

6123

Экз. чит. зала

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 6123



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

В.М.Карнаухов, А.Ф.Лукъянцев, А.Д.Макаренкова,
Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина,
Н.С.Новикова, Т.Г.Останевич, Г.Н.Тентюкова

СИСТЕМА ПРОГРАММ
ОБРАБОТКИ ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР НА ЭВМ БЭСМ-4

1971

10 - 6123

В.М.Карнаухов, А.Ф.Лукьянцев, А.Д.Макаренкова,
Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина,
Н.С.Новикова, Т.Г.Останевич, Г.Н.Тентюкова

СИСТЕМА ПРОГРАММ
ОБРАБОТКИ ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР НА ЭВМ БЭСМ-4

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

Карнаухов В.М., Лукьянцев А.Ф., Макаренко А.Д., 10-6123
Маркова Н.Ф., Мороз В.И., Никитина В.И., Новикова Н.С.,
Останевич Т.Г., Тентюкова Г.Н.

Система программ обработки фильмовой информации с пузырьковых камер на ЭВМ БЭСМ-4

В работе изложено описание действующей в ЛВТА Объединенного института ядерных исследований системы программ обработки информации с водородных и пропановых камер на вычислительных машинах типа БЭСМ-4.

Сообщения Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1971

Наряду с системами программ обработки фильмовой информации для больших вычислительных машин [1,2,3,4] в ОИЯИ и странах-участниках широко используется система программ для ЭВМ типа БЭСМ-4. Эта система постоянно расширяется и совершенствуется. Круг ее пользователей увеличивается в основном за счет организаций, которые ведут обработку данных с пузырьковых камер, но не обладают мощными ЭВМ.

Поэтому возникла необходимость дать описание действующего в настоящее время варианта системы для БЭСМ-4.

§ I. Этапы обработки данных

Схема этапов обработки данных показана на рис.1.

Начальный этап включает просмотр и измерение на полуавтоматах (ПУОС), подсоединенных к БЭСМ-4. Работой ПУОС управляет программа [5], которая одновременно с приемом данных производит контроль измерений на плоскостях снимков. Далее в режиме *on-line* производится реконструкция пространственных координат для дальнейшего контроля измерений.

Проверяется, что

- а) разность координат "y" первых точек на проекциях снимков находится в пределах допуска;
- б) число восстановленных точек не меньше заданной константы;
- в) след не выходит за пределы камеры.

Этот контроль выполняется во время измерений. При необходимости перемера дается соответствующий сигнал программе управления полуавтоматами [5], которая передает этот сигнал оператору, работающему на ПУОС.

Проверенные измерения записываются на магнитную ленту. Форма записи результатов измерений - стандартная для ОИЯИ [6].

Дальнейшая обработка измеренных событий производится по группе программ:

"1-6" - геометрическая реконструкция [6];

"2-5", "3-1", "5-1" - идентификация вторичных взаимодействий [7];

