

Г-577

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



650/2-76

23/II-76

P13 - 9349

Н.Н.Говорун, В.М.Головатюк, Ю.В.Заневский,  
А.Б.Иванов, И.М.Иванченко, В.А.Крамаренко,  
М.Н.Михайлова, П.В.Мойсенз, В.Д.Пешехонов,  
А.Е.Сеннер, Б.М.Старченко, Л.Н.Струнов, А.С.Чвыров,  
С.П.Черненко, М.Н.Хачатурян

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР  
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ

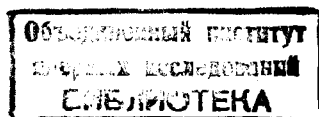
**1975**

P13 - 9349

Н.Н.Говорун, В.М.Головатюк, Ю.В.Заневский,  
А.Б.Иванов, И.М.Иванченко, В.А.Крамаренко,  
М.Н.Михайлова, П.В.Мойсенз, В.Д.Пешехонов,  
А.Е.Сеннер, Б.М.Старченко, Л.Н.Струнов, А.С.Чвыров,  
С.П.Черненко, М.Н.Хачатурян

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР  
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ

Направлено в "Nuclear Instruments  
and Methods"



Дрейфовые камеры привлекают все большее внимание физиков-экспериментаторов. В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ был выполнен ряд работ по изучению возможностей этих детекторов<sup>1,2/</sup>. На синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ проведены исследования с целью определения основных характеристик системы дрейфовых камер в реальных рабочих условиях.

### 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Система из трех пропорциональных камер размером  $150 \times 150 \text{ мм}^{2/3/}$  и четырех дрейфовых камер /ДК/ размером  $200 \times 200 \text{ мм}^2$  работала на линии с ЭВМ НР-2116В. Схема расположения аппаратуры показана на рис. 1.

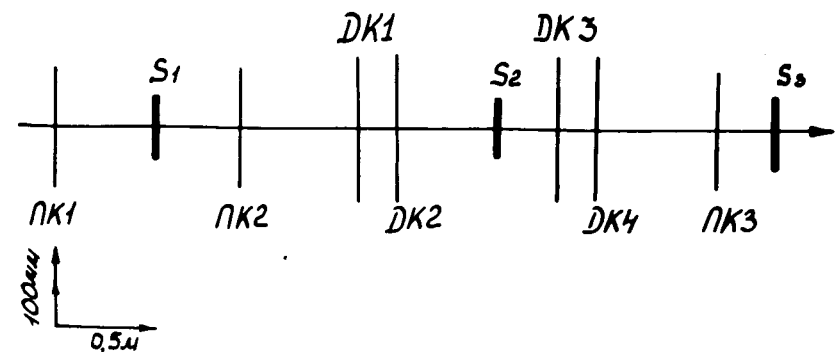


Рис. 1. Схема расположения детекторов в установке. S - сцинтилляционные счетчики, ПК - пропорциональные камеры, ДК - дрейфовые камеры.

### 1.1. Дрейфовые камеры

Дрейфовые камеры имели расстояние между сигнальной и катодными плоскостями, равное 7 мм. На катодные проволоки подавалось возрастающее напряжение от  $U_{\text{мин}}$  до  $U_{\text{макс}}$ , шаг намотки катодных плоскостей составлял 2 мм. Потенциальные проволоки сигнальной плоскости находились под напряжением  $U_{\text{макс}}$ , сигнальные проволоки /диаметром 20 мкм/ - под "земляным" потенциалом. Величина дрейфовых промежутков камер составляла:

- ДК1 - 50 мм,
- ДК2 - 23 мм,
- ДК3 - 24 мм,
- ДК4 - 24 мм.

В ДК2 для устранения лево-правой неопределенности сигнальные проволоки установлены парами с расстоянием в 2 мм. Между парами сигнальных проволок помещены разделительные потенциальные проволоки /P1/ диаметром 0,1 мм, находящиеся под напряжением  $U_{P1}$ . Принципиальная схема ДК2 показана на рис. 2.

