

СЗУЧ.1м  
А-154

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



2802/2-77

25/vii-77

13 - 10568

В.Г.Аблеев, С.Г.Басиладзе, Г.Г.Воробьев,  
С.А.Запорожец, П.К.Маньяков, А.А.Номофилов,  
А.Н.Парфенов, Н.М.Пискунов, И.М.Ситник,  
Е.А.Строковский, Л.Н.Струнов, В.И.Шаров, В.К.Юдин

СИСТЕМА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ  
УСТАНОВКИ "АЛЬФА" ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РАССЕЯНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

**1977**

13 - 10568

В.Г.Аблеев, С.Г.Басиладзе, Г.Г.Воробьев,  
С.А.Запорожец, П.К.Маньяков, А.А.Номофилов,  
А.Н.Парфенов, Н.М.Пискунов, И.М.Ситник,  
Е.А.Строковский, Л.Н.Струнов, В.И.Шаров, В.К.Юдин

СИСТЕМА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ  
УСТАНОВКИ "АЛЬФА" ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РАССЕЯНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Аблеев В.Г. и др.

13 - 10568

Система сцинтилляционных детекторов установки "Альфа" для исследований рассеяния релятивистских ядер

Описана система сцинтилляционных детекторов магнитного он-лайн-спектрометра с пропорциональными камерами, применявшаяся для выделения отдельных каналов реакции в экспериментах по изучению рассеяния релятивистских дейтронов и альфа-частиц на ядрах. Система отбирала частицы первичного пучка как по временным параметрам, так и по величине заряда, стробировала каналы регистрации координатных детекторов и производила идентификацию вторичных частиц по заряду. Приведены характеристики отдельных счетчиков и элементов системы. Быстродействие детекторов составляет  $(2-3) \cdot 10^7 \cdot Z^{-2}$  частиц/с, где  $Z$  - заряд частицы.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

## 1. Введение

Описываемая система сцинтилляционных детекторов установки "Альфа" /1,2/ включает в себя мониторные и контрольные счетчики, детекторы для измерения удельных потерь энергии частиц /  $dE/dx$  -счетчики/ и соответствующую логическую, спектрометрическую и тестовую электронику, выполненную в стандарте КАМАК. В составе аппаратуры установки /магнитный он-лайн-спектрометр с пропорциональными камерами, см. *рис.1*/ система применялась для измерения полных сечений и дифференциальных сечений рассеяния вперед, а также процессов фрагментации при исследовании рассеяния релятивистских дейтронов и альфа-частиц на ядрах <sup>3/</sup>.

Мониторная часть системы выделяет из первичного потока частицы по критериям: а/ определенные поперечные размеры пучка, б/ сорт частиц и в/ заданный минимальный временной интервал между соседними частицами. Сигналы монитора стробируют электронику регистрации сигналов с пропорциональных камер /ПК/, спектрометрические каналы и другие ветви совпадений. Применение сцинтилляционных счетчиков для стробирования таких быстрых детекторов, как ПК, диктуется лучшим временным разрешением и быстродействием счетчиков, а также относительной простотой организации строба.

При исследовании процессов рассеяния релятивистских ядер возникает необходимость надежной идентификации налетающего ядра и продуктов реакции. Достаточно простое решение этой задачи - использование информации о величине ионизационных потерь энергии частицы в сцинтилляторах мониторного и апертурных  $dE/dx$  -счетчиков. При обработке экспериментального

