

РМ 9503003

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 94-68  
ОНФ

С.В.Беликов, С.Н.Гуржиев, Ю.Е.Гутников, А.Г.Денисов, В.И.Кочегков,  
М.Ю.Матвеев, Е.А.Мельников, А.П.Усачев

**СЦИНТИЛЛЯЦИОННАЯ ТРИГГЕРНАЯ СИСТЕМА  
ЖИДКОАРГОНОВОГО НЕЙТРИННОГО  
ДЕТЕКТОРА**

VOL 29 № 24

Протвино 1994

**Аннотация**

Беликов С.В. и др. Сцинтилляционная триггерная система жидкоаргонового нейтринного детектора: Препринт ИФВЭ 94-68. – Протвино, 1994. – 17 с., 12 рис., 3 табл., библиогр.: 10.

Описана организация сцинтилляционной триггерной системы детектора ЕАРС Комплекса меченных нейтрино, ориентированная на эффективную регистрацию необходимого типа нейтринных взаимодействий и выработку быстрого триггерного сигнала с высоким временным разрешением. Изложена система быстрого анализа аналоговых сигналов с триггерных плоскостей для запрещения выработки триггерного сигнала от фоновых процессов. Приведены рабочие характеристики сцинтилляционных триггерных плоскостей, полученные с помощью представленной системы сбора данных от триггерной системы БАРС.

**Abstract**

Belikov S.V. et al. Scintillation Trigger System of the Liquid Argon Neutrino Detector: IHEP Preprint 94-68. – Protvino, 1994. – p. 17, figs. 12, tables 3, refs.: 10.

This paper presents the organization of the Scintillation Trigger System (STS) for the Liquid Argon Neutrino Detector of the Tagged Neutrino Facility. STS is aimed at the effective registration of the needed neutrino interaction type and production of a fast trigger signal with high time resolution. The fast analysis system of analog signal from the trigger scintillation planes for rejection of the trigger signals from background processes is described. Real scintillation trigger planes characteristics obtained on the basis of the presented data acquisition system are shown.

## ВВЕДЕНИЕ

Создание пучка меченых нейтрино в ИФВЭ позволит производить изучение нейтринных взаимодействий на новом качественном уровне. Идея Комплекса меченых нейтрино (КМН) [1] заключается в том, что одновременно с регистрацией нейтринных взаимодействий в нейтринном детекторе специальная станция мечения (СМ) измеряет характеристики остальных частиц, образовавшихся при распаде родительского мезона. По этим данным и известному импульсу мезона можно с хорошей точностью восстановить энергию, траекторию, точку образования нейтрино, а также обеспечить уровень фона от нейтрино другого типа  $\leq 10^{-3}$ . Одновременность регистрации нейтринного взаимодействия и продуктов распада родительского мезона возможно обеспечить, если триггерный сигнал от нейтринного взаимодействия в нейтринном детекторе будет запускающим сигналом для всех детекторов КМН. Схема установки показана на рис.1.

Для решения этой задачи было предложено [2] создать триггерную систему из спинтилляционных счетчиков большой площади, размещенных внутри нейтринного детектора — калориметра на жидком аргоне. Предлагаемая спинтилляционная триггерная система (СТС) должна обеспечить высокоэффективную регистрацию нейтринных взаимодействий в нейтринном детекторе и вырабатывать быстрый триггерный сигнал для остальных детекторов КМН. Точное согласование по времени регистрации нейтринного взаимодействия с регистрацией частиц, образованных в результате распада родительского мезона, требует также и высокого временного разрешения СТС.

В КМН нейтринным детектором является Большой аргоновый спектрометр (БАРС), состоящий из двух горизонтальных криогенных танков, заполненных жидким аргоном под давлением  $\leq 3$  атм. Длина каждого

танка около 20 м, диаметр равен 4,3 м, объем внутреннего сосуда около 200 м<sup>3</sup>. Внутри каждого криостата расположены 24 секции понижающих камер с алюминиевыми электродами.

СТС состоит из 48 сцинтилляционных триггерных плоскостей, размещенных по 24 плоскости в каждом из двух танков БАРС и расположенных в промежутках между понижающими камерами (рис.2). Эффективная площадь каждой плоскости составляет 5,5 м<sup>2</sup>. Каждая триггерная плоскость (рис.3), представляющая собой шестнадцатигульник, состоит из восьми сцинтилляционных полос шириной 334 мм, толщиной по пучку 22 мм [3], между которыми расположены переизлучатели света сечением 20 × 10 мм<sup>2</sup> [4]. Переизлучатели с двух противоположных концов просматриваются ФЭУ-84-3. Все триггерные плоскости вместе с ФЭУ и делителями находятся непосредственно в жидком аргоне. Высоковольтные и сигнальные кабели триггерных счетчиков выведены на фланцы детектора через специально изготовленные герметичные разъемы. Подробное описание конструкции СТС содержится в работе [5].

В данной работе описана организация сцинтилляционной триггерной системы детектора БАРС Комплекса меченных нейтрино, ориентированная на эффективную регистрацию необходимого типа нейтринных взаимодействий и выработку быстрого триггерного сигнала с высоким временным разрешением. Изложена система быстрого анализа аналоговых сигналов с триггерных плоскостей для запрещения выработки триггерного сигнала от фоновых процессов. Приведены рабочие характеристики сцинтилляционных триггерных плоскостей, полученные с помощью представленной системы сбора данных от триггерной системы БАРС.

