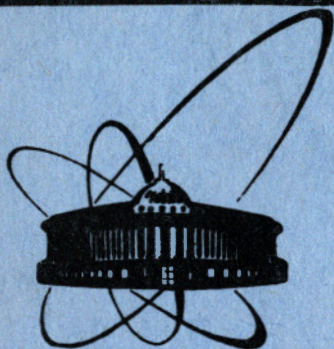


84-562

28.0.



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

415097 ПТЭ №5 P13-84-562

Антюхов В.Л. и др.

СПЕКТРОМЕТР "ГИПЕРОН" – УСТАНОВКА  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ  
ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПАДОВ ЧАСТИЦ  
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ  
НА 76 ГэВ-ПРОТОННОМ СИНХРОТРОНЕ

Сотрудничество "Гиперон": Дубна–Серпухов–Баку–  
Братислава–Гомель–Ереван–Кошице–Краков–Минск–  
Самарканд–София–Тбилиси

41509M

Направлено в журнал "Приборы и техника  
эксперимента"

1984

В.А. Антюхов, Г.С. Бицадзе, Ю.А. Будагов, Ю.Г. Будяшов, В.Б. Виноградов, А.Г. Володько, В.М. Гребенюк, В.П. Желепов, С.В. Ерин, Н.И. Журавлев, В.Г. Зинов, В.М. Королев, Ю.Ф. Ломакин, В.Г. Одинцов, Н.А. Русакович, А.А. Семенов, С.В. Сергеев, В.Т. Сидоров, А.Н. Синаев, А.А. Фещенко, В.Б. Флягин, И.Е. Чириков-Зорин, И.Н. Чурин, Ю.Н. Харжеев

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

С.А. Акименко, В.И. Белоусов, А.М. Блик, Ю.Б. Бушнин, А.Ф. Дунайцев, С.А. Зелепукин, Ю.Д. Карпеков, В.Н. Колосов, В.М. Кутьин, А.П. Ломов, Г.П. Макаров, Ю.М. Мельник, А.И. Павлинов, В.С. Петров, В.А. Сенько, В.А. Сергеев, Ю.Н. Симонов, А.С. Соловьев, А.Е. Чураков, А.Е. Якутин  
Институт физики высоких энергий, Серпухов

О.Б. Абдинов, В.М. Маниев  
Институт физики АН АзССР, Баку

В. Глинка, Я. Пишут, Н. Пишутова, П. Повинец, Б. Ситар, П. Стрмень, М. Худы, В. Черны, Р. Яник  
Университет, Братислава, ЧССР

Н.В. Максименко  
Гомельский государственный университет

Я. Антош, М. Семан, Л. Шандор, Й. Шпалек  
Институт экспериментальной физики, Кошице, ЧССР

К. Рыбицки, М. Турала, Л. Хайдук, В. Янчур  
Институт ядерной физики, Краков, ПНР

А.А. Богуш, Ю.А. Кульчицкий, А.С. Курилин, Л.Г. Мороз  
Институт физики АН БССР, Минск

М.Н. Омеляненко  
Московский институт радиоэлектроники и автоматики

А.М. Артыков  
Самаркандский государственный университет

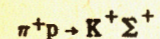
Ц. Бончев, А. Йорданов, Р. Ценов  
Университет, София, НРБ

Н.С. Амаглобели, И.А. Минашвили, Р.Г. Салуквадзе  
Институт физики высоких энергий Тбилисского государственного университета

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В работе описана экспериментальная установка "Гиперон", предназначенная для исследований в пучках протонного синхротрона ИФВЭ /Серпухов/ на энергию 76 ГэВ.

В предложении эксперимента<sup>/1/</sup> указывалось на необходимость изучения ряда гиперзарядообменных процессов при энергиях выше 7 ГэВ. В связи с этим одним из первых исследований, выполненных на установке "Гиперон", явилось измерение дифференциальных сечений и поляризации в процессе



/1/

при энергии пионов 12 ГэВ.

Установка расположена на 18 канале серпуховского ускорителя в пучке несепарированных положительно заряженных частиц. Выделение бинарной реакции /1/ на большом фоне других процессов производилось путем идентификации  $K^+$ -мезонов и измерения спектра "недостающих масс". Указанный метод накладывает особо высокие требования на точность измерения импульсов  $\pi^+$  и  $K^+$ -мезонов, в связи с чем в установке используется большое количество проволочных искровых и пропорциональных камер; особое внимание было обращено на сокращение количества вещества на пути регистрируемых частиц.

Установка представляет собой комплекс из двух магнитных спектрометров, позволяющих измерять кинематические параметры как пучковых, так и вторичных вылетающих из мишени частиц. Для идентификации частиц служит система газовых пороговых черенковских счетчиков.

В ходе проведения экспериментов комплекс аппаратуры развивался и совершенствовался, благодаря чему в настоящее время установка позволяет осуществить широкую программу исследований бинарных и инклюзивных процессов, производить поисковые эксперименты новых состояний частиц.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПУЧКА

Канал частиц №18 протонного синхротрона ИФВЭ расположен во внутренней части кольца ускорителя /рис.1/. По этой причине интенсивность пучка положительных частиц существенно превосходит интенсивность отрицательных. Описание канала частиц содержится в работе<sup>/2/</sup>. Для генерации частиц в зависимости от требуемой



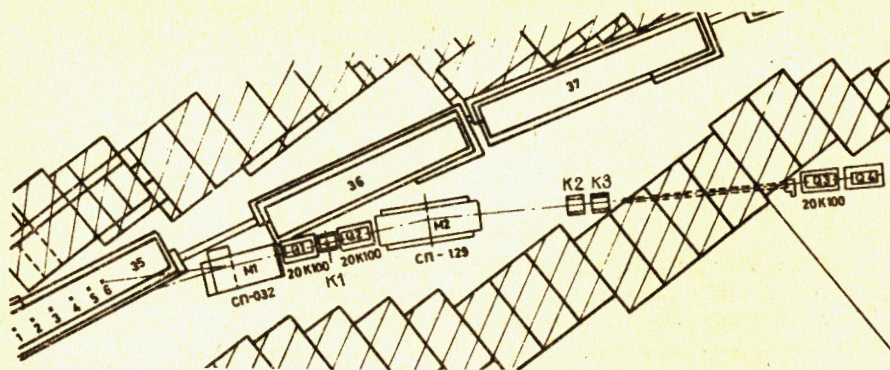


Рис.1. Схема магнитооптического канала №18 серпуховского ускорителя.

