

Б-904

СЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 3350



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Н.А. Буздавина, В.Б. Виноградов

ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ СОБЫТИЙ
200-ЛИТРОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ ИТЭФ
НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ М-20

Программа 0-9

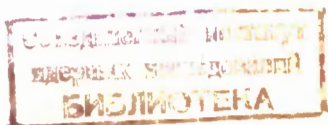
1967.

10 - 3350

Н.А. Буздавина, В.Б. Виноградов

ПРОГРАММА ОБРАБОТКИ СОБЫТИЙ
200-ЛИТРОВОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ ИТЭФ
НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ М-20

Программа 0-9



СО Д Е Р Ж А Н И Е

	<u>Стр.</u>
В в е д е н и е	3
§ 1. Общая блок-схема программы	3
§ 2. Г е о м е т р и я	6
§ 3. Идентификация V^0 -частиц и γ -квантов	12
§ 4. Мэфф и идентификация π^0, η^0, Σ^0	17
П р и л о ж е н и е. Техническое описание программы	19
а) Форма ввода и выдачи информации	19
б) Значение разрядов ДЗУ для различных вариантов выдачи программы 0-9	25
в) Признаки браковки треков и события	25
г) Распределение памяти в программе 0-9 и ПТХ	27

В в е д е н и е

Программа 0-0 представляет собой специализированную программу обработки одного события, предназначенную для экспериментов по изучению комбинаций V^0 -частиц и γ -квантов (типа $\Lambda\eta$ -эксперимента, изучения распада $\omega^0 \rightarrow \pi^0 \gamma$ и т.д.).

Входом в нее являются измерения реперных меток и точек на треках, а выходом — эффективные массы комбинаций $\gamma\gamma$, $K\gamma\gamma$, $\Lambda\gamma\gamma$, $\Lambda\gamma$ и т.д. и вероятности (χ^2) того, что комбинации $\gamma\gamma$ образуют π^0 - или η^0 -мезоны, а $\Lambda\gamma$ — Σ^0 -гипероны.

В настоящее время она используется для обработки фотографий, полученных на 200-литровой пузырьковой камере ИТЭФ^{1/1} (оптическая схема которой показана на рис. 1) при фреоновом заполнении, экспонированной в пучке π^- -мезонов с импульсом 2,8 Гэв/с. Но заменой соответствующих констант она может использоваться для обработки фотографий, полученных на любой другой камере с двухобъективной системой фотографирования.

§ 1. Общая блок-схема программы

Программа написана в машинном коде для вычислительной машины М-20^{4/4} и хранится на магнитной ленте, с которой вызывается в оперативную память машины (МОЗУ) и записывается на магнитные барабаны (МБ) с помощью карт считывания.

Программа состоит из трех основных блоков (рис. 3):

1. Геометрия.
2. Идентификация V^0 -частиц и γ -квантов ($\text{fit}(V^0\gamma)$).
3. Вычисление эффективных масс ($M_{\text{эфф}}$) и идентификация π^0 , η^0 , Σ^0 .

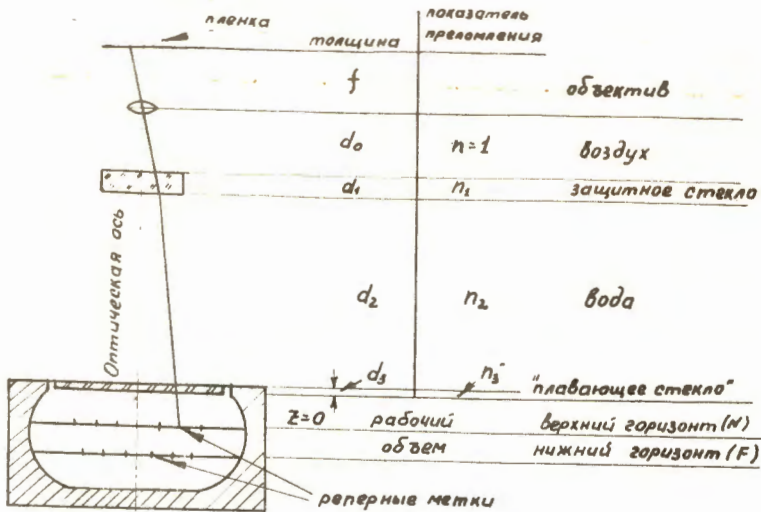


Рис. 1. Оптическая схема 200-литровой камеры.

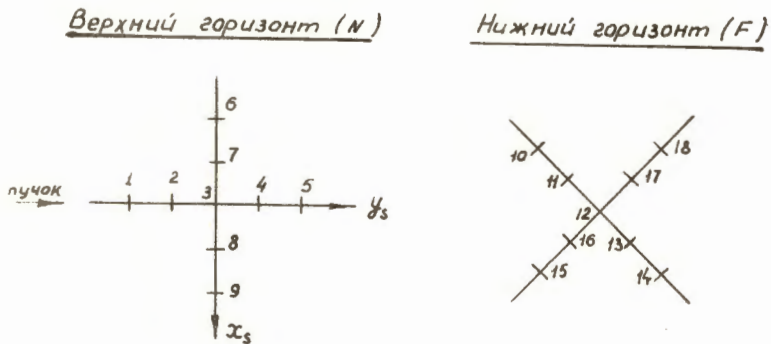


Рис. 2. Схема расположения реперных меток.

