

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

5888/2-80

8/12-80

13-80-463

Г. Айхнер, А. Н. Алеев, В. А. Арефьев, В. П. Баландин,
С. Г. Басиладзе, В. К. Бирулев, И. Вереш,*
Т. С. Григалашвили, Б. Н. Гуськов, И. М. Иванченко,
И. Н. Какурин, Н. Н. Карпенко, Д. А. Кириллов,
И. Г. Косарев, Н. А. Кузьмин, Б. А. Кулаков,
М. Ф. Лихачев, Л. Лохоня, А. Н. Максимов,
П. К. Маньяков, А. Монтваи,* А. Н. Морозов, Я. Пазони,*
А. Н. Парфенов, Л. Сабо,* А. Е. Сеннер, А. Чвыров,
Е. А. Чудаков

СИСТЕМА ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
СПЕКТРОМЕТРА БИС-2

Направлено в ПТЭ

* Центральный институт физических исследований ВАН,
Будапешт, ВНР.

1980

Айхнер Г. и др.

13-80-463

Система пропорциональных камер спектрометра БИС-2

Для магнитного спектрометра БИС-2, с помощью которого проводится поиск новых частиц на канале нейтральных частиц серпуховского ускорителя, разработана система пропорциональных камер более чем на 6000 каналов. Описываются характеристики пучка нейтральных частиц, условия работы пропорциональных камер на канале и их характеристики в условиях работы на пучке. Достигнуто пространственное разрешение пропорциональных камер 0,6 мм и их временное разрешение - 20 нс. Пропорциональные камеры работают на линии с ЭВМ ЕС-1040 и ТРА-1001i.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Eichner G. et al.

13-80-463

A System of BIS-2 Spectrometer Proportional Chambers

A system of MWPC with about 6000 channels

1. ВВЕДЕНИЕ

Для поиска новых частиц на нейтральном пучке серпуховского ускорителя создан бесфильмовый спектрометр БИС-2 ОИЯИ^{1/}.

Поиск новых частиц, рожденных в сильных взаимодействиях нейтронов пучка с мишенью, осуществляется путем регистрации их распадов. Среди продуктов распада содержатся нейтральные странные частицы - Λ -гипероны, K^0 -мезоны, регистрируемые в данном эксперименте по модам распада:

$$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-,$$

$$K_s^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-.$$

Кроме того, спектрометр регистрирует одну или более заряженных частиц, вылетающих из мишени одновременно с Λ^0 или K^0 .

В установке БИС-2 применен спектрометрический магнит типа СП-40 с эффективной длиной 200 см, шириной 100 см, высотой зазора 30 см.

Так как ожидаемые сечения генерации новых частиц весьма малы ($\leq 10^{-32}$ см²), установка в целом должна иметь высокую эффективность к регистрируемым модам распада и отвечать ниже-следующим требованиям.

1. Спектрометр должен работать в пучке нейтронов интенсивностью до $5 \cdot 10^7$ нейтронов за цикл ускорителя при толщине мишени от 1 до 200 г/см².

2. Координатные детекторы должны справляться с нагрузками от частиц, образующихся при взаимодействии нейтронов пучка с мишенью, и иметь эффективность $\geq 98\%$ при регистрации много-трековых событий.

3. Из-за малой апертуры магнита СП-40 расстояние от мишени до магнита должно быть минимальным /для обеспечения максимально возможного телесного угла/.

4. На пути регистрируемых частиц не должно содержаться источников многократного рассеяния, ограничивающего разрешение спектрометра.

5. Система запуска установки должна обеспечивать эффективный запуск при регистрации событий, содержащих многочастичные распады.

Все эти требования определили тип, размеры и конструкцию координатных детекторов спектрометра, а также конфигурацию установки в целом.

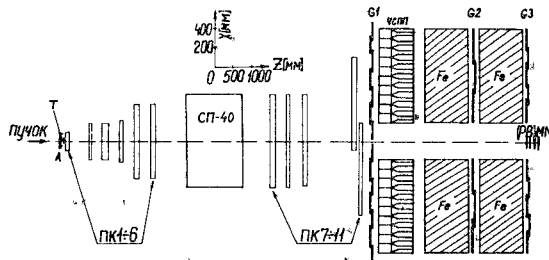


Рис.1. Схема расположения аппаратуры спектрометра БИС-2 на канале нейтральных частиц.

