

2. Смирнова В.В., Назаренко О.Б. // Перспективы развития фундаментальных наук: Труды IX международной конференции студентов и молодых ученых. – Томск: ТПУ, 2012. – С. 482–484.

УДК: 53.082.534

Определение параметров измерительного комплекса, реализующего турбидиметрический высокоселективный метод

С.С. Титов¹, А.А. Павленко¹, Б.В. Борисов^{2;3}

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, г. Бийск, Россия

¹ – *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, г. Бийск, Россия*

² – *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

³ – *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

E-mail: titov.sergey.s@gmail.com

Приведена реализация турбидиметрического высокоселективного метода определения параметров аэрозольных сред в виде экспериментального измерительного комплекса. Определены погрешности определения дисперсности многофазных сред разработанным измерительным комплексом.

Аэрозольные среды часто применяются в различных технологических процессах. При этом такие характеристики аэрозоля как дисперсность и концентрация конденсированной фазы являются факторами, определяющими свойства выходного продукта. А при использовании аэрозолей с размерами частиц субмикронного диапазона, выходной продукт приобретает качественно новые свойства, либо существенно изменяются параметры самого технологического процесса. В этом случае измерение и контроль параметров гетерогенной среды особенно необходим как при настройке, так и в процессе работы оборудования. Аэрозольные среды также широко распространены в природе и измерение их дисперсных характеристик необходимо для оценки климатической ситуации и экологической обстановки. Наиболее полно удовлетворяет требованиям измерения и контроля параметров конденсированной фазы прибор, не вносящий искажений в исследуемую среду и восстанавливающий функцию распределения частиц по размерам в диапазоне от десятков нанометров до единиц микрометров. Таким прибором является разработанный программно-аппаратный измерительный комплекс, реализующий турбидиметрический высокоселективный метод (ТВСМ) определения параметров аэрозольных сред.

Для восстановления функции распределения частиц по размерам в ТВСМ применяется уравнение:

$$I(\lambda, t) = I_0(\lambda, t) \exp \left[-\frac{\pi C_n(t) l(t)}{4} \int_0^{\infty} Q\left(\frac{\pi D}{\lambda}, m(\lambda)\right) D^2 f(D, t) dD \right], \quad (1)$$

где $I(\lambda, t)$ – интенсивность прошедшего через аэрозоль излучения; $I_0(\lambda, t)$ – интенсивность зондирующего излучения; C_n – счётная концентрация конденсированной фазы аэрозоля; $l(t)$ – длина оптического пути; $Q\left(\frac{\pi D}{\lambda}, m(\lambda)\right)$ – фактор эффективности ослабления зондирующего излучения; D – диаметр частиц; λ – длина волны зондирующего излучения; $m(\lambda)$ – комплексный показатель преломления конденсированной фазы аэрозоля; $f(D, t)$ – функция распределения частиц по размерам. Чтобы решить задачу восстановления функции распределения частиц по размерам с использованием уравнения (1) применяется экспериментальная информация о коэффициенте спектральной прозрачности, полученном в виде:

$$\tau_\lambda(t) = \ln \frac{I_0(\lambda, t)}{I(\lambda, t)}. \quad (2)$$

В выражении (2) величины $I_0(\lambda, t)$ и $I(\lambda, t)$ получают путём прямых измерений в широком диапазоне длин волн. Далее осуществляется расчёт ансамбля значений коэффициентов спектральной прозрачности по формуле (1) для различного вида функции распределения частиц

по размерам и проводится сравнение экспериментально полученных данных с теоретически найденными. По минимальной величине отклонения результатов эксперимента от расчётной величины, делается выбор вида функции распределения частиц по размерам. Все расчёты выполняются в строгом соответствии с теорией Ми без допущений и упрощений. Для уменьшения количества априорных данных предлагаемый метод ТВСМ реализован через сравнение не абсолютных значений величин коэффициентов спектральной прозрачности, а их отношений для некоторых длин волн [1]. При этом, как показали математические исследования, алгоритм выбора этих длин волн никак не влияет на точность и устойчивость метода.

Разработанный алгоритм ТВСМ обладает рядом достоинств, которых нет у приборов реализующих подобные функции с использованием метода спектральной прозрачности или других оптических методов. Это новый метод решения обратной задачи оптики аэрозолей, позволяющий избавиться от некорректности её постановки. Существенным достижением данного метода является простота регулирования диапазона размеров исследуемых частиц, которое осуществляется изменением диапазона длин волн зондирующего излучения. Также, большим преимуществом разработанного метода является возможность проводить исследования как в потоке, так и в кювете.