## 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ТРИГГЕРНЫХ ПЛОСКОСТЕЙ

Технологический цикл подготовки криогенных сосудов нейтринного детектора (прогрев внутреннего сосуда до  $t = 70^{\circ}\text{C}$ , вакуумирование, опресовка с гелиево-водородной смесью для поиска течи) оказал значительное влияние на шумовые характеристики используемых ФЭУ. Предполагалось, что ФЭУ-84-3 будут работать в жидком аргоне при напряжении 2,4 кВ. Однако при повышении напряжения питания выше 1,8 кВ наблюдается резкий рост высокочастотных шумовых сигналов больших амплитуд практически у всех ФЭУ. Попытки смоделировать такое поведение ФЭУ на небольшой партии (20 штук) на специальном стенде не дали повторения эффекта. Конкретной причины данного явления ни в криоген-

ных сосудах БАРСа, ни на специально созданном стенде установить не удалось. В такой ситуации потребовалось провести подбор высокого напряжения для каждой отдельной плоскости, при котором скачкообразного увеличения шумов ФЭУ еще не наступает.

Реальные характеристики триггерных плоскостей (эффективность и временное разрешение) непосредственно определяют параметры триггерного сигнала СТС. Временные разрешения и эффективности плоскостей были исследованы на пучках мюонов, выходящих из мюонной защиты нейтринного детектора (см. рис.1).

Временные разрешения измерялись с помощью времяцифрового преобразователя (ВЦП). Стартовым сигналом являлся сформированный сигнал от первой плоскости, в качестве сигнала "стоп" использовался сформированный и задержанный сигнал изучаемой плоскости. Типичное распределение данных измерений представлено на рис.4. На основании проведенных измерений были определены временные разрешения ( $\sigma$ ) всех плоскостей, которые представлены на рис.5.

Измерения эффективностей триггерных плоскостей были проведены с использованием системы сбора данных СТС, описанной ниже. Результаты измерений приведены на рис.6.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ ТРИГГЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕКТОРА БАРС

Схема формирования триггерного сигнала СТС каждого из двух детекторов БАРС представлена на рис.7. Светосбор от каждого счетчика триггерной плоскости (за исключением крайних) осуществляется с двух граней сцинтиллятора с помощью переизлучателей света путем попарного суммирования аналоговых сигналов соседних ФЭУ, просматривающих данный счетчик. Суммирование сигналов соседних ФЭУ является существенным фактором повышения эффективности, так как измерения числа фотоэлектронов (ф.э.), собираемых с дальнего конца триггерного счетчика (расстояние 2,5 м) с помощью одного переизлучателя при прохождении счетчика минимально ионизирующей частицей, дали величину  $N_{ф.э.} = 3$ . Суммирование сигналов повышает также и надежность работы триггерной плоскости, так как при отказе любого из ФЭУ (кроме крайних) все счетчики плоскости сохраняют работоспособность.

При рабочем напряжении питания плоскостей  $\approx 1,8$  кВ средняя амплитуда сигнала ФЭУ при прохождении минимально ионизирующей частицы перпендикулярно к поверхности счетчика составляет  $2 \div 3$  мВ. Сигналы

с каждого счетчика поступают на усилитель с коэффициентом усиления  $K_{yc} = 40$ . После усиления сигналы с двух противоположных концов каждого счетчика поступают на схему "mean-timer" (MT) [6], которая вырабатывает сигнал от проходящей через данный счетчик частицы. Время выработки сформированного выходного сигнала MT не зависит от места прохождения частицы через счетчик. Сигналы MT всех восьми счетчиков плоскости суммируются в логической схеме "ИЛИ", образуя единый сформированный сигнал с плоскости. Сигналы со всех 24 плоскостей поступают в специально созданный триггерный модуль (ТМ). ТМ позволяет вырабатывать триггерный сигнал в зависимости от задаваемой конфигурации триггера. В качестве возможных конфигураций могут быть использованы совпадения сигналов любых двух или трех соседних плоскостей, а также более сложные конфигурации, ориентированные на определенные задачи (например, выделение нейтринных событий по каналу заряженного тока). Абсолютное время выработки триггера от момента прохождения частицы составляет 230 нс. Для блокировки выработки триггерного сигнала ТМ используется сигнал GENERAL BUSY. Он является логической суммой сигналов BUSY от нейтринных детекторов БАРС, детекторов станции мечения, годоскопа антисовпадений и мюонных спектрометров.

Влияние различных конфигураций триггера на временные характеристики триггерного сигнала были изучены с помощью метода Монте-Карло. Предполагалось, что временное разрешение всех триггерных плоскостей распределено по нормальному закону  $x(t)$  со средним значением  $T$  и разрешением  $\sigma = \tau$ . Были построены распределения  $f_1 = \max(x_1, x_2)$  и  $f_2 = \max(x_1, x_2, x_3)$ , соответствующие временным распределениям сигналов совпадений двух ( $f_1$ ) и трех ( $f_2$ ) соседних плоскостей. Полученные значения

$$f_1 = 1,02T, \sigma(f_1) = 0,84\tau,$$

$$f_2 = 1,04T, \sigma(f_2) = 0,73\tau$$

указывают на существенное уменьшение ширины временного разрешения триггерного сигнала и незначительное увеличение среднего времени выработки триггера относительно отдельной плоскости.

С помощью моделирования было оценено количество триггеров, вырабатываемых одним детектором БАРС от космических частиц в зависимости от выбора конфигурации ТМ при 100%-ной эффективности триггерных плоскостей (табл.1).

Таблица 1. Счет космических триггеров в одном детекторе БАРС за 0,5 с в зависимости от числа соседних триггерных плоскостей, включенных в совпадения.

