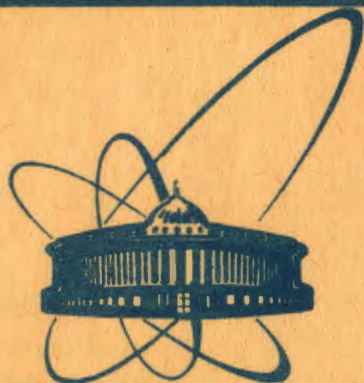


e +



**сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна**

1948/83

18/4-83

13-83-29

С.А.Акименко, А.М.Артыков, В.И.Белоусов,
А.М.Блик, Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов,
В.Глинка, В.Н.Колосов, В.М.Королев, А.С.Курилин,
В.М.Кутьин, Ю.Ф.Ломакин, Г.П.Макаров,
В.Г.Одинцов, А.И.Павлинов, Ю.Н.Симонов,
Б.Ситар, А.С.Соловьев

**СИСТЕМА ИСКРОВЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ КАМЕР
СПЕКТРОМЕТРА ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ
УСТАНОВКИ "ГИПЕРОН"**

1983

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальная программа установки "Гиперон" /1/ включает в себя исследование широкого класса процессов обменного рассеяния и инклюзивного образования частиц в адрон-адронных взаимодействиях. Установка расположена на 18-м канале ускорителя ИФВЭ. В ее состав входят магнитооптический канал транспортировки частиц, пучковый магнитный спектрометр, жидководородная /дейтериевая/ мишень с системой охранных годоскопических счетчиков и магнитный спектрометр для прецизионного измерения угловых и энергетических характеристик продуктов взаимодействия. Основным трековым детектором спектрометра вторичных частиц, созданного на основе модифицированного широкоапертурного магнита МС-12 /2/, является система искровых проволочных камер /ИПК/ с памятью на ферритовых кольцах.

Количество ИПК и их конфигурация на пучке частиц зависит от конкретно решаемой физической задачи. На рис.1 и 2 /а,б/ показано расположение аппаратуры, используемой при изучении различных реакций.

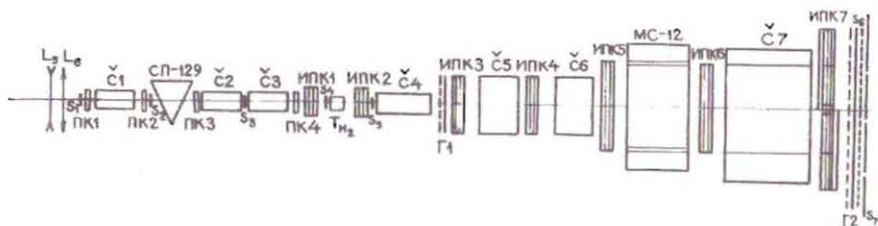


Рис.1. Конфигурация установки "Гиперон" для изучения реакции с изменением гиперзаряда $\pi^+ + p \rightarrow K^+ + X^+$: $L_{5,6}$ - дублет линз; СП-129 - магнит пучкового спектрометра; T_{H_2} - жидководородная мишень с системой охранных счетчиков; S_{1-7} - сцинтилляционные счетчики; $\check{C}_1 - \check{C}_7$ - пороговые черенковские счетчики; ПК - пропорциональные камеры; Г1, Г2 - сцинтилляционные годоскопы; ИПК - искровые проволочные камеры с памятью на ферритовых кольцах.

