

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

М.М. Фяшер, Х.Ф. Таммет, Э.И. Тамм

Описываемая установка предназначена для обработки пленок с треками аэрозольных частиц, снятых в ультрамикроскопическом приборе с целью определения размера и заряда отдельных аэрозольных частиц, а также параметров распределения этих частиц по размерам, зарядам и подвижностям. Треки сняты на свете стробирующего источника света и фиксированы на пленке в виде пунктирных линий. Установка позволяет легко и быстро регистрировать координаты точек треков на перфоленте. Она может оказаться полезной в разных областях науки как прибор, облегчающий утомительный труд измерения пленочной информации. В отличие от многих аналогичных приборов [Ермолаев и др., 1971; Маталин и др., 1968] установка не требует для функционирования постоянной связи с ЭЦМ и доступна широкому кругу исследователей.

Блок-схема установки приведена на рис. I.

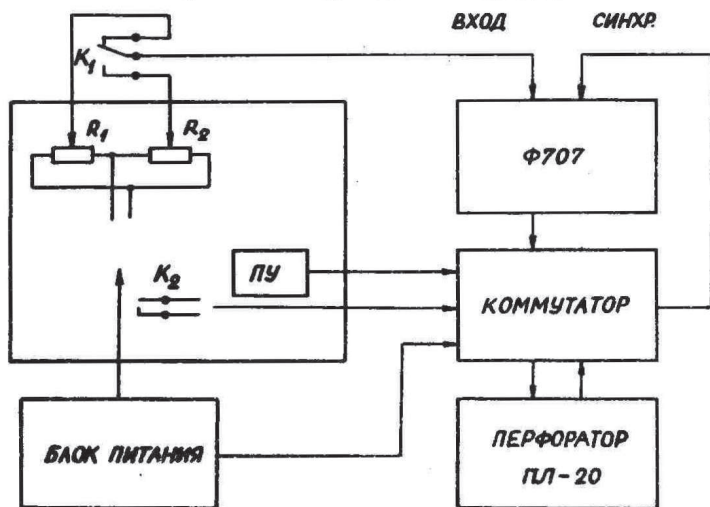


Рис. I. Блок-схема установки.

Она состоит из следующих блоков и узлов:

- 1) столика оператора с диапроектором, экраном из матового стекла, пультом ручного управления работой перфоратора и преобразователем координат в напряжение,
- 2) прибора $\Phi 707$ - преобразователя напряжения в код,
- 3) перфоратора ПШ-20 или ПШУ-I,
- 4) блока коммутатора и
- 5) блока питания.

Преобразование информации происходит по цепи физические координаты - напряжение - код - математические координаты.

Треки проектируются диапроектором на экран I, закрепленный на лицевой стороне операторского столика (рис. 2). Преобразование координаты точки - напряжения производится следующим

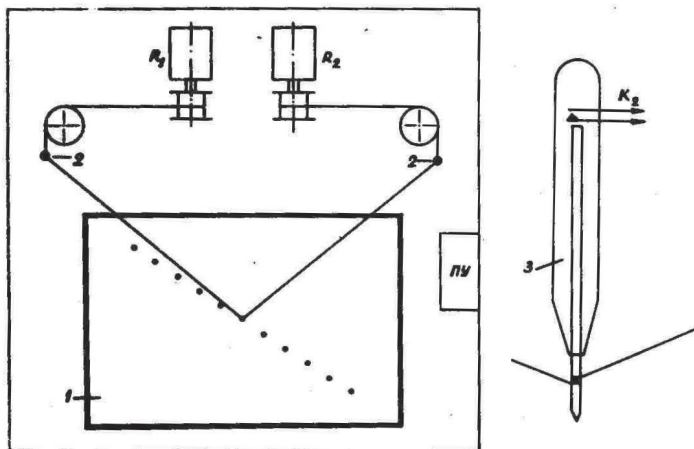


Рис. 2. Операторный столик.

образом. Через узкие отверстия 2 в строго фиксированных стержнях движутся тонкие гибкие тросы, которые одним концом прикреплены к острию специального карандаша-щупа 3, а другим - намотаны на ролики, закрепленные на валах потенциометров R_1 и R_2 . Потенциометры R_1 и R_2 соединены параллельно и питаются от стабилизированного источника постоянного напряжения.

Каждому положению карандаша на экране соответствует пара определенных напряжений, снятых с потенциометров. Эти напряжения одно за другим через контакты К1 (рис.1) подаются на вход преобразователя напряжения в код и перфорируются.