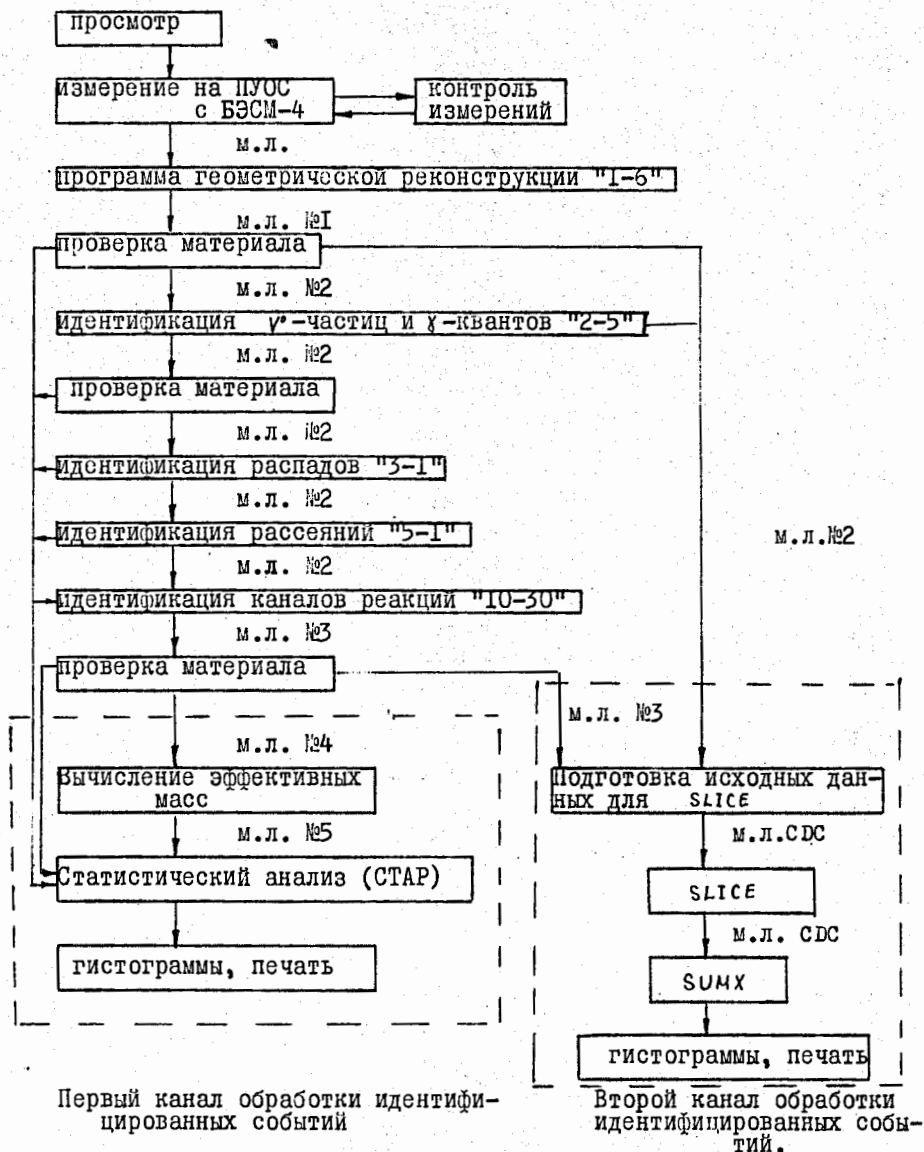


Рис. 1.

Схема этапов обработки фильмовой информации с пузырьковых камер на ЭВМ БЭСМ-4.

"IO-30" - идентификация каналов реакций [8].

После выхода из программ идентификации система имеет два канала: один работает целиком на БЭСМ-4, а по второму каналу подготавливаются данные для дальнейшей обработки по программам *SLICE* и *SUMX* [4] на ЭВМ CDC - I604A. Таким образом, далее обработка идет на БЭСМ-4 по программам вычисления эффективных масс [9] и STAR [10] или на CDC - I604A по программам *SLICE* и *SUMX*.

Передача информации для каждого следующего звена цепи программ производится через магнитную ленту. Есть группа программ, позволяющих проверить материал по набору тестов.

§ 2. Программа геометрической реконструкции "I-6".

Программа предназначена для обработки снимков с пропановых и водородных камер с числом объективов от трех до шести. Оптические оси стереофотокамер предполагаются параллельными между собой и перпендикулярными поверхностям раздела оптических сред.

Программа учитывает неоднородность магнитного поля, ионизационные потери, меняющиеся в зависимости от массы частицы. Если не заданы специальные признаки идентификации, то каждый трек обрабатывается в предположении, что частица имеет массу π -мезона, K -мезона или протона. Для электрона производится учет радиационных потерь.

Параметры частицы определяются методом наименьших квадратов с учетом матрицы кулоновского рассеяния и измерительных ошибок, а для электрона также и матрицы флуктуаций излучения.

Подбор параметров производится по восстановленным в пространстве точкам трека. Измеренные ошибки пересчитываются в пространство камеры. Параметры подбираются в два этапа.

На первом этапе (начальное приближение) импульс определяется, исходя из средней кривизны параболы, аппроксимирующей проекцию трека, с учетом ионизационных потерь и неоднородности магнитного поля. Начальное приближение для углов (азимутального и угла погружения) определяется при аппроксимации проекций трека параболой и прямой. Для окончательного определения параметров производится итерационный процесс с линеаризацией интегралов уравнения движения частицы. На этом этапе

учитывается матрица измерительных ошибок, кулоновского рассеяния, а для электрона также флуктуаций излучения.

Хороший выбор начального приближения обеспечивает быструю сходимость процесса. Обычно достаточно 1-2 итераций.