Число совпадающих соседних триггерных плоскостей, определяющих конфигурацию ТМ	1	2	3	4	5	6
Счет космических триггеров за 0,5 с	3500	800	400	180	80	40

В качестве основной конфигурации триггера была выбрана следующая схема: ТМ вырабатывает триггерный сигнал при совпадении сигналов любых трех соседних плоскостей. Такая организация ТМ позволяет получить быстрый триггерный сигнал с высоким временным разрешением, сохранить высокую эффективность триггера к регистрации нейтринных событий и значительно снизить количество триггеров от фоновых космических частиц и случайных шумовых совпадений плоскостей.

### 3. СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ РЕЖЕКТ

Для основной конфигурации ТМ при интенсивности первичного протонного пучка  $I_p = 5 \cdot 10^{12}$  ppp и энергии  $E = 35$  ГэВ количество вырабатываемых СТС триггеров в первом и во втором детекторах БАРС за время сброса  $\sim 0,6$  с равно соответственно  $N_1 = 100 \cdot 10^3$ ;  $N_2 = 1,5 \cdot 10^3$ . Такое количество триггеров определяется фоновыми частицами пучка, выходящими из мюонной защиты, а также распространяющимися по грунту. Характеристики систем сбора данных нейтринного детектора и станции мечения таковы, что при длительности сброса 600 мс возможно принять данные о 15-20 событиях при приемлемом мертвом времени системы, составляющем 20%. Для эффективной регистрации нейтринных взаимодействий необходимо существенно уменьшить число первичных триггеров, вызванных фоновыми мюонами. Для решения этой задачи возможности СТС были расширены таким образом, чтобы существенно подавить фон проходящих мюонов. Триггерная система, обладающая подобными возможностями, была названа сцинтилляционным триггером 2-го уровня.

Основная идея реализации сцинтилляционного триггера 2-го уровня заключается в том, чтобы, анализируя амплитуду аналогового сигнала со всех ФЭУ каждой из триггерных плоскостей, разрешать или запрещать (режектировать) выработку триггера БАРС. Схема организации сцинтилляционного триггера 2-го уровня приведена на рис.8. Для любой

из 24 плоскостей СТС сигнал с каждого ФЭУ поступает на отдельный усилитель  $УС_i$  ( $i = 1 \div 14$ ) с коэффициентом усиления  $K_{yc} = 40$ . Усиленные сигналы со всех семи ФЭУ каждой стороны сцинтилляционной плоскости суммируются на резисторах. Суммарные сигналы с противоположных сторон плоскости поступают на соответствующие усилители УС-1 и УС-2 с  $K_{yc}=40$ . Усиленные суммарные сигналы с левой и правой сторон плоскости поступают на блок "mean-timer" (МТ), вырабатывающий сигнал от проходящей через плоскость частицы, при этом время выработки сформированного выходного импульса МТ не зависит от места прохождения частицы через плоскость. Для получения суммарного аналогового сигнала со всей плоскости сигналы после УС-1 и УС-2 дополнительно суммируются. Полученный суммарный аналоговый сигнал с триггерной сцинтилляционной плоскости БАРСа поступает на усилитель УС-Σ с  $K_{yc}=40$  и затем идет на формирователь с регулируемым порогом, который формирует сигнал разрешения выработки триггера, если амплитуда входного аналогового сигнала превысила порог формирователя. Сигналы после формирователей всех 24 сцинтилляционных триггерных плоскостей детектора БАРС суммируются в логической схеме ИЛИ, образуя сигнал разрешения выработки триггера. Сигналы МТ с каждой из 24 триггерных плоскостей поступают в ТМ, вырабатывающий выходной триггерный сигнал в зависимости от заданной конфигурации. Особенность организации триггера 2-го уровня состоит в том, что ТМ управляется сигналами запрета (режекта), которые вырабатываются в том случае, если энерговыделение во всех 24 плоскостях не превысило установленный уровень порога.

Характеристики сцинтилляционного триггера 2-го уровня детектора БАРС изучались как при работе с пучком, так и на космическом фоне. Для определения необходимого уровня порогов формирователей сцинтилляционного режекта были изучены распределения амплитуд аналоговых суммарных сигналов с каждой триггерной плоскости от проходящих пучковых мюонов. На основании проведенных измерений для каждой плоскости были выставлены индивидуальные пороги режекции, соответствующие уровням сигнала от минимально ионизирующей частицы (MIP): 1,5; 2; 3 MIP; 3,5 ÷ 4 MIP. Коэффициенты подавления фонов пучковых мюонов и космических частиц для этих порогов приведены в табл.2. Коэффициент подавления есть отношение полного числа триггеров к числу триггеров, полученных при установленном пороге режекции.



Таблица 2. Коэффициенты подавления проходящих через БАРС-2 пучковых мюонов и космического фона с помощью системы сцинтилляционного режекта.

Порог сцинтилляционного режекта, МIP	1,5	2	3	3,5 ÷ 4
Подавление пучковых мюонов	1,7	2,8	6	-
Подавление космического фона	1,35	1,9	3,4	5,8

Существенной характеристикой триггера 2-го уровня, ориентированного на подавление мюонных фонов, является возможность потери полезных событий с адронными ливнями (неэффективность режекта). Неэффективность сцинтилляционного режекта есть отношение числа сигналов запрета выработки триггера при прохождении адронов БАРСа к общему числу прошедших через БАРС адронов. Причины такой неэффективности могут быть связаны как с неэффективностью собственно триггерной системы, так и с пространственным размещением триггерных плоскостей. Для изучения этих характеристик триггера были проведены измерения на космических адронах совместно с системой ионизационных камер детектора БАРС. Для каждой из сцинтилляционных плоскостей была построена зависимость величины амплитуды сигнала с исследуемой плоскости от энерговыделения в ионизационных камерах, между которыми расположена данная сцинтилляционная плоскость. Результаты усредненной по плоскостям эффективности режекта для космических адронов представлены в табл.3.

