

ДВтор ер.
М 48

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
УССР
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи
Аспирант МЕШНИЧЕНКО Валерий Константинович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕССНЫХ МЕТОДОВ
АНАЛИЗА СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Специальности 05.13.07

Автоматическое управление и регулирование, управление
технологическими процессами (пищевая промышленность)

Перечислено 19 87
Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Одесса - 1978

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. К числу физико-механических свойств мелкодисперсных сыпучих материалов, играющих важную роль в ряде технологических процессов пищевой промышленности и определяющих качество готовой продукции, является степень дисперсности. Внедрение автоматизированных систем управления и контроля технологическими процессами требует наличия эффективных методов и быстродействующих измерительных устройств, способных обеспечить в производственных условиях экспрессную и достоверную информацию.

Однако, отсутствие эффективных методов, обеспечивающих достаточную экспрессность и точность измерения, препятствует дальнейшей разработке измерительных устройств анализа степени дисперсности сыпучих материалов в потоке, а существующие методы анализа удельной поверхности при отсутствии серийно выпускаемых устройств автоматической обработки результатов анализа, требует значительных затрат времени на их обработку.

Цель работы. Исследование возможностей и разработка метода, основанного на рассеянии света и газохроматографическом анализе, для определения степени дисперсности сыпучих материалов органического и неорганического происхождения и создание на основе этого метода измерительного устройства для экспрессного анализа дисперсности.

Общая методика исследования.

— теоретический расчет интенсивности рассеянного полидисперсной средой света в зависимости от угла рассеяния и анализ влияния параметров закона распределения частиц по размерам на форму индикатрисы рассеяния;

к. в. 13/22

- получение количественных критериев формы частиц на основе информационного подхода;

- экспериментальный и теоретический анализ хроматографической информации, получаемой при определении удельной поверхности мелкодисперсных сыпучих материалов;

- статистическая обработка экспериментальных данных, выбор структуры измерительной системы и экспериментальное исследование измерительного устройства.

Объект исследования. Мелкодисперсные сыпучие материалы

- метод определения размеров частиц, основанный на рассеянии света;

- газохроматографический метод анализа удельной поверхности сыпучих материалов.

Научная новизна результатов исследования. Показано, что определение спектра размеров частиц по методу рассеяния света необходимо производить на основе теоретически рассчитанных зависимостей интенсивности рассеянного света от параметров закона распределения.

Показано, что в условиях взаимного влияния параметров наибольшую информационную способность обеспечивают методы раздельного измерения каждого из них, которые могут быть построены с использованием двух каналов измерения.

Предложен способ определения параметров закона распределения частиц по размерам с использованием двух каналов по измерению светорассеивающих характеристик и газохроматографического метода тепловой десорбции азота для определения удельной поверхности.

Предложены информационные критерии оценки формы и размера

частиц, которые могут рассматриваться как базовые при практических и теоретических исследованиях.

Произведены синтез и разработка измерительной схемы экспрессного анализа дисперсного состава и удельной поверхности сыпучих материалов.

Практическое значение результатов работы. Предложенный способ определения параметров закона распределения с использованием метода рассеяния света и разработанное на его основе измерительное устройство позволяют повысить точность аппаратуры и экспрессность получения информации при использовании в системе АСУТП получения мелкодисперсных сыпучих материалов и продуктов из них.

Предложенные критерии оценки формы и размера частиц позволяют в практических расчетах уточнить значения величин, характеризующих сыпучий материал и являющихся производным от указанных параметров в процессах теплообмена, горения, агрегирования, химических процессах и т.д.

Разработанный алгоритм и специальный интегрирующий преобразователь хроматографической информации позволяет значительно сократить время обработки результатов анализа при определении удельной поверхности и повысить точность измерения.

Апробация работы. Проверка положений, разработанных в диссертации, проводилась в ходе плановых научно-исследовательских работ.

Основные положения диссертационной работы докладывались и получили одобрение на II и III Всесоюзных научно-технических конференциях "Механика сыпучих сред" (Одесса, 1971, 1975 г.г.); на двенадцатой Всесоюзной конференции по вопросам и явлениям, горения и газовой динамики дисперсных систем (Одесса, 1976г.);

на 37 научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников в ОТИП им. М.В.Ломоносова (Одесса, 1977г.); на кафедре автоматизации производственных процессов пищевой промышленности ОТИП им. М.В.Ломоносова.

Публикация результатов. По теме диссертации опубликовано 6 работ.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и приложения. Диссертационная работа изложена на 144 страницах машинописного текста, включает 60 рисунков и 14 таблиц. Библиография содержит 148 наименований.