Схема экспериментального комплекса, реализующего ТВСМ, приведена на рис. 1. В разработанном комплексе (рис. 1) в качестве источника и приёмника оптического излучения применяется различная аппаратура в зависимости от диапазона размеров частиц исследуемого аэрозоля. Для среднедисперсных аэрозолей (размеры частиц от 1 до 10 мкм) приёмником оптического излучения служит инфракрасный Фурье-спектрометр «Инфралюм ФТ-801», а источником излучения – инфракрасный прожектор, диапазон исследуемых длин волн для данной реализации 1,8 – 18 мкм. Для субмикронных аэрозолей приёмником излучения является спектрально-аналитический анализатор на базе спектрометра S125-2048/14, измерение интенсивности излучения осуществлялось на участке длин волн от 360 до 1100 нм, а источником излучения – галогенная газонаполненная лампа. Для определения пространственно-временных характеристик аэрозольного облака применяется камера скоростной видеосъёмки ВидеоСпринт /G4/NG. Вся информация с оборудования поступает на компьютер, где осуществляется её обработка с использованием разработанного программного обеспечения.

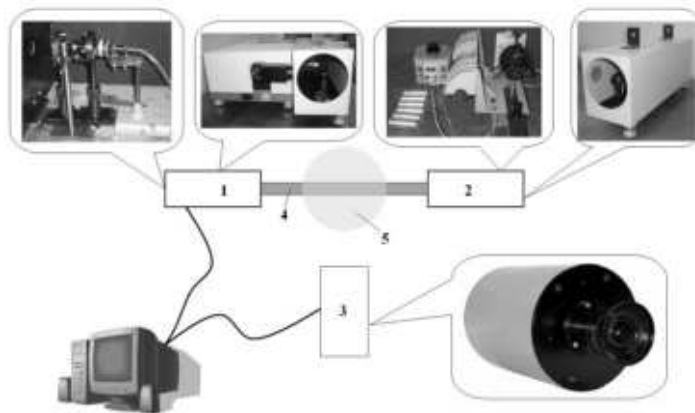


Рис. 1. Схема экспериментального комплекса: 1 – приёмник зондирующего излучения; 2 – источник зондирующего излучения; 3 – камера скоростной видеосъёмки; 4 – коллимированный поток оптического излучения; 5 – облако исследуемого аэрозоля

Для оценки точности определения дисперсных характеристик многофазных сред с использованием разработанного экспериментального комплекса наиболее информативным будет сравнение полученных данных с результатами измерений, полученными отличными от реализованного метода способами отдельно для аэрозолей с преобладанием частиц размером менее 1 мкм и для среднедисперсных аэрозолей.

При проведении тестовых экспериментов по определению работоспособности разработанного экспериментального комплекса и адекватности нового метода определения дисперсности (ТВСМ) применительно к субмикронным аэрозолям, осуществлялось восстановление функции распределения частиц по размерам химически чистого субмикронного порошка оксида алюминия (Al_2O_3), который помещался в дистиллированную воду. В качестве метода определения дисперсности, с использованием которого возможно оценить точность разработанного экспериментального комплекса, выбрана электронная микроскопия. С использованием

сканирующего электронного микроскопа JSM-840 было получено несколько серий фотографий порошка оксида алюминия, с различным увеличением и разрешением. Далее, по полученным фотографиям, с использованием специализированного программного средства, осуществлялось восстановление функции распределения частиц порошка оксида алюминия по размерам.

Полученные, в результате использования электронной микроскопии и экспериментального комплекса, реализующего ТВСМ, функции распределения частиц по размерам представлены на рис. 2.

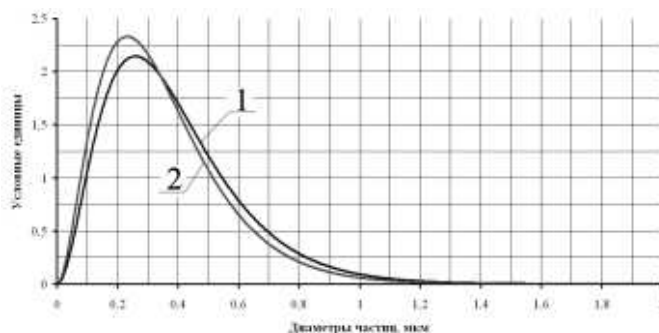


Рис. 2. Функции распределения частиц по размерам, полученные: с использованием ТВСМ (1); с помощью электронной микроскопии (2)

В результате сравнения полученных данных установлено, что погрешность определения функции распределения частиц по размерам с использованием разработанного метода и реализующего его экспериментального комплекса в области субмикронных частиц составляет 13 %.

Для оценки точности определения характеристик многофазных сред с помощью разработанного экспериментального комплекса применительно к среднedisперсным аэрозолям, привлекались данные полученные с помощью метода малоуглового рассеяния [2].

С помощью генератора холодного аэрозоля «NEBULO» создавался аэрозоль при расходе дистиллированной воды 5 мл/мин. В результате применения разработанного экспериментального комплекса была получена счётная функция распределения частиц по размерам, вид которой приведён на рис. 3 (кривая 1).