Таблица 3. Эффективность сцинтилляционного режекта детектора БАРС-2 для космических адронов.

Порог сцинтилляционного режекта МIP	1,5	2	3	3,5 ÷ 4
Эффективность режекта для космических адронов с энерговыделением 1 ГэВ, %	98,6	96,6	94,0	90,0
Эффективность режекта для космических адронов с энерговыделением >2 ГэВ, %	99,7	98,4	97,3	95,2

Было установлено, что основная причина неэффективности сцинтилляционного режекта для космических адронов -- пространственное размещение триггерных плоскостей, когда энерговыделение больше установленного порога режекта происходит в пространстве между сцинтилляционными плоскостями (рис.9). На рис.10 приведены дифференциальные распределения неэффективности выработки режекта всеми плоскостями СТС для космических адронов в зависимости от энерговыделения, зарегистрированного пинизационными камерами БАРСа для различных порогов режекта. Изучение неэффективности режекта на пучковых адронах в связи с их малой статистикой является затруднительной задачей, однако, опираясь на полученные данные на космических адронах, мы полагаем, что неэффективность регистрации адронных струй, вызванных нейтринными взаимодействиями, мала и может быть учтена.

Для того чтобы определить вклад мюонов в число неотрежктированных событий, были изучены распределения амплитуд аналоговой суммы сцинтилляционных сигналов с плоскостей. Измерения производились на космических мюонах с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) на плоскостях 2, 4, 5 детектора БАРС-2. Запускающим сигналом АЦП являлся сигнал тройных совпадений плоскостей 1, 3, 6, расположение которых обеспечивает разумный компромисс между приемлемой скоростью счета космических частиц и выборкой их горизонтальной компоненты, что позволяет определить вклад в неотрежктированные события и для пучковых мюонов. Типичное распределение амплитуд аналоговой суммы сцинтилляционных сигналов для одной из плоскостей показано на рис.11, из которого видно, что за порогом  $> 3 \text{ MIP}$  содержится  $\approx 5\%$  статистики. Такой же величиной характеризуются другие распределения.

#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ ОТ ТРИГГЕРНОЙ СИСТЕМЫ БАРСА

Во время работы нейтринного детектора необходимо иметь данные о функционировании сцинтилляционной триггерной системы в целом, а также оперативно следить за характеристиками ее частей. Эта информация необходима как для настройки и контроля работоспособности триггерной системы в ходе сеанса, так и для сбора и последующей обработки физических данных, получаемых со всей установки КМН. Информация о состоянии триггерной системы должна быть передана на центральную ЭВМ и записана на ленту. Для решения этой задачи был создан

программно-аппаратный комплекс системы сбора данных от триггерной системы БАРСа. Структура системы изображена на рис.12.

Аппаратура системы сбора и предварительной обработки данных выполнена в стандарте САМАС с использованием микропроцессора для обеспечения автономного режима работы. Каркас САМАС содержит шесть 16-разрядных восьмивходовых счетчиков КС-019 [7], два шестнадцативходовых регистра КР-011 [8], блок связи с центральной ЭВМ ТР-61 [9], регистр прерываний и микроЭВМ АКК-19 [10], объединенную с контроллером каркаса, 8-разрядная микроЭВМ АКК-19 собрана на базе микропроцессора типа intel 8080, содержит ПЗУ емкостью до 14К, ОЗУ емкостью до 42К, два последовательных интерфейса. Один из последовательных интерфейсов используется для связи микроЭВМ с управляющей ЭВМ для первоначальной загрузки программ и передачи различных сообщений. Второй последовательный интерфейс используется для эпизодического подключения терминала. Задача микрокомпьютера — сбор и передача данных на центральную ЭВМ, а также тестирование электроники.

В качестве управляющей ЭВМ использовался персональный компьютер IBM PC, а в качестве центральной ЭВМ — мини-ЭВМ microVAX 3300.

Для оперативного контроля за работой триггерной системы и записи текущих параметров на носители центральной ЭВМ была создана программа EFF. Программа, написанная на языке Assembler-8080, была подготовлена на управляющем компьютере и затем записана в память микроЭВМ.

Работа программы происходит следующим образом. После загрузки и запуска производится инициализация каркаса и начинается ожидание прихода сигнала начала сброса. Затем по приходу каждого триггера считывается информация со входных регистров КР-011, в которые заведены сформированные сигналы от триггерных плоскостей (рис.12). После этого в течение  $\approx 40$  мкс ожидается возможное получение от систем сбора данных сигнала запрета обработки данного события. Если такой сигнал не приходит, то событие считается принятым и заносится в память микроЭВМ. Информация с регистров КР-011 говорит о том, какие плоскости дали триггеры для каждого принятого события. По приходу сигнала конца сброса считывается информация с шести счетчиков КС-019, которые разделены на две группы (рис.12). В три модуля первой группы заведены сигналы от двойных совпадений соседних триггерных плоскостей, а в три модуля второй — от тройных совпадений соседних триггерных плоскостей. Для любой из плоскостей, кроме первой и последней, отноше-

ние количества сигналов тройных совпадений к двойным дает значение эффективности. Затем вся полученная информация через модуль связи TR-61 передается в центральную ЭВМ для записи на ленту и может быть выведена в удобном графическом виде на экран монитора управляющего компьютера для оперативного контроля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана и создана сцинтилляционная триггерная система (СТС) жидкоаргонового нейтринного детектора БАРС, включающая в себя 48 сцинтилляционных плоскостей, регистрирующую электронику и систему сбора данных. Изучены временные разрешения и эффективности триггерных плоскостей. Средняя эффективность триггерных плоскостей  $F\bar{F}F = 90\%$ , среднее разрешение триггерных плоскостей  $\bar{\sigma} = 4$  нс. Проведены исследования зависимости времени выработки триггерного сигнала и его разрешения от способа организации триггера.