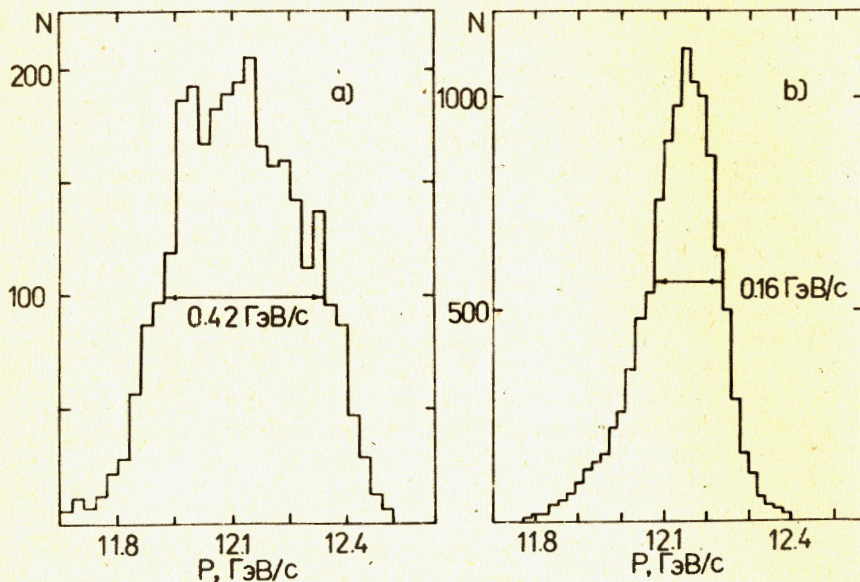


Рис.2. Распределение частиц пучка по импульсам при различных зазорах коллиматора К3: а/ зазор равен 60 мм, б/ зазор равен 30 мм.

энергии пучка используется одна из трех мишеней ускорителя. Формирование пучка осуществляется магнитооптическими элементами  $Q_1 - Q_4$  /см. рис.1/; импульсный интервал, пропускаемый каналом,  $\Delta p/p = +3\%$ , дисперсия на щели импульсного коллиматора  $K_3$  составляет  $\Delta p/p \approx 1\%/см$ . Использование трех мишеней позволяет выбирать оптимальные условия работы канала частиц в интервале энергий от 2 до 15 ГэВ. В табл.1 приведены интенсивности  $I_0$  пучков

частиц в канале при его оптимальной настройке в условиях  $\Delta p/p = 2\%$  и "сбросе" на мишень  $\approx 10^{12}$  протонов в цикл, а также состав пучка в зоне расположения мишени установки. Время "растяжки" пучка в обычных условиях составляет 1-2 с. На рис.2 показаны распределения частиц пучка по импульсам для двух шириин коллиматора  $K_3$  /60 мм и 30 мм/ и среднего импульса  $P = 12$  ГэВ/с.

### 3. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ

Установка состоит из независимых систем детекторов частиц, позволяющих видоизменять конфигурацию и состав аппаратуры в соответствии с требованием проводимых экспериментов. По функциональному назначению она может быть разделена на три основных узла:

- пучковый спектрометр, служащий для идентификации частиц пучка и измерения их импульсов,
- мишень,
- спектрометр вторичных частиц, позволяющий идентифицировать частицы, вылетающие из мишени, и измерять их импульсы,

Общее расположение аппаратуры оптимизировалось с целью достижения максимальных точностей измерения параметров траекторий первичных и вторичных частиц. При этом производилось моделирование событий по методу Монте-Карло с учетом конечной разрешающей способности проволочных детекторов и многократного рассеяния частиц<sup>/3/</sup>.

Вся система детекторов включена в линию с ЭВМ ЕС-1010, служащей для автоматического контроля за аппаратурой и накопления получаемой информации. Окончательная обработка данных проводилась на больших вычислительных машинах /ЕС-1060, CDC-6500/.

Таблица 1

P, ГэВ/с	$I_0$ част./цикл	$\pi, \%$	K, %	p, %	$\mu, e \%$
2	$10^5$	70	1	20	9
5	$10^7$	60	3	33	4
8	$10^8$	45	5	46	4
10	$10^8$	45	5	47	3
12	$5 \cdot 10^8$	30	8	60	2
15	$10^9$	26	14	60	

#### 4. ПУЧКОВЫЙ СПЕКТРОМЕТР

В ряде физических задач необходимым условием является точное знание импульса первичных частиц. Так, при исследовании реакции /1/ методом недостающей массы к вылетающему вперед  $K^+$ -мезону необходимо измерять импульс  $\pi^+$ -мезона с высокой точностью  $\Delta P/P < \pm 0,4\%$ . Схема пучкового спектрометра, удовлетворяющая этому требованию, представлена на рис.3. Сцинтилляционные счетчики  $S_1 - S_2$  служат для мониторинга пучка, падающего на мишень. Счетчик  $S_2$  диаметром 6 см определяет эффективный размер мишени /диаметр мишени 8 см/. Во всех счетчиках используются фотоумножители ФЭУ-30. Поперечное сечение пучка в районе мишени имеет форму овала с большой осью, равной 8 см.

Для идентификации частиц используются газовые пороговые черенковские счетчики  $C_1 - C_3$  общей длиной 20 м, включаемые в различных комбинациях совпадений-антисовпадений в зависимости от требуемой задачи. Счетчик  $C_1$  длиной 8 м расположен внутри бетонной защиты. Характерное разрешение по скорости счетчиков  $C_1 - C_3$   $\Delta\beta/\beta = 10^{-4}/L$ , где  $L$  - длина счетчика в метрах. Для обеспечения указанного разрешения использовались фотоумножители с кварцевым окном 56 UVR.

