

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Д, 332

P1-88-414

Д.С.Денисов*, О.В.Ерошин*, П.А.Кулинич,
Р.Лейтнер, А.Г.Ольшевский, С.А.Половников*,
Р.Толедо

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРИГГЕРА
НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ БЛОКОВ
ДВУМЕРНОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПРОЦЕССА
ОБРАЗОВАНИЯ КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ

Направлено в журнал "Приборы и техника
эксперимента"

* Институт физики высоких энергий, Серпухов

1988

ВВЕДЕНИЕ

На установке СИГМА-АЯКС проводится эксперимент по изучению процессов с образованием кумулятивных протонов. Экспериментальная установка включает в себя систему пучковых детекторов, передний магнитный спектрометр с времяпролетным годоскопом и широкоапертурным черенковским счетчиком, а также спектрометр частиц, вылетающих в заднюю полусферу^{/1,2/}.

Первоначально^{/1/} в качестве триггера использовался сигнал "Триггер"- $S \cdot \bar{A} \cdot S_3 \cdot NB_2 \cdot TOF_B \cdot C_1 \cdot \bar{A}_\mu$, где $S \cdot \bar{A}$ -сигналы с пучковых сцинтилляционных детекторов. Однако среди зарегистрированных событий было много фоновых и не интересующих нас процессов с вылетом в заднюю полусферу пионов. Для отбора кумулятивных протонов были использованы программируемые блоки двумерного анализа на основе быстродействующих АЦП^{/3/}.

СПЕКТРОМЕТР ЧАСТИЦ, ВЫЛЕТАЮЩИХ В ЗАДНЮЮ ПОЛУСФЕРУ

Частицы, вылетающие в заднюю полусферу, регистрировались спектрометром (рис.1), включающим:

- систему пропорциональных камер $PC_{15} + PC_{16}$ для определения траектории частиц;
- сцинтилляционный счетчик S_3 и сцинтилляционный годоскоп NB_2 для выделения заряженных частиц, вылетающих в интересующем нас телесном угле;
- сцинтилляционный времяпролетный годоскоп TOF_B площадью $80 \times 65 \text{ см}^2$, состоящий из 8-ми счетчиков размером $65 \times 10 \times 1,5 \text{ см}$ с двумя ФЭУ типа $EM19954$ ^{/4/} на обоих концах^{/2/} (временное разрешение $\sigma \approx 0,2 \text{ нс}$);
- сцинтилляционный калориметр полного поглощения, состоящий из двух одинаковых восьмисекционных спектрометров C_1 и C_2 ^{/5/} с размером $120 \times 64,8 \times 25 \text{ см}$ (энергетическое разрешение около 6% для протонов с энергией 200 МэВ);
- сцинтилляционные счетчики активной защиты $A_{\mu 1} + A_{\mu 2}$ для уменьшения влияния фона со стороны ускорителя и исключения энергичных частиц из мишени, прошедших калориметр насквозь;
- кроме того, для временных измерений использовался сцинтилляционный счетчик^{/2/} S_{TOF} размером $10 \times 10 \times 1,5 \text{ см}$ с двумя ФЭУ типа $EM19954$, расположенный в пучке ($\sigma \approx 0,2 \text{ нс}$).

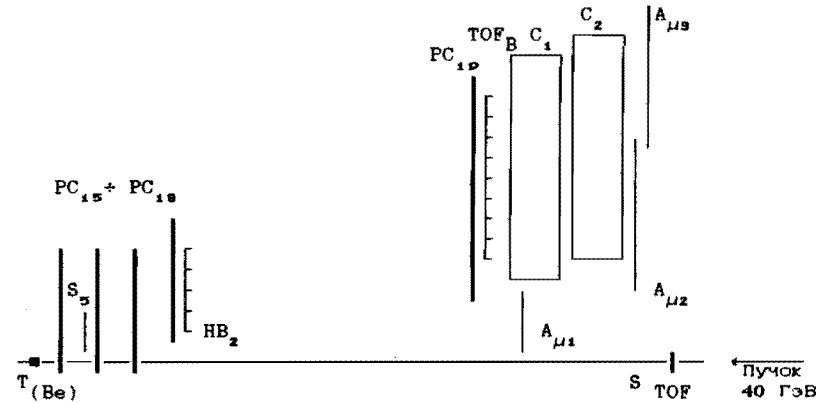


Рис. 1. Спектрометр частиц, вылетающих в заднюю полусферу.