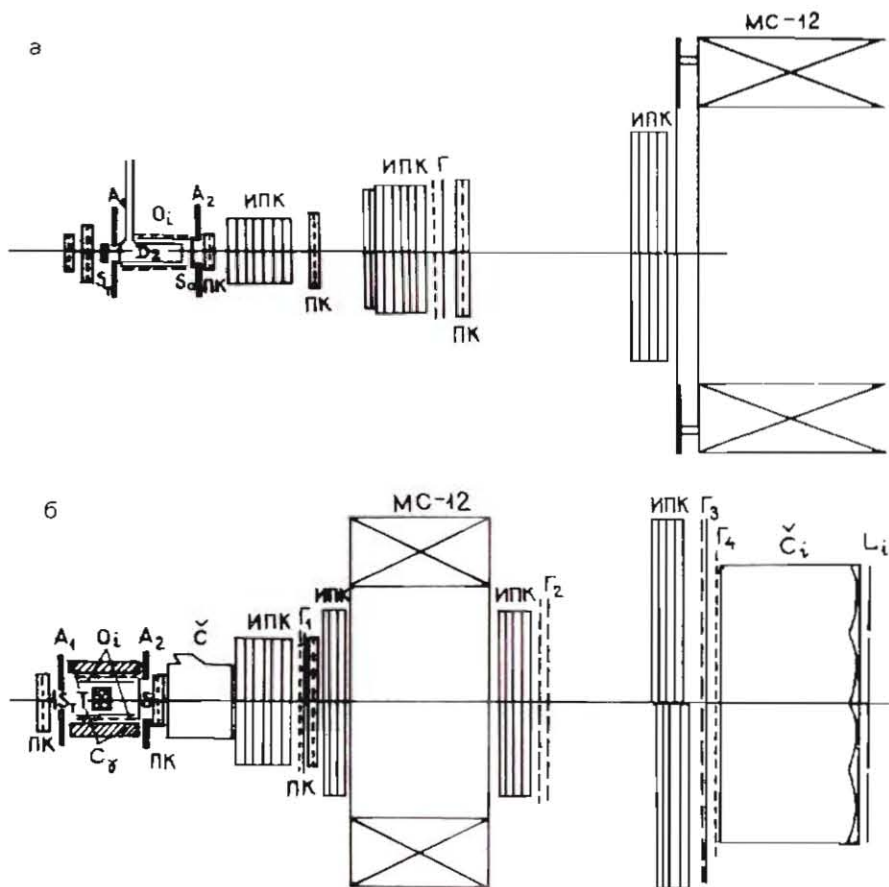


Рис. 2. Конфигурация установки "Гиперон" для изучения реакции упругой перезарядки $K^{+} + p \rightarrow K^{0} + p$ /а/

и инклюзивного образования на ядрах нейтральных мезонов ($K^{0}, K^{*}, \phi, \dots$) /б/.

1. ИСКРОВЫЕ ПРОВОЛОЧНЫЕ КАМЕРЫ

Технология изготовления искровых проволочных камер была разработана в ИФВЭ ^{/3/}. Конструктивно камера представляет собой однокоординатный модуль, собранный на раме, выполненной из стеклопластика СВМ и дюралиевого каркаса ^{/3/}. Намотка проволочных электродов осуществлялась гофрированной проволокой БРБ-2 диаметром 0,1 мм с шагом 1 мм. При этом уход шага намотки составляет менее 0,2 мм на базе 1000 мм. На раме устанавливается

матрица памяти на ферритовых кольцах ^{/4/}, соединенная с проволочками заземленного электрода, и блок композиционных распределенных резисторов ^{/5/} для подачи высоковольтных импульсов на плоскость высоковольтного электрода.

Камеры собираются в блоки на специальных подставках, которые могут перемещаться по рельсам, установленным по оси канала. Это позволяет в случае необходимости оперативно менять конфигурацию аппаратуры установки. В блоке может устанавливаться до 10 модулей ИПК, соответствующих измерению X-, Y- и V-координат /V – поворот на 45°/. Подставки позволяют производить юстировку как блока в целом, так и в небольших пределах индивидуально каждого модуля. Последний блок камер состоит из двух групп ИПК по 4 модуля размером 1024x1024 мм² в каждом. Группы ИПК в этом блоке перемещаются относительно друг друга в плоскости, перпендикулярной пучку. Это позволяет изменять апертуру от одного до двух квадратных метров.

В установке используются модули с рабочей площадью 256x256 мм², 512x512 мм² и 1024x1024 мм², с общим числом каналов регистрации до 50 тысяч.

2. СИСТЕМА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ ИПК

От характеристик высоковольтного питания ИПК во многом зависят все основные характеристики ИПК, такие как координатное разрешение, многотрековая эффективность, помехоустойчивость и надежность работы всей системы искровых камер в целом.

Для обеспечения высокой многотрековой эффективности при большом числе искр в ИПК используется способ подачи высоковольтных импульсов питания от мощного генератора /ГВИ/ через низкоомную полосковую линию, а импульсы питания для каждой отдельной проволоки высоковольтного электрода снимаются с полосковой линии через достаточно высокоомные по сравнению с волновым сопротивлением линии резисторы ^{/5/}. Это обеспечивает взаимную омическую развязку проволок высоковольтного электрода и, соответственно, отдельных ферритовых колец матриц памяти ИПК при записи в них информации. ГВИ разработаны на основе тиратрона ТГИ 1-10000/25^{/6/}. Высоковольтные импульсы формируются по длительности формирующими линиями, каждая из которых состоит из шести разомкнутых на конце отрезков кабеля РК-50-4-13 с общим волновым сопротивлением 8 Ом. Длительность формируемого импульса отрицательной полярности составляет 170 нс. Амплитуда регулируется в пределах $4 \div 7$ кВ. Минимальный интервал между двумя запусками должен превышать 2 мс. Для уменьшения задержки срабатывания ГВИ на управляющую сетку тиратрона подается положительное смещение. Общая задержка от времени подачи триггерного сигнала до высоковольтного импульса на тиратроне не превышает 110 нс /без учета задержки в кабелях и на формировке триггера, для которых характерна величина ~ 600 нс/.

Требования к длительности переднего фронта импульса высоковольтного питания ИПК определяются из компромиссных соображений. Слишком длинный передний фронт создает в ИПК импульсное очищающее поле, успевающее удалить первичные электроны со следа регистрируемой частицы, что может привести к снижению эффективности регистрации полезных событий. Слишком короткий передний фронт приводит к ударному возбуждению паразитных колебательных цепей и наводкам. Кроме того, с укорочением переднего фронта значительно возрастают емкостные токи, способные перемагничивать ферритовые кольца даже в отсутствие искр в ИПК, особенно в ИПК больших размеров. Используемые в установке ГВИ обеспечивают высоковольтные импульсы с фронтом нарастания ≤ 30 нс.

Весьма важным является требование к стабильности амплитуды импульсов высоковольтного питания ИПК. Счетные характеристики ИПК имеют широкую область плато, а число дополнительных сопутствующих искр сравнительно медленно нарастает в широкой области напряжений /см. рис.5/. С этих точек зрения особых требований к стабильности амплитуды высоковольтных импульсов не предъявляется. Однако самая для нас важная характеристика ИПК - пространственное разрешение - сохраняется предельно высоким лишь при отклонении до $\pm 2,5\%$ от номинального напряжения питания, а при больших отклонениях резко ухудшается.

Для исключения изменения напряжения питания на аноде тиратрона предусмотрена стабилизация напряжения питания, выполненная по схеме катодного повторителя на лампе ГМИ-89, в анод которой включена накопительная батарея емкостью 8 мкФ. При этом амплитуда выходных импульсов сохраняется /с точностью $\leq 0,5\%$ / при 100 запусках за время сброса пучка ускорителя $\tau \approx 1,5$ с/. Конструктивно генераторы, стабилизаторы и формирующие линии выполнены в виде отдельных блоков стандарта "Вишня".

Модули ИПК соединяются последовательно с 8-омной согласующей заглушкой, имеющей диодную развязку с землей для возможности подачи на модули очищающего поля. Применение полностью согласованного тракта для подсоединения ИПК обеспечивает подключение к одному генератору высоковольтных импульсов до 4 ИПК размером 1024×1024 мм² или до 8 ИПК размером 512×512 мм² с сохранением формы импульса с хорошей точностью. Однако в ряде случаев целесообразно уменьшение количества ИПК, подсоединяемых к одному генератору, в частности, для удобства настройки в случае большого разброса рабочих напряжений модулей в блоках, а также при работе в интенсивных пучках и изучении процессов с большой множественностью.

Помимо ГВИ в систему высоковольтного питания входят схемы обрезания положительных импульсов, возникающих при заряде формирующих линий от источника питания, и блок подачи и регулировки очищающего поля ИПК.

Система контроля позволяет постоянно контролировать амплитуду и форму высоковольтного импульса всех генераторов, величину и форму положительного выброса /последнего импульса/ и производить индивидуальную регулировку и контроль очищающего поля модулей ИПК во время настройки и работы установки. На рис.3 показана функциональная схема высоковольтного питания ИПК.

