

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Г-968

13-87-419

Б.Н.Гуськов, И.М.Иванченко, В.А.Калинников,
Д.А.Кириллов, В.Р.Крастев, В.В.Пальчик,
Е.А.Чудаков*

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ТРЕКОВЫЙ ПРОЦЕССОР

*Московский государственный университет

1. ВВЕДЕНИЕ

Данная работа посвящена исследованию быстрого трекового процессора, предназначенного для отбора событий в экспериментах, выполняемых с помощью спектрометра БИС-2 ОИЯИ^{/1/} на серпуховском ускорителе. Задача этих экспериментов - изучение процессов рождения и распада очарованных частиц.

В настоящее время не представляется возможным построение системы отбора, соответствующей сложной топологии исследуемых процессов и полностью решающей указанную задачу. Поэтому в данных экспериментах система отбора решает задачу выделения событий, содержащих заданное минимальное число треков, прошедших через установку. В качестве первого приближения такого решения использовалась система предварительного отбора /СПО/, подсчитывающая число срабатываний отдельных плоскостей детекторов спектрометра, представляющих собой набор годоскопических ячеек^{/2/}. В реальных условиях эксперимента СПО выбирала 1000 из $2 \cdot 10^5$ взаимодействий нейтронов пучка с мишенью спектрометра. Причем только 45% отобранных событий содержало, например, 3 и более треков вторичных частиц, прошедших через всю установку.

В качестве следующего приближения в решении задачи отбора событий использовался учет корреляций между сработавшими годоскопическими ячейками в отдельных плоскостях детекторов спектрометра. С этой целью к СПО добавлялся специализированный процессор, предназначенный для быстрого распознавания треков по одной из их проекций.

2. УСЛОВИЯ РАБОТЫ ПРОЦЕССОРА

Принцип действия и технические характеристики процессора подробно описаны в^{/3/}. На вход процессора подаются сигналы "Быстрое ИЛИ" от плоскостей пропорциональных камер /ПК/, отмеченных на рис.1 крестиками и обеспечивающих регистрацию вертикальной проекции траектории частицы. Каждый сигнал "Быстрое ИЛИ" образуется группой из 6 проволок, соответствующей годоскопической ячейке шириной 12 мм^{/2/}. Процессор производит быстрое восстановление yz-проекции треков за время не более 25 нс на трек. Поиск треков осуществляется в зонах /коридорах/, определяемых размерами мишени и размерами сработавших

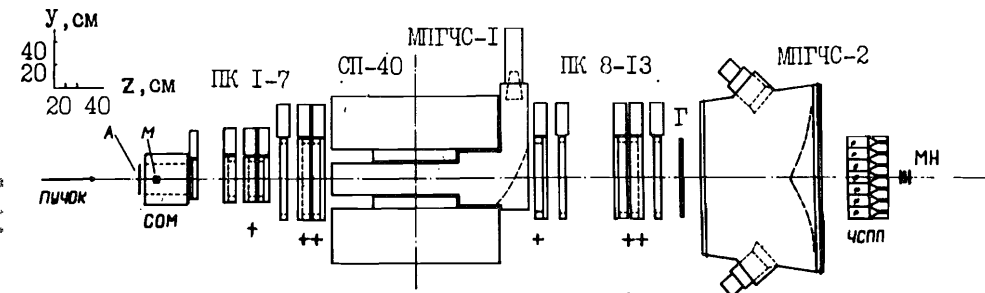


Рис.1. Схема спектрометра БИС-2 /вид сбоку/: А, СОМ, Г, МН - сцинтилляционные счетчики; ПК - пропорциональные камеры, МПГЧС-1, 2 - многоканальные пороговые газовые черенковские счетчики; ЧСП - черенковский счетчик полного поглощения, М - мишень.