В качестве координатных детекторов были выбраны пропорциональные камеры /ПК/, которые отвечают практически всем требованиям, перечисленным выше. Общее число сигнальных проволок в системе ПК БИС-2 превышает 6000. Использование ПК в системе запуска спектрометра позволило обеспечить эффективный избирательный запуск при регистрации различных мод распада вторичных частиц.

Все ПК и остальная аппаратура спектрометра БИС-2 работают на линии с ЭВМ ТРА-1001i и ЕС-1040.

2. СОСТАВ СИСТЕМЫ ПК

Система ПК БИС-2 содержит 11 ПК. Размеры рабочих областей всех ПК спектрометра, а также их основные конструктивные параметры приведены в таблице. Все ПК /за исключением ПК 2/ - двухкоординатные и содержат в одном газовом объеме две сигнальные плоскости: "X" - с вертикальной намоткой сигнальных проволок и "Y" - с горизонтальной намоткой сигнальных проволок. Размещение двух сигнальных плоскостей в одном газовом объеме продиктовано в основном соображениями размещения возможно большого числа плоскостей на базе от мишени до магнита СП-40.

Состав и расположение всех элементов спектрометра БИС-2 на канале нейтральных частиц серпуховского ускорителя показаны на рис.1. Спектрометр состоит из магнита СП-40, углеродной мишени (Т), сцинтилляционного счетчика антисовпадений /А/, шести ПК до магнита /ПК1±ПК6/, пяти ПК после магнита /ПК7±ПК11/, сцинтилляционного годоскопа (G1) из 14 счетчиков, 140-канального черенковского счетчика полного поглощения /ЧСП/ /8/, детектора мюонов, из 32 сцинтилляционных счетчиков (G2, G3) и фильтров из железа, нейтронного монитора (МН).

Пять ПК /ПК2±ПК6/ расположены после "распадного объема" длиной около 1 м, ограниченного плоскостями ПК1 и ПК2. ПК2±6/ служат для восстановления траекторий частиц, вылетающих из

Таблица

№ ПК	Размеры, мм		L, мм		S, мм		S1, мм		N, сгн. пров.		φ пров., мм	φ сгн. пров., мм	Примечание
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y			
I	200	200	6	6	2	2	2	2	60	60	100	20	
2	400	300	8	-	2	-	2	-	160	-	100	20	
3	400	300	8	8	2	2	2	2	192	150	60	20	
4	400	300	8	8	2	2	2	2	192	150	60	20	
5	820	300	8	8	2	2	2	2	396	138	60	20	
6	820	300	8	8	2	2	2	2	396	138	60	20	
7	1000	600	6	6	2,16	2,16	I	I	456	456	100	20	УГОЛ НАМОТКИ 22,5°
8	1000	600	8	8	2	2	I	I	480	288	60	20	
9	1000	600	6	6	2,16	2,16	I	I	456	456	100	20	УГОЛ НАМОТКИ 22,5°
10	1000	600	8	8	2	2	I	I	480	288	60	20	
11	1000	600	8	8	2	2	I	I	480	288	60	20	

Обозначения:

L - расстояние между электродами, S - расстояние между сигнальными проволоками, S1 - расстояние между в/в проволоками, N - число сигнальных проволок, φ - диаметр в/в и сигнальной проволоки, X - размер ПК по горизонтали, Y - размер ПК по вертикали.

мишени, а также частиц - продуктов распада, возникающих в распадном объеме. ПК1 предназначена для регистрации треков заряженных частиц, вылетающих из мишени. При помощи ПК1 восстанавливаются координаты точки взаимодействия нейтронов в мишени.