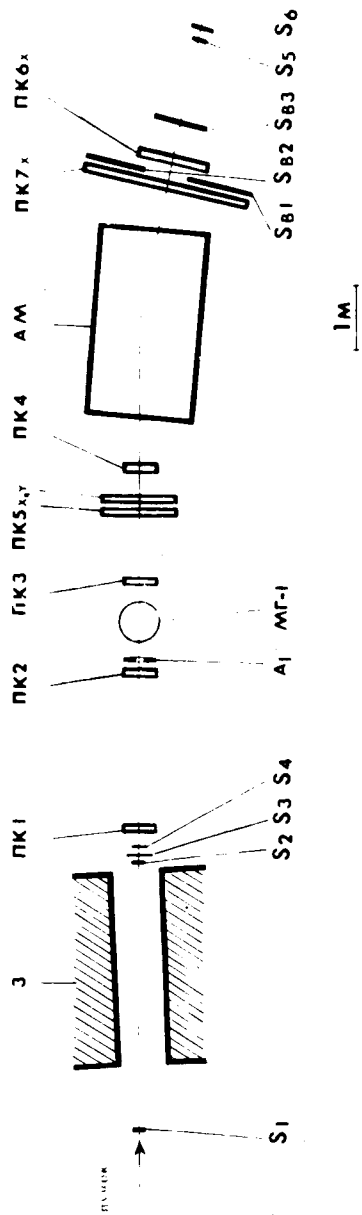


Рис. 1. Расположение детекторов установки на пучке релятивистских ядер.  $S_1, A_1$  - сцинтилляционные счетчики, ПК - пропорциональные камеры, МГ - мишень, АМ - анализирующий магнит.

материала привлечение амплитудной информации с этих счетчиков позволяет надежно идентифицировать релятивистские частицы по величине заряда. В эксперименте быстрый анализ этой информации, помимо установления факта прохождения заряженной частицы через сцинтиллятор, помогает выделять события рассеяния определенного типа /отдельные каналы реакции/.

Характерной особенностью применения системы является тот факт, что условия работы на выведенных пучках синхрофазотрона /высокие интенсивности, наличие микроструктуры во временном распределении интенсивности/ и специфика решаемых задач /регистрация релятивистских ядер/ предъявляют достаточно жесткие требования к загрузочным характеристикам счетчиков, в особенности  $dE/dx$  - детекторов, и требуют применения мер контроля и защиты от перегрузок.

## II. Электроника

Для регистрации и быстрой логической обработки сигналов со счетчиков используются модули наносекундной электроники <sup>/4/</sup>, размещенные в пяти крейтах. Логические сигналы, соответствующие выполнению определенных критериев отбора мониторинговых и вторичных частиц, поступают на модули, имеющие выход на магистраль КАМАК: десятичные счетчики <sup>/5/</sup>, параллельный входной регистр ПВР <sup>/6/</sup> и универсальный логический блок УЛБ <sup>/7/</sup>. УЛБ применяется для организации сигнала триггера - команды в ЭВМ для считывания информации с установки. Логика выработки триггер-сигнала определяется текущим состоянием УЛБ /логической комбинацией входных сигналов/, которое задается программно. Состояние ПВР /регистр меток/ в момент считывания дает информацию о наличии /или отсутствии/ определенных логических комбинаций, сопутствующих триггер-сигналу.

Спектрометрическая обработка информации с  $dE/dx$  - счетчиков осуществляется быстрыми заряд-цифровыми преобразователями ЗЦП <sup>/8/</sup> /имеющими выход на ма-

гистраль/ и интегральными дискриминаторами. С помощью ЗЦП измеряется площадь импульсов с анодов фотоумножителей, т.е. величина, пропорциональная удельным потерям энергии релятивистской частицы. Дискриминаторами производится быстрый анализ амплитуды сигнала с целью отбора вторичных частиц по величине заряда для организации триггера, выделяющего определенные каналы реакции.

Тестовая электроника, предназначенная для оперативной проверки работоспособности счетчиков и определения некоторых их характеристик, включает в себя быстрые светодиоды и управляемый генератор импульсов ГИС <sup>/9/</sup>.

