ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ

РД 50-409—83

Цена 5 коп.

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1984

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Государственным Комитетом СССР по стандартам

ИСПОЛНИТЕЛИ

Б. М. Степанов (руководитель темы); **А. Л. Ауслендер, Н. Г. Власов, И. Н. Гусева, Г. Г. Левин, А. Н. Заборов, В. И. Сачков, В. А. Сойфер, Ю. Л. Тарасов, А. Г. Храмов**

ВНЕСЕНЫ Государственным комитетом СССР по стандартам

Член Госстандарта **Л. К. Исаев**

УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 31 мая 1983 г. № 2451

УДК 778.39:658.562:006.359

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ

РД 50-409—83

Введены впервые

Утверждены Постановлением Госстандарта от 31 мая 1983 г. № 2451, срок введения установлен

с 01.07.84 г.

Настоящие методические указания устанавливают метод измерений пространственных координат и диаметров микрочастиц с использованием импульсной голографии, фотографической регистрации сечений в объемном голографическом изображении и последующей цифровой обработки на ЭВМ.

Методические указания позволяют исследовать процессы горения, взрыва, кавитации, флотации, а также биологические процессы, двухфазные потоки, т. е. нестационарные процессы, связанные с образованием пространственных ансамблей микрочастиц при концентрациях измеряемых частиц не более 2 %, размере регистрируемой области $2 \cdot 10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-1} \cdot 1$ м, размерах частиц от 5 до $2 \cdot 10^3$ мкм и скоростях движения частиц не более 10^4 м/с.

1. ОПЕРАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. При проведении измерений пространственного распределения микрочастиц по размерам должны выполняться следующие операции:

внешний осмотр регистрирующей аппаратуры (установки УИГ-12) (п. 5);

опробование регистрирующей аппаратуры (п. 6);

юстировка оптической голографической схемы (п. 7.1);

получение голограмм (п. 7.2);

получение голографического изображения с голограммы и регистрация сечений на фотопленку (п. 7.3);

ввод тестового сечения и сечений голографического изображения исследуемого объекта в ЭВМ (п. 7.4.1);

фильтрация помех на изображениях сечений ансамбля микрочастиц (п. 7.4.2);

расчет параметров пространственного распределения на ЭВМ (п. 7.4.3).

© Издательство стандартов, 1984

2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. При проведении измерений следует применять приборы, материалы и оборудование, указанные в приложении 1.

3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. При проведении измерений необходимо соблюдать следующие условия:

температура окружающего воздуха (20±4,0) °С;

давление 100±4 кПа;

относительная влажность воздуха (65±15) %;

напряжение питающей сети (220±4) В;

частота питающей сети 50 Гц (допускаемые отклонения по ГОСТ 13109—67);

обеспечено затемнение помещения.

3.2. Операции по пп. 5.1—7.3 должны выполнять лица, имеющие квалификацию инженера и знакомые с правилами эксплуатации голографических установок УИГ-12 и газовых лазеров ЛГ-38, ЛГ-52. Их квалификация должна быть не ниже III группы по технике безопасности при эксплуатации электроустановок с напряжением свыше 1 кВ в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» — ПТЭ и ПТБ (Атомиздат, 1970).

Операции пунктов 7.4.1—7.4.3 должны выполняться лицами, имеющими квалификацию оператора вычислительной машины типов СМ4 и ЕС ЭВМ.

При подготовке к измерениям и при проведении измерений следует руководствоваться общими правилами безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.003—74.

4. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Перед проведением измерений должны быть:

включены лазеры ЛГ-38;

приготовлены проявитель, фиксаж, согласно инструкциям по их эксплуатации; 10 %-ный раствор хлорной меди, являющийся отбеливателем;

подготовлено и затемнено помещение, в котором должны проводиться измерения;

подготовлена к работе установка УИГ-12 согласно технической документации на установку.

