



В.С. Фетисов, З.И. Харисова

ПОТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СУСПЕНЗИЙ НА ОСНОВЕ ВИДЕОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Для реализации современных технологий в химической, лакокрасочной, пищевой, фармацевтической и других областях промышленности необходимо определение гранулометрического состава различных суспензий. Под гранулометрическим составом подразумевают процентное (долевое) распределение массы или числа частиц по их размерам (диапазонам размеров) [1]. Средства такого анализа должны работать в условиях поточного производства и обладать достаточным быстродействием для обеспечения нормального управления технологическими процессами.

Традиционными методами гранулометрического анализа являются кондуктометрический метод, разновидности ситовых и седиментационных методов и группа оптических методов (лазерная дифракция, нефелометрия, турбидиметрия, а также микроскопия). Наиболее простым и применимым для жидких дисперсных сред способом определения размеров частиц является микроскопический анализ с возможностью определения формы исследуемых частиц. При определении гранулометрического состава микроскопическими методами наряду с видеотехническими средствами часто применяются нейросетевые технологии [2], позволяющие обрабатывать снимки исследуемых образцов специальными нейросетевыми алгоритмами с целью классификации частиц по размерам и форме.

Представление результатов гранулометрического анализа в конечном итоге сводится к построению гистограмм распределений частиц по размерам, а также интегральных и дифференциальных кривых, наглядно описывающих дисперсный состав образцов. [3].

В лабораторных условиях получить результаты гранулометрического анализа не представляет особой проблемы, однако исследование дисперсности суспензий в условиях технологического потока требует специальных мер, обеспечивающих как достаточную метрологическую надежность, так и своевременность выдачи результата.

Предлагаемая система (рис. 1) состоит из следующих блоков: 1 – технологический резервуар с контролируемой суспензией; 2 – нормализатор концентрации; 3 – проточная измерительная камера со своими входным 4 и выходным 5 патрубками; 6 – лазерный излучатель с жестким световодом 7; 8 – световая ловушка; 9 – дренажная система; 10 – видеокамера; 11 – модуль выборки признаков; 12 – нейросетевой блок; 13 – индикатор результатов; 14 – блок объективного анализа; 15 – блок управления; 16 – управляемый клапан.

