

258406
B-558

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



2877/2-74

10 - 7966

В.В.Вишняков, О.А.Займидорога, В.В.Иванов,
И.М.Иванченко, Ю.И.Иваньшин, Н.Н.Карпенко,
В.Н.Кузнецов, В.Л.Пахомов, А.С.Чвыров

ПРОГРАММЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
С БЕСФИЛЬМОВЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ КАМЕР
ПЯТИМЕТРОВОГО ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА
МИС ОИЯИ

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 7966

В.В.Вишняков,* О.А.Займидорога,* В.В.Иванов,
И.М.Иванченко, Ю.И.Иваньшин,* Н.Н.Карпенко,
В.Н.Кузнецов, В.Л.Пахомов, А.С.Чвыров

ПРОГРАММЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
С БЕСФИЛЬМОВЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ КАМЕР
ПЯТИМЕТРОВОГО ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА
МИС ОИЯИ

*

ЛЯП ОИЯИ

Система определения траекторий пучковых частиц, падающих на мишень МИС, образована проволочными искровыми камерами с памятью на ферритовых кольцах. Камера состоит из двух плоскостей, в которых регистрируются x -координаты искр (X -плоскость), и y -координаты искр (Y -плоскость). Подробное описание камер приведено в работе /1/. Рабочие размеры камер 256 x 256 мм с шагом намотки электродов 1 мм и диаметром проволок 0,1 мм. Все ферритовые кольца камер разбиты на группы по 32, и каждая такая группа соединена с одним из 32 формирователей тока. Считывание информации производится последовательно с каждой группы, а импульсы, возникающие при перемагничивании колец, поступают на входы 32 усилителей, причем на вход каждого усилителя поступают сигналы от колец, имеющих один и тот же номер в своих группах.

Камеры располагались последовательно друг за другом, а их запуск осуществлялся при прохождении заряженных частиц через всю систему, состоящую из 10 камер.

Для испытаний камер, их наладки, определения различных характеристик и отладки математического обеспечения было проведено несколько сеансов на ускорителе ИФВЭ (г. Серпухов). Данные о координатах зарегистрированных искр передавались по линии связи на ЭВМ БЭСМ-3М. Поток входной информации имеет импульсный характер. Регистрация

данных и передача их в ЭВМ осуществлялась в течение сброса ускоренных частиц на мишень (~ 1 сек) с периодом ~ 8 сек.

За один сброс принималось 3-4 события. Средняя длина события ~ 20 машинных слов (рис.1). Информация в машинном слове об обобщенной координате искры располагалась в следующем порядке:

13-17 разряды - номер плоскости,

4-11 разряды - номер перемангниченного кольца плоскости,

2-3 разряды - число соседних перемангниченных колец.

Прием очередного события начинается по сигналу "Вызов", передаваемому с установки. В конце события в ЭВМ вводится нулевой код, со - проводимый вспомогательным маркером ^{1/2}. Конец цикла (массива данных, соответствующего одному сбросу) определяется передачей в ЭВМ события специального вида.

Прием и запись данных на МЛ, а также экспресс-обработка информации для контроля работы аппаратуры осуществлялась программой ПРИЗМА при работе ЭВМ БЭСМ-3М в режиме непосредственной связи с установкой.

Записанные на магнитную ленту (МЛ) данные обрабатывались при помощи программы ПРОМИС на той же машине.

Информация, переписанная на МЛ CDC, обрабатывалась на ЭВМ CDC -1604А при помощи программы СНАРАР с целью отработки алгоритмов определения параметров искровых камер.

Работу программы ПРИЗМА можно подразделить на несколько этапов. В течение всего сброса пучка действует подпрограмма приема, в которой кроме обмена выполняются лишь несколько вспомогательных операций для подготовки к приему очередного события.