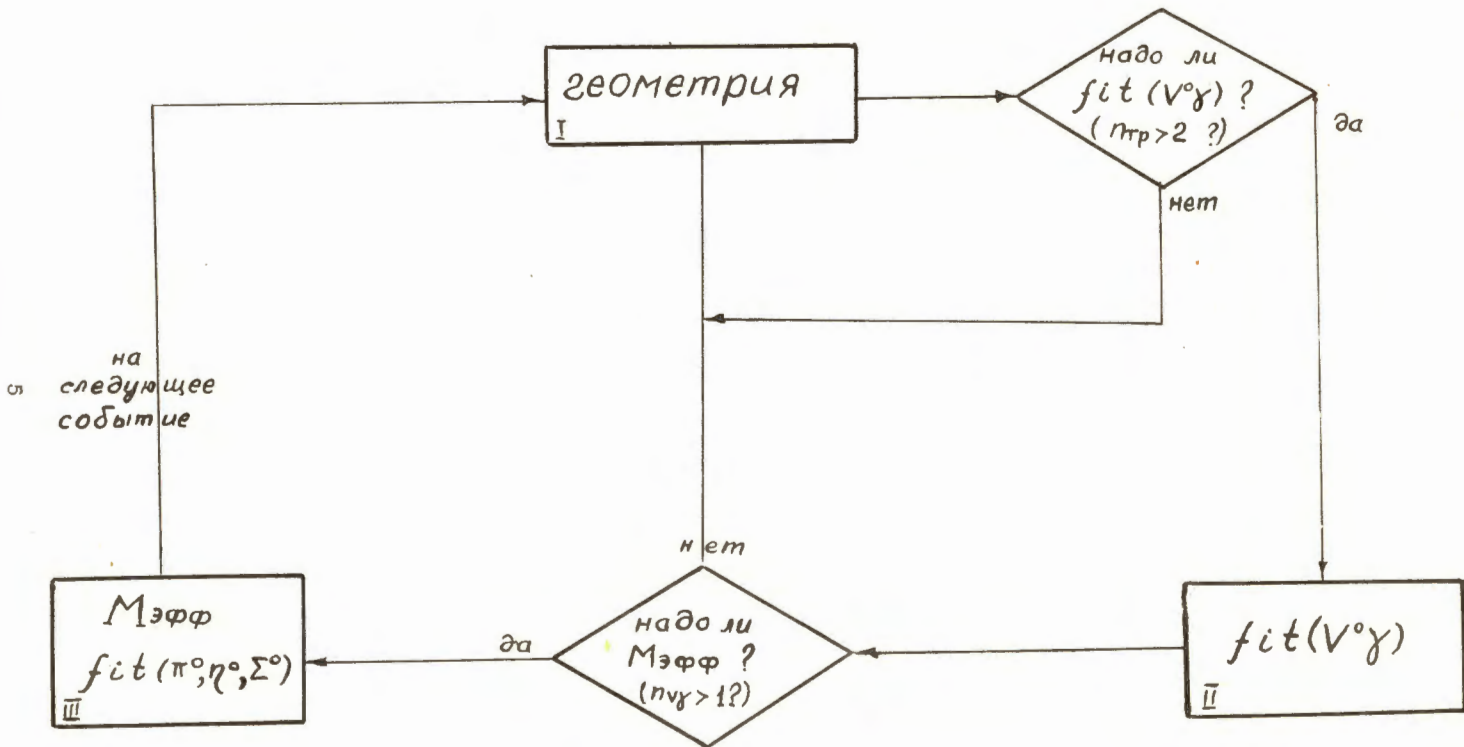


Рис. 3. Общая блок-схема программы 0-9.

§ 2. Геометрия

Геометрией называется часть программы обработки события, которая начинается с ввода измеренной информации и кончается вычислением характеристик каждого трека (импульсов, углов, длин и т.д.).

Она состоит из двух основных частей:

- а) восстановление пространственных координат точек на треках ,
- б) проведение через координаты трека в пространстве винтовой линии.

Блок-схема 1 части показана на рис. 2.

Введем следующие системы координат:

а) Пространственная система координат (s -система), привязанная к реперным меткам, находящимся в рабочем объеме камеры (рис. 1,2). За начало s -системы взят реперный крест 3, ось X_s направлена к кресту 3, ось Y_s -перпендикулярно оси X_s (вдоль пучка), и ось Z_s направлена вниз (внутри камеры, параллельно вектору магнитного поля). От этой системы — X_s, Y_s, Z_s .

б) Система координат на пленке (f -система), началом координат которой является главная точка снимка (пересечение оптической оси с плоскостью пленки); оси X_f и Y_f направлены антипараллельно осям X_s и Y_s , соответственно.

в) Система координат измерительного прибора (m -система) с осями X_m и Y_m .

Восстановление пространственных координат по измерениям на пленке можно схематично изобразить в виде двух переходов:

$$\begin{array}{l} m_l \rightarrow f_l \\ m_p \rightarrow f_p \end{array} \rightarrow s$$

Индекс "л" обозначает величину, относящуюся к левому снимку, "п" — к правому.

Уравнения перехода от m -системы к f -системе имеют следующий вид:

$$x_f = [(x_m - s_x) \cos \Phi_0 - (y_m - s_y) \sin \Phi_0] / \lambda_{0x} + S_x,$$

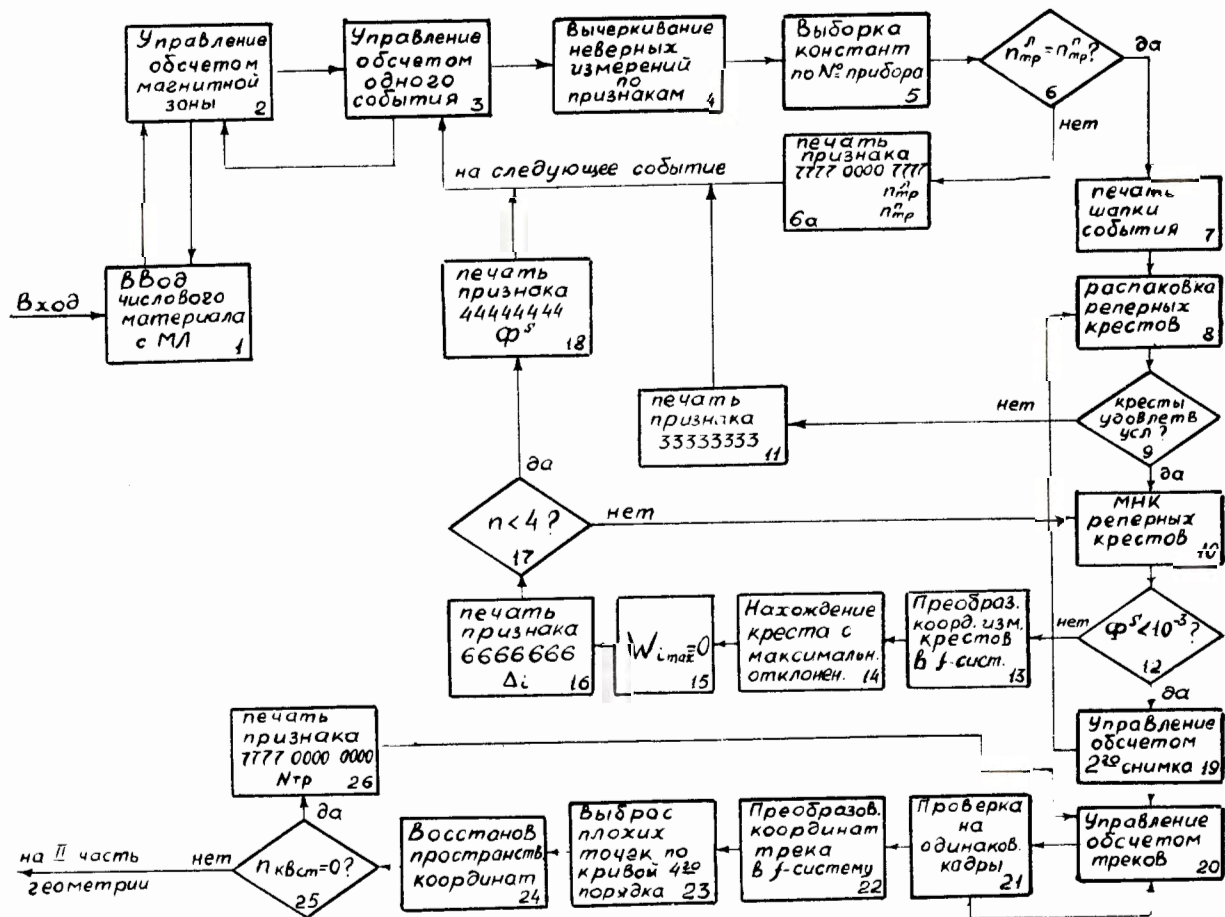


Рис. 4. Блок-схема I части геометрии.

$$y_t = [(x_m - s_x) \sin \Phi_0 + (y_m - s_y) \cos \Phi_0] / \lambda_{0y} + S_y,$$

где величины s_x , s_y , S_x , S_y , Φ_0 , λ_{0x} , λ_{0y} определяются методом максимума правдоподобия с помощью стандартной программы /3/.

