

## Идентификация размера и концентрации субмикронных частиц на основе модели рэлеевского рассеяния\*

И.С. Бондарчук<sup>1</sup>, В.А. Клименко<sup>2</sup>, А.Б. Ворожцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup> *Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, Россия*

Представлен метод определения максимального размера и концентрации субмикронных аэрозольных частиц путем измерения ослабления параллельного пучка зондирующего оптического излучения. Предлагаемый метод позволяет точно определять концентрацию частиц и их максимальный размер, не требуя предварительной информации о дисперсном составе аэрозольной среды. Метод может использоваться при решении широкого круга практических задач, таких как мониторинг состояния окружающей среды, диагностика технологических процессов горения материалов и контроль загрязнений воздуха.

**Ключевые слова:** аэрозоль, размер частиц, концентрация частиц, оптическая плотность, теория Ми, приближение Рэлея.

Дисперсный состав частиц в аэрозольных средах является важнейшей характеристикой, которая зачастую определяет эффективность технологических процессов, а также состояние окружающей среды. При этом для исследования подобных объектов наиболее точными являются оптические бесконтактные методы. Экспериментальная информация о таких параметрах конденсированной фазы аэрозоля, как концентрация и дисперсность, позволяет оценивать степень адекватности реальному процессу принятой для его описания математической модели и используется в качестве исходных данных при проведении расчетов рабочих процессов в конкретных устройствах. Характеристика дисперсности аэрозольных частиц и скорости их генерации являются важными параметрами для разработки технологий экстренной очистки воздуха от вредных субстанций. Современные оптические методы позволяют получать экспериментальные данные о размере и концентрации частиц, однако существующие подходы требуют сложных вычислений и наличия предварительных данных о дисперсном составе частиц. Цель работы – разработка метода идентификации размера и концентрации субмикронных частиц на основе упрощенной модели рэлеевского рассеяния. Предлагаемый подход позволяет точно определять указанные параметры без предварительного знания дисперсного состава частиц.

В данной работе представлен подход, позволяющий определять массовую концентрацию и максимальный размер конденсированных частиц по данным лазерного зондирования аэрозольных образований. Согласно предлагаемому методу, измерения оптической плотности дисперсной среды производятся в нескольких точках спектрального диапазона длин волн, а границы этого диапазона выбираются исходя из информации о комплексном показателе преломления материала частиц. При прохождении монохроматического излучения с длиной волны  $\lambda$  через слой толщиной  $l$ , состоящий из равномерно распределенных монодисперсных частиц диаметром  $D$  с массовой концентрацией  $C_m$ , происходит его ослабление за счет рассеяния и поглощения частицами. Количественной характеристикой ослабления является спектральный коэффициент пропускания  $T_\lambda$ , связанный с законом Бугера [1]:

$$T_\lambda = I_\lambda / I_{0\lambda} = \exp(-\tau_\lambda), \quad (1)$$

где  $I_\lambda$  – поток излучения, прошедший сквозь слой;  $I_{0\lambda}$  – поток излучения, поступающий на слой.

Выражение для спектральной оптической плотности  $\tau_\lambda$  для монодисперсных частиц в рамках допущений теории Ми имеет вид [1]

$$\tau_\lambda = \frac{1.5C_m l}{\rho D} Q(\alpha, m), \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность материала частиц.

Входящая в уравнение (2) зависимость  $Q(\alpha, m)$  безразмерного фактора эффективности ослабления носит сложный колебательный характер от параметра дифракции (параметра Ми)  $\alpha = (\pi D)/\lambda$ , от комплексного по-

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-69-00108, <https://rscf.ru/project/22-69-00108/>.