### III. Питание счетчиков

Делители напряжения питания фотоумножителей /ФЭУ-30/ подобраны по максимуму сигнала. Последние междинодные промежутки шунтированы емкостями 5,10

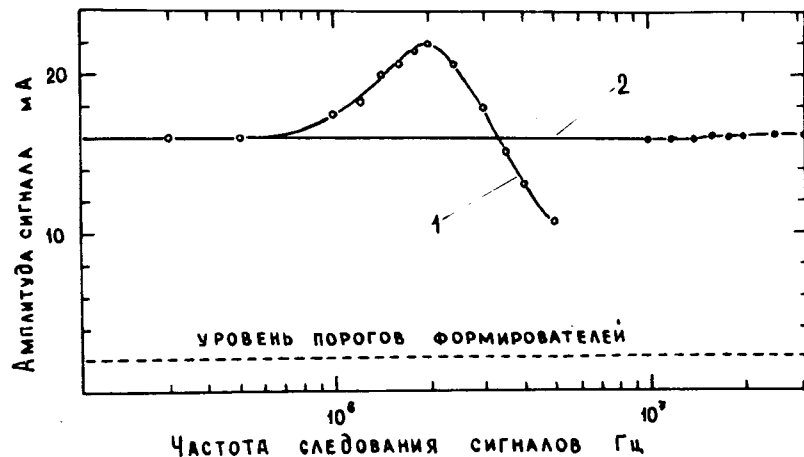


Рис. 2. Зависимость амплитуды сигналов счетчика  $S_1$  от частоты следования при засветке от светодиода в обычном режиме питания /1/ и в случае применения дополнительной "подпитки" трех последних междинодных промежутков /2/.

и 30 мкФ, что обеспечивает эффективную работу счетчиков в счетном режиме до нагрузок  $2 \div 4 \cdot 10^6$  импульсов/с /рис. 2/. Для регистрации и спектрометрирования больших потоков частиц последние три динода фотоумножителей дополнительно подпитываются от высокопоточных стабилизированных источников. Этим обеспечивается возможность проведения корректных амплитудных измерений вплоть до нагрузок  $2 \div 3 \cdot 10^7$  импульсов/с /рис. 2/. Амплитуда сигналов счетчиков не изменяется при варьировании напряжения подпитки отдельного динода в пределах 50÷80 В. Исходя из этого, фотоумножители всех детекторов системы, несмотря на разброс рабочих напряжений питания, подпитываются только от трех высокопоточных источников.

При проведении измерений на выведенных пучках синхрофазотрона режимы работы счетчиков и появление перегрузок при интенсивности в канале выше указанной границы контролируются по напряжению на последнем диноде фотоумножителей. Это напряжение подается к вольтметру с помощью аналогового коммутатора АК <sup>/10/</sup>, синхронизированного с циклом ускорения.

### IV. Характеристики системы

Пороги входных формирователей регистрирующих сигналы счетчиков, ~100 мВ. При этом уровень фоновых отсчетов находится в пределах от нескольких герц до десятков герц. На рис. 3 показаны типичные счетные характеристики счетчика. Характеристики снимались без дополнительной подпитки счетчика на пучке  $\pi^-$ -мезонов /1/ и на интенсивном пучке релятивистских альфа-частиц /2/.

На рис. 4 приведены спектры временного разрешения счетчиков. Видно, что разрешение в основном обусловлено амплитудным разбросом сигналов и может стать вполне приемлемым для проведения времяпролетных измерений, если компенсировать амплитудный разброс /например, формирователем со следящим порогом/.

Для  $dE/dx$ -счетчиков амплитудное разрешение /ширина на полувысоте/ составляет 50-60% для одно-