Координаты эталонных реперных крестов, необходимые для этого, приведены в табл. 1.

На блок-схеме 1 части геометрии переход $m \rightarrow f$ происходит в блоках 1,10-18. Они образуют логику, необходимую для выброса плохо измеренного креста (одного из пяти) и печати соответствующих признаков.

Т а б л и ц а 1
Координаты эталонных реперных крестов

№ пп	Левый снимок		Правый снимок	
	x_t - координата, мм			
1	-4.755		5.052	
2	-8.222		1.622	
3	-8.297		1.576	
4	-1.312		8.509	
5	-1.261		8.543	
1	-0.157		-0.172	
2	-3.630		-3.59	
3	-3.336		3.272	
4	3.319		3.279	
5	-3.627		-3.636	

Переход $f_l \rightarrow s$ (восстановление пространственных координат) производится при помощи стандартной программы, описанной в /2/. Первая точка

каждого трека считается соответствующей. Для остальных сначала ищутся квази-соответствующие точки. Вычисление X, Y, Z в пространстве производится по формулам:

$$Z = \frac{V_{\Pi} - V_{\text{л}} - (x_{\text{л}} k_{\text{л}} \psi_{\text{л}} - x_{\Pi} k_{\Pi} \psi_{\Pi})}{x_{\text{л}} k_{\text{л}} \psi_{\text{л}} - x_{\Pi} k_{\Pi} \psi_{\Pi}} ;$$

$$X = Z x_{\text{л}} k_{\text{л}} \psi_{\text{л}} + x_{\text{л}} k_{\text{л}} \psi_{\text{л}} + V_{\text{л}} = x_{\text{л}} A_{\text{л}} + V_{\text{л}} ;$$

$$Y = \frac{Y_{\text{л}} + Y_{\Pi}}{\frac{1}{A_{\text{л}}} + \frac{1}{A_{\Pi}}} + C_{\text{л}} = \frac{y_{\text{л}} A_{\text{л}} + y_{\Pi} A_{\Pi}}{\frac{1}{A_{\text{л}}} + \frac{1}{A_{\Pi}}} + C_{\text{л}} ;$$

$$Y_{\text{л}} = Z y_{\text{л}} k_{\text{л}} \psi_{\text{л}} + y_{\text{л}} k_{\text{л}} \psi_{\text{л}} ;$$

$$Y_{\Pi} = Z y_{\Pi} k_{\Pi} \psi_{\Pi} + y_{\Pi} k_{\Pi} \psi_{\Pi} ;$$

$$A_{\text{л}} = Z k_{\text{л}} \psi_{\text{л}} + k_{\text{л}} \psi_{\text{л}} ;$$

$$A_{\Pi} = Z k_{\Pi} \psi_{\Pi} + k_{\Pi} \psi_{\Pi} .$$

Значения V, C и коэффициенты разложения в ряд $k \psi = \beta_1 + \beta_2 r^2 + \beta_3 r^4$ и $k_1 \psi_1 = \alpha_1 + \alpha_2 r^2 + \alpha_3 r^4$, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Параметры, необходимые для пространственного восстановления координат

		Левый кадр	Правый кадр
	V	97.43	- 103.46
	C	4.876	5.01
$k_1 \psi_1$	α_1	0.015173	0.014842
	α_2	-0,52164.10 ⁻⁵	0,23342.10 ⁻⁵
	α_3	0,870234.10 ⁻⁸	-0.9596.10 ⁻⁸
$k \psi$	β_1	17.1777	17.426
	β_2	-0,24343.10 ⁻³	-0.17023.10 ⁻²
	β_3	0,8 2252.10 ⁻⁶	0.114 . 10 ⁻⁵

Кроме этих основных блоков, в 1 части программы работают вспомогательные блоки:

а) Ввод измеренной информации. Порядок измерений, аналогичный /8,9/, приведен в приложении (1-3).

б) Зачеркивание неверных измерений по признакам:

пробитый 19 разряд зачеркивает снимок (4 блок),

- " - 20 - " - - " - трек.

в) Выборка цены деления измерительного прибора по N прибора (5).

г) Проверка правильности пробивки (6).

д) Расшифровка входной информации (9).

II часть программы геометрии заключается в нахождении радиуса кривизны трека и вычислении по нему импульса по формуле

$$P = \frac{0,3 NR}{\cos \alpha},$$

где R - радиус кривизны,

α - глубинный угол трека.

R, α и β (азимутальный угол) находятся проведением методом наименьших квадратов через пространственные координаты трека винтовой линии по СП.

H - магнитное поле, вычисляется в середине трека по формуле:

$$H = a + b(z - c)^3, \quad \text{где} \quad \begin{aligned} a &= 12,2 \text{ кгс}, \\ b &= 0,0012, \\ c &= 7 \text{ см}, \\ [z] &= \text{см}. \end{aligned}$$

Эта формула описывает экспериментально определенные значения магнитного поля в различных точках камеры с точностью 2%.

Кроме этих основных блоков, в этой части имеются вспомогательные блоки:

а) выбрасывание плохих пространственных координат трека проверкой по параболе 2-го порядка,

б) различные вспомогательные блоки, ответственные за формирование печати и перфорации.