Принятая информация без какой-либо обработки накапливается на буфере в оперативной памяти и затем, при его заполнения, переписыв-

"КОЛИЧЕСТВО СРОК В СОБЛЮДЕНИИ"
"КОЛИЧЕСТВО СРОК В СОБЛЮДЕНИИ"

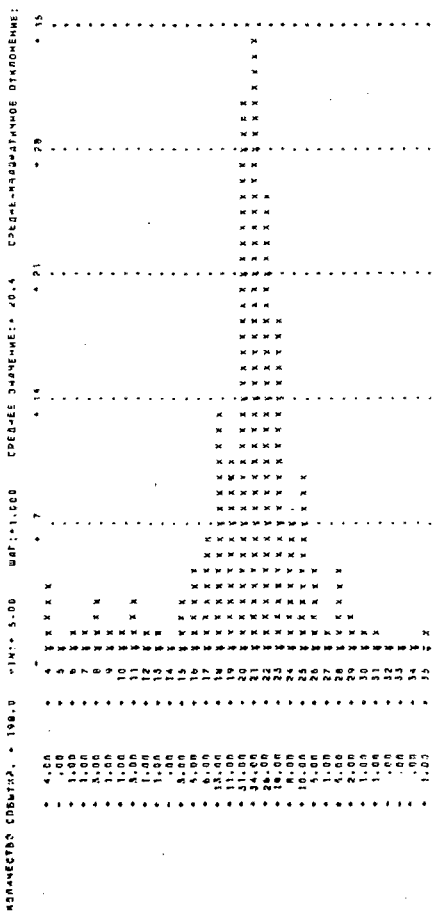


Рис. I.

вается на магнитную ленту. Процесс заполнения буфера контролируется после приема очередного цикла: достаточно ли места для приема еще одного цикла. В паузах между сбросами осуществляется вывод (по требованию оператора) графического изображения событий, определение характеристик работы установки, из которых важнейшей является эффективность регистрации. Программа ПРИЗМА работает с разрешением прерывания. Оператор осуществляет управление работой программ при помощи клавишного запоминающего устройства. Как уже отмечалось, последующая обработка осуществлялась на ЭВМ СДС-1604А и БЭСМ-3М. После отработки алгоритмов при помощи программы СНАРАР, написанной на ФОРТРАНе, была создана программа ПРОМИС с целью сокращения разрыва во времени между накоплением информации и ее обработкой.

Программа ПРОМИС написана на автокоде "Ассемблер" /3/ и хранится на системной магнитной ленте. Транслированный вариант программы также находится на ленте и загружается в ЭВМ специальной программой.

В начале работы программа записывается вместе с исходными константами на 0-ю четверть МБ-2. Для обновления программы с МБ достаточно передать управления в фиксированную ячейку оперативной памяти. Важной компонентой системы математического обеспечения является личная интерпретирующая система (ЛИС), включающая ИС-2, библиотеку стандартных подпрограмм и набор сервисных программ. ЛИС хранится на магнитной ленте, а перед началом работы программ переписывается на 2 и 3 четверти МБ-2.

На первом этапе обработки по программе ПРОМИС осуществляется отбор событий, удовлетворяющих следующим критериям:

I) количество координат в плоскости не превосходит заданного числа;

У-ПРЕСОВЫЕ ДРУЖА

Заг 789.9

КОЛИЧЕСТВО СОБИРА: = 183.0 ПИП-И ВЕС: = 4.80 СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ: = 142.7 СРЕДНЕЕ АБСОЛЮТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ: = 51.6

1.00	1														
2.00	2														
3.00	3														
4.00	4														
5.00	5														
6.00	6														
7.00	7														
8.00	8														
9.00	9														
10.00	10														
11.00	11														
12.00	12														
13.00	13														
14.00	14														
15.00	15														
16.00	16														
17.00	17														
18.00	18														
19.00	19														
20.00	20														
21.00	21														
22.00	22														
23.00	23														
24.00	24														
25.00	25														
26.00	26														
27.00	27														
28.00	28														
29.00	29														
30.00	30														
31.00	31														
32.00	32														
33.00	33														
34.00	34														
35.00	35														
36.00	36														
37.00	37														
38.00	38														
39.00	39														
40.00	40														
41.00	41														
42.00	42														
43.00	43														
44.00	44														
45.00	45														
46.00	46														
47.00	47														
48.00	48														
49.00	49														
50.00	50														
51.00	51														
52.00	52														
53.00	53														
54.00	54														
55.00	55														
56.00	56														
57.00	57														
58.00	58														
59.00	59														
60.00	60														
61.00	61														
62.00	62														
63.00	63														
64.00	64														
65.00	65														
66.00	66														
67.00	67														
68.00	68														
69.00	69														
70.00	70														

Рис.2.