Анализирующий магнит СП-129 /15/ поворачивает пучок на угол 100 мрад. Высокая точность измерения импульса частиц обеспечивается системой пропорциональных камер /см. рис.3/ с общим числом координатных плоскостей 16. Камеры имеют размер  $128 \times 128$  мм<sup>2</sup> и  $200 \times 200$  мм<sup>2</sup> и шаг намотки 2 мм. Исключение составляют две специально разработанные плоскости камер с шагом сигнальных проволок  $1$  мм<sup>5/</sup>, располагающиеся на короткой базе 2 м и определяющие угол наклона траекторий частиц в горизонтальной плоскости перед магнитом /поле направлено вертикально/.

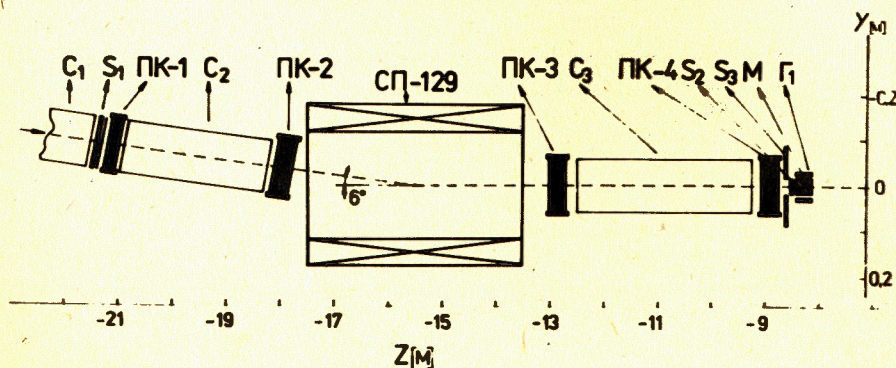


Рис.3. Пучковый спектрометр.

Таблица 2

№ пп	Рабочая область мм <sup>2</sup>	Шаг сигн. пров. мм	Кол-во плоско-стей	Обозначение блоков в схеме установки	№ рисунка
1.	128x128	1	2	ПК-1 - ПК-2	3
2.	128x128	2	8	ПК-1 - ПК-4	3
3.	192x192	2	14	ПК-1 - ПК-4, ПК-5	3,4,5
4.	256x256	2	2	ПК-6	4,5
5.	500x500	2	2	ПК-7	4
6.	1000x1000	2	6	ПК-8 - ПК-9	5

Перечень используемых в установке пропорциональных камер /число каналов 5,5 тыс./ приведен в сводной табл.2.

Система электроники, используемая для камер, рассмотрена в /6,7/. Для высоковольтного питания пропорциональных камер разработан специальный стабилизированный источник /8/, который может управляться от ЭВМ.

Магнит СП-129 имеет высокую однородность поля  $\frac{\Delta H}{H} \leq 0,1\%$  в зоне 100 мм по горизонтали и 80 мм - по вертикали, достаточную для того, чтобы не учитывать соответствующих поправок при определении импульса частиц. Расчетное значение разрешения по импульсу составляет  $\Delta P/P \leq \pm 0,35\%$ .

#### 5. ЗОНА МИШЕНИ

Конструктивные особенности жидководородной /жидкодейтериевой/ мишени с реожимением жидким гелием рассмотрены в /9/. При изучении процесса /1/ использовалась мишень  $H_2$  диаметром 80 мм, длиной 300 мм.

Мишень располагается внутри сцинтилляционного годоскопа  $\Gamma_1$  /рис.4/ цилиндрической формы, собранного из 32 элементов размерами  $20 \times 20 \times 400$  мм<sup>3</sup> каждый, в которых использованы ФЭУ-85. Годоскоп  $\Gamma_1$  предназначен для регистрации заряженных продуктов реакции, вылетающих из мишени под большими углами. В некоторых случаях  $\Gamma_1$  использовался также в триггере для подтверждения образования заряженной частицы отдачи. С помощью этого годоскопа по асимметрии распределения продуктов распада  $\Sigma^+$ -гиперонов определялась поляризация  $\Sigma^+$ , образующихся в реакции /1/.

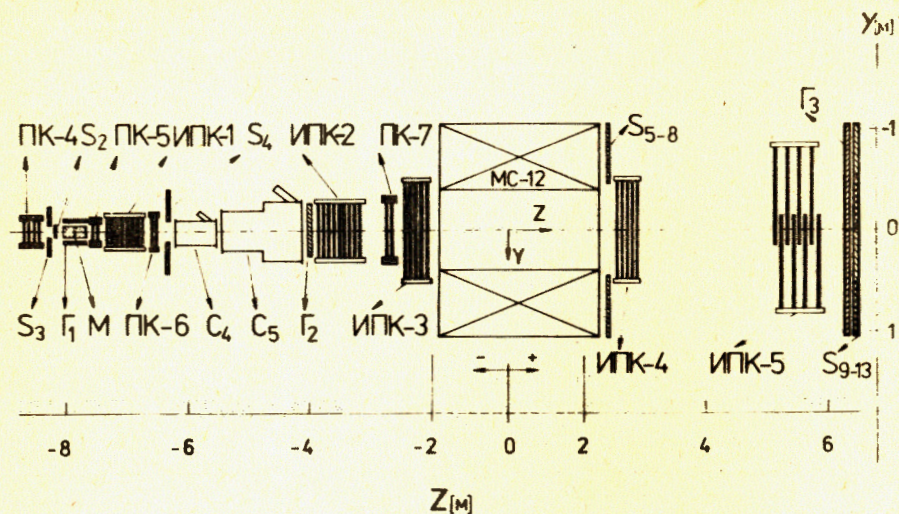


Рис.4. Спектрометр вторичных частиц.