На основе СТС реализована система сцинтилляционного режекта, позволяющая существенно уменьшить количество триггеров, вызванных фоновыми мюонами от пучка и космических частиц.

В заключение авторы выражают свою благодарность С.П.Денисову за поддержку работы, В.В.Липаеву, С.В.Лосю, Ф.Сержиамплетри за полезные обсуждения и помощь в измерениях.

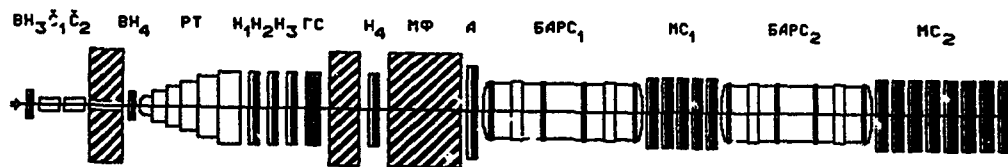


Рис. 1. Схема установки Комплекса меченые нейтрино:  $BH_3$ ;  $BH_4$  – головок первичного пучка;  $C_1, C_2$  – черенковские счетчики первичного пучка; РТ – распадный тоннель;  $H_i (i = 1, 4)$  – головок для регистрации заряженных частиц от распадов мезонов первичного пучка, ГС – гамма спектрометр; МФ – мюонный фильтр; А – головок антисовпадений; БАРС $_i$ , ( $i=1,2$ ) – жидкоаргоновый нейтринный детектор; МС $_i$ , ( $i=1,2$ ) – мюонные спектрометры.

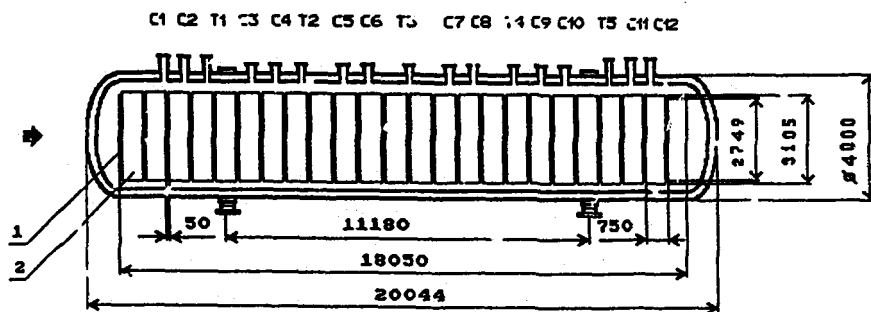


Рис. 2. Схема размещения ионизационных камер и плоскостей сцинтилляционной триггерной системы в одном из криогенных танков БАРСа: 1 – 1-ая плоскость сцинтилляционного триггера; 2 – 1-ая ионизационная камера;  $T_i (i=1,5)$ , тройки фланцев для вывода высоковольтных и сигнальных кабелей триггерных плоскостей;  $C_i$ , ( $i=1,12$ ), тройки фланцев для вывода высоковольтных, сигнальных и калибровочных кабелей ионизационных камер.

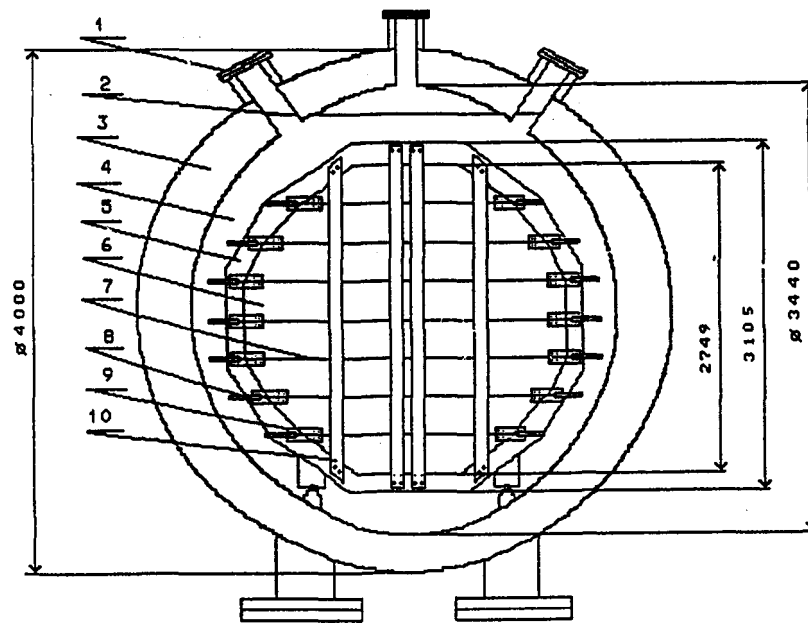


Рис. 3. Вид плоскости сцинтилляционной триггерной системы, закрепленной на внешней стороне ионизационной камеры, внутри криостата БАРСа: 1 – патрубки и фланцы для выведения высоковольтных и сигнальных кабелей триггерных счетчиков; 2 – уровень заполнения криостата аргоном; 3 – вакуумная полость криостата; 4 – внутренняя полость криостата; 5 – ионизационная камера; 6 – сцинтилляционная полоса; 7 – переизлучатель; 8 – ФЭУ в кожухе из нержавеющей стали; 9 – накладки из оргстекла для крепления кожуха ФЭУ к полосам сцинтилляторов; 10 – полосы из дюралюминия для крепления плоскости сцинтилляционного триггера к ионизационной камере.