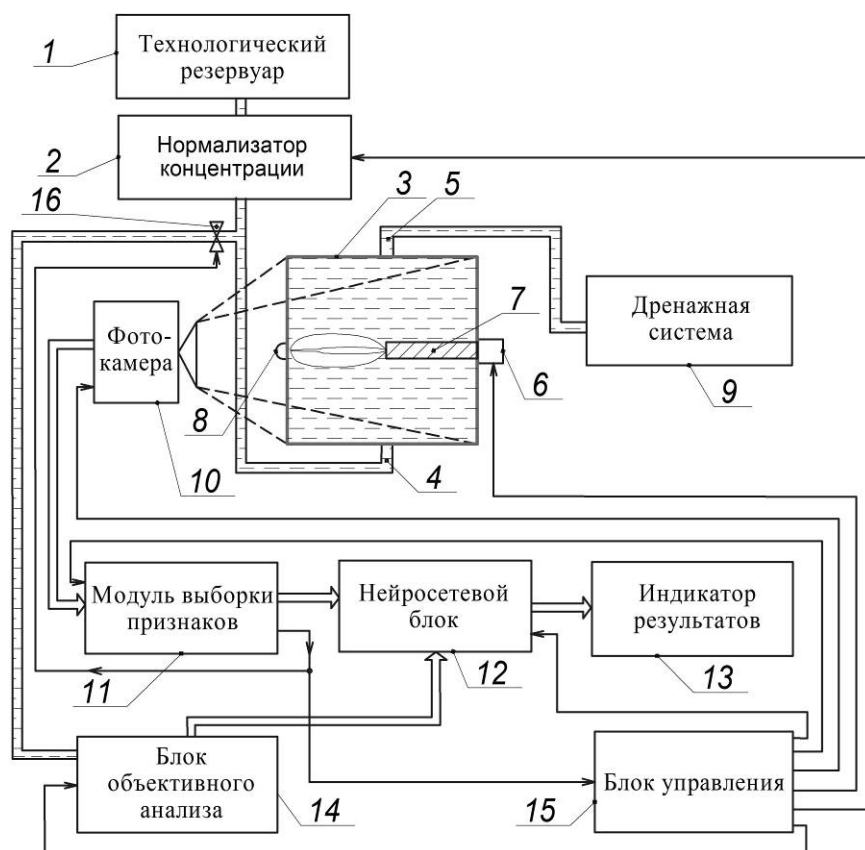


Рис.1 - Структура предлагаемой системы

В режиме предварительного обучения (базовой градуировки) из технологического резервуара 1 последовательно подается несколько жидких образцов с известным и сильно различающимся гранулометрическим составом. Каждый образец проходит через нормализатор концентрации 2, который по сигналу с блока управления 15 производит разбавление поступающей пробы и доведение ее концентрации до определенного стандартного значения. Затем суспензия поступает в камеру 3, а оттуда вытекает в дренажную систему 9. Под действием сигнала с блока управления лазер 6 просвечивает исследуемую среду лучом, рассеиваемым в разных направлениях. Прямой падающий луч попадает в световую ловушку 8, которая предотвращает отражение луча обратно в камеру от ее стенки. Картина рассеяния света снимается видеокамерой 10 и, по кадрам, в виде массивов значений яркости пикселей ее фотоматрицы поступает в модуль выборки признаков 11, который формирует набор наиболее характерных признаков изображения. Если модуль выборки признаков 11 обнаруживает набор признаков, сильно отличающихся от уже известных и хранящихся в его памяти, тогда открывается вентиль 16, который обеспечивает поступление анализируемой жидкости в блок объективного анализа 14 (в этом блоке реализуется микроскопический анализ в автоматическом, полуавтоматическом или даже ручном режиме). По завершении анализа числовые результаты, характеризующие распределение частиц по размерам, передаются в нейросетевой блок 12 для его обучения. Результаты поступают на индикатор результатов 13, где отображает-



ся диаграмма распределения частиц по размерам. После тренировки сети на всех базовых образцах цикл предварительного обучения заканчивается.

В основном режиме работы (режиме измерений) все описанные блоки работают аналогично, с той лишь разницей, что блок объективного анализа 14 большую часть времени находится в режиме ожидания, а нейросетевой блок 12 производит практически мгновенные преобразования вектора сигналов с модуля выбора признаков 11 в результат гранулометрического анализа посредством обученной ранее искусственной нейросети. И только в некоторые отдельные моменты времени, когда модуль выборки признаков 11 для поступающего на его вход изображения обнаруживает новый набор признаков, он формирует управляющий сигнал для проведения нового объективного анализа, после чего производится дообучение системы на новых образцах, что способствует постепенному увеличению точности и метрологической надежности гранулометрического анализа.

В экспериментах исследовались водные суспензии (с концентрацией частиц 1 гр./л) синтетических алмазных порошков (АСМ) различных фракций (от 0,5 до 40 мкм), частицы которых имеют округлую форму. Образцы с заданной концентрацией и размерами частиц поочередно исследовались в проточной измерительной камере. Для каждого из образцов были зафиксированы картины рассеяния, а также сделаны микроскопические снимки (Таблица 1). Микроскопический анализ выполнялся с помощью цифрового микроскопа и соответствующего программного обеспечения. Полученные снимки обрабатывались в программе NI Vision Assistant пакета LabView 2010 National Instruments (США). По снимкам производились подсчет количества и размеров частиц. По полученным данным строились гистограммы распределения частиц по размерам, а также дифференциальные кривые распределения частиц для каждого из образцов, аналитические функции плотности распределений частиц и геометрические параметры кривой распределения (мода, дисперсия и коэффициент асимметрии).

