

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4 281

13-88-130

Д.Адам, А.В.Банников, Я.Бэм, Л.С.Вертоградов,
С.Высочил, А.К.Джавришвили*, П.Завада,
З.В.Крумштейн, Т.А.Ломтадзе*, З.Михайи,
А.А.Николина, В.И.Петрухин, К.Пишка,
В.В.Токменин, Н.Н.Хованский, Б.А.Хоменко,
Э.Г.Цхададзе*, К.Шафарик, Г.А.Шелков, Я.Яни

АППАРАТУРА ОТБОРА СОБЫТИЙ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ
ПО ИЗУЧЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ $\mu^+\mu^-$ -ПАР
НА МАГНИТНОМ СПЕКТРОМЕТРЕ
СО СТРИМЕРНОЙ КАМЕРОЙ

Направлено в журнал "Приборы и техника
эксперимента"

*Институт физики АН ГССР, Тбилиси

где \sum_1^{H4} — логический сумматор сигналов от 48 элементов годоскопа H4 (MC48). Схемное решение МПО, длина и тип соединительных кабелей, место расположения блока MC48 были оптимизированы на минимум задержки сигнала "Строб" (СТБ) относительно момента прохождения части пучка через стримерную камеру с таким расчетом, чтобы защелкивание информации от годоскопов H1 ÷ H4 этим сигналом в регистрах памяти происходило через 15 ÷ 20 нс после появления сигналов с детекторов.

Зафиксированная в регистрах информация поступала на процессор отбора событий, где по набору критериев осуществлялся поиск решения, соответствующего образованию пары $\mu^+\mu^-$.

Сигналами с выхода процессора запускались высоковольтная система /6,7/ стримерной камеры, система фоторегистраторов и считывание зарегистрированной информации в ЭВМ /8,9/.

На рис. 2 приведена блок-схема процессора отбора событий с рождением $\mu^+\mu^-$ -пар. Здесь горизонтальные магистрали H1, H2, H3 и H4 несут информацию от соответствующих регистров памяти, т.е. каждая магистраль представляет один из годоскопов мюонного телескопа.

Сигналы от регистров через кластерные фильтры и сумматоры, объединяющие по два канала (ФС2-1, ФС2-2, ФС2-3), поступают на три идентичные 64-канальные мажоритарные схемы совпадений (МСС-1, МСС-2, МСС-3). Мажоритарность совпадений задается критериями отбора (К-1, К-2, К-3), определяемыми и уточняемыми в условиях эксперимента.

Для каждого взаимодействия по годоскопу H3 вычислялось расстояние ΔY между крайним правым (Y_n) и крайним левым (Y_n) детекторами, сигналы от которых были зафиксированы в регистрах памяти. Если $\Delta Y = |Y_n - Y_n| \geq C$, где константа C определена критерием отбора (К-С), то такое событие разрешалось для дальнейшего анализа.

Следующим ограничением, накладываемым на сигналы от годоскопов H3 и H4, является выполнение условия:

$$(2\Delta Z + \Delta Y/2) \geq D; \Delta Z = |Z_n - Z_n|,$$

где Z_n, Z_n — координаты сработавших детекторов H4 — самого нижнего и самого верхнего соответственно, а константа D определяется критерием отбора (К-D). Коэффициенты при ΔY и ΔZ учитывают различия в грануляции годоскопов.

Эффективное подавление фона достигается совпадением сигналов, регистрирующих прохождение мюонов через все три годоскопа H1, H2 и H3. Для того чтобы вершина мюонного трека начиналась из области расположения мишеней в стримерной камере, необходимо сигналам от каждого элемента годоскопа H3 разрешить совпадения с сигналами от групп элементов в годоскопах H2 и H1, т.е. определить коридоры, начинающиеся с любого элемента в годоскопе H3 и проходящие через

