

45485

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К 93

1-88-605

УДК 539.126.6

КУРИЛИН

Александр Сергеевич

ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ

РЕАКЦИЙ  $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+, \Sigma^+ (1385)$

ПРИ 12 ГэВ МЕТОДОМ НЕДОСТАЮЩЕЙ МАССЫ

И ЕГО МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Специальность: 01.04.01 – экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1988

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем  
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Ю. А. Будагов

Официальные оппоненты:  
доктор физико-математических наук  
кандидат физико-математических наук

В. Д. Кекелидзе  
А. Е. Сеннер

Будущее научно-исследовательское учреждение: физический  
институт имени П. Н. Лебедева АН СССР, г. Москва.

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1988 г.  
в \_\_\_\_\_ часов на заседании Специализированного совета  
Д 047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного  
института ядерных исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1988 г.

Ученый секретарь Специализированного совета  
доктор физико-математических наук

Ю. А. Батусов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Исследование бинарных обменных взаимодействий относится к числу актуальных проблем современной физики высоких энергий. К настоящему времени экспериментально изучены многие из подобных процессов и установлен ряд глубоких общих теоретических закономерностей, их описывающих. В тоже время следует отметить, что, несмотря на сравнительно широкий набор данных по бинарным процессам с обменом гиперзарядом, эти процессы остаются все еще недостаточно изученными.

Проведение эксперимента по измерению дифференциальных сечений реакций  $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+, \Sigma^+ (I385)$  и поляризации  $\Sigma^+$ -гиперонов при энергии 12 ГэВ направлено на дальнейшее углубление сведений о бинарных процессах и является актуальным. Особый интерес вызывает область малых переданных импульсов  $|t| < 0,1 (\text{ГэВ}/c)^2$ , где до наших измерений опытные данные были особенно неполными.

Для изучения вышеуказанных процессов создан спектрометрический комплекс ГИПЕРОН, действующий на 18 канале 76 ГэВ ускорителя ИФЭЭ. Выделение каналов исследуемых бинарных реакций на фоне других процессов производилось путем идентификации  $K^+$ -мезонов и измерения спектра недостающих масс. Указанный метод накладывает особо высокие требования на точность определения кинематических параметров регистрируемых частиц, в связи с чем актуальными задачами при проведении экспериментов подобного класса являются: оптимальное расположение детекторов установки, разработка эффективных методов и программ обработки наблюдаемой информации и точного восстановления кинематических параметров частиц.

Цель работы. Для измерения дифференциальных сечений и поляризации  $\Sigma^+$ -гиперонов в реакциях  $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+, \Sigma^+ (I385)$ , идентифицируемых методом недостающей массы:

- 1) на основе моделирования провести оптимальное, с точки зрения разрешающих способностей, размещение детекторов установки;
- 2) определить характеристики магнитных полей электромагнитов, входящих в состав установки, и разработать методику восстановления импульсов заряженных частиц с точностью, требуемой условиями "миссинг-масс" эксперимента;

3) разработать методику и комплекс программ, обеспечивающих: прецизионное определение пространственного положения трековых детекторов установки; реконструкцию событий, регистрируемых установкой; набрать данные и провести их обработку.

Научная новизна. Измерены с высокой точностью дифференциальные сечения процессов  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+$ ,  $\Sigma^+(I385)$  в интервале переданных импульсов  $0 < |t'| < 0,8$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> ( $t' = t - t_{min}$ ) при энергии 12 ГэВ. Результат измерения дифференциального сечения образования  $\Sigma^+$ -гиперона при  $|t'| < 0,1$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> является одним из двух самых точных в области энергий 10-15 ГэВ.

Разработаны методика и комплекс программ, обеспечивающие выполнение эксперимента методом "недостающих масс", относящимся к числу наиболее сложных приемов современной экспериментальной физики. Ряд достигнутых при этом результатов является оригинальным.

Разработанное математическое обеспечение позволило идентифицировать методом недостающих масс происходящие на углероде и дейтерии квазибинарные процессы  $\pi^+A \rightarrow K^+Y+A'$  и измерить для них отношение дифференциальных сечений.