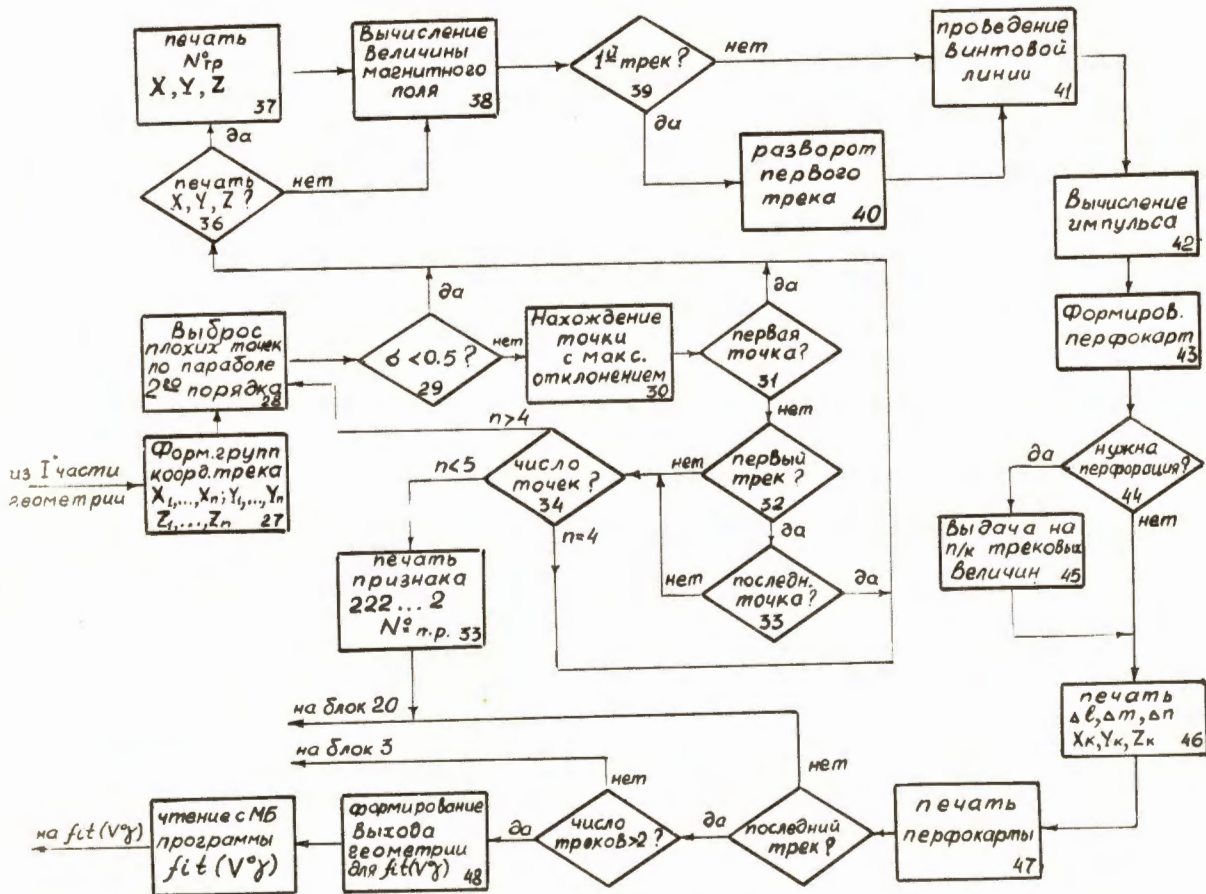


Рис. 5. Блок-схема II части геометрии.

§ 3. Идентификация V^0 -частиц и γ -квантов

Для идентификации V^0 -частиц и γ -квантов была использована программа, описанная в /10/.

В ней идентификация V^0 -частиц и определение принадлежности γ -кванта к звезде производится с помощью χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{(k_-^m - k_-^\nu)^2}{(\Delta k_-)^2} + \frac{(\text{tg } \alpha_-^m - \text{tg } \alpha_-^\nu)^2}{(\Delta \text{tg } \alpha_-)^2} + \frac{(\beta_-^m - \beta_-^\nu)^2}{(\Delta \beta_-)^2} +$$

$$+ \frac{(\beta_+^m - \beta_+^\nu)^2}{(\Delta \beta_+)^2} + \frac{(k_+^m - k_+^\nu)^2}{(\Delta k_+)^2} + \frac{(\text{tg } \alpha_+^m - \text{tg } \alpha_+^\nu)^2}{(\Delta \text{tg } \alpha_+)^2} +$$

$$+ \frac{(\text{tg } \alpha_0^m - \text{tg } \alpha_0^\nu)^2}{(\Delta \text{tg } \alpha_0)^2} + \frac{(\beta_0^m - \beta_0^\nu)^2}{(\Delta \beta_0)^2}.$$

Здесь m - измеренные величины, индекс означает: ν - подобранные величины в результате итерационного процесса на ν -ой итерации, удовлетворяющие законам сохранения и обращающие χ^2 в минимум.

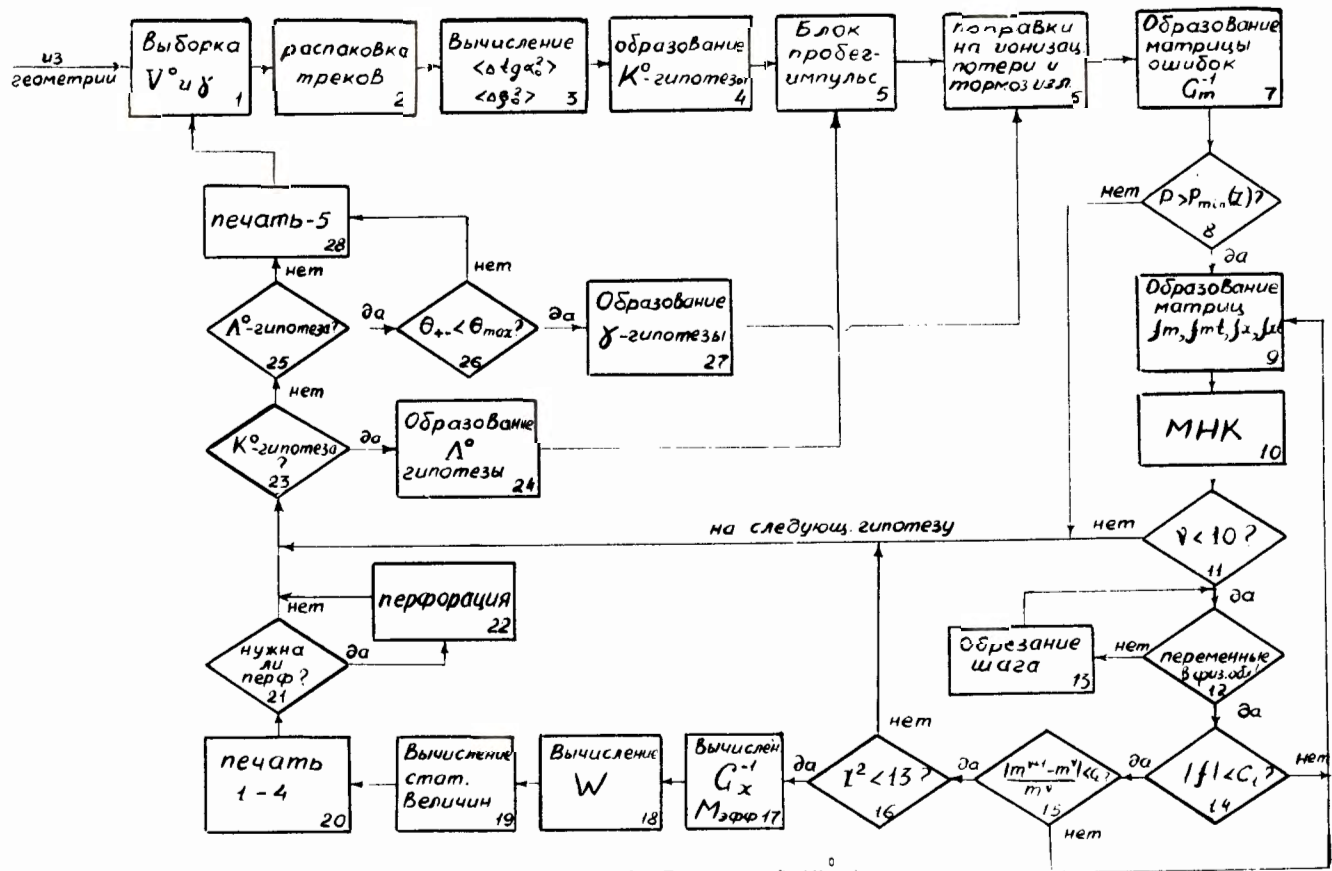
$$f_1 = \frac{\cos \alpha_- \cos \beta_-}{k_-} + \frac{\cos \alpha_+ \cos \beta_+}{k_+} - \frac{\cos \alpha_0 \cos \beta_0}{k_0} = 0;$$

$$f_2 = \frac{\cos \alpha_- \sin \beta_-}{k_-} + \frac{\cos \alpha_+ \sin \beta_+}{k_+} - \frac{\cos \alpha_0 \sin \beta_0}{k_0} = 0;$$

$$f_3 = \frac{\sin \alpha_-}{k_-} + \frac{\sin \alpha_+}{k_+} - \frac{\sin \alpha_0}{k_0} = 0;$$

$$f_4 = \sqrt{M_+^2 + \left(\frac{1}{k_+}\right)^2} + \sqrt{M_-^2 + \left(\frac{1}{k_-}\right)^2} - \sqrt{M_0^2 + \left(\frac{1}{k_0}\right)^2} = 0.$$

Здесь $k = \frac{1}{p}$ - кривизна,

Рис. 6. Блок-схема $\text{fit}(V^0, \gamma)$.

