

4845

Ш-678

14/V-65 ✓

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2057



В.Н. Шкунденков

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ
КООРДИНАТ ТРЕКОВ ЧАСТИЦ
ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ
ФОТОПЛЕНОК С ТРЕКОВЫХ КАМЕР

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

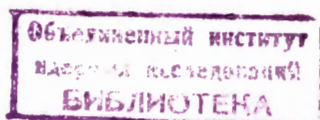
1965

P - 2057

В.Н. Шкунденков

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ
КООРДИНАТ ТРЕКОВ ЧАСТИЦ
ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ
ФОТОПЛЕНОК С ТРЕКОВЫХ КАМЕР

Направлено в ПТЭ



В в е д е н и е

Многие задачи ядерной физики решаются с помощью трековых камер путем фотографирования треков с последующей обработкой фотопленки. В настоящей статье описывается способ измерения координат треков при автоматической обработке фотопленки.

Одним из перспективных способов измерения координат треков при автоматической обработке фотопленки является телевизионный. Телевизионный растр при этом может быть сделан сплошным (как в обычном телевидении) или запрограммированным. Запрограммированный растр имеет минимальное число строк и при обработке фотопленки получается лишь необходимый минимум информации (а отсюда — более простая программа обработки на электронной вычислительной машине), в то время как при сплошном растре информация получается с избытком. Однако установки с запрограммированным растром сложнее установок со сплошным растром, а в целом ряде задач использование запрограммированного растра вообще оказывается практически невозможным.

Способ измерения координат, описываемый в статье, представляет собой вариант с использованием сплошного телевизионного растра. Сущность его заключается в следующем.

Основным недостатком использования телевизионного растра (и прежде всего — сплошного растра) для измерения координат треков являются трудно устранимые искажения растра (нелинейность разверток, геометрические искажения на краях и др.). Для исключения влияния этих искажений при измерении координат треков вдоль строчной развертки используют маски в виде реперных линий, прочерченных ортогонально движению луча. Однако при измерении координат вдоль кадровой развертки дискретность телевизионного растра усложняет использование аналогичной маски; например, в системе Люсиоль^{1/8/} измерение координат вдоль кадровой развертки осуществляется путем создания высококачественной (с минимальными искажениями) кадровой развертки, контроля за уходом ее параметров с помощью маски в виде реперных линий, параллельных строкам растра, и корректировки этого ухода с помощью введения поправок в электронную вычислительную машину.

В данной статье описывается способ измерения координат треков со специальной системой реперных линий, позволяющей ограничить влияние искажений растра при измерении координат не только вдоль строчной, но и вдоль кадровой разверток. Это поз-

воляет существенно уменьшить требования к допустимым искажениям раstra, сделать простой схему его формирования.

В статье приведен расчет возможности применения описываемой схемы для измерения координат треков при автоматической обработке фотопленок с искровых камер.

§ 1. Телевизионный способ измерения координат треков частиц при автоматической обработке фотопленок с трековых камер

Схема приведена на рис. 1. С помощью электронно-лучевой трубки формируется световой телевизионный растр. Изображение светового пятна трубки проходит через полупрозрачное зеркало А, фокусируется с помощью фотообъектива на кадре фотопленки и затем попадает на фотоэлектронный умножитель ФЭУ₁, формируя сигнал "трек". Часть света, отраженная от полупрозрачного зеркала А, попадает на полупрозрачное зеркало Б, где еще раз разделяется на два световых потока, которые фокусируются фотообъективами на пластинах 1 и 2, представляющих собой маски в виде набора реперных линий, и затем попадают на ФЭУ₂ и ФЭУ₃. Пластина 1 представляет собой набор прозрачных и непрозрачных реперных линий, прочерченных в направлении, ортогональном к движению светового пятна трубки. Пластина 2 имеет одну реперную линию, прочерченную под углом φ к направлению движения светового пятна и пересекающую по диагонали весь растр. При движении светового пятна сигналы с ФЭУ₁ и ФЭУ₂ дают отсчет координаты трека вдоль строки:

$$x = n \cdot \Delta x, \quad (1)$$

где

x — координата трека вдоль строчной развертки;

Δx — ширина реперных линий пластины 1 (принимается ширину прозрачных и непрозрачных реперных линий одинаковой);

n — число реперных линий пластины 1, пройденное световым пятном от начала строки до встречи с изображением трека на кадре.

