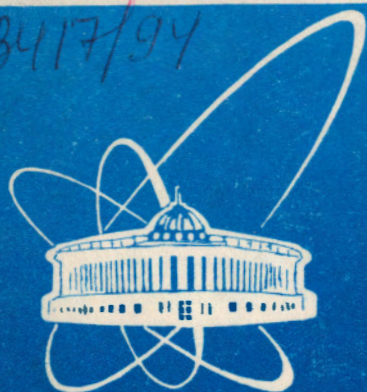


94-124

3417/94



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-94-124

Алеев, А. Н.

ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ КАМЕРЫ
С РАЗМЕРОМ РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ $2 \times 1 \text{ м}^2$
СПЕКТРОМЕТРА ЭКСЧАРМ

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

1994

**А.Н.Алеев, В.А.Арефьев, В.П.Баландин, В.К.Бирулев, И.В.Вереш¹,
Б.Н.Гуськов, П.Залан¹, А.И.Зинченко, И.М.Иванченко, З.М.Иванченко,
А.Ф.Камбурян, М.Н.Капишин, Н.Н.Карпенко, Г.А.Квирикашвили,
В.Д.Кекелдзе, Д.А.Кириллов, И.Г.Косарев, Н.А.Кузьмин, М.Ф.Лихачев,
А.Н.Максимов, А.Ш.Мествиришвили, А.Н.Морозов, А.К.Одишвили,
Я.Пазони¹, В.В.Пальчик, Т.Г.Пицхелаури², Ю.К.Потребеников,
В.А.Сашин, В.Н.Спасков, Г.Т.Татишвили, П.З.Христов**

¹Центральный институт физических исследований Венгерской АН,
Будапешт

²Институт физики высоких энергий Тбилисского государственного
университета, Тбилиси

1 Введение

Для проведения экспериментальных исследований по изучению околопорогового адронного рождения очарованных частиц и поиску экзотических адронных состояний был разработан, создан и смонтирован в канале нейтральных частиц 5Н серпуховского ускорителя магнитный спектрометр ЭКСЧАРМ (рис.1). В качестве координатных детекторов, регистрирующих заряженные частицы, в нем применяются пропорциональные камеры (ПК) с различными размерами рабочей области, расположенные по пучку перед и за спектрометрическим магнитом СП40А. Требуемые размеры ПК2-9, расположенных перед спектрометрическим магнитом, ограничены величиной межполюсного зазора магнита. В соответствии с этим требованием были использованы двухкоординатные ПК с размером рабочей области от 820×300 до 1000×600 мм²[1], работавшие ранее в составе спектрометра БИС-2 [2].

Поскольку размеры детекторов, расположенных по пучку за магнитом, обуславливают как геометрическую эффективность регистрации распадов вторичных частиц, так и величину фазового объема исследуемых реакций, в соответствии с проектом требовались ПК больших размеров. Поэтому в рамках совместных работ ОИЯИ (Дубна) и ЦИФИ ВАН (Будапешт) были разработаны и созданы трёхкоординатные ПК – А,В,С (рис.1) с размером рабочей области 2×1 м², которые были установлены в области за СП40А. В данной работе описана конструкция камер, приведены основные характеристики и условия работы этих ПК.

2 Конструкция камеры

В конструкцию камер заложен модульный принцип: сигнальные плоскости, высоковольтные (ВВ) плоскости, майларовые окна и др. оформлены как отдельные модули (рамы), стягивающиеся в общей сборке латунными шпильками. Общий вид и поперечное сечение собранной камеры показаны на рис.2. Она состоит из 8 dielectricких рам толщиной 6 мм, склеенных из стеклотекстолита толщиной 2 мм. Все 8 рам несут на себе проволочные электроды.

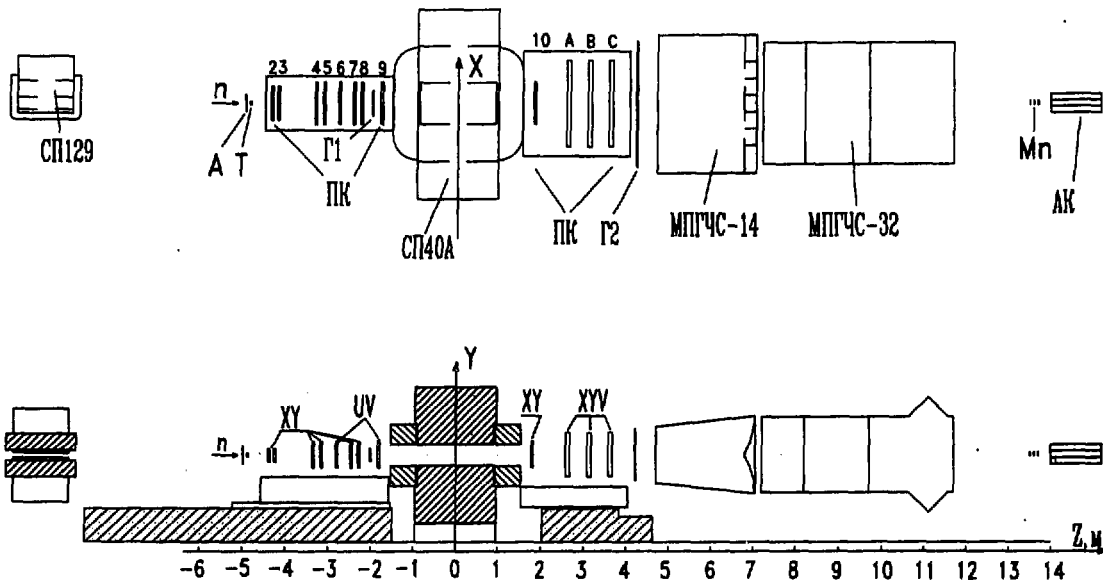


Рис.1. Схема расположения детекторов спектрометра ЭКСЧАРМ :
 СП40А – спектрометрический магнит, ПК – пропорциональные камеры, Г1,2 –
 сцинтилляционные годоскопы, МПГЧС-14,32 – пороговые черенковские счетчики, АК –
 адронный калориметр, А – антисчетчик, Т – мишень, Мп – нейтронный монитор