M_+ , M_- , M_0 — массы соответственно положительной, отрицательной и нейтральной частицы,

$\operatorname{tg} \alpha$ — тангенс глубинного угла,

β — азимутальный угол,

Δk , $\Delta \operatorname{tg} \alpha$, $\Delta \beta$ — их оцененные ошибки, о которых предполагается, что они имеют гауссовское распределение.

Поскольку программа 0-9 предназначена для камеры с другими размерами и заполнением, чем камера /12/, для обработки снимков с которой использовалась программа $\operatorname{fit}(V^0 \gamma)$, то были сменены константы и внесены ряд изменений.

Ниже описаны эти изменения (см. блок-схему рис. 8).

а) В блоке 5 "пробег-импульс" вычисляется минимальный для данной длины трека L импульс P_{\min} по формуле:

$$\text{протон} \quad \ln P_{\min} = 5,423 + 0,3086, \quad [P] = \text{Мэв/с};$$

$$\pi\text{-мезон} \quad \ln P_{\min} = 4,019 + 0,3665, \quad [L] = \text{см}.$$

Эти выражения получены путем аппроксимации методом наименьших квадратов табличной зависимости пробег-импульс в смеси фреон-12 и фреон-13, приведенной в работе /13/.

б) В блоке "3", где происходит вычисление ошибок в направлении полета V^0 -частицы по формулам

$$\langle \Delta \operatorname{tg} \alpha_0^2 \rangle = \frac{2}{(1 - n_0^2)^3} \left[n_0^2 \rho_0^2 \left(\frac{\Delta X}{L_0} \right)^2 + m_0^2 n_0^2 \left(\frac{\Delta Y}{L_0} \right)^2 + (\rho_0^2 + m_0^2) \left(\frac{\Delta Z}{L_0} \right)^2 \right],$$

$$\langle \Delta \beta_0^2 \rangle = 2 \left[\frac{m_0^2}{(m_0^2 + \rho_0^2)^2} \left(\frac{\Delta X}{L_0} \right)^2 + \frac{\rho_0^2}{(m_0^2 + \rho_0^2)^2} \left(\frac{\Delta Y}{L_0} \right)^2 \right],$$

точности в определении координат X , Y , Z берутся равными $\Delta X = 0,3 \text{ мм}$, $\Delta Y = 0,3 \text{ мм}$, $\Delta Z = 1,5 \text{ мм}$.

Здесь $L_0 = \sqrt{(X_1 - X_V)^2 + (Y_1 - Y_V)^2 + (Z_1 - Z_V)^2}$ — пролетная длина V^0 -частицы;

$$\left. \begin{aligned} p_0 &= \frac{X_i - X_V}{L_0}, \\ m_0 &= \frac{Y_i - Y_V}{L_0}, \\ n_0 &= \frac{Z_i - Z_V}{L_0}, \end{aligned} \right\} \text{ - направляющие косинусы;}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{n_0}{\sqrt{1 - n_0^2}};$$

$$\beta_0 = \operatorname{arc} \sin \frac{m_0}{\sqrt{1 - n_0^2}}.$$

В качестве X_V , Y_V , Z_V берутся усредненные координаты точек i и $i + 1$ треков, образующих V^0 -частицу или γ -квант:

$$X_V = \frac{X_i + X_{i+1}}{2} \quad \text{и т.д.}$$

в) В блоке 18, в котором вычисляется вес W_{V^0} -частицы по формуле

$$W_{V^0} = W_0 \left[1 - \exp \left(-\alpha \frac{L_{\text{pot}}}{P_0} \right) \right]$$

и вес γ -кванта

$$W_\gamma = 1 - \exp \left[-\frac{L_{\text{pot}}}{X_0} \mu(P_0) \right]$$

(поставлена радиационная длина $X_0 = 24$ см).

Для вычисления потенциальной длины L_{pot} использованы другие границы эффективного рабочего объема.

г) В блоке 7, в котором вычисляется матрица ошибок измеренных переменных, поставлены константы, соответствующие радиационной длине $X_0 = 24$ см и магнитному полю $H = 12,2$ кГс в формулах:

$$\langle \Delta P_{sc}^2 \rangle = C_p \frac{P^2}{1 \beta_c^2} ;$$

$$\langle \Delta \operatorname{tg} \alpha_{sc}^2 \rangle = C_a \frac{I}{P^2 \beta_c^2 \cos^4 \alpha} ;$$

$$\langle \Delta \beta_{sc}^2 \rangle = C_\beta \frac{L}{P^2 \beta_c^2} ;$$

$$\langle \Delta P_{rad} \rangle = C_{rad} \sqrt{L} P ;$$

$$\beta_c = \frac{P}{M} .$$

$\left. \begin{array}{l} C_{rad} = 0,038 \\ C_p = 0,803 \\ C_a = 3,32 \\ C_\beta = 1,88 \end{array} \right\}$ эти константы получены соответствующей перенормировкой величин C'_{10} , C'_a , C'_β , C'_{rad} из работы /10/

$$C_p = \frac{H'}{H} \sqrt{\frac{X'_0}{X_0}} C'_p ; C_a = \frac{X'_0}{X_0} C'_a ; C_\beta = \frac{X'_0}{X_0} C'_\beta ; C_{rad} = \sqrt{\frac{X'_0}{X_0}} C'_{rad}$$

д) В блоке "6" производятся поправки импульсов электронных треков на тормозное излучение по формуле Бэра-Митнера /14/ и на ионизационные потери:

$$P_0 = P_{изм} (1 + C_e I) + C_{ион} \frac{L}{2} ;$$

$$C_e \approx \frac{1}{X_0} ; C_e = 0,014 ; C_{ион} = 1 .$$

Кроме того, для протонов и π -мезонов делается поправка на ионизационные потери при помощи следующей процедуры:

- 1) по измеренному импульсу из соотношения гребень-импульс находится длина $L_{пр}$;
- 2) по данной длине из этого соотношения находится импульс в точке взаимодействия

$$P_0 = f \left(L_{пр} + \frac{L}{2} \right) ,$$

где L -длина трека;

е) в блоке 1 принадлежность к звезде или V^0 -частице определяется применением неравенств:

$$|\Delta X| < 1 \text{ мм} , |\Delta Y| < 1 \text{ мм} , |\Delta Z| < 3 \text{ мм} ;$$

Δ — разность между координатами первых точек разных треков.

ж) Введен новый блок 16, в котором вычисляются величины, полезные для статистического разделения Λ^0 и K^0 /15/

$$a = \frac{\sin(\theta_+ - \theta_-)}{\sin(\theta_+ + \theta_-)} ;$$

$$\cos \theta_+^* = \frac{P_L^*}{P^*} ; \quad \theta_+^* - \text{угол между положительным треком и направлением полета } V^0 \text{ -частицы в системе, в которой } V^0 \text{ -частица покоится;}$$

$$P^* = \sqrt{(P_L^*)^2 + (P_t^*)^2} ; \quad P^* - \text{импульс положительной частицы в системе покоя } V^0 ;$$

P_L^* — проекция \vec{P}^* на импульс V^0 .

$$P_t = P_+ \sin \theta_+ ; \quad P_L = P_+ \cos \theta_+ ;$$

$$P_L^* = \gamma P_L + \eta E ; \quad E = \sqrt{(P_t)^2 + (M_+)^2} ; \quad \gamma = \frac{E_0}{M_0} ; \quad \eta = \frac{P_0}{M_0} ;$$

$$E_0 = \sqrt{P_0^2 + M_0^2} .$$

§ 4. Мэфф и идентификация π^0 , η^0 , Σ^0

В качестве блока вычисления эффективных масс и идентификации π^0 , η^0 , Σ^0 была использована программа, составленная Ю.П. Мерековым.

Программа вычисляет эффективные массы комбинаций частиц по 2 и по 3 по формуле:

$$M_{\text{эфф}}^2 = \sum_{i=1}^{2,3} E_i^2 - \sum_i \vec{P}_i^2, \quad \text{где } E_i = \sqrt{\vec{P}_i^2 + M_i^2};$$

$$\Delta M_{\text{эфф}}^2 = \sum_{i,j=1}^{3n} \frac{\partial M^2}{\partial x_i} \frac{\partial M^2}{\partial x_j} \Delta x_i \Delta x_j, \quad n = 1, 2.$$

В зависимости от сорта частиц и желания физика (набирается соответствующая информация на пульте) программа производит идентификацию двух γ -квантов по гипотезе π^0 и η^0 и комбинации $\Lambda^0 \gamma$ по гипотезе Σ^0 .

Для этого используется метод, примененный в программе GUTS /11/. В данной задаче он выглядит следующим образом:

Имеется шесть измеренных величин (x_i):

$P_1, P_2, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ и 4 закона сохранения (P — энергии и 3-импульса):

$$\vec{P}_0 - \vec{P}_1 - \vec{P}_2 = 0,$$

$$E_0 - E_1 - E_2 = 0.$$

Первое уравнение используется для нахождения неизвестного импульса \vec{P}_0 .

Второе образует переопределенность (уравнение связи):

$$F = E_1 E_2 - P_1 P_2 \cos \theta_{12} - \frac{1}{2} (M_0^2 - M_1^2 - M_2^2).$$

Удовлетворяет ли данная комбинация частиц гипотезе, проверяется с помощью равенства

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^6 \left(\frac{x_i^m - x_i^v}{\Delta x_i} \right)^2,$$

где x_i^m — измеренные величины, x_i^v — подобранные величины, Δx_i — ошибки измеренных величин.

В данном методе χ^2 получается по формуле в итерационном процессе (v — номер итерации):

$$(\chi^2)^{\nu+1} = \lambda^{\nu+1} b^{\nu+1} ;$$

$$\lambda^{\nu+1} = \frac{b^{\nu+1}}{H^{\nu+1}} ;$$

$$b^{\nu} = F^{\nu} + \sum (x_1^m - x_1^{\nu}) F_{1x}^{\nu} ;$$

$$H^{\nu} = \sum (\Delta x_1)^2 F_{1x}^{\nu} ;$$

$F_{1x}^{\nu} = \frac{F^{\nu}}{\partial x_1}$ — производные от уравнения связи по измеренным величинам.

Итерационный процесс прекращается при выполнении условий сходимости или при превышении числа итераций больше заданного.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Техническое описание программы

Форма ввода и выдачи информации. Порядок измерений.

(В х о д)

1. Шапка события:

N^0 зоны

N^0 изм. прибора, N^0 кадра, N^0 пленки.

2. 5 реперных крестов левого снимка. Порядок измерения реперных крестов: 12,11,17,13,16 (см. рис. 2).

3. x_m, y_m — координаты 1-го трека. Первый трек измеряется от начала к точке взаимодействия.

4. Признак конца трека — два пустых кадра

5. Второй трек

6. Признак конца трека и т.д.

7. Признак конца снимка — 17,18 разряды

8. Реперные кресты правого снимка

9. Первый трек

10. Признак конца трека и т.д.

11. Признак конца снимка

12. Признак конца события — три пустых кадра.

Выдача на печать результатов счета программы 0-9
(В ы х о д)

I. Шапка события:

N^0 зоны
 N^0 прибора, N^0 кадра, N^0 пленки
 Дата счета

II. Выдача на печать геометрии:

Для каждого трека печатаются величины:

$\Delta \rho$ }
 Δm } - ошибки в направляющих косинусах ρ, m, n
 Δn }

X_k }
 Y_k } - координаты последней точки трека
 Z_k }

Печать стандартной для геометрических программ ОИЯИ перфокарты.

N^0 пл., N^0 кадра, 000 } - шапка
 000 000 № зоны }
 № трека 000 000 } - трека

P - импульс в Мэв/с

ΔP_π $(\Delta \beta)^2$ - ошибка в импульсе с учетом многократного
 ΔP_p $(\Delta \alpha)^2$ рассеяния для π -мезонной и протонной гипотез

ρ }
 m } - направляющие косинусы
 n }

X_1 }
 Y_1 } - координаты первой точки трека
 Z_1 } (последней для первого трека)

№ пл., № кадра 009 - признак программы

№ зоны - относительная ошибка в радиусе кривизны

№ трека L трека - длина трека (см)
 R - радиус кривизны (см)

$\operatorname{tg} \alpha$ - тангенс глубинного угла

$\left. \begin{matrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{matrix} \right\}$ - координаты центра кривизны

$\left. \begin{matrix} \phi_0 \end{matrix} \right\}$ - угол поворота трека и число точек на нем

$\left. \begin{matrix} W^2 \\ 0 \end{matrix} \right\}$ - вертикальный разброс точек

III. Выдача на печать программы fit ($V^0 \gamma$)

1. M_0 - масса fit - частицы (признак гипотезы)

2. χ^2

3. ν - число итераций

4. P_0 }
 5. ΔP_0 }
 6. ρ_0 }
 7. m_0 }
 8. n_0 }

- подобранные величины для нейтральной частицы

9. P_-^m }
 10. P_-^ν }
 11. ΔP_- }

- измеренный и подобранный импульсы для отрицательного трека

12. P_+^m }
 13. P_+^ν }
 14. ΔP_+ }

- измеренный и подобранный импульсы для положительного трека

15. θ_ν - угол между направлением полета и суммарным импульсом

16. Z_{AB} - пролетная длина V^0 -частицы (γ -кванта)

17. P_0 изм

18. M_0 изм } - эффективная масса и ее ошибка треков, образующих

19. ΔM_0 } V^0 частицу

20. $\frac{k_-^m - k_-^\nu}{\Delta k_-}$

22. $(\text{tg } \alpha_-^m - \text{tg } \alpha_-^v) / \Delta \text{tg } \alpha_-$
 23. $(\beta_-^m - \beta_-^v) / \Delta \beta_-$
 24. $(k_+^m - k_+^v) / \Delta k_+$
 25. $(\text{tg } \alpha_+^m - \text{tg } \alpha_+^v) / \Delta \text{tg } \alpha_+$
 26. $(\beta_+^m - \beta_+^v) / \Delta \beta_+$
 27. $(\text{tg } \alpha_0^m - \text{tg } \alpha_0^v) / \Delta \text{tg } \alpha_0$
 28. $(\beta_0^m - \beta_0^v) / \Delta \beta_0$
- вклады в χ^2 от различных переменных