Практическая ценность. Применение программно-математического комплекса обеспечило создание спектрометрического комплекса ГИПЕРОН и позволило провести на нем исследование процессов с обменом гиперзарядом. Благодаря использованию оригинальной методики определения пространственного положения трековых детекторов достигнуты высокие разрешающие способности, что сделало возможным проведение исследований с выделением каналов реакции методом недостающих масс. Создан комплекс программ, позволяющий эффективно проводить обработку событий. Основу комплекса составили специально разработанные программные модули, характеризующиеся быстротой и удобством в использовании, они применяются во всех экспериментах, проводимых вплоть до настоящего времени на установке ГИПЕРОН с использованием трековых детекторов. Некоторые программные модули созданного комплекса используются другими научными группами.

#### Автор защищает:

I. Результаты экспериментальных исследований, выполненные с применением разработанной методики и программного обеспечения:

а) измерение полных и дифференциальных  $db/dt'$  сечений процессов  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+$  и  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+(I385)$  и поляризации  $\Sigma^+$ -гиперонов в области переданных импульсов  $0 < |t'| < 0,8$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> при 12 ГэВ;

б) измерение отношения  $A_{eff}(t')$  дифференциальных сечений реакций  $\pi^+A \rightarrow K^+Y+A'$  на ядрах углерода и дейтерия.

2. Результаты методических разработок и применения созданного программно-математического обеспечения, позволившие:

а) провести прецизионное определение пространственного положения трековых детекторов;

б) достичь высоких разрешающих способностей спектрометрического комплекса ГИПЕРОН, что обеспечило возможность идентификации исследуемых бинарных процессов методом недостающих масс.

Апробация работы и публикации. Диссертация написана на основе научных работ, выполненных с участием автора в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в период с 1976 по 1986 гг. Изложенные в ней материалы докладывались на рабочих совещаниях сотрудничества ГИПЕРОН, научных семинарах Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и Института физики АН БССР, на заседаниях специализированных комитетов и сессиях Ученого совета ОИЯИ; они представлялись на XII Международную конференцию по физике высоких энергий (Лейпциг, 1984), опубликованы в виде журнальных статей и изданий ОИЯИ. По материалам диссертации опубликовано десять работ, список которых приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, в котором приводятся основные выводы.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования. Приведены экспериментальные данные, имевшиеся к началу измерений. Сформулирована основная цель диссертационной работы и кратко изложено содержание диссертации.

Первая глава содержит общее описание спектрометрического комплекса ГИПЕРОН<sup>1/1</sup>, действующего на 18 канале ускорителя ИФВЭ (Серпухов), в создании основных узлов которого автор принимал непосредственное участие. Установка состоит из независимых систем детекторов частиц, позволяющих видоизменять конфигурацию и состав аппаратуры в соответствии с требованиями проводимых экспериментов. При ограниченной длине, на которой размещалась аппаратура ( $\approx 30$  м), число, тип и качество детекторов и их расположение необходимо оптимизировать для достижения максимальных точностей измерения параметров траекторий первичных и вторичных частиц. С этой целью, до постановки эксперимента, при участии автора создана специальная программа моделирования на ЭВМ событий, которые должна регистрировать установка<sup>1/2</sup>. Программа позволяет решать следующие задачи:

- определять геометрическую эффективность регистрации исследуемых процессов;
- рассчитывать разрешающие способности спектрометра;
- рассчитывать оптимальную "геометрию" спектрометра по отношению к разрешающим способностям и специфике исследуемых процессов;
- имитировать работу регистрирующих элементов установки для последующей проверки и отладки программ распознавания и геометрической реконструкции событий.

На основе вычисленных разрешающих способностей установки определялось число, тип, качество детекторов и их расположение на установке.

Конфигурация установки, определенная с помощью предварительно проведенного моделирования и использованная при исследовании процессов с обменом гиперзарядом первого по времени проведения эксперимента на установке ГИПЕРОН, приведена на рис.1.

Вторая глава посвящена описанию методики восстановления импульсов заряженных частиц в условиях установки ГИПЕРОН. Необходимая по условиям проведения "миссинг масс" эксперимента расчетная разрешающая способность установки (рис.1) по импульсам первичных частиц составляет  $\Delta P_1/P_1 \leq 0,35\%$  и  $\Delta P_2/P_2 \leq 0,5\%$  для импульсов вторичных. Необходимо, чтобы вклад в величину  $\Delta P/P$ , обусловленный неточностью метода восстановления импульсов, не превышал  $0,1 \pm 0,2\%$ . Такие же высокие требования налагаются на точность измерения компонент магнитных полей. В связи с этим были проведены детальные измерения магнитных полей электромагнитов ИК-3-4, МС-12 и СП-129.