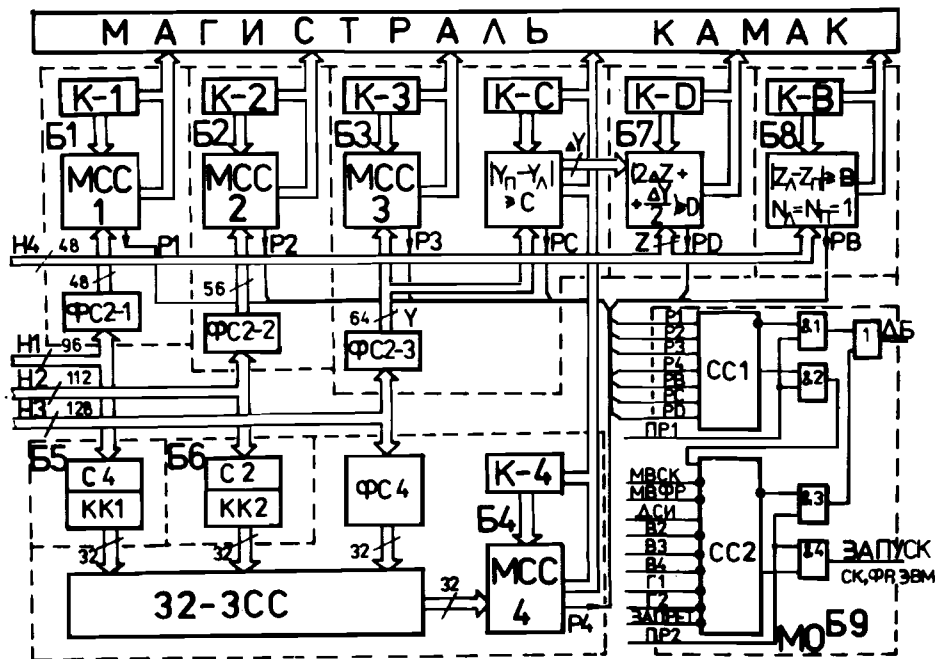


Рис. 2

группы элементов в годоскопах Н2 и Н1. Такая группировка элементов годоскопов, в соответствии с моделированием рождения $\mu^+\mu^-$ -пар методом Монте-Карло, учитывающим многократное рассеяние в свинце и железе, осуществлялась коммутаторами коридоров КК1 и КК2 и затем уточнялась и корректировалась в реальных условиях эксперимента. Логические сумматоры С4, С2 и кластерный фильтр-сумматор ФС4 сокращают количество каналов тройных совпадений до 32. Мажоритарная схема совпадений МСС-4 отбирает акты взаимодействий с рождением мюонов, количество которых определяется критерием (К-4).

Блок Б8 служил для специальных целей тестирования всей установки и отбирал/запрещал события от $\mu^+\mu^-$ -пар с массой $M_{\mu\mu} \leq 1 \text{ ГэВ}/c^2$ (критерий (К-В)).

Совместное включение всех разрешающих сигналов P1,...,PD от функциональных блоков Б1,...,Б7 и проверка соответствия зарегистрированного взаимодействия критериям отбора димюонного события осуществлялись в модуле отбора (МО) задержанным на время решения ($\approx 150 \text{ нс}$) сигналом "Строб" из МПО — PR1, т.е.

$$\mu\mu = P1 \cdot P2 \cdot P3 \cdot P4 \cdot PC \cdot PD \cdot PR1.$$

В случае, если первая проверка не выявляла событие-кандидат ($\mu\mu$) из-за отсутствия хотя бы одного разрешающего сигнала, то модуль МПО деблокировался сигналом ДБ.

Выявленное первой проверкой событие-кандидат повторно проверялось сигналом PR2 с выхода МСЧ в соответствии с логической функцией:

$$T = PR2 \cdot (\mu\mu) \cdot \overline{MBCK} \cdot \overline{MBФР} \cdot ДСИ \cdot \overline{B2} \cdot \overline{B3} \cdot \overline{B4} \cdot \overline{Г1} \cdot \overline{Г2} \cdot \overline{ЗАПРЕТ}.$$

Здесь MBCK и MBФР — мертвые времена высоковольтной системы и системы фоторегистраторов; ДСИ — сигнал, соответствующий длительности сброса интенсивности пучка на мишень транспортирующего канала; "Запрет" — сигнал из МПО, запрещающий положительное решение в случае обнаружения нескольких пучковых частиц в $\pm 100 \text{ нс}$ временной окрестности взаимодействия.

Сигналом с выхода МО запускались высоковольтная система стримерной камеры, система фоторегистраторов и начиналось считывание через магистраль КАМАК в ЭВМ ЕС 1040 информации, зарегистрированной в регистрах памяти и статусных регистрах аппаратуры отбора.

По окончании передачи данных зарегистрированного события в ЭВМ и в случае отрицательного результата второй проверки в МПО выдавался сигнал ДБ, деблокирующий аппаратуру отбора для регистрации нового события.

Таким образом, алгоритм распараллеливания поиска димюонного события одновременно в шести блоках аппаратуры отбора Б1 ÷ Б4, Б7 по "независимым" мягким критериям для каждого блока исключал опасность выборки только ограниченного круга процессов с рождением $\mu^+\mu^-$ -пар, но обеспечивал совместным включением всех критериев высокую степень подавления фона $\approx 10^{-6}$.

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

МПО — модуль предварительного отбора. В этом блоке (рис. 3) обрабатывается информация от пучковых детекторов, находящихся в непосредственной близости от стримерной камеры. Основное назначение блока — в возможно короткое время выявить взаимодействие в одной из мишеней камеры, выработать сигнал "Строб", защелкивающий информацию от годоскопов в регистрах памяти, и на время решения аппаратурой отбора для каждого отдельного акта взаимодействия заблокировать появление нового сигнала "Строб", а деблокирующим сигналом процесс предварительного отбора возобновить. Помимо этого блоком выполняется еще одна операция — это поиск и идентификация сгустков пучковых частиц, падающих на мишени. Особенно важно их обнаружение в некоторой временной окрестности акта взаимодействия ($\pm 100 \text{ нс}$). Необходимость выявления подобных сгустков и последующего запрета анализа в аппаратуре отбора возникает из невозможности отделить частицу из сгустка от вторичных частиц взаимодействия на этапе отбора. А это, в свою очередь, приводит к увеличению числа фоновых запусков стримерной камеры и системы фото-

регистраторов. Идентификатор сгустков выполнен на элементах M26, M28, M29, M7 ÷ M11.