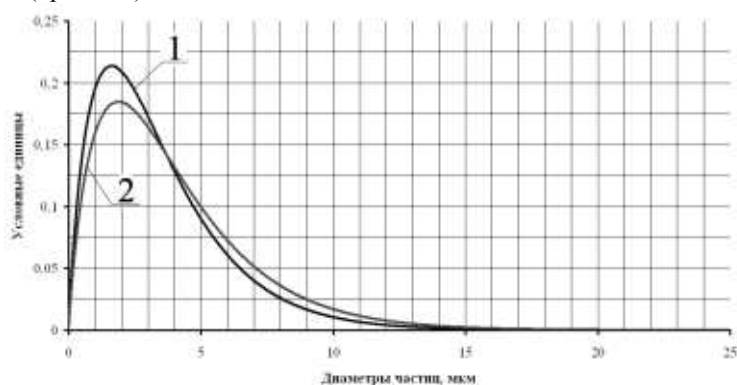


Рис. 3. Функции распределения частиц по размерам аэрозоля, создаваемого генератором NEBULO: 1 – определённая ТВСМ; 2 – полученная с использованием метода малых углов

Также счётная функция распределения частиц по размерам для данного расхода была измерена с помощью установки ЛИД-2М, реализующей метод малоуглового рассеяния [2] (кривая 2 на рис. 3). Различие между восстановленными функциями распределения, полученными с помощью разработанного метода и установки, основанной на методе малых углов, составило 15 %.

В результате выполненной работы установлена работоспособность разработанного измерительного комплекса при проведении модельных тестовых экспериментов по определению дисперсности субмикронного порошка оксида алюминия и аэрозоля, получаемого с использованием генератора Nebulo. Определены погрешности измерения дисперсности разработанным комплексом для субмикронных и среднedisперсных аэрозолей, которые составили 13 % и 15 % соответственно.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, номер проекта 12-02-90816.

Список использованных источников

1. Турбидиметрический метод определения параметров субмикронных аэрозольных сред / Титов С.С., Павленко А.А., Кудряшова О.Б., Архипов В.А., Бондарчук С.С. // Автотметрия. – 2012. – № 3, том 48. – С. 68 – 74.
2. Ахмадеев И.Р. Метод и быстродействующая лазерная установка для исследования генезиса техногенного аэрозоля по рассеянию луча в контролируемом объеме: дис ... канд. тех. наук. – АлтГТУ – Бийск, 2008. – 98 с.

УДК 66.974.434

Вариант повышения экологичности водоподготовительной установки ТЭС

К.Ю. Афанасьев

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: afalina1@sibmail.com

Показана возможность утилизации сточных вод водоподготовительной установки ТЭС. Проводится краткий анализ химического и термического обезвреживания стоков, предлагается несколько вариантов термической утилизации и оптимизация схем упаривания с использованием аппарата погружного горения. Сделан вывод об эффективности предложенной схемы, как на ТЭС, так и на других промышленных предприятиях.

На большинстве тепловых электростанций имеется значительное количество сточных вод, достигающих 10-14% от количества воды, поступающей на теплоэлектростанцию (ТЭС). Это ведет к нерациональному расходованию предварительно очищенной сырой воды и развитию проблемы эффективной утилизации больших объемов стоков.

Стоки водоподготовительных установок, образующиеся при обмывке и регенерации катионитных и анионитных фильтров ТЭС, токсичны и при существующих объемах водоотведения представляют собой серьезную экологическую опасность. Очистка этих сточных вод до параметров, предусмотренных действующими в настоящее время нормативными требованиями, традиционными способами ведет к использованию крупномасштабных физико-химических и биолого-химических очистных сооружений, поэтому на большинстве электростанций их сливают в пруды-накопители шлама. Все это создает предпосылки для поиска более компактных и эффективных методов очистки сточных вод. В связи с этим является необходимым реконструкция существующих очистных сооружений или строительство новых с использованием нестандартных подходов.

Наиболее перспективными направлениями защиты окружающей среды от сточных вод энергетических предприятий в сложившихся условиях стоит считать создание бессточных технологических производств, а также разработку и внедрение систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы [1].

Сточные воды, содержащие грубодисперсные примеси, большое количество растворенных солей (по преимуществу сульфат натрия) и ненормированный водородный показатель поступают от водоподготовительных установок. Высокий солевой состав этих вод не позволяет использовать их в оборотном водоснабжении.

Если избавление от грубодисперсных примесей и регулирование рН не представляет труда, то снижение концентрации истинно-растворенных примесей должно сводиться к повторному проведению тех же самых процессов, которые использовались на водоподготовительных установках. Это, в конечном счете, приведет к резкому возрастанию количества сбрасываемых солей со значительным увеличением суммарных затрат на очистку воды [2].

Проведенный анализ показал, что при обессоливании сточных вод, в которых содержание анионов сильных кислот превышает 5 мг экв/кг, экономичнее использовать термическое обессоливание [3].

Наиболее подходящие для выпаривания сточных вод испарительные установки условно можно разделить на те, в которых раствор контактирует и не контактирует с поверхностью нагрева. В установках первого типа образуются отложения солей с соответствующим снижением плотности теплового потока и производительности установок. При этом неизбежны периодические остановки на чистку поверхности нагрева, снижающие технико-экономические показатели и усложняющие эксплуатацию установок. Степень концентрирования в них существенно ограничена из-за резкого увеличения отложений с ростом концентрации раствора [4]. В установках второго типа, к которым относятся аппараты погружного горения (АПГ), данные проблемы отсутствуют. Также стоит отметить возможную эффективность применения установок