5. ВНЕШНИЙ ОСМОТР

5.1. При внешнем осмотре регистрирующей аппаратуры устанавливают:

отсутствие дефектов оптических элементов установки;

наличие защитного заземления корпуса установки и элементов защитной электрической блокировки отдельных блоков; дистилли-

рованной воды во внутреннем контуре системы охлаждения установки и воды в водопроводной сети.

Виброустойчивый стол для УИГ-12 должен быть подвешен свободно.

6. ОПРОБОВАНИЕ РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

6.1. При опробовании регистрирующей аппаратуры

включают и выключают установку в соответствии с методикой, указанной в паспорте УИГ-12.00.00.000 ПС;

проверяют плавность перемещения подвижных частей установки и надежность крепления оптических элементов в юстировочных приспособлениях;

проводят визуальную проверку наличия непрерывного излучения газового лазера ЛГ-38 и работы системы охлаждения.

7. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1. Юстировка оптической голографической схемы.

7.1.1. На рис. 1 приведена оптическая голографическая схема регистрации ансамбля микрочастиц. Источником когерентного излучения является импульсный лазер *1*, входящий в комплект установки УИГ-12. В случае необходимости, возникающей при получении голограмм ансамбля микрочастиц, занимающих объемы более 100 мм в поперечнике, следует дополнить импульсный лазер импульсным усилителем, также входящим в установку УИГ-12.

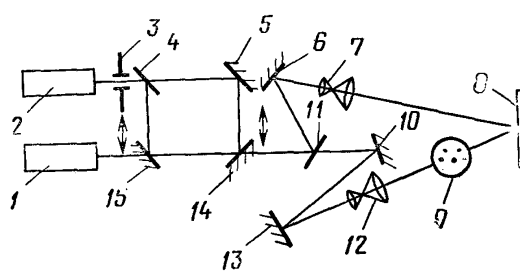

Рис. 1

7.1.2. При исследовании ансамбля микрочастиц, образующихся в нестационарных процессах, необходима синхронизация импульса когерентного излучения импульсного лазера и исследуемой фазы изучаемого процесса. В этом случае запуск установки УИГ-12 осуществляется с помощью внешнего сигнала, который связан с исследуемым объектом.

В паспорте установки УИГ-12 даны рекомендации по использованию осциллографа С8—12 для контроля временных характе-

ристик излучения, а также указаны операции, выполнение которых обеспечит получение генерации импульса излучения с высокой пространственной и временной когерентностью.

7.1.3. Оптическую голографическую схему для регистрации распределения ансамбля микрочастиц в пространстве и по размерам юстируют в два этапа. Вначале совмещают оптические оси импульсного рубинового лазера ($\lambda=0{,}69$ мкм) и газового лазера ЛГ-52. Лазер ЛГ-52 используют для построения и юстировки схемы, а импульсный лазер — при регистрации голограммы. Для совмещения оптических осей применяют схему, аналогичную схеме интерферометра Майкельсона (зеркала *4, 5, 14, 15*), которую собирают и юстируют следующим образом:

на виброустойчивом столе закрепляют приспособления УИГ 1.30.000 таким образом, чтобы впоследствии на них можно было установить малые рейтеры УИГ 1.12.000 с зеркалами *4, 5, 14, 15* и диафрагмой *3* согласно рис. 1;

устанавливают на эти приспособления малые рейтеры с зеркалами *4, 5, 14, 15,* закрепленными в юстировочных головках РО 41.24.00.000 с диафрагмой *3,* помещенной на торце штыря УИГ 1.00.055;

пропускают луч газового лазера *2* через диафрагму *3* и ориентируют зеркала *4, 5, 14, 15* так, чтобы лучи, прошедшие через полупрозрачное зеркало *4,* отразившись от зеркал *5, 14, 15, 4* и *15, 14, 5, 4,* совместились и попали в диафрагму *3*;