В блоке имеется два канала четверных M22 и M23 схем совпадения, работающих от одних входов C1 ÷ C4, один из каналов на элементе M23 блокируется на время решения в аппаратуре отбора и на время считывания зафиксированной информации в ЭВМ. Второй канал на

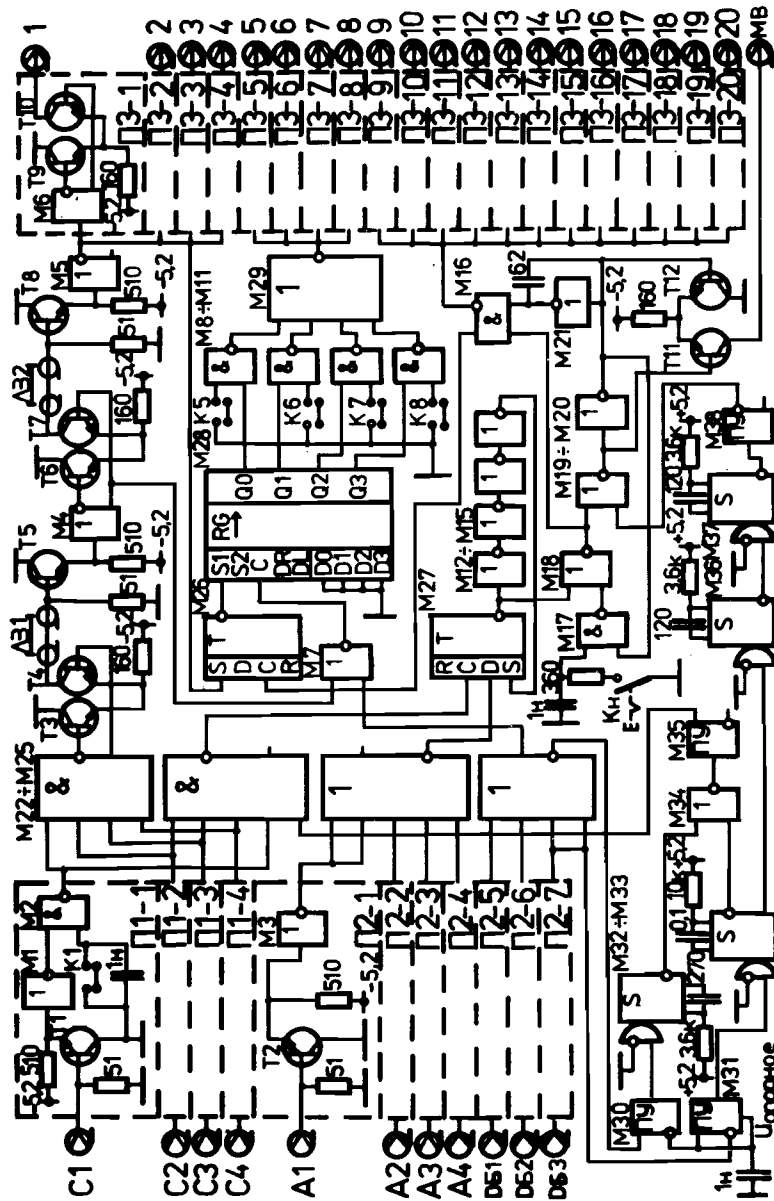


Рис. 3

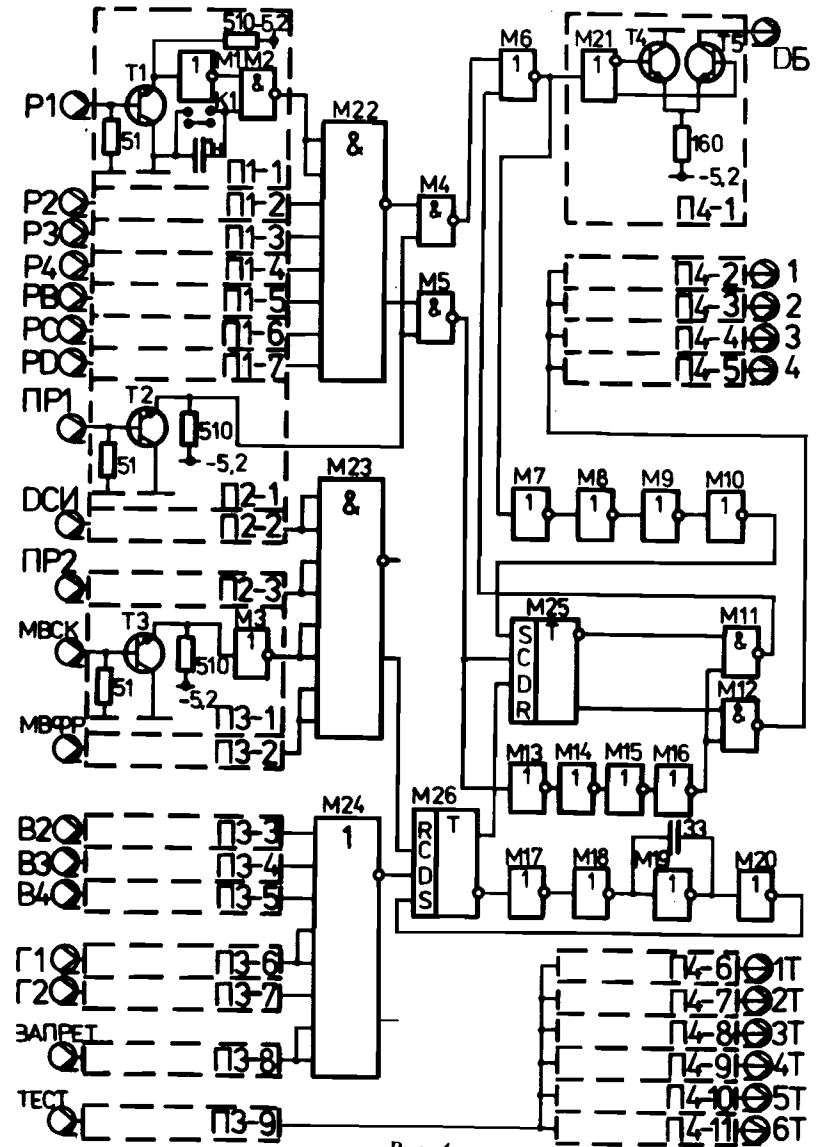


Рис. 4

элементе M22 не блокируется и используется через выходы 1, 2, 3 и 4 для контроля качества и интенсивности пучка первичных частиц. На элементах M24 и M27 по входам A1 ÷ A4 выполнен высокоэффективный канал антисовпадений.

