

С 344.19

18/v

Б-903  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2668



Ю.А. Будагов, В.П. Джелепов, Р.В. Малышев,  
В.Б. Флягин, П.В. Шляпников

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ТРЕКОВ В ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕРАХ С УЧЕТОМ  
КУЛОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ И  
ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1966

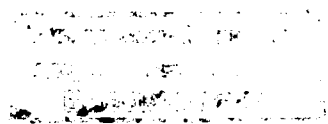
2668

Ю.А. Будагов, В.П. Желепов, Р.В. Малышев,  
В.Б. Флягин, П.В. Шляпников

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ТРЕКОВ В ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕРАХ С УЧЕТОМ  
КУЛОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ И  
ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Направлено в ПТЭ

4184/1 нр.



## В в е д е н и е

При определении кинематических параметров треков в пузырьковых камерах необходимо учесть ошибки, вносимые неточностью измерения и восстановления пространственных координат, неоднородностью магнитного поля в камере, кулоновским рассеянием и потерями энергии на ионизацию, а для электронных и позитронных треков, кроме того, и потерями энергии на тормозное излучение. В пузырьковых камерах с тяжелыми жидкими флюидами необходимо прежде всего учесть кулоновское рассеяние и тормозное излучение, вносящие главный вклад в искажения параметров треков.

Для корректного учета кулоновского рассеяния мы использовали при подгонке трека под аппроксимирующую кривую метод наименьших квадратов, в котором минимизируется функционал с матрицей кулоновского рассеяния <sup>1/2</sup>. Введение такого функционала позволяет верно определить кинематически параметры частицы и их ошибки непосредственно в точке взаимодействия, что весьма существенно для кинематического анализа всего события в целом. Тормозное излучение электронов и позитронов учитывается в программе подгонкой трека под кривую с переменным радиусом кривизны.

Искомыми кинематическими параметрами трека являются его кривизна  $K$  в точке взаимодействия, азимутальный угол  $\beta$  в плоскости  $XU$ , перпендикулярной направлению магнитного поля, и тангенс угла наклона  $\text{tg} \alpha$  трека к плоскости  $XU$ , а также их матрица ошибок. Для первичного трека (у которого точка взаимодействия является последней точкой трека) дополнительно вычисляются направляющие косинусы в первой точке.

Поскольку в программе используется функционал с матрицей многократного рассеяния, зависящей от массы частицы, программа просчитывает различные гипотезы в зависимости от присвоенного треку при предварительной обработке признака:

- |                                    |                              |     |
|------------------------------------|------------------------------|-----|
| а) признак электрона <sup>x/</sup> | $m_0 = 0,5 \text{ Мэв/с}^2,$ |     |
| б) признак протона                 | $m_0 = 938 \text{ Мэв/с}^2,$ | (1) |
| в) признак $\pi$ -мезона           | $m_0 = 140 \text{ Мэв/с}^2.$ |     |

<sup>x/</sup> В дальнейшем термин "позитрон" не употребляется, все сказанное об электронах, относится и к позитронам.

Если у трека отсутствует признак, то отрицательная частица считается  $\pi^-$ -мезоном, а положительная обсчитывается по двум гипотезам: протонной и  $\pi^+$ -мезонной. В дальнейшем в число обсчитываемых гипотез может быть включен  $K^\pm$ -мезон.

Вычисления, производимые в § 1 - § 2, являются общими как для частиц, не испытывающих тормозного излучения, так и для электронов. После же § 2 программа подразделяется на два блока, а именно: если у трека отсутствует признак электрона, его проекция на плоскость  $Z = 0$  подгоняется под окружность, если же трек снабжен признаком электрона - его проекция подгоняется под кривую с переменным радиусом кривизны.