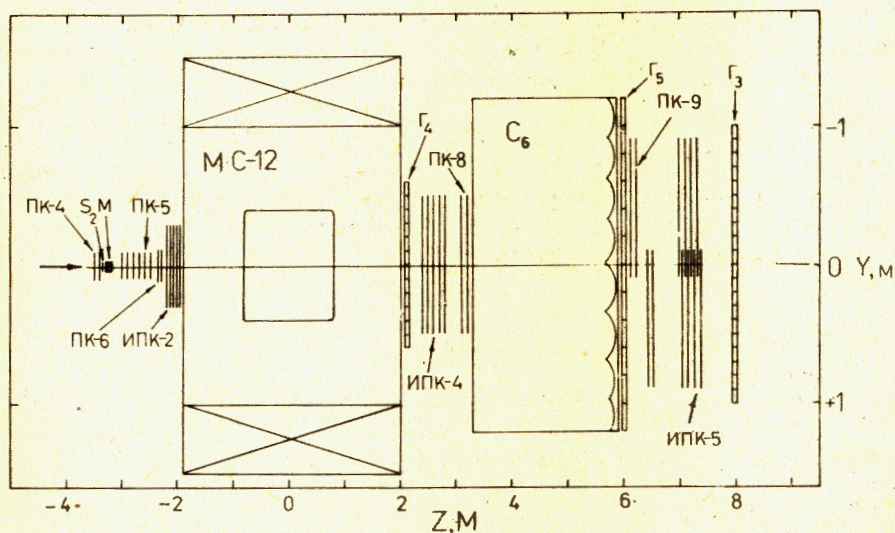


Рис.5. Конфигурация спектрометра, используемая в эксперименте  $K^+ + A \rightarrow h^+ + h^- + X$ .

При компоновке спектрометра вторичных частиц в конфигурации, изображенной на рис.5, использовались твердые мишени различных элементов (Be, C, Al, Fe, Cu, Pb). В этом случае в ряде экспозиций мишени окружались ливневыми детекторами /свинцовое стекло

ТФ-1 размером  $100 \times 100 \times 350$  мм<sup>3</sup> и ФЭУ-110/. Конструкция ливневых счетчиков позволяет оперативно изменять геометрию системы этих детекторов.

## 6. СПЕКТРОМЕТР ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

Для регистрации вторичных частиц, образующихся в мишени, используется магнитный спектрометр, созданный на базе модифицированного магнита МС-12<sup>10/</sup> с объемом поля  $500 \times 800 \times 2000$  мм<sup>3</sup> и максимальным его значением  $B = 1,6$  Т при токе 6300 А. На рис.4 и 5 показаны две модификации спектрометра, отвечающие требованиям различных физических задач. В первом варианте идентификация канала реакций производилась по спектру недостающих масс, во втором - исследовались спектры эффективных масс вторичных частиц.

Основными трековыми детекторами спектрометра являются искровые проволочные камеры /ИПК/ с памятью на ферритовых кольцах<sup>11/</sup> и пропорциональные камеры /ПК/ /см. табл.2/. Размеры искровых камер и их количество даны в табл.3. Расстояние между сигнальными проволоками во всех ИПК равно 1 мм. Общее число каналов ИПК на установке равно 32 тыс.

Камеры одного размера собраны в блоки по 6-8 плоскостей и размещены на соответствующие подставки /подвески/, обеспечивающие возможность проводить необходимую юстировку. Сигнальные проволочки камер ориентированы вертикально либо горизонтально. Исключение составляют две искровые камеры в блоке ИПК-2 /рис.4/ и ИПК-6 /рис.5/, сигнальные проволочки которых ориентированы под углами  $+45^\circ$  к вертикальной оси. Эти камеры использовались для устранения неоднозначностей при восстановлении параметров траекторий частиц в многотрековых событиях.

Для улучшения временного разрешения координатных детекторов использовались годоскопические счетчики  $\Gamma_1$ . Общее количество годоскопических элементов составляет  $\approx 160$ . Годоскоп  $\Gamma_1$ , как было сказано выше, в некоторых экспозициях использовался в триггере. Основные параметры годоскопов установки сведены в табл.4.

Таблица 3

Размеры рабочей области	Кол-во плоскостей	Позиция на рис.4 и 5
256 x 256 мм	16	ИПК-1
512 x 512 мм	16	ИПК-2
1024 x 1024 мм	20	ИПК-3, ИПК-4, ИПК-5

Таблица 4

№№ пп	Рабочая область	Кол-во элементов	Размер элемента /мм <sup>3</sup> /	Тип фото- умножителя	Обознач. на рис. 4, 5
1.	Цилиндр диаметром 22 см, высотой 40 см	32	20x20x400	ФЭУ-85	Г <sub>1</sub>
2.	500x500 мм <sup>2</sup>	30	3x35x500	ФЭУ-85	Г <sub>2</sub>
3.	1920x960 мм <sup>2</sup>	64	5x60x1000	ФЭУ-85	Г <sub>3</sub>
4.	1120x500	28	5x40x500	ФЭУ-85	Г <sub>4</sub>
5.	2175x1000	15	5x145x1000	ФЭУ-30	Г <sub>5</sub>

Для идентификации вторичных частиц в установке используются газовые пороговые черенковские счетчики большой апертуры С<sub>4</sub> и С<sub>5</sub>. Конструкция и характеристики счетчиков рассмотрены в /12,13/.

Применение кварцевой оптики в черенковских счетчиках позволило получить высокое разрешение этих детекторов по скорости. При длине 1 м оно составляет величину  $\Delta\beta/\beta = 4 \cdot 10^{-5}$ . Специально разработанная технология изготовления зеркал /14/ обеспечивает весьма малое количество вещества в этих детекторах /  $\sim 0,2$  г/см<sup>2</sup>/ на пути частиц.

При исследованиях спектров эффективных масс /рис.5/ идентификация частиц проводится с помощью восьмиканального черенковского счетчика с апертурой 0,8x2,4 м<sup>2</sup>, расположенного в зоне за магнитом МС-12. Зеркала элементов счетчика имеют размеры 30x86 см и изготовлены по новой технологии с применением быстротвердеющей пены - пенополиуретана /толщина зеркал  $\sim 0,15$  г/см<sup>2</sup>/ . Счетчик работает при атмосферном давлении и, как другие счетчики, может быть наполнен воздухом, азотом, фреоном и другими неактивными газами.

Во всех черенковских счетчиках спектрометра вторичных частиц использованы ФЭУ ХР 2041/Q с кварцевыми окнами.

## 7. ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для формирования сигнала запуска установки /триггера/ и регистрации срабатывания различных детекторов используются унифицированные модули наносекундной электроники /16,17/ и ряд автономных электронных устройств вывода информации с искровых и пропорциональных многопроволочных камер /6,7,18,19/.

В состав установки входит ЭВМ ЕС-1010, осуществляющая прием, контроль и запись на магнитную ленту информации о регистрируемых событиях, контроль режимов работы отдельных систем и установки

в целом, а также обработку в реальном времени части регистрируемой информации.