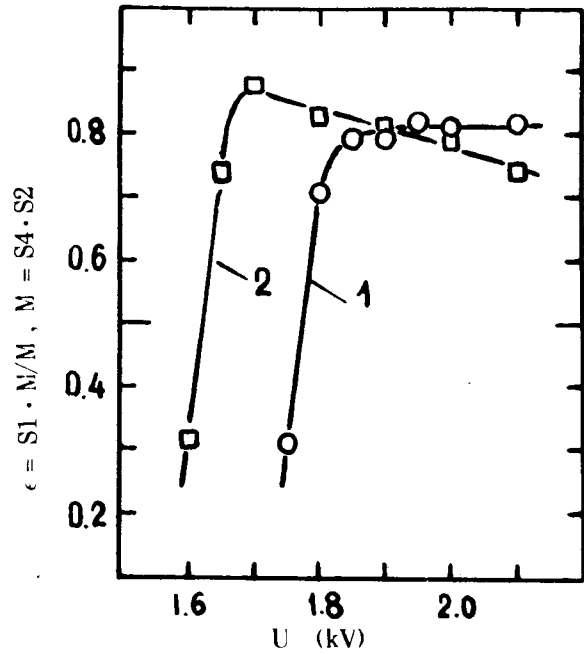


Рис. 3. Счетные характеристики счетчика  $S_1$ , снятые на пучке  $\pi^-$ -мезонов /1/ и альфа-частиц /2/. Зависимости снимались без дополнительной "подпитки" счетчика.

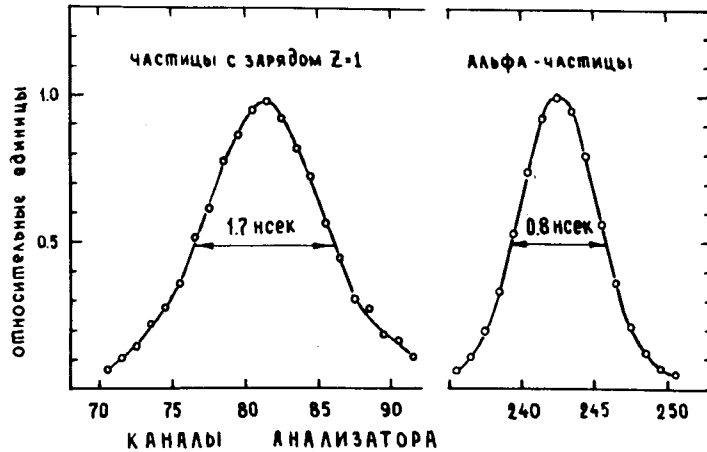


Рис. 4. Спектры временного разрешения счетчиков, снятые с помощью время-амплитудного конвертора и амплитудного анализатора на пучке  $\pi^-$ -мезонов и альфа-частиц.

зарядных частиц и 25-30% для частиц с зарядом  $Z=2$  /рис. 5/. По координатной информации /ПК перед счетчиком/ можно получить зависимость амплитуды сигнала от места прохождения частицы через сцинтиллятор /рис. 6/ и учесть ее для более надежной идентификации частиц.

Возможности быстрой сепарации частиц по величине заряда с помощью дискриминаторов иллюстрирует рис. 7. Здесь приведены полный амплитудный спектр сигналов от частиц за мишенью /1/ и спектр /2/ для случая, когда в логику триггера включено дополнительное условие - амплитуда сигнала меньше порога дискриминатора. Для этого случая коэффициент подавления частиц с зарядом  $Z=2$  в триггере достигает 250.

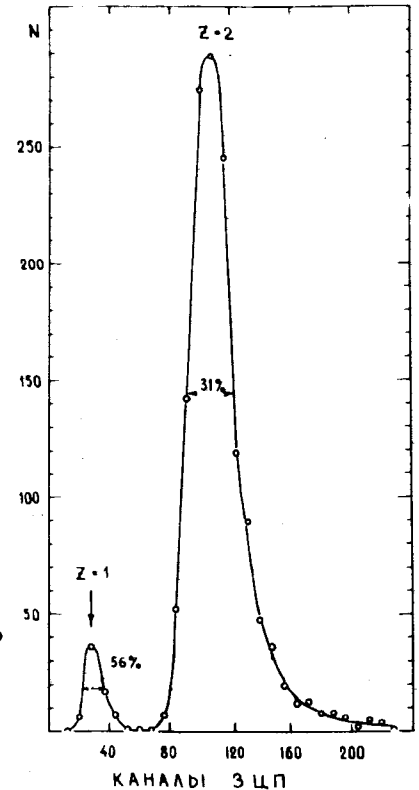


Рис. 5. Амплитудный спектр сигналов счетчика  $S_{VI}$ , полученный с помощью ЗЦП на пучке альфа-частиц. Анализировались только рассеянные частицы.