и и

и

Технологическая обработка сырья в процессе производства дисперсных пищевых продуктов включает в себя измельчение либо диспергирование из растворов исходного сырья. Значительная доля процессов получения порошкообразных пищевых продуктов содержит технологическое оборудование, позволяющее получать порошкообразные продукты путем распыления жидкого экстракта с последующей сушкой. Режим работы сушильной установки, а именно, процесс распыла жидкого экстракта, полностью определяет физико-механические показатели порошка, частично органолептические и физико-химические. Процесс распыла жидкого экстракта зависит от параметров состояния экстракта, плотности, вязкости, температуры, содержания сухих веществ, содержания CO_2 и параметров горячего воздуха: температуры, расхода, давления. Так как рассмотренные параметры в процессе производства изменяются по

случайному закону, то с целью обеспечения заданного качества готового продукта, необходимо устанавливать определенное соотношение между параметрами, задающими режим распыления в зависимости от тех или иных изменений входных параметров.

Проведенные на кафедре автоматизации производственных процессов ОТИШ им. М.В.Ломоносова исследования процессов распыления, позволили составить математическую модель и разработать автоматическую систему управления, обеспечивающую ведение технологического процесса, критерием которого является дисперсный состав получаемого порошкообразного продукта. Эффективность подобных АСУ в значительной мере зависят от информационного обеспечения систем.

Поскольку, как правило, на всем пути от сушильной башни до сборного контейнера порошок не соприкасается с наружным воздухом, средства контроля и измерения дисперсного состава должны обеспечивать получение информации, исключая отбор пробы и возможность использования их в АСУТ. Исследованию таких методов контроля посвящены работы О.А.Мяздрикова, М.К.Наремского, В.С.Недранца, О.С.Курбатова и др.

Фотометрический метод, основанный на рассеянии света, едва ли не единственный метод, позволяющий проводить анализ в ходе технологического процесса; исключая этап отбора пробы в условиях, когда размеры частиц быстро изменяются.

Исследованию и разработке методов, основанных на рассеянии света, посвящены работы К.С.Шифрина, В.И.Голикова, С.Я.Богдановича, С.М.Базарова, Г.Д.Петрова, Р.Н.Соколова, А.И.Райченко, А.С.Лагунова и др.

Необходимо отметить, что основным источником погрешности разработанных измерительных устройств является методика вос-

становления спектра размеров частиц по экспериментально полученным индикатрисам рассеяния с использованием графического построения, либо ЭВМ. Взаимное влияние параметров закона распределения на форму индикатрисы рассеяния приводит в практических расчетах нередко к парадоксальным результатам.

Отсутствие эффективных методов, обеспечивающих достаточную экспрессность и точность измерения дисперсного состава и удельной поверхности, препятствует дальнейшей разработке измерительных устройств анализа степени дисперсности сыпучих материалов в потоке, а существующие методы анализа удельной поверхности при отсутствии серийно выпускаемых устройств автоматической обработки результатов анализа, требует значительных затрат времени на их обработку.

В работе анализируются экспрессные методы анализа степени дисперсности сыпучих материалов с точки зрения их автоматизации и использования в АСУТП и рассматривается метод, основанный на рассеянии света и газохроматографическом методе анализа удельной поверхности применительно к мелкодисперсным материалам, закон распределения частиц по размерам, в которых может быть описан аналитическими зависимостями, включающими в себя два параметра.

Для полидисперсной системы с логарифмически нормальным законом распределения частиц по размерам при освещении ее источником монохроматического линейнополяризованного света, плоскость поляризации которого составляет с плоскостью рассеяния углы 0 , $\pi/4$, $\pi/2$, аналитические выражения интенсивности рассеянного средой света J в зависимости от угла рассеяния имеют вид:

$$\left\{ \begin{aligned} J &= \frac{J_0 K^{-2} 2^{-2}}{12\pi \ln \sigma} \int_0^{\infty} \frac{i_2}{x} \exp \left[- \frac{(\ln \frac{x}{x_m} - \ln^2 \sigma)}{2 \ln^2 \sigma} \right] dx \\ \varphi &= 0 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} J &= \frac{J_0 K^{-2} 2^{-2}}{12\pi \ln \sigma} \int_0^{\infty} \frac{i_1 + i_2}{x} \exp \left[- \frac{(\ln \frac{x}{x_m} - \ln^2 \sigma)^2}{2 \ln^2 \sigma} \right] dx \\ \varphi &= \pi/4 \end{aligned} \right. \quad (I)$$

$$\left\{ \begin{aligned} J &= \frac{J_0 K^{-2} 2^{-2}}{12\pi \ln \sigma} \int_0^{\infty} \frac{i_1}{x} \exp \left[- \frac{(\ln \frac{x}{x_m} - \ln^2 \sigma)^2}{2 \ln^2 \sigma} \right] dx \\ \varphi &= \pi/2 \end{aligned} \right.$$

