

*Двенадцатая Международная научно-техническая конференция
«Оптические методы исследования потоков»
Москва, 25 — 28 июня 2013 г.*

УДК 621.373.826+504.064.37

С.В. Половченко, В.В. Роговский, О.В. Роговский, П.В. Чартий

*Новороссийский политехнический институт (филиал)
ФГБОУ Кубанский государственный технологический университет,
Россия, 353900, Новороссийск, ул. Карла Маркса, 21,
E-mail: vshemanin@mail.ru*

**МНОГОВОЛНОВОЕ ЛАЗЕРНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АЭРОДИСПЕРСНЫХ
ПОТОКОВ ИНТЕГРАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ**

АННОТАЦИЯ

Исследование аэродисперсных потоков лазерными методами является эффективным средством получения знаний. Информативность этих знаний значительно может быть повышена путем одновременного зондирования потоков на нескольких длинах волн. При этом возникает необходимость повышения точности совместных измерений на выбранных длинах волн лазерного излучения. Авторами построена установка для исследования аэродисперсных потоков лазерными методами на трех длинах волн, позволяющая одновременно измерять характеристики рассеяния и ослабления лазерного излучения аэрозольными частицами. Точность измерений повышается за счет того, что все лучи проходят один и тот же оптический путь в потоке, излучения на всех длинах волн принимается на общие фотоприемники и все измерения на каждой длине волны осуществляются одновременно.

**ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ АЭРОЗОЛИ, ЛИДАР, ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
СВЕТОРАССЕЯНИЯ**

ВВЕДЕНИЕ

Лазерное зондирование аэродисперсных потоков позволяет получать оценки параметров аэрозолей, которые могут использоваться при решении обратных задач лазерного зондирования промышленных потоков. Как в газоходах, так и непосредственно в атмосфере. При этом отдельной важной задачей является получение таких потоков с устойчивыми или контролируруемыми параметрами. Для получения таких потоков с контролируемыми параметрами концентрации и дисперсности аэрозолей авторами предлагается использовать релаксационный спад концентрации и изменения спектра размеров частиц в замкнутом потоке после импульсной инъекции порошкового материала в поток. Широкий диапазон варьирования размеров и концентраций частиц в аэродисперсных потоках, наличие вибраций стенок газоходов и оборудования обуславливает использование интегральных методов лазерного зондирования [1].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели были выполнены эксперименты на пылевом стенде [2], на основании которых получены зависимости сигналов рассеянного и ослабленного излучения от параметров аэрозоля. Пылевой стенд представляет собой газоход с квадратным поперечным сечением со стороной 400 мм, выполненный в вертикальной плоскости в виде замкнутого контура, в разрыв которого включен центробежный вентилятор, позволяющий задавать линейную скорость газового потока в пределах от 0 до 25 м/с, что практически перекрывает значения скоростей, встречающиеся в промышленных условиях. Для исключения нарушений равномерности газового потока, которые могут возникать после его прохождения в вентиляторе и при изменении направления движения потока в каждом изгибе контура. Предусмотрены поворотные газоотсекающие лопатки, которые устанавливаются и фиксируются оптимальным образом.

На стенке газохода стенда установлен импульсный инжектор аэрозоля, обеспечивающий заданное введение исследуемого материала непосредственно в поток. Для быстрого проветривания стенда на одном из участков предусмотрен байпасный отвод в атмосферу, через который поток выбрасывается в атмосферу, а концентрация частиц становится равной нулю. Для проведения измерений на прямом участке трубы установлены устройства для определения концентрации и дисперсного состава методом спектральной прозрачности и методом интегрального светорассеяния.