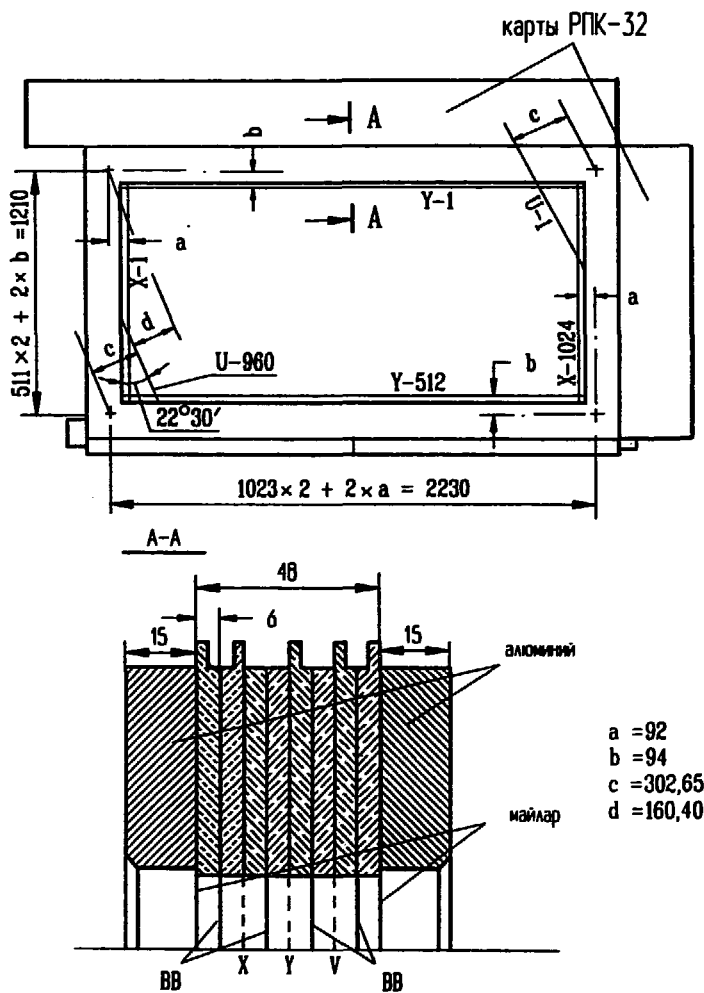


Рис.2. Общий вид и сечение камеры: X, V, Y – сигнальные электроды; ВВ – высоковольтные электроды.

Герметичность газового объема камеры обеспечена майларовыми окнами, закрывающими камеру с обеих сторон. Они состоят из двух слоёв плёнки: неметаллизируемой толщиной 60 мкм и металлизированной толщиной 15 мкм, закреплённой металлизированной стороной к внешней раме (для экранировки). Внешние рамы, изготовленные из алюминия толщиной 15 мм, выполняют функции несущей конструкции.

Камера имеет 3 сигнальные и 4 ВВ-плоскости. Сигнальные, т.е. X-, Y-, V-плоскости, намотаны проволокой из золоченого вольфрама диаметром 20 мкм с шагом 2 мм. X-плоскость имеет 1024 канала (проволочки). Ортогонально им намотана Y-плоскость (512 каналов). Сигнальная V-плоскость намотана под углом $22,5^{\circ}$ к X-плоскости и имеет 960 проволочек. Высоковольтные электроды всех плоскостей представляют собой проволочки из бериллиевой бронзы диаметром 100 мкм, намотанные с шагом 2 мм. Все ВВ-плоскости намотаны параллельно сигнальной X-плоскости. Проволоки наматывались со следующим натяжением: сигнальные электроды – 50 гс, ВВ – 100 гс.

Для исключения деформации рамок вследствие усилий, вызванных натяжением проволочек, и предотвращения последующего провисания проволочек все рамки перед намоткой деформировались предварительно на величину, определенную экспериментально для каждого типа рамок. Сигнальные электроды всех плоскостей имеют поддерживающие линии (три поддержки для Y-плоскости и по одной для X- и V-плоскостей). Они выполнены в виде пары монтажных проводов, натянутых с обеих сторон сигнальной плоскости перпендикулярно проволочкам с усилием 0,5 кг и связанных между собой тонкими нейлоновыми нитями через 5-6 см.

3 Регистрирующая электронная аппаратура

Большое число каналов ПК предопределило "архитектуру" построения всего комплекса регистрирующей электронной аппаратуры. Основная часть этой аппаратуры располагается непосредственно на камере. Это позволяет существенно сократить число информационных кабелей между камерой и аппаратурой, расположенной в крайтах, обслуживаемых ЭВМ.

Весь комплекс электронной аппаратуры включает в себя:

1. Электронную аппаратуру, расположенную непосредственно на камере в дюралюминиевых коробах (камерная электроника) и состоящую из:

- разработанных в ЛСВЭ ОИЯИ и выпускаемых промышленностью карт регистрации типа РПК-32;
- размножителей стробирующих сигналов [3];
- информационных и управляющих линий связи;
- согласователей информационных линий.