Таким образом, элементы заднего спектрометра и пучковой системы позволяли наряду с координатной информацией измерять время пролета частиц и их энергию на выходе из мишени (для π - мезонов: $T_\pi \approx 9 \pm 17 \text{ нс}$, $E_\pi \approx 30 \pm 160 \text{ МэВ}$; для протонов: $T_p \approx 13 \pm 26 \text{ нс}$, $E_p \approx 70 \pm 310 \text{ МэВ}$ с учетом потерь энергии в веществе детекторов S_3, NB_2, TOF_B, C_1).

Для выделения кумулятивных протонов в заднем спектрометре при *off-line* обработке сигналы со всех 16-ти ФЭУ времяпролетного годоскопа TOF_B регистрировались с помощью преобразователя "время-код" (ПВК), как описано в работе^{/2/}. Сигналы с анодов ФЭУ (16 каналов) сцинтилляционного калориметра подавались на 10-битные преобразователи "заряд-код" (ПЗК). После восстановления треков производилась идентификация частиц, давших сигналы в соответствующих элементах TOF_B и C_1, C_2 .

На рис.2^{/1/} показан спектр масс частиц, полученный при *off-line* обработке. При таком триггере доля протонов в спектре масс частиц, зарегистрированных задним спектрометром, составляет около 15%. Кроме того, восстановленные треки проходили через мишень лишь в 30-50% зарегистрированных событий. Остальные события, в основном, обусловлены ложными запусками установки фоновыми частицами, не вылетающими из мишени, или случайными совпадениями.

Большое число ложных триггеров было вызвано

малоэнергичными частицами, вылетающими из магнита. Число таких событий можно существенно уменьшить, используя пассивную защиту вокруг мишени (что и было сделано) и накладывая требования на времена срабатывания счетчика S_5 и TOF_B . Так, для частиц, вылетевших из мишени в результате взаимодействия пучковой частицы, отношение времен пролета до вышеуказанных детекторов должно приблизительно соответствовать отношению расстояний до этих детекторов. Для частиц с малым импульсом, повернутых магнитом в аперттуру заднего спектрометра, а также для событий с фоновыми частицами, летящими от ускорителя, такая пропорция должна нарушиться.

ВКЛЮЧЕНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ БЛОКОВ ДВУМЕРНОГО АНАЛИЗА

С целью улучшения селектирования кумулятивных протонов в триггер были дополнительно включены два программируемых блока двумерного анализа (ПБА), представляющие, по существу, элементы триггера второго уровня.

Функциональная схема ПБА приведена в работе ^{/3/}. Кратко напомним, что этот блок КАМАК состоит из двух 5-битных преобразователей "заряд-код", памяти 1024×1 , управляющих и интерфейсных элементов. Заряд определяется путем интегрирования входного тока в течение времени от появления импульса "Старт" до прихода сигнала "Стоп" (для измерения времени используется встроенный генератор тока, подключаемый с помощью внешнего кабеля на вход).

По адресу (10 бит), полученному в результате работы обоих преобразователей, из памяти извлекается "0" или "1", записанные при программировании блока из ЭВМ. Этот выходной сигнал появляется через ≈ 110 нс после начала работы блока и может быть использован для включения в "Триггер". Сигнал "Занято" длительностью $\approx 0,4$ мкс используется для блокировки последующих запусков блока на время восстановления элементов преобразователей "заряд-код".