Количество ПК, размещенных между распадным объемом и магнитом, выбрано исходя из соображений достижения: а/ максимального телесного угла и б/ уверенного восстановления траекторий частиц. Для облегчения пространственной "шивки" плоских треков ПК5 повернута на угол 22,5° относительно горизонтальной оси. За магнитом спектрометра используются ПК со стандартным размером рабочей области /1000x600/ мм². Как видно из рис.1, каждая частица за магнитом регистрируется четырьмя "X"-плоскостями камер и четырьмя "Y"-плоскостями. При эффективности ПК 98% такое количество регистрирующих плоскостей достаточно для уверенного восстановления полутраекторий за магнитом установки.

Для пространственной "сшивки" плоских полутреков за магнитом ПК7 и ПК9 имеют "косую" намотку сигнальных плоскостей. Проволоки в сигнальных плоскостях каждой из этих камер намотаны под углом $22,5^\circ$ относительно вертикали и под углом 45° относительно друг друга. Поворот ПК5, расположенной до магнита, и "косая" намотка проволоки в ПК7 и ПК9, кроме того, существенно уменьшают число ложных треков, генерируемых при поиске треков программой геометрической реконструкции событий. ПК укреплены на специальных подставках, которые установлены на 2-х фермах размером 15×2 м² - одна ферма до анализирующего магнита, вторая - после него. Конструкция подставок позволяет юстировать ПК по координате "x" /поперек пучка/ в пределах ± 70 мм и по координате "y" /по вертикали/ - в пределах ± 15 мм. Вдоль оси пучка /по координате "z"/ подставки могут передвигаться на тележках, установленных на фермах. Конструкция подставок обеспечивает повторную установку камер на пучок с точностью $\pm 0,2$ мм. Это позволяет при повторной установке какой-либо камеры исключить вторичное измерение ее "сдвигов" относительно других камер.

Исходные координаты всех ПК относительно системы координат, связанной с пучком нейтральных частиц, измерялись с точностью ± 1 мм. Затем координаты уточнялись методом "прямых" треков, представляющим собой регистрацию всеми ПК одиночных треков в отсутствие магнитного поля. Остаточная напряженность магнитного поля СП-40 составляла при этом не более $1 \div 3$ эрстед. Такой метод позволяет "связать" все ПК друг с другом с точностью $\pm 0,1$ мм.

ПК спектрометра БИС-2 работали на пучке нейтральных частиц с двумя газовыми наполнениями:

а/ $77\% \text{ Ar} + 20\% \text{ CO}_2 + 3\% \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}$,

б/ $83,7\% \text{ Ar} + 13\% \text{ CO}_2 + 3\% \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} + 0,3\% \text{ CBrF}_3$ /фреон-1351/.

Для газового обеспечения ПК был разработан специальный пульт, позволяющий смешивать газовые компоненты, находящиеся в баллонах высокого давления.

Использование в газовом пульте ротаметров и прецизионных игольчатых натекаелей позволило с высокой точностью смешивать газовые компоненты и обеспечивать долговременно высокую стабильность газовой смеси. Отклонение содержания CO_2 от заданного не превышало $0,5\%$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ - $1,1 \div 0,15\%$, CBrF_3 - $0,01\%$.

Для обеспечения стабильного содержания фреона в рабочей газовой смеси предварительно приготавливалась на специальном стенде смесь аргона с одно- или двухпроцентной добавкой фреона. В дальнейшем эта смесь использовалась для приготовления "рабочей" газовой смеси.

Для газовых коммуникаций применялась прозрачная ПВХ трубка, выпускаемая отечественной промышленностью. Через каждую ПК во время работы проходила газовая смесь со скоростью $60 \div 80$ см³/мин.

Система питания ПК состоит из низковольтного /н/в/ питания электроники, размещенной непосредственно на камерах, и высоковольтного /в/в/ питания ПК.

Для н/в питания используются источники типа TR-9255/A, изготовляемые промышленностью ВНР. Все источники смонтированы в четырех стойках производства ОИЯИ и имеют контроль по напряжению и току.