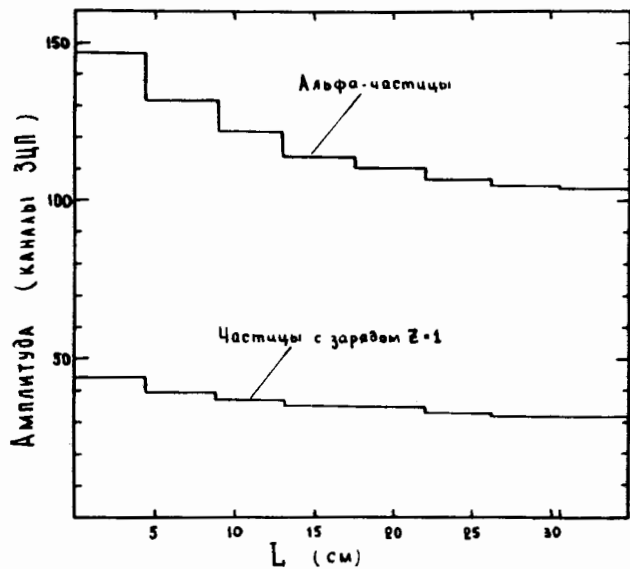


Рис. 6. Зависимость амплитуды сигнала счетчика  $S_{B1}$  от места прохождения частицы через сцинтиллятор. / $L=0$  - место склейки со световодом/.

#### V. Организация работы системы при проведении измерений

Размеры и назначение отдельных счетчиков, использованных в измерениях рассеяния дейтронов и альфа-частиц на водороде и ядрах <sup>2/</sup>, указаны в таблице. Расположение детекторов на пучке и структурная схема электроники установки показаны на рис. 1 и 8.

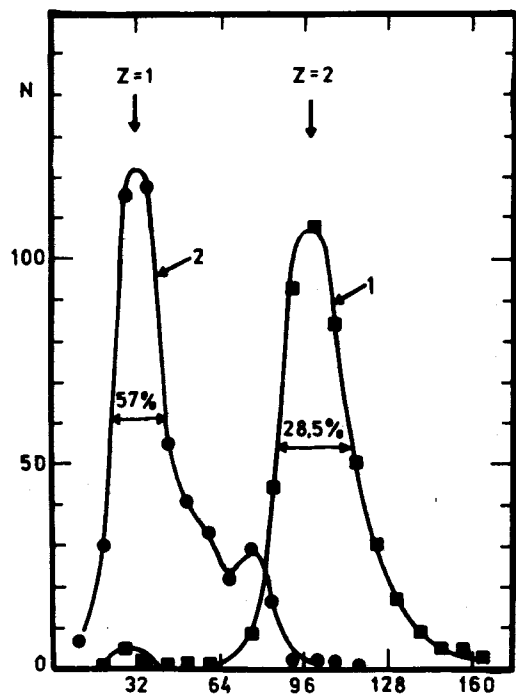
Сцинтилляционный монитор  $M_3 = S_1 \wedge S_2 \wedge S_4 \wedge A_1$  является исходным сигналом для дальнейшей организации работы электроники при регистрации и анализе информации для отдельного события. Этот сигнал используется для стробирования блоков регистрации координатных детекторов /ПК/, спектрометрических каналов /ЗЦП/ и ветвей организации меток.

Таблица

Размеры и назначения отдельных счётчиков

№	Обозначение	Размеры, мм <sup>3</sup>	Z - координата, см (центр мишени Z=0)	Назначение
1	S <sub>1</sub>	50x50x5	- 768	монитор, контроль интенсивности
2	S <sub>2</sub>	50x50x5	- 352	" "
3	S <sub>4</sub>	50x50x5	- 342	" "
4	S <sub>3</sub>	100x100x5	- 347	монитор, амплитудный анализ
5	A <sub>1</sub>	150x150x10	φ 50	монитор
6	S <sub>B1</sub>	350x200x10	665	триггер, амплитудн. анализ
7	S <sub>B2</sub>	350x200x10	665	" "
8	S <sub>B3</sub>	250x250x10	749	" "
9	S <sub>5</sub>	50x50x5	915	контроль эффективности
10	S <sub>6</sub>	100x100x10	920	" "

Сепарация частиц в мониторе, подавление фона однозарядных частиц при работе с альфа-частицами, производится снижением напряжения питания  $\sim$  на 200 В/мониторных счетчиков  $S_1, S_2, S_4$  относительно рабочей точки для однозарядных частиц. В сеансах и при последующей обработке контроль содержания однозарядных частиц в альфа-пучке осуществляется по относительной величине ионизационных потерь энергии частиц в сцинтилляторе счетчика  $S_3$  /информация с ЗЦП/. При стробировании ЗЦП сигналом  $M_s$  уровень однозарядных частиц в амплитудном спектре  $S_3$  не превышает  $\sim 10^{-3}$ .



Каналы зарядово-цифрового преобразователя

Рис. 7. Полный амплитудный спектр сигналов счетчика  $S_B$ , снятый на пучке альфа-частиц /1/, и спектр /2/ для частиц, отобранных быстрым анализом по условию - амплитуда сигнала меньше заданной величины.

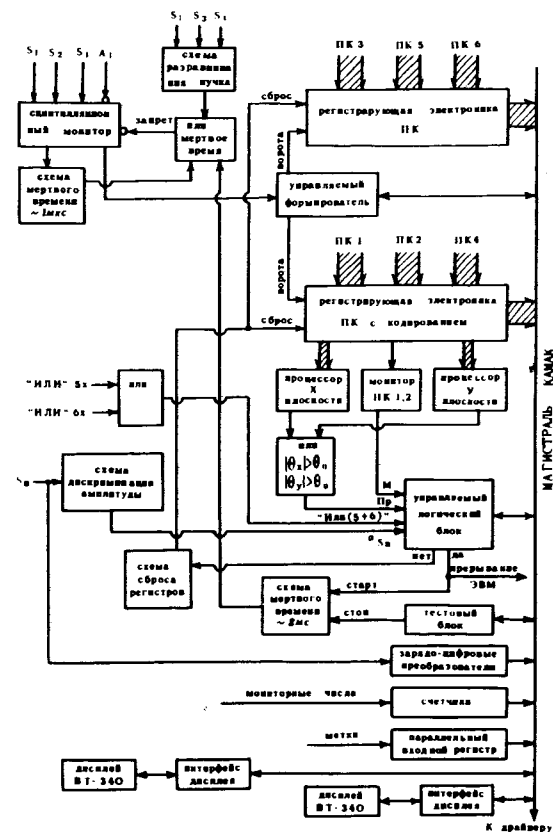


Рис. 8. Структурная схема электроники установки.

Быстродействие координатных детекторов установки и системы выделения событий рассеяния позволяет вести рабочие экспозиции при интенсивности в канале  $2 \div 4 \cdot 10^5$  частиц/цикл ускорения, при временной "растяжке"  $0,3 \div 0,4$  с. Поэтому, учитывая наличие временной микроструктуры пучка, для повышения эффективности работы установки /из-за требования однотрековых срабатываний мониторных ПК/ и улучшения качества накапливаемой информации мониторные частицы  $M_s$  отбираются по критерию заданного минимального временного интервала между ними. Это достигается с помощью



схемы "разравнивания" пучка, на которую заводятся сигналы со счетчиков  $S_1, S_3, S_4$ . На каждый сигнал  $(S_1 \wedge S_4) \vee S_3$  схема "разравнивания" /формирователь с продлением/ вырабатывает импульс блокировки длительностью  $\sim 180$  нс, который запирает вход схемы выработки  $M_s$ . После такого отбора в сцинтилляционном мониторе остаются только те частицы, для которых в интервале 180 нс до их регистрации ( $M_s$ ) не было других частиц. Сигнал, соответствующий наличию других частиц в интервале 180 нс после получения  $M_s$ , подается со схемы "разравнивания" на регистр меток /ПВР/ и учитывается при последующей обработке.

Кроме указанной выше блокировки, схема выработки сигнала  $M_s$  блокируется на время  $\sim 1$  мкс/, необходимое для работы систем выделения событий рассеяния, и, если такое событие найдено, время блокировки продлевается для считывания информации в ЭВМ. По окончании считывания по команде с ЭВМ блокировка снимается.

Сигналы монитора, соответствующие выполнению указанных выше критериев отбора, заводятся на десятичные счетчики <sup>15</sup> для определения потока первичных частиц и для оперативного и последующего контроля экспериментальной ситуации /параметры пучка, правильность работы аппаратуры/.

По информации с одного из мониторинговых счетчиков с помощью время-амплитудного конвертора и амплитудного анализатора было установлено наличие значительной временной микроструктуры пучка /скважность  $\sim 10$ /.

Контрольные счетчики  $S_5$  и  $S_6$  располагаются в прямом пучке в конце установки. Схема совпадений  $S_5 \wedge S_6$ , стробируемая сцинтилляционным монитором  $M_s$ , имеет выход на ПВР. Эта информация используется для определения эффективности установки для тех случаев, когда частица заведомо прошла через весь измерительный тракт.

Измерение ионизационных потерь и идентификация вторичных частиц по величине заряда осуществляются с помощью счетчиков  $S_{B1}, S_{B2}, S_{B3}$ . Схема обработки информации с этих счетчиков показана на рис.9. Сигналы с каждого счетчика разветвляются на формиро-

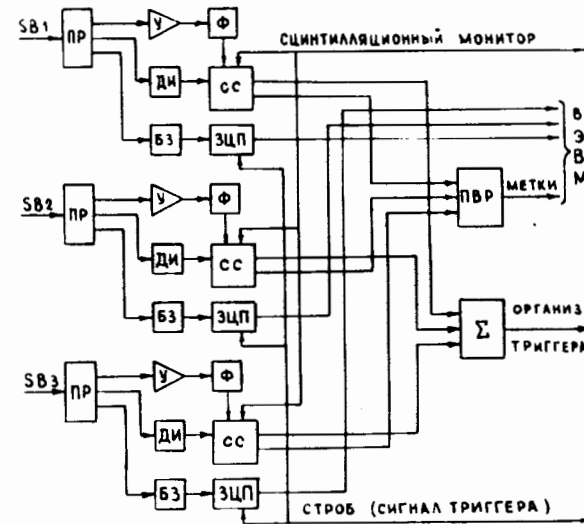


Рис. 9. Схема обработки информации с амплитудных счетчиков. ПР - разветвители, У - усилители, Ф - формирователи, ДИ - интегральные дискриминаторы, БЗ - линии задержки, СС - схемы совпадений, Σ - смеситель.

ватель, интегральный дискриминатор /быстрый анализ/ и ЗЦП. Решение быстрого анализа - рассеянная частица попала в выходную апертуру установки, и амплитуда сигнала счетчика для этой частицы больше /меньше/ заданной величины /совпадения /антисовпадения/ сигналов  $M_s$ , формирователя и дискриминатора/ - подается на УЛБ и ПВР. Этот критерий используется для организации триггера, выделяющего, например, для реакции  $\alpha + A$  события рассеяния с условием, что заряд вторичной частицы равен двум. Часть сигнала, ответвленная в спектрометрический тракт, сначала заводится в линию задержки на время решения систем отбора /1 мкс/ и затем стробируется на входе в ЗЦП импульсом совпадений задержанного монитора  $M_s$  и триггер-сигнала. Такая схема регистрации /пуск ЗЦП для отобранного события/ обусловлена значительным / 25 мкс/ временем преобразования блока.