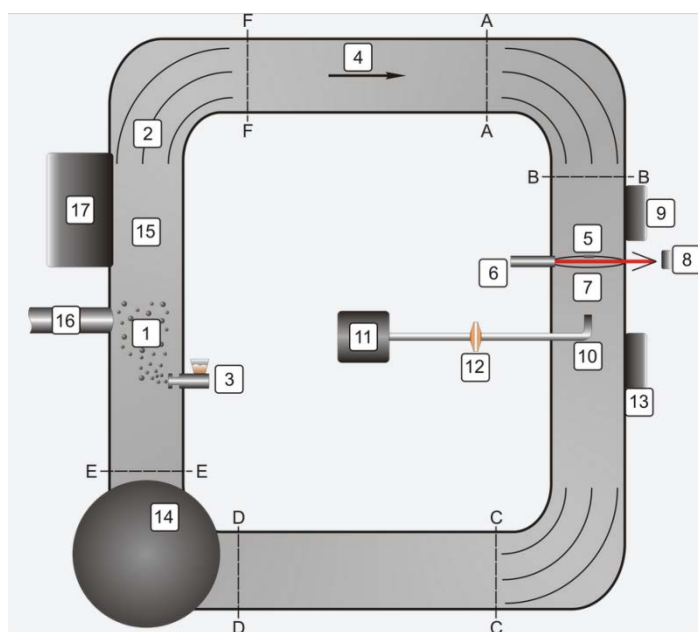


Рис. 1. Схема пылевого стенда

- 1 – аэрозольные частицы;
- 2 – направляющие лопатки;
- 3 – инжектор аэрозольных частиц;
- 4 – направление движения пыли;
- 5-13 – средства измерения параметров аэродисперсных потоков;
- 14 – вентилятор;
- 15 – газоход;
- 16 – байпасный отвод;
- 17 – электронагреватель.

Установка для одновременного исследования методом спектральной прозрачности и методом интегрального светорассеяния рассмотрена на рисунке 2. Эксперименты проводятся с тремя источника излучения (1) на длинах волн 405, 532, 650 нм. Модулированные лазерные лучи, пройдя через светофильтры (2) и светоделительные стекла (4), проходят через сечение замкнутого газохода (7), в котором на момент измерений циркулирует аэродисперсный поток (8). Проходя через поток, лазерный луч рассеивается. Ослабление луча регистрируется фотоприемником (11), в то время как рассеянное излучение под разными углами фиксируется фотоприемником (9), который перемещается по направляющей (10). Для метода спектральной прозрачности предусмотрен опорный фотоприемник (5), регистрирующий начальную интенсивность лазерного излучения.

В результате измерения методом интегрального светорассеяния была определена индикатриса рассеяния M_i , которую сравнили с теоретическими расчетами [3,4] и с результатами эксперимента с использованием метода спектральной прозрачности.



Рис. 2. Схема установки для одновременного проведения измерений методом спектральной прозрачности и методом интегрального светорассеяния.

Вся измерительная информация, получаемая на установке через многоканальный АЦП, передавалась в режиме on-line в компьютер для дальнейшего хранения и обработки. На рисунке представлен сигнал рассеяния лазерного излучения на длине волны 650 нм под углом рассеяния 5° . АЦП работал в режиме 2000 измерений в секунду, время измерения составило 16 с (32000 отсчетов).