где: x_m, σ - мода и среднеквадратическое отклонение логарифмически нормального закона распределения;

x - относительный размер частиц;

$i_1 = |S_1|^2; i_2 = |S_2|^2$ - амплитудные функции Ми;

K - волновое число;

z - расстояние до точки наблюдения.

Представленные на рис. I графические зависимости, рассчитанные по приведенному выражению (I) на ЭВМ, показывают, что параметры закона распределения могут оказывать одинаковое действие на форму индикатрисы рассеяния. В условиях взаимного влияния x_m, σ , изменяющихся по случайному закону, при определении спектра размеров частиц, анализ формы индикатрисы рассеяния приводит к неверным результатам.

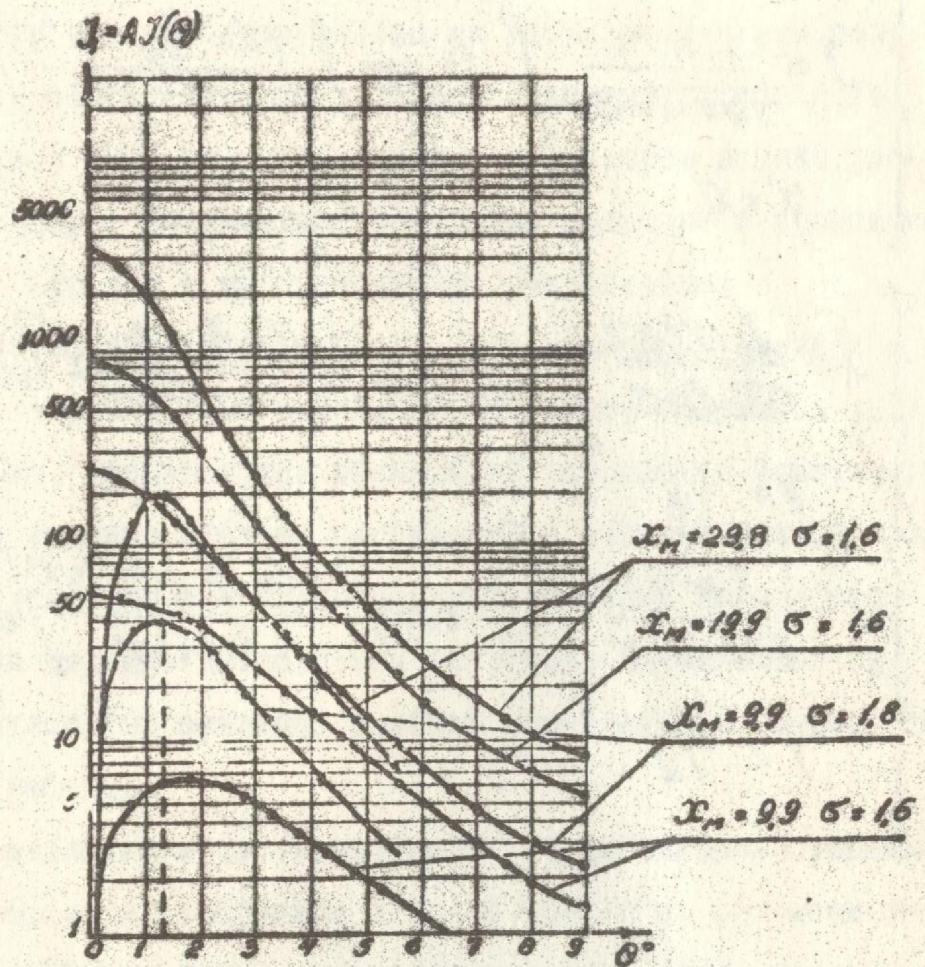


Рис. 1 Зависимость интенсивностей рассеянного света и их производных от угла рассеяния для полидисперсных систем с различными значениями параметров закона распределения.

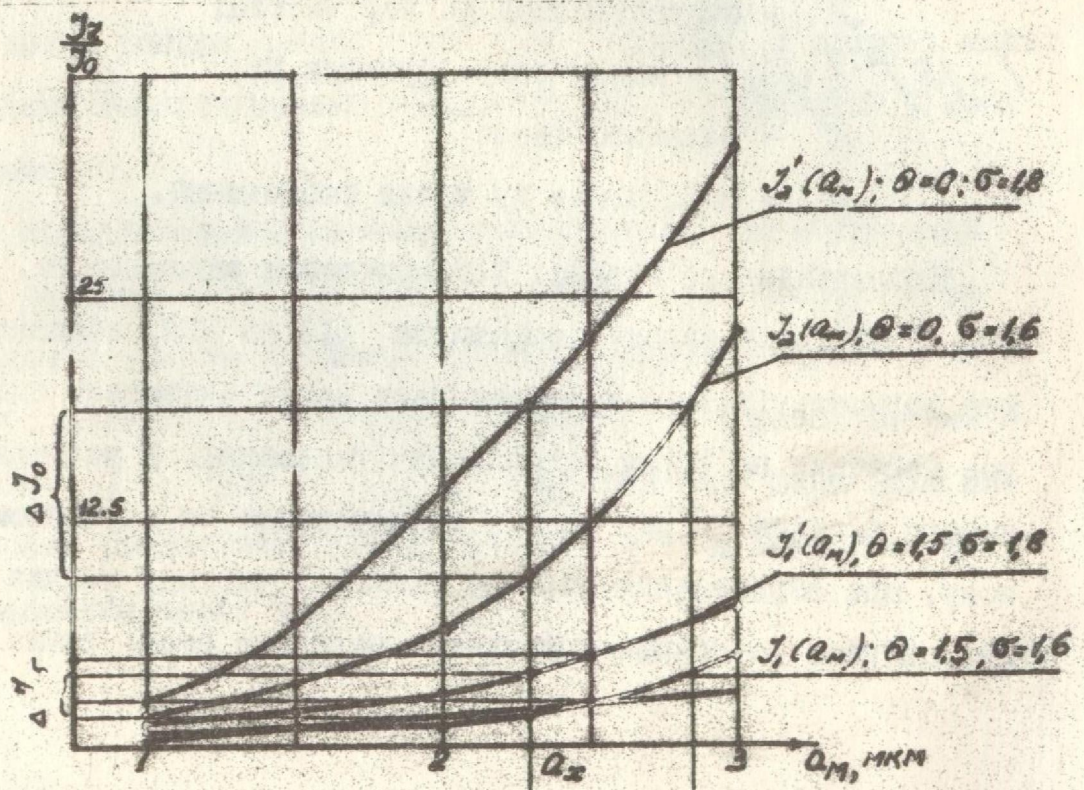


Рис. 2 Графическая иллюстрация метода определения параметра в закона распределения.

Так как для определения функции распределения частиц по размерам при логарифмически нормальном законе достаточно знания двух параметров (x_m, σ), то с целью исключения взаимного влияния на результат анализа предлагается рассматривать один из них (x_m) как полезный, а второй (σ) - помеха. Тогда при построении измерительной системы необходимо располагать двумя каналами измерения (основной и дополнительный) при соответствующих углах рассеяния. В этом случае, они должны быть построены на основании зависимостей $J_1 = f(x_m)$ и $J_2 = f(x_m)$ при $\sigma = \text{const}$ (рис. 2) и σ рассматривается как мешающий фактор. Для реализации поставленной цели необходим правильный выбор основного и компенсирующего каналов измерения для таких значений угла рассеяния θ , при которых выполняются следующие условия:

1. Основной канал должен обладать максимальной чувствительностью к моде распределения a_m и минимальной к среднеквадратическому отклонению σ .

2. Дополнительный канал - максимальной чувствительностью к среднеквадратическому отклонению σ и минимальной к моде распределения a_m .

Анализ графических зависимостей, представленных на рис. 1 позволяет рекомендовать в качестве основного канала измерения - канал, при котором угол рассеяния $\theta = 1,5^\circ$. Значение угла

$\theta = 1,5^\circ$ соответствует условию

$$\frac{d[J(x_m, \sigma, \theta)]}{d\theta} \rightarrow \max \quad \frac{d^2[J(x_m, \sigma, \theta)]}{d\theta^2} \rightarrow 0$$

и в этом случае наблюдается максимальная чувствительность рассеянного полидисперсной средой света к моде закона распределения.

В качестве дополнительного канала измерения - канал при котором угол рассеяния $\theta = 0^\circ$, в этом случае наблюдается максимальная чувствительность интенсивности рассеянного вперед света к среднеквадратическому отклонению σ закона распределения.