Для приема данных от детекторов и обмена информацией между регистрирующей аппаратурой и ЭВМ последовательно во времени использовались две электронные системы.

Регистрирующая аппаратура обеих систем содержит счетчики импульсов, регистры и преобразователи заряд-код для приема информации от сцинтилляционных и черенковских годоскопов, искровых и пропорциональных камер и некоторые другие блоки.

Первая система сбора данных основана на аппаратуре, изготовленной в стандарте СУММА /20/. Регистрирующие модули расположены в 5 крейтах, управление которыми производится через драйвер ветви, находящийся в системном крейте. Основой последнего является системный контроллер КС-20 /21/, в состав которого входит блок, предназначенный для хранения команд ЭВМ. Сопряжение контроллера КС-20 с ЭВМ ЕС-1010 производится с помощью специально разработанного блока. Связь между ними осуществлялась по программному каналу ЭВМ. Общая организация обработки данных в реальном времени рассмотрена в /22,23/.

Для каждой автономной системы детекторов разработан комплекс программ, обеспечивающий необходимый контроль ее работы. Результаты анализа поступивших данных могут быть отображены на графических телевизионных дисплеях /24/, интерфейсы которых находятся в отдельном крейте, включенном в состав ветви.

Вторая система, созданная позднее, выполнена в стандарте КАМАК. Регистрирующие модули, как и в первой системе, расположены в 5 крейтах, но число модулей увеличено, а компоновка крейтов несколько изменена. Эти крейты содержат контроллеры с фиксированной программой КК 001 /25/, которые позволяют осуществлять быструю передачу массивов информации в системный крейт через входные регистры КР 007 /26/. Системный крейт управляется универсальным контроллером КК 004 /27/ и осуществляет обмен информацией с ЭВМ ЕС-1010 через специальное скоростное устройство сопряжения с микропрограммным управлением ССА 004 /28/. В системном крейте размещены также интерфейсы графопостроителя и цветного телемонитора /29/, выходные регистры, осуществляющие управление системой считывания, и другие блоки. Структура этой системы и ряд новых аппаратурных и программных решений позволили существенно увеличить скорость передачи в ЭВМ массивов информации по сравнению с первой системой.

## 8. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СОБЫТИЙ

Способ выделения канала реакции методом недостающих масс, как было сказано выше, предъявляет особо высокие требования к точности восстановления кинематических параметров частиц. В связи с этим была разработана специальная процедура определения

пространственного расположения проволочных детекторов, позволяющая программным образом осуществлять их взаимную привязку на основе статистического анализа треков реальных событий. При этом учитывались взаимные углы поворотов проволочных камер относительно оси пучка. Остаточные погрешности взаимной привязки камер составляли  $\leq 100$  мкм.

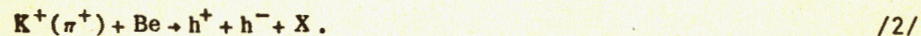
При восстановлении кинематических параметров вторичных частиц использовались программы, разработанные применительно к условиям данного спектрометра<sup>/30/</sup>. Определение импульса вторичной частицы  $P$  для большей части статистики производилось методом<sup>/31/</sup>, в котором используется разложение функции  $1/p$ , зависящей от пяти параметров траекторий в ряд по полиномам Чебышева. Данный метод обладает собственной точностью восстановления  $P$  не хуже 0,1% в области поля магнита МС-12, ограниченного апертурой  $40 \times 75$  см<sup>2</sup>, и существенно уменьшает необходимые ресурсы памяти ЭВМ при работе программы геометрической реконструкции. Для полной апертуры, захватываемой магнитом, импульсы частиц определялись методом, основанным на расчете траекторий движения частиц с использованием подробной карты магнитного поля.

## 9. ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРОМЕТРА

В общем случае полное разрешение всего комплекса аппаратуры определяется точностью измерения величин импульсов частиц пучковым спектрометром и спектрометром вторичных частиц, а также точностью определения пространственных углов траекторий частиц в районе мишени.

Как было сказано выше, разрешение пучкового спектрометра по импульсам в приближении, когда магнитное поле СП-129 считается однородным, составляет  $\Delta P/P = +0,35\%$  при  $P = 10$  ГэВ/с. Геометрическое угловое разрешение установки определяется точностью координатных детекторов и равно  $\pm 0,3$  мрад.

Разрешающая способность вторичного спектрометра была определена в опыте по исследованию спектров эффективных масс адронов<sup>/32,33/</sup>, образующихся при 11 ГэВ/с в процессе



Геометрия установки для изучения процесса /2/ соответствует изображенной на рис.5. Мишень приближена к магниту с целью увеличения акцептанса. Требованием триггера было наличие в событиях двух заряженных частиц за магнитом МС-12.

С точки зрения оценки разрешения установки, наибольший интерес представляют данные о спектре эффективных масс  $\pi^+\pi^-$ -мезонов от распада  $K^0$ -мезона при условии, что вершины "вилки"  $\pi^+\pi^-$ -мезонов расположены вне мишени. В этом случае исключается многократное рассеяние пионов в мишени, и ширина пика не зависит

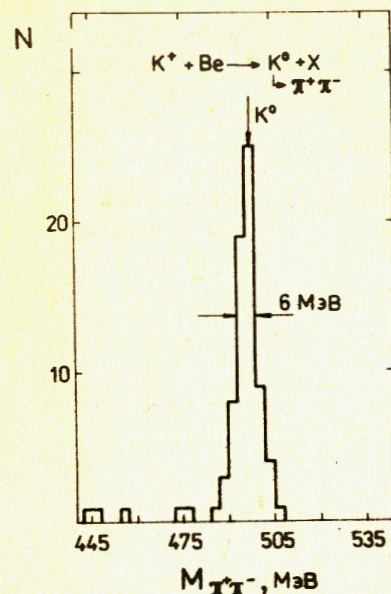


Рис.7. Распределение по эффективной массе системы  $K^+K^-$ -мезонов, образованных в реакции /2/.

от ее толщины. Типичный спектр эффективных масс  $\pi^+\pi^-$ -мезонов в районе пика показан на рис.6. Среднее квадратичное отклонение этого распределения, характеризующее разрешение спектрометра, составляет  $\sigma = 2,6 \pm 0,3$  МэВ.\* Эту величину можно сопоставить с точностями, полученными на других установках<sup>/34-38/</sup> /табл.5/.