Измерения магнитного поля электромагнита ИК-3-4 /3/ были выполнены в связи с предполагаемым использованием его на установке ГИПЕРОН. Имевшиеся до этого измерения магнитного поля электромагнита ИК-3-4 были недостаточно точными, кроме того, для увеличения апертуры магнита зазор между его катушками был увеличен с 20 до 40 см. Измерения выполнены в объеме  $470 \times 68 \times 33 \text{ см}^3$  в 22 тыс. точек с точностью  $\pm 0,1\%$ ; они показали, что в результате увеличения зазора между катушками напряженность магнитного поля в центральной области электромагнита снизилась от 16,1 до 13,7 кГс, т.е. на 15%. Результаты измерений были в дальнейшем использованы при обработке данных с однометровой пропановой камеры ЛЯП ОИЯИ, кроме того они послужили также основой при планировании модификаций и измерений магнитного поля электромагнита МС-12.

Одним из основных элементов установки ГИПЕРОН, служащим для определения импульсов заряженных частиц, является электромагнит МС-12. Стандартный электромагнит МС-12 не удовлетворяет многим требованиям, которые предъявляются к магнитам спектрометров. Небольшое расстояние

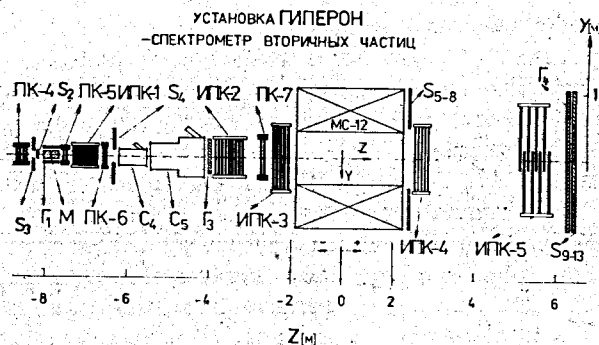
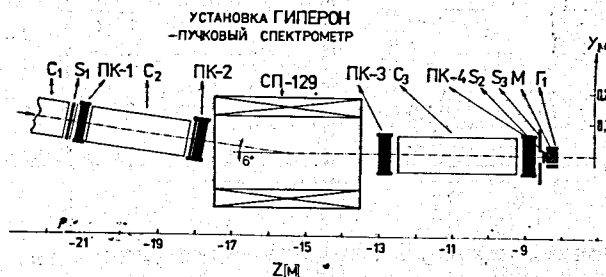


Рис.1. Установка ГИПЕРОН. ИПК - искровые проволочные камеры; ПК - пропорциональные камеры; S, Г - сцинтилляционные счетчики и годоскопы; С - черенковские счетчики; МС-12 и СП-129 - анализирующие электромагниты.

между катушками (20 см) ограничивает акцептанс. Рассеянное магнитное поле влияет на работу некоторых координатных детекторов, это заставляет размещать их далеко от магнита. Отсутствие верхнего полюса сильно деформирует магнитное поле и не позволяет получить нужную отклоняющую силу, питаемая магнит от имеющегося генератора (ток 6300 А). Номинальный ток, который необходим для получения нужной отклоняющей силы в отсутствие полюса, составляет 12000 А. По предложению автора с коллегами типовой электромагнит МС-12 был модифицирован (рис.2). Для повышения акцептанса был увеличен зазор между верхней (1) и нижней (2) катушками с 20 до 50 см с помощью железных вставок (6) между стойками (7) и балками (8) и (9). Для увеличения интенсивности и лучшей

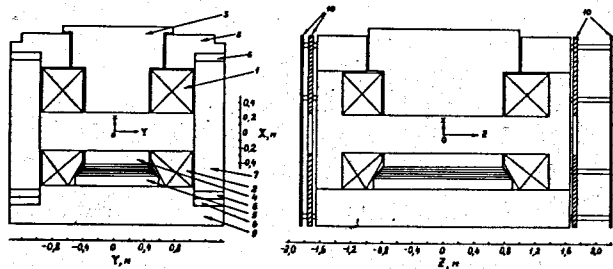


Рис.2. Схематическое изображение разрезов модифицированного электромагнита МС-12.

однородности поля добавлены верхний полюс (3) весом 20 т и вкладыш (4) к нижнему полюсу (5). Для того, чтобы убