

В-407

30/IX-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13 - 4012



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

И.К.Взоров

ИЗМЕРЕНИЕ ДЕКАРТОВЫХ КООРДИНАТ
НА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОМ ПРИБОРЕ
ДЛЯ ПРОСМОТРА И ИЗМЕРЕНИЙ СНИМКОВ
С ИСКРОВЫХ КАМЕР

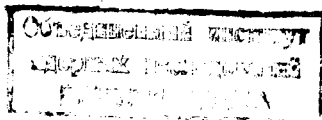
1968

Р13 - 4012

И.К.Взоров

ИЗМЕРЕНИЕ ДЕКАРТОВЫХ КООРДИНАТ
НА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОМ ПРИБОРЕ
ДЛЯ ПРОСМОТРА И ИЗМЕРЕНИЙ СНИМКОВ
С ИСКРОВЫХ КАМЕР

Направлено в ПТЭ



7484/2 чф.

Применение искровых камер вызывает потребность в просмотре и объеме большого количества снимков с последующей обработкой на ЭВМ результатов измерений. В связи с этим все большее распространение получают автоматические и полуавтоматические просмотрно-измерительные приборы. В работе ^{/1/} описан достаточно простой и удобный в эксплуатации полуавтомат для просмотра и измерения снимков с искровых камер, снятых на 35-миллиметровую пленку, с выводом информации на бумажную перфоленту. Однако из-за наличия в измерительной системе этого полуавтомата лишь одной подвижной части - поворотного экрана с полосатым растром (а с этим в значительной мере связаны простота конструкции прибора и удобство работы на нем) - можно измерять только угловые координаты треков (углы излома трека, углы входа частицы в камеру). Это ограничивает применение полуавтомата ^{/1/} лишь теми задачами, где достаточно знание только угловых координат. Однако существует целый круг задач, решаемых с помощью искровых камер, когда требуется знание также и прямоугольных координат - координат точки входа частицы в камеру, координат точки взаимодействия, длины отдельных участков трека или всего трека в целом (т.е. пробега частицы в камере) и т.д.

Ниже описывается способ измерения с помощью полуавтомата ^{/1/}, помимо угловых, также и прямоугольных координат, без каких-либо переделок и усложнений. Это делает полуавтомат ^{/1/} более универсальным и расширяет область его применения.

Описание метода

Как известно, положение любой точки на плоскости может быть определено при помощи той или иной системы координат. Наиболее употребительны декартова (прямоугольная) и полярная системы.

Координатами точки в полярной системе являются радиус-вектор ρ - расстояние от точки до полюса и полярный угол ϕ - угол между радиусом-вектором и полярной осью. Поскольку в полуавтоматическом приборе /1/ осуществляется лишь измерение угловых координат, полярная система является естественной системой отсчета координат при измерении любой точки изображения, а переход к прямоугольным координатам (x и y) может быть выполнен в процессе обработки результатов измерений. При этом полярный угол может быть измерен обычным способом с помощью поворотного экрана прибора. Для определения же радиуса-вектора точки с помощью только одного поворотного экрана необходимо связать угол поворота экрана с расстоянием от его центра. Такую связь радиуса-вектора с углом поворота имеет архимедова спираль. Таким образом, архимедова спираль и полярная ось, для удобства измерений направленная перпендикулярно полосам раstra экрана (рис.1), составляют те минимальные дополнения, которые необходимо нанести на поворотный экран полуавтомата /1/ для его универсализации в смысле измерений не только угловых, но и прямоугольных координат. Измерение полярных координат любой точки изображения (например, точек 1 или 2 - рис.2 и 3), производится в два этапа:

1). Измерение полярного угла ϕ_1 путем совмещения точки с полярной осью (как обычно, путем поворота экрана) (рис.2).

2). Совмещение точки со спиралью (также путем поворота экрана) - измерение угла ϕ_2 (рис.3а или 3б).

Для архимедовой спирали радиус-вектор любой точки, лежащей на спирали

$$\rho = a \psi, \quad (1)$$

где ψ - угол этой точки относительно начала спирали.

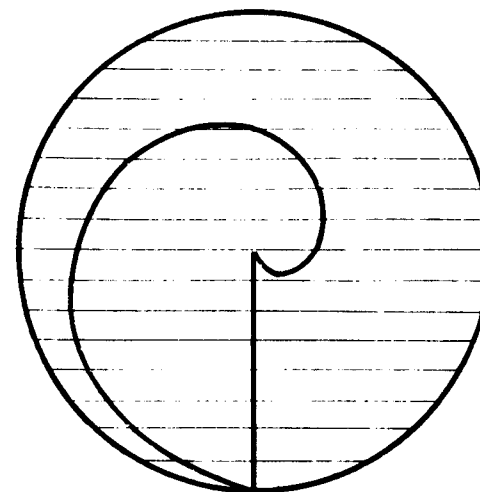


Рис.1.