Формирование сигналов "Строб" и их блокирование осуществляется на элементах M27, M12 ÷ 21 и ПЗ-9 ÷ 20. Деблокирование по входам ДБ1 ÷ ДБ3 на элементах M25, M30 ÷ M38.

Время, в течение которого предварительный отбор запрещен, называется мертвым временем МПО, а соответствующий выходной сигнал — МВ. Этот сигнал использовался для блокирования монитрных счетов. Суммарная задержка сигналов "Строб" относительно входов С1 ÷ С4 составляла ≈ 30 нс. Блок выполнен в механическом стандарте КАМАК двойной ширины и потребляет 1,2 А (-5, 2 В) и 0,2 А (+5, 2 В).

Модуль отбора мюонов (МО). В блоке обрабатываются разрешающие сигналы от всех функциональных модулей аппаратуры отбора (P1 ÷ PD), сигналы вето- и галосчетчиков, мертвые времена высоковольтной системы стримерной камеры, системы фоторегистраторов и длительности сброса интенсивности на мишень канала.

Основное назначение блока — по сигналам первой и второй проверок (ПР1 и ПР2) от МПО и МСЧ выявить событие-кандидат на мюонную пару и в этом случае выдать разрешающий сигнал на его регистрацию или в случае отрицательного решения — сигнал, деблокирующий процесс отбора для выявления нового акта взаимодействия.

На принципиальной схеме МО (рис. 4) наличие разрешающих входных сигналов P1 ÷ PD от соответствующих функциональных блоков аппаратуры отбора проверяется на элементах M22, M4 и M5 сигналом ПР1. В результате проверки появляется либо положительное решение на элементе M5, либо отрицательное на элементе M4 с последующим через M6, M21 сигналом деблокировки ДБ. Второй этап проверки (ПР2) осуществляется на элементах M23, M26, M25 и M11 ÷ M16. Сигнал, соответствующий положительному результату проверки, через элемент M12 и выходы 1, 2, 3, 4 служит стартом для регистрации найденного и зафиксированного события. Отрицательный результат проверки через элемент M11 снова приводит к деблокированию МПО. На элементах M24, M26 и M17 ÷ M20 собран канал запрета положительного решения по любому из входов В2, В3, В4, Г1, Г2 и "Запрет".

Модуль отбора изготовлен в блоке КАМАК двойной ширины (определяется загруженностью передней панели блока разъемами и переключателями). Ток потребления $\approx 0,5$ А (-5,2 В).

Регистр памяти типа защелка (рис. 5). 32-разрядный регистр памяти, в котором по сигналу "Строб" осуществляется запоминание (защелкивание) информации от сцинтилляционных годоскопов. Зафиксированная в регистре информация через буферные усилители

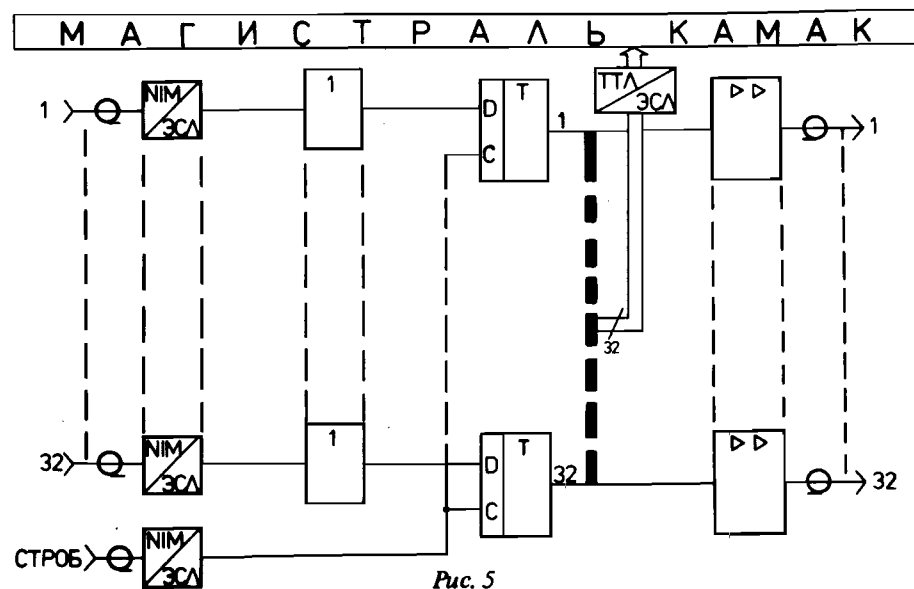


Рис. 5

поступает на соответствующие функциональные модули аппаратуры отбора и может быть прочитана через магистраль КАМАК в ЭВМ. Уровни входных сигналов NIM, а выходных — ЭСЛ. Регистр смонтирован в блоке КАМАК двойной ширины. На передней панели блока размещены четыре разъема типа РПМ7-40Г, по два для входной и выходной информации и разъем типа LEMO для сигнала "Строб". Ток потребления $\approx 1,6$ А (-5,2 В) и $\approx 0,3$ А (+5,2 В).

Мажоритарные схемы совпадений (МСС 1,2) (рис. 6). Входными для блоков являются сигналы ЭСЛ-уровней от регистров памяти. Количество информационных входов 128. После кластерного фильтра и логического суммирования Ф-128-64 на вход решающего устройства АЛУ поступает комбинация от 0 до 63 сигналов. Цифровой код с выхода АЛУ сравнивается в устройствах сравнения УС с кодами, выставляемыми на переключателях K_n и K_n , которые определяют верхнюю и нижнюю границы разрешаемого для регистрации количества одновременно сработавших элементов годоскопа. Имеется возможность выбрать на элементе ВР тип решения, удовлетворяющего начальным условиям: $A \geq K_n$; $A \leq K_n$ и $K_n \leq A \leq K_n$. Здесь А — количество зарегистрированных сигналов. Сигнал с выхода ВР логически суммируется с сигналами от тестового генератора и через преобразователь ЭСЛ — NIM, разъем РА поступает на МО. МСС смонтирована в блоке КАМАК шестикратной ширины. Входные сигналы подаются через 8 разъемов типа РПМ7-40Г, установленных на передней панели блока. Ток потребления 3,8 А (-6 В) и 0,5 А (+5,2 В).

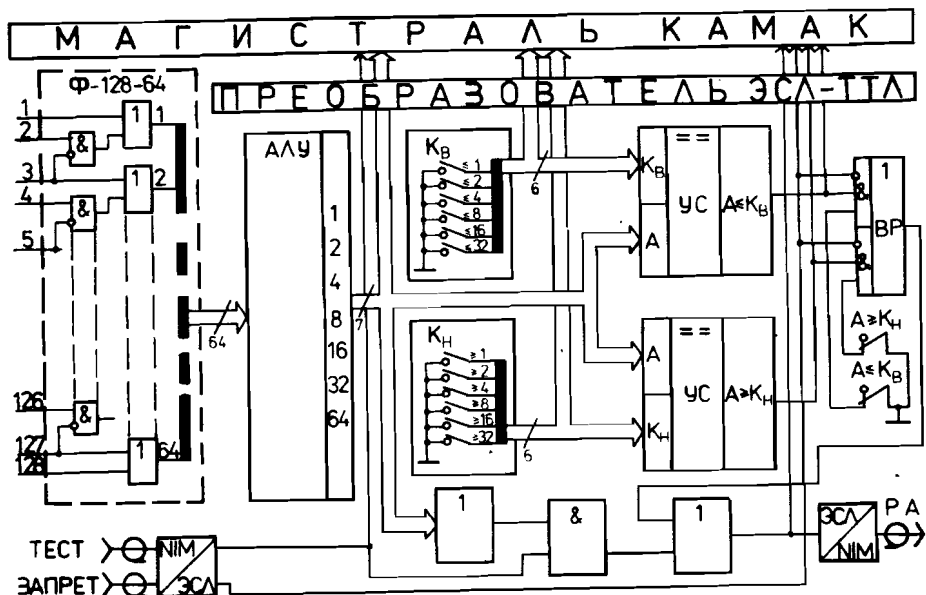


Рис. 6

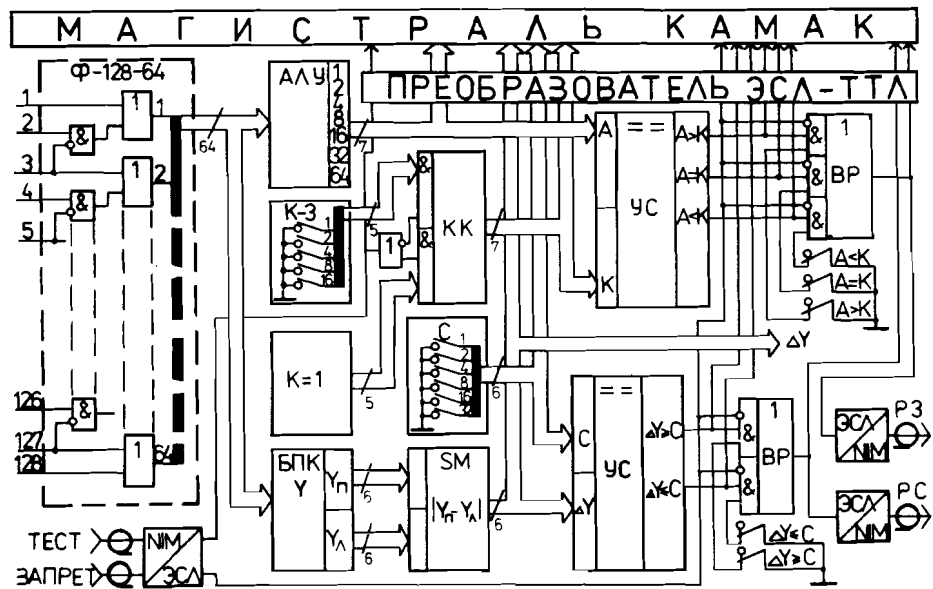


Рис. 7

Модуль, выполняющий функции МССЗ и $(C_1 \leq |Y_n - Y_n| \leq C_2)$ (рис. 7) объединяет мажоритарную схему совпадений, подобную описанной выше, и схему отбора входных комбинаций сработавших

