

В.В. Фадеев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАРЯДНО-ИНДУКЦИОННОГО И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СЧЕТНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОЗОЛЯ

Контроль запыленности воздуха производственных помещений является необходимым условием высокого качества выпускаемой продукции.

Наибольшее применение для измерения распределения в воздухе концентрации взвешенных частиц по размерным группам нашел фотоэлектрический метод [1], основанный на рассеянии частицей падающего на нее света и измерении рассеянного света под определенным углом.

В СССР серийно выпускаются фотоэлектрические счетчики аэрозольных частиц типа АЗ с измерением рассеянного света под углом 90° . Эти приборы позволяют регистрировать частицы диаметром от долей микрона до десятков микрон. Однако показания приборов существенно зависят от материала и формы частиц. При регистрации частиц размером более 5 мкм приборы этого типа дают значительную погрешность как по счетной концентрации, так и по размеру частиц [2], [3].

В последние годы для измерения счетной концентрации аэрозоля стал применяться зарядно-индукционный метод [4], [5], [6], сущность которого заключается в следующем. Аэрозольные частицы, проходя через зарядную камеру, приобретают заряды, пропорциональные их поверхности. Пролетая через индукционное кольцо, на выходе связанного с ним зарядо-чувствительного усилителя они вызывают появление импульсов напряжения, амплитуды которых пропорциональны зарядам частиц. Зарядно-индукционный датчик имеет предельную чувствительность, равную примерно 3 мкм по диаметру (реальная чувствительность - 5 мкм при соотношении сигнал/шум, равном 3), на его показания слабо влияют материал и форма регистрируемых частиц. Так, расчеты показывают, что при изменении диэлектрической проницаемости вещества частицы от 2 до ∞ заряд сферической частицы меняется в два раза. Если при тарировке использовать материал с $\epsilon = 4 - 6$, то максимальные изменения сигнала из-за изменения вещества частицы составят $\pm 40\%$ при погрешности определения размера $\pm 20\%$.

Одним из важнейших критериев применимости того или иного косвенного метода измерения является достоверность получаемой информации. Настоящая работа посвящена сравнительному исследованию ра-

боты датчиков, предназначенных для измерения счетной концентрации аэрозоля на основе фотоэлектрического и зарядно-индукционного методов.

Работа включала следующие этапы: тарировка датчиков на одинаковом аэрозоле; проверка датчиков путем сравнения с эталонным (микроскопическим) методом на искусственном аэрозоле в пылевой камере; сопоставление показаний датчиков на естественном аэрозоле в производственном помещении.

Исследования проводились на измерительных линиях прибора ЭИП-9 [6], [7]. В этом приборе для измерения частиц используются фотоэлектрический датчик из прибора АЗ-2М и датчик зарядно-индукционный. Каждая линия имеет отдельный многоканальный анализатор. Схема анализатора позволяет перестраивать пороги компараторов.

Тарировка датчиков проводилась на спорах ликоподия. Предварительно исследовалось распределение спор ликоподия по размерам. Для этого аэрозоль, образующийся при распылении спор ликоподия, прокачивали через алонж с фильтром АФА-ДП, затем фильтр снимали и просветляли в парах ацетона. Просветленный фильтр исследовался с помощью микроскопа МИИ-10 с проекционной приставкой ПН-7. Результаты обработки показали, что распределение спор ликоподия по размерам с достаточной степенью точности описывается нормальным законом при среднем диаметре 30 мкм и среднеквадратичном отклонении 2 мкм.

При тарировке порошок развеивался над датчиком на высоте 0,5 м. Затем, уменьшая интервал между порогами компараторов, рассчитывали величину сигнала, соответствующую максимуму распределения частиц ликоподия, т.е. 30 мкм. Зная этот сигнал и учитывая квадратичную зависимость между размером частицы и сигналом, справедливую для обоих датчиков, можно определить пороги компараторов, соответствующие тем или иным размерам частиц. В проводимых исследованиях анализаторы настраивались на фракции 10 - 20; 20 - 40; 40 - 80 мкм.

Для создания искусственного аэрозоля на втором этапе исследований использовался полидисперсный порошок корунда М40, имеющий частицы несферической формы. Измерение распределения частиц порошка проводилось в статической пылевой камере. Порошок распылялся распылителем вибрационного типа, пыль в камере развеивалась вентилятором.

В первой серии опытов на месте патрубков датчиков были установлены пробоотборники с фильтрами АФА-ДП-З. Входные части пробоотборников по форме повторяли патрубки датчиков. Объемные скорости прохождения аэрозоля через фильтры контролировались ротационными рас-

ходомерами и соответствовали расходам через датчики: 1 л/мин - для фотоэлектрического и 4 л/мин - для зарядно-индукционного. Распыление порошка производилось в непосредственной близости от датчиков на высоте 0,5 м. После отбора проб фильтры АФА-ДП-З проветривали в парах ацетона и исследовали на микропроекционной установке. При их обработке подсчитывалось распределение частиц по фракциям: 10 - 20, 20-40, 40-80 мкм. Размеры частиц определялись путем сравнения площадей проекций частиц с площадями кругов оптического компаратора.