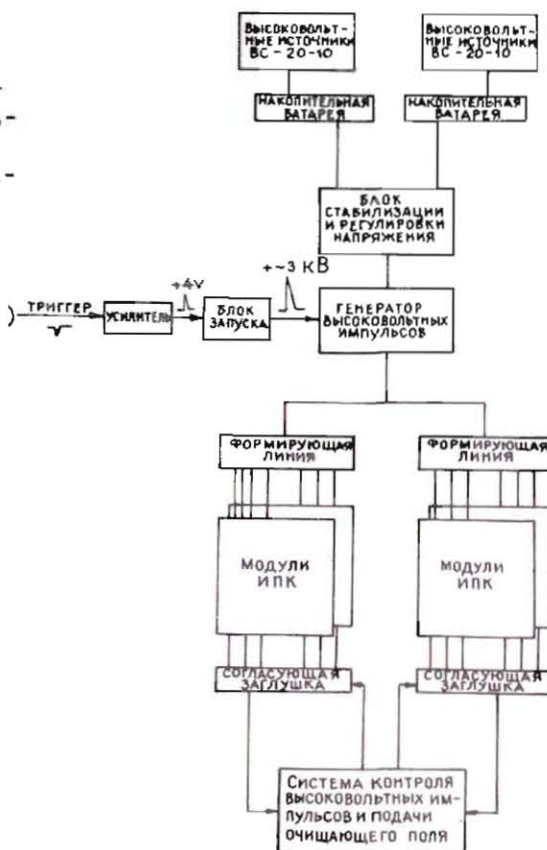


Рис.3. Функциональная схема высоковольтного питания ИПК.

3. СИСТЕМА СЪЕМА ИНФОРМАЦИИ С ИПК

Электронная аппаратура съема информации с ИПК включает в себя матрицы памяти с ферритовыми кольцами, модули считывания и электронную систему вывода информации^{17/}. Ферритовые кольца матрицы памяти собраны в группы по 32 кольца. Количество групп в матрице определяется линейными размерами камеры /до 32 групп, соответствующих модулю 1024×1024 мм²/. Электронный модуль считывания, устанавливаемый непосредственно на ИПК, содержит 8 генераторов опроса и 4 токовых ключа. Модули считывания объединены в блоке ИПК общей шиной по управляющим сигналам, что позволяет использовать только 12 кабелей управления для считывания информации с камер. Стробующий сигнал от системы вывода подается индивидуально для каждой камеры.

Триггерный сигнал, вырабатываемый системой быстрой электроники и выделяющий в установке полезное событие, поступает на вход блока управления системы съема информации. Система блоки-

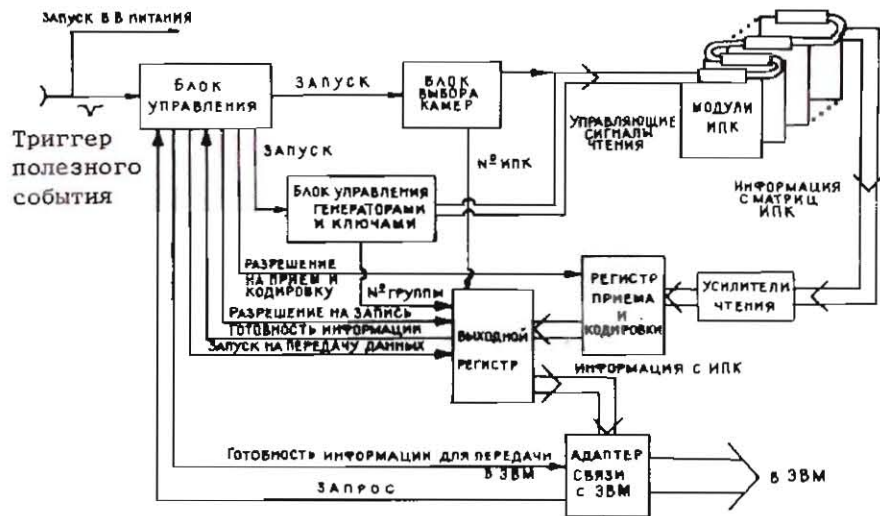


Рис.4. Блок-схема системы съема информации с ИПК.

руется на время подачи высоковольтного импульса для избежания возможных помех. Затем все устройства системы устанавливаются в начальное состояние, после чего вырабатываются сигналы запуска блока выбора камер /задающего номер опрашиваемой камеры/ и блока управления генераторами опроса и токовыми ключами /рис.4/. Блок выбора камеры стробирует соответствующий, установленный на ИПК, электронный модуль считывания. Блок управления генераторами опроса и ключами вырабатывает управляющие сигналы для электронного модуля считывания и производит последовательный опрос матриц ИПК с занесением в выходной регистр соответствующих номеров опрашиваемых модулей ИПК, групп и сработавших колец.