Система в/в питания ПК состоит из блоков типа N-1130, выпущенных фирмой "Вензель электроник" /ФРГ/. Каждый блок N-1130 содержит четыре независимых источника, обеспечивающих напряжение до 6 кВ при токе нагрузки 500 мкА. Каждый источник имеет электронную систему защиты от перегрузок по току и напряжению. Нижний предел ограничения по току составляет 50 мкА. При превышении установленных пределов по току или напряжению включается сигнализация. Источники могут управляться с помощью ЭВМ. К каждому источнику подключен микроамперметр с пределом шкалы в 50 мкА для точного контроля темновых токов ПК и загрузок во время "сброса" интенсивности. Источники обеспечивают стабильное в/в напряжение на ПК вне зависимости от загрузки. Вся система в/в питания смонтирована в стойке "Вишня".

Электроника ПК состоит из аналоговой /быстрой/ и цифровой /регистрирующей/ частей. Аналоговая часть расположена непосредственно на камерах и содержит усилители-формирователи, а также схемы "ИЛИ" /²/ . Со схем "ИЛИ", выполненных в стандарте TTL и ECL, снимаются суммарные сигналы с $1/12$, $1/4$, $1/2$ частей сигнальной плоскости ПК, а также сигнал со всей плоскости. Суммарные сигналы "ИЛИ" используются для организации импульса запуска спектрометра /²/, для измерения загрузок ПК во время цикла ускорителя, а в паузы между циклами - для контроля за уровнем шумов ПК.

Электроника ПК1, ПК2 состоит из 4-канальных усилителей-формирователей /⁴/ и запоминающих регистров. Связь между усилителями и регистрами осуществляется по 50-омному кабелю длиной 100 м, который дополнительно выполняет функцию задержки информационного сигнала относительно стробирующего импульса. Подробно электроника ПК1, ПК2 описана в работе /⁵/ . Электроника, установленная на ПК1, ПК2 вырабатывала сигналы для процессора /⁶/, включенного в систему запуска спектрометра. На процессор поступают сигналы ПК1 с каждой проволоочки, с ПК2 - сигналы "ИЛИ", объединяющие по 4 сигнальных проволоочки.

Вся регистрирующая электроника ПК3, ПК4 расположена непосредственно на камерах. Размещение всей регистрирующей элект-

роники на ПК дало возможность наряду с некоторым уменьшением потребляемой мощности на канал, избежать большого количества соединительных кабелей и разъемов. На одной плате размером 162x184 мм² размещено 8 каналов^{/7/}, каждый из которых содержит усилитель, одновибратор задержки, триггер запоминания со стробированием и ворота считывания. Информация с ПКЗ, ПК4 снимается блоком считывания, выполненным в стандарте КАМАК^{/8/}. С каждой 8-канальной платы снимается быстрый сигнал "ИЛИ", "привязанный" к переднему фронту сработавшего одновибратора задержки. Эти сигналы используются для запуска установки^{/2/}.

В качестве усилителей-формирователей в ПК5-ПК11 используются усилители^{/9/}, каждая плата которых содержит 6 каналов. Регистрирующая часть электроники ПК5-ПК11 состоит из 32-канальных годоскопов типа Г2-922, выполненных в стандарте КАМАК^{/9/}. В годоскопе Г2-922 содержится два субадреса по 16 каналов. Каждый канал годоскопа состоит из регулируемой электронной задержки, триггера памяти и ворот чтения.

Чтение информации с годоскопов в ЭВМ осуществляется с помощью блока кодирования ПКП-381^{/10/}, организация которого позволяет передавать в ЭВМ номера только сработавших проволочек ПК.

Связь регистрирующей электроники ПК5-ПК11 с усилителями осуществляется 100-парным телефонным кабелем типа ТПП-100x2x0.14. Выходной сигнал уровня TTL передается по скрученным парам на расстояние 50 м. При этом заметного искажения сигнала не наблюдается.

Мертвое время всех разновидностей используемой электроники не превышает 600 нс и позволяет в принципе регистрировать поток частиц, прошедших через ПК, величиной до 10⁸ частиц в секунду на проволоку.

Чувствительность всех усилителей ПК выбрана равной 2 мкА, что обеспечивает устойчивую работу усилителей при размещении на одной ПК большого числа каналов /до 1000/.