ячеек в последней из пяти ПК, информация с которых анализировалась процессором. Если внутри какой-либо из этих зон в каждой детекторной плоскости произошло срабатывание хотя бы одной ячейки, то принимается решение, что существует трек, выходящий из мишени. Подобным образом определяются треки, выходящие из "распадного объема", то есть треки частиц, родившихся при распаде вторичных частиц в зоне между мишенью и ПК2.

Выходные сигналы процессора /"решения"/ соответствуют различным количествам найденных треков, выходящих как из мишени, так и из "распадного объема": число треков ≥ 1 , либо ≥ 2 , либо ≥ 3 и т.д. /ниже решениям процессора даны соответствующие обозначения/.

На рис.2 приведена схема включения процессора в систему запуска спектрометра. Работа СПО основана на использовании годоскопических ячеек детекторов и мажоритарной логики^{/2/}, кратность совпадений которой $N \geq i$, где i - заданное число сработавших годоскопических ячеек в плоскостях детекторов, определяющее назначение запуска /"триггера"/. Сигналы "Быстрое ИЛИ", поступающие с ПК, стробируются на входе процессора сигналом "Строб = $\bar{A} \cdot \Gamma \cdot \text{ПК } 2x \cdot \text{ПК } 7y$ " /на рис.2 входные сигналы процессора обозначены номерами соответствующих плоскостей ПК/.

В сеансах спектрометра были апробированы два режима работы процессора, различающиеся временами решения: А/ 450 нс и Б/ 300 нс, и предназначенные для восстановления до 18 и 12 треков на событие соответственно. В режиме А положительное решение процессора, отстающее на 120 нс от решения СПО, организует останов системы считывания данных и возвращает аппаратуру в исходное состояние. В режиме Б процессор становится частью СПО - отсутствие положительного решения запрещает запуск системы считывания.

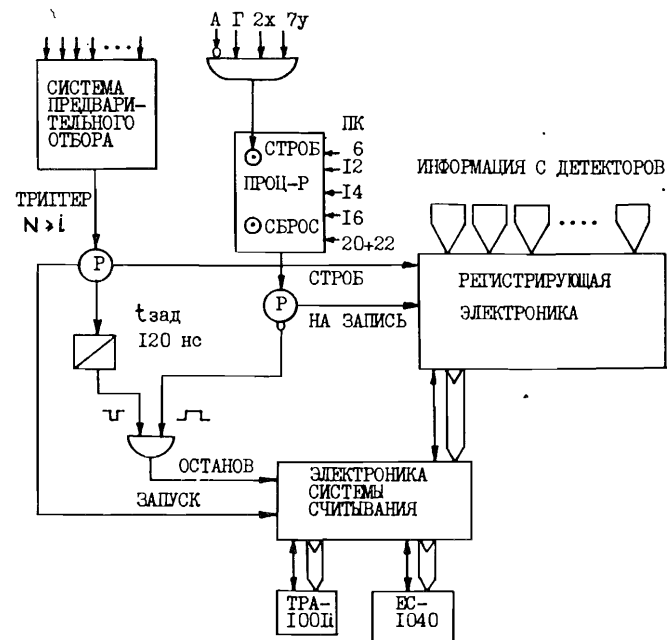


Рис.2. Схема включения процессора в систему запуска спектрометра: 2x, 7y - сигнальные электроды с вертикальными и горизонтальными проволоками соответственно для ПК2 и ПК7; входные сигналы процессора обозначены номерами соответствующих плоскостей пропорциональных камер; Р - множитель; $t_{зад}$ - величина задержки на блоке задержки; ТРА1001i и ЕС1040 - ЭВМ; остальные обозначения смотрите в тексте и на рис.1.

Кроме того, для исследования работы процессора его выходные сигналы /решения/, соответствующие разным количествам восстановленных треков, записывались регистрирующей электроникой и передавались в ЭВМ вместе с остальными данными события.

Ниже приводятся условия эксперимента, в которых записывались данные для исследования работы процессора, а также указаны наиболее важные параметры аппаратуры:

интенсивность пучка, нейтронов/цикл	
работы ускорителя	$7,5 \cdot 10^6$
длительность сброса интенсивности, с	1,5
толщина мишени спектрометра, г/см ² , углерод	7,8
диаметр, см	6
загрузка процессора со стороны каждого детектора, с ⁻¹ , не более	$5 \cdot 10^5$

количество сигналов "Строб" за цикл - 10^4
 количество решений СПО за цикл, $/N \geq 4/$ - 10^3
 время считывания данных, мс - 3
 время возврата аппаратуры в исходное состояние /сброс в режиме процессора А/, мкс - 150
 количество событий, зарегистрированных спектрометром, запускаемым СПО с $N \geq 4$, за цикл - 250

3. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА РАБОТЫ ПРОЦЕССОРА

В качестве тестовой процедуры работа процессора сравнивалась с работой его математической модели. Алгоритм программы-модели совпадал с алгоритмом процессора. Модель процессора обрабатывала события, для которых были записаны решения процессора. Результаты сравнения для событий, отобранных с помощью СПО с $N = 1$, позволили устранить ошибки в схемотехнической реализации процессора.

Характер соответствия между решениями процессора и его модели для событий, отобранных СПО с $N \geq 4$ в реальных условиях эксперимента, показан на рис.3. В случае идеальной работы процессора все события должны лежать на диагонали рисунка. Видимые на рис.3 отклонения от идеального распределения связаны с различием в эффективностях регистрации сигналов "Быстрое ИЛИ" и сигналов, соответствующих каждой проволочке ПК.

ПРОЦЕССОР	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13														I
12														
11												2	3	I
10									I	6	22	3		
9							5	3	16	38	6	I		
8							2	11	22	94	21	3	4	
7							8	7	42	134	42	3	3	
6									10	18	64	245	37	3
5									8	10	74	279	82	10
4											88	370	87	19
3											4	7	50	232
2													5	67
1														31
0														

Рис.3. Мажоритарное распределение событий по числу треков, найденных программой-моделью процессора и самим процессором.

ПРОЦЕССОР	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

ПРОГРАММА РЕКОНСТРУКЦИИ

Рис.4. Мажоритарное распределение событий по числу треков, найденных программой геометрической реконструкции и процессором; кратность мажоритарных совпадений СПО составляет $N \geq 4$.

Для исследования процессора его работа сравнивалась с результатами работы программы /4,5/ геометрической реконструкции /ПГР/ траекторий частиц. Для событий, зарегистрированных с запуском СПО, решения процессора сопоставлялись с количеством треков, найденных ПГР в соответствующих событиях /рис.4/. Влияние процессора на отбор событий, охваченных представленной выборкой, показано в табл.1.

Как видно из табл.1, учет решений процессора заметно обогащает долю многочастичных событий /рис.5/.

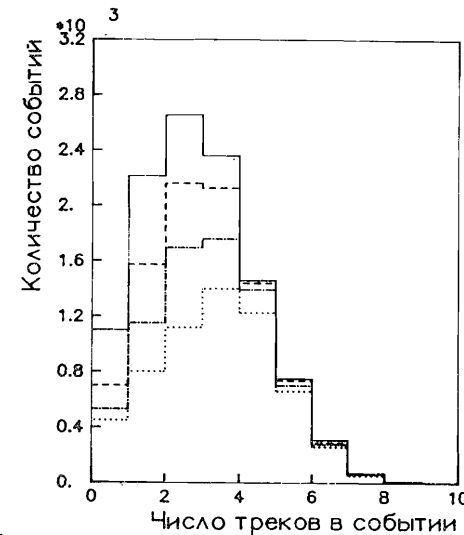


Рис.5. Распределение событий по числу треков, найденных программой геометрической реконструкции: сплошная линия - без процессора, пунктирная - решение процессора " ≥ 1 "; оси и точки соответствуют решениям " ≥ 2 " и " ≥ 3 ".