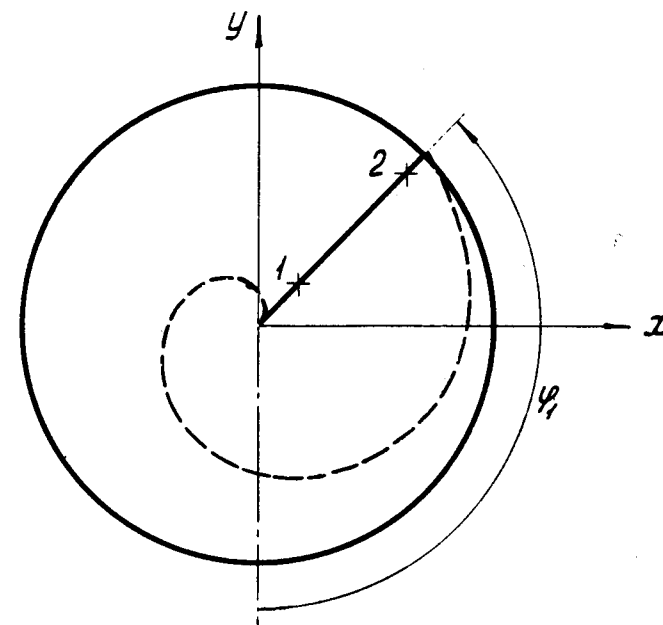


Рис.2.

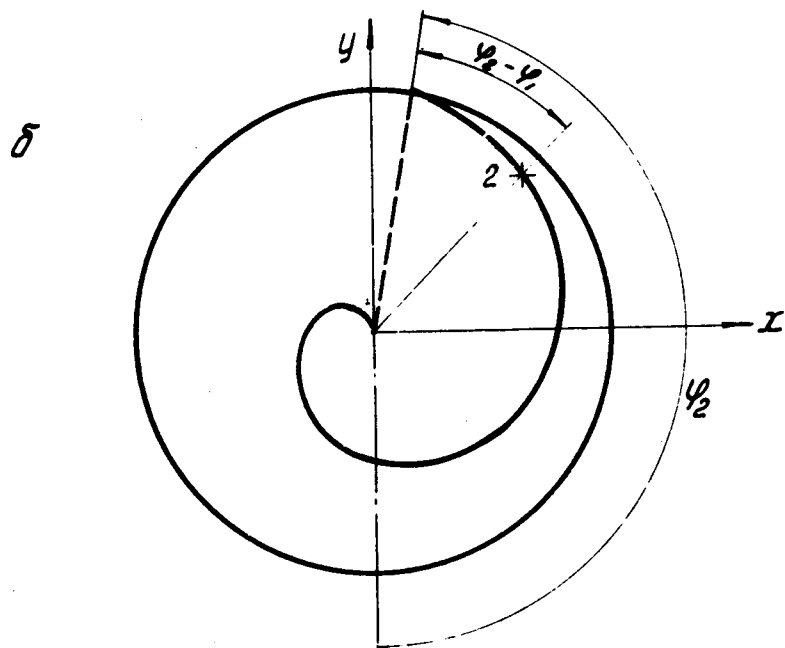
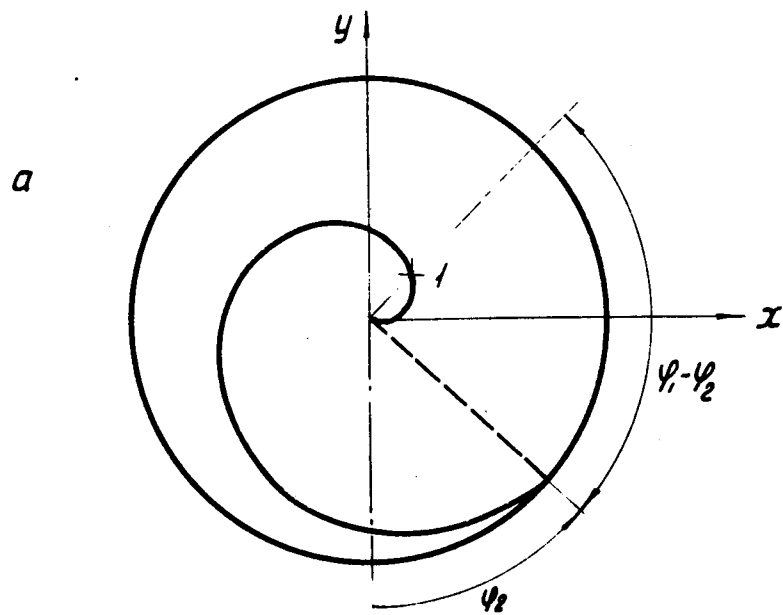


Рис.3.