отодвигают малый рейтер с зеркалом *15* по приспособлению от своего рабочего положения и ориентируют импульсный лазер *1* так, чтобы луч газового лазера *2,* пройдя путь от зеркала *4* через зеркала *5, 14* попал на выходное окно импульсного лазера *1* (на рис. 1 не показано). При этом отраженный от выходного окна импульсного лазера луч должен попасть на диафрагму *3.* В результате выполнения этих операций оптическая ось импульсного лазера *1* оказывается совмещенной с оптической осью газового лазера *2.*

На втором этапе юстируют голографическую схему, для чего устанавливают рейтер с зеркалом *15* в рабочее положение, а рейтер с зеркалом *14* отодвигают по приспособлению УИГ 1.30.000. Юстировку голографической схемы производят следующим образом:

закрепляют на поверхности виброустойчивого стола приспособления УИГ 1.30.000 таким образом, чтобы впоследствии на них установить малые рейтеры УИГ 1.12.000 с оптическими элементами согласно рис. 1;

закрепляют в юстировочных головках РО 41.24.00.000 зеркала *11, 10, 13, 6;*

устанавливают юстировочные головки, универсальный держатель для крепления фотопластинки и афокальные насадки *7* и *12,* УИГ 7.10.000 в малые рейтеры;

малые рейтеры на приспособления УИГ 1.30.000 устанавливают, руководствуясь рис. 1;

включают газовый лазер *2* и ориентируют оптические элементы схемы в соответствии с рис. 1, используя в качестве оптической оси луч лазера;

афокальные насадки *7, 12* устанавливают таким образом, чтобы расширенные потоки излучения были совмещены в плоскости фотопластинки.

7.1.4. После завершения юстировки оптической схемы затемняют помещение. Учитывая слабую чувствительность фотопластинки типа «Микрат ВРЛ» к зеленому свету, допускается использование освещения с использованием темно-зеленого фильтра.

7.2. Получение голограмм. Перед экспонированием отодвигают зеркала *14* и *15* из положения, использовавшегося при юстировке схемы. Закрепляют в универсальном держателе фотопластинку и экспонируют ее в свете импульсного лазера. Импульсный лазер включают и выключают согласно паспорту установки УИГ-12. Химико-фотографическую обработку фотопластины или фотопленки производят в соответствии с инструкцией по обработке.

7.3. Получение голографического изображения с голограммы и регистрация сечений на фотопленку. Фотопленки сечений пространственного ансамбля микрочастиц получают, руководствуясь

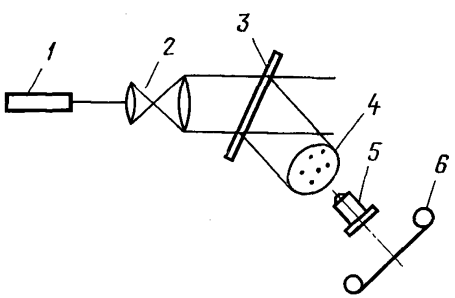

Рис. 2

оптической схемой, приведенной на рис. 2, которую собирают и юстируют следующим образом:

на виброустойчивом столе установки УИГ-12 закрепляют приспособления УИГ 1.30.000 таким образом, чтобы впоследствии на них можно было установить малые рейтеры УИГ 12.000 с афокальной насадкой *2,* голограммой *3,* объективом *5* и фотокамерой *6.*

Устанавливают на эти приспособления малые рейтеры с закрепленными в них элементами *2, 3, 5, 6* согласно рис. 2;

включают газовый лазер *1* типа ЛГ-38 и пропускают расширенный афокальной насадкой *2* поток излучения через голограмму *3* со стороны, противоположной опорному пучку при съемке;

поворачивают голограмму *3* вокруг вертикальной оси, наблюдая при этом на белом листе бумаги, расположенным за голограммой в области микрообъектива *5*, восстановленный объектный пучок; фиксируют положение голограммы, при котором наблюдается максимальная яркость восстановленного пучка;

устанавливают и юстируют микрообъектив *5* таким образом, чтобы снять интересующие участки объекта;

производят экспонирование фотопленки, используя затвор фотокамеры с различными выдержками; после химико-фотографической обработки пленки определяют оптимальный режим съемки для данной голограммы и используемой фотопленки.