### § 1. Нулевое приближение

В плоскости  $XU$  производится преобразование системы координат  $X'Y'$  (в которой заданы пространственные координаты точек трека, найденные программой восстановления), так чтобы ось  $X$  новой системы координат проходила от первой точки трека  $(x'_1, y'_1, z'_1)$  к последней  $(x'_n, y'_n, z'_n)$ :

$$x = (x'_j - x'_1) \cos \phi + (y'_j - y'_1) \sin \phi, \quad (2)$$

$$y = (y'_j - y'_1) \cos \phi - (x'_j - x'_1) \sin \phi,$$

где

$$\sin \phi = (y'_n - y'_1) [(x'_n - x'_1)^2 + (y'_n - y'_1)^2]^{-1/2}, \quad \cos \phi = (x'_n - x'_1) [(x'_n - x'_1)^2 + (y'_n - y'_1)^2]^{-1/2}.$$

Через точки трека с координатами  $x_j, y_j$  методом наименьших квадратов проводится окружность, уравнение которой для небольших длин треков ( $l \leq R$ ) можно представить в виде

$$y = a_1 + a_2 x + a_3 x^2 + a_4 y^2. \quad (3)$$

Считая в нулевом приближении ошибки в координатах равновесными, получим:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^n (y_j - a_1 - a_2 x_j - a_3 x_j^2 - a_4 y_j^2)^2.$$

Минимизация этого функционала сводится к решению системы линейных относительно

$a_1, a_2, a_3$  уравнений:

$$C_{ik} a_k = Y_i. \quad (4)$$

После того, как решения  $a_k$  уравнений найдены, вычисляются радиус и координаты центра окружности:

$$R^{(0)} = (1 - 4a_1 a_2 + a_2^2)^{1/2} / 2a_2 ,$$

$$x_0^{(0)} = -a_2 / 2a_2 ,$$

$$y_0^{(0)} = 1 / 2a_2 .$$

(5)

Далее, исходя из формул для винтовой линии

$$x = x_0^{(0)} + R^{(0)} \cos \phi ,$$

$$y = y_0^{(0)} + R^{(0)} \sin \phi ,$$

$$z = z^{(0)} + \lambda^{(0)} \phi ,$$

найдем шаг  $\lambda^{(0)}$  винтовой линии, для чего через точки с координатами  $x_i, \phi_i$  методом наименьших квадратов проведем прямую линию  $x = z^{(0)} + \lambda^{(0)} \phi$ . Угол  $\phi_i$  в каждой точке, очевидно, равен

$$\phi_i = \text{ArcSin} (y_i - y_0^{(0)}) / ((x_i - x_0^{(0)})^2 + (y_i - y_0^{(0)})^2)^{1/2} .$$

Тогда тангенс угла наклона трека в нулевом приближении

$$\text{tg} \alpha^{(0)} = \lambda^{(0)} / R^{(0)} ,$$

а импульс в нулевом приближении

$$P^{(0)} = 300 H R^{(0)} / \cos \alpha^{(0)} ,$$

где под  $\bar{H}$  понимается значение магнитного поля, усредненное по первой и последней точкам трека.

Только для первичного трека вычисляются направляющие косинусы в первой точке трека (напомним, что за точку с координатами  $x'_1, y'_1, z'_1$  программа всегда выбирает вершину взаимодействия, которая для первичного трека является его последней точкой). Направляющие косинусы в системе координат  $X'Y'$  равны:

$$l = -\cos \alpha^{(0)} \cdot \cos \beta^{(0)} ,$$

$$m = -\cos \alpha^{(0)} \sin \beta^{(0)} ,$$

$$n = -\sin \alpha^{(0)} ,$$

где

$$\sin \beta^{(0)} = -\frac{R^{(0)}}{|R^{(0)}|} \cdot \frac{x_0^{(0)} - x_n}{((x_n - x_1)^2 + (y_n - y_1)^2)^{1/2}} ; \cos \beta^{(0)} = -\frac{R^{(0)}}{|R^{(0)}|} \cdot \frac{y_n - y_0^{(0)}}{((x_n - x_1)^2 + (y_n - y_1)^2)^{1/2}} .$$

Направляющие косинусы в исходной системе координат  $X'Y'$  находятся по формулам, обратным формулам (2).

Наконец, в куловом приближении вычисляются следующие величины:

$$\chi = \frac{\chi_{\min}^2}{\sigma_y^2}, \quad W_0^2 = \frac{1}{\sigma_x^2} \sum_{j=1}^n (z_j - z_j^{(0)} - \lambda^{(0)} \phi_j)^2,$$

где  $\sigma_y^2$  и  $\sigma_x^2$  - дисперсии в координатах в плоскости XY и в x-ых координатах точек трека.

## § 2. Итерационный процесс с матрицей кулоновского рассеяния

В предыдущем параграфе мы нашли импульс  $P^{(0)}$  в куловом приближении. Теперь, зная эту величину, мы построим итерационный процесс вычисления матрицы многократного рассеяния и определим кинематические параметры трека, минимизируя функционал <sup>/2/</sup>:

$$\chi^2 = \sum_{i,k}^m \Delta y_i S_{ik} \Delta y_k, \quad (8)$$

в котором  $\Delta y_i$  по-прежнему есть отклонение экспериментальных точек от окружности (3), а  $\|S_{ik}\|$  - матрица весов, которую мы определим ниже (при минимизации функционала (8) из полного числа  $n$  точек трека оставляется не более 15 первых точек).

Для электронных треков мы ограничимся одним первым приближением, а для остальных треков будем продолжать процесс до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$\frac{|P^{(\nu)} - P^{(\nu-1)}|}{|P^{(\nu-1)}|} \leq 0,01, \quad (7)$$

где  $P^{(\nu)}$  - импульс, найденный в  $\nu$ -ой итерации. Максимальное число итераций равно 4. Как показывает практика, обычно для выполнения условия (7) требуется не больше двух итераций.

Прежде всего по формуле, взятой из работы <sup>/2/</sup>, находится матрица многократного рассеяния:

$$F_{ik} = q \cdot \frac{m_0^2 + P^{(\nu-1)^2}}{P^{(\nu-1)} \epsilon} \cdot \sum_{j=1}^{i-1} (t_{j,i+1}^2 (1 + \frac{3t_{j+1,i}}{2t_{j,j+1}})(1 + \frac{3t_{j+1,k}}{2t_{j,j+1}}) + \frac{3}{4} t_{j,i+1} t_{j+1,i} t_{j+1,k}),$$

где верхний предел суммирования равен наименьшему из индексов  $(i-1)$  или  $(k-1)$ . Здесь  $q = 441/6X_0$ ,  $X_0$  - радиационная длина среды,  $t_{i,k}$  - расстояние между  $i$ -той и  $k$ -той точками, а  $m_0$  - масса частицы, принимающая различные значения (1) в зависимости от присвоенного треку признака.

Затем находится матрица ошибок координат:

$$S_{ik}^{-1} = F_{ik} + \sigma_y^2 \delta_{ik} ,$$

где  $\delta_{ik}$  - символ Кронекера, а  $\sigma_y^2$  - дисперсия в координатах в плоскости XY из-за ошибок измерения и восстановления пространственных координат, которая предполагается одинаковой для всех точек трека. Матрица весов  $S_{ik}$ , входящая в функционал (6), является матрицей, обратной матрице ошибок координат  $S_{ik}^{-1}$ . Минимизация функционала (6) с матрицей весов  $S_{ik}$ , как и в нулевом приближении, приводит к системе линейных относительно  $a_i$  уравнений (4), в которых теперь

$$\begin{aligned} C_{11} &= \sum S_{1k}; \quad C_{12} = \sum S_{1k} x_k; \quad C_{13} = \sum S_{1k} (x_k^2 + y_k^2); \quad C_{22} = \sum x_i S_{1k} x_k; \\ C_{23} &= \sum x_i S_{1k} (x_k^2 + y_k^2); \quad C_{33} = \sum (x_i^2 + y_i^2) S_{1k} (x_k^2 + y_k^2); \quad (8) \\ Y_1 &= \sum S_{1k} y_k; \quad Y_2 = \sum x_i S_{1k} y_k; \quad Y_3 = \sum (x_i^2 + y_i^2) S_{1k} y_k . \end{aligned}$$