2

1. Z_{pot} — потенциальная длина
2. P_0
3. R_0 для V^0 или μ (P) для γ -кванта
4. $W' = \frac{1}{P'}$ — вес события
5. P^1 — вероятность распада или конверсии
6. W } — вес и вероятность распада для V^0 -частицы с учетом нейтральных мод распада, 0 в случае γ - кванта
- P }

3

1. $\alpha = \frac{\sin(\theta_+ - \theta_-)}{\sin(\theta_+ + \theta_-)}$
 2. P_{\perp} — поперечный импульс
 3. $\cos \theta'_+ ; \theta'_+$ — угол между положительным треком и направлением полета V^0 -частицы в системе, в которой V^0 покоится
- величины, необходимые для статистического разделения Λ^0 и K^0
- 4
- (для γ -кванта такой выдачи нет)

печать стандартной л/к для V^0 -частицы или γ -кванта.

1. № пл., № кадра, 000
2. 000 000 № зоны
3. ПГ 000 N тр ПГ — признак гипотезы
4. P

- | | | | |
|-----|------------|---------------------|--|
| 5. | ΔP | $(\Delta \beta)^2$ | 51 - Λ^0 |
| 6. | 0 | $(\Delta \alpha)^2$ | 53 - K^0 |
| 7. | ℓ | | 57 - γ |
| 8. | m | | |
| 9. | n | | |
| 10. | X | } - | координаты точки, из которой вылетела V^0 -частица
(γ -квант) |
| 11. | Y | | |
| 12. | Z | | |
| 13. | } | - | повторяются строки 1-3 |
| 14. | | | |
| 15. | | | |

- | | | | | |
|----|--|---|-----|-----------------------------|
| | | 5 | } - | шапка для
V^0 -частицы |
| 1. | Номера треков, образующие V^0 -частицы | | | |
| 2. | № пленки, № кадра | | | |
| 3. | № зоны | | | |

- 6
1. θ_{+-} - угол разлета (в градусах)
 2. θ_-
 3. θ_+
 4. $\theta_{+-} - (\theta_+ + \theta_-)$
 5. P_-^\perp
 6. ΔP_-^\perp
 7. P_+^\perp
 8. ΔP_+^\perp
 9. $P_-^\perp - P_+^\perp$
 10. $\Delta (P_-^\perp - P_+^\perp)$
 11. $\sin \eta$
 12. η (радианы), угол некомпланарности
 13. η (градусы)
 14. θ_v (градусы)
 15. Z_{AB} (см)

1

- | | | |
|-----------------------|---|--------------|
| 1. № пл., № кадра 000 | } | - шкала Mэфф |
| 2. № зоны | | |
| 3. l i | | |
| 4. m j | | |
| 5. n k | | |

2

1. M^2 эфф
2. M эфф
3. Λ Mэфф
4. θ угол разлета частицы
5. \ln Mэфф

l, m, k - номера частиц
 l, m, n - признаки, показывающие их природу
 (51 - Λ^0 , 53 - K^0 , 57 - γ)

i - число двухчастичной комбинации

$$i = l = 0$$

3

1. $M_{\pi\pi}$ ($M_{\pi^0\pi^0}$, $M_{\pi^+\pi^-}$ или M_{Σ^0})
2. χ^2
3. k - число итераций
4. P
5. ΛP
6. α^0
7. $\Lambda \alpha^0$
8. β^0
9. $\Lambda \beta^0$
10. $\cos \theta_{\pi}$ } - угол относительно направления падающего π -мезона в ла-
11. θ_{π}^0 } - бораторной системе

Значение разрядов ДЗУ для различных вариантов выдачи программы 0-9

- ДЗУ-1 1 разряд = 1 есть печать (пч) коэффициентов преобразования и реперных крестов
 = 0 нет
- 2 разряд = 1 есть пч координат треков в системе реперных крестов
 = 0 нет пч
- 3 разряд = 1 есть пч пространственных координат трека в виде:
 = 0 нет $X_1 Y_1 Z_1, X_2 Y_2 Z_2, \dots, X_n Y_n Z_n$
- 13 разряд = 1 есть пч x -координаты выброшенной точки и
 = 0 нет
- 43 разряд = 1 нет перфорации результатов геометрии
 = 0 есть
- 44 разряд = 1 нет перфорации результатов $fit(V^0 \gamma)$
 = 0 есть
- ДЗУ-2 1 разряд = 1 есть печать пространственных координат в виде
 = 0 нет $N_{тр} X_1 X_2 \dots X_n, Y_1 Y_2 \dots Y_n, Z_1 Z_2 \dots Z_n$
 дата счета 36-29 разряда - число
 28-21 - месяц
 20-13 - год (две последние цифры)
- ДЗУ-3 1-12 разряды N зоны бумажной ленты в десятично-двоичной системе не первой в зоне магнитной ленты.

Признаки браковки треков и события

1. $N_{тр}$ $\left. \begin{array}{l} 2\ 2\ 2\ 2\ 2\ 2\ 2 \\ 2\ 2\ 2\ 2\ 2\ 2\ 2 \end{array} \right\} n < 4$ - трек не обсчитывается
2. $\left. \begin{array}{l} 3\ 3\ 3\ 3\ 3\ 3\ 3\ 3 \\ 3\ 3\ 3\ 3\ 3\ 3\ 3\ 3 \end{array} \right\}$ - отказ программы MNK реперных крестов (одна из координат превосходит 10^5 или нет трех отличных друг от друга крестов с ненулевыми весами)
3. $\left. \begin{array}{l} 4\ 4\ 4\ 4\ 4\ 4\ 4\ 4 \\ 4\ 4\ 4\ 4\ 4\ 4\ 4\ 4 \\ \chi^2 \end{array} \right\} \chi^2 > 10^{-3}$ и число крестов меньше 4

4.
$$\left. \begin{array}{c} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \Delta_3 \\ \Delta_4 \\ \Delta_5 \\ \Delta_6 \end{array} \right\} - \text{отклонение измеренных точек от подобранных}$$

при $\chi^2 > 10^{-3}$

6 6 6 6 6 6 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6

5.
$$\left. \begin{array}{cccc} 477 & 7777 & 0000 & 0000 \\ 477 & 7777 & 0000 & 0000 \\ 52 & N & \text{тр} & \end{array} \right\} - \text{на треке нет квазисоотв. точек}$$

6.
$$\left. \begin{array}{cccc} 000 & 7777 & 0000 & 7777 \\ & 7777 & 0000 & 7777 \\ 52 & & N \text{ тр} & \end{array} \right\} n < 6 \text{ в выбросе 4-го порядка}$$

7.
$$\left. \begin{array}{cccc} 000 & 0000 & N \text{ кадра} & N \text{ пленки} \\ 00 & 7777 & 0 & \\ 00 & 7777 & N \text{ кадра} & N \text{ пленки} \end{array} \right\} - \text{признак, что } N \text{ прибора не указан,}$$

μ_x и μ_y берутся для $N_{\text{тр}} = 1$

8.
$$\left. \begin{array}{cccc} 00 & 0 & 0 & 0 \\ 00 & 0 & 0 & 997 \\ 00 & 0 & 0 & 997 \end{array} \right\} - N_{\text{пл.}} = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} N \text{ пл.} \quad N \text{ кадра} \\ \quad \quad \quad n \text{ прав} \\ \quad \quad \quad n \text{ лев} \end{array} \right\} - \text{разное число треков на полукадрах}$$

Распределение памяти в программе 0-9 в МОЗУ, МБ и МЛ.