2. Электронную аппаратуру управления, приёма и передачи данных в ЭВМ, расположенную в домике экспериментаторов и состоящую из:

- блоков регистрации и кодирования БР-РПК-32М (располагаются в крейтах, обслуживаемых ЭВМ);
- управляемого генератора – одного на все ПК (устанавливается в тех же крейтах, что и блоки регистрации).

3.1 Камерная электроника

Каждая из карт РПК-32 содержит 32 индивидуальных канала (по одному на каждую сигнальную проволочку ПК), объединённых общими цепями стробирования и управления выводом информации. Перед установкой на ПК все карты проходили тестирование и настройку с помощью контролера тестирования карты, работающего на линии с персональным компьютером. На рис.3 приведена функциональная схема карты регистрации РПК-32, соответствующая техническому описанию завода-изготовителя. Отдельный канал регистрации карты содержит входной усилитель-дискриминатор (А) с порогом дискриминации (U_p), управляемый формирователь длительности сигнала (S) и 16-разрядный элемент памяти (М). Величины порога (U_p) и длительности импульса (U_t) задаются внешними источниками напряжения, общими для всех карт камеры. С помощью диодной схемы, соответствующей логике ИЛИ, сигналы с выхода всех 32-х усилителей-дискриминаторов карты объединяются

на входе усилителя-формирователя сигнала в т.н. "Быстрое ИЛИ" (&), на выходе которого получается общий для всех каналов карты выходной сигнал (F), используемый, в частности, для формирования сигнала, запускающего установку, - триггера. Сигналы от сработавших проволочек записываются в строке памяти в процессе непрерывного сканирования её адресных входов (A) прямым (T_d) счетом кода в двоичном реверсивном счетчике (C) с тактовой частотой 10 МГц и длительностью 50 нс, вырабатываемой управляемым генератором, расположенным в домике экспериментатора. Генератор вырабатывает непрерывную последовательность стробирующих импульсов, которые через размножитель поступают на карты РПК-32. Каждый строб стирает ранее записанное содержимое ячейки памяти и записывает текущее. Задний фронт строба с помощью адресного счётчика (C) готовит следующую ячейку памяти и т.д. Триггер обрывает последовательность стробов, и в памяти остаётся информация, соответствующая k "временным" окнам, где k - число тактов, определяющих временной диапазон памяти (в нашем случае $k=16$). Путём подбора задержки сигнала триггера выбирается то или иное "временное" окно. Адрес зарегистрированного события в памяти определяется обратным (T_s) счётём числа тактов в счётчике, который соответствует времени задержки триггерного сигнала.

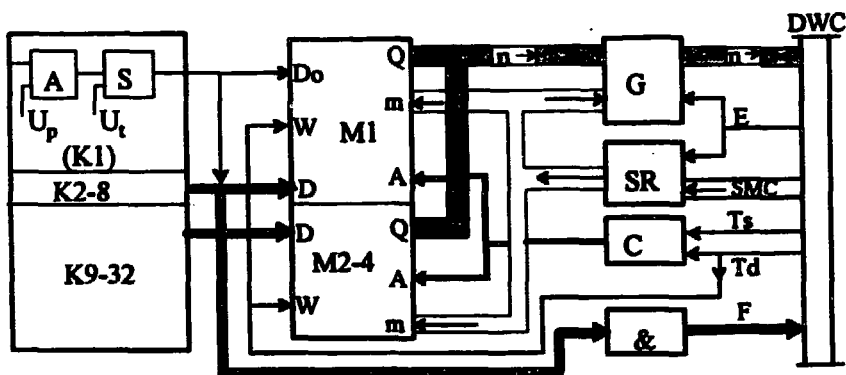


Рис.3. Функциональная схема карты РПК-32:

A - усилитель-дискриминатор, S - формирователь длительности, M - память (K155PY2), C - двоичный реверсивный счетчик (K155IE7), SR - регистр сдвига (K155IP1), G - буферный формирователь (K569АП26), & - усилитель-формирователь сигнала "Быстрое ИЛИ"

Подбор задержки и, следовательно, выбор "временного" окна осуще-

ствляется с помощью специальной тестовой программы. В результате считывается информация с карт РПК-32 только из соответствующего окна. Это считывание производится побайтно параллельно-последовательным образом с помощью управляющего регистра сдвига (SR) и буферных шинных формирователей (G), которые разблокируются командой E по линии связи карты (DWC), а регистр сдвига устанавливается (SMC) в такое состояние, когда первый байт позиционного кода номеров каналов карты (n) поступает через формирователи (G) в линию связи карты (DWC). После передачи в линию связи четырёх байтов кодов о состоянии каналов карты регистр сдвига устанавливается в исходное состояние регистрации событий, а "нулевой" потенциал 4-го разряда будет передвинут в 1-й разряд соседней карты, усилители мощности 1-й карты будут блокированы и начнётся вывод со 2-й карты и т.д.

Конструктивно карта разработана для непосредственного подключения к камере, имеющей шаг сигнальных проволочек 4 мм. В нашем случае при шаге проволок 2 мм карты располагаются в два "слоя" на одной стороне камеры (в одном слое выводится информация с чётных проволок, в другом – с нечётных). В пределах камеры линии связи выполнены в виде печатной платы (магистраль ПК-DWC). Она располагается вдоль камеры со стороны установки карт, и к ней с помощью ленточных кабелей присоединяются выходные разъемы карт.