Примечание. Для пересъемки можно использовать фотопленки типов КН-1, КН-2, КН-3, КН-4, ГОСТ-32, ГОСТ-65, ГОСТ-130, Микрат-300.

7.4. Обработка результатов измерений.

7.4.1. Ввод тестового сечения и сечений голографического изображения исследуемого объекта в ЭВМ. Тестовое сечение получают путем регистрации на фотопленку голографического изображения тест-таблицы, с которой получена голограмма, в схеме, идентичной той, в которой была получена голограмма ансамбля микрочастиц, и расположении носителя в интересующем месте объема.

Ввод тестового и полученных в эксперименте сечений пространственного ансамбля микрочастиц в ЭВМ осуществляют на устройстве ввода/вывода оптических изображений барабанного типа «Ромб». Исходный пакет сечений представляет собой последовательность изображений микрочастиц, зарегистрированных на фотопленке (размер каждого кадра 25×25 мм). Выходным носителем информации является стандартная магнитная лента (МЛ) для ЭВМ серии ЕС (ширина 12,7 мм, длина 750 м). Емкость МЛ, составляющая 25 Мбайт, достаточна для записи пятнадцати сечений, содержащих по 1000×1000 отсчетов.

Ввод пакета сечений производят в следующем порядке:

включают мини-ЭВМ СМ-4 и устройство «Ромб»;

на лентопротяженном устройстве мини-ЭВМ СМ-4 устанавливают в точку загрузки рабочую МЛ;

подготавливают устройство «Ромб» к работе в режиме считывания изображений, для чего устанавливают переключатель режима работы в положение «Управление от ЭВМ», переключатель «Шаг» — в положение 25 мкм, а на барабан считывания помещают рамку носителя для закрепления снимков размером 25×25 мм;

загружают в мини-ЭВМ СМ-4 программу ввода изображений INPT, которая работает в режиме диалога с выдачей следующих сообщений на пишущую машинку:

11 ВВЕДИТЕ НАЧАЛЬНЫЕ КООРДИНАТЫ КАДРА
X=
Y=
12 УСТАНОВИТЕ ТЕСТОВЫЙ СНИМОК НА БАРАБАН СЧИТЫВАНИЯ

13 УСТАНОВИТЕ ОЧЕРЕДНОЙ СНИМОК НА БАРАБАН СЧИТЫВАНИЯ

14 ЗАКОНЧИТЬ ЛИ ВВОД ПАКЕТА (ДА, НЕТ)

При сообщении 11 измеряют начальные координаты кадра в миллиметрах (X — по оси барабана; Y — по окружности барабана) и вводят их с пульта пишущей машинки.

При сообщениях *12* и *13* в рамку барабана считывания устанавливают соответственно тестовый снимок или очередной снимок из пакета сечений и запускают фотосчитывающее устройство кнопкой «Пуск» на пульте управления устройства «Ромб».

При сообщении *14* с пульта пишущей машинки вводят «ДА» (если введены все сечения) или «НЕТ» (если не все сечения еще введены).

Запись информации на МЛ производится программой INPT в следующем стандартном формате. Каждому сечению соответствует файл, содержащий 125 блоков записей. Файлы отделяются друг от друга ленточными маркерами, за последним файлом записывается подряд две ленточные маркеры. Длина блока—8000 байт. Каждый блок содержит восемь строк изображения по 1000 отсчетов в каждой строке. Каждый отсчет кодируется байтом информации (8 бит) в соответствии с оптической плотностью снимка, изменяющейся в диапазоне 0—3. Тестовое сечение записывается в первый файл. Время записи на МЛ одного сечения 15 мин.