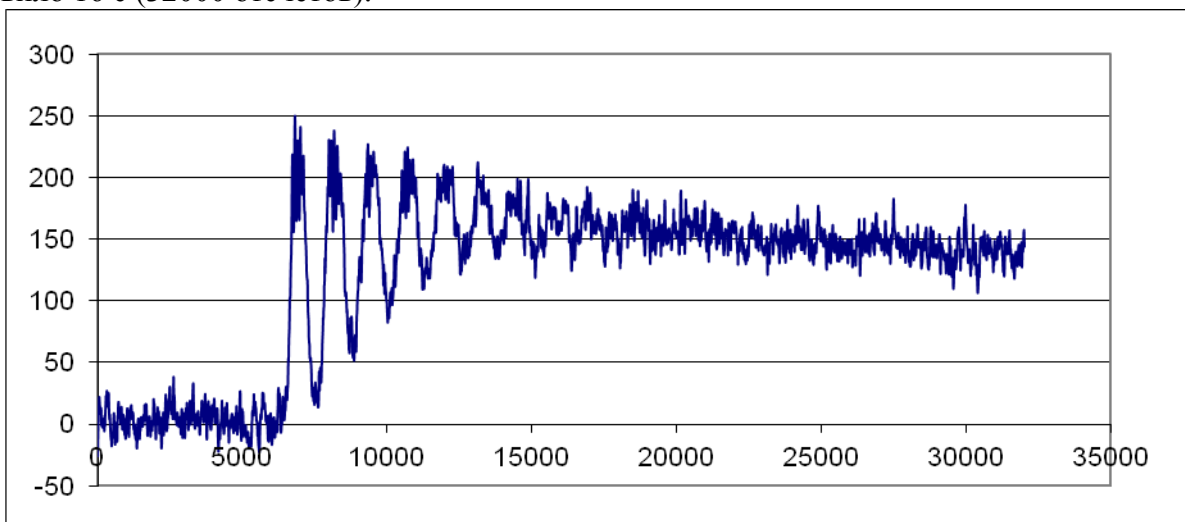


Рис. 3. Временной сигнал рассеяния

Было выполнено исследование полученной зависимости как нестационарного случайного процесса в момент времени 3 секунды (примерно 6000 отсчетов), после чего наблюдалась затухающая осциллирующая кривая. С момента времени 9 секунд от начала измерения и 6 секунд с момента импульсной инжекции происходит стабилизация сигнала рассеяния. Этот факт позволяет считать, что начиная с 6-й секунды от момента импульсной инжекции в поток происходит полное затухание колебательной составляющей обусловленной стабилизацией концентрации аэрозоля по всему объему потока. С этого момента времени модельный поток может быть подвергнут различным исследованиям, в том числе и метрологическим.

Таким образом, импульсная инжекция аэрозоля в замкнутый воздушный поток в специальном пылевом стенде приводит к периодическим затухающим осцилляциям концентрации в течение первых 6 секунд от момента импульсной инжекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют организовать как мониторинг промышленных аэрозолей – в газоходах, на источниках выбросов, – так и зондирование загрязнения в атмосферном воздухе аэрозольным лидаром, реализующим два метода измерения. Для оперативного контроля концентрации и дисперсного состава аэрозоля непосредственно на источнике загрязнения авторы предлагают модифицированные методы спектральной прозрачности или интегрального светорассеяния – в зависимости от дисперсности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Архипов В.А.** Лазерные методы диагностики гетерогенных потоков: учебное пособие. Томск: изд-во Томского ун-та, 1987. 140 с.
2. **Чукардин В.Е., Чартий П.В.** Стенд для моделирования промышленного пылегазового потока / В. Е. Чукардин, // Безопасность жизнедеятельности. 2003. №9. С. 50-52.
3. **Половченко С.В., Роговский В.В., Чартий П.В., Шеманин В.Г.** Решение обратной задачи лазерного зондирования промышленных аэрозолей: сборник докладов//21 международная конференция «Лазеры. Измерения. Информация». Санкт-Петербург, июнь, 2011. Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2011. С. 173-181
4. **Половченко С.В., Роговский В.В., Чартий П.В., Шеманин В.Г.** Идентификация спектров размеров промышленных аэрозолей лазерными методами зондирования: сборник докладов // 20 международная конференция «Лазеры. Измерения. Информация». Санкт-Петербург, июнь, 2010. Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2010. С. 145-160
5. **Дьяченко В.В., Половченко С.В., Роговский В.В., Чартий П.В.** Экологический мониторинг аэрозолей с цементной дисперсной фазой // Научный диалог. Серия Естественные науки и экология. 2012. № 7. С. 6 -18

S.V. Polovchenko, V.V. Rogowskiy, O.V. Rogowskiy P.V. Chartiy

Kuban State Technological University
Russia, Novorossiysk, 20 K. Marx Str., E-mail: vshemanin@nbkstu.org.ru

MULTI-WAVELENGTH LASER SENSING AERODISPERSE FLOWS THE INTEGRAL METHOD

Study aerodisperse flows laser methods is an effective means of obtaining knowledge. Information content of this knowledge can be greatly enhanced by the simultaneous sounding of streams at several wavelengths. In this case, there is a need to improve the accuracy of joint measurements at selected wavelengths of laser light. The authors constructed a system for the study of flows aerodisperse laser techniques at three different wavelengths. allows simultaneous measurement of scattering and attenuation characteristics of the laser radiation by aerosol particles. Measurement accuracy is enhanced by the fact that all the beams pass the same optical path in the flow of radiation at all wavelengths adopted for general photodetectors and all measurements at each wavelength are carried out simultaneously.

INDUSTRIAL AEROSOL, LIDAR, INTEGRAL LIGHT SCATTERING METHODS