3.2 Электронная аппаратура управления, приёма и передачи данных в ЭВМ

На рис.4 приведена общая схема сбора данных с ПК-А,В,С спектрометра ЭКСЧАРМ.

На основе сигналов "Быстрое ИЛИ" X-плоскостей ПК3 и 8 (до магнита) и ПК10 (после магнита), а также сигналов со спинтиляционных годоскопов Г1 и Г2, расположенных до и после СП-40, с помощью мажоритарных схем совпадений формировался сигнал запуска спектрометра (триггер). Управляемый генератор запускался по команде с персонального компьютера и вырабатывал непрерывную последовательность стробирующих импульсов, имеющих параметры, необходимые для записи информации в картах РПК-32.

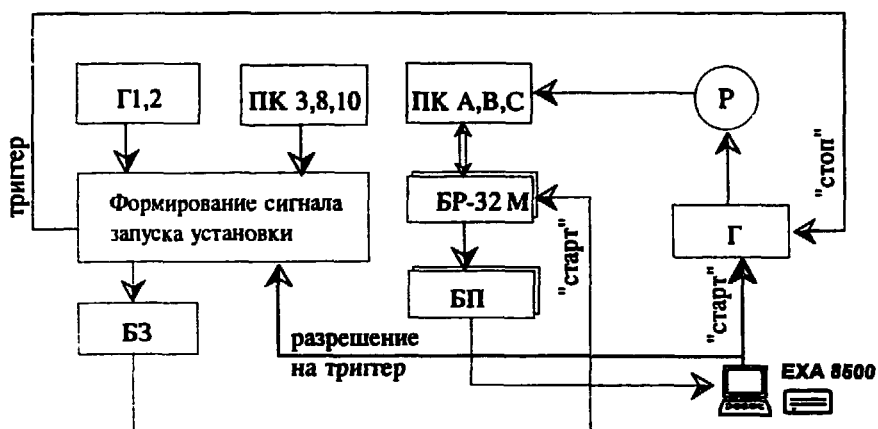


Рис.4. Структурная схема сбора данных с ПК А,В,С спектрометра ЭКСЧАРМ: Г - управляемый генератор, Р - размножитель сигналов, Г1,2 - цинтилляционные годоскопы, БЗ - блок задержки, БР-32М - блоки регистрации, БП - буферная память

Период следования импульсов непрерывно работающего генератора, а также длительность импульсов задаются с помощью отрезков кабелей (волновое сопротивление 50 Ом). Все сигналы, принимаемые и генерируемые блоком с передней панели, имеют уровни NIM (-0,8 В на 50 Ом).

Для приема информации с камерной электроники и её передачи в ЭВМ применялись блоки регистрации и кодирования БР-РПК-32М, которые располагались в крейтах КАМАК, связанных с ЭВМ, и рассчитанные на обслуживание до 2048 проводочек каждый (один блок обслуживал одну координатную плоскость). Блок регистрации выполняет следующие функции:

1. Подготавливает камерную электронику (на всех картах РПК-32, подключённых к данному блоку) для приёма информации с камер, т.е. даёт разрешение записи в память карт и блокирует выходные информационные усилители.
2. По внешнему сигналу "Старт" (в общем случае это может быть сигнал "Триггер") либо по команде КАМАК блок:
 - подготавливает камерную электронику для чтения информации;

- принимает информацию с карт;
 - кодирует принятую информацию;
 - записывает в буферную память принятую с карт информацию.
3. По окончании записи в БП автоматически (без дополнительных команд КАМАК) готовит камерную электронику для приёма новой информации с камер, а также даёт сигнал о готовности блока для приёма следующего сигнала "Старт".

Блок регистрации работал в т.н. "мультиплексном" режиме. Этот режим был обусловлен расположением карт в 2 "слоя", т.е. чётные проволочки выведены в один "слой", а нечётные – в другой (соответственно чётная и нечётная магистрали). "Сшивка" информации с двух магистралей на входах приёмного регистра осуществлялась с помощью коммутатора, который представляет собой разъёмную пару, на съёмной части которого расположена субплата ("Заглушка") с соответствующей коммутацией. Связь магистралей ПК с блоком регистрации осуществлялась кабелем ТПП-100.

Информация с ПК считывалась, кодировалась в БР-32М после прихода триггерного сигнала и передавалась в буферную память (рис.4). После этого опять запускался генератор стробов, и последовательность импульсов стирала записанную в картах РПК-32 информацию и записывала новую. По приходе триггерного сигнала цикл повторялся. Модуль буферной памяти выполнен в виде блока КАМАК и содержит 256К 16-разрядных слов. Запись информации осуществлялась с помощью управляющего компьютера РС АТ 386 на кассеты типа Video 8 устройства Exabyte¹.

4 Стендовые испытания

Для оптимизации состава газовой смеси, исследования эффективности ПК, интенсивности шумов были проведены стендовые испытания ПК (рис.5). В качестве источника заряженных частиц использовался β -источник ^{90}Sr , обеспечивающий загрузку на проволочку

¹Exabyte Corporation, Boulder, CO, USA

до 10^5 частиц/с. Система коллиматоров позволяла изменять размеры пучка электронов по горизонтали и вертикали от 1 до 5 мм. Источник ^{90}Sr и монитор, состоящий из двух сцинтилляционных счетчиков, один из которых просматривается с противоположных сторон двумя фотоэлектронными умножителями (ФЭУ), а второй – одним, включенными в схему совпадений, устанавливались на координаторе – механическом устройстве, позволяющем проводить измерения в рабочей области камеры.