Суммарный разброс задержек сигналов ПК, поступающих на триггеры памяти регистрирующей электроники, составляет ± 15 нс.

3. КОНТРОЛЬ

Система ПК спектрометра БИС-2 работает на линии с ЭВМ ЕС-1040 и ТРА-1001i. Работа ПК контролируется как в on-line, так и в off-line -режимах. При помощи тестовых сигналов проводилась предварительная проверка общей работоспособности ПК, кабельных коммуникаций и электроники. Тестовые импульсы через в/в емкости подавались на в/в плоскости ПК. С сигнальных проволочек снимался индуцированный сигнал.

Для выработки тест-импульса был разработан специальный блок, который мог работать как в автономном режиме, так и в режиме внешнего запуска. На выходе блока вырабатывается инвертированный импульс в стандарте NIM, который размножается и через дополнительное инвертирующее устройство, увеличивающее амплитуду до 5 В, подается на все ПК одновременно. Такая система контроля позволяла передавать в ЭВМ информацию со всех ПК с целью обнаружения дефектов во всем тракте канала регистрации.

В режиме on-line контролировались загрузочные и шумовые свойства ПК, частоты срабатывания проволочек, распределения по числу и ширине кластеров, эффективность пропорциональных камер. В on-line-режиме возможно получение кривых задержанных совпадений, измерение временных спектров и т.д.

В off-line-режиме контролировалась эффективность ПК по записанным на магнитную ленту событиям, определялось положение сдвигов ПК и уточнялись их координаты, измерялось пространственное разрешение ПК.

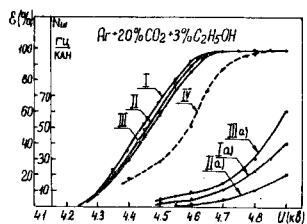
4. РАБОТА СИСТЕМЫ ПК В ПУЧКЕ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Нейтральный пучок выводится из камеры ускорителя под углом 13 мрад и состоит в основном из нейтронов и гамма-квантов с небольшой примесью К⁰-мезонов /2÷3%. Для подавления гамма-квантов в пучок вводится гамма-фильтр из свинца, толщина которого может дистанционно меняться от 0 до 20 см. В результате при входе в спектрометр БИС-2 пучок состоит в основном из нейтронов. Заряженные частицы выбрасываются из пучка магнитным полем ускорителя и очищающим магнитом типа СП-129, установленным за гамма-фильтром.

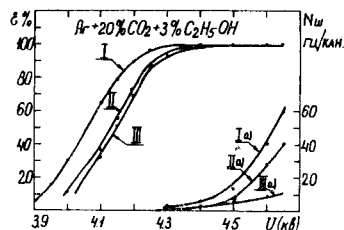
Интенсивность нейтронов в канале составляет около 10⁶ нейтронов/цикл, при сбросе на внутреннюю мишень-10¹¹ протонов/цикл. Средний импульс нейтронов составляет /35÷40/ ГэВ/с. При использовании в спектрометре углеродной мишени длиной 4 см средняя загрузка ПК равна /2÷5/ · 10⁵ частиц/цикл. Растяжка пучка может меняться от 0,4 до 1,5 с, то есть средняя загрузка ПК может меняться в 3÷4 раза в зависимости от условий работы ускорителя.

Все ПК спектрометра перед установкой на пучок нейтронов прошли испытания с помощью радиоактивного источника ⁹⁰Sr и ЭВМ ТРА-1001i. На стенде были проверены различные газовые смеси и получены основные характеристики ПК.