МОЗУ		№ МБ	МБ	№ ПТХ	Наименование	
2000	235I	I	6400	4	50	СП- max реперных крестов
2000	2523	2	6400	4	6I	СП-счет хуз восстановление пространственных координат
0I00	0I47	0	6I25	2	0	$\text{fit}(v^0 \gamma)$ (2-ой кусок)
0020	0027	0	I30I	2	0	Программа Мэфф (I-ый кусок)
I467	2270	0	I345	5I	0	Мэфф (3-ий кусок)
227I	2425	0	6042	5I	0	Мэфф (4-ый кусок)
027I	0560	2	3000	5I	0	таблица
0577	2I00	2	3300	52	0	управляющая программа - I
0I00	0I20	2	5770	52	0	блок обновления геометрии
0I00	0I47	0	6I25	52	0	$\text{fit}(v^0 \gamma)$ I-ый кусок
I600	I700	I	2203	52	0	обращение к $\text{fit}(v^0 \gamma)$
2000	25I4	2	0II6	53	5I	счет плоскостных координат
2000	23I7	2	I630	53	56	винтовая линия
2000	23I0	2	6025	53	I65	Выброс плохо измеренных точек по кривой 2-го порядка
0I0I	0I26	0	I3I3	53	0	Мэфф (2-ой кусок)
0604	I060	2	I350	54	0	упр.программа 2 - выдача результатов
2500	2750	0	5650	54	0	$\text{fit}(v^0 \gamma)$ (I-ый кусок)к)
2000	2I40	I	200I	54	55	СП-выборки констант
2000	2440	I	370I	54	57	выброс плохо измеренных точек по кривой 2-го порядка
2000	2I40	I	350I	54	60	СП-проверка прибавки
2000	22I3	2	075I	54	54	СП-зачеркивания
2500	3646	0	0I00	43	0	контрольный вариант

ПТХ для программы 0-9					
I.	50	00I1	6400	035I	СП-0050 - МНК реперных крестов
I.	50	00I2	01I6	05I4	СП-005I - преобразование в систему эталонных крестов
I	50	00I2	075I	02I3	СП-0054 программа зачеркивания
I	50	00I1	200I	0I40	СП-0055 выборка констант
I	50	00I2	I630	07I7	СП-0056 винтовая линия
I	50	00I1	370I	0440	СП-0057 выброс на пленке по параболе 4-го порядка
I	50	00I1	350I	0I40	СП-0060 проверка пробивки
I	50	00I2	6400	0523	СП-006I χ^2 (восстановление пространственных координат)
I	50	00I2	6025	03I0	СП-0I65 выброс плохо измеренных точек на треке в пространстве по кривой 2-го порядка

З а к л ю ч е н и е

В настоящее время по программе обчислено ≈ 800 измеренных событий с различным числом V^0 -частиц и γ -квантов. Это дало возможность проверить программу на экспериментальном материале, выявить некоторые скрытые систематические ошибки и усложнить часть логики для того, чтобы "спасти" плохо измеренные события.

Время обсчета одного события зависит от его сложности и колеблется в пределах 50-90 сек.

Недостатками программы являются:

а) невозможность обработки треков с малой кривизной, идущих вдоль стереобазы;

б) проведение винтовой линии через траектории всех частиц;

в) отсутствие выбора оптимальной длины для угловых величин трека.

Объединение в одной программе четырех блоков (геометрия, идентификация V^0 -частиц, идентификация γ -квантов, вычисление эффективных масс) позволило существенно ускорить полную обработку события с использованием мень-

шего количества лаборантов по сравнению с принятой в ОИЯИ системой обработки аналогичных событий в несколько этапов с промежуточной выдачей перфокарт.

Авторы благодарны П.К. Маньякову за участие в работе по проверке программы, Г.В. Давиденко за полезные советы на различных этапах работы над программой, В.Б. Флягину и Г.Н. Тентюковой за внимание к данной работе.

Л и т е р а т у р а

1. М.Ф. Ломанов и др. 200-литровая пузырьковая камера. ПТЭ, 2, 37, 1963.
2. И.М. Иванченко и др. Восстановление пространственных координат точек треков по двум стереопроекциям. Препринт ОИЯИ Р-2889, Дубна, 1966.
3. В.А. Загинайко, В.Н. Шигаев. Нахождение параметров преобразований для перехода в систему координат фотоснимка и определение коэффициентов усадки пленки методом максимума правдоподобия. Препринт ОИЯИ 2527, Дубна, 1965.
4. В.Ф. Ляшенко, Программирование для электронной цифровой вычислительной машины М-20. Изд-во "Сов. радио", Москва, 1963.
5. В.Я. Алмазов и др. Полуавтоматическая установка ПУ для автоматизации измерений камерных снимков. Препринт ОИЯИ, 1352, Дубна, 1963.
6. В.М. Савинков. Программирование ЭЦВМ "Минск-2". Изд-во "Статистика", Москва, 1965.
7. С.А. Никитин. Современные методы обработки снимков пузырьковых камер. ПТЭ, № 2, 5, 1961.
8. Н.А. Буздавина и др. Геометрическая программа для метровой пропановой пузырьковой камеры. Препринт ОИЯИ 2095, Дубна, 1965.
9. Н.А. Буздавина, В.Г. Иванов. Программа реконструкции событий в пузырьковой камере с многообъективной системой фотографирования. Препринт ОИЯИ, 2755, Дубна, 1966.
10. В.Б. Виноградов и др. Программа идентификации V^0 -частиц и γ -квантов. Препринт ОИЯИ 2613, Дубна, 1966.
11. I.P. Berge et al. Kinematical Analysis of Interaction Vertices from Bubble Chamber Data. Rev. Sci. Instr., 32, 538, 1961.
12. А.В. Богомоллов и др. Метровая пузырьковая камера в магнитном поле. ПТЭ, 1, 61, 1964.
13. Г.А. Блянов и др. Большая пузырьковая фреоновая камера. ПТЭ, 1, 15, 1958.

14. L.Behr and P.Mittner . Electron and π^0 Measurements in a Heavy Liquid Bubble Chamber. Nucl.Instr. and Meth. 20, 446, 1963.
15. В.И. Векслер и др. Изучение поляризации Λ -гиперонов при рождении в π^-p взаимодействиях с энергией 7-8 Гэв. ЖЭТФ, 44, 84 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 мая 1967 .