Все дрейфовые камеры проверялись на стенде с помощью  $\beta^-$ -источника. На рис. 3 приведена типичная зависимость времени дрейфа от пути, полученная на стенде для ДК2.

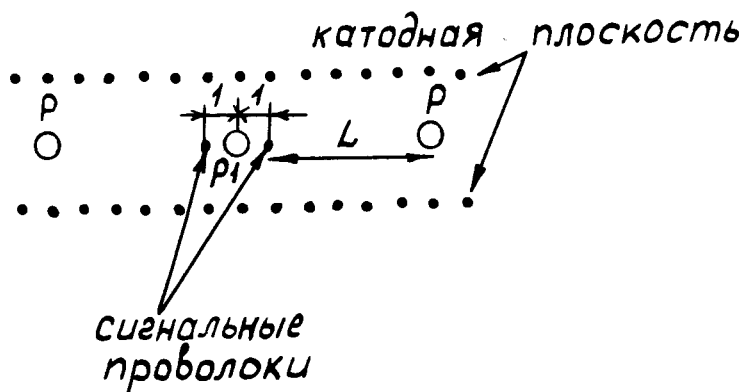


Рис. 2. Принципиальная схема дрейфовой камеры с устранением лево-правой неопределенности. P и P<sub>1</sub> - потенциальные проволоки сигнальной плоскости.