Основными критериями оценки газовой смеси являлись длина плато кривой зависимости эффективности ПК от ВВ-напряжения (кривая эффективности) и стабильность работы ПК. За начало плато принималось напряжение, при котором эффективность регистрации камеры превышала 95%, за конец – напряжение, при котором средний шум в каналах превышал 10 Гц/канал. Исследовалась смесь на основе $\text{Ag} + \text{C}_4\text{H}_{10}$ (смесь "магического" типа[5]). В качестве добавки, гасящей искрообразование, использовался фреон 13В1 (CF_3Br); в качестве добавки, препятствующей полимеризации изобутана на проволочках, – изопропиловый спирт ($\text{C}_4\text{H}_7\text{OH}$).

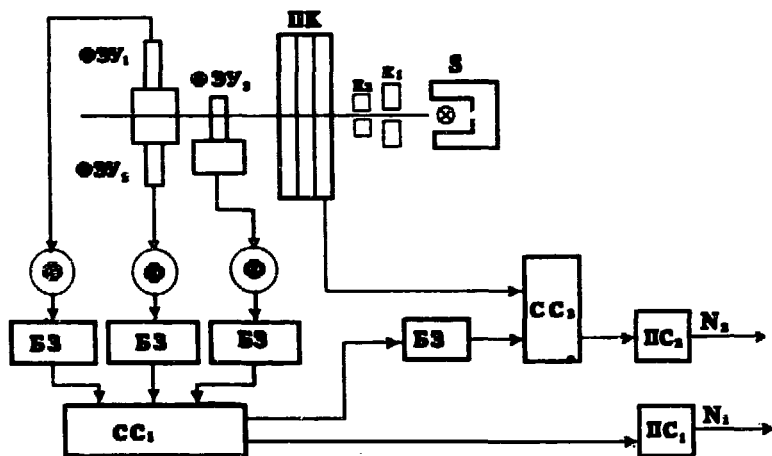


Рис.5. Структурная схема стенда для испытания камеры:
 $K_{1,2}$ – система коллиматоров, S – радиоактивный источник, ФЭУ $_{1,2,3}$ – ФЭУ сцинтилляционного монитора, Ф – формирователи сигналов, БЗ – блоки задержек, СС $_{1,2}$ – схемы совпадений, ПС $_{1,2}$ – пересчетные схемы

Измерения характеристик ПК проводились при чувствительности

усилителей-формирователей 6 мкА. Рис.6 и 7 иллюстрируют результаты измерений. Из рис.6 видно, что изменение содержания фреона в диапазоне от 0,3% до 0,6% существенной роли не играет. Дальнейшее процентное увеличение содержания фреона приводит к уменьшению эффективности камеры [6], а процентное уменьшение содержания фреона – к искрообразованию в рабочем объеме камеры и к помолке ПК. Добавление изобутана в смесь приводит к сдвигу плато эффективности в сторону больших напряжений, и к тому же при радиоактивном облучении изобутан полимеризуется, что приводит к образованию налета серого цвета на проволочках и к нестабильной работе ПК. Исходя из вышесказанного, а также основываясь на результатах работ [4], [6] и в соответствии с проведенными измерениями (рис.6,7) в качестве рабочей выбрана смесь:



Длина плато кривой эффективности при этом составила 350 В.

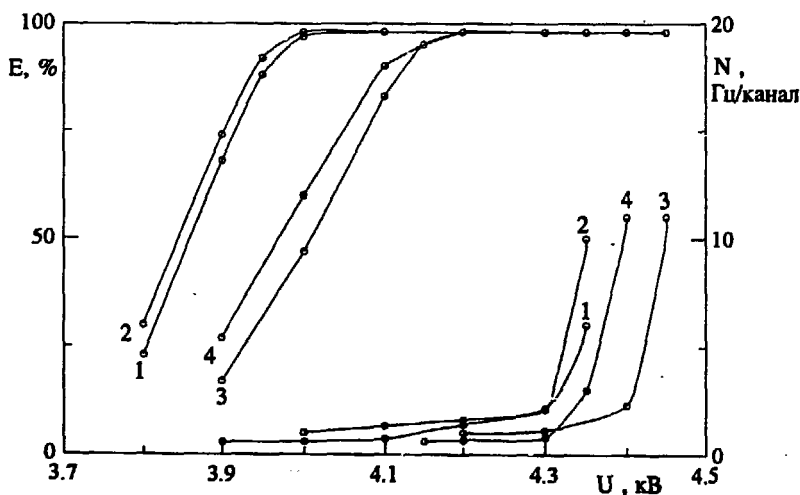


Рис.6. Эффективность и шумы X-плоскости ПК в зависимости от ВВ-напряжения для газовых смесей:

- 1 - $\text{Ar} + 20\% \text{C}_4\text{H}_{10} + 3\% \text{C}_4\text{H}_7\text{OH} + 0,6\% \text{CF}_3\text{Br}$;
- 2 - $\text{Ar} + 20\% \text{C}_4\text{H}_{10} + 3\% \text{C}_4\text{H}_7\text{OH} + 0,3\% \text{CF}_3\text{Br}$;
- 3 - $\text{Ar} + 25\% \text{C}_4\text{H}_{10} + 3\% \text{C}_4\text{H}_7\text{OH} + 0,6\% \text{CF}_3\text{Br}$;
- 4 - $\text{Ar} + 25\% \text{C}_4\text{H}_{10} + 3\% \text{C}_4\text{H}_7\text{OH} + 0,3\% \text{CF}_3\text{Br}$; порог - 6 мкА

