

О ПЛАНИРОВАНИИ ОПТИКО-ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МИКРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСSEИВАЮЩИХ СРЕД

А.В. Васильев¹, Л.С. Ивлев¹, М.М. Кугейко², С.А. Лысенко²,
Н.Ю. Терёхин¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Ст.-Петербург,
Россия

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Лазерные методы исследования микрофизических характеристик рассеивающих сред (концентрация частиц, их функция распределения по размерам, комплексный показатель преломления вещества частиц и др.) требуют измерения их оптических характеристик (коэффициенты ослабления, индикатриса рассеяния, поляризация рассеянного излучения и др.), а также решения некорректных обратных задач. Последние, в большинстве случаев, сводятся к обращению системы интегральных уравнений первого рода. Поскольку во многих случаях объем информации об оптических характеристиках недостаточен для их содержательного обращения относительно микрофизических характеристик с использованием методов решения обратных задач, в практике обработки экспериментальных данных возникает много методологических вопросов, касающихся информационных возможностей существующих систем лазерной диагностики в исследовании характеристик рассеивающих сред. Для ответа на вопросы о возможности отражения изменений микрофизических характеристик среды в измеряемых оптических характеристиках и о том, какие микрофизические параметры среды можно в принципе получить с использованием имеющейся аппаратуры при отсутствии дополнительной априорной информации, необходимо планирование эксперимента. Для планирования различных аэрозольных оптических измерений необходимо также решать задачу выбора набора измеряемых оптических характеристик для определения конкретных микрофизических параметров аэрозоля и оценки допустимой точности оптических измерений.

В докладе представлено описание программного пакета, предназначенного для решения задач планирования различных аэрозольных оптических измерений и оценки потенциальной точности восстановления микрофизических параметров аэрозолей с учетом особенностей аппаратуры и влияния на точность интерпретации оптических измерений имеющейся априорной информации. В основу программного пакета положен подход к решению обратных задач,

основанный на регрессионном анализе ансамбля реализаций оптических и микрофизических характеристик рассеивающих сред.

Возможности регрессионного подхода в планировании эксперимента по определению микрофизических характеристик рассеивающих сред демонстрируются на примере среды с известными характеристиками – сертифицированные латексные частицы, являющихся калибровочным материалом для оптических измерителей характеристик рассеивающих частиц. С использованием измерительной системы [1], реализующей базисно-нефелометрический метод измерения коэффициентов ослабления оптического излучения, основанный на принципах построения “бескалибровочных” оптико-физических измерительных систем [1] проведено измерение коэффициентов ослабления $\varepsilon(\lambda)$ на длинах волн при $\lambda = 680$ и 810 нм сертифицированных образцов латексных частиц с размерами 0.7 , 0.9 и 1.0 мкм. Как показано в работе [1], влияние многократного рассеяния на получаемые с использованием данной системы значения коэффициента ослабления практически не сказывается. Для интерпретации данных измерений использовалось, полученное для указанных выше диапазонов разброса микрофизических параметров латексных частиц, регрессионное уравнение между r_0 и $\varepsilon(\lambda)$:

$$\ln r_0 = 0.71816 - 4.4366 \cdot \ln \varepsilon(680) + 4.4515 \cdot \ln \varepsilon(810) \quad (1)$$

Приведены результаты восстановления среднего размера частиц с использованием уравнения для модельной выборки оптических и микрофизических характеристик частиц при наложении на значения $\varepsilon(\lambda)$ случайных отклонений в пределах 3% . Средняя погрешность восстановления r_0 составляет 10.5% . Показано, что погрешности определения размера частиц с использованием регрессионного уравнения, укладываются в диапазон погрешностей, полученных на основании модельной выборки оптико-микрофизических характеристик латексных частиц. Следует подчеркнуть, что данные длины волн не являются оптимальными (как показано выше, при $\lambda = 470$ и 875 нм среднее значение $\delta r_0 = 7.7\%$).

Таким образом, как показано выше на примере латексных частиц, планирование оптико-физических экспериментов на основе регрессионного подхода позволяет решать задачи как проектирования оптимальных измерительных систем для решения конкретных задач, так и оценки точностных характеристик данных систем.

1. Кугейко М.М. // Измерительная техника. 1997. № 9. С. 35–38.