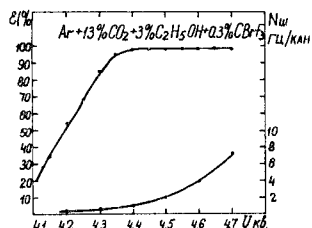
В результате стендовых испытаний была выбрана газовая смесь 77% Ar + 20% CO₂ + 3% C₂H₅ OH. На рис. 2а, б приведены зависимости эффективности и шума некоторых ПК от приложенного в/в напря-



а/



б/



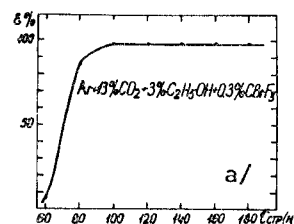
в/

Рис.2. Зависимости эффективности (ϵ) и шума ($N_{ш}$) ПК от приложенного в/в напряжения (U): а/ для ПК, расположенных до магнита СП-40, I - ПК2 "X", II - ПК5 "X", III - ПК6 "X", IV - ПК5 "X" /кривая измерена на стенде/; Ia, IIa, IIIa - соответствующие "шумовые" кривые; б/ для ПК, расположенных за магнитом, I - ПК7 "X", II - ПК7 "Y", III - ПК8 "Y"; Ia, IIa, IIIa - соответствующие "шумовые" кривые; в/ для одной из ПК размером $1000 \times 600 / \text{мм}^2$.

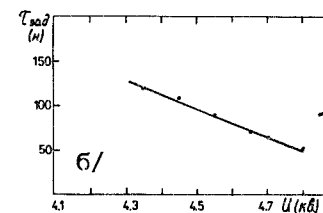
жения при работе ПК в пучке нейтронов. на рис.2а показаны характеристики ПК, расположенных до магнита, на рис.2б - характеристики ПК, расположенных за магнитом.

На рис.2а кривая IV для ПК5 "X" получена в результате стендовых испытаний. Видно, что при работе на пучке все кривые систематически сдвинуты в сторону меньших напряжений. Это связано с тем, что, во-первых, при стендовых испытаниях использовались электроны радиоактивного источника ^{90}Sr с минимально ионизирующей способностью, а, во-вторых, при непрерывной работе в пучке нейтронов в течение нескольких суток в ПК уменьшается количество электроотрицательных примесей в газовой смеси (O_2).

После непродолжительной эксплуатации ПК на указанной газовой смеси наблюдался неустойчивый характер работы ПК /увеличение шумов, искрообразование/. При исследованиях, выполненных на стенде, было обнаружено отложение углерода на в/в проволоках, которое явилось, по-видимому, причиной указанной нестабильности. В результате дополнительных стендовых испытаний была подобрана другая газовая смесь: $83,7\% \text{Ar} + 13\% \text{CO}_2 + 3\% \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 0,3\% \text{CBrF}_3$. Введение электроотрицательной добавки в виде фреона 13Б1 позволило получить устойчивую работу ПК в течение длительной эксплуатации камер в условиях пучка нейтронов.

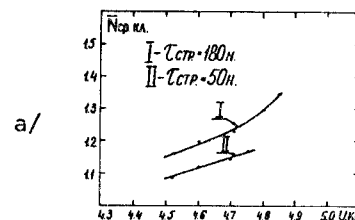


а/

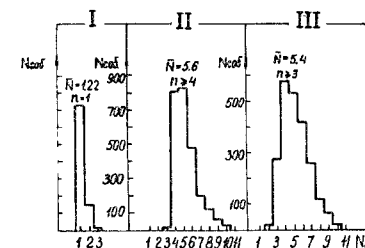


б/

Рис.3. Временные свойства системы ПК: а/ зависимость эффективности (ϵ) ПК от длительности "строб-сигнала" ($t_{стр}$) при рабочем напряжении; б/ зависимости оптимальной задержки ($\epsilon_{зад}$) "строб-сигнала" от в/в напряжения (U) на ПК.