Результатом измерения является разность сигналов основного J_1 и дополнительного $K J_2$ каналов измерения (рис. 2)

$$J = J_1 - K J_2 = J_{15} - K J_0$$

где K - коэффициент передачи дополнительного канала, определяемый как

$$K = \frac{\Delta J_{15}}{\Delta J_0}$$

$\Delta J_{15}, \Delta J_0$ - приращения сигналов основного и дополнительного каналов измерения вследствие изменения среднеквадратического отклонения.

В некоторых практических случаях, модалный радиус распределения определяет значение среднеквадратического отклонения при наличии тесной корреляционной связи между ними. Поэтому, полученное значение модалного радиуса оказывается достаточным для характеристики закона распределения.

В общем случае, такая связь отсутствует, поэтому, более точные и достоверные результаты могут быть получены при установлении аналитического соотношения между указанными параметрами. Такая взаимосвязь проявляется между параметрами закона распределения и удельной поверхностью мелкодисперсных сыпучих материалов S :

$$\sigma = \exp(0,286 \ln \alpha / \rho S a_m)^{1/2}$$

где ρ - плотность материала частиц, являющаяся для данной природы материала величиной постоянной;
 α - коэффициент, определяемый формой частиц.

Форма и размер частиц взаимосвязаны друг с другом. Если частицы имеют форму шара, то размер частиц определяется его радиусом. В том случае, если частицы имеют несферическую форму, то понятие "размер" крайне неопределенно. Для частиц неправильной формы величина частицы определяется средними размерами. В общем случае средние размеры можно разделить на два типа:

1. Геометрический средний размер.

2. Средний размер, определяемый косвенным образом, на основании результатов анализа, использующего для этой цели определенный физический процесс.

При использовании метода, основанного на рассеянии света, размер частиц определяется диаметром круга, площадь которого равна геометрическому поперечному сечению частицы (размер по Хейвуду). Для мелкодисперсных сыпучих материалов размер по Хейвуду наиболее устойчив, так как находится в тесной коррелятивной связи с объемом частицы.

Существуют коэффициенты формы, определенные экспериментально косвенными методами на основании какого-либо физического процесса. Так как в реальных производственных условиях таких процессов чрезвычайно много, то и коэффициентов формы тоже не мало.

Сведение всей информации о реальной частице к информации об одном размере, является задачей морфологического анализа, предполагающего: определение геометрически правильного тела, к форме которого приближается данная частица; определение степени отклонения формы реальной частицы от формы геометрически правильного тела. Значение коэффициента формы позволит в этом случае отнести частицы сыпучего материала к некоторому

классу геометрически правильного тела.

Наиболее приемлемый путь решения данной проблемы - выделение небольшого количества базовых коэффициентов формы и установлении способов выражения любых коэффициентов формы через выделенные базовые. Для этой цели могут быть использованы методы теории информации. Основное преимущество этих методов состоит в том, что они обладают способностью к различной глубине описания и возможностью регулирования этой глубины.

Для количественного описания степени неопределенности формы частиц используем величину энтропии H (мера Хартли):

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad ; \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1$$

Для частиц несферической формы величину H можно определить следующими способами:

1. Вычисление H исходя из соотношения площадей колец с центром, совпадающим с центром тяжести частиц и шириной, равной разности между радиусом круга ($\bar{Q}$), площадь которого равна площади проекции частицы и радиусами вписанной (Q_{min}) и описанной (Q_{max}) окружностей.

2. Вычисление H исходя из пересечения окружностей радиусами Q_{min} , $\bar{Q}$, Q_{max} с реальным контуром частицы и образующегося при этом соответствующего количества точек пересечения.

3. Вычисление H исходя из распределения длин дуг окружности радиуса $\bar{Q}$, образуемых при пересечении его реального контура частицы и лежащие внутри частицы.

4. Вычисление H исходя из распределения площадей, обметиваемых радиусом-вектором вдоль реального контура частицы в пределах дуг окружностей $\bar{Q}$, образующих внешние области по отношению к выбранному кругу.

5. Вычисление N исходя из распределения отклонений реального контура частицы от окружности радиуса $\bar{a}$.

Исследование форм реальных частиц полидисперсных сыпучих материалов пищевой промышленности показывает, что вследствие отличия указанных форм частиц от сферы, подобные частицы и их множество не могут быть охарактеризованы с достаточной степенью точности одним параметром, - средним размером, полученным в результате анализа, а должны характеризоваться совокупностью параметров, т.е. функционалом

$$F = f(\bar{a}, a_{\min}, a_{\max}, \Delta)$$

$\Delta = \exp H$ - интервал неопределенности, определяемый формой исследуемых частиц.