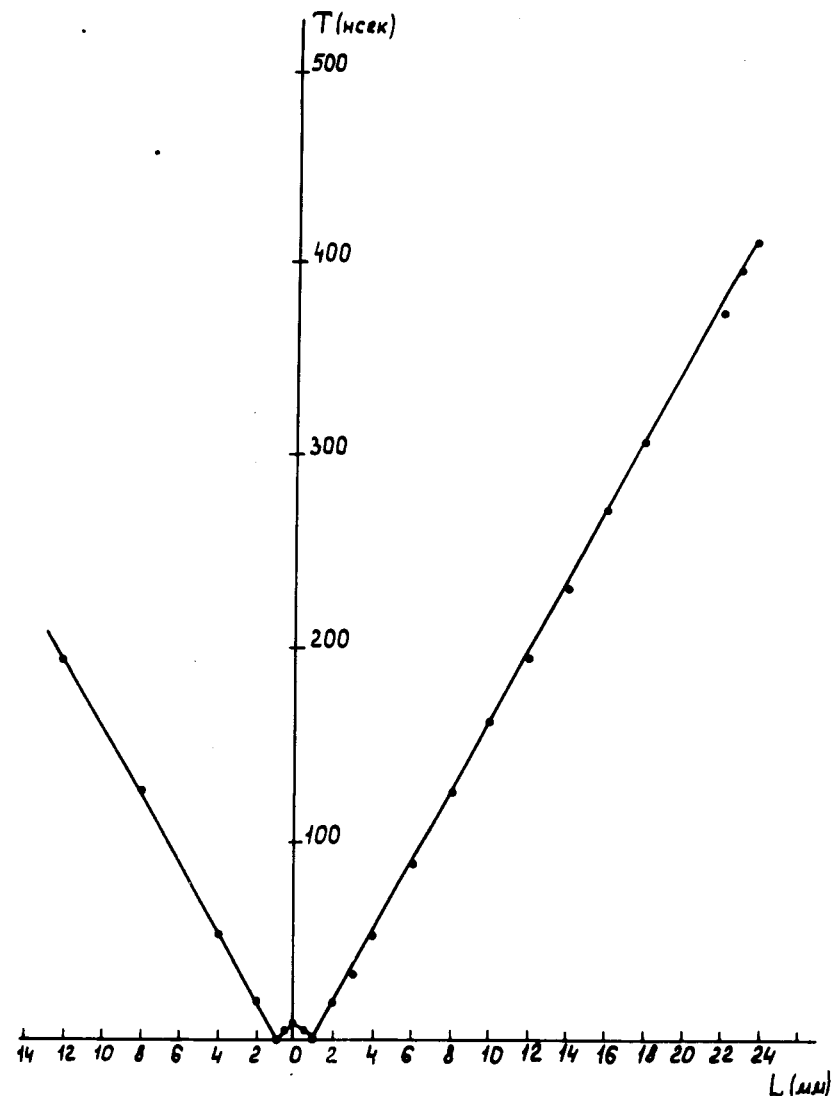


Рис. 3. Зависимость времени дрейфа от пути для дрейфовой камеры с конструктивным устранением лево-правой неопределенности. Зависимость получена на стенде. Газовая смесь - аргон, ~10% - изобутана, ~5% - метилла.  $U_{\text{макс}} = 6,8$  кВ;  $U_{\text{мин}} = 2,0$  кВ;  $U_{P1} = 1,2$  кВ.

В ходе измерений на ускорителе дрейфовые камеры продувались газовой смесью аргон + 10% изобутана + ~4% метилала. Напряжение на камерах было выбрано равным:

$$\begin{aligned} \text{ДК1: } & U_{\text{мин}} = 1,7 \text{ кВ}; \quad U_{\text{макс}} = 7,75 \text{ кВ.} \\ \text{ДК2: } & U_{\text{мин}} = 1,8 \text{ кВ}; \quad U_{\text{макс}} = 5,75 \text{ кВ}; \quad U_{p1} = 1,1 \text{ кВ.} \\ \text{ДК3: } & \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \\ \text{ДК4: } & \left. \begin{array}{l} U_{\text{мин}} = 1,8 \text{ кВ}; \\ U_{\text{макс}} = 5,75 \text{ кВ.} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

## 1.2. Регистрирующая электроника

Регистрирующая электроника для дрейфовых камер работала совместно с регистрирующей электроникой для пропорциональных камер установки "Фотон". Информация передавалась в ЭВМ типа НР-2116В. Блок-схема аппаратуры дана на рис. 4. Сигнал "старт", вырабатываемый быстрой электроникой, подается на схему совпа-

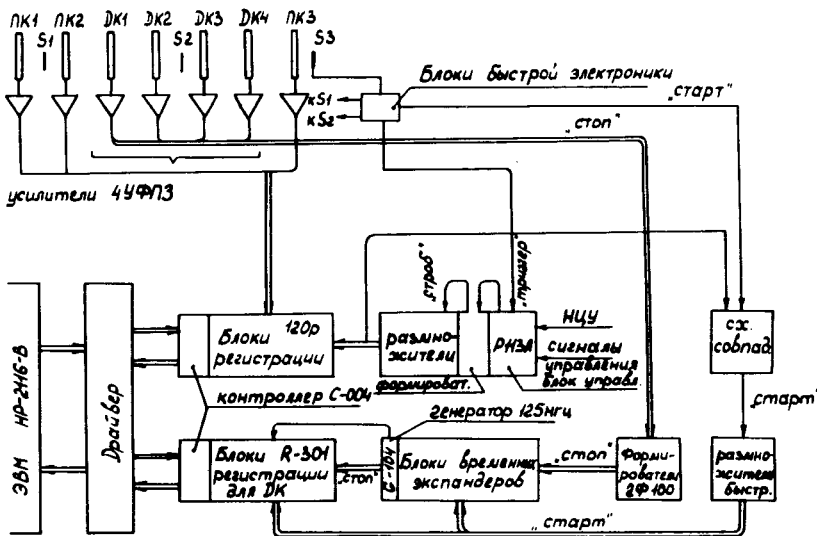


Рис. 4. Блок-схема установки.

дений и при наличии сигнала "триггер", используемого для стробирования сигналов пропорциональных камер, вызывает запуск блоков временных экспандеров и блоков регистрации R-301. Использование сигнала "триггер" для организации работы блоков регистрации R-301 позволило применить логику отбора события и считывания информации, примененную в установке "Фотон" /5/. Сигнал с дрейфовой камеры подается на расширитель временных интервалов, формирующий сигнал "стоп" для блоков регистрации R-301. Далее информация передается в ЭВМ с помощью контроллера С-004. Аппаратура выполнена в стандарте КАМАК.