элементов годоскопа НЗ с расстоянием между крайними элементами, определяемыми критерием С. Это расстояние ΔY вычисляется блоком приоритетного кодирования БПК и сумматором SM. Устройство сравнения УС идентично используемому в мажоритарных схемах совпадений. Из блока в МО выдаются разрешающие сигналы от мажоритарной схемы совпадений РЗ и от блока приоритетного кодирования РС. На передней панели блока установлены 8 разъемов типа РПМ7-40Г для подключения к регистрам памяти, а параллельный цифровой код ΔY , соответствующий расстоянию между крайними сработавшими элементами годоскопа, выводится на заднюю панель блока через разъем типа РП15-15ГВ. Ширина блока определяется загруженностью передней панели и равна шестикратной ширине конструктива КАМАК. Ток потребления 6,4 А (-5,2 В) и 0,6 А (+5,2 В).

Модуль, реализующий функцию $(2\Delta Z + \Delta Y/2) \geq D$ (рис. 8), работает с сигналами от регистров памяти вертикального годоскопа Н4 и параллельным кодом ΔY из предыдущего блока. На входе блока логически суммируются сигналы от трех групп детекторов по 16 элементов в каждой. Далее блоком приоритетного кодирования БПК, сумматором SM вычисляется разность координат ΔZ самых нижних и самых верхних сработавших элементов годоскопа, а на сдвиговом регистре путем сдвига влево на один разряд получается удвоенное значение разности $2\Delta Z$. Кодовая комбинация ΔY путем сдвига вправо на один разряд преобразуется в код $\Delta Y/2$. После суммирования обоих кодов сумматором SM и сравнения полученного операнда в устройстве сравнения УС с кодом, устанавливаемым на переключателе

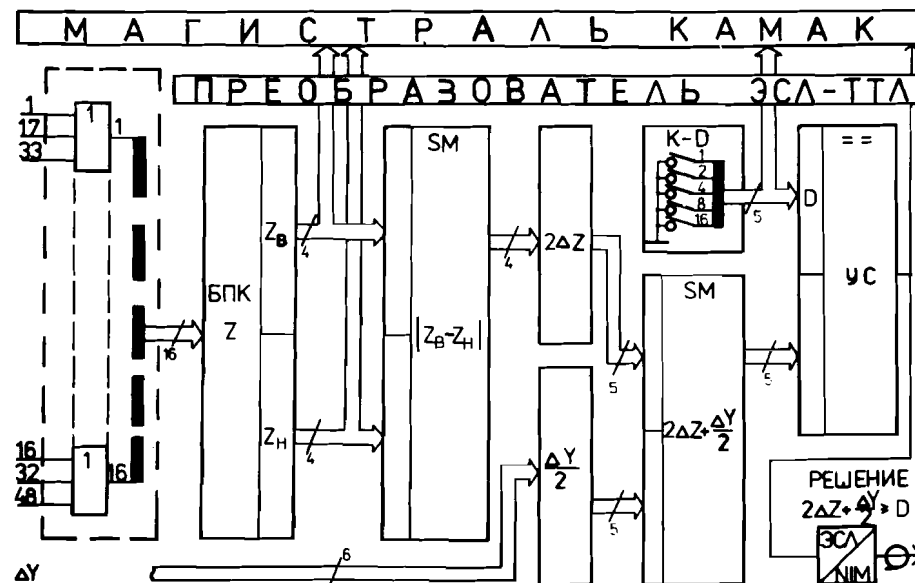


Рис. 8

лях (К-В), на выходе последнего появляется решение $(2 \Delta Z + \Delta Y/2) \geq D$, где D — суммарный критерий отбора по координатам Y и Z .

Блок смонтирован в станции КАМАК двойной ширины. Потребляемый ток 1,3 А (-5,2 В) и 0,3 А (+5,2 В).

Модуль Б8 (рис. 9) позволяет при его включении в аппаратуру отбора подавлять мюонные пары с $M \leq 1 \text{ ГэВ}/c^2$ или эффективно их выделять для целей проверок и калибровок спектрометра. Решение блока строится на сигналах от регистров памяти годоскопа Н4. При этом используются группы из 16 элементов детектора справа и слева от вертикальной оси симметрии годоскопа, а также выполняется условие, что в каждой группе регистрируется по одному сработавшему элементу годоскопа ($N_n = N_{\bar{n}} = 1$).

В блоках приоритетного кодирования БПК отдельно для левой и правой сторон вычисляются Z -координаты этих элементов. Значение $\Delta Z = |Z_n - Z_{\bar{n}}|$ с выхода SM сравнивается в УС с заданным значением критерия отбора (К-В) и через преобразователи ЭСЛ — NIM, разрешающие сигналы $P(\Delta Z > B)$ и $P(\Delta Z < B)$, пересылаются в МО. Блок смонтирован в конструктиве КАМАК двойной ширины. Потребляемый ток 1,2 А (-5,2 В) и 0,25 А (+5,2 В).