Сигналы с ФЭУ₂ и ФЭУ₃ дают отсчет координаты каждой строки раstra в направлении кадровой развертки:

$$y = m \cdot \Delta x \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (2)$$

где

y — координата строки вдоль кадровой развертки;

Δx — ширина реперных линий пластины 1;

m — число реперных линий пластины 1, пройденное световым пятном от начала строки до встречи с реперной линией пластины 2;

φ — угол наклона реперной линии пластины 2, задан.

Таким образом, имеем систему реперных линий, позволяющую осуществить измерение координат вдоль строчной и вдоль кадровой разверток путем сравнения ее с четкой геометрической системой отсчета. Влияние искажений раstra на точность измерения при этом проявится лишь в неравномерности распределения строк вдоль кадровой развертки; однако влияние этого фактора может быть ограничено путем соответствующего выбора (увеличения) числа строк раstra. В результате представляется возможность существенно снизить требования к допустимым искажениям раstra, сделать простой схему его формирования.

Основной технической сложностью при осуществлении описанной схемы является наличие трех параллельных оптических каналов.

§ 2. Расчет возможности применения описанной схемы для измерения координат треков при автоматической обработке фотопленок с искровых камер

1. Проведем анализ требований к точности измерения координат треков при обработке фотопленок с искровых камер. Анализ проведем на рассмотрении частной задачи - измерении углов рассеяния.

Выведем формулу ошибки измерения углов рассеяния.

Измеряемые события представляют собой треки в виде двух прямых, характеризуемых на кадре фотопленки набором изображений искр (см. рис. 2). Угол рассеяния

$$\theta = \beta - \alpha, \quad (3)$$

где

α - угол входа частицы в камеру,

β - угол выхода частицы,

получаем с некоторой ошибкой, определяемой разбросом положений искр относительно траектории пролета частицы и точностью измерения координат искр. Разброс положений искр определяется некоторым статистическим разбросом и разбросом значений междуэлектродных размеров камеры, которые в силу их физической сущности следует рассматривать как имеющие независимый характер. Ошибки за счет неточности измерения координат искр также будем рассматривать как независимые, предъявив тем самым соответствующие требования к нанесению реперных линий пластины I (см. формулу (11)). При этих условиях, согласно теории вероятностей, стандартная ошибка измерения угла рассеяния равна:

$$\sigma[\theta] = \sqrt{\sigma^2[\alpha] + \sigma^2[\beta]}, \quad (4)$$

где

$\sigma[\alpha]$ - стандартная ошибка при измерении угла α ,

$\sigma[\beta]$ - стандартная ошибка при измерении угла β .

Найдем $\sigma[\alpha]$ и $\sigma[\beta]$ через разброс определяющих их параметров. Задачей проводимого анализа является установление оценки относительного влияния ошибки за счет неточности измерения координат на всю ошибку измерения угла рассеяния, поэтому эта задача может решаться при некотором частном случае. Будем считать для определенности, что угол α и угол β описываются каждый одинаковым числом искр, например, двумя искрами, расположенными через одну искру (см. рис. 2); в этом случае программа определения углов α и β может иметь лишь один, самый простейший вид:

$$\alpha = \arctg \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$

$$\beta = \arctg \frac{x_4 - x_3}{y_4 - y_3}, \quad (5)$$

где x_i , y_i - результаты измерения координат i -ой искры ($i = 1, 2, 3, 4$) соответственно вдоль строчной и вдоль кадровой разверток, измеряются для какого-нибудь определенного места искры, например, ее конца, прилежащего к отрицательному электроду камеры.

Чтобы исключить влияние на ошибку измерения угла рассеяния разброса значений ширины искр, следует при измерении ориентироваться на осевые линии искр. Программа (5) определения углов α и β в этом случае примет вид:

$$\alpha = \arctg \frac{\frac{1}{2}(x'_2 + x''_2) - \frac{1}{2}(x'_1 + x''_1)}{y_2 - y_1}$$

$$\beta = \arctg \frac{\frac{1}{2}(x'_4 + x''_4) - \frac{1}{2}(x'_3 + x''_3)}{y_4 - y_3}, \quad (6)$$

где x'_i - результат измерения координаты левой границы i -ой искры вдоль строчной развертки; x''_i - то же для правой границы; y_i - результат измерения координаты i -ой искры вдоль кадровой развертки. Раскроем значения x'_i и x''_i :

$$x'_i = x_{0i} - \Delta_{0i} + \Delta'_i,$$

$$x''_i = x_{0i} + \Delta_{0i} + \Delta''_i, \quad (7)$$

где

x_{0i} - координата осевой линии i -ой искры вдоль строчной развертки, зависит от статистического разброса;

Δ_{0i} - полуширина искры;

Δ'_i - ошибка за счет неточности измерения вдоль строчной развертки координаты левой границы искры;

Δ''_i - то же для правой границы.

Раскроем значение y_i

$$y_i = y_{0i} + \delta_i, \quad (8)$$

где

y_{0i} - координата i -ой искры вдоль кадровой развертки; она зависит от разброса значений междуэлектродных размеров камеры;

δ_i - ошибка за счет неточности измерения вдоль кадровой развертки координаты искры.

Подставляем (7) и (8) в (6), а затем в (4) и в соответствии с теорией вероятностей находим стандартную ошибку измерения угла рассеяния для рассматриваемого случая:

$$\sigma[\theta] = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \Delta y} \sqrt{\left(\frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}\right)^2 (\sigma_\alpha^2[x] + \frac{1}{2} \sigma_u^2[x]) + \left(\frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}\right)^2 (\sigma_\beta^2[x] + \frac{1}{2} \sigma_u^2[x]) + \left[\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}\right)^2 + \left(\frac{\operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}\right)^2\right] (\sigma_0^2[y] + \sigma_u^2[y])}, \quad (9)$$

где

Δy - расстояние между электродами камеры;

$\sigma_\alpha[x]$ и $\sigma_\beta[x]$ - стандартные ошибки, характеризующие статистический разброс положений искр, зависят от места искры, для которого производится измерение координат, и от угла траектории частицы;

$\sigma_0[y]$ - стандартная ошибка, характеризующая разброс значений междуэлектродных размеров камеры;

$\sigma_u[x]$ и $\sigma_u[y]$ - стандартные ошибки, характеризующие неточность измерения координат соответственно вдоль строчной и вдоль кадровой разверток.

Определив значения параметров $\sigma_\alpha[x]$, $\sigma_\beta[x]$ и $\sigma_0[y]$ и рассматривая (анализируя) совместно формулу ошибки измерения угла рассеяния (9) и конкретную схему измерения координат, можно установить оптимальные (с учетом величины

ошибки, времени измерения, сложности схемы и т.д.) требования к точности измерения координат, характеризуемые параметрами $\sigma_u [x]$ и $\sigma_u [y]$.

Оценку значений параметров $\sigma_a [x]$, $\sigma_\beta [x]$ и $\sigma_0 [y]$ дадим на примере рассмотрения конкретного эксперимента /6/ по измерению углов рассеяния протонов с энергией 25 Мэв с помощью искровой камеры с тонкими электродами. Как показал эксперимент /6/, концы искр, прилежащие к отрицательным электродам камеры, имеют меньший статистический разброс, чем концы, прилежащие к положительным электродам; поэтому принимаем концы искр, прилежащие к отрицательным электродам, за место измерения координат искр (см. рис. 2). Для концов искр, прилежащих к отрицательным электродам, зависимость стандартной ошибки, характеризующей статистический разброс, от угла траектории частицы известна /6/ и приведена на рис. 3. Для большинства случаев угол входа частицы в камеру $\alpha = 0^\circ$, поэтому, приняв при расчете $\alpha = 0^\circ$, находим из графика на рис. 3 $\sigma_a [x] = 5 \text{ мкм}^{x/}$. Угол выхода частицы из камеры β может принимать любые значения. Анализируя формулу (9), можно показать, что ошибка измерения угла рассеяния достигает максимума при $\beta = 45^\circ$; поэтому, чтобы не завышать излишне требования к точности измерения координат, принимаем при расчете $\beta = 45^\circ$ и находим из графика на рис. 3

$\sigma_\beta [x] = 10 \text{ мкм}$. Стандартную ошибку $\sigma_0 [y]$, характеризующую разброс значений междуэлектродных размеров камеры, принимаем соответствующий 3%, что отвечает уровню технологии изготовления камер; в рассматриваемом эксперименте междуэлектродные расстояния камеры равны $\Delta y = 600 \text{ мкм}$, следовательно,
 $\sigma_0 [y] = 0,03 \cdot 600 = 18 \text{ мкм}$.