На рис.7 изображен спектр эффективных масс системы  $K^+K^-$ , зарегистрированной в реакции /2/. Для подавления фона  $\pi^\pm$ -мезонов использовался черенковский счетчик  $S_6$ . Виден четкий пик от распада  $\phi \rightarrow K^+K^-$ . Среднее значение массы в пике  $M = 1020$  МэВ, ширина на полувысоте  $\Delta M = 12$  МэВ. Большой вклад  $\sim 10$  МэВ/ в эту величину вносит многократное рассеяние  $K^\pm$ -мезонов в бериллиевой мишени, имевшей толщину 10 см. Для сравнения в таблице 6 приведены соответствующие точности ряда установок<sup>/39-42/</sup>.

На рис.8 представлен спектр эффективных масс системы  $K^\pm \pi^\pm$ , образованной в реакции /2/, где хорошо виден резонанс  $K_{(892)}^{*0}$ .

Среднее значение эффективной массы в пике равно  $895 \pm 3$  МэВ, ширина на полувысоте равна  $50 \pm 3,5$  МэВ, что в пределах погрешностей согласуется с их табличными значениями<sup>/43/</sup>.

Для определения суммарной разрешающей способности всей установки при исследовании реакций методом недостающих масс было проведено несколько экспериментов.

\* Здесь и далее для краткости при обозначении единиц измерения массы используется - МэВ /ГэВ/.

Рис.6. Распределение по эффективной массе системы  $\pi^+\pi^-$ -мезонов.

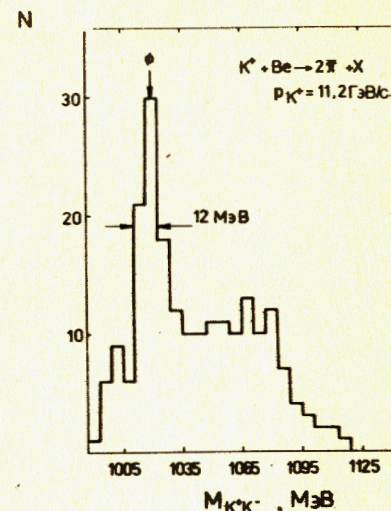


Таблица 5  
Точность измерения эффективности массы системы  $\pi^+\pi^-$ -мезонов ( $K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ ).

УСТАНОВКА	РЕАКЦИЯ $h+A \rightarrow K^+X$	$P_h$ , ГэВ/с	$\phi$ , МэВ
ГИПЕРОН	$K^+Be \rightarrow K^+X$	11	2,6
БИС-2 ОИЯИ	$nC \rightarrow K^+X$	40	4
S137 CERN	$K^+n \rightarrow K^+p$	6-12	9
DVMS BNL	$\pi^-p \rightarrow K^+Kp$	20	2,8
LASS SLAC	$K^+n \rightarrow K^+p$	13	5,5
MPS BNL	$\pi^-p \rightarrow K^+\Lambda^0$	5-15	4,5

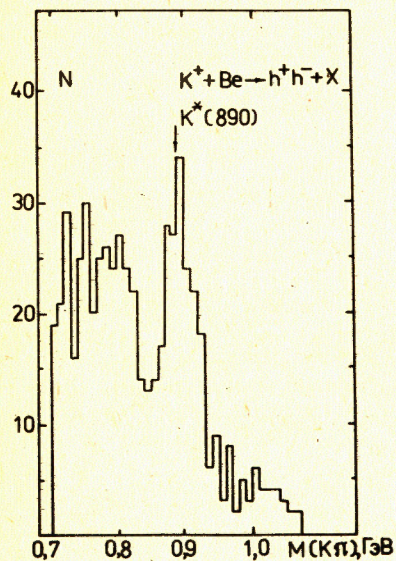


Рис.8. Распределение по эффективной массе системы  $K^+\pi^+\pi^-$ , образованной в реакции /2/

С целью обеспечения необходимой точности измерения импульса налетающего  $\pi^+$ -мезона использовался описанный выше пучковый спектрометр. Спектрометр вторичных частиц соответствовал конфигурации, изображенной на рис.4. В этой геометрии проведено несколько экспозиций, когда были зарегистрированы события с заряженными частицами, проходившими установку без взаимодействий /мишень убрана/.

Таблица 6  
Точность измерения эффективности массы системы  $K^+K^-$ -мезонов ( $h+A \rightarrow \phi+X$ ,  $\phi \rightarrow K^+K^-$ ).

УСТАНОВКА	$P_h$ , ГэВ/с	FWHM МэВ
ГИПЕРОН	11	12
2mHBC CERN	10-16	11
MPSII BNL	23	8
OMEGA CERN	16	8
WA 3 CERN	63-93	7

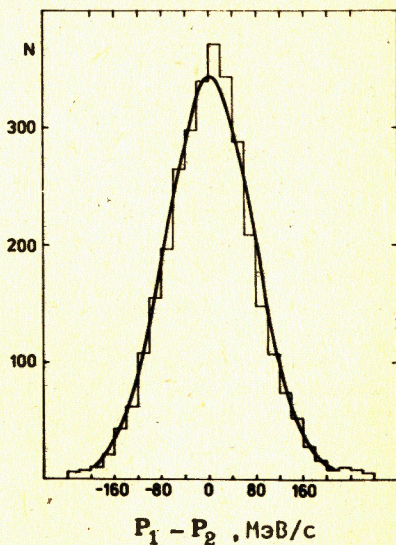


Рис.9. Распределение по разности величин импульсов пучковых частиц, измеренных с помощью пучкового спектрометра ( $P_1$ ) и спектрометра вторичных частиц ( $P_2$ ).

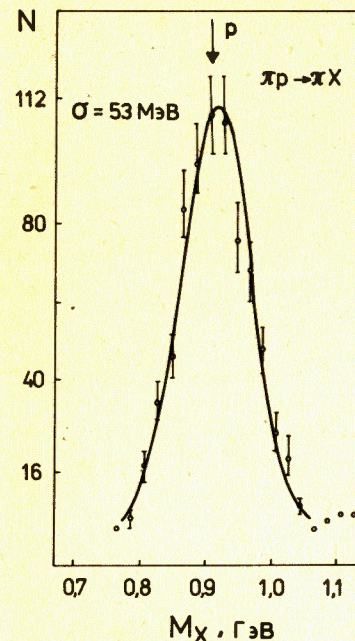


Рис.10. Распределение по недостающей массе к  $\pi^+$ -мезону в реакции /3/.

