

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОСНОВ ГРАДИЕНТНО-ОПТИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ ВИХРЕВОГО ТИПА

Разработаны и внедрены физико-технические основы, принципы построения и функционирования градиентно-оптических анализаторов аэродисперсных сред на основе применения вихревых эффектов.

Для локального анализа дымовых, пылевых и подобных им аэродисперсных потоков наибольшее распространение получили два метода: фильтрования и просвечивания [1]. Метод фильтрования заключается в осаждении на фильтре путем пропускания через него исследуемого потока частичек пыли, сажи и последующем измерении степени черноты фильтра оптическим способом. По такому принципу работают дымосмеры «Бош» (Германия), «Фон Бранд» (США), «AVL» (Австрия). 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 дымомера «Вольво» (Швеция), «Утак» (Франция), «Хартридж» (Англия). Способ относится к экспрессным, относительно прост в реализации, однако имеет существенный недостаток – загрязнение оптических элементов измерительного тракта аэрозольными частицами.

Возможны два пути снижения влияния загрязненности на точность измерений: ввести автоматическую коррекцию в результат измерений на величину загрязненности или обеспечить защиту оптических элементов от осаждения на них частичек пыли, сажи и влаги.

Первый путь не получил широкого применения. Иногда он использовался в прецизионных стационарных установках, требующих специальных условий эксплуатации и высококвалифицированного обслуживания, что не обеспечивает технико-экономической эффективности анализа.

Второй путь - более рациональный. Однако он недостаточно разработан. Здесь наряду с малоэффективными механическими способами защиты хорошо известны два приема, заключающиеся в создании термодинамических неоднородностей между загрязняющимися оптическими элементами излучателя - фотоприемника и анализируемым аэродисперсным потоком: конвективный и термоконвективный.

Оба способа имеют сходные недостатки. Во-первых, защитный воздушный поток нарушает структуру пылегазового потока в зоне измерений. При этом длина взаимодействия зондирующего пучка с исследуемым аэрозольным потоком зависит от соотношения скоростей. Это приводит к неустойчивости фотометрической базы и снижению точности измерений, а также ограничивает диапазон изменения скоростей исследуемых потоков. Во-вторых, реализация такой защиты требует наличия источника сухого чистого воздуха или другого газа. Это существенно затрудняет разработку переносных и портативных устройств, характеризующихся малыми габаритами и весом.

Таким образом, существуют различные оптические методы и приборы для исследования аэрозольных сред, что обусловлено разными факторами: физико-химической природой микрофизических и микрооптических параметров аэрозольных частиц; определяемыми характеристиками, такими как концентрация частиц, их поглощающая и рассеивающая способность, а также производными от них величинами оптической плотности, непрозрачности, дымности, условиями диагностирования. Разработанные градиентно-фотометрические средства пригодны для исследования оптико-физических характеристик аэрозолей различной природы.

Однако практическая реализация этих разработок требует конкретизации измеряемой характеристики, вида аэрозоля и условия эксплуатации прибора. Преимущественное внимание было уделено решению одной из важнейших задач газоаналитического приборостроения – созданию устройств для измерения дымности газовых выбросов промышленных производств и технических средств, в частности, отработавших газов автомобильного транспорта.

Работающие на принципе просвечивания оптические анализаторы дымности можно описать с помощью соотношения

$$D = (1 - K_{пр}) 100\%,$$

где: D – дымность исследуемого потока, $K_{пр}$ – коэффициент пропускания потока, равный $\exp(-K_{ос} L)$, а $K_{ос}$ – коэффициент ослабления оптического излучения.

Легко видеть, что требуются измерения мощности узкого коллимированного светового пучка, проходящего через исследуемую среду толщиной L . По величине дымности легко определить коэффициент ослабления света

$$K_{ос} = -1/L \ln(1 - D/100),$$

а 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: $K_{ос}$ – коэффициент связи, N – весовая концентрация частиц, $г/м^3$. Таким образом, анализаторы дыма могут быть градуированы в единицах D , $K_{ос}$ или N .

Обзор существующих отечественных и зарубежных аналогов и анализ возникающих при эксплуатации проблем показывают, что разрабатываемые дымомеры должны отвечать следующим общим требованиям: высокая метрологическая надежность, возможность измерения дымности в реальных скоростных режимах течения исследуемых потоков, приемлемые габариты, вес, энергопотребление, удобство в использовании и простота метрологического обеспечения.

Статистические данные опроса потенциальных потребителей анализаторов дыма показали, что для удовлетворения практических нужд необходимы различные модификации дымомеров: стационарные – для измерений в технологических процессах, на испытательных и исследовательских стендах и т.д.; переносные – при диагностике автомобильных двигателей на станциях технического обслуживания и автопредприятиях, портативные – для служб госавтоинспекции, санэпидстанций, природоохранных учреждений; мобильные – для непрерывного экспресс-контроля дымности газовых выбросов движущихся источников загрязнений (автомобилей, самолетов и др.)

В результате был разработан и создан класс оригинальных градиентно-фотометрических стационарных, мобильных, переносных и портативных дымомеров, две модели которых освоены в серийном производстве.

Список литературы

1. Виленчиц, Б.Б. Градиентно-фотометрическая диагностика дымовых выбросов [Текст]/Б.Б.Виленчиц. – М.:Информавтотранс, 1991. – 64 с.

Developed and implemented physical and technical basics, principles of construction and functioning of gradient-lens analyzers of aero disperse environments through the use of swirling effects.

Виленчиц Б.Б., г.н.с. НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, д.ф.-м.н., Минск, Беларусь, E-mail: vkp@bk.ru.

Попов В.К., зав. лабораторией НИИПФП им. А.Н.Севченко БГУ, к.т.н., Минск, Беларусь, E-mail: vkp@bk.ru.