После решения уравнений (4) с матрицей (8) мы имеем новые значения  $a_i$  и матрицу ошибок этих параметров  $G_{ik}^{-1}$ , обратную матрице (8) алгебраической системы уравнений (4). Значение радиуса и координат центра окружности вычисляются снова по формулам

$$\begin{aligned} R^{(v)} &= (1 - 4a_1 a_3 + a_2^2)^{1/2} / 2a_3 , \\ X_0^{(v)} &= -a_2 / 2a_3 , \\ Y_0^{(v)} &= 1 / 2a_3 . \end{aligned} \quad (10)$$

Найдем теперь наклон трека к плоскости XY, для чего, как и в нулевом приближении, через точки трека с координатами  $z_i, \phi_i$  и матрицей весов  $D_{ik}$  проводится методом наименьших квадратов прямая линия  $z = z^{(v)} + \lambda^{(v)} \phi$ .

Здесь  $D_{ik}$  - матрица, обратная матрице ошибок  $D_{ik}^{-1}$ :

$$D_{ik}^{-1} = F_{ik} + \sigma_z^2 \delta_{ik} ,$$

где  $\sigma_z^2$  - предполагаемые равновесными дисперсии  $z$ -ых координат точек трека, а  $\phi_i$ , как и в нулевом приближении, находятся по формуле

$$\phi_i = \text{ArcSin} \left( y_i - y_0^{(v)} \right) \left( (x_i - x_0^{(v)})^2 + (y_i - y_0^{(v)})^2 \right)^{-1/2} .$$

Как нетрудно видеть,

$$z^{(v)} = A_1 F_{11}^{-1} + A_2 F_{12}^{-1} , \quad \lambda^{(v)} = A_1 F_{12} + A_2 F_{22}^{-1} ,$$

где

$$F_{11} = \sum D_{ik}; F_{12} = \sum D_{ik} \phi_k; F_{22} = \sum \phi_i D_{ik} \phi_k; A_1 = \sum D_{ik} x_k; A_2 = \sum \phi_i D_{ik} x_k. \quad (11)$$

а матрица  $\|F_{ik}^{-1}\|$  есть матрица, обратная матрице  $\|F_{ik}\|$ .

Тогда

$$\begin{aligned} \text{tg } \alpha^{(\nu)} &= \lambda^{(\nu)} / R^{(\nu)}, \\ P^{(\nu)} &= 300 \text{HR}^{(\nu)} / \cos \alpha^{(\nu)}. \end{aligned}$$

После каждой  $\nu$ -той итерации проверяется выполнение условия (7), и если оно не выполнено или не произошло выхода из итерационного процесса по признаку максимального числа итераций, то делается следующая итерация. Как уже отмечалось, электронные треки выходят из итерационного процесса после первой же итерации.

Если условие (7) выполнено или итерационный процесс закончился по максимальному числу итераций, то вычисляются следующие кинематические параметры:

1. Находятся направляющие косинусы в точке взаимодействия. Сначала вычисляются направляющие косинусы в системе координат  $X'Y'$ :

$$\begin{aligned} l &= \cos \alpha^{(\nu)} \cdot \cos \beta^{(\nu)}, \\ m &= \cos \alpha^{(\nu)} \cdot \sin \beta^{(\nu)}, \\ n &= \sin \alpha^{(\nu)}, \end{aligned}$$

где

$$\sin \beta^{(\nu)} = a_2 \cdot (1 - 4a_1 a_3 + a_2^2)^{-1/4}, \quad \cos \beta^{(\nu)} = (1 - 4a_1 a_3)^{1/4} \cdot (1 - 4a_1 a_3 + a_2^2)^{-1/4},$$

а затем направляющие косинусы в исходной системе координат по формулам преобразования, обратным формулам (2).

Аналогично по формулам преобразования, обратным формулам (2), в исходную систему координат пересчитываются координаты центра окружности, найденные по (10).

2. Находится матрица ошибок параметров  $K$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ . Предварительные расчеты показали, что корреляции между  $K$  и  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\alpha$  не велики. Поэтому (учитывая то обстоятельство, что их вычисление требует сравнительно много машинного времени) мы положили эти корреляции равными нулю, так что матрица ошибок имеет вид:



$$\begin{pmatrix} (\Delta K)^2 & \delta_{\kappa\beta} & 0 \\ \delta_{\kappa\beta} & (\Delta\beta)^2 & 0 \\ 0 & 0 & (\Delta\alpha)^2 \end{pmatrix}$$

Здесь

$$\begin{aligned} (\Delta K)^2 &= \sum_{i,p} \frac{\partial K}{\partial a_i} G_{ip}^{-1} \frac{\partial K}{\partial a_p}; \\ (\Delta\beta)^2 &= \sum_{i,p} \frac{\partial \beta}{\partial a_i} G_{ip}^{-1} \frac{\partial \beta}{\partial a_p}; \\ \delta_{\kappa\beta} &= \sum_{i,p} \frac{\partial K}{\partial a_i} G_{ip}^{-1} \frac{\partial \beta}{\partial a_p}; \\ (\Delta\alpha)^2 &= \left(\frac{\partial \alpha}{\partial \lambda}\right)^2 F_{22}^{-1}. \end{aligned} \quad (12)$$

Производные, входящие в формулы (12), равны:

$$\begin{aligned} \frac{\partial K}{\partial a_1} &= 1/2a_2 R^3; \quad \partial K/\partial a_2 = -a_2/4a_2^2 R^3; \quad \partial K/\partial a_3 = -(1-4a_1 a_2 + a_2^2)/4a_2^2 R^3; \\ \frac{\partial \beta}{\partial a_1} &= 2a_1 a_2 (1-4a_1 a_2)^{1/4} / (1-4a_1 a_2 + a_2^2); \quad \frac{\partial \beta}{\partial a_2} = (1-4a_1 a_2)^{1/4} / (1-4a_1 a_2 + a_2^2); \\ \frac{\partial \beta}{\partial a_3} &= 2a_2 a_3 (1-4a_1 a_2)^{1/4} / (1-4a_1 a_2 + a_2^2); \quad \frac{\partial \alpha}{\partial \lambda} = \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}. \end{aligned}$$

Здесь все параметры определены в последней и-той итерации,  $G_{ip}^{-1}$  и  $F_{ik}^{-1}$  — матрицы, обратные матрицам (9) и (11).

3. Вычисляется относительная ошибка в радиусе окружности

$$\Delta R/R = (\Delta K) \cdot |R|$$

и ошибка в импульсе

$$\Delta P = ((\Delta R/R)^2 + (\Delta E/H)^2)^{1/2} \cdot |P|.$$

### § 3. Вычисление кинематических параметров электронных треков

В случае, когда трек снабжен признаком электрона, вычисление его кинематических параметров после первой итерации в § 2 производится в соответствии с описываемым ниже блоком программы.

Угол наклона  $\alpha$  электронного трека к плоскости  $XU$  полагается равным углу  $\alpha^{(1)}$ , найденному в первой итерации § 2, а кривизна трека в первой точке находится при подгонке трека под кривую:

$$y = b_1 + b_2 x + b_3 x^2 + b_4 y^3, \quad (13)$$

в которой в отличие от (3), вообще говоря,  $b_3 \neq b_4$ . Таким образом, отношение параметров  $b_4/b_3$  характеризует потери энергии вдоль трека на тормозное излучение.

Производится преобразование системы координат  $XU$  в систему координат  $X''Y''$  по формулам

$$\begin{aligned} x''_j &= x_j \cos \xi + y_j \sin \xi, \\ y''_j &= y_j \cos \xi - x_j \sin \xi, \end{aligned} \quad (14)$$

где

$$\sin \xi = a_2 (1 - 4a_1 a_3 + a_2^2)^{-1/2}; \quad \cos \xi = (1 - 4a_1 a_3)^{1/2} \cdot (1 - 4a_1 a_3 + a_2^2)^{-1/2}.$$

Минимизация функционала (8) с функцией (13) в системе координат  $X''Y''$  приводит, как и обычно, к системе линейных уравнений

$$H_{ik} b_k = Y_k,$$

в которых элементы матрицы  $\|H_{ik}\|$  равны

$$\begin{aligned} H_{11} &= \sum S_{ik}; & H_{12} &= \sum S_{ik} x_k; & H_{13} &= \sum S_{ik} x_k^2; & H_{14} &= \sum S_{ik} y_k^2; \\ H_{22} &= \sum x_1 S_{ik} x_k; & H_{23} &= \sum x_1 S_{ik} x_k^2; & H_{24} &= \sum x_1 S_{ik} y_k^2; \\ H_{33} &= \sum x_1^2 S_{ik} x_k^2; & H_{34} &= \sum x_1^2 S_{ik} y_k^2; & H_{44} &= \sum y_1^2 S_{ik} y_k^2; \\ Y_1 &= \sum S_{ik} y_k; & Y_2 &= \sum x_1 S_{ik} y_k; & Y_3 &= \sum x_1^2 S_{ik} y_k; & Y_4 &= \sum y_1^2 S_{ik} y_k. \end{aligned} \quad (15)$$

Здесь матрица весов  $\|S_{ik}\|$  найдена в первой итерации § 2, исходя из значения импульса  $P^{(1)}$ .

После вычисления параметров  $b_i$  и матрицы  $\|H_{ik}^{-1}\|$ , обратной матрице  $\|H_{ik}\|$  (15), находятся радиус кривизны трека в его первой точке и импульс:

$$R^{(2)} = A^{3/2} / 2B, \quad P = 300 \bar{H} R^{(2)} / \cos \alpha^{(1)},$$

где

$$A = 1 - 4b_1 b_4 + b_2^2; \quad B = b_3 - 4b_1 b_3 b_4 + b_2^2 b_4.$$

Вычисляются направляющие косинусы трека в точке взаимодействия сначала в системе координат  $X''Y''$ :

$$l = \cos \alpha^{(1)} \cos \beta,$$

$$m = \cos \alpha^{(1)} \sin \beta,$$

$$n = \sin \alpha^{(1)},$$

где

$$\sin \beta = b_2 A^{-1/2}, \quad \cos \beta = C \cdot A^{-1/2}, \quad C = (1 - 4b_1 b_4)^{1/2};$$

а затем в исходной системе координат по формулам преобразования, обратным формулам (14) и (2).

Находятся координаты центра кривизны в точке взаимодействия сначала в системе координат  $X''Y''$ :

$$x_0 = -R^{(2)} \sin \beta,$$

$$y_0 = R^{(2)} \cos \beta,$$

а затем в исходной системе координат по формулам, обратным формулам (14), (2).

Находится матрица ошибок параметров  $K$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ :

$$(\Delta K)^2 = \sum_{j,p} \frac{\partial K}{\partial b_j} H_{jp}^{-1} \frac{\partial K}{\partial b_p} \quad (j, p = 1, \dots, 4),$$

$$(\Delta \beta)^2 = \sum_{j,p} \frac{\partial \beta}{\partial b_j} H_{jp}^{-1} \frac{\partial \beta}{\partial b_p} \quad (j, p = 1, 2, 4),$$

$$\delta_{K\beta} = \sum_{j,p} \frac{\partial K}{\partial b_j} H_{jp}^{-1} \frac{\partial \beta}{\partial b_p} \quad (j, p = 1, 2, 4).$$

где

$$\partial K / \partial b_1 = 4b_4 A^{-3/2} (3B - 2b_3 A); \quad \partial K / \partial b_2 = 2b_2 A^{-3/2} (2b_4 A - 3B);$$

$$\partial K / \partial b_3 = 2A^{-3/2} \cdot C^2; \quad \partial \beta / \partial b_1 = 2b_2 b_4 / CA; \quad \partial \beta / \partial b_2 = C/A;$$

$$\partial \beta / \partial b_4 = 2b_1 b_4 / CA.$$

### Обращение к программе

Блок-схема программы показана на рис. 1 и в пояснениях не нуждается.