### 1.2.1. Блок регистрации

Преобразование интервалов времени между импульсами "старт" и "стоп" в цифровой код производится блоками регистрации R-301, работающими по принципу прямого заполнения.

Блок позволяет регистрировать любые два из четырех сигналов "стоп", приходящих на вход /по схеме "ИЛИ"/. Одновременно с измерением временных интервалов кодируется номер канала, по которому поступает сигнал "стоп".

Минимальное время между сигналами "старт" и "стоп 1", "стоп 1" и "стоп 2" - 8 нс. Минимальная допустимая длительность входных сигналов - 5 нс. Максимальное время кодирования - 2040 нс. Блок работает совместно с генератором тактирующей частоты 125 МГц типа G-301.

Функциональная схема блока представлена на рис. 5. Она включает в себя схему "старт-стоп", два двоичных счетчика, два регистра номера входа, коммутатор счетчиков и схему логики КАМАК.

Блок работает следующим образом. По сигналу "старт" запускаются оба счетчика и разрешается прохождение сигналов "стоп". Первый пришедший сигнал "стоп" останавливает первый счетчик. Номер канала, по которому поступил этот сигнал, регистрируется в первом регистре номера. После приема двух сигналов "стоп"

запрещается дальнейшее прохождение этих сигналов в схему. В случае переполнения счетчиков вырабатывается сигнал "автосброс", останавливающий данный счетчик, "обнуляющий" его и соответствующий ему регистр номера. В случае переполнения второго счетчика дополнительно производится блокировка прохождения сигналов "стоп".

В блоке выполняются функции КАМАК -  $F_0$  и  $F_2$ . Первый счетчик и первый регистр номера - субадрес  $A_0$ . Второй счетчик и регистр номера - субадрес  $A_1$ .

Шины R: R1 - R8 - информация счетчика, R9 - R10 - информация регистра номера.

Сигнал L выдается при наличии информации в одном из регистров номера. Конструктивно блок выполнен в виде ячейки КАМАК однократной ширины.

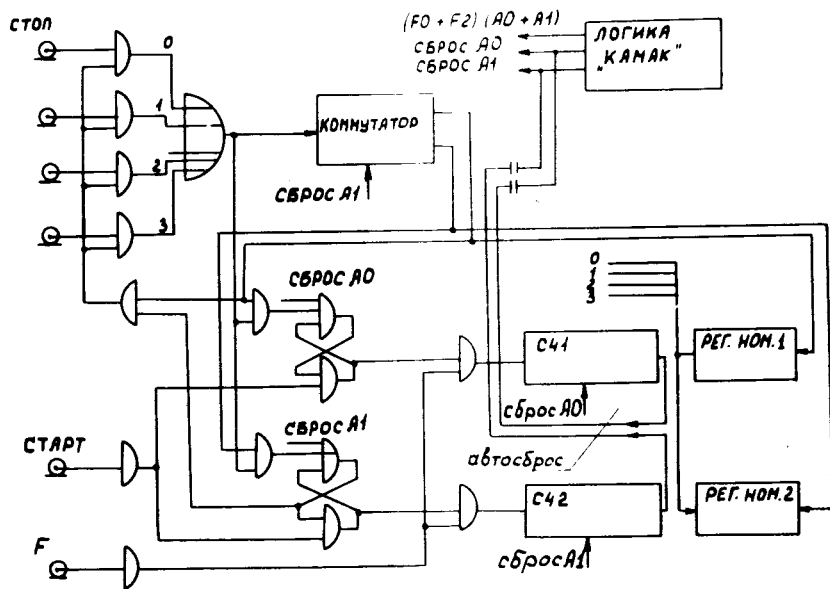


Рис. 5. Функциональная схема блока регистрации R-301.