Полученные в экспериментальных исследованиях картины рассеяния излучения были обработаны специально разработанной в среде LabView программой, которая позволяет определять значения яркости пикселей в особых точках и сохранять их в специальном файле. Полученные значения яркости в особых точках являлись входными переменными для нейросети. Упомянутые параметры распределения - мода, дисперсия и коэффициент асимметрии являлись выходными переменными для нейросети. В качестве обработчика отснятых фотоснимков использовалась хорошо известная нейросеть типа MLP (многослойный персептрон), содержащая 180 нейронов во входном слое, 25 – в промежуточном и 3 – в выходном. Алгоритм обучения также был выбран классический – Back Propagation [4]. Необходимое количество переменных для анализа определялось генетическим алгоритмом, который идентифицирует «ключевые» переменные, вносящие наиболее важный вклад в обучение сети и способствует уменьшению ее размера. В конечном итоге получаемую картину рассеяния обученная на базовых образцах искусственная нейросеть преобразовы-

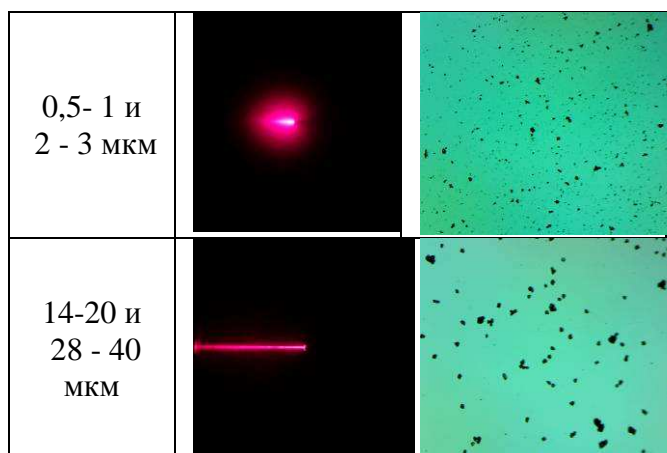


вала в результат гранулометрического анализа в виде трех параметров кривой распределения частиц по размерам: моды, дисперсии и коэффициента асимметрии.

Предлагаемые технические решения позволяют совместить преимущества нефелометрического и микроскопического методов, а также добиться приемлемого быстродействия и автоматического непрерывного поддержания метрологической надежности.

Таблица 1

Диапазон частиц	Картина рассеяния	Микроскопический снимок
0 - 0.5 мкм		
5 - 7 мкм		
2 - 3 мкм		
5 - 7 мкм		
Диапазон частиц	Картина рассеяния	Микроскопический снимок
14 - 28 мкм		
28 - 40 мкм		



Литература

1. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – 3-е изд. – Л.: Химия, 1987. – 264 с., с.11.
2. Патент 20040208352 А1 США, МКИ G01N15/04 Determination of particle size by image analysis US; Damian Neuberger, Joseph Wong — N 20040208352 А1; заявлено 21.04.2003; опубликовано 21.10.2004.
3. Ходаков, Г. С. Основные методы дисперсионного анализа порошков / Г. С. Ходаков. - М. : Стройиздат, 1968. — 199 с., с.10
4. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей/ Р. Каллан. — Москва, Санкт-Петербург, Киев: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 287 с, с.15.

Н.А. Хэбе

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРВИЧНОГО СПИСКА КАНДИДАТОВ НА ДОЛЖНОСТЬ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОГО РАБОТНИКА В СФЕРЕ ИННОВАЦИОННЫХ НАУКОЕМКИХ ПРОЕКТОВ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

Инновационное развитие наукоемкого предприятия представляет собой сложную и многокритериальную управленческую задачу. Эффективное решение данной задачи позволит предприятию не только повысить свои качественные организационные, технические и экономические показатели, но и прочно закрепиться в мировом экономическом пространстве и поддерживать высокую конкурентоспособность в своей отрасли. Успешность наукоемкого предприятия напрямую зависит от грамотного и сбалансированного подбора научно-технического персонала, осуществляемого по актуальным для предприятия критериям. Учет данных критериев, личных данных потенциальных сотрудников и целей инновационного наукоемкого предприятия занимают интеллектуальные средства принятия решений.