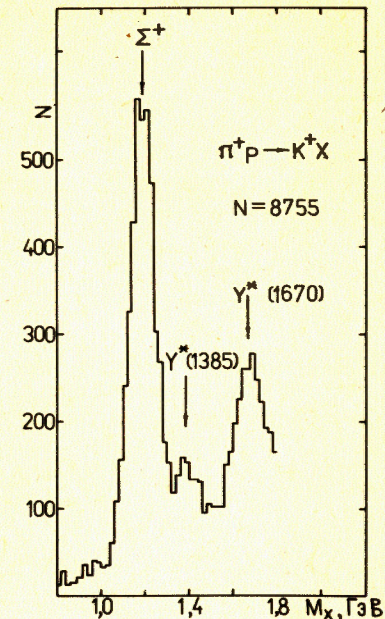
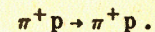


Рис.11. Распределение по недостающей массе к  $K^+$ -мезону в реакции /1/.

На рис.9 для этих событий изображено распределение по разности величины импульсов  $P_1 - P_2$ , измеренных с помощью пучкового спектрометра ( $P_1$ ) и спектрометра вторичных частиц ( $P_2$ ). Средняя величина импульса  $\langle P \rangle = 12$  ГэВ/с; среднеквадратичное отклонение распределения составляет  $\sigma = 74 \pm 1$  МэВ/с, т.е.  $\sigma / \langle P \rangle = \pm 0,62\%$ , что хорошо согласуется с расчетными погрешностями определения импульсов с помощью этих спектрометров:  $\Delta P / P_1 = \pm 0,35\%$ ,  $\Delta P / P_2 = \pm 0,45\%$ .

При проведении исследования реакции /1/ для контроля параллельно с набором основной статистики регистрировались события упругого рассеяния пионов на водороде:



/3/

На рис.10 приведен спектр недостающих масс для этих событий, в котором отчетливо выделяется пик, отвечающий реакции /3/. Пик на рис.10 соответствует массе протона и имеет следующие параметры:  $M = 939 \pm 2$  МэВ,  $\sigma = 52,6 \pm 1,3$  МэВ.

При исследовании процесса  $\pi^+p \rightarrow K^+MM$  для выделения  $K^+$ -мезонов счетчики  $C_4$  и  $C_5$ , настроенные на регистрацию пионов, включались в антисовпадение. Полученный спектр недостающих масс изображен на рис.11. Здесь помимо основного максимума, отвечаю-



этого реакции  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+$  наблюдаются другие пики, соответствующие образованию резонансных состояний  $\Sigma^*/1385/$  и  $\Sigma^*/1670/$ , что говорит о высоком разрешении прибора. Отсутствие в этом спектре заметного количества событий в районе массы протона свидетельствует о надежной идентификации  $K^+$ -мезонов черенковскими счетчиками  $C_4, C_5$ .

Аппроксимация спектра /рис.11/ суммой гауссовых кривых позволила определить параметры пика, отвечающего  $\Sigma$ -гиперону  $M = 1186 \pm 2$  МэВ,  $\sigma = 56 \pm 2$  МэВ. Табличное значение  $M = 1189$  МэВ /48/. Заметим, что все три приведенные среднеквадратичные отклонения  $\sigma$  в пределах погрешностей согласуются между собой.

Полученные точностные характеристики установки при регистрации /1/ можно сравнить с аналогичными данными других спектрометров /44-46/ табл. 7/.

Точности измерения недостающей массы  $M_X$  в реакции  $\pi^+p \rightarrow K^+X$  ( $X = \Sigma^+$ ).

УСТАНОВКА	$R_{\text{н}}$ , ГэВ/с	$(\Delta R/P)_{\text{н}}$ , %	$(\Delta R/P)_{\text{к}}$ , %	$\Delta \theta_{\text{к}}$ , мрад	$\Delta M_X$ , МэВ
ГИПЕРОН	12	0,35	0,45	0,6	56
MMS CERN	10	0,15	0,42	0,8	60
SAMS BNL	6		0,66		40
SAS FLAB	70	0,09	0,09		67

## 10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Создан крупный спектрометрический комплекс, позволяющий идентифицировать первичные и вторичные частицы высоких энергий и измерять их кинематические параметры с высокой точностью:  $(\Delta R/P)_1 = \pm 0,35\%$ ,  $(\Delta R/P)_2 = \pm 0,45\%$ ,  $\Delta \theta = \pm 0,3$  мрад.

2. Достигнутые точности дали возможность надежно выделять бинарные процессы методом "недостающих масс".

3. Созданный комплекс позволяет также изучать широкий класс процессов при высоких энергиях, вести поисковые эксперименты различными методами, в том числе путем исследования спектров эффективных масс вторичных частиц.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить Н.Н. Боголюбова и А.А. Логунова за оказанное содействие и внимание к данной работе; А.Ц. Амадуни, Ю.Н. Денисова, Ю. Дубинского, И.С. Златева, В.Л. Карповского, Ю.Д. Прокошкина, Л.Д. Соловьева, К.З. Тушабрамишвили, Н.Е. Тюрина, В.А. Ярбу за активную помощь при создании установки.