Несферичность частиц определяет удельную поверхность мелкодисперсного материала.

Экспериментальное исследование степени дисперсности сыпучих материалов

При экспериментальном определении индикатрис рассеяния, применялась установка, включающая источник света - $He-Ne$ лазер типа ЛП-75 с длиной волны излучения $\lambda = 0,6328$ мкм. Диаметр пучка света проходя конденсор, имеющий угловое увеличение и ирисовую диафрагму, составляет $\sim 0,02$ м. Расходимость пучка в воздухе после коллиматора составила $4'$. После диафрагмы параллельный пучок света, проходя модулирующее устройство, входит в датчик, в котором находится исследуемый полидисперсный материал. Датчик представляет собой конденсатор, имеющий профильные электроды. Между электродами, к которым подводится высокое напряжение, помещается исследуемый материал. Под воздействием напряжения постоянного тока частицы полидис-

персного материала приходят в движение и устанавливается в-
токолебательное движение их от электрода к электроду. В ре-
зультате автоколебательного движения в междуэлектродной об-
ласти создается аэрозоль исследуемого мелкодисперсного мате-
риала. Профиль электродов конденсатора позволяет создать из-
мерительный объем аэрозоля в виде цилиндра. Рассеянный средой
свет проходит двояковыпуклую линзу и поступает на поворотное
зеркало. Линза установлена на двойном фокусном расстоянии от
рассеивающего объема и поворотного зеркала. Вращение зеркала
производится в плоскости рассеяния, совпадающей с горизонталь-
ной плоскостью.

При этом плоскость поляризации газового лазера образует с
плоскостью рассеяния угол, равный 45° . Угловой диапазон вра-
щения зеркала составляет 10° . Отраженный от зеркала свет, про-
ходя через ограничительную диафрагму, телескопический объектив
и точечную диафрагму с диаметром отверстия 0,1 мм, поступает
на фотоэлектронный умножитель типа ФЭУ-68.

Преобразованный ФЭУ световой сигнал поступает в двухка-
нальную измерительную схему через коммутирующее устройство
соответственно к основному и дополнительному каналам измере-
ния, определяемым рабочими углами рассеяния 0° и $1,5^{\circ}$. В ос-
новном канале измерения усиленный сигнал детектируется и в
виде напряжения постоянного тока поступает на усилитель постое-
янного тока. Сюда же подается напряжение, компенсирующее ве-
личину сигнала соответствующего минимальному значению диапазо-
на изменения моды распределения. Блок памяти запоминает зна-
чение сигнала основного канала измерения.

При измерении на дополнительном канале осуществляется
аналогичное преобразование сигналов ФЭУ с помощью усилителя,

детектора и УПТ. На сумматор поступают напряжения основного U_1 , дополнительного U_2 каналов измерения и напряжение компенсации основной части сигнала дополнительного канала измерения $U_2 - \Delta U$, обусловленной влиянием моды закона распределения. Указанное напряжение вырабатывается функциональным преобразователем в зависимости от напряжения в блоке памяти основного канала измерения. Выходное напряжение сумматора в виде $U_1 - \Delta U$ соответствует значению моды закона распределения частиц по размерам с компенсацией влияния среднеквадратического отклонения.

В таблице I приведены результаты исследования дисперсного состава, рассматриваемым методом, седиментометрическим, микроскопическим, а также удельной поверхности методами газопроницаемости и хроматографическим.