2) номер плоскости не больше максимального;

3) не нарушено возрастание обобщенных координат.

Данные, прошедшие указанные критерии, идут в дальнейшую обработку:

а) события декодируются (первичная информация представляется в виде, принятом для БЭСМ-3М);

б) описываются треки /4/ (трек определяется набором точек, расстояние которых от базисной прямой, проведенной через две крайние точки набора, не превышает 3 мм. Набор должен содержать не менее 6 точек);

в) гистограммируются величины, характеризующие события, при помощи программы, описанной в работе /5/;

г) вычисляются эффективности искровых камер.

Развитая система диалога между человеком и машиной, реализованная через панель индикации, печатающее и клавишное запоминающее устройства, позволила следить за качеством информации практически на всех этапах обработки. Для визуального контроля на АЦПУ выводилось графическое изображение событий в плоскостях XOZ и YOZ с маркировкой точек, попавших на трек. Ось OZ ориентирована по направлению пучка частиц.

После статистической обработки событий получаем следующие результаты:

- 1) среднее число искр, зафиксированных каждой плоскостью;
- 2) частота отказов плоскостей - доля случаев, когда плоскость не зарегистрировала ни одной искры;
- 3) распределения числа искр для каждой плоскости;
- 4) распределения искр на проекциях трека;
- 5) распределение числа зафиксированных в событии координат ;

ГИСТОГРАММА КОЛИЧЕСТВА ИСКР ПО 5-ТРЕМ

КОЛИЧЕСТВО События: + 100.0 шаг: +1.000 среднее значение: + 0.97 среднее-квадратичное отклонение: + 0.75

Количество искр	Частота	Среднее значение	Среднее-квадратичное отклонение
0.00	1	+ 1.5	+ 0.5
1.00	2	.	.
2.00	3	.	.
3.00	4	.	.
4.00	5	.	.
5.00	6	.	.
6.00	7	.	.
7.00	8	.	.
8.00	9	.	.
9.00	10	.	.
10.00	11	.	.
11.00	12	.	.
12.00	13	.	.
13.00	14	.	.
14.00	15	.	.
15.00	16	.	.
16.00	17	.	.
17.00	18	.	.
18.00	19	.	.
19.00	20	.	.
20.00	21	.	.
21.00	22	.	.
22.00	23	.	.
23.00	24	.	.
24.00	25	.	.
25.00	26	.	.
26.00	27	.	.
27.00	28	.	.
28.00	29	.	.
29.00	30	.	.
30.00	31	.	.
31.00	32	.	.
32.00	33	.	.
33.00	34	.	.
34.00	35	.	.
35.00	36	.	.
36.00	37	.	.
37.00	38	.	.
38.00	39	.	.
39.00	40	.	.
40.00	41	.	.
41.00	42	.	.
42.00	43	.	.
43.00	44	.	.
44.00	45	.	.
45.00	46	.	.
46.00	47	.	.
47.00	48	.	.
48.00	49	.	.
49.00	50	.	.
50.00	51	.	.
51.00	52	.	.
52.00	53	.	.
53.00	54	.	.
54.00	55	.	.
55.00	56	.	.
56.00	57	.	.
57.00	58	.	.
58.00	59	.	.
59.00	60	.	.
60.00	61	.	.
61.00	62	.	.
62.00	63	.	.
63.00	64	.	.
64.00	65	.	.
65.00	66	.	.
66.00	67	.	.
67.00	68	.	.
68.00	69	.	.
69.00	70	.	.
70.00	71	.	.
71.00	72	.	.
72.00	73	.	.
73.00	74	.	.
74.00	75	.	.
75.00	76	.	.
76.00	77	.	.
77.00	78	.	.
78.00	79	.	.
79.00	80	.	.
80.00	81	.	.
81.00	82	.	.
82.00	83	.	.
83.00	84	.	.
84.00	85	.	.
85.00	86	.	.
86.00	87	.	.
87.00	88	.	.
88.00	89	.	.
89.00	90	.	.
90.00	91	.	.
91.00	92	.	.
92.00	93	.	.
93.00	94	.	.
94.00	95	.	.
95.00	96	.	.
96.00	97	.	.
97.00	98	.	.
98.00	99	.	.
99.00	100	.	.