7.4.2. Фильтрация помех на изображениях сечений ансамбля микрочастиц осуществляется программой FLTR, написанной на языке PL/1 DOCEC. Программа FLTR позволяет компенсировать помехи, возникающие при голографировании и оптическом восстановлении пространственного ансамбля микрочастиц: спекл-шум; шум зернистости галогенидосеребряных носителей; шум от микрочастиц, находящихся вне плоскости фокусировки; искажения, вызванные несовершенством оптической системы и турбулентностью окружающей среды. Алгоритм фильтрации заключается в последовательном применении двумерного рекурентного сглаживания и порогового квантования:

$$w(m,\ n)=\sum_{k=1}^{p}\sum_{l=-p}^{p}\alpha_{kl}w(m-k,\ n-l)+$$

$$+\sum_{l=1}^{p}\alpha_{0l}w(m,\ n-l)+\alpha_{00}u(m,\ n);$$

$$z_{(m,\ n)}\begin{cases}1, \text{ если } w(m,\ n)\geqslant h\\ 0, \text{ если } w(m,\ n)<h\end{cases} m,\ n=1,\ \overline{N},$$

где u (m, n) — отсчеты оптической плотности введенного зашумленного изображения сечения (за вычетом постоянной составляющей); w (m, n) — отсчеты сглаженного изображения сечения; z (m, n) — отсчеты соответствующего бинарного изображения се-

чений; $N \times N$ — количество отсчетов во введенном сечении; p — порядок сглаживающего фильтра; α_{kl} — коэффициенты сглаживания; h — порог квантования.

Параметры алгоритма фильтрации $\{ p, \alpha_{kl}, h \}$, обеспечивающие максимальное подавление помех и минимальные искажения действительных размеров микрочастиц, выбираются в программе FLTR с использованием автоматической адаптации. Параметры настраиваются по введенному изображению сечения тестового объекта с точно известной гистограммой распределения микрочастиц по диаметрам. Тестовое сечение должно быть получено в тех же условиях, что и сечения исследуемого объекта.

Программа FLTR используется параллельно с программой DSTR. Работа с обеими этими программами описана в п. 7.4.3.

7.4.3. Расчет параметров пространственного распределения микрочастиц. Программа классификации микрочастиц по размерам DSTR, написанная на языке PL/I DOCEC, позволяет рассчитывать следующие характеристики пространственного ансамбля микрочастиц в каждом из зарегистрированных сечений исследуемого объекта; координаты (x_i, y_i) центров микрочастиц в плоскости сечения; эффективные диаметры (d_i) зарегистрированных микрочастиц; гистограмму распределения микрочастиц по размерам.

Алгоритм классификации микрочастиц по размерам основан на выделении контуров микрочастиц на бинарном изображении и вычислении площадей и геометрических центров областей, заключенных внутри контуров. Диаметром микрочастиц считается диаметр круга, имеющего такую же площадь, что соответствующая область на бинарном изображении. Формулы, по которым проводят вычисление:

$$s_i = \| R_i \| \qquad d_i = 2 (s_i/\pi)^{1/2}$$

$$x_i = \frac{1}{s_i} \sum_{(m, n) \in R_i} m \qquad y_i = \frac{1}{s_i} \sum_{(m, n) \in R} n \qquad i = 1, \overline{M},$$

где R_i — множество точек (m, n) бинарного изображения, принадлежащих области с номером i; $\| R_i \|$ — количество точек во множестве R_i, S_i — площадь i-й области; d_i — эффективный (средний) диаметр i-й области; (x_i, y_i) — координаты центра i-й области; M — количество выделенных областей (микрочастиц).