Коммутатор (рис.1) предназначен для управления всей системой. Он преобразует параллельный код на выходе Ф707 в последовательный, соответствующий входным параметрам перфоратора, управляет входными контактами К1 и вырабатывает синхроимпульсы запуска Ф707. Каждый цикл измерения координат начинается с замыкания контактов К2, для чего оператор должен совместить острие щупа с измеряемой точкой и легким движением прижать щуп к экрану.

При помощи потенциометров и тросов регистрируются координаты точек в криволинейной координатной системе l_1, l_2 (рис. 3). Для увеличения точности измерения положение полюсов

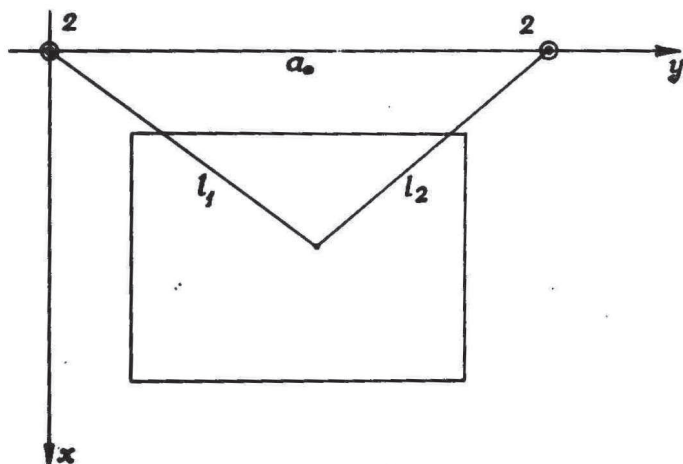


Рис. 3. Система координат.

2 системы l_1, l_2 выбрано так, чтобы система координат в пределах технических возможностей была наиболее близкой к ортогональной системе координат. Для этого была решена следующая специальная задача оптимизации. Экран мысленно покрывается

прямоугольной сеткой с постоянным шагом в обоих направлениях. Положение стержней 2 относительно экрана в пределах ранее фиксированных размеров столика выбирается такое, чтобы сумма $\sum \cos^2(\alpha_1, \alpha_2)$ через все узлы сетки была минимальной.

Переход от напряжений к координатам l_1, l_2 ищем в виде

$$\begin{cases} l_1 = c_{10} + c_{11}u_1 + c_{12}u_1^2 + c_{13}u_1^3, \\ l_2 = c_{20} + c_{21}u_2 + c_{22}u_2^2 + c_{23}u_2^3, \end{cases} \quad (1)$$

где u_1 и u_2 - напряжения, снятые с R_1 и R_2 . Коэффициенты c_{ij} вычисляются при калибровке прибора. Вычисление переходных коэффициентов, переход на декартовы координаты при помощи формул

$$\begin{cases} x = (l_1^2 - y^2)^{1/2}, \\ y = \frac{a_0^2 + l_1^2 - l_2^2}{2a_0}, \end{cases} \quad (2)$$

весь последующий анализ отдельных треков и всей аэрозольной пробы производится уже на ЭЦМ.

Для калибровки устройства фотографируется специальная калибровочная шкала. Для съемки шкалы применяется та же фото-система, которой снимаются треки частиц. Кадр со снятой шкалой проектируют на экран и перфорируют координаты всех узлов (рис. 4). С пульта ручного управления на ленту вводятся параметры шкалы $l_{11}, l_{12}, \dots, l_{110}, l_{21}, l_{22}, \dots, l_{210}$ и дополнительные параметры: a_0 - расстояние между полюсами криволинейной координатной системы, l_{10} и l_{20} - расстояния от этих полюсов до проекций шкалы на экране и l'_{110}, l'_{210} - длины проекций шкалы на экране. На основе этих данных можно составить систему из 22 уравнений типа (1). Решая эту систему методом наименьших квадратов, получаем коэффициенты c_{ij} , которые в некоторой степени учитывают оптические искажения как фотографирующей, так и проектирующей системы.