Программа работает в системе ИС-2 с фиксацией на рабочем поле. Длина программы № - 1 = 2347. Для работы программы используются ячейки с 0001 по 0037, а также две группы рабочих ячеек, начала которых  $P_1$  и  $P_2$  задаются при обращении. Обращение к программе содержит четыре строки:

$k - 1$	000	16	$k$	7501	7610
$k$	$\pi_1 00$	52	$\langle x_1 \rangle$	$N_{СП}$	$P_1$
$k + 1$	$\pi_1 \pi_2 0$	52	$\langle y_1 \rangle$	$\langle a-1 \rangle$	$P_2$
$k + 2$	$\pi_1 \pi_2 \pi_3$	52	$\langle z_1 \rangle$	$\langle S \rangle$	$\langle \gamma \rangle$

Здесь  $\langle x_1 \rangle$ ,  $\langle y_1 \rangle$ ,  $\langle z_1 \rangle$  - начальные адреса таблиц координат ( $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$ ) точек трека;  $\langle a-1 \rangle$  - адрес ячейки, содержащей число  $a - 1$ ,  $a$  - число точек трека ( $a \leq 25$  (дес.));  $\langle S \rangle$  - адрес первой из трех ячеек, содержащих шапку события;  $\langle \gamma \rangle$  - адрес ячейки, в которой находится признак (протона,  $\pi$ -мезона, электрона);  $P_1$  - начало групп из 0222 рабочих ячеек;  $P_2$  - начало групп из 0571 рабочих ячеек. Если указать  $P_1 = 0040$ , то программе не потребуются соответствующей настройки.

Выдача на печать для каждой гипотезы производится на стандартные для ОИЯИ перфокарты и бумажную ленту. Печать на бумажную ленту дублирует информацию, содержащуюся на перфокартах; кроме того, дополнительно печатаются следующие величины: значения минимизируемых функционалов в минимуме в нулевом приближении и в последней итерации, импульс в нулевом приближении, координаты последней точки трека и для первичного трека - направляющие косинусы в первой точке.

Время, необходимое для обчета одного трека, зависит от числа измеренных точек на треке, вида частицы и распределения памяти. В среднем при  $a = 10$  и  $P_1 = 0040$  обчет одной гипотезы вместе с печатью и перфорацией занимает около 6 сек.

### З а к л ю ч е н и е

Наиболее сильный вклад в искажение кинематических параметров треков в пузырьковых камерах с тяжелыми жидкостями вносят кулоновское рассеяние и тормоз-

ное излучение. Ионизационные потери и неоднородность магнитного поля (которая составляет в нашем случае + 5% по высоте камеры вдоль оси  $z$  и практически равна нулю в плоскости  $XY$ ) не столь сильно влияют на точность определения кинематических параметров. Неоднородность магнитного поля частично учитывается тем, что при вычислении импульса берется значение магнитного поля, усредненное по первой и последней точкам трека.

Минимизация функционала, в матрицу весов которого введена матрица кулоновского рассеяния, позволяет более надежно определить кинематические параметры треков и уменьшить их ошибки. Однако это становится возможным только при небольших ошибках в измерении и восстановлении пространственных координат, поскольку они почти целиком определяют веса первых точек трека, а в веса последних точек трека (особенно при небольших энергиях) главный вклад вносит кулоновское рассеяние. При составлении матрицы ошибок координат делалось предположение о том, что ошибки в координатах трека одинаковы и что они не скоррелированы друг с другом. На самом деле ошибки не одинаковы и (вследствие поиска соответственных точек в программе восстановления пространственных координат) соседние точки скоррелированы между собой. В связи с этим дальнейшее улучшение программы может быть связано с улучшением программы восстановления пространственных координат или с переходом к минимизации функционала в плоскости кадра, рассмотренным в работе <sup>14/</sup>.