Цифровые коды с выхода преобразователей могут быть прочитаны в ЭВМ, что используется на этапе калибровки каналов. Для калибровки временной шкалы применялись управляемая задержка и

регулируемый внутренний генератор тока. Калибровка энергетической шкалы осуществлялась с помощью сигналов от мюонов, выделяющих в каждой секции калориметра ≈ 60 МэВ. При необходимости можно изменить коэффициенты преобразования каждого канала ПБА путем изменения опорного напряжения, подаваемого на быстрый параллельный АЦП ^{/3/}.

Программирование блока осуществляется по магистрали КАМАК путем заполнения 1024 ячеек памяти, которые удобно представить в виде матрицы 32×32 , где номер строки или столбца характеризует величину входного параметра (то есть цифровой код на выходе соответствующего преобразователя "заряд-код"). Заполнение этой матрицы можно произвести, воспользовавшись результатами калибровки и необходимыми расчетными соотношениями, а также можно, первоначально не включая ПБА в триггер, накопить интересующий нас двумерный спектр в ЭВМ, а затем, после анализа этого спектра, запрограммировать соответственно матрицу.

Блок-схемы включения обоих ПБА показаны на рис.3,4.

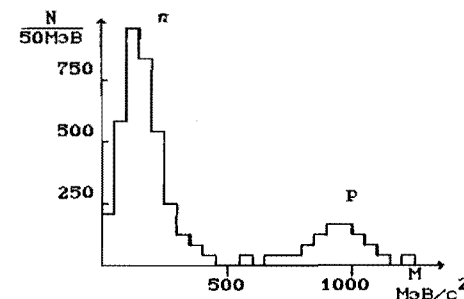


Рис.2. Спектр масс частиц, зарегистрированных задним спектрометром при прежнем триггере.

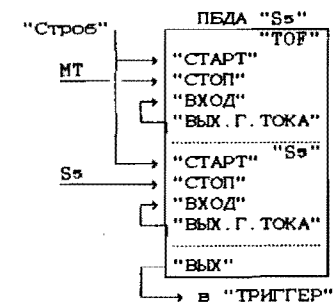


Рис.3. Блок-схема включения ПБА "S5". "Строб" - сигнал с системы пучковых детекторов.

ПБА "S5" использовался для выделения частиц, вылетающих из мишени и проходящих последовательно счетчики S_5 и TOF_B . Исходя из того, что расстояние от мишени до счетчика S_5 составляло $\approx 1/6$ расстояния от мишени до TOF_B , при программировании этого блока "единицами" заполнялись те ячейки матрицы 32×32 , которые удовлетворяли соответствующему условию, связывающему времена пролета. При этом учитывалось изменение времени срабатывания

счетчика S_2 в зависимости от скорости (β) протона. Счетчик S_2 размером 20x25x0,5 см просматривался с помощью ФЭУ-85, и сигнал с него подавался на вход обычного формирователя, поэтому в зависимости от амплитуды изменялось время появления сигнала " S_2 " ($\Delta t \approx 1,5$ нс). С учетом калибровки матрица памяти этого блока была запрограммирована, как показано на рис.5.