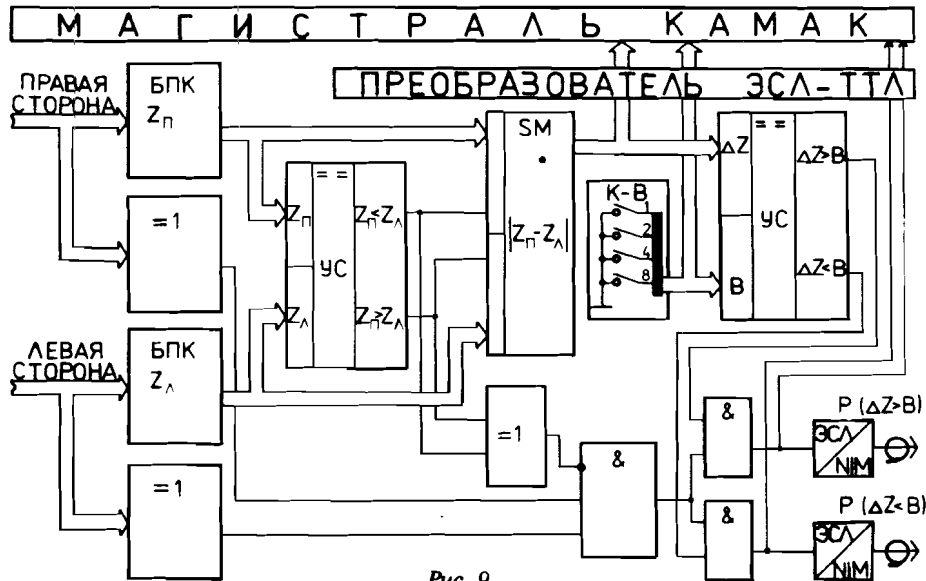


Рис. 9

Модули коммутационных полей (КК1 и КК2) (рис. 10) предназначены для группирования и объединения посредством перемычек входных данных от регистров памяти годоскопов Н1 и Н2 в 32 кори-

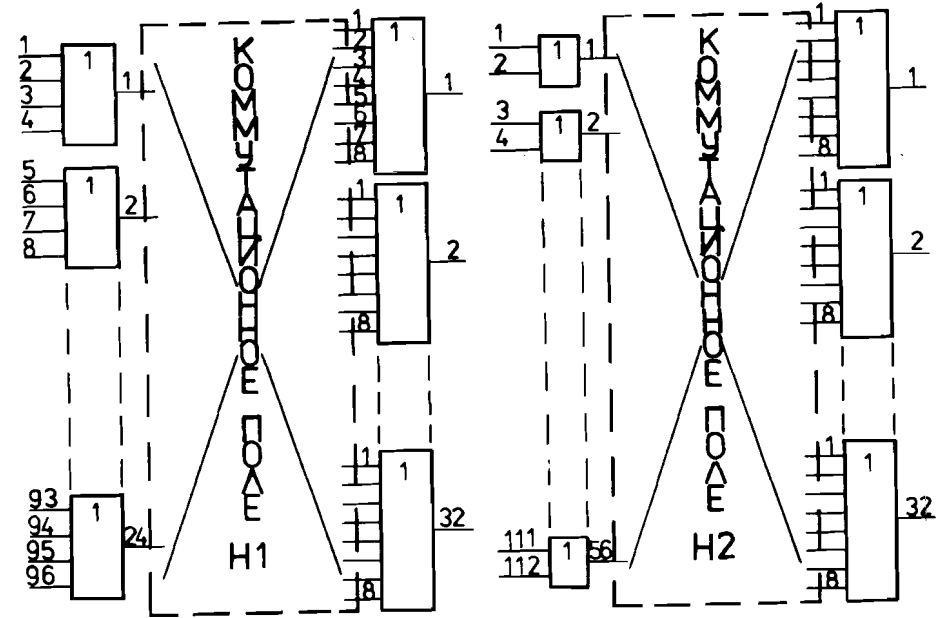


Рис. 10

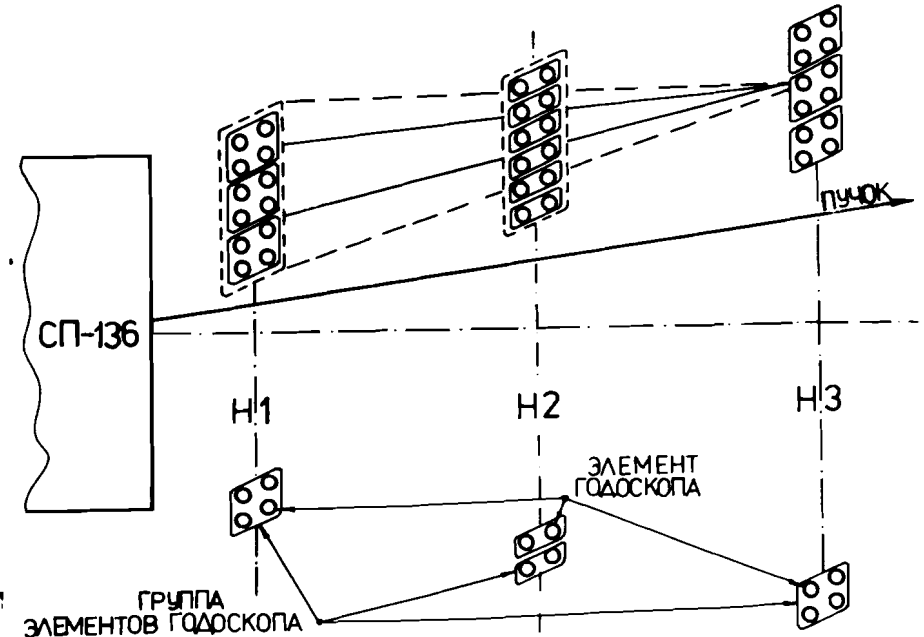


Рис. 11

дора, выходные сигналы с которых поступают на 32-канальную схему тройных мажоритарных совпадений с сигналами соответствующих групп элементов годоскопа НЗ.