При наличии информации с ИПК в выходном регистре система останавливается, и блок управления вырабатывает запрос на ввод информации в ЭВМ. Если информация с колец отсутствует, блок управления через 5 мкс переходит к следующему циклу опроса. Время вывода информации с очередной группы колец не превышает 4 мкс. Связь системы вывода с ЭВМ осуществляется посредством адаптера ^{8/}, позволяющего рассматривать эту систему в качестве "блока" /регистра/ электронной системы СУММА /или КАМАК/. Информация выводится в виде 16-разрядного слова, в котором 6 разрядов определяют номер модуля ИПК, 5 разрядов соответствуют номеру группы колец в камере /номер генератора считывания и номер ключа/ и 5 разрядов задают номер сработавшего в группе кольца. Для большей гибкости подсоединения модулей ИПК и их

компоновки в блоки система имеет четыре независимых направления канала приема информации по усилителям чтения и блоку управления генераторами и ключами. Каждое направление допускает подключение 6 модулей ИПК размером 1024x1024 мм² или 12 модулей размером 512x512 мм².

Каждый блок ИПК /как правило, в блок входит сборка из 6÷10 модулей/ связан с одним направлением. Установка "Гиперон" располагает двумя описанными системами, к одной из которых подсоединены ИПК, расположенные до спектрометрического магнита МС-12, а к другой - ИПК, установленные после магнита. Такое распределение ИПК по направлениям и системам считывания обеспечивает широкие возможности для независимой настройки и работы установленных на канале частиц искровых проволочных камер, а также позволяет, в случае необходимости, оперативно производить изменения в числе работающих модулей и блоков ИПК.

4. ГАЗОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИПК

Искровые проволочные камеры работают на стандартной газовой смеси 80% Ne +20% He. Для уменьшения числа фоновых искр, связанных с фотоионизацией, в смесь добавляются пары спирта / -1 ÷ 2,5%/. Система газового обеспечения включает в себя: пульт управления для подготовки рабочей газовой смеси с возможностью введения различных добавок; распределитель с индивидуальной для каждого модуля регулировкой и контролем газового потока; систему сбора газа и его очистки с последующей добавкой необходимых компонент ^{9/}. Постоянный контроль за состоянием газа и временем памяти ИПК осуществляется специальной ионизационной камерой ^{10/}. Так как ионизационная камера дает интегральную характеристику состава газа, более детальный анализ смеси периодически осуществляется с помощью газового хроматографа. К системе газового обеспечения может быть подключено до 60-ти модулей ИПК.

5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ИПК

Основной задачей при изучении характеристик ИПК на пучке заряженных частиц являлось установление оптимального режима работы системы камер по напряжению высоковольтного питания, величине очищающего поля и газовому составу, обеспечивающего высокую эффективность и координатную точность регистрации полезных событий в условиях больших потоков частиц /1 ÷ 2·10⁶ частиц/секунду/. При этом использовался "тестовый" режим, в котором сцинтилляционными счетчиками выделялся достаточно узкий пучок /2x2 см²/ в области максимальной интенсивности потока проходящих частиц.

Для выбора режима по высоковольтному питанию для всех модулей снимаются зависимости эффективности η /% / и среднего числа искр \bar{n} на один триггерный запуск системы от амплитуды импульса. На рис.5 приводятся результаты измерений для модулей различных раз-

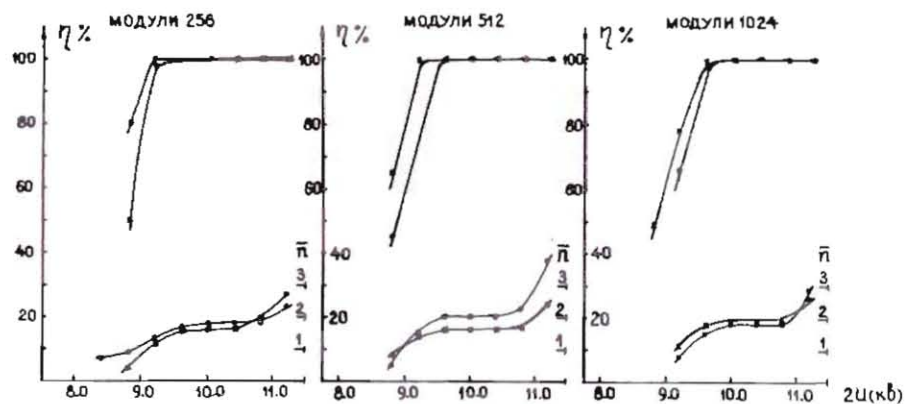


Рис.5. Зависимости эффективности регистрации частиц модулями ИПК от амплитуды высоковольтного импульса.

меров, использующихся в установке "Гиперон". Ширина плато при приемлемом среднем числе искр для всех камер составляет не менее одного киловольта. Однако область напряжений, при которой реализуется наилучшее разрешение, не превышает $250 \div 300$ В. Приведенные на рисунке характеристики получены при использовании "рабочей" газовой смеси /79%Ne +20%He +1,0% C₂H₅OH/ и индивидуально выбранных для модулей значениях очищающего поля в интервале $90 \div 120$ В.

Как уже отмечалось, для уменьшения числа фоновых искр, возникающих в результате фотоионизации газа заряженными частицами, в газовую смесь добавляется определенное количество паров спирта. При этом в исследованном интервале концентраций спирта /0,4 ÷ 1,5%/ время памяти ИПК несколько увеличивается с ростом концентрации паров спирта в рабочей смеси /рис.6/. Такое увеличение времени памяти, по-видимому, может быть объяснено уменьшением подвижности электронов [11]. Небольшое увеличение времени памяти, связанное с добавлением в рабочую смесь паров спирта, легко компенсируется изменением величины очищающего поля.

Так как общая задержка запускающего сигнала, обусловленная временем формирования логического триггера и задержкой в кабелях, достаточно велика /750 ÷ 900 нс/, мы не используем для уменьшения времени памяти сильных электроотрицательных добавок /таких, как фреон-12, CCl₄.../.

Для установки необходимого для работы времени памяти используется его зависимость от очищающего поля. На рис.7 показаны результаты измерения зависимости времени памяти от величины очищающего поля для рабочей газовой смеси. Оптимальный выбор времени памяти позволяет эффективно снижать число фоновых искр в модулях ИПК. На рис.8 показаны профили пучка частиц при разных

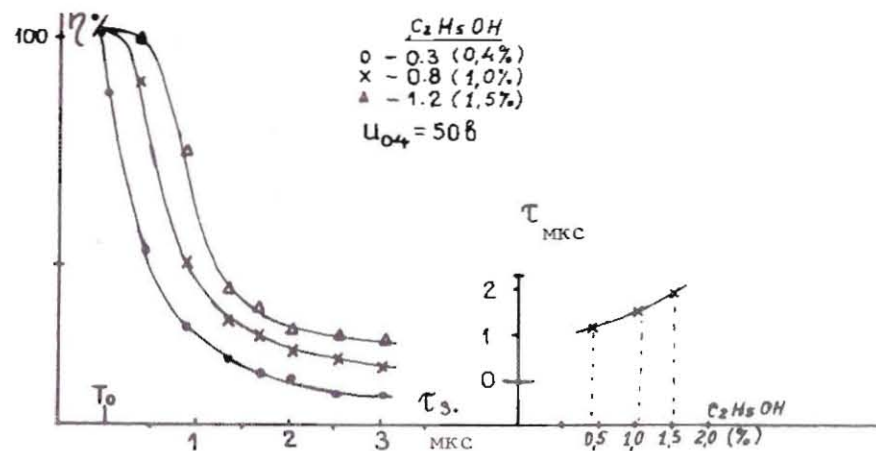


Рис.6. Зависимость времени памяти ИПК от концентрации паров спирта в рабочей смеси.

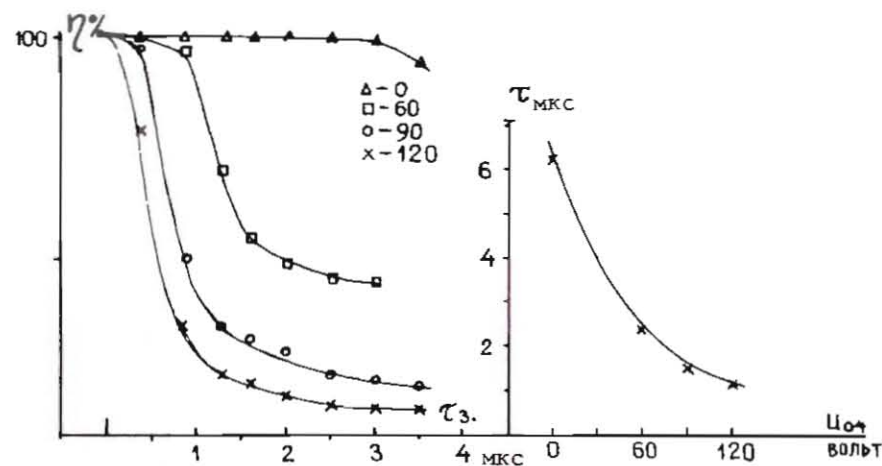


Рис.7. Зависимость времени памяти ИПК от величины очищающего поля, подаваемого на модули ИПК.

значениях очищающего поля /а значит, и времени памяти/ на одном из модулей ИПК. Измерения соответствуют интенсивности пучка 5×10^5 частиц/с, при этом общая загрузка камер составляет $\geq 1,5 \cdot 10^8$ частиц/с.

Время памяти камер в рабочем режиме составляет 1,8-2 мс. Это достаточно большая величина, однако основной задачей искровых камер в установке является получение хороших координатных

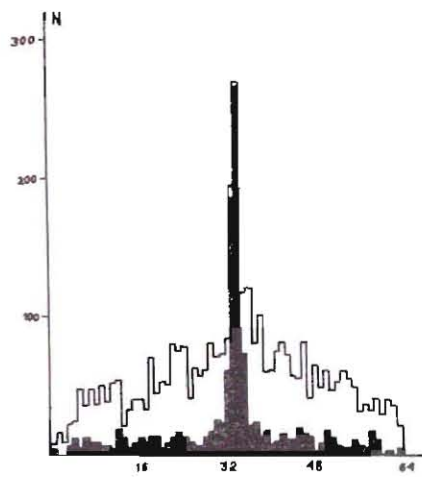


Рис.8. Профили пучка на модуле ИПК при различных значениях подаваемого очищающего поля.

характеристик треков частиц исследуемых процессов. Требования к времени памяти значительно менее жесткие, так как использование в установке пропорциональных камер /~ 1800 каналов/ и сцинтилляционных годоскопов /~ 250 элементов/ позволяет путем создания "временной маски" довести временное разрешение установки до десятков наносекунд и тем самым эффективно отделять треки полезных событий от фоновых,

обусловленных прохождением частиц за время памяти искровых камер при больших нагрузках.

Как известно, наилучшее координатное разрешение искровых камер достигается в режиме, когда средняя ширина искры на событие составляет 1,5 проволочки. Этот критерий также входил в выбор оптимального режима. На рис.9а показано распределение по числу проволочек в одной искре, а на рис.9б приведено распределение по числу искр на один триггерный запуск системы ИПК при выбранном составе газовой смеси и величинах очищающего поля.

Отметим, что все приводимые характеристики получаются непосредственно в режиме он-лайн. При заданной геометрии /z - координаты местоположения модулей по пучку и вычисленных сдвигов модулей относительно друг друга/ в режиме он-лайн возможно восстановление треков и получение собственно трековых характеристик ИПК. Так, на рис.10 а и б приводятся распределения отклонений центра тяжести искры от положения восстановленного трека для модулей 512 и 1024 соответственно. Последующее уточнение геометрических констант /сдвигов модулей относительно друг друга и учет поворотов модулей в плоскости, перпендикулярной пучку/ в режиме обработки офф-лайн обеспечивает координатное разрешение $\leq 0,3$ мм и разрешение по импульсу $\Delta P/P \leq 0,5\%$ /рис.10в/.

Эксплуатация описанной системы искровых проволочных камер в течение ряда лет на установке "Гиперон" показала ее высокую надежность в работе, а ее характеристики отвечают требованиям, необходимым для решения поставленных физических задач.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.П.Джелепову и Ю.Д.Прокошкину за проявленный интерес и поддержку в работе, В.Б.Флягину за большую помощь, оказанную при создании установки, а также признательны С.В.Изгашеву, Н.Н.Кузнецову, Н.П.Мошкову, П.В.Симонову и М.В.Тихонову

за постоянную помощь в настройке аппаратуры, изготовлении отдельных узлов и монтаже установки в целом.

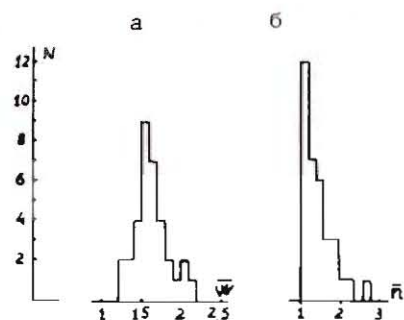
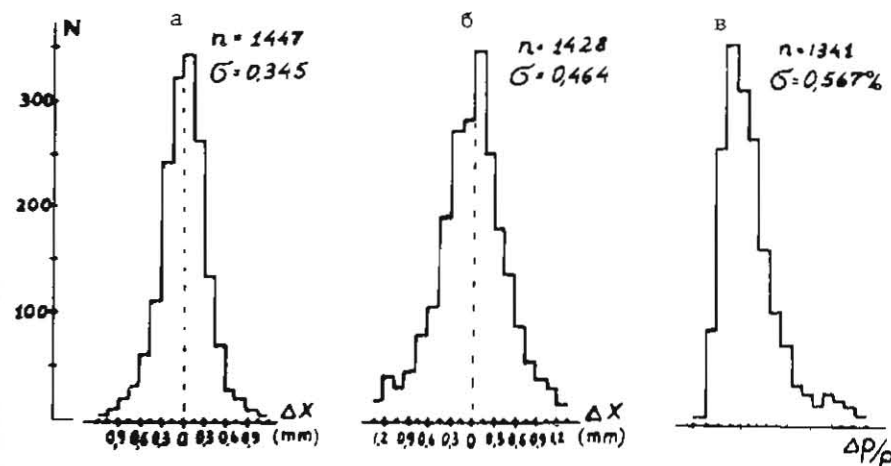


Рис.9. Распределение по числу проволочек \bar{w} в одной искре /а/ и по числу искр \bar{n} в модуле на один триггерный запуск системы.

Рис.10. Распределения отклонений центра тяжести искры от положения восстановленного трека для модулей 512/а/ и 1024/б/ и распределение, характеризующее импульсное разрешение спектрометра /в/.



ЛИТЕРАТУРА

1. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 1-8948, Дубна, 1975.
2. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, P13-80-155, Дубна, 1980.
3. Константинов В.Ф., Прохоров А.Н. ИФВЭ, 76-25, Серпухов, 1976.
4. Карпеков Ю.Д. и др. ПТЭ, 1972, №6, с. 83.
5. Власов Л.Г. и др. ПТЭ, 1973, №5, с. 53.
6. Карпеков Ю.Д. и др. ПТЭ, 1976, №4, с. 149.
7. Макаров Г.П. и др. ПТЭ, 1973, №4, с. 56.
8. Зелепукин С.А. и др. ИФВЭ, 77-82, Серпухов, 1977.
9. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 13-82-834, Дубна, 1982.
10. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 13-82-835, Дубна, 1982.
11. Астабатьян Р.А. и др. ОИЯИ, P13-8383, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 января 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Акименко С.А. и др. 13-83-29
Система искровых проволочных камер спектрометра вторичных частиц установки "Гиперон"

Дается краткое описание конструкции искровых проволочных камер /ИПК/ с размерами рабочих площадей 256x256 мм², 512x512 мм² и 1024x1024 мм². Рассматриваются системы считывания информации, высоковольтного питания и газообеспечения. Приводятся характеристики искровых камер, полученные на пучке частиц спектрометра "Гиперон". Разрешение по импульсу вторичных частиц спектрометра составляет 0,5%.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Akimenko S.A, et al. 13-83-29
Wire Spark Chamber System of Secondary Particle Spectrometer of Hyperon Installation

A short description of wire spark chambers (WSC) construction are given. Effective areas of WSC are 256x256 mm², 512x512 mm² and 1024x1024 mm². Electronics, high-voltage supply and gas system are described. Characteristics of the spark chambers measured on the pion beam of the Hyperon spectrometer are discussed. Momentum resolution of the secondary particles measured by WSC is about 0.5%.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.