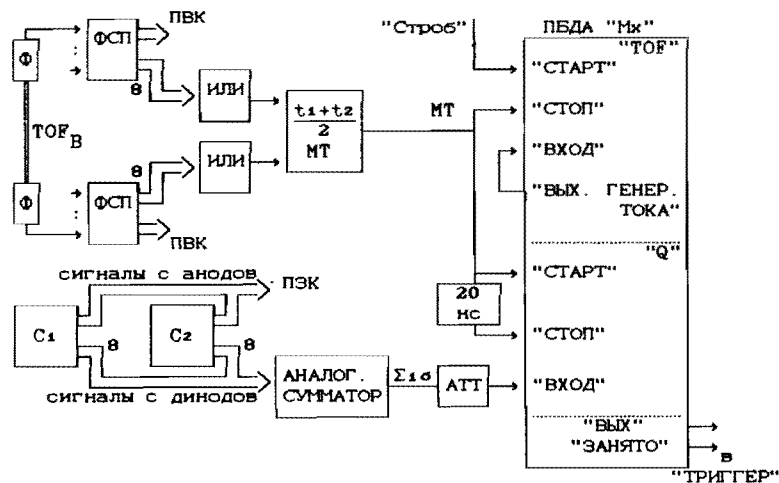


Рис. 4. Блок-схема включения ПБДА "Мх":
 Ф - фотоумножитель; ФСП - формирователь со следящим порогом; МТ - устройство выработки сигнала полу-суммы времен; "20 нс" - кабель формирования строба; С₁, С₂ - калориметр; "Строб" - сигнал с системы пучковых детекторов; АТТ - аттенуатор.

На ПБДА "Мх" временная и амплитудная информация поступала с многоканальных детекторов, поэтому для предварительного "суммирования" использовались схемы "ИЛИ" и аналоговый сумматор. Сигналы на входы блоков "ИЛИ" подавались через кабели подобранной длины (с точностью $\approx 0,3$ нс), что позволяет компенсировать временной разброс в ФЭУ и ФСП.

Путем изменения высоковольтного напряжения сигналы с последнего динода каждого ФЭУ подбирались равными друг другу с точностью $\approx 4\%$, а затем подавались на входы аналогового сумматора. С его выхода инвертированный сигнал поступал на вход ПБДА через аттенуатор.

Программирование ПБДА "Мх" проводилось исходя из результатов калибровок и соотношений между временем пролета и кинетической энергией. При этом учитывалось наличие вещества на пути частицы. Для режекции низкоэнергетических частиц, энергия которых определяется с большой ошибкой, в энергетическом канале был введен порог ≈ 12 МэВ над пьедесталом.

Для проверки правильности калибровок и расчетной матрицы были проанализированы двумерные спектры, полученные при чтении ПБДА (без включения сигнала с ПБДА в триггер), на которых хорошо видны протонный и π -мезонный "хребты", рис.6.

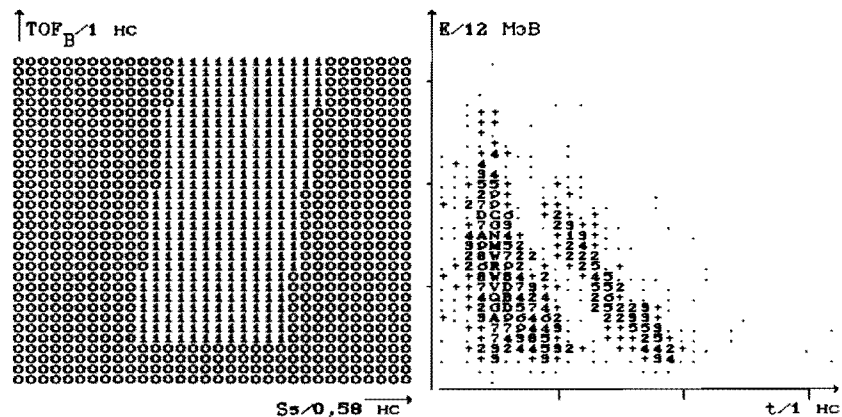


Рис. 5. Содержание матрицы памяти ПБДА "S₂".
 Пьедесталы по шкале:
 S₂ - 16 каналов,
 TOF_B - 4 канала.

Рис. 6. Двумерный спектр, полученный с помощью ПБДА "Мх".
 Пьедесталы по шкале:
 времени - 3 канала,
 энергии - 1 канал.

Так как при *off-line* обработке для проверки временных каналов можно использовать быстрые π -мезоны, то часть из них была "пропущена" в той области матрицы памяти, которой соответствуют энергии $\approx 140+170$ МэВ и малое время пролета.

На рис.7 приведена результирующая матрица памяти, использованная в ПБДА "Мх". Для улучшения работы при малых значениях входных параметров были введены "пьедесталы": по шкале времени - 3 канала, по шкале энергии - 1 канал. Это позволяло контролировать долговременную стабильность параметров детекторов и электроники.