Во второй серии опытов при тех же условиях распыления производилось измерение распределения частиц порошка М40 с помощью датчиков прибора ЭИП-9. Результаты испытаний приведены в табл. I.

Таблица I

Метод, датчик	Процентный состав порошка по размерным группам, мкм		
	10 - 20	20 - 40	40 - 80
Фильтровально-микроскопический	18,424	68,024	13,551
Зарядно-индукционный	29,913	65,414	4,672
Фотоэлектрический	45,842	48,203	5,955

В третьей серии опытов проводились сравнительные измерения абсолютного числа частиц, регистрируемых в одинаковых условиях зарядно-индукционным и фотоэлектрическим датчиками. Распылитель и вентилятор были смещены относительно датчиков так, что проекция распылителя на плоскость размещения датчиков находилась на перпендикуляре, проходящем через середину линии, соединяющей датчики.

Количество частиц подсчитывалось одновременно обоими датчиками. Через некоторое число измерений датчики меняли местами. Результаты испытаний приведены в табл.2.

На этом этапе исследований измерялась запыленность воздуха радиотехнической лаборатории одновременно двумя датчиками. Некоторые результаты измерений приведены в табл.3 (поскольку концентрация частиц в воздухе быстро падает с увеличением их размеров, в таблице приведены результаты измерения только по фракции 10-20 мкм).

Таблица 2

Датчик	Количество частиц по размерным группам		
	10 - 20 мкм	20 - 40 мкм	40 - 80 мкм
Зарядно-индукционный	2123	4405	335
Фотоэлектрический	1610	1049	58

Таблица 3

№ опыта	Фотоэлектрический датчик	Зарядно-индукционный датчик
1	40	214
2	35	235
3	38	250
4	85	291
5	38	205

В ы в о д ы

1. При измерении распределения счетной концентрации частиц размером свыше 10 мкм показания зарядно-индукционного датчика удовлетворительно согласуются с результатами фильтровально-микроскопического метода.

2. Фотоэлектрический датчик с углом рассеяния 90° (типа используемого в приборах серии АЗ) существенно искажает распределение крупных частиц несферической формы в воздухе.

3. Фотоэлектрический датчик с углом рассеяния 90° (типа используемого в приборах серии АЗ) в несколько раз занижает содержание крупных частиц в воздухе по сравнению с зарядно-индукционным датчиком.

В заключение автор выражает благодарность А.А. Подольскому и Л.М. Логвинову за полезные советы и помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. "Химия", Ленинградское отделение, 1971.
2. Кирш А.А., Двухименный В.А. Градуировка струйного фотоэлектрического счетчика аэрозолей типа АЗ. "Измерительная техника", 1975, № 3.
3. Кирш А.А., Двухименный В.А. Усовершенствование и градуировка струйного фотоэлектрического счетчика аэрозолей типа АЗ. "Коллоидный журнал", т. XXXVI, вып.4, 1975.
4. Подольский А.А., Логвинов Л.М., Калакутский Л.И., Турубаров В.И., Попов Б.И. Устройство для определения концентрации и дисперсного состава аэрозоля. Авторское свидетельство № 372483. Бюл. изобр. № 13, 1973.
5. Логвинов Л.М., Подольский А.А., Фадеев В.В. Прибор ЭИП-5 для фракционного анализа грубодисперсных аэрозолей. "Заводская лаборатория". т.40, № 2, 1974.
6. Подольский А.А., Логвинов Л.М., Воронов А.Ф., Фадеев В.В. Счетчик аэрозольных частиц ЭИП-9. "Приборы и техника эксперимента", 1975, № 5.
7. Разработка опытного образца прибора для измерения загрязненности воздуха и других газов твердыми частицами (отчет). Тема № 29Р, № Гос.регистрации 71059128, У07831. Руководитель темы Подольский А.А., КуАИ, 1974.

А.А. Подольский.

ЗАРЯДНЫЙ И ЗАРЯДНО-СЕДИМЕНТАЦИОННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТЫ ФОРМЫ ЧАСТИЦ. ТАБЛИЦЫ ЗНАЧЕНИЙ.

Характеристика дисперсности аэрозолей с нешарообразной формой частиц представляет трудную задачу, которая осложнена еще и тем, что форма частиц оказывает неадекватное влияние на их поведение в различных процессах.

Чтобы определить размеры нешарообразных частиц одним числом, вводятся некоторые усредненные величины, например, седиментационный радиус $a_c [1]$. Поскольку скорость седиментации при про-