Если ошибки параметров, обусловленные кулоновским рассеянием, малы по сравнению с ошибками из-за измерений, то для экономии времени ЭВМ обработка проводится по специальной ветви программы, где кулоновское рассеяние учитывается в виде поправок к ошибкам параметров.

§ 3. Программы идентификации.

Программы идентификации предназначены для выделения наиболее вероятной гипотезы о ядерной реакции и для получения уточненных значений параметров отдельных следов для этой гипотезы.

Вид и число уравнений, используемых в программе идентификации, определится автоматически для каждой из исследуемых гипотез.

Вследствие малой оперативной памяти ЭВМ БЭСМ-4 вместо общей программы идентификации многовершинных взаимодействий была создана группа программ, выполняющих идентификацию сложного события последовательно: сначала вторичных взаимодействий (V^0 -событий, γ -квантов, распадов, рассеяний), затем первичных, где используются результаты работы программы идентификации вторичных взаимодействий.

Каждая программа идентификации подбирает набор параметров частиц, участвующих во взаимодействии, удовлетворяющих заданной гипотезе о взаимодействии и законам сохранения энергии и импульса

$$\begin{aligned}\sum P_{ix} &= P_{ix} \\ \sum P_{iy} &= P_{iy} \\ \sum P_{iz} &= P_{iz} \\ \sum E_i &= E_1 + E_0\end{aligned}\quad (I)$$

В каждой программе идентификации находится минимум функции Лагранжа

$$M^2 = \sum_{i,j=1}^{3n} (a_{i3} - a_{i1}) \omega_{ij} (a_{j3} - a_{j1}) + \sum \lambda_k f_k, \quad (2)$$

где

a_{i3} - значения параметров, выданные геометрической программой;

- a_i - искомые параметры;
 ω_{ij} - элементы матрицы весов параметров;
 n - число треков;
 $f_k = 0$ - уравнения связи;
 λ_k - неопределенные множители Лагранжа.

На первом этапе вычислений поиск параметров производится при минимизации функции

$$M_s^2 = \sum_{i=1}^{2n} \left(\frac{a_{i2} - a_i}{\Delta a_i} \right)^2 + T \sum_{k=1}^s \frac{f_k^2}{(\Delta f_k)^2}, \quad (3)$$

где

s - число уравнений связи;

Δa_i - ошибки параметров;

T - константа, подбираемая экспериментально.

Такая запись минимизируемой функции удобна для использования стандартной программы СП-123 [11]. Вид и число уравнений связи ($f_k = 0$) зависит от типа изучаемой гипотезы.

Рассмотрим наборы уравнений связи для различных гипотез.

1). Все вторичные частицы зарегистрированы, среди них не более одного χ - кванта.

$$\begin{aligned}
 f_1 &= P_{1x} - \sum P_{ix} \\
 f_2 &= P_{1y} - \sum P_{iy} \\
 f_3 &= P_{1z} - \sum P_{iz} \\
 f_4 &= E_1 + E_0 - \sum_{i=2}^n E_i.
 \end{aligned} \quad (4)$$

2). Если предполагается наличие двух γ -квантов, возникающих в процессе

$$\pi^0 \rightarrow 2\gamma,$$

то появляется дополнительное уравнение связи $f_5 = 0$,

$$f_5 = (\bar{P}_{\gamma_1} + \bar{P}_{\gamma_2})^2 + M_{\pi^0}^2 - (P_{\gamma_1} + P_{\gamma_2})^2. \quad (5)$$

3). Есть незарегистрированная нейтральная частица, которая не могла появиться при распаде $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$.

Исключая из четырех уравнений сохранения энергии и импульса три неизвестных величины, получим только одно уравнение $f_6 = 0$,

$$f_6 = E_1 + E_0 - \sum E_i - \sqrt{M_n^2 + (\bar{P}_i - \sum \bar{P}_i)^2}. \quad (6)$$

- 4) Есть улетевший γ -квант, среди зарегистрированных есть один γ -квант. Предполагается, что γ -кванты возникли в процессе $X^0 \rightarrow 2\gamma$.