а/

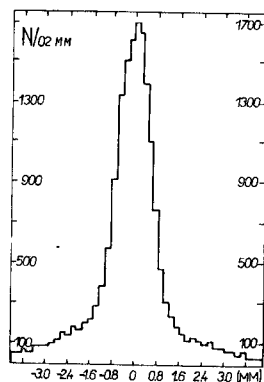


б/

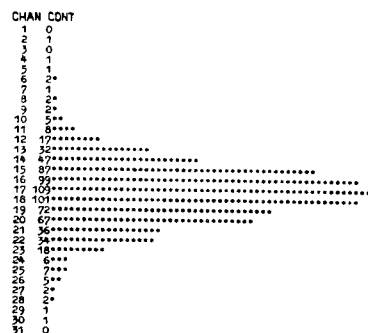
Рис.4. Размеры и число кластеров в ПК: а/ средняя ширина кластеров ($N_{ср.кл.}$) в зависимости от в/в напряжения (U) на ПК; б/ число кластеров ($N_{кл.}$), зарегистрированных ПК, не включенной в систему запуска; для различных мод запуска спектрометра; $N_{собр.}$ - число событий/шаг гистограммы, N - среднее число кластеров, найденное из гистограммы: I - при отборе одной вторичной частицы ($n=1$), II - при отборе четырех и более вторичных частиц ($n \geq 4$), III - при отборе трех и более вторичных частиц ($n \geq 3$).

На рис.2в приведены для указанной смеси зависимости эффективности и шума одной из ПК размером $1000 \times 600 / \text{мм}^2$ от приложенного в/в напряжения. Как видно из рисунка, количество шумовых импульсов уменьшалось почти на порядок по сравнению с газовой смесью без фреона-13Б1.

Временные свойства системы ПК представлены на рис.3. Типичная зависимость эффективности ПК от длительности "строб-сигнала" показана на рис.3а. Приведенная кривая включает в себя



а/



б/

Рис.5. Пространственная и временная точность ПК:
а/ пространственное разрешение ПК $\sigma \approx 0,6$ мм/;
б/ временной спектр сигналов "быстрое ИЛИ" /шаг гистограммы - 4 нс/; CHAN - номер канала, CONT - число событий в канале.

временное разрешение системы запуска, одним из основных элементов которой являются сами ПК ^{12/}.

На рис.36 изображена зависимости оптимальной задержки "строб-сигнала" от в/в напряжения на ПК. Видно, что при повышении напряжения на ПК на 100 В, задержка "строб-сигнала" уменьшается примерно на 20 нс.

Размеры и число кластеров в ПК при "рабочих" условиях показаны на рис.4а,б. Число кластеров /рис.4б/ приведено для ПК, не включенной в систему запуска. Этот рисунок иллюстрирует работу ПК совместно с системой запуска спектрометра. Представленные распределения показывают, что при разных модах запуска число ложных запусков не превышает нескольких процентов.

Пространственная и временная точность для одной из ПК изображены на рис.5. Рис.5а представляет гистограммы пространственного разрешения $\sigma \approx 0,6$ мм/. Достигнутая пространственная точность является типичной для ПК с шагом намотки сигнальных проволок 2 мм и находится в хорошем согласии с общеизвестной формулой $\sigma = \frac{s}{\sqrt{12}}$, где s - шаг намотки ^{19/}.

Полная ширина на полувысоте временного спектра составляет около 20 нс /рис.5б/.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная выше система пропорциональных камер успешно работает с 1978 года на серпуховском ускорителе в составе спектрометра БИС-2. По программе поиска новых частиц на магнитные ленты записано свыше 12 млн. событий, обработка которых ведется в настоящее время.

Авторы понимают, что успешное создание такой крупной системы ПК было бы невозможно без труда большого коллектива, и в связи с этим выражают глубокую благодарность коллективам КБ и цеха опытного экспериментального производства, а также производственной группе научно-экспериментального электронного отдела Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривохижин В.Г. и др. ОИЯИ, Б2-1-9414, Дубна, 1975.
2. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 13-80-161, Дубна, 1980.
3. Русаков С.В. и др. Препринт ФИАН, №148, М., 1976.
4. Силаев Е.А. ОИЯИ, 13-6669, Дубна, 1972.
5. Бирулев В.К. и др. ОИЯИ, 13-7013, Дубна, 1973.
6. Басиладзе С.Г. и др. ПТЭ, 1978, №3, с.98.
7. Гуськов Б.Н. и др. ОИЯИ, 13-12039, Дубна, 1978.
8. Бирулев В.К. и др. ОИЯИ, 13-80-144, Дубна, 1980.
9. Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, 13-8829, Дубна, 1975.
10. Ефимов Л.Г. и др. ОИЯИ, 13-12170, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 июля 1980 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники