы: дымовых, пылевых, масляных, кислотных и т.д. Однако практическая реализация указанных разработок требует конкретизации измеряемой характеристики, вида аэрозоля и условий эксплуатации прибора. Исходя из актуальности решения экологических проблем, преимущественное внимание было уделено решению одной из важнейших задач газоаналитического приборостроения – созданию портативных устройств для измерения дымности газовых выбросов промышленных производств и технических средств.

Оптические анализаторы дымности, работающие на принципе просвечивания, можно описать с помощью соотношения: $D = (1 - K_{пр}) 100\%$, где D – дымность потока; $K_{пр} = \exp(-K_{ос}L)$ – коэффициент пропускания; $K_{ос}$ – коэффициент оптического излучения; L – толщина исследуемой среды.

Как видно, требуется измерение мощности коллимированного светового пучка, проходящего через исследуемую среду толщиной L . По величине дымности легко определяется коэффициент ослабления оптического излучения: $K_{ос} = -1/L \ln(1 - D/100)$.

Зная его связь с концентрацией частиц, можно определить последнюю. Если выполняется закон Бугера, то эта связь носит линейный характер $K_{ос} = K_c N$, где K_c – коэффициент связи; N – массовая концентрация частиц. Таким образом, анализаторы дыма могут быть градуированы в единицах, определяющих величины D , $K_{ос}$ и N .

Обзор существующих отечественных и зарубежных аналогов и анализ возникающих при эксплуатации приборов проблем показывают, что разрабатываемые дымомеры должны отвечать следующим общим требованиям:

– возможность измерения дымности в реальных скоростных режимах течения потоков;

– высокая метрологическая надежность;
– высокая метрологическая надежность;
– приемлемые габаритные размеры, масса, энергопотребление; удобство в использовании и простота метрологического обеспечения.

Учет всего изложенного и моделирование процессов диагностирования различных источников дыма приводят к выбору функциональной схемы разрабатываемых приборов, состоящей из двух основных элементов: оптического детектора и электронно-измерительного блока.

Оптический детектор служит для преобразования энергии светового зондирующего пучка в электрический сигнал, а также для формирования градиентов термодинамических параметров исследуемого потока с целью обеспечения постоянства фотометрической базы и надежной защиты элементов оптического тракта от загрязнений.

Для эффективной реализации отмеченных свойств детектора выбрана однолучевая фотометрическая схема зондирования с поперечным просвечиванием исследуемого потока.

Электронно-измерительный блок предназначен для усиления и обработки электрического сигнала детектора и индикации дымности.

Анализ газоаналитических ситуаций и статистические данные опроса потенциальных потребителей анализаторов дыма показали, что для удовлетворения практических нужд необходимы различные модели дымомеров:

– стационарные – для постоянного контроля за технологическими процессами и их управлением, используемые на испытательных и исследовательских стендах и т. д.;

– переносные – для периодического контроля за параметрами технологических процессов;

– портативные – для служб санэпидстанций, природоохранных учреждений;

– мобильные – для непрерывного экспресс-контроля дымности газовых выбросов движущихся источников (автомобилей, самолетов и др.).

В результате создан класс оригинальных градиентно-оптических портативных дымомеров, две модели из которых, ДО-1 и ИД-1, освоены в серийном производстве. Они нашли и получают практическое применение при решении широкого класса экологических, аналитических, метрологических задач, в проблемах глобального мониторинга, в системах автоматического управления, регулирования и контроля промышленных производств и технических средств.

УДК 535-3, 535.314

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАТНОРАССЕЯННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ПУЧКА ЦИФРОВОЙ ПИНХОЛ-КАМЕРОЙ

Дудчик Ю.И., Хилько Г.И., Крютень О.В.

Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, Республика Беларусь

Для получения изображения объекта в обратно-рассеянных рентгеновских лучах его сканируют уз-

конаправленным рентгеновским пучком, а рассеянное излучение регистрируется детектором, который