Используются два уравнения

$$f_6 = 0$$

$$f_7 = 0,$$

$$\text{где } f_7 = [P_x + (\bar{P}_x - \Sigma \bar{P}_x)]^2 + M_x^2 - [P_y + |P_x - \Sigma P_x|]^2 = 0. \quad (7)$$

- 5) При распаде зарегистрированной V^0 -частицы уравнения связи $f_8 = 0$, $f_9 = 0$, $f_{10} = 0$ получаются из законов сохранения (I) исключением неизвестной величины P_V

$$f_8 = \frac{\bar{z}_V [\bar{z}_+ \bar{z}_-]}{|[\bar{z}_+ \bar{z}_-]|}$$

$$f_9 = -M_V + \sqrt{2[E_+ E_- + P_+ P_- (\bar{z}_+ \bar{z}_-) + M_+^2 + M_-^2]} \quad (8)$$

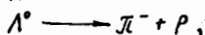
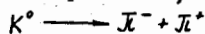
$$f_{10} = \rho_+ \frac{(\bar{z}_V \bar{z}_-) - (\bar{z}_+ \bar{z}_-)(\bar{z}_+ \bar{z}_V)}{\sqrt{1 - (\bar{z}_+ \bar{z}_-)^2}} + \rho_- \frac{(\bar{z}_+ \bar{z}_-)(\bar{z}_V \bar{z}_-) - (\bar{z}_V \bar{z}_+)}{\sqrt{1 - (\bar{z}_+ \bar{z}_-)^2}}$$

Здесь \bar{z} - единичный вектор касательной к траектории частицы. Если один из импульсов вторичных частиц не определен, то он исключается из системы (8), где в этом случае остается только два уравнения.

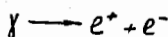
Рассмотрим кратко особенности каждой программы идентификации.

Идентификация V^0 -частиц и γ -квантов - "2-5"

Программа обрабатывает распад зарегистрированной нейтральной частицы на две заряженных, согласно гипотезам:



а также конверсию γ -кванта



(см. рис. 2).

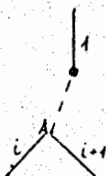
Уравнения связи для распада V^0 - частицы

$$f_8 = 0$$

$$f_9 = 0$$

$$f_{10} = 0$$

V^0 -рассеяние



γ -квант



Распад



Рассеяние

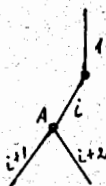


Рис. 2.

Типы ядерных реакций, которые обрабатываются программами идентификации вторичных взаимодействий.

A - вершина взаимодействия (вторичная вершина).

Конверсия γ -кванта возможна только в поле ядра, причем часть импульса γ -кванта отдается ядру, а суммарный импульс пары оказывается повернутым относительно первоначального γ -кванта. Среднеквадратичное значение угла поворота для e^+e^- [12] записывается как

$$(\Delta\theta^2)^{1/2} = q \frac{M_e}{P_+ + P_-} \ln \frac{P_+ + P_-}{M_e} \quad (9)$$

где q - константа, зависящая от массы ядра и энергии γ -кванта. Так как уравнение $f_3 = 0$ в этом случае не выполняется, то оно исключается из рассмотрения. Таким образом, для идентификации γ -кванта мы используем два уравнения связи

$$\begin{aligned} f_1 &= 0 \\ f_{10} &= 0. \end{aligned}$$

Ошибки углов для γ -кванта изменяются в соответствии с (9)

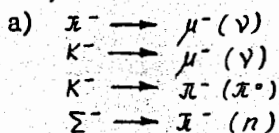
$$\begin{aligned} (\Delta\beta)^2 &= (\Delta\beta)^2 \gamma + (\frac{1}{2} \Delta\theta)^2 \\ (\Delta tg \alpha)^2 &= (\Delta tg \alpha)_\gamma^2 + (\frac{1}{2} \Delta\theta)^2 / \cos^2 \alpha, \end{aligned} \quad (10)$$

где $\Delta\theta = (\Delta\theta^2)^{1/2}$.

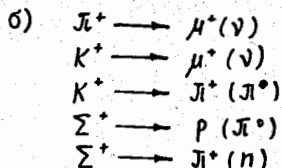
Значок (γ) означает, что величины рассчитаны по направлению от звезды до точки конверсии γ -кванта.

Идентификация распадов

Программа идентификации распадов "3-I" обрабатывает событие (см.рис.2) по гипотезам:



или



При обработке используется уравнение связи

$$f_0 = 0.$$

В результате счета выбирается та гипотеза, для которой $\chi^2 \leq C_1$, где C_1 - заданная константа,

$$\chi^2 = \min M^2.$$

Если для двух или более гипотез $\chi^2 \leq C_1$, то проводится разделение этих гипотез по вероятностям.