Мы признательны М.И. Соловьеву, Э.И. Мальцеву, Ю.Г. Баше, В.Н. Виноградову, Т.С. Григалашвили, А.И. Григорьеву, А.А. Олейнику, И.А. Терещенко и персоналу СЭО за ценную помощь в создании оборудования, С.П. Жунину, Н.Н. Кузнецову, Н.П. Мошкову, П.В. Симону, М.В. Тихонову за проведение монтажа установки и участие в ее эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

- Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 1-8948, Дубна, 1975.
- Белоусов В.И. и др. Препринт ИФВЭ, СЭФ 73-90, Серпухов, 1973.
- Виноградов В.Б. и др. ОИЯИ, 1-10997, Дубна, 1977.
- Донсков С.В. и др. ПТЭ, 1969, №3, с. 60.
- Курилин А.С. и др. ОИЯИ, 13-83-774, Дубна, 1983.
- Карпеков Ю.Д. и др. Препринт ИФВЭ, 74-141, Серпухов, 1974.
- Пиляр А.В. и др. ОИЯИ, 1-82-729, Дубна, 1982.
- Стрмень П., Фещенко А.А. ОИЯИ, 13-82-728, Дубна, 1982.
- Безверхняя Н.С. и др. Препринт ИФВЭ, ОКУ 77-58, Серпухов, 1972.
- Акименко С.А. и др. ОИЯИ, P13-80-155, Дубна, 1980.
- Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 13-83-29, 13-83-610, Дубна, 1983.
- Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 13-82-834, 13-82-835, Дубна, 1982.
- Блик А.М. и др. ОИЯИ, 13-83-153, Дубна, 1983.
- Бицадзе Г.С. и др. ПТЭ, 1982, №3, с. 56.
- Йорданов А.Б. и др. ОИЯИ, 13-12752, Дубна, 1979.
- Алексеев А.В. и др. Препринт ИФВЭ, 68-62, Серпухов, 1968.
- Бушнин Ю.Б. и др. Препринт ИФВЭ, 72-48, 72-49, Серпухов, 1972.
- Борейко В.Ф. и др. ОИЯИ, P13-12334, Дубна, 1979.
- Аблеев В.Г. и др. ОИЯИ, 13-8828, Дубна, 1975.
- Карпеков Ю.Д. и др. ПТЭ, 1973, №4, с. 56.
- Алферова О.И. ПТЭ, 1975, №4, с. 56.
- Зелепукин С.А. и др. Препринт ИФВЭ, ПЭФ, 76-107, Серпухов, 1976.
- Зелепукин С.А. и др. В сб.: II Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. "Наука", Алма-Ата, 1978.
- Антош Я. и др. ОИЯИ, 10-83-653, Дубна, 1983.
- Волкова Л.А. и др. Препринт ИФВЭ, 80-71, Серпухов, 1980.
- Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-7332, Дубна, 1974.
- Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-9479, Дубна, 1976.
- Сидоров В.Т. и др. ПТЭ, 1976, №3, с. 77.
- Семенов А.А., Сергеев С.В. ОИЯИ, 13-82-5, Дубна, 1982.
- Петев П., Сидоров В.Т. ОИЯИ, 10-81-66, Дубна, 1981.
- Виноградов В.Б. и др. ОИЯИ, P1-83-390, Дубна, 1983.
- Lachapone C. et al. NIM, 1969, No 69, p. 1922.
- Кульчицкий Ю.А. и др. ОИЯИ, B1-1-83-137, Дубна, 1983.
- Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 1-83-895, Дубна, 1983.
- Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980.
- Babon M. et al. NIM, 1979, 160, p.1.
- Foley K.-J. et al. NIM, 1973, No 108, p.3.
- Gilchriese M.G. SLAC-202, Stanford, 1977.
- Ozaki S. BNL-25311, Upton, 1978.
- Daum C. et al. Preprint NIKHEF-H/81-1 Amsterdam, 1981.
- Sixel P. et al. Nucl.Phys., 1982, B199, p. 381.
- Armstrong T.A. et al. Nucl.Phys., 1982, B196, p. 176.

42. Eiseman S. et al. IEEE Nucl.Sci., 1983, NS-30, p. 149.  
 43. Particle Data Group. Rev. of Particle Properties, Phys.Lett., 1982, vol. 111B.  
 44. Bashian A. et al. P.R., 1971, D4, p. 2667.  
 45. Berglund A. et al. PL 57B, 1975, p.100.  
 46. May E.M. et al. Pr.ANL-HEP-CF-80-37, Argenne, 1980.

Антохов В.А. и др.

P13-84-562

Спектрометр "Гиперон" - установка для исследования процессов образования и распадов частиц высоких энергий на 76 ГэВ-протонном синхротроне

Для исследований процессов образования и распадов частиц высоких энергий на пучках серпуховского протонного синхротрона создана крупная физическая установка, состоящая из двух последовательно расположенных магнитных спектрометров. Комплекс детекторов позволяет идентифицировать пучковые и вторичные вылетающие из мишени частицы и с высокой точностью измерять их кинематические параметры:  $\Delta P_1/P_1 = +0,35\%$ ,  $\Delta E_2/P_2 = +0,45\%$ ,  $\Delta\theta = +0,3$  мрад. В состав установки входит ЭВМ ЕС-1010, позволяющая автоматизировать процессы измерения и контроля за ходом эксперимента, производить частичную обработку поступающей информации в реальном масштабе времени. Достигнутые точности дали возможность методом "недостающих масс" надежно разделить каналы реакций  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+(\Sigma_{1385}^+)$ , выполнить их исследование при энергии 12 ГэВ. Созданный аппаратно-программный комплекс позволяет также изучать широкий класс инклюзивных и множественных процессов, вести поисковые эксперименты различными методами.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Antyukhov V.A. et al.

P13-84-562

"Hyperon" Spectrometer - A Facility for the Study of the Processes of the High Energy Particle Production and Decay on the 76 GeV Proton Synchrotron

For studying the processes of production and decay of high energy particles on the beam of the Serpukhov proton synchrotron a large physical facility has been designed, consisting of two successive magnetic spectrometers. The facility permits to identify the beam and secondary particles emitted from the target and to measure with a high resolution their kinematical parameters:  $\Delta P_1/P_1 = \pm 0.35\%$ ,  $\Delta E_2/P_2 = \pm 0.45\%$ ,  $\Delta\theta = \pm 0.3$  mrad. The facility is equipped with an on-line ES-1010 computer, permitting to automate measurements, to monitor the performance of the facility during the experiment and to carry out the partial treatment of collected data in real time mode. The achieved resolution enables one to separate reliably the channels of the  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+(\Sigma_{1385}^+)$  reaction at 12 GeV energy using the missing mass method. The HYPERON spectrometer permits also to investigate broad class of the inclusive and multiparticle processes, to fulfil the search experiments by various methods.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984

Рукопись поступила в издательский отдел  
8 августа 1984 года.