ГИСТОГРАММА КОЛИЧЕСТВА ИСКР ПО 4-ТРЕМ

КОЛИЧЕСТВО События: + 100.0 шаг: +1.000 среднее значение: + 0.74 среднее-квадратичное отклонение: + 0.60

Количество искр	Частота	Среднее значение	Среднее-квадратичное отклонение
0.00	1	+ 1.7	+ 0.6
1.00	2	.	.
2.00	3	.	.
3.00	4	.	.
4.00	5	.	.
5.00	6	.	.
6.00	7	.	.
7.00	8	.	.
8.00	9	.	.
9.00	10	.	.
10.00	11	.	.
11.00	12	.	.
12.00	13	.	.
13.00	14	.	.
14.00	15	.	.
15.00	16	.	.
16.00	17	.	.
17.00	18	.	.
18.00	19	.	.
19.00	20	.	.
20.00	21	.	.
21.00	22	.	.
22.00	23	.	.
23.00	24	.	.
24.00	25	.	.
25.00	26	.	.
26.00	27	.	.
27.00	28	.	.
28.00	29	.	.
29.00	30	.	.
30.00	31	.	.
31.00	32	.	.
32.00	33	.	.
33.00	34	.	.
34.00	35	.	.
35.00	36	.	.
36.00	37	.	.
37.00	38	.	.
38.00	39	.	.
39.00	40	.	.
40.00	41	.	.
41.00	42	.	.
42.00	43	.	.
43.00	44	.	.
44.00	45	.	.
45.00	46	.	.
46.00	47	.	.
47.00	48	.	.
48.00	49	.	.
49.00	50	.	.
50.00	51	.	.
51.00	52	.	.
52.00	53	.	.
53.00	54	.	.
54.00	55	.	.
55.00	56	.	.
56.00	57	.	.
57.00	58	.	.
58.00	59	.	.
59.00	60	.	.
60.00	61	.	.
61.00	62	.	.
62.00	63	.	.
63.00	64	.	.
64.00	65	.	.
65.00	66	.	.
66.00	67	.	.
67.00	68	.	.
68.00	69	.	.
69.00	70	.	.
70.00	71	.	.
71.00	72	.	.
72.00	73	.	.
73.00	74	.	.
74.00	75	.	.
75.00	76	.	.
76.00	77	.	.
77.00	78	.	.
78.00	79	.	.
79.00	80	.	.
80.00	81	.	.
81.00	82	.	.
82.00	83	.	.
83.00	84	.	.
84.00	85	.	.
85.00	86	.	.
86.00	87	.	.
87.00	88	.	.
88.00	89	.	.
89.00	90	.	.
90.00	91	.	.
91.00	92	.	.
92.00	93	.	.
93.00	94	.	.
94.00	95	.	.
95.00	96	.	.
96.00	97	.	.
97.00	98	.	.
98.00	99	.	.
99.00	100	.	.

Рис.3.

6) распределение X-координат точек траекторий частиц при заданной Z-координате (X-профиль пучка);

7) распределение Y-координат точек траекторий частиц при заданной Z-координате (Y-профиль пучка);

8) количество сработавших проволок на одну искру для каждой плоскости камер;

9) число срабатываний каждой проволоки.

Последние результаты представляются в виде матриц nx_{ij} и ny_{ij} , где $i = 1, 2, \dots, 256$ (номер проволоки),

$j = 1, 2, \dots, 10$ (номер камеры).

Матрицы выводились на АЦУ в таком виде, что давали также некоторое представление о профиле пучка и сдвигах камер относительно друг друга.

Практика показала, что при используемом способе съема информации с камер необходимо вести контроль за работой усилителей и формирователей.