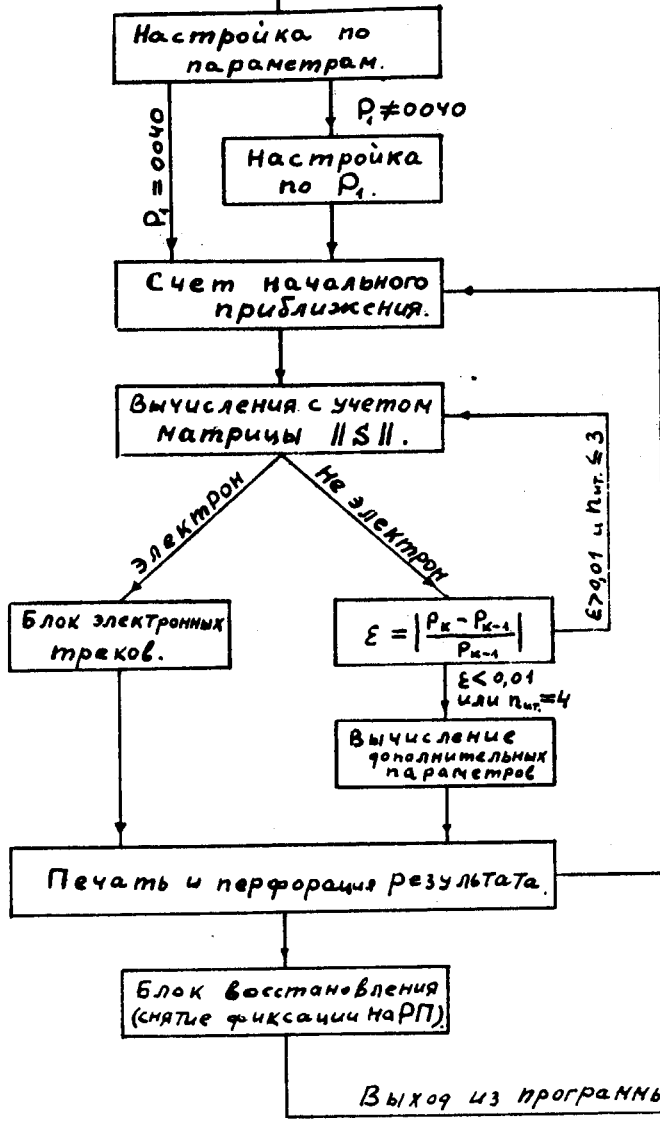
Авторы благодарны А.Г. Володько, Н.Н. Говоруну, Г.Н. Тентюковой и И. Паточке, прочитавшим задание на программу и сделавшим ряд полезных замечаний, а также Л.Н. Гердюкову, проделавшему большую работу по проверке тестов программы. Мы признательны С.В. Клименко за обсуждение электронной части программы.

#### Л и т е р а т у р а

1. Н.А. Буздавина и др. Препринт ОИЯИ, 2095, Дубна, 1985.
2. И.М. Граменицкий, Л.А. Тихонова, П.В. Шляпников. Препринт ОИЯИ, Р-2146, Дубна, 1985.
3. Н.Н. Говорун и др. Препринт ОИЯИ, 1101, Дубна, 1982.
4. Н.Н. Говорун и др. Препринт ОИЯИ, 2036, Дубна, 1985. (ПТЭ в печати).

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 апреля 1986 г.

Вход из ИС после фиксации.



На счет "Р-гипотеза", если при  $P > 0$  считалась "П-гипотеза".