Настройка параметров алгоритма фильтрации $\{ p, \alpha_{kl}, h \}$ (см. п. 7.4.2) производится по условию минимизации среднего квадратичного отклонения рассчитанной гистограммы тестового объекта от образцовой гистограммы

$$\varepsilon^2 = \sum_{l=1}^{L} [g_{\text{т}}^{\text{э}} (l) - g_{\text{т}} (l)]^2 \to \min,$$

где $\{ g_{\text{т}}^{\text{э}} (l) \}_1^L$ — образцовая гистограмма тестового объекта;

$\{ g_{\text{т}} (l) \}_1^L$ — гистограмма, рассчитанная в ЭВМ для введенного тестового сечения.

Программа DSTR работает параллельно с программой фильтрации FLTR (см. п. 7.4.2). Исходными данными для программ DSTR и FLTR являются следующие:

информация на магнитной ленте, полученная при вводе тестового сечения и пакета сечений исследуемого ансамбля микрочастиц (см. п. 7.4.1);

данные, вводимые с перфокарт: A — масштабирующий множитель (коэффициент увеличения оптической системы при фотографировании сечений); DMIN, DMAX — нижняя и верхняя границы распределения диаметров частиц в образцовой гистограмме (для тестового сечения) в мкм; L — количество интервалов в образцовой гистограмме; GT (I) — образцовая гистограмма ($I=1, \overline{L}$).

Данные A, DMIN, DMAX, L, G набирают на устройстве подготовку перфокарт для ЕС ЭВМ в произвольном формате (с десятичной точкой или без нее) и отделяют друг от друга запятыми и (или) одним или несколькими пробелами. Может быть использовано произвольное количество перфокарт.

Программа DSTR выдает на печать: исходные данные (A, DMIN, DMAX, L, G); таблицы координат и размеров микрочастиц; гистограммы распределения микрочастиц по размерам в отдельности для каждого сечения и в совокупности по всем сечениям.

Время, затрачиваемое на фильтрацию и обработку одного сечения на ЭВМ, 10 мин.

Пример подготовки перфокарт для некоторого числового набора данных и пример оформления результатов обработки измерений приведены в приложении 2; программа фильтрации и обработки изображений сечений — в приложении 3.

7.4.4. Погрешность измерений. Расчет погрешности измерений распределения микрочастиц по размерам приведен в приложении 4. При использовании указанной аппаратуры, оборудования и программ ввода, фильтрации и обработки основная относительная погрешность измерений распределения микрочастиц по размерам при доверительной вероятности $P=0{,}95$ не должна превышать 10 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ПРИБОРЫ, МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ

Установка измерительная голографическая УИГ-12, по УИГ 12.00.00000 ТУ.
Осциллограф универсальный запоминающий, по ГВ 2.044.072 ТУ.
Линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427—75.
Фонарь фотолабораторный по ТУ 2.424.020.
Микроскоп горизонтальный МГ по ТУ 3—3.304—76.
Микрофотонасадка МФН 12 по У 4.2 ТУ 3—3.1042—75.
Фотопластины «Микрат-ВР» по ГОСТ 5.2049—73.
Фотопленка ФПГВ по ТУ 6—17155—72.
Вата медицинская гигроскопическая по ГОСТ 5556—66.
Фотопленка КН-1, КН-2, КН-3 по ГОСТ 5.2049—73.
Марля бытовая х.-б. по ГОСТ 11109—64.
Спирт этиловый ректификованный технический по ГОСТ 18300—72.
Проявитель УП-2 по ОСТ 6—1713—73.
Фиксаж по ОСТ 6—1773—73.
Медь хлорная по ГОСТ 4167—74.
ЭВМ серии ЕС, работающая с операционной системой DOCEC.
Устройство ввода изображений типа «Ромб» — сопряжение с мини-ЭВМ СМ-4. Размер вводимого изображения 25×25 мм; число точек отсчета 1000×1000.
Программа фильтрации FLTR и обработки DSTR изображений сечений ансамбля частиц (для ЭВМ серии ЕС) — см. Приложение 3.
Кроме перечисленных допускается использование других средств измерений, имеющих аналогичные или лучшие характеристики.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПРИМЕР ПОДГОТОВКИ ПЕРФОКАРТ