Численный расчет параметров $\sigma_u [x]$ и $\sigma_u [y]$ будет проведен ниже, после анализа (вывода расчетных формул) описанной схемы измерения координат.

2. Проведем анализ описанной схемы измерения координат.

Ошибка измерения координат вдоль строчной развертки определяется шириной реперных линий пластины 1 и неточностью их нанесения. В соответствии с теорией вероятностей связь между ними может быть представлена следующим образом:

$$\sigma_u^2 [x] = \sigma_{III}^2 [x] + n \cdot \sigma_p^2 [x], \quad (10)$$

где

$\sigma_u [x]$ – стандартная ошибка, характеризующая неточность измерения координат вдоль строчной развертки;

$\sigma_{III} [x]$ – стандартная ошибка, характеризующая неточность измерения координат за счет ширины реперных линий пластины 1;

^{x/} Все размеры указываются в проекции на кадр фотопленки размером 18x24 мм²; в частности, изображение трека на фотопленке считается уменьшенным в 15 раз.

$\sigma_p [x]$ - стандартная ошибка, характеризующая неточность илнесения реперных линий пластины 1;

n - число реперных линий пластины 1, пройденное световым пятном электронно-лучевой трубки от начала строки до точки измерения.

Если влияние второго слагаемого в правой части уравнения (10) незначительно и им можно пренебречь, то ошибки измерения $\sigma_u [x]$ будут определяться только членом $\sigma_{ш} [x]$ и их можно считать независимыми. Например, при выполнении неравенства:

$$\sigma_p [x] < \frac{\sigma_{ш} [x]}{2\sqrt{\frac{n}{p}}} \quad (11)$$

где n_p - число реперных линий пластины 1, приходящееся на строку, доля ошибки за счет второго слагаемого составит меньше 12% во всей ошибке $\sigma_u [x]$. Выражение (11) можно принять за условие независимости ошибок при измерении координат с помощью реперных линий пластины 1.

Ошибка измерения за счет ширины реперной линии имеет равновероятный закон распределения, поэтому в соответствии с теорией вероятностей ширина реперных линий пластины 1 Δx может быть найдена из расчета:

$$\Delta x \leq 3,5 \cdot \sigma_{ш} [x] \cdot \frac{1}{\gamma_1} \quad (12)$$

где $\gamma_1 = 1,2$ - коэффициент, учитывающий тот факт, что размер изображения трека, спроецированного на фотопленку, практически процентов на 20 меньше кадра фотопленки.

Число реперных линий пластины 1, приходящееся на строку:

$$n_p = \frac{18}{\Delta x} \quad (13)$$

где 18 означает размер кадра вдоль строчной развертки в мм.

Для получения максимальной глубины модуляции сигнала с ФЭУ₂ диаметр светового пятна электронно-лучевой трубки должен быть меньше ширины реперной линии пластины 1, а длительность послесвечения люминофора трубки должна быть такова, что оно должно затухать за время, соответствующее перемещению светового пятна от начала непрозрачной реперной линии пластины 1 до момента начала перехода на прозрачную реперную линию. Эти условия могут быть описаны следующими неравенствами:

$$d \leq \frac{\Delta x}{X_0 \cdot \gamma_2} \quad (14)$$

$$t_0 \leq \frac{t_{\Delta x} - \frac{1}{2} t_d}{1 + \gamma_3} \quad (15)$$

где

d – диаметр светового пятна электронно-лучевой трубки;

t_0 – время послесвечения люминофора трубки,

$\gamma_2 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий расфокусировку светового пятна на краю экрана трубки^{/3/};

γ_3 – коэффициент нелинейности строчной развертки;

$\chi_0 \leq 1,4$ – коэффициент запаса надежности, в котором просуммированы неучтенные влияния второго порядка малости (нестабильность фокусировки, неровность краев реперных линий и др.), оценка величины дана на основе опыта^{/4/};

$t_{\Delta x}$ – среднее время пробегания световым пятном реперной линии пластины 1;

t_d – среднее время пробегания световым пятном расстояния, равного своему диаметру.