Таблица I

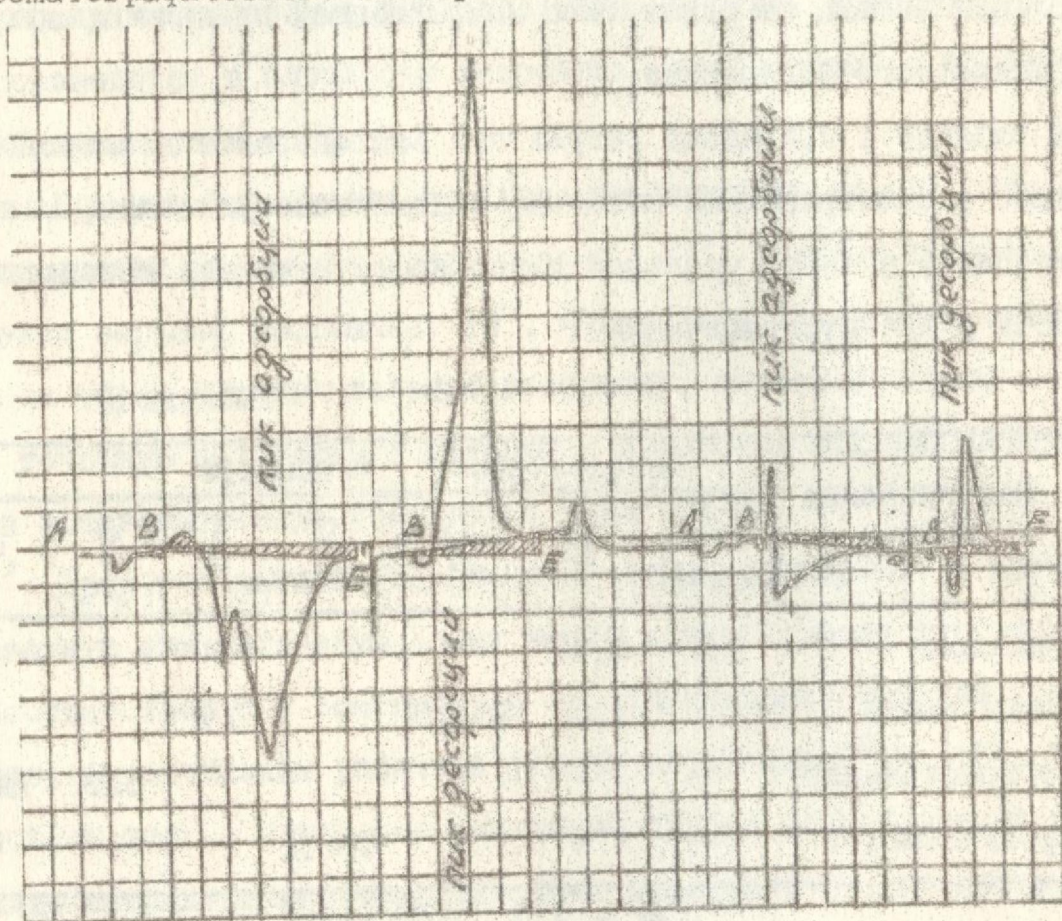
Наименование метода	Определяемые параметры						
	A_m мкм	σ	$S_{расч}$ м ² /г	S псх	Δ	$S_{кр}$	S_{Δ}
Седиментации	4,7	2,47					
Рассеяния света		2,5	155,0		2т		
Хроматографический	-	-				328	324
Газопроницаемости	-	-		186,1		-	
$\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$							

Результаты анализа удельной поверхности основывались на наиболее точном и достоверном газохроматографическом методе. Экспрессность метода в значительной мере определяется временем обработки хроматографической информации. Большое значение в настоящее время приобретают автономные устройства ав-

к. В. 13 122

томатической обработки. Существующие устройства реализуют, как правило, простейший алгоритм. Разработка алгоритма автоматической обработки и выбор параметров и диапазонов разрабатываемых устройств, может быть успешно проведен лишь при статистическом анализе спектров хроматограмм, полученных при проведении анализов удельной поверхности мелкодисперсных материалов.

На рис. 3 представлена наиболее распространенная запись хроматографического спектра.



Анализ параметров пиков адсорбции и десорбции газовых хроматограмм позволил разработать специальный интегрирующий преобразователь хроматографической информации, работающий в комплекте с газовым хроматографом, приспособленным для опре-

деления удельной поверхности мелкодисперсных сыпучих материалов. Интегрирующий преобразователь работает в реальном масштабе времени с выдачей показаний в цифровой форме на световое табло. Разработанное устройство позволяет выполнять следующие функции по автоматической обработке: компенсацию базисной линии перед началом процесса десорбции (адсорбции); фильтрацию помех; интегрирование полезного сигнала; коррекцию результата интегрирования, связанную с дрейфом базисной линии в процессе десорбции (адсорбции).

Результатом обработки хроматограммы является определение площади, ограниченной кривой сигнала относительно базисной линии BE , и пропорциональной удельной поверхности. Участок AB соответствует сигналу помехи. Коррекция результата интегрирования вследствие дрейфа базисной линии в процессе десорбции (адсорбции) осуществляется путем интерполяции базисного сигнала по его значениям до и после пика.

Специальный интегрирующий преобразователь содержит устройство компенсации положения базисной линии, компенсирующее начальный ток детектора газового хроматографа, после чего изменяющееся во времени напряжение линейно связано с изменяющимся током детектора в процессе десорбции. Сигнал отрицательной полярности, являющийся помехой, через детектор не проходит. Сигнал положительной полярности поступает на интегрирующий усилитель и одновременно запускает отметчик времени с выбранным диапазоном продолжительности десорбции.