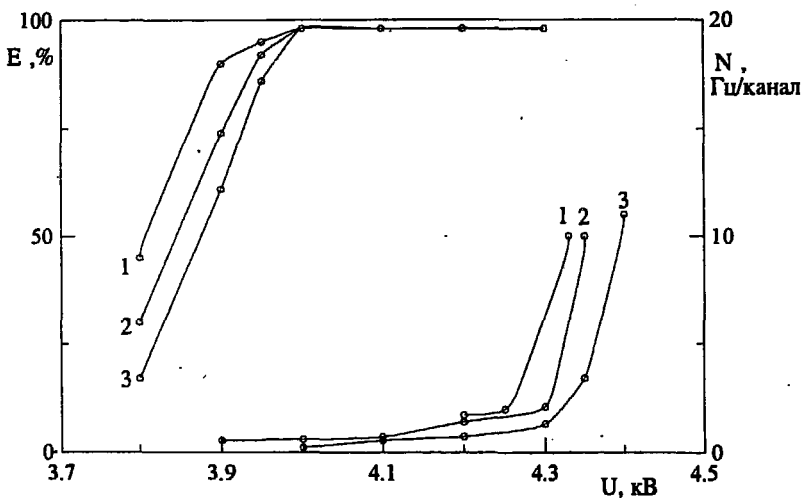


Рис. 7. Эффективность и шумы ПК в зависимости от ВВ-напряжения:
 1 - V-плоскость, 2 - X-плоскость, 3 - Y-плоскость. Газовая смесь:
 $Ag + 20\%C_4H_{10} + 3\%C_4H_7OH + 0, 3\%CF_3Br$; порог - 6 мкА

Наблюдается небольшая (~ 50 В) разница в положении плато эффективности плоскостей X, V, Y при общих условиях, что объясняется конструктивными особенностями этих плоскостей.

После проведения стендовых испытаний ПК были установлены на канале 5Н ускорителя У-70 в соответствии со схемой на рис.1 для проведения дальнейших испытаний.

5 Работа камер в составе спектрометра ЭКСЧАРМ

Для определения рабочих характеристик ПК в реальных условиях эксперимента исследовались ПК, включённые в состав спектрометра ЭКСЧАРМ (рис.1). При этом измерялись эффективности ПК в зависимости от ВВ-напряжения, порога регистрирующей электроники, а также условий работы спектрометра.

Нейтронный пучок, очищенный от заряженных частиц электромагнитами, расположенными в головной части канала 5Н, падал на

мишень спектрометра (С), непосредственно после которой располагались ПК2-9 [1]. Заряженные частицы, образованные при взаимодействии нейтронов пучка с мишенью (С), перед СП-40 регистрировались с помощью ПК2-9, а за СП-40 – с помощью исследуемых ПК А,В,С. Средний импульс нейтронов составлял 50 ГэВ/с, интенсивность пучка – 10^7 нейтронов/цикл при длительности сброса 1,5 с. В рабочую область ПК А,В,С попадали заряженные частицы с импульсами от 3 до 20 ГэВ/с. В качестве рабочей газовой смеси использовалась смесь (1).

Для газового обеспечения всех ПК применялся пульт, позволяющий автоматически смешивать и контролировать газовые компоненты, находящиеся в баллонах высокого давления [7]. Точное содержание фреона в рабочей газовой смеси обеспечивалось предварительным изготовлением смеси аргона с двухпроцентной добавкой фреона. Для газовой коммуникации использовались медная и тефлоновая трубки. Скорость продува камеры в рабочем режиме составляла 5 л/час.

Для обеспечения электрическим питанием камерной электроники всех ПК использовался высокоточный источник питания, имеющий следующие характеристики:

- номинальное рабочее напряжение и токи
 - (+5 В) выходной ток – 550 А
 - (-5 В) выходной ток – 110 А
 - (+2,4 В) выходной ток – 130 А
 - (-3 В) выходной ток – 85 А
- уровень стабилизации не хуже чем 10^{-3} от заданного номинала, а пульсации меньше 10 мВ при полной нагрузке по каждому напряжению.

При исследовании характеристик ПК регистрировались события двух типов. События 1-го типа регистрировались при логике запуска спектрометра, соответствующей прохождению 4-х и более заряженных частиц через всю установку (триггер $\text{Tr}(n \geq 4)$). События 2-го типа представляли собой процесс конверсии $\gamma \rightarrow e^+e^-$, когда в детекторах до магнита регистрируется одна траектория заряженной частицы, а в детекторах после магнита – две (триггер $\text{Tr}(n=2)$).

Характеристики ПК были получены путём анализа зарегистрированных спектрометром многочастичных событий, траектории которых были восстановлены программой геометрической реконструкции "BISON".

При работе спектрометра в режиме Tr ($n \geq 4$) среднее число кластеров² в X-, Y-, V- плоскостях исследуемой ПК было 5-6. Усреднённый размер кластера составлял $1,2 \div 1,4$ проволоочки. На рис.8 приведены кривые зависимости эффективности ПК от высоковольтного напряжения. Видно, что кривые сдвигаются систематически на величину ~ 100 В в сторону меньших напряжений относительно стендовых испытаний, что можно объяснить большей ионизирующей способностью частиц пучка.