а) Знак первой частицы, образующей событие, отрицательный.

Формулы для вероятностей

$$\omega_{\Sigma^-} = \frac{F_{\Sigma^-}}{\Sigma_1} e^{-\frac{\chi_{\Sigma^-}^2}{2}}$$

$$\omega_{K^-(1)} = \frac{F_{K^-} \cdot W_1}{\Sigma_1 \cdot W_1 + W_2} \cdot e^{-\frac{\chi_{K^-(1)}^2}{2}}$$

$$\omega_{K^-(2)} = \frac{F_{K^-} \cdot W_2}{\Sigma_1 \cdot W_1 + W_2} \cdot e^{-\frac{\chi_{K^-(2)}^2}{2}}$$

$$\omega_{\Sigma^-} = \frac{F_{\Sigma^-}}{\Sigma_1} \cdot e^{-\frac{\chi_{\Sigma^-}^2}{2}}$$

Здесь $\Sigma_1 = F_{\Sigma^-} \cdot e^{-\frac{\chi_{\Sigma^-}^2}{2}} + F_{K^-} \cdot \frac{W_1}{W_1 + W_2} \cdot e^{-\frac{\chi_{K^-(1)}^2}{2}} + F_{K^-} \cdot \frac{W_2}{W_1 + W_2} \cdot e^{-\frac{\chi_{K^-(2)}^2}{2}} + F_{\Sigma^-} \cdot e^{-\frac{\chi_{\Sigma^-}^2}{2}}$

F_{Σ^-} , F_{K^-} , F_{Σ^-} - нормированные вероятности рождения Σ^- , K^- , Σ^- ;
 W_1 , W_2 - вероятности моды распада.

б) Знак первой частицы положительный.

$$\omega_{\Sigma^+} = \frac{F_{\Sigma^+}}{\Sigma_2} e^{-\frac{\chi_{\Sigma^+}^2}{2}}$$

$$\omega_{K^+(1)} = \frac{F_{K^+} \cdot W_1}{\Sigma_2 \cdot W_1 + W_2} \cdot e^{-\frac{\chi_{K^+(1)}^2}{2}}$$

$$\omega_{K^+(2)} = \frac{F_{K^+} \cdot W_2}{\Sigma_2 \cdot W_1 + W_2} \cdot e^{-\frac{\chi_{K^+(2)}^2}{2}}$$

$$\omega_{\Sigma^+(1)} = \frac{F_{\Sigma^+} \cdot q_1}{\Sigma_2 \cdot q_1 + q_2} \cdot e^{-\frac{\chi_{\Sigma^+(1)}^2}{2}}$$

$$\omega_{\Sigma^+(2)} = \frac{F_{\Sigma^+} \cdot q_2}{\Sigma_2 \cdot q_1 + q_2} \cdot e^{-\frac{\chi_{\Sigma^+(2)}^2}{2}}$$

$$\text{Здесь } \Sigma_2 = F_{\Sigma^+} \cdot e^{-\frac{\chi^2_{\Sigma^+}}{2}} + F_{K^+} \cdot e^{-\frac{\chi^2_{K^+(\alpha)}}{2}} \cdot \frac{w_1}{w_1 + w_2} + F_{K^+} \cdot e^{-\frac{\chi^2_{K^+(\alpha)}}{2}} \cdot \frac{w_2}{w_1 + w_2} + \\ + F_{\Sigma^{++}} \cdot e^{-\frac{\chi^2_{\Sigma^{++}(\alpha)}}{2}} \cdot \frac{q_1}{q_1 + q_2} + F_{\Sigma^+} \cdot e^{-\frac{\chi^2_{\Sigma^+(\alpha)}}{2}} \cdot \frac{q_2}{q_1 + q_2},$$

w_1, w_2, q_1, q_2 - вероятности моды распада.

Идентификация рассеяний

Программа идентификации рассеяний "5-I" обрабатывает взаимодействия

$$\bar{K}^- p \longrightarrow \bar{K}^- p$$

$$K^- p \longrightarrow K^- p$$

или

$$\bar{K}^+ p \longrightarrow \bar{K}^+ p$$

$$K^+ p \longrightarrow K^+ p$$

$$p p \longrightarrow p p$$

Используется один набор уравнений связи

$$f_1 = 0 \div f_4 = 0$$

Выбирается та гипотеза, для которой $\chi^2 \leq C_2$. Если таких гипотез несколько, то производится разделение гипотез по вероятностям по формулам, аналогичным тем, которые применяются в программе "3-I".