Ошибка измерения вдоль кадровой развертки определяется ошибкой за счет измерения координат с помощью реперных линий пластины 1, дискретностью межстрочного расстояния и величиной смещения светового пятна вдоль кадровой развертки за время прямого хода строчной развертки. В соответствии с теорией вероятностей перечисленные ошибки могут быть представлены в следующей связи между собой:

$$\sigma_u^2 [y] = \sigma_u^2 [x] \cdot \operatorname{tg}^2 \phi + [\chi_0 \cdot \gamma_1 \cdot (1 + \gamma_4)(1 + \gamma_6)(1 + \gamma_8)(1 + \gamma_7)]^2 \cdot \left(\frac{\Delta h}{3,5}\right)^2, \quad (16)$$

где

$\sigma_u [y]$ – стандартная ошибка измерения координат вдоль кадровой развертки;

$\frac{\Delta h}{3,5}$ – стандартная ошибка за счет дискретности раstra вдоль кадровой развертки;

Δh – среднее значение расстояний между строками раstra;

$3,5$ – коэффициент, определяемый равновероятным законом распределения ошибки за счет дискретности раstra вдоль кадровой развертки;

γ_4 – коэффициент нелинейности кадровой развертки;

$\gamma_5 \leq 0,1$ – коэффициент геометрических искажений раstra на краях^{/4/};

$\gamma_6 \leq 0,1$ – коэффициент, учитывающий влияние наводки электрической сети (установлен экспериментально);

γ_7 – коэффициент, характеризующий отношение длительности прямого хода строчной развертки к периоду строчных синхронимпульсов;

$\operatorname{tg} \phi = 18/24$ – определяется наклоном реперной линии пластины 2, пересекающей по диагонали растр, который имеет пропорции кадра фотопленки размером $18 \times 24 \text{ мм}^2$.

По найденному значению Δh можно определить число строк раstra:

$$n_o = \frac{24}{\Delta h} , \quad (17)$$

где 24 означает размер кадра в мм вдоль кадровой развертки.

Требование к разрешающему времени пересчетной схемы, на которую поступают импульсы с ФЭУ 2, определяется временем пробегания световым пятном реперной линии пластины 1:

$$t_p < \frac{t_{\Delta x}}{1 + \gamma_3} . \quad (18)$$

Найдя $t_{\Delta x}$, можно определить период следования строчных синхроимпульсов:

$$T_o = t_{\Delta x} \cdot n_p + t_{0,x.o.} = t_{\Delta x} \cdot n_p \cdot \frac{1}{\gamma_T} , \quad (19)$$

где $t_{0,x.o.}$ — длительность обратного хода строчной развертки, а затем — период следования кадровых синхроимпульсов (время обработки одного кадра):

$$T_k = T_o \cdot n_o + t_{0,x.k.} , \quad (20)$$

где $t_{0,x.k.}$ — длительность обратного хода кадровой развертки.

Расчет минимально допустимых значений $t_{0,x.o.}$ и $t_{0,x.k.}$ выходит за пределы статьи, поскольку для этого необходимо рассматривать конкретную принципиальную схему формирования разверток, поэтому при выборе их значений будем просто ориентироваться на известные требования к аналогичным схемам /4/.

3. Численный расчет схемы следует вести методом вариации, анализируя, как уже было сказано, совместно формулу ошибки измерения угла рассеяния (9) и схему измерения координат, требования к которой описаны формулами (10)–(20). Ниже приведены результаты одного варианта расчета.

Электронно-лучевая трубка с диаметром светового пятна $d \leq 18$ мкм и временем послесвечения люминофора $t_o \leq 0,5 \cdot 10^{-6}$ сек.