Как видно из рис.3а и б, в нашем случае

$$\psi = \begin{cases} \phi_1 - \phi_2 & \text{при } \phi_2 < \phi_1 & - \text{Рис. 3а} \\ 2\pi - (\phi_2 - \phi_1) & \text{при } \phi_2 \geq \phi_1 & - \text{Рис. 3б} \end{cases} \quad (2)$$

$$a = \frac{R}{2\pi}, \quad R - \text{ шаг спирали (рис.1).}$$

Прямоугольные координаты точки (x и y) в системе координат с началом в центре экрана и с направлением осей, показанным на рис.2 и 3, выражаются в этом случае следующим образом:

$$\begin{aligned} x &= \rho \sin \phi_1 \\ y &= -\rho \cos \phi_1, \end{aligned} \quad (3)$$

где, согласно формулам (1) и (2),

$$\rho = \begin{cases} \frac{R}{2\pi} |\phi_2 - \phi_1| & \text{при } \phi_2 < \phi_1 \\ \frac{R}{2\pi} [2\pi - (\phi_2 - \phi_1)] & \text{при } \phi_2 \geq \phi_1. \end{cases} \quad (3')$$

Отсчет углов ϕ_1 и ϕ_2 ведется относительно первоначального направления полярной оси (вниз) - нуля прибора.

Точность измерений

Для оценки точности прибора при таком способе определения прямоугольных координат были проведены многократные измерения координат различных участков треков на наиболее типичных снимках, получен-

ных с разных искровых камер. Измерения каждой точки повторялись 100 раз. Обработка результатов измерений по формулам математической статистики дала следующие оценки:

$$\sigma_{\phi_1} = 0,0110 \text{ рад} \approx 0,6^\circ ;$$

$$\sigma_{\phi_2} = 0,0240 \text{ рад} \approx 1,4^\circ ;$$

$$\sigma_x \text{ и } \sigma_y = (0,2 + 0,6) \text{ мм}$$

(в зависимости от положения точки на экране); ошибки относительных расстояний между точками $\approx (0,3 \pm 0,7)$ мм.

Следует заметить, что точность измерения угловых координат (σ_{ϕ_1}) оказывается примерно в 4 раза хуже, чем приводимая создателями полуавтомата в работе /1/. Однако наша оценка согласуется с результатами оценок, полученных другими авторами в процессе эксплуатации прибора, и точность измерения углов $\pm 10'$, приводимую в работе /1/, следует считать завышенной. Что же касается оценки σ_{ϕ_2} (а следовательно, в конечном итоге, и оценок всех остальных точностей), то она в значительной мере зависит от точности нанесения на экран архимедовой спирали. В нашем случае спираль была нанесена с помощью лекала на прозрачную пленку, наклеивающуюся на экран. В дальнейшем, по-видимому, спираль следует наносить на экран одновременно с растром, в процессе изготовления экрана.

Как видно из выражений (3), координаты x и y являются нелинейными функциями угла ϕ_1 . Поэтому применение формулы для оценки ошибки функции через ошибки измерений независимых аргументов

$$\sigma [f(x_1, x_2, \dots)] = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \sigma_{x_i}^2}$$

к выражениям (3) справедливо лишь в случае малых x или y . (Тогда $\sin \phi_1 \approx \phi_1$ или $\cos \phi_1 \approx \phi_1$, и выражения (3) становятся приближенно линейными относительно ϕ_1). В этих предельных случаях:

$$\text{при } x \rightarrow 0 \quad \sigma_x = \rho \sigma_{\phi_1} = y \sigma_{\phi_1}, \quad \sigma_y = \sigma_\rho = \frac{R}{2\pi} \sqrt{\sigma_{\phi_1}^2 + \sigma_{\phi_2}^2} = 0,48 \text{ (при } R=110\text{мм),}$$

$$\text{при } y \rightarrow 0 \quad \sigma_x = \sigma_\rho = 0,48 \text{ мм}, \quad \sigma_y = \rho \sigma_{\phi_1} = x \sigma_{\phi_1},$$

что согласуется с экспериментальными оценками, полученными при измерении соответствующих точек. Погрешность в определении прямоугольных координат на экране прибора $\leq 0,6$ мм соответствует погрешности в определении координат в искровой камере ≤ 3 мм (следует иметь ввиду десятикратное увеличение прибора и примерно пятидесятикратное уменьшение изображения на пленке по отношению к самой камере). Такая точность является приемлемой в целом ряде случаев, например, при определении точки рассеяния или останова частицы в многопластинчатой камере, когда рассеяние или останова частицы происходят в пластинах камеры, имеющих толщину ≥ 1 мм и разделенных искровыми промежутками в несколько мм. Измерения с большей точностью (в тех случаях, когда это действительно необходимо) следует производить на более сложных приборах, например, на микроскопе типа ПУОС /2/.

Л и т е р а т у р а

1. Ф.Легар, М.Малы, О.Сгон. ПТЭ №5, 78, 1966. Препринт ОИЯИ Р-2340, Дубна, 1965.
2. В.Я.Алмазов, И.А.Голутвин, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.Д.Неустроев, В.Д.Степанов. Препринт ОИЯИ, 1352, Дубна, 1963.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 июля 1968 года.