### 1.2.2. Блок временных экспандеров

Как указывалось выше, блоки регистрации R-301 позволяют производить измерение временных интервалов с частотой дискретизации 125 МГц, т.е. с ценой отсчета 8 нс. Использование временного экспандера позволяет уменьшить цену отсчета до 2,4 нс. Схемы временных экспандеров описывались в работах [6,7]. На рис. 6 приведена принципиальная схема одного канала временного экспандера. Заряд емкости C1 осуществляется транзистором T2, разряд - транзистором T3. Дискриминатор нуля выполнен на транзисторе T4 и диоде D2. Экспандер вырабатывает импульс длительностью 30 нс. Промежуток времени между выходным и "стартовым" импульсом /  $T_{\text{вых}} - T_{\text{старт}}$  / линейно зависит от /  $T_{\text{стоп}} - T_{\text{старт}}$  / и определяется выражением:

$$T_{\text{вых}} - T_{\text{старт}} = 3,34 (T_{\text{стоп}} - T_{\text{старт}}) + T_{\text{const}}$$

при  $60 \text{ нс} \leq (T_{\text{стоп}} - T_{\text{старт}}) \leq 600 \text{ нс}$ .

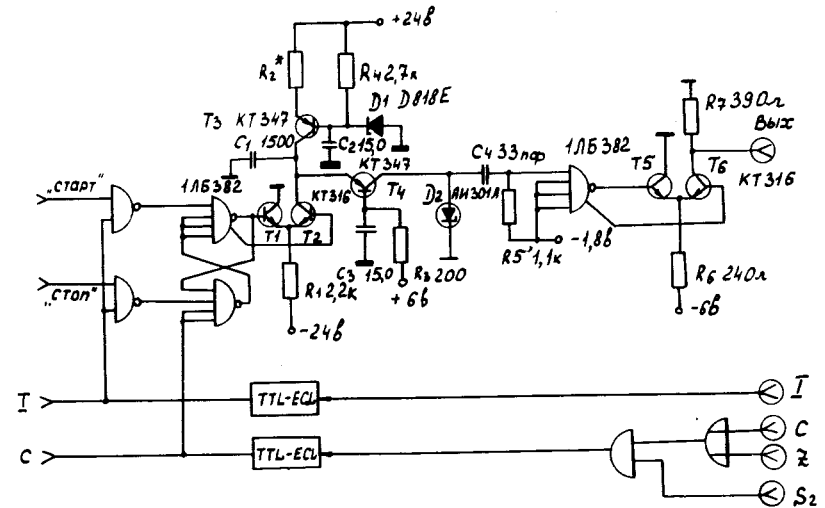


Рис. 6. Принципиальная схема временного экспандера.

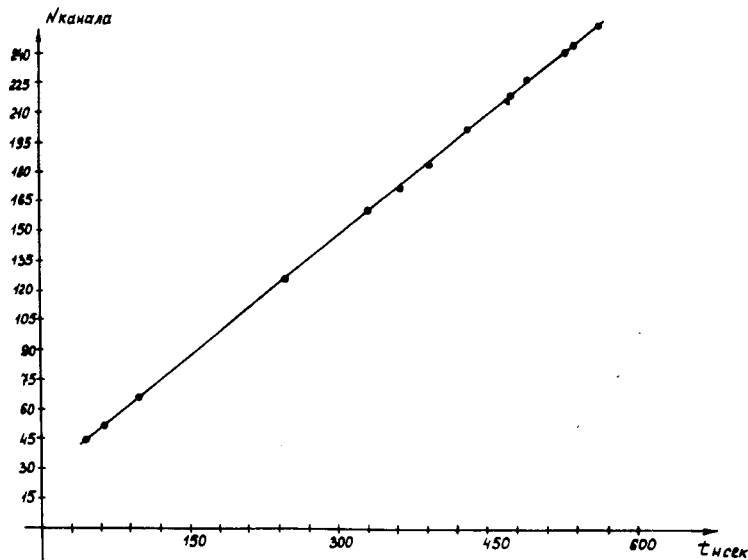


Рис. 7. Зависимость, характеризующая линейность временного экспандера.

Характеристика линейности временного экспандера /рис. 7/ снималась на ЭВМ ЕС1010 с использованием блока регистрации.