В этой матрице "I" заполнены ячейки, соответствующие массам $\geq 450 \text{ МэВ}/c^2$, и ячейки, соответствующие быстрым π -мезонам. "I" в нижнем ряду соответствуют высокоэнергичным ($\geq 360 \text{ МэВ}$) частицам, приводящим к переполнению энергетической шкалы, если таковые имеются (при превышении входным сигналом уровня опорного напряжения параллельного АЦП на его выходе появляется код "0"-номер нижней строки).

Работа с ПБДА заключалась в следующем. Были написаны программы, которые производили необходимые расчеты для получения содержимого матриц памяти ПБДА и заносили его через магистраль КАМАК в блоки. Содержимое этих матриц копировалось на диск, а затем периодически (\approx раз в сутки) производилось чтение памяти ПБДА и сравнение его содержимого с "эталоном" на диске. После включения питания крейтов КАМАК, в которых находились ПБДА, в память этих блоков записывалось необходимое содержимое.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На рис.8 приведен спектр масс частиц, зарегистрированных задним спектрометром при включении в триггер обоих ПБДА. Видно, что относительная доля π -мезонов существенно сократилась по сравнению с рис.2, причем их количество может быть программно изменено во время сеанса путем уменьшения числа "I" в области энергичных π -мезонов или путем сдвига границы в сторону больших масс. Кроме того, возросла эффективность восстановления треков в заднем спектрометре ($\approx 75\%$), как результат улучшения временной селекции с помощью ПБДА "Ss".

На рис.9 показан двумерный спектр, характеризующий работу ПБДА "Mx". В случае "идеальной" работы этого блока все точки на двумерном спектре ($Mx_{\text{ПБДА}}, Mx_{\text{off-line}}$) должны лежать вблизи диагонали. Однако эффект квантования в ПБДА (особенно при малых временах для π -мезонов и низких энергиях для протонов) и ошибка, возникающая при определении β частиц (крайние элементы ТОФВ находятся на расстояниях, отличающихся от среднего на 4,5%, а сигналы с них суммируются схемой "ИЛИ"- то есть берутся усредненные параметры), приводят к ошибке в величине $Mx_{\text{ПБДА}}$.

Кроме того, фоновые частицы искажают как амплитудную, так и временную информацию, поступающую на входы ПБДА, а при off-line обработке их влияние существенно ослабляется за счет

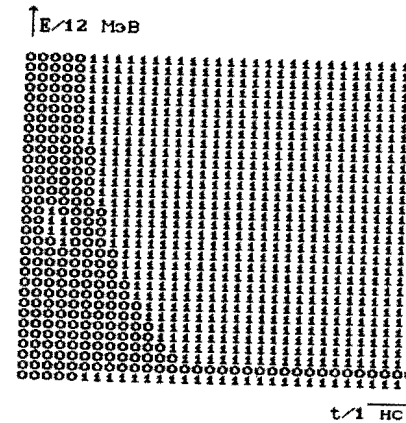


Рис.7. Содержимое матрицы памяти ПБДА "Mx".
Пьедесталы по шкале:
времени- 3 канала,
энергии- 1 канал.

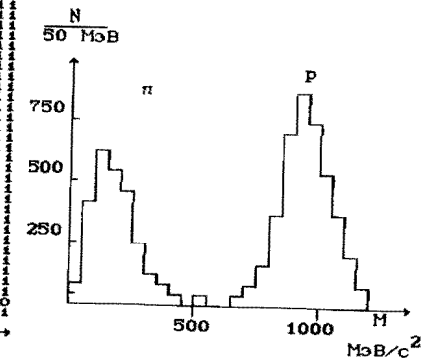


Рис.8. Спектр масс частиц, зарегистрированных задним спектрометром при включении в триггер обоих ПБДА (off-line результат).