Для определения размера и заряда аэрозольных частиц при-

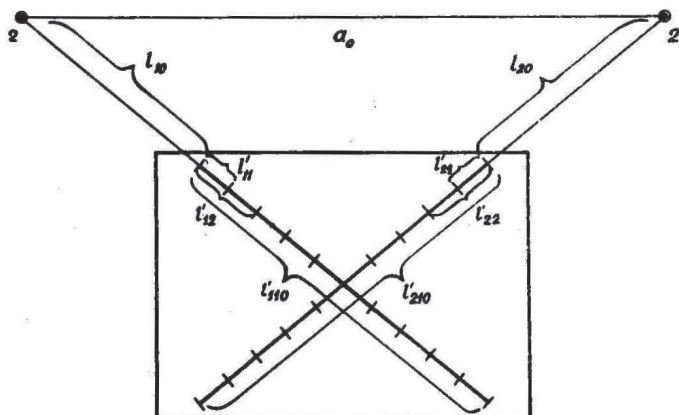


Рис. 4. Система калибровки прибора.

меняется метод Хопфера-Лейби, при котором треки заряженных частиц получают в виде наклонных пунктирных линий. При измерении пленок оператор "прощупывает" карандашом, начиная с самой верхней, подряд все точки одного трека, затем следующего и т.д. Для обработки данных была составлена специальная программа (в системе "Малгол") применительно к ЭЦМ типа "Минск-22" или "Минск-32".

Блок-схема программы дана на рис. 5. Приведем короткое описание программы на основе этой схемы:

1. Ввод информации с перфоленты и переход в остальные блоки в зависимости от длины введенного массива.
2. Калибровка установки и определение увеличения съемочно-проекционной системы (выполняются только перед новым опытом). Результаты вычислений - переходные коэффициенты и увеличение системы - используются в следующем блоке.
3. Преобразование напряжения - криволинейные координаты l_1 , l_2 - прямоугольные координаты x , y . Следующие расчеты производятся уже в координатах x , y .
4. Выделение группы точек, относящихся к одному треку.

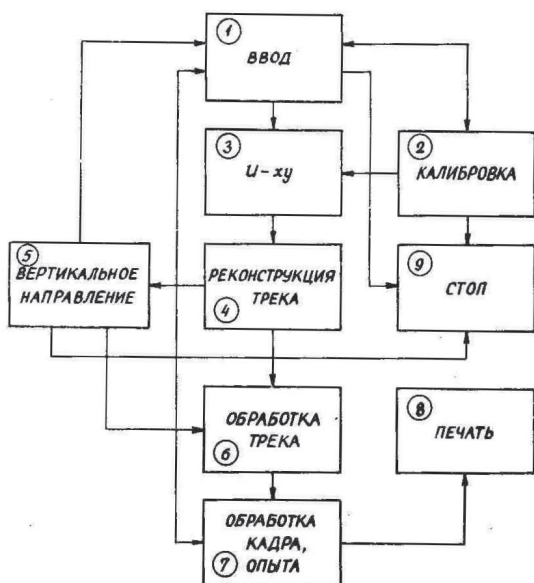


Рис. 5. Блок-схема программы для обработки результатов.

Признаком окончания трека является отрицательное значение разности Δx между двумя последующими точками. Этот признак введен уже оператором, который перед измерением нового трека прощупывает любую точку экрана, x -координата которой намного меньше x -координаты последней точки предыдущего трека. Программа предусматривает и возможность аннулирования данных еще не окончательно перфорированного трека. Для этого оператор должен прощупать на экране любую точку, x -координата которой немного меньше x -координаты последней измеренной точки. В программе признаком аннулирования данных является $|\Delta x| < 3\bar{\Delta x}$, где $\bar{\Delta x}$ - среднее значение разности x -координат соседних точек трека. Признаком окончания одного и начала следующего трека является условие $|\Delta x| > 3\bar{\Delta x}$.

5. Для определения вертикального направления в начале каждой пленки снимается несколько кадров без включения электрического поля. Аэрозольные частицы падают в кювете под влиянием гравитационных сил, их траектории близки к вертикали. В блоке вертикального направления вычисляется средний угол $\bar{\alpha}$ наклона этих треков в системе x, y . Если мы имеем дело с очень мелкими частицами, заметно подчиняющимися броуновскому движению, то треки не остаются прямолинейными. Поэтому методом наименьших квадратов все треки аппроксимируются прямой линией.
6. Обработка трека. Сначала координатные оси x, y поворачиваются на угол $\bar{\alpha}$ так, чтобы ось x совпала с направлением вертикали в кювете. Затем трек аппроксимируется участком прямой линии (как в 5-ом блоке). Началом и концом участка считаются проекции первой и последней точек трека на прямую. По длине и углу наклона этого участка вычисляются размер и заряд частицы.
7. Вычисление параметров аэрозольной пробы для одного кадра, одной пленки или одного опыта.
8. Вывод результатов в виде таблиц. Радиус, заряд и средний квадрат броуновского смещения каждой частицы также выводятся на перфоленту для возможной последующей обработки данных.