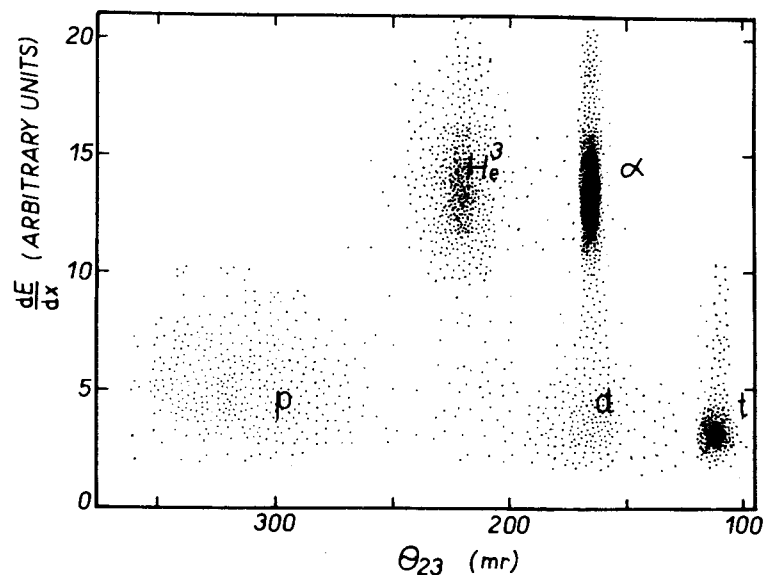


Рис. 10. Распределение одноканальных событий  $\alpha + A$  рассеяния по углу отклонения  $\theta_{23}$  в анализирующем магните и по величине сигнала  $dE/dx$  - счетчиков  $S_{Bi}$ .

Оперативный контроль логической части и спектрометрических каналов системы, а также текущий анализ экспериментальной ситуации в процессе экспозиции производится с помощью комплекса обслуживающих он-лайн-программ. С алфавитно-цифровых дисплеев задаются режимы набора и обработки событий, и на них выводится текущая информация: матрицы мониторинжных чисел, амплитудные распределения и т.д. Таким образом оперативно выбирались режимы работы отдельных элементов и производилась юстировка детекторов системы /по координатной информации с ПК/.

## VI. Заключение

Использование системы сцинтилляционных детекторов на выведенных пучках релятивистских ядер синхро-

фазотрона ОИЯИ показало высокую эффективность и надежность ее работы при интенсивности до  $10^6$  частиц/с и наличии значительной временной микроструктуры пучка.

Использование амплитудной информации в сочетании с магнитным анализом позволило надежно идентифицировать продукты реакции /рис. 10/ и существенно расширило возможности отбора событий.

## Литература

1. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, 13-8967, Дубна, 1975.
2. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, 13-10256, Дубна, 1976.
3. Аблеев В.Г. и др. а/ Исследования рассеяния альфа-частиц на протонах и ядрах, б/ Исследование спектров лидирующих адронов... Доклады 448/А6-5 и 447/А6-5 на XVIII Международной конференции по физике высоких энергий /Тбилиси, 15-21 июля 1976 года/. ОИЯИ, Д1,2-10400, Дубна, 1977; ОИЯИ, Р1-10565, Дубна, 1977.
4. Басиладзе С.Г. и др. ПТЭ, 1973, №3, 88.
5. Басиладзе С.Г. ПТЭ, 1975, №3, 89.
6. Черных Е.В. ОИЯИ, 10-7913, Дубна, 1974.
7. Басиладзе С.Г., Парфенов А.И. ПТЭ, 1975, №1, 81.
8. Басиладзе С.Г., Маньяков П.К. ПТЭ, 1974, №2, 82.
9. Басиладзе С.Г., Ли Ван Сун, Парфенов А.И. ПТЭ, 1975, №6, 83.
10. Арефьев В.А., Басиладзе С.Г. ПТЭ, 1974, №2, 79.

Рукопись поступила в издательский отдел 6 апреля 1977 года.