Конструктивно блок временного экспандера выполнен в механическом стандарте КАМАК - в ячейке однократной ширины. В одном блоке размещены 4 экспандера.

## II. ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Обработка данных подразделяется на два этапа:  
 - определение параметров передаточной функции для перехода от временных величин, запоминаемых регистрирующей электроникой, к координатам точек траектории частиц;  
 - определение точности и эффективности дрейфовых камер.

При обработке данных в ходе измерений предполагалось, что выполняется следующее соотношение:

$$l_{СП}^i = V(t^i - t_0^i),$$

где  $i$  - номер сигнальной проволоки;  $t^i$  - смещенная оценка времени дрейфа от точки прохождения частицы до сигнальной проволоки, измеряемая аппаратурой;  $t_0^i$  - смещение оценки  $t^i$  /пьедестал электроники/;  $V$  - скорость дрейфа /длина пути за единицу измерения времени - 2,3945 нс/, значение  $V$  считалось одинаковым для всех сигнальных проволок;  $l_{СП}^i$  - расстояние от точки прохождения частицы через плоскость ДК до сигнальной проволоки.

Параметр  $t_0^i$  определялся как левая граница распределения  $t^i$  при использовании условия, что пучок частиц проходит через  $i$ -тую сигнальную проволоку.

Для определения  $V$  четвертая ДК, сдвинутая относительно третьей на величину дрейфового промежутка /рис. 8/, перемещалась дополнительно на расстояние  $S = 10$  мм, и значение  $V$  определялось по формуле

$$V = \frac{S}{|t_2 - t_1|},$$

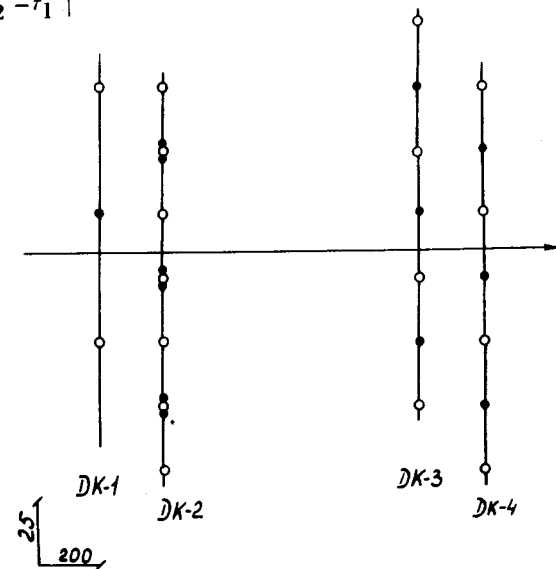


Рис. 8. Расположение дрейфовых камер в установке.

где  $\tau_1$  - среднее значение суммы  $t^3$  и  $t^4$ , снимаемых с ДКЗ и ДК4 до сдвига;  $\tau_2$  - то же после сдвига на величину S.

Найденное таким образом  $\hat{V} = 0,13$  мм/отсчет. Применялся также другой способ определения  $\hat{V}$ : как отношения длины дрейфового промежутка к ширине распределения  $t^4$ . Эти способы дали согласующиеся результаты.

Передаточная функция в системе координат, единой для всех ДК, выражалась следующим образом:

$$x_{\text{г}}^i = \pm \ell_{\text{сп}}^i + \Delta^i, \quad /1/$$

где  $\Delta^i$  - параметр параллельного переноса от системы координат  $i$ -той сигнальной проволоки в единую систему. Оценки эффективности и точности, полученные методикой, рассмотренной в <sup>/3/</sup>, применялись для настройки ДК.

Для уточнения получаемых параметров записанная на МЛ информация обрабатывалась затем на CDC-6400, при этом существенно использовалась информация с ПК. Параметры передаточной функции для каждой сигнальной проволоки находились независимо как параметры линейной функции регрессии величины  $x_{\text{п}}^{\text{в}}$  по  $x_{\text{г}}^i$ .  $x_{\text{п}}^{\text{в}}$  - координата точки пересечения траектории частицы, восстановленной по данным с ПК, с плоскостью соответствующей ДК;  $x_{\text{г}}^i$  выражалась соотношением /1/.