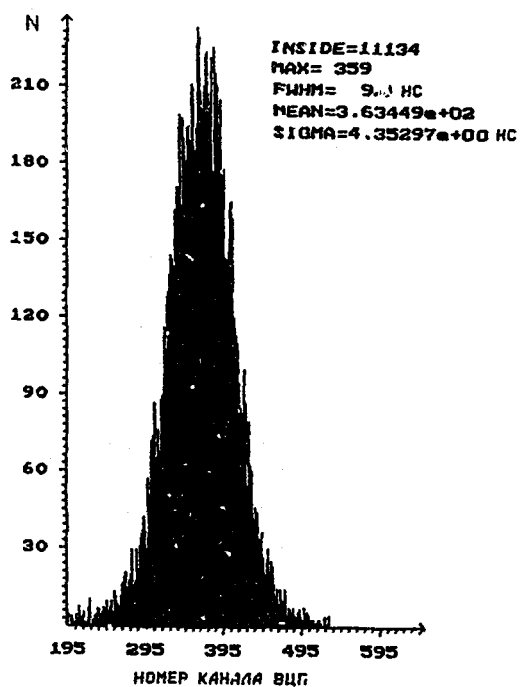


Рис. 4. Гистограмма типичного временного разрешения триггерных плоскостей детектора БАРС.

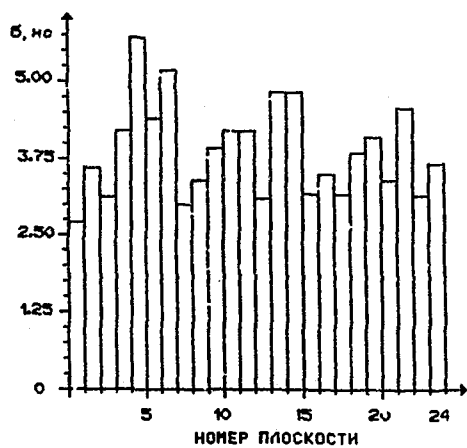


Рис. 5. Временные разрешения  $\sigma$  (нс) сцинтилляционных триггерных плоскостей детектора БАРС-2.

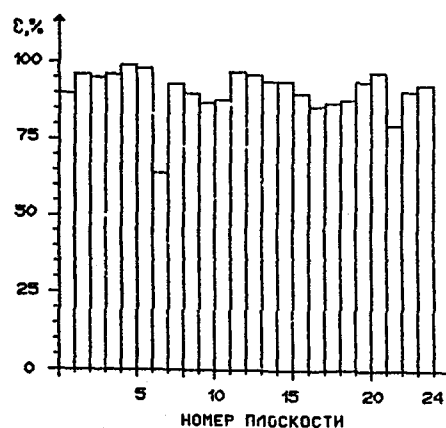


Рис. 6. Эффективности (%) сцинтилляционных триггерных плоскостей детектора БАРС-2.

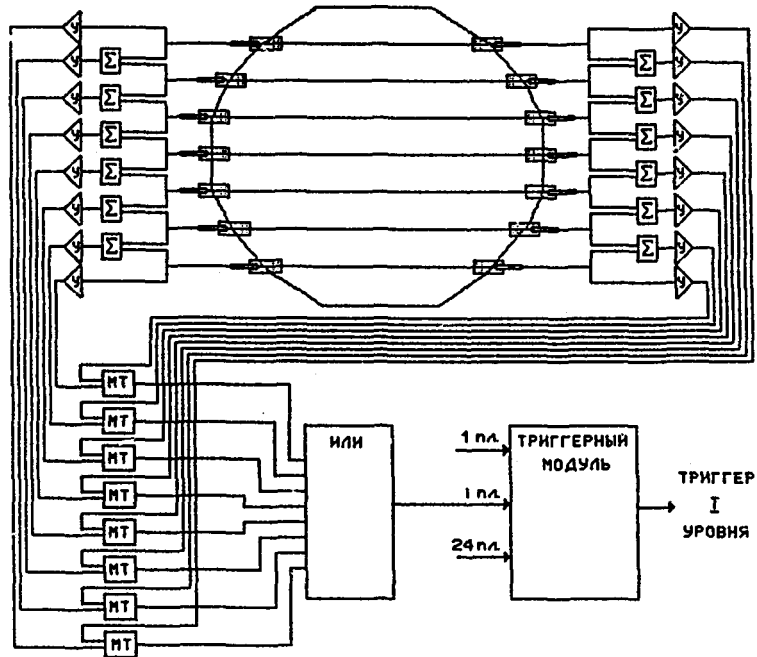


Рис. 7. Схема формирования сцинтиляционного триггера I-го уровня.  $\Sigma$  – сумматор. У – усилитель, МТ – “mean-timer”.