По окончании процесса управляющее устройство, получив сигнал от отметчика времени, коммутирует входной сигнал с выхода детектора на устройство компенсации дрейфа базисной линии. Скорректированное значение интеграла входной величины посту-

пает на регистрирующее устройство, позволяющее представить полученную информацию в цифровом виде с выходом на цифропечать и световое табло.

Прибор отличается простотой и надежностью конструкции. Погрешность обработки результатов хроматографического анализа не превышает 3%, а сходимость - 0,5%.

Основные выводы

1. Использование теоретических положений рассеяния света малыми частицами позволило определить основные закономерности между интенсивностью рассеянного света полидисперсной средой, закон распределения размеров частиц в которой может быть описан с использованием двух параметров (в частности, логарифмически нормальное распределение) и размерами частиц в диапазоне 0,1...100 мкм. Проведенный расчет индикатрис рассеяния на ЦВМ позволяет рекомендовать для указанного диапазона размеров частиц интервал рабочих углов $0...5^{\circ}$.

2. Анализ индикатрис показывает, что в условиях взаимного влияния параметров закона распределения частиц по размерам на форму индикатрисы рассеяния, достоверные результаты могут быть получены только с использованием двух каналов измерения, обладающих различной чувствительностью к указанным параметрам.

Показано, что наибольшая чувствительность интенсивности рассеянного полидисперсной средой света к моде закона распределения соответствует углу рассеяния, при котором первая производная индикатрисы рассеяния максимальна, что для рассматриваемого диапазона размеров частиц составляет $\sim 1,5^{\circ}$.

3. Предложенный способ определения параметров закона распределения, заключающийся в том, что мода распределения опре-

деляется на основе характеристик светорассеяния с использованием зависимостей $I = f(a_m)$ при $\sigma = \text{const}$ для угла рассеяния $1,5^\circ$ (основной канал) и угла рассеяния 0° (дополнительный канал), а среднеквадратическое отклонение σ на основе взаимосвязи параметров закона распределения частиц по размерам и удельной поверхностью, позволяет повысить точность определения указанных параметров.

4. Показано, что неферичность частиц может внести существенную неопределенность в характеристику размера частиц и привести к неправильным результатам при анализе удельной поверхности. Предложены информационные критерии оценки формы и размера частиц, которые могут рассматриваться как базовые при практических и теоретических исследованиях.

5. Проведенные исследования с использованием газохроматографического метода тепловой десорбции азота для определения удельной поверхности, позволили установить диапазоны изменения параметров пиков адсорбции и десорбции. На основе статистического анализа спектров параметров пиков, разработан алгоритм автоматической обработки хроматографической информации и специальный интегрирующий преобразователь, позволяющий повысить точность метода и значительно сократить время обработки хроматограмм. При этом погрешность преобразования не превышает 3%, а сходимость результатов - 0,5%.

Разработанный специальный интегрирующий преобразователь различной модификации внедрен в институте проблем материаловедения АН УССР и в лаборатории порошков Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института алюминиевой, магниевой и электродной промышленности.

Основные положения диссертации опубликованы в
следующих работах:

1. К вопросу многоканального высокочастотного анализа вла-
госодержания сыпучих материалов. Сб. трудов Транспортировка и
хранение кормовых дрожжей, В НИИсинтезбелок, М., 1970 (соавторы
Коняшин Е.Н. и др.).

2. Возможные пути реализации емкостного двухчастотного ме-
тода измерения влажности сыпучих материалов в потоке, Материа-
лы II-й Всесоюзной конференции "Механика сыпучих материалов",
Одесса, 1971 (соавторы Платонов П.Н. и др.).

3. О возможности автоматической обработки результатов хро-
матографического анализа при определении удельной поверхности
порошков, Тезисы докладов III Всесоюзной конференции "Механика
сыпучих материалов", Одесса, 1975.

4. Определение функции распределения частиц мелкодиспер-
сных сыпучих материалов, Тезисы докладов III Всесоюзной конферен-
ции "Механика сыпучих материалов", Одесса, 1975 (соавтор Худо-
лей Л. .). .

5. Информационные критерии оценки формы частиц дисперсных
систем, Тезисы докладов двенадцатой Всесоюзной конференции
по вопросам испарения, горения и газовой динамики дисперсных
систем, Одесса, 1976.

6. Рассеяние света полидисперсным аэрозолем, Тезисы докла-
дов двенадцатой Всесоюзной конференции по вопросам испарения,
горения и газовой динамики дисперсных систем, Одесса, 1976.