Для следующего набора данных:
$A=50$; DMIN=5; DMAX=45; $L=8$
$G=\{0{,}05;\ 0{,}05;\ 0{,}1;\ 0{,}2;\ 0{,}3;\ 0{,}2;\ 0{,}05;\ 0{,}05\}$
Перфокарты можно подготовить следующим образом:
перфокарта 1: 5∅, ∅, 5, 45, 8.
перфокарта 2: ∅5|_|. ∅5|_|. 1|_|. 2|_|. 3|_|. 2|_|. ∅5|_|. ∅5.

Пример оформления результатов обработки

СЕЧЕНИЕ 5

Таблица координат и размеров микрочастиц

Номера частиц	Координаты центров (мкм)		Эффективный диаметр
	X	*Y*	
1	2	3	4
1	50,1±2,5	25,0±2,5	7,5±2,5
2	105,3±2,5	34,5±2,5	24,1±2,5
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
28	456,3±2,5	225,0±2,5	12,0±2,5

Гистограмма распределения микрочастиц по диаметрам

Номера интервалов	Границы интервалов (мкм)	Количество частиц	Относительная частота
1	2	3	4
1	5,0—10,0	1	0,036
2	10,0—15,0	2	0,072
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
8	40,0—45,0	1	0,036

Всего частиц в сечении 28
Минимальный диаметр (7,5±2,5) мкм
Максимальный диаметр (41,3±2,5) мкм
Средний диаметр (26,0±2,5) мкм.