Идентификация каналов реакций [8]

Программа идентификации каналов реакций "10-30" рассчитана на обработку одновершинного взаимодействия.

В случае многовершинного взаимодействия используются результаты проведенной идентификации вторичных взаимодействий по перечисленным ранее программам идентификации. В этой программе используются несколько наборов уравнений связи в зависимости от типа изучаемой гипотезы:

$$1) f_1 = 0 \div f_4 = 0$$

$$2) f_1 = 0 \div f_5 = 0$$

$$3) f_6 = 0 \text{ или } f_6 = 0, f_7 = 0$$

$$4) f_5 = 0 \text{ или } f_6 = 0.$$

§ 4. Программы вычисления эффективных масс [9] и статистического анализа результатов обработки экспериментальных данных - СТАР [10].

Первая из этих программ вычисляет эффективные массы и угловые характеристики всевозможных наборов частиц (резонансов) в идентифицированных событиях. Резонансы могут состоять из любого числа (но не более 10) одинаковых и разных частиц в любых сочетаниях.

Программа подробно описана ранее [9] и используется в системе в настоящее время без изменений.

Программа СТАР [10] предназначена для статистического анализа результатов эксперимента. Она позволяет получать гистограммы различных величин, удовлетворяющих критериям отбора на основании данных по всему эксперименту, а также производить некоторые операции над гистограммами (сложение и вычитание по интервалам двух и более гистограмм, умножение и деление по интервалам двух гистограмм, вычисление средних и дисперсий).

Имеется возможность путем задания нестандартных арифметических блоков привести досчет некоторых величин и строить гистограммы с их использованием.

Программа СТАР [10] при включении в систему была несколько дополнена и изменена.

1) Включен блок выдачи гистограммы на АЦПУ.

2) Программа СТАР приспособлена для ввода информации, выданной различными программами системы:

а) можно вводить данные с магнитной ленты результатов программы геометрической реконструкции, длина зоны которой 1507₈, в то время как СТАР допускает максимальную длину зоны 1000₈.

б) есть возможность вводить с одной магнитной ленты зоны не подряд, а через одну, т.е. только четные номера или только нечетные.

§ 5. Накопление информации на магнитных лентах

Все программы, входящие в состав системы, связаны между собой посредством магнитных лент, которые являются носителями информации для использования последующими программами результатов предыдущих. Создана также группа программ, которые производят проверку материала по тестам, отбирают события, удовлетворяющие заданным тестам и записывают их на магнитные ленты, образующие библиотеку "хороших событий".

Для удобства работы все ленты имеют специальные паспортные и табличные зоны, где даются характеристики ленты и таблица содержания.

Перечень магнитных лент

1. Лента № 1 - "грязная" лента программы геометрической реконструкции. На ней записываются результаты счета по программе "I-6". Запись на ленту производится во время счета по "I-6". Очередное событие записывается в первую свободную зону ленты. Каждое событие занимает отдельную зону. Все зоны имеют одинаковую длину. В случае перемера событие записывается на место прежнего измерения.

2. Лента № 2 - "чистая", предназначенная для переписи с ленты № 1 результатов программы "I-6", удовлетворяющих всем заданным тестам, а также результатов программы "2-5" - идентификации ν^0 -частиц и χ -квантов. На ленте № 2 для каждого события отводится 2 зоны: нечетная для переписи результатов "I-6", следующая за ней четная - для записи результатов "2-5". Длина нечетной зоны 1507₈, длина четной 276₈.

Содержимое ленты № 2 является исходным материалом для программы идентификации каналов реакций "10-30".

3. Лента № 3.

На эту ленту записываются результаты программы "10-30". В каждую зону ленты № 3 заносятся результаты обработки одного события по всем гипотезам.

Все зоны имеют одинаковую длину, которая определяется по числу тре-

ков и максимальному числу комбинаций для события.

4. Лента № 4.