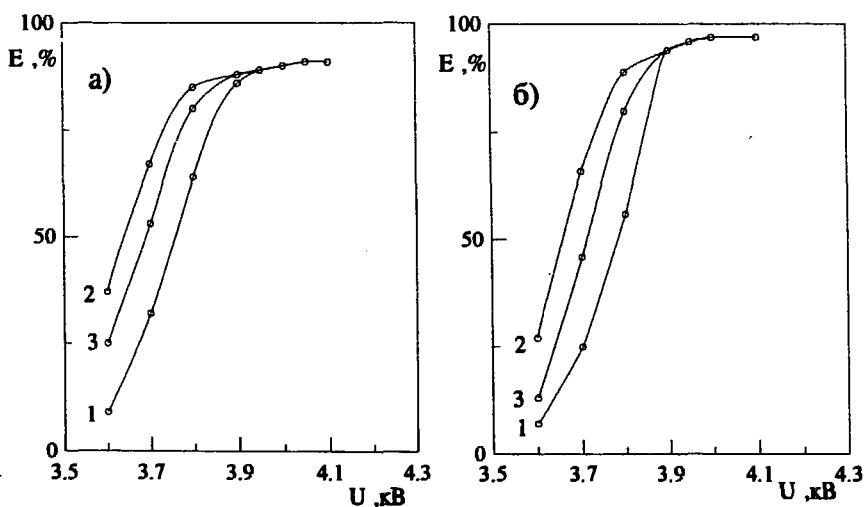


Рис.8. Эффективность ПК в зависимости от ВВ-напряжения:
1 - Y-плоскость, 2 - V-плоскость, 3 - X-плоскость; а) - режим работы спектрометра Tr ($n \geq 4$), б) - режим работы спектрометра Tr ($n = 2$). Порог усилителей-формирователей 5 мкА

При работе спектрометра в режиме Tr ($n \geq 4$) была также исследована зависимость эффективности ПК от напряжения порога дискриминации предусилителя U_p при различных значениях высоковольтного напряжения (рис.9).

² кластер - группа сработавших соседних проволоочек

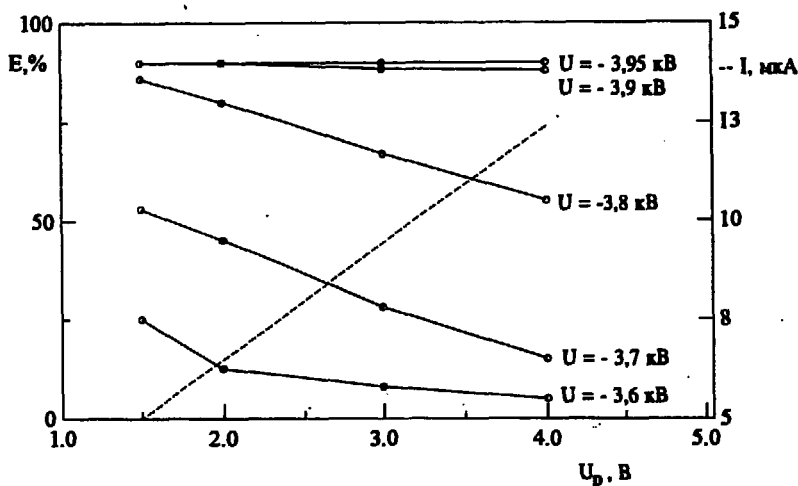


Рис.9. Эффективность ПК в зависимости от напряжения порога на усилителе-дискриминаторе карты РПК-32 при различных высоковольтных напряжениях. Штриховая линия – вольтамперная характеристика усилителя-дискриминатора

Видно, что при ВВ-напряжениях, соответствующих плато кривой эффективности, нет зависимости эффективности ПК от U_p .

С целью выяснения влияния поддерживающих линий, с помощью программы геометрической реконструкции и специально написанной программы, были построены распределения сработавших проволочек координатных плоскостей ПК (А, В, С) в режиме работы спектрометра $T_r(p \geq 4)$. Рис.10 иллюстрирует это на примере камеры В. На рисунке хорошо видна неэффективная область в районе поддерживающей линии. Полученное распределение в районе поддержки аппроксимировалось функцией Гаусса, в результате чего усреднённая неэффективная область составила ~ 6 проволочек. Так как суммарная неэффективная площадь в районе поддержек мала по сравнению с рабочей областью ПК ($\sim 2\%$) и, соответственно, мало относительное уменьшение эффективности ПК, то специальные меры для устранения этого эффекта не предпринимались.

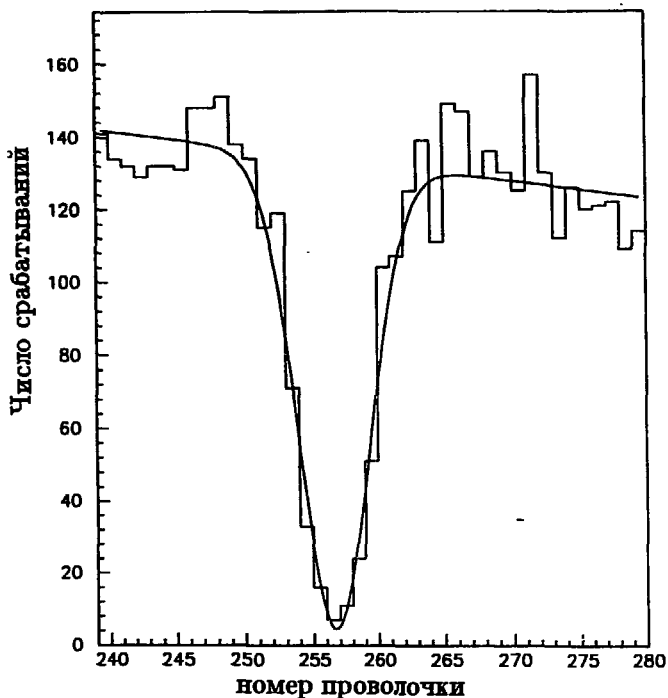


Рис.10. Распределение сработавших проволочек координатной плоскости ВУ при условии, что сработала плоскость ВХ в области расположения поддержки