На рис. 11 приведена мнемоническая схема объединения детектирующих элементов в годоскопах Н1, Н2 и Н3, в соответствии с которой осуществлялась установка соединительных перемычек в коммутационных полях блоков КК1 и КК2, их функциональная схема приведена на рис. 10. Все элементы в годоскопах объединялись по группам: 4 элемента для Н1, 2 элемента для Н2 и 4 элемента для Н3. Сигналы от одной группы элементов годоскопа Н3 могут быть скоммутированы на совпадение с сигналами максимально от 4 групп в годоскопе Н2 и максимально с сигналами от 3 групп в годоскопе Н1. Модули КК1 и КК2 смонтированы в блоках КАМАК шестикратной ширины, а на их передних панелях установлено по восемь многоконтактных разъемов типа РПМ7-50ГВ, при помощи которых они соединялись с регистрами памяти и 32-канальной мажоритарной схемой тройных совпадений. Общее потребление по току каждым модулем составляет 1,6 А (-5,2 В).

32-канальная мажоритарная схема тройных совпадений (рис. 12).
На вход схемы через коммутационные поля КК1 и КК2 поступают сигналы от годоскопов Н1, Н2 и непосредственно от годоскопа Н3, число информационных входов по этому каналу понижается до 32 путем логического суммирования по четыре канала. Для того чтобы мажоритарность совпадений не завывшалась при прохождении вторич-

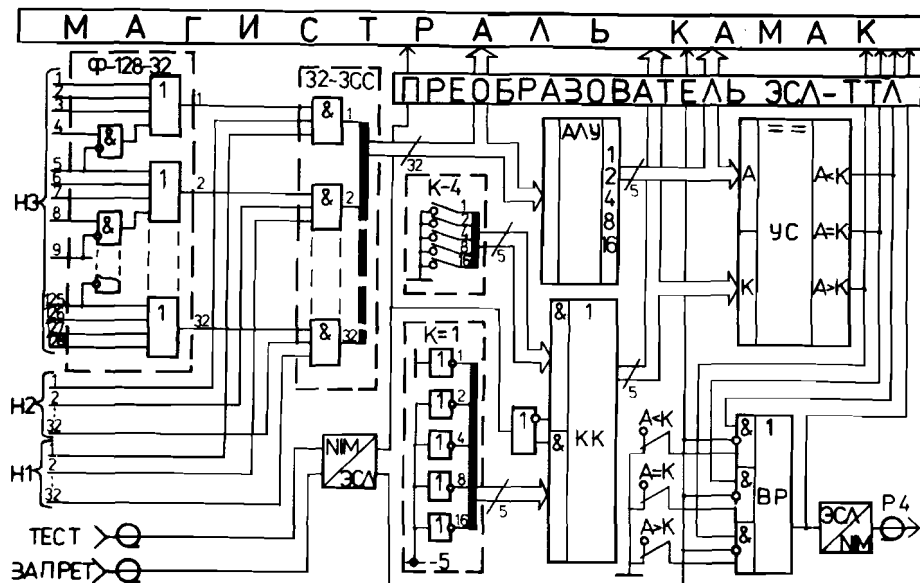


Рис. 12

Адам Д. и др.

Аппаратура отбора событий в эксперименте по изучению образования $\mu^+\mu^-$ -пар на магнитном спектрометре со стримерной камерой

13-88-130

Приводится описание аппаратуры отбора событий в эксперименте на магнитном спектрометре со стримерной камерой в пучке отрицательно заряженных частиц с импульсом 38 ГэВ/с (1×10^6 част/с) серпуховского синхротрона У-70. Аппаратура разработана для экспериментальной программы по изучению образования $\mu^+\mu^-$ -пар в соударениях пионов с ядрами углерода. Примененные цифровые методы обработки информации от сцинтилляционных годоскопов, включая и распараллеливание информации на шесть независимых потоков к решающим устройствам, позволили подавить фон до уровня ≈ 1 события/с и эффективно регистрировать стримерной камерой процессы с рождением димюонов. Полное время решения составляло ≈ 220 нс. Вся аппаратура отбора выполнена на микросхемах ЭСЛ серии К500 в механическом стандарте КАМАК и занимает три крейта.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Adam D. et al.

Trigger in Experiment on the Study of $\mu^+\mu^-$ -Pair Production with Streamer Chamber Magnetic Spectrometer

13-88-130

The trigger used in the experiment with a streamer chamber magnetic spectrometer on the beam of negative charged particles at 38 GeV/c ($1 \cdot 10^6$ part/s) from the Serpukhov accelerator is described. The production of $\mu^+\mu^-$ pairs in π^- -carbon interactions was studied in this experiment. The use of the digital processing of information from the scintillator hodoscopes, including parallel branching to six independent flows, made it possible to decrease the background level to 1 event/s and at the same time to retain high efficiency of registration of the dimuon events with a streamer chamber. The trigger delay time was ≈ 220 ns. The trigger electronics was made using ECL integrated circuits of K500 series and it occupies three CAMAC crates.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988