ПРОГРАММА ФИЛЬТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕЧЕНИЙ АНСАМБЛЯ ЧАСТИЦ

```
DDM: PROCEDURE OPTIONS (MAIN);
DECLARE PIC FILE INPUT RECORD ENVIRONMENT;
(U(3000) MEDIUM (SYS 009, 5012) NOLABEL LEAVE);
(A(500), B(500), C(500), X(500), Y(500));
BINARY EIXED (31);
IG(21), D(500), XX(500), YY(500);
ST(600);
STR(2000) BIT(8) ALINED;
DECLARE (MIN, MAX) FLOAT;
ON ENDFILE (PIC) GOTO ED;
IL=1; AS=1; IO=4;
PI=3.14159; CO=4/PI;
I10=10;
IH=20;
S=1; MAX=0; MIN=1E6;
NM=500;
F=0; IG=0;
GET LIST (JM, NN, MO, R, ALF);
R2=R** ALF;
SH=MO/(1—2*R+R2);
AA=1;
PUT SKIP (3) EDIT;
('ЧИСЛО СТРОК='JM' ДЛИНА СТРОКИ='NN' ПОРОГ='MO)
(SKIP X(20) A F(4))
('K=T СГЛАЖИВАНИЯ '-1 R' К-Т ФОРМЫ—1 ALF)
(SKIP X(20) A F(8, 4));
STR=0;
J=0; N=0; A=0; B=0; C=0;
X=0; Y=0; YY=0;
XX=MO;
OPEN FILE (PIC);
PUT SKIP (3);
RP: X=Y J=J+1;
IF J>JM THEN GOTO ED;
READ FILE (PIC) INTO (STR);
DO L=1 TO NN;
ST(L)=STR(IO+L);
END;
/*ДВУМЕРНЫЙ ФИЛЬТР*/;
CEL: DO I=1 TO NN;
U=ST(I)/AS;
IF I=1 THEN U=SH; ELSE
U=R*(YY(I—1)+XX(I))—R2*XX(I—1)+AA*U;
YY(I)=U;
Y(I)=0;
TF U>SH THEN Y(I)=—1;
FND CEL;
XX=YY;
K=0;
CL; DO I=1 TO NN;
TF X(I)=—1 THEN K=0; ELSE DO;
TF K=0 THEN DO;
TF N>=NM THEN GOTO ED;
```

```
N=N+1; K=1; END;
X(I)=N C(N)=C(N)+1; A(N)=A(N)+I;
B(N)=B(N)+J; END;
FND CL;
TF J<=120 THEN;
CP: DO I=1 TO 120;
TK=X(I);
TF TK=0 THEN PUT EDIT (') (A);
ELSF DO; IZ=IK/I10; IK=IK(IZ*I10;
PUT EDIT(IK) (F(1)); END;
FND CP;
I=0;
LR: IF T=NN THEN GOTO RP;
I=I+1;
TF X(I)=0 Y(I)=0 THEN GOTO LR;
K=X(I);
RL: TF I=1 THEN GOTO L1;
I=I—1;
TF Y(I)=—1 THEN GOTO RL;
LR1: TF I=NN THEN GOTO RP;
I=I+1;
TF Y(I)=0 THEN GOTO LR;
L1: Y(I)=K;
TF C(K)<0 THEN KK=—C(K); ELSE KK=K;
A(KK)=A(KK)+I; B(KK)=B(KK)+J;
C(KK)=C(KK)+1;
TF X(I)=0 X(I)=K THEN GOTO LR1;
K1=X(I); IF C(K1)<0 THEN GOTO LR1;
C(KK)=C(KK)+C(K1); C(K1)=—KK;
A(KK)=A(KK)+A(K1); B(KK)=B(KK)+B(K1);
GOTO LR1;
ED: /*ГИСТОГРАММА*/
PUT SKIP(3);
CC: DO K=1 TO N;
AF=A(K); BF=B(K); CF=C(K);
A(K)=AF/CF; B(K)=BF/CF;
TF C(K)>0 THEN DO;
D(K)=SORT (CO*C(K))*S;
E=E+D(K);
TF MIN>D(K) THEN MIN=D(K);
TF MAX<D(K) THEN MAX=D(K)
END:
PUT FDIT (K, C(K), A(K), B(K)) (F(9), 3F(5));
FND CC;
H=(MAX—MIN)/IH; E=E/N;
PUT FDIT ('MIN='₁MIN'₁MAX='₁MAX'₁E='₁E)
(SKIP., 3(X(6), A, F(7,3)));
DO K=1 TO N;
T=(D(K)—MIN)/N+1;
TF T>0 THEN TG(I)=IG(I)+1;
END;
PUT FDIT ('ГИСТОГРАММА:'₁IG)
(SKIP(3), X(30), A, SKIP, 21F(5));
PUT SKIP(2);
AA=MIN:
DO T=1 TO 21;
PUT FDIT (AA) (F(5));
AA=AA+H;
END;
FND DDM;
```

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ

Основную относительную погрешность измерения определяют по ГОСТ 8.207—76 по формуле:

$$\Delta = k\sqrt{\Theta_1^2 + \Theta_2^2 + \Theta_3^2 + \Theta_4^2},$$

где $k=1{,}4$ при доверительной вероятности $P=0{,}95$; Θ_1 — погрешность алгоритма фильтрации, зависящая от мощности шумов; Θ_2 — погрешность совмещения тестового и исследуемого сечений; Θ_3 — погрешность устройства ввода изображений в ЭВМ; Θ_4 — погрешность алгоритма расчета параметров микрочастиц.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методика выполнения измерений пространственного распределения микрочастиц по размерам

РД 50-409—83

Редактор *Н. А. Еськова*
Технический редактор *Н. М. Ильичева*
Корректор *Г. М. Фролова*

Н/К

Сдано в наб. 22.08.83 Подп. к печ. 07.03.84 . Т—03594 Формат 60×90¹/₁₆
Бумага типографская № 2 Гарнитура литературная Печать высокая
1,0 усл. п. л. 1,0 усл. кр.-отт. 0,95 уч.-изд. л. Тир. 3000 Зак. 953 Цена 5 коп. Изд. № 7873/4

gost.e-ecolog.ru

ета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6