Для оценки пространственного разрешения ПК были построены распределения отклонений координат траекторий частиц после магнита от координат сработавших проволок. Полученные распределения (рис.11) аппроксимировались функцией Гаусса. В результате были получены величины стандартных отклонений $\sigma = 0,69 \pm 0,01$ мм по Y-координате и $\sigma = 0,75 \pm 0,01$ мм по X-координате. Полученное различие в этих величинах можно объяснить различными средними размерами кластеров в плоскостях X и Y из-за различных средних углов попадания частиц в эти плоскости. С учётом размера кластеров полученные величины стандартных отклонений согласуются с величиной пространственного разрешения ПК, вычисленной по известной формуле: $\sigma = s/\sqrt{12}$, где s – шаг между координатными проволочками.

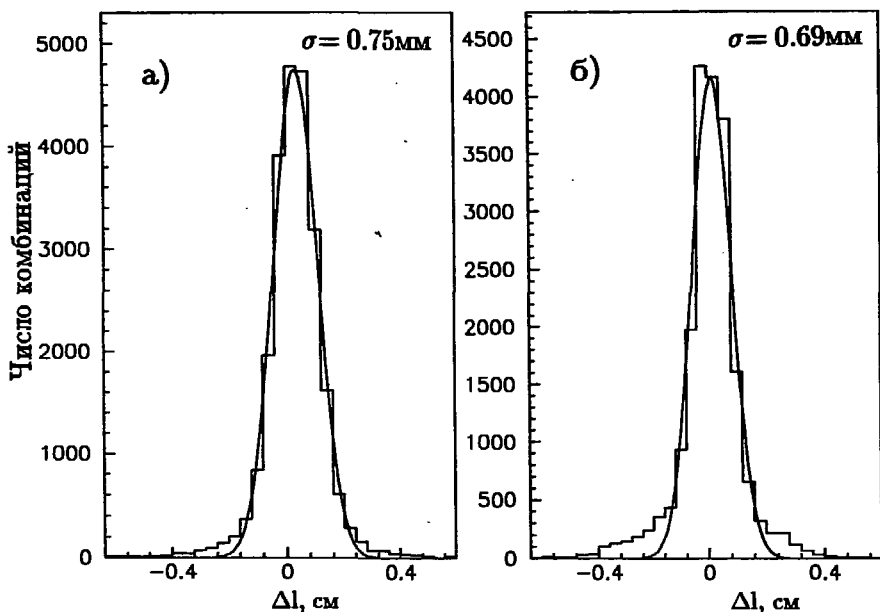


Рис. 11. Распределения отклонений координат траекторий частиц от координат работающих проволок; а) для X-плоскости, б) для Y-плоскости ПК

6 Заключение

При работе ПК с газовой смесью $Ag + 20\%C_4H_{10} + 3\%C_4H_7OH + 0,3\%CF_3Br$ были получены необходимая эффективность регистрации заряженных частиц (до 98%) и высокая эксплуатационная надежность камеры. Длина плато кривой эффективности составила 350 В. Пространственное разрешение ПК составило от 0,69 мм до 0,75 мм в зависимости от угла попадания заряженных частиц в координатную плоскость. Включение этих ПК в состав спектрометра ЭКСЧАРМ обеспечило требуемую точность при восстановлении траекторий вторичных заряженных частиц в области за магнитом. При этом, по сравнению с ранее применявшимися ПК меньших размеров [2], стало возможным:

- существенно расширить область исследуемого фазового объема (особенно диапазон регистрируемых продольных составляющих импульсов частиц) при рождении очарованных частиц в нейтрон-ядерных взаимодействиях;

- почти на порядок увеличить геометрическую эффективность регистрации очарованных частиц и экзотических адронных состояний.

Таким образом, создание спектрометра ЭКСЧАРМ в конфигурации с трёхкоординатными ПК с размером рабочей области $2 \times 1 \text{ м}^2$ позволило начать широкую программу экспериментальных исследований на серпуховском ускорителе.

Авторы выражают глубокую благодарность Е.М.Лихачёвой и Н.Д.Озеровой за выполнение работ по первоначальному тестированию карт РПК-32, коллективу СНЭО за помощь при проведении исследований на канале 5Н, а также А.Л.Любимову, Д.А.Смолину, Ю.А.Кожевникову, В.Е.Симонову за конкретную помощь и полезные обсуждения.

Литература

- [1] Айхнер Г. и др. *ПТЭ*, 1982, N3, с.40
- [2] Алеев А.Н. и др. *ПТЭ*, 1991, N1, с.50.
- [3] Кондрашов В.Д. *ОИЯИ*, P13-88-512, Дубна, 1988.
- [4] Баландин В.П. и др. *ПТЭ*, 1987, N6, с.32
- [5] Charpak G. *Ann.Rev.Nucl.*, 1970, v.20, p.195.
- [6] Charpak G. *Nucl.Instr. and Meth.*, 1970, v.88, p.149
- [7] Виноградов В.Н. и др. *ОИЯИ*, P13-86-530, Дубна, 1986

Рукопись поступила в издательский отдел
8 апреля 1994 года.