Для контроля усилителей вычислялись два массива $NX \{nx_v\}$ и $NY \{ny_v\}$, где

$$nx_v = \sum_{\ell=0}^7 \sum_{i=v}^{224+v} \sum_{j=1}^{10} nx_{ij} \delta_{i, v+32\ell}$$

$$ny_v = \sum_{\ell=0}^7 \sum_{i=v}^{224+v} \sum_{j=1}^{10} ny_{ij} \delta_{i, v+32\ell}$$

(δ_{mn} - символ Кронекера, $v = 1, 2, \dots, 3, 2$), а для контроля формирователей - двумерные массивы:

$$MX \{nx_{kj}\}, \quad MY \{ny_{kj}\};$$

Таблица 100									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Таблица 101									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Таблица 102									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Таблица 103									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
130	131	132	133	134	135	136	137	138	139
140	141	142	143	144	145	146	147	148	149
150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198	199
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Рис. 4.

$$\text{где } mx_{kj} = \sum_{i=32k-31}^{32k} nx_{ij}, \quad my_{kj} = \sum_{i=32k-31}^{32k} ny_{ij},$$

$$k=1,2,\dots,8; \quad j=1,2,\dots,10.$$

Параметры преобразований систем координат отдельных искровых камер в общую систему координат и точность искровых камер определялись на основании прямых прохождений по алгоритмам, предложенным в работе /6/.

В упомянутой работе предлагается алгоритм определения оценки погрешности искровых камер в предположении их равноточности. Оценка погрешности в исследуемой камере может быть определена при менее жестких предположениях.

Если мы имеем n камер ($n \geq 3$), регистрирующих точки $\varpi_i^3 (x_i^3, z_i)$ траектории частицы, и нам известны характеристики точности ($n-1$) камер - дисперсии ошибок $DX_i (i = 1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, n)$, то оценку дисперсии для исследуемой (k -ой) камеры можно определить по формуле:

$$DX_k = Dd_k - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^k a_{ik}^2 DX_i,$$

где Dd_k - дисперсия величины $d_k = \sum_{i=1}^n a_{ik} x_i^3 - x_k^3$;

$$a_{ik} = \frac{(n-1)Z_i Z_k - (Z_i + Z_k) \sum_{j \neq k}^n Z_j + \sum_{j \neq k}^n Z_j^2}{(n-1) \sum_{j \neq k}^n Z_j^2 - \left(\sum_{j \neq k}^n Z_j \right)^2}.$$

В этой же программе для оценки усредненной погрешности искровых камер строились распределения величин:

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i^2}{n-2}} \quad \text{и} \quad S_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta y_i^2}{n-2}},$$

где Δx_i (Δy_i) - отклонение измеренных координат от координат точек аппроксимирующей прямой, проведенной по методу наименьших квадратов.

Эффективность каждой X-плоскости определялась по формуле:

$$P_X = \frac{\sum_{i=1}^N \delta x_i}{\sum_{i=1}^N \Delta x_i}, \quad \text{где } \delta x_i = \begin{cases} 0 & \text{если в камере не было искры на треке, или число искр на треке равно минимальному,} \\ 1 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$\Delta x_i = \begin{cases} 0 & \text{число искр на треке равно минимальному и в данной камере была искра на треке,} \\ 1 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

N - число найденных треков.

Аналогично определяется эффективность Y -плоскостей (P_Y).

В результате выполнения алгоритма получаем два множества $P_X \{P_{X_k}\}$ и $P_Y \{P_{Y_k}\}$ ($k = 1, 2, \dots, 10$ - номер искровой камеры). Для каждого из множеств P_X и P_Y вычисляются множества ошибок $SP_X \{SP_{X_k}\}$ и $SP_Y \{SP_{Y_k}\}$, где

$$SP_{X_k} = \sqrt{\frac{P_{X_k}(1 - P_{X_k})}{DX_k}}, \quad DX_k = \sum_{i=1}^N \Delta x_i.$$

Величины SP_{Y_k} и DY_k вычисляются по аналогичным формулам.

В программе вычисляются также условные вероятности $P_{Y/X} \{P_{Y/X_k}\}$ и ошибки $SP_{Y/X} \{SP_{Y/X_k}\}$;

$$P_{Y/X_k} = \frac{NY/X_k}{DPY/X_k}, \quad \text{где}$$

РЕГУЛИРУЕМЫЕ ВЕРТУШКИ СИЛОВОУА ДВИЖЕНИЯ

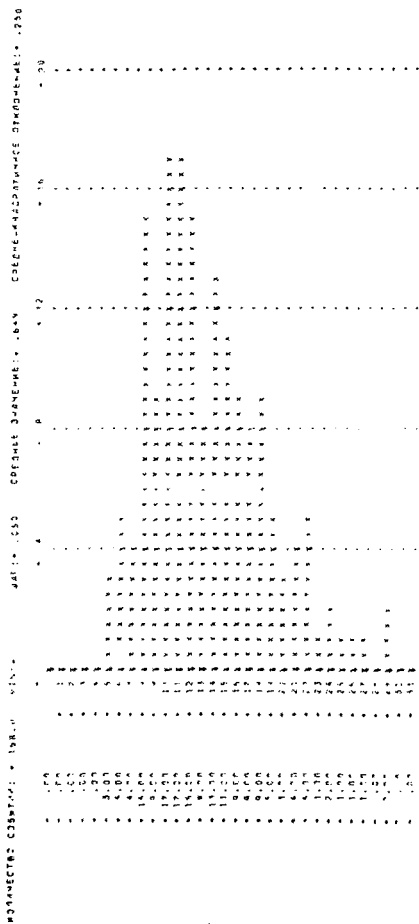


Рис. 6.

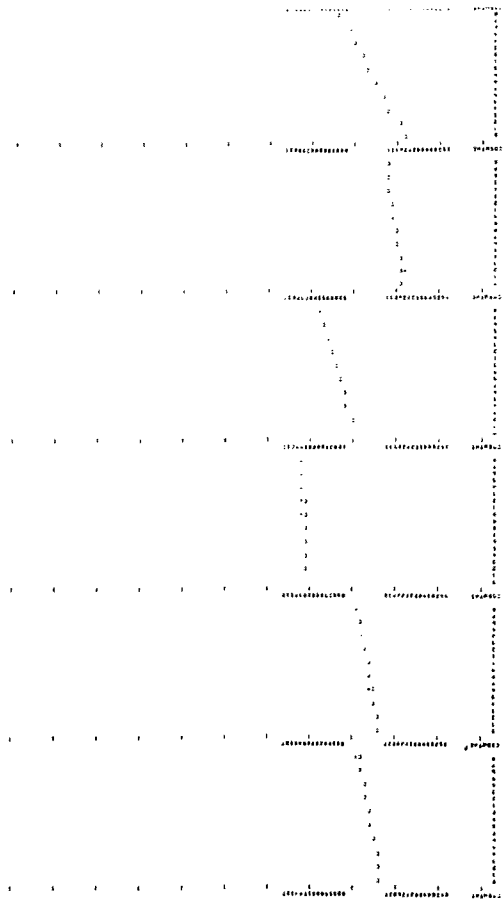


Рис. 7 *

NY/X_k - количество событий, в которых k -ой камерой зарегистрированы обе координаты точки на треке;
 DFY/X_k - количество событий, в которых k -ой камерой зарегистрирована X -координата точки на треке;

$$SFY/X_k = \sqrt{\frac{FY/X_k (1 - PY/X_k)}{DFY/X_k}}$$

где $k = 1, 2, \dots, 10$ - номер искровой камеры.

Некоторые результаты работы программы ПРОМИС приведены на рисунках I-7.

Авторы выражают благодарность Н.Н.Говоруны и А.А.Тяпкину за поддержку и постоянный интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.В.Вишняков и др. ОИЯИ, I3-6045, Дубна, 1971.
2. А.И.Барановский и др. ОИЯИ, Б1-10-4643, Дубна, 1969.
3. В.А.Загинайко, И.Н.Силин. ОИЯИ, Б1-11-4514, Дубна, 1968.
4. Н.Н.Говорун и др. ОИЯИ, 10-7303, Дубна, 1973.
5. В.Л.Пахомов, А.Е.Сеннер. ОИЯИ, 10-6978, Дубна, 1973.
6. Н.Н.Говоруна, И.М.Иванченко, А.С.Чвыров. ОИЯИ, Р5-5397, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 мая 1974 года.