Основные трудности при определении передаточной функции, связанные с неоднозначностью координаты, регистрируемой ДК, ложными отсчетами, низкой точностью ПК, были преодолены последовательным уточнением параметров. В процессе итераций уточнялось множество точек, используемых для построения передаточной функции.

Для вычисления точности и эффективности производилось опознавание треков. Треком считали множество точек, лежащих внутри коридора шириной 6 мм, включающее подмножество точек с дрейфовых камер внутри коридора 1,6 мм. Общее количество точек на треке должно быть не менее 6, из них не менее трех должны соответствовать ДК. Каждому треку ставился в соответствие

вектор  $a \{a_k\}, k=1,7$ . Если  $k$ -тый детектор представлен точкой на треке, то  $a_k=1$ , иначе -  $a_k=0$ . Вектору  $a$  ставились в соответствие два вектора,  $\delta \{\delta_k\}$  и  $\Delta \{\Delta_k\}$ , по следующему правилу: если  $\sum_{k=1}^7 a_k = n_{\text{min}} = 6$ , то  $\delta_k=0$ ,  $\Delta_k = (a_k+1) \bmod 2$ ; иначе  $\delta_k = a_k$ ,  $\Delta_k = 1$ . Оценка эффективности определялась по формуле

$$P_k = \left( \sum_{i=1}^M \delta_{ki} \right) / \sum_{i=1}^M \Delta_{ki},$$

где  $M$  - общее количество найденных треков. Эффективность дрейфовых камер составляла ~ 99%. Топография события по системе дрейфовых камер, получаемая в ходе измерений с помощью НР-2116В, показана на рис. 9. Оценка точности производилась по тем же трекам, которые использовались для вычисления эффективности.

В предположении равноточности 2, 3 и 4 ДК оценка стандартного отклонения  $\sigma = 0,16$  мм /рис. 10/. Для

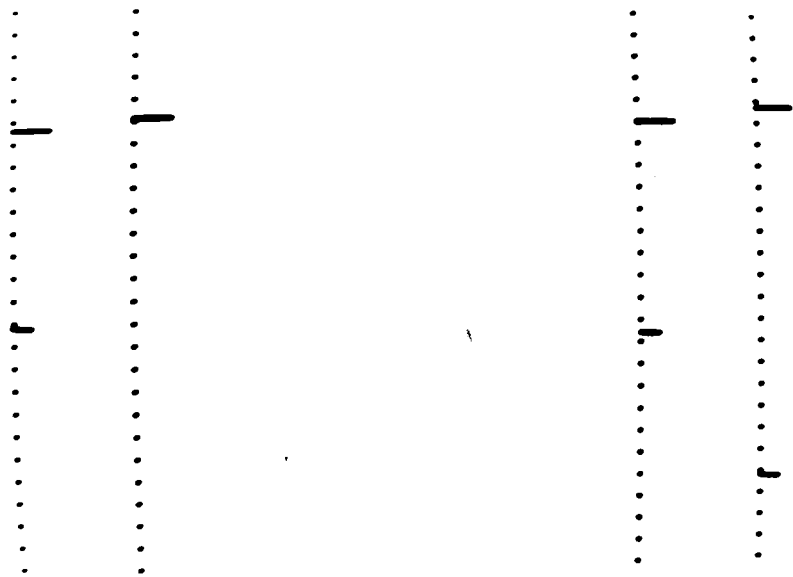


Рис. 9. Топография события по системе дрейфовых камер. Снимок с дисплея.