Стандартные ошибки за счет неточности измерения координат: $\sigma_u [x] = 10$ мкм, $\sigma_u [y] = 17$ мкм; при этом доля ошибки за счет неточности измерения координат составит не больше 30% во всей ошибке измерения угла рассеяния.

Стандартная ошибка измерения угла рассеяния в наихудшем случае, описываемом формулой (9), равна $\sigma [\theta] = 1,1^\circ$.

Ширина реперных линий пластины 1 равна $\Delta x = 30$ мкм.

Число реперных линий пластины 1, приходящееся на строку, равно $n_p = 600$.

Стандартная ошибка, определяющая требования к точности нанесения реперных линий пластины 1, равна $\sigma_p [x] = 0,2$ мкм, что соответствует 0,7% расстояния между осевыми линиями соседних реперных линий. При невыполнении указанного требования стандартная ошибка $\sigma_u [x]$ возрастет в соответствии с формулой (10), что приведет к некоторому увеличению ошибки измерения угла рассеяния (8).

Коэффициент нелинейности строчной развертки $\gamma_3 \leq 0,3$.

Коэффициент нелинейности кадровой развертки $\gamma_4 \leq 0,2$.

Число строк раstra $n_o = 2000$.

Период следования строчных синхросигналов $T_o = 0,70 \cdot 10^{-3}$ сек.

Период следования кадровых синхросигналов (время обработки одного кадра) $T_k = 1,5$ сек.

Длительность обратного хода строчной развертки $t_{o.x.o.} = 200 \cdot 10^{-6}$ сек.

Длительность обратного хода кадровой развертки $t_{o.x.k.} = 0,1$ сек.

Минимальный период следования импульсов с ФЭУ₂ (определяет требование к разрешению пересчетной схемы, на которую эти импульсы поступают) $t_p = 0,8 \cdot 10^{-6}$ сек.

Остальные входящие в расчет параметры:

$$t_d = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ сек}; \quad \Delta h = 11 \text{ мкм}; \quad \gamma_7 = 0,78;$$

$$\sigma_{ш} [x] = 10 \text{ мкм}.$$

4. Заключение

При использовании электронно-лучевой трубки с диаметром светового пятна $d \leq 18$ мкм (в проекции на кадр фотопленки размером $18 \times 24 \text{ мм}^2$) и временем послесвечения люминофора $t_o \leq 0,5 \cdot 10^{-6}$ сек описанная схема измерения координат может быть применена при автоматической обработке фотопленок с искровых камер для рассмотренного /8/ или близких к рассмотренному экспериментов. При этом будет иметь место вариант, при котором доля ошибки за счет неточности измерения координат составит не больше 30% во всей ошибке измерения угла рассеяния, требования к допустимым искажениям раstra (определяются коэффициентами $\gamma_2 - \gamma_6$) соответствуют достижимым с помощью простой схемы формирования раstra, время обработки одного кадра составит 1,5 сек.

Л и т е р а т у р а

1. Е.С. Вентцель. Теория вероятностей, М., Физматгиз, 1958.
2. И.В. Дунин-Барковский и Н.В. Смирнов. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть). М., Гостехиздат, 1955.
3. Ю.П. Юрченко. Электронная фототелеграфия. Инф. сборник. М., Гос. изд. лит-ры по вопросам связи и радио, 1958, стр. 7-86.
4. В.Ф. Самойлов. Генераторы пилообразного тока в телевизоре. М., Гос. изд. лит-ры по вопросам связи и радио, 1960.
5. Ю.А. Каржавин. Препринт ОИЯИ, 1552, Дубна, 1964.
6. Ф. Легар, В.И. Никаноров, Г. Петер, А.Ф. Писарев. Препринт ОИЯИ, Р-1488, Дубна, 1964.
7. В.Н. Шкунденков. Препринт ОИЯИ, 1828, Дубна, 1964 г.
8. G.R. Macleod. Nuclear Instruments and Methods, 20 (1963).
9. Y. Goldschmidt- Clermont. Progresses in Data Handling for High Energy Physics. Report Presented at the XII International Conference on High Energy Physics, Dubna, 1964. Preprint E-1806, Dubna, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 марта 1965 г.

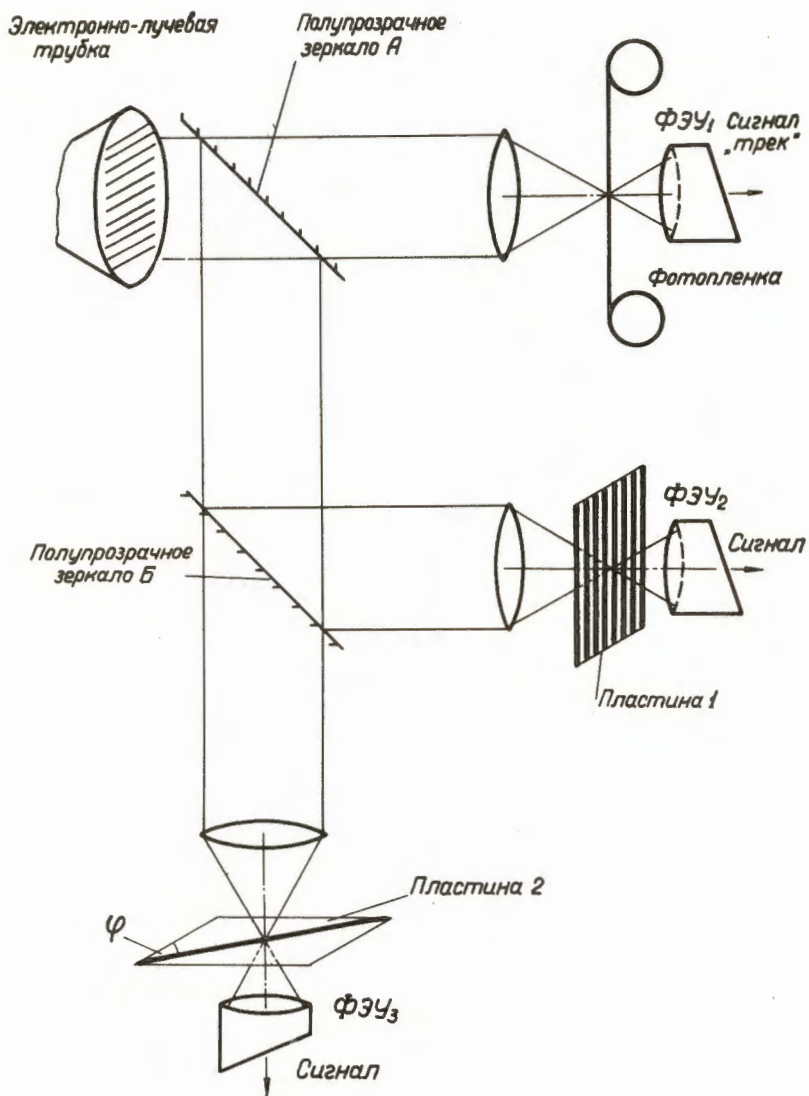


Рис.1.