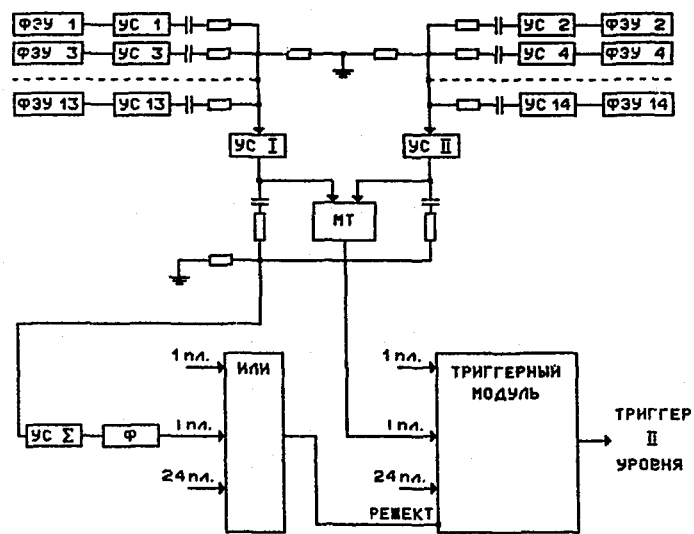


Рис. 8. Схема формирования сцинтиляционного триггера 2-го уровня. УС – усилитель, МТ – “mean-timer”, Ф – формирователь с регулируемым порогом.



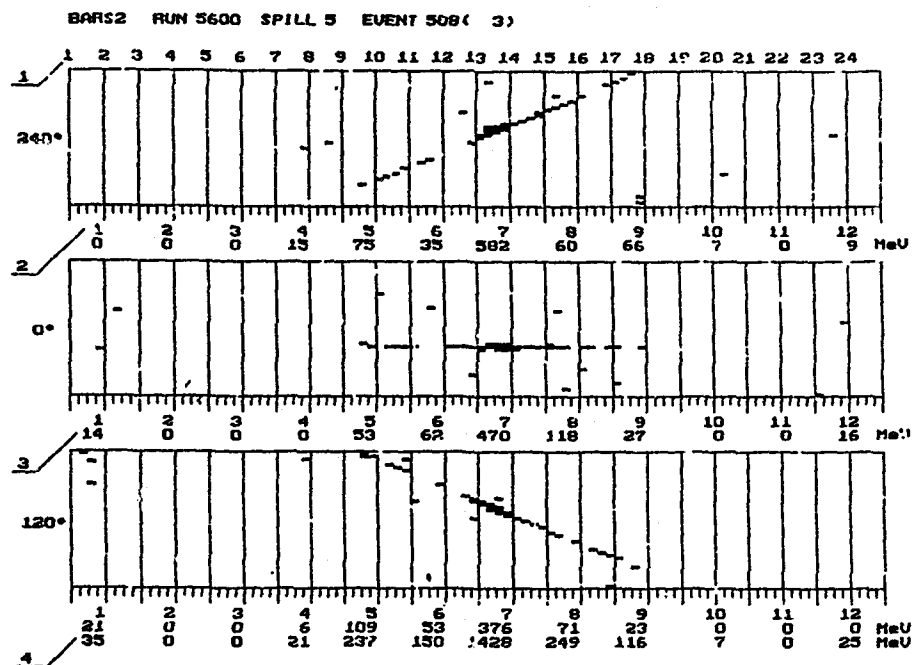


Рис. 9. Характерный вид реального космического адрона в трех проекциях ионизационных камер детектора БАРС ( $0^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $240^\circ$ ), при котором сцинтилляционный режим неэффективен. 1 – номера сцинтилляционных триггерных плоскостей; 2 – номера ионизационных камер детектора БАРС; 3 – величина энерговыделения в соответствующей проекции ионизационной камеры в МэВ; 4 – величина суммарного энерговыделения в трех проекциях ионизационной камеры в МэВ.

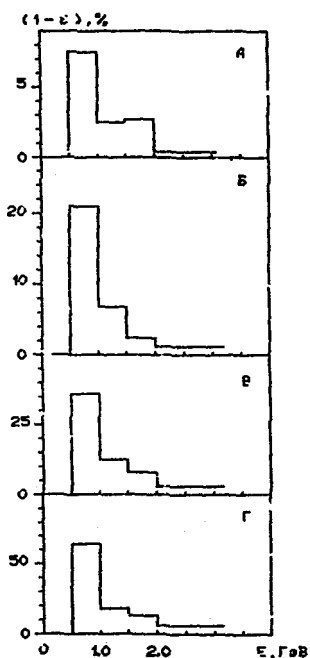


Рис. 10. Неэффективность регистрации космических адронов в детекторе БАРС от величины суммарного энерговыделения в ионизационных камерах при различных порогах сцинтилляционного режима: А – 1,5 уровня минимально ионизирующей частицы (MIP); Б – 2 MIP; В – 3 MIP; Г – 3,5 ÷ 4 MIP.

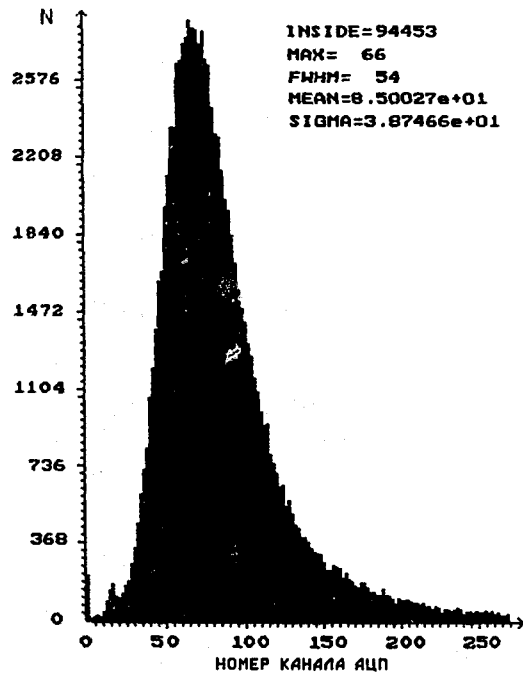


Рис. 11. Типичное для триггерной плоскости детектора БАРС амплитудное распределение аналоговой суммы сцинтилляционных сигналов от космических мюонов.