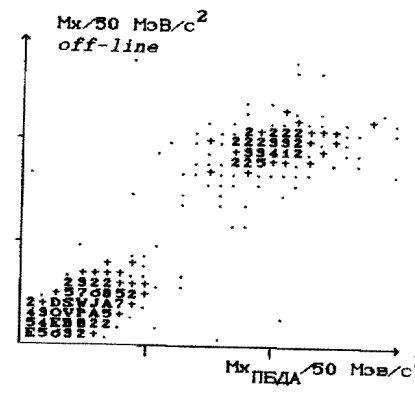


Рис.9. Двумерный спектр: ось X - масса ПБДА "Mx", ось Y - масса при off-line обработке (без включения ПБДА в "Триггер").

пространственной селекции. Видно, однако, что селектирование протонов с помощью ПБДА "Mx" за время $\approx 110 \text{ нс}$ весьма эффективно. Так, при кинетической энергии протонов $\geq 75 \text{ МэВ}$, вылетевших из мишени (≥ 3 каналов ПБДА "Mx" над пьедесталом), и пороге по массе $450 \text{ МэВ}/c^2$ получена оценка эффективности выделения протонов $\geq 98\%$.

Опыт эксплуатации ПБА в течение трех месячных сеансов на установке СИГМА-АЯКС и результаты последующей обработки полученной информации показывают перспективность использования подобной аппаратуры для организации триггера.

Программируемость и, как следствие, гибкость таких блоков позволяют использовать их и в других экспериментах, где для отбора полезных событий необходимо анализировать несколько аналоговых параметров.

Надежность и достаточная стабильность параметров позволяют использовать ПБА в длительных экспериментах без частых калибровок и проверок матрицы памяти.

Собственное время восстановления ПБА $\approx 0,4$ мкс позволяет эффективно использовать их при нагрузках $\leq 10^5$ с⁻¹ и тем самым снизить мертвое время системы приема информации. (В нашем случае оно составляло $\approx 20\%$ и в основном определялось временем считывания информации в ЭВМ.)

Авторы выражают благодарность коллективу сотрудничества СИГМА-АЯКС за полезные обсуждения, поддержку работы и помощь при настройке и эксплуатации элементов триггерной системы.

Литература

1. Антипов Д.М. и др. ИФВЭ, 87-153, Серпухов, 1987.
2. Антипов Д.М. и др. ИФВЭ, 88-52, Серпухов, 1988.
3. Кулинич П.А., Толедо Р. ОИЯИ, РЮ-87-112, Дубна, 1987.
4. THORN EMI Electron Tubes Ltd. 1982/a.
5. Антипов Д.М. и др. ОИЯИ, I3-87-344, Дубна, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел

10 июня 1988 года.

Денисов Д.С. и др.

P1-88-414

Организация триггера на базе программируемых блоков двумерного анализа для выделения процесса образования кумулятивных протонов

Описывается организация триггера на базе программируемых блоков двумерного анализа для выделения процесса образования кумулятивных протонов на установке СИГМА-АЯКС. Селектирование протонов и пионов по массе производится на основе анализа времени пролета и кинетической энергии частиц. Для подавления фона случайных запусков используется блок, анализирующий времена пролета частицы через два сцинтилляционных счетчика, расположенных на разных расстояниях от мишени. Использование программируемых блоков двумерного анализа на основе быстродействующих АЦП позволило осуществить функции триггера второго уровня за ~ 110 нс и уменьшить количество запусков установки в 5-10 раз.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Denisov D.S. et al.

P1-88-414

Organization of Trigger for Selection of Cumulative Proton on the Base of Programmed Blocks for Two-Dimensional Analysis

Organization of trigger on SIGMA-AJAX setup for selection of the process with the production of cumulative protons is described. The programmed blocks for two-dimensional analysis on the base of Flash ADC are used. The time-of-flight and kinematic energy of particles are used for mass selection of protons and π -mesons by unit. The second unit is used to decrease the background effect. So, the time-of-flight information from a pair of scintillation counters situated at different distances to a target is analysed. The usage of the second level trigger programmed units on the basis of fast ADC permits to decrease the trigger rate by 5-10 times and takes only 110 ns for analysis.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988