Блоки 2, 3, 4, 5 и 6 обнаруживают и по возможности исправляют дефекты и искажения входной информации. Эти дефекты могут быть технического происхождения, или являться ошибками оператора. В крайне сложной ситуации, например при отказе в блоках 2 и 5, вычислительная машина останавливается после печати характеристики обнаруженного дефекта. В остальных случаях обычно или трек, или кадр, или несколько кадров исключаются из рассмотрения, печатается причина и продолжается выполнение программы.

Точность определения координат точек и точность реконструкции всего трека зависят от технических параметров устрой-

ства, качества изображения трека на пленке и от погрешностей, введенных оператором. Для изучения этих факторов был произведен следующий опыт. Несколько операторов перфорировали более 100 раз один и тот же трек с 10 точками. По специально составленной программе вычислялись средние значения координат этих точек \bar{x}_1 и \bar{y}_1 , среднеквадратичные отклонения значений координат σ_{x1} и σ_{y1} , а также средние и максимальные смещения от точек (\bar{x}_1, \bar{y}_1) - σ_{s1} и $s_{1 \max}$. Результаты показали явную зависимость точности устройства от степени тренированности оператора, но существенного влияния качества изображения точки (резко сфокусированная или слегка расфокусированная частица) на точность устройства не наблюдалось. При тренированном операторе оказалось $\sigma_x \approx \sigma_y \approx \sigma_s \approx 0,7$ мм, $s_{\max} \approx 5$ мм. При нетренированном операторе соответствующие числа достигали 0,9-1,1 и 6 мм. По этим данным можно оценить случайные погрешности при определении длин на экране, а зная увеличение (в данном случае Г36) - и в плоскости объекта.

Приведем некоторые технические данные установки:

- а) размеры экрана 300x400 мм, размеры кадра 24x36 мм,
- б) измерение напряжений на R_1 и R_2 с 3 десятичными разрядами,
- в) перфорирование на стандартную пятистрочную перфоленду в 2-8 коде,
- г) скорость измерения в среднем 30-40 точек в мин.,
- д) погрешность измерения и регистрации координат точек не превышает 1 мм (на плоскости экрана),
- е) потребляемая мощность 200 В.

Литература

- Ермолаев В.В. и др. - 1971 - Аппаратурная часть системы обработки камерных фотографий с использованием установок ПУСС на линии с БЭСМ-4. Препринт ОИИИ 10-5973, Дубна.
- Миталин Л.А. и др. - 1968 - Методы регистрации и обработки данных в ядерной физике и технике. Атомиздат, М.

POOLAUTOMAATNE PROJEKTSIOONMÕÖTESEADE

M. Fischer, H. Tammet, E. Tamm

Resüme

Kirjeldatakse poolautomaatset seadet filmilindile jäädvustatud kujutiste koordinaatide mõõtmiseks ja perforeerimiseks. Filmikaader projekteeritakse mattklaasist ekraanile, igale punktile ekraanil saab vastavusse seada kaks alalispinge väärtust, mis on üheselt seotud tema koordinaatidega seadmel fikseeritud koordinaatide süsteemis. Selleks peab operaator puudutama sondiga vastavat punkti, seade perforeerib automaatselt pingete väärtused.

Perforeeritud informatsioon töödeldakse elektronarvutil. Artiklis kirjeldatakse programmi ultramikroskoopilises mõõteriistas pildistatud aerosooliosakeste trajektooride - trekkide perforeeritud koordinaatide kaudu osakeste raadius- te, laengute ning osakeste jaotuse parameetrite arvutamiseks. Spetsiaalselt on uuritud koordinaatide määramise täpsust.

A SEMIAUTOMATIC PROJECTING MEASURING DEVICE

M. Fischer, H. Tammet and E. Tamm

Summary

The paper describes a semiautomatic device used for the measuring and punching of the coordinates of the images recorded on a film tape. The respective slide is projected onto a ground-glass screen; any point on the screen can be related to a d-c voltage value which is uniquely connected with its coordinates in a coordinate system fixed on the device. For this purpose the operator must touch the respective point with the probe, and the device automatically punches the values of voltages on a paper tape.

The information punched on the tape is processed by means of an electronic computer. The article describes a programme for the calculation of both the radii and charges of aerosol particles and the characteristics of the distribution of particles. All these parameters are calculated by means of the coordinates of particle tracks.