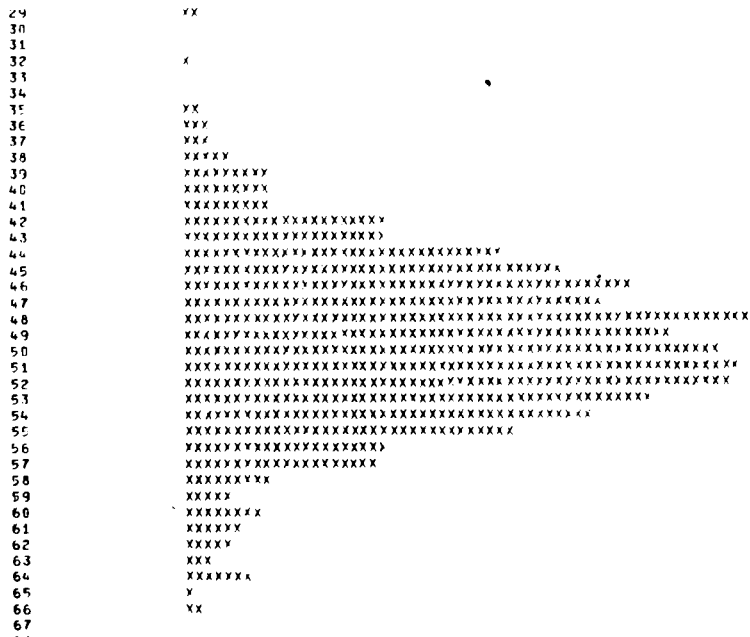


Рис. 10. Гистограмма отклонений координат в ДКЗ от трека. Шаг гистограммы - 0,04 мм.

оценки погрешности первой дрейфовой камеры был использован алгоритм, предложенный в работе /4/. Согласно указанному алгоритму

$$\hat{D} = \hat{D}_1 - \hat{D}_2 (2t^2 - 2t + 1),$$

где  $\hat{D}_g$  - оценка дисперсии исследуемой дрейфовой камеры;  $\hat{D}_1$  - оценка дисперсии величины  $(x_g^B - x_g^u)$ ;  $x_g^u$  - значение координаты, измеренное исследуемой камерой;  $x_g^B$  - соответствующее ей вычисленное значение;  $\hat{D}_2$  - оценка дисперсии опорных камер, по данным с которых восстановлена траектория частицы;

$$t = \frac{z_1 - z_2}{z_4 - z_2};$$

$z_1, z_2, z_4, z$  - координаты дрейфовых камер.

Полученная таким образом оценка стандартного отклонения  $\sigma_1 = 0,23$  мм /рис. 11/. Приведенные оценки погрешностей дрейфовых камер включают также погрешности за счет кулоновского взаимодействия.

Авторы выражают глубокую благодарность профессору А.М.Балдину за интерес к работе, а также благодарят Р.А.Астабатьяна, М.Н.Бавижева, В.А.Белякова, Н.П.Волкова, Н.А.Кузьмина, С.Б.Лябчука, А.Е.Московского, Е.А.Новикова, Н.М.Пискунова, В.П.Пугачевича,



Рис. 11. Гистограмма отклонений координат в ДК1 от трека. Шаг гистограммы - 0,04 мм.

Н.Н.Тиханчева, И.А.Тяпкина, Ю.Д.Федулова за помощь в работе; И.Мезеи и Э.Гергеи за помощь в подготовке матобеспечения, а также В.А.Смирнова за помощь в эксплуатации ЭВМ НР-2116В.

#### Литература

1. Ю.В.Заневский и др. ОИЯИ, 13-7678, Дубна, 1974.
2. Р.А.Астабатьян и др. ОИЯИ, P13-8383, Дубна, 1974.
3. Ю.В.Заневский и др. ОИЯИ, P13-8283, Дубна, 1974.
4. В.В.Вишняков и др. ОИЯИ, 10-7966, Дубна, 1974.
5. Ю.В.Заневский и др. ОИЯИ, 13-8691, Дубна, 1975.
6. E.H.Richard, Jones and Athony J.Wyhroe. *Nucl. Instr. and Meth.*, 109, 461-467 (1973).
7. D.C.Cheng, W.A.Kozanecki, R.L.Piccioni, C.Rubbia, L.R.Sulak, H.J.Weedon, Y.Whittaker. In *Proc. 1973 Intern. Conf. on Instrum. for High Energy Physics, Frascati, 1973*, p. 622-626.

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 ноября 1975 года.