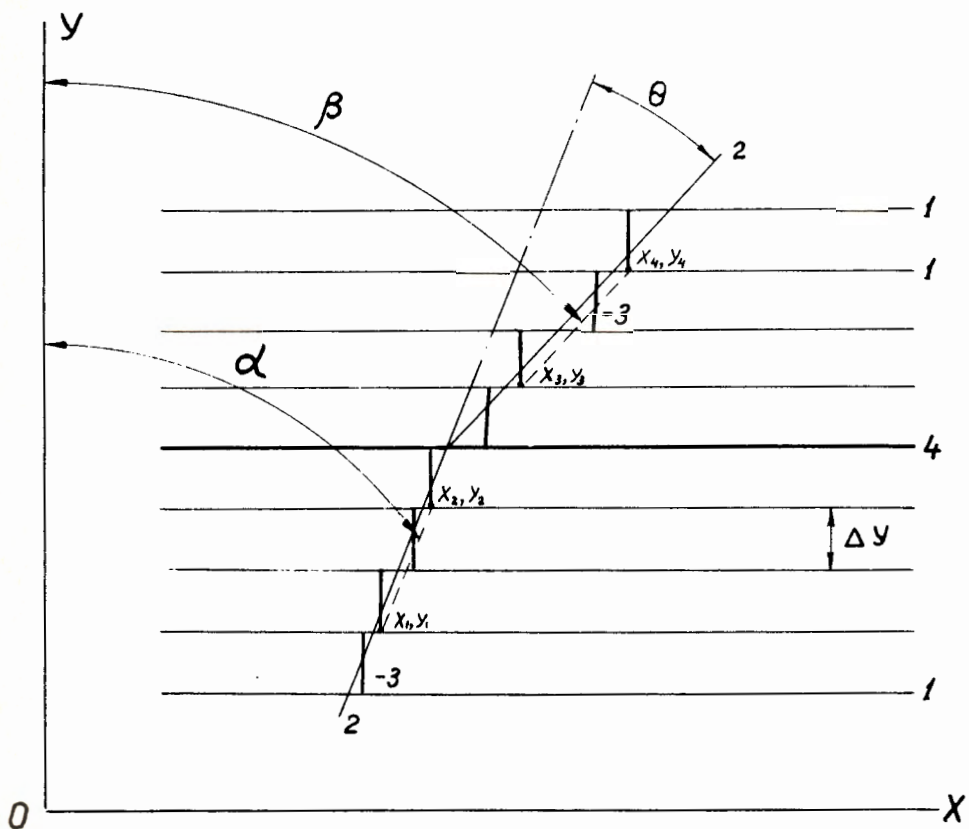


Рис.2. Схема расположения искр, образующих трек в камере.

1- электроды камеры; 2- след частицы в камере; 3- искра;
 4- мишень; α - угол входа частицы в камеру;
 β - угол выхода частицы; θ - угол рассеяния;
 Δy - междуэлектродное расстояние; строчная развертка
 телевизионного раstra соответствует оси X,
 кадровая развертка - оси Y.

$\sigma_{\alpha}[X], \sigma_{\beta}[X]$
МКМ

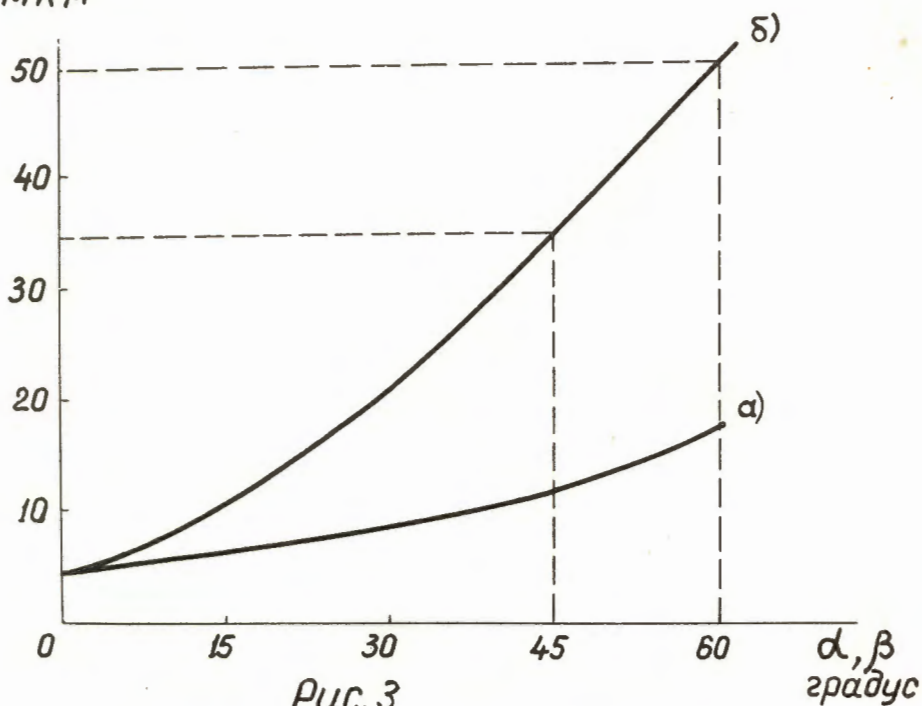


Рис. 3

- а) - Статистический разброс положения конца искры, прилежащего к отрицательному электроду;
б) - то же для конца, прилежащего к положительному электроду.