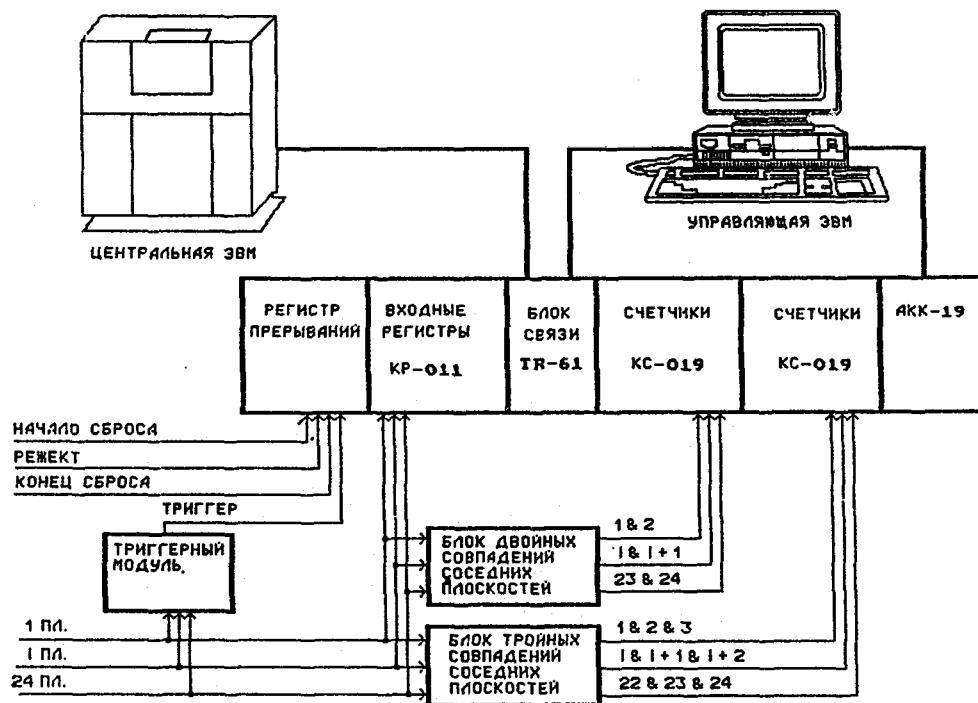


Рис. 12. Схема сбора информации от сцинтилляционной триггерной системы детектора БАРС.

## Список литературы

- [1] Денисов С.П. Пучки меченых нейтрино - новый шаг в методике нейтринных исследований / Текст лекции - М.: МИФИ, 1984.
- [2] Беликов С.В., Гуржиев С.Н., Кочетков В.И., Старцев В.С. - Препринт ИФВЭ 92-24. Протвино, 1992.
- [3] Беликов С.В., Гуржиев С.Н., Дьячков А.И. и др. - Препринт ИФВЭ 92-47. Протвино, 1992. // ПТЭ. 1993. № 3. С. 79.
- [4] Беликов С.В., Гуржиев С.Н., Дьячков А.И. и др. - Препринт ИФВЭ 92-55. Протвино, 1992. // ПТЭ. 1993. № 3. С. 85.
- [5] Беликов С.В., Гуржиев С.Н., Кочетков В.И., Старцев В.С. - Препринт ИФВЭ 92-160. Протвино, 1992. // ПТЭ. 1993. № 6. С.56.
- [6] Аммосов В.В., Гапиев В.А., Денисов А.Г., Мельников Е.А. - Препринт ИФВЭ 89-210. Серпухов, 1989. // ПТЭ. 1990. № 6. С.54.
- [7] Вьонг Дао Ви, Журавлев Н.И., Ле Зон Пхир и др. Препринт ОИЯИ, 10-81-455, Дубна, 1981.
- [8] Антюхов В.А., Вьонг Дао Ви, Дичель З. и др. Препринт ОИЯИ, 10-80-650, Дубна, 1980.
- [9] Vasiliev A.V., Mikhailov Yu.V. Preprint ИФВЭ 92-26. Протвино, 1992.
- [10] Буянов Э.Г., Матвеев М.Ю., Суходольский С.А. - Препринт ИФВЭ 90-100. Протвино, 1990.

*Рукопись поступила 10 июня 1994 г.*

С.Б.Беликов и др.

Сцинтилляционная триггерная система жидкоаргонового нейтринного детектора.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы  $\text{\LaTeX}$ .

Редактор М.Л.Фоломешкина.

Подписано к печати 16.06.1994 г.

Формат 60 × 90/16.

Офсетная печать. Печ.л. 1,0. Уч.-изд.л. 1.2. Тираж 240. Заказ 1104.

Индекс 3649.

Цена 180 руб.

ЛР №020498 06.04.1992.

Институт физики высоких энергий, 142284, Протвино Московской обл.

180 руб.

Индекс 3649

---

ПРЕПРИНТ 94-68, ИФВЭ, 1994

---