На эту ленту переписываются с ленты № 3 проверенные по тестам идентифицированные события согласно специальным "отборочным" картам. Производится также досчет матрицы ошибок параметров незарегистрированной нейтральной частицы. Лента № 4 содержит исходные данные для счета по программам вычисления эффективных масс.

5. Лента № 5

является лентой результатов программы вычисления эффективных масс.

Магнитные ленты №№ 2,4,5 могут служить лентами суммарных результатов для программы СТАР.

Проверка материалов по тестам

Проверке по тестам могут быть подвергнуты результаты расчетов по программам "1-6", "2-5", "10-30", записанные на ленты №№ 1,2 (четные зоны) и 3.

Допускаются стандартные ("простые", "составные", "сложные") или нестандартные тесты. Проверке могут быть подвергнуты как величины, записанные на магнитной ленте, так и досчитанные в специальном нестандартном блоке. Для стандартных тестов указываются номера проверяемых величин, пределы для величины и типы тестов. Для задания нестандартных тестов и дополнительных величин пользователь должен написать нестандартный блок, который подсоединяется к основной программе.

Способы задания тестов и порядок записи величин подробно описан в работе [13].

§ 6. Второй канал обработки идентифицированных событий.

Создана специальная программа, которая собирает материал с магнитных лент №№ 2 и 4 и формирует ленту исходных данных для программы SLICE [15]. Вся обработка после работы программы идентификации производится по программам SLICE и SUMX на ЭВМ CDC I604-A, являющихся частью системы программ обработки данных с водородных камер [4]. Исходные данные для SLICE записываются на НМД CDC-606 [14] из МОЗУ БЭСМ-4. Все величины предварительно преоб-

разуются во внутреннее представление ЭВМ CDC I604-A.

Авторы выражают благодарность Н.Н.Говоруну и А.Михулу за интерес к работе и полезные обсуждения.

Литература

1. А.У.Абдурахимов, Нгуен Дин ты, В.Н.Пенев.
Сообщение ОИЯИ, I-5I40, Дубна, 1970 г.
2. Н.А.Буздавина, Н.Н.Говорун, Л.Дорж и др.
Сообщение ОИЯИ, P10-5785, 1971 г.
3. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина, А.П.Стельмах, Г.Н.Тентюкова
ОИЯИ, BI-10-5642, Дубна, 1971 г.
4. Н.А.Буздавина, П.Бухгольц, Н.Н.Говорун и др.
Препринт ОИЯИ, PII-4762, Дубна, 1969 г.
ПТЭ, № 3, 1970 г.
5. З.М.Иванченко, Р.В.Малышев, В.Н.Шигаев.
Препринт ОИЯИ, IO-4879, Дубна, 1969 г.
6. Н.Ф.Маркова, В.И.Мороз, В.И.Никитина, А.П.Стельмах,
Г.Н.Тентюкова.
Препринт ОИЯИ, P10-3768, Дубна, 1968 г.
7. А.Ф.Лукьянцев, В.И.Мороз, В.И.Никитина, Б.А.Шахбазян.
Препринт ОИЯИ, P-1982, Дубна, 1965 г.
8. З.М.Иванченко, А.Ф.Лукьянцев, А.Д.Макаренкова,
В.И.Мороз, Г.Н.Тентюкова.
Препринт ОИЯИ, PII-3983, Дубна, 1968 г.
9. А.Д.Макаренкова, В.И.Мороз, Э.Рупп
Препринт ОИЯИ, 2917, Дубна, 1966 г.
10. Н.А.Буздавина, Н.Н.Говорун, Л.И.Лепилова,
А.Ф.Лукьянцев, А.М.Моисеев.
Сообщение ОИЯИ, IO-5643, Дубна, 1971 г.

11. И.Н.Силин
Препринт ОИЯИ, II-3362, Дубна, 1967 г.
12. Б.Росси, К.Грейзен.
Взаимодействие космических лучей с веществом.
ИЛ, М, 1948 г.
13. А.Д.Макаренкова, Н.Ф.Маркова, Н.С.Новикова,
Г.Н.Тентюкова.
ОИЯИ, BI-II-4500, Дубна, 1969 г.
14. Г.Н.Елисеев, А.П.Кретов, В.П.Миролюбов.
ОИЯИ, BI-IO-4922, Дубна, 1970 г.
15. А.Ф.Лукьянцев, И.С.Саитов.
Сообщение ОИЯИ, P10-5210, Дубна, 1970 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 ноября 1971 года.