Таблица 1

Влияние процессора на характеристики системы отбора событий /сравнение с характеристиками СПО/

№№ пп	Решение про-цессора	Улучшение отношения "хорошие"/"плохие" события*	Потери "хороших" событий, %	Уменьшение количества отобранных событий, %	Увеличение доли "вилки"***	Доля "хороших" событий
1	≥ 1	1,26	6,3	16,9	1,08	0,51
2	≥ 2	1,49	15,5	31,2	1,29	0,55
3	≥ 3	1,83	27,4	45,3	1,22	0,6

*"Хорошие" /"плохие"/ события - события с числом треков ≥ 3 / < 3 /, найденных ПГР.

**"Вилка" - пара треков частиц с противоположными знаками заряда, соответствующая топология распада $\Lambda^0 \rightarrow p\bar{p}$ и т.п.

В реальных условиях эксперимента использование процессора совместно с СПО / $N \geq 4$ / для запуска спектрометра приводит к увеличению числа зарегистрированных многотрековых событий на $8 \div 12\%$ и экономии магнитной ленты за счет уменьшения доли фоновых событий /табл.2/.

Следует заметить, что исследуемый вариант процессора не является оптимальным. Анализ его работы показал, что имеется ряд факторов, учет которых приводит к увеличению эффективности процессора, например, более точное соответствие реальной конфигурации установки и конфигурации, заложенной в памяти процессора, приводит к 10-процентному улучшению отбора событий. Кроме того, отбор событий процессором улучшается на 7%, если требовать при выработке решения, чтобы в зонах поиска в области спектрометра, расположенной до магнита, было не три сработавших плоскости камер, а ≥ 2 .

Таблица 2

Рост продуктивности системы отбора при использовании в запуске решений процессора

№№ пп	Решение процес-сора, использ. в запус-ке сов-местно с СПО	Доля положительных ре-шений процес-сора	Число заре-гист-риро-ванных собы-тий	Число заре-гистро-ванных "хоро-ших" собы-тий	Относительный рост числа зареги-стриро-ванных "хороших" событий	Экономия маг-нитных лент, %
1	Запуск только от СПО	1,0	250	112	1,0	0
2	1	0,83	238	121	1,08	5
3	2	0,69	225	123	1,1	11
4	3	0,55	208	125	1,12	20

В заключение авторы выражают благодарность М.Ф.Лихачеву и Н.Н.Говоруну за поддержку этой работы, А.Н.Морозову и В.А.Арефьеву за конкретную помощь и полезные обсуждения, а также В.В.Рыбакову, Л.А. Рачковой, В.В.Степановой и коллективу СЭО ОИЯИ за помощь в монтажных работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980.
2. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, P1-86-427, Дубна, 1986.
3. Калинин В.А., Крастев В.Р., Чудаков Е.А. ОИЯИ, P10-85-252, Дубна, 1985.
4. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, Б1,10-86-118, Дубна, 1986.
5. Бурилков Д.Т. и др. ОИЯИ, 10-80-656, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 июня 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986.	4 р.45 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Гуськов Б.Н. и др.

13-87-419

Быстродействующий трековый процессор

Приводятся результаты исследования специализированного процессора, предназначенного для отбора событий в условиях эксперимента на спектрометре БИС-2 ОИЯИ. Процессор восстанавливает вертикальные проекции треков заряженных частиц и определяет их количество в событии. Время выработки решения процессора 300 нс. При использовании процессора для запуска спектрометра соотношение эффект/фон возрастает в $1,3 \div 1,8$ раза в зависимости от вида используемого решения.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Guskov B.N. et al.

13-87-419

Fast Track Processor

The research results of special trigger processor are presented. The processor is intended for event selection at BIS-2 spectrometer experiments. The processor reconstructs the vertical projection of charged particle tracks and determines track number for each event. The solution time is 300 ns. The effect/background rate increases by $1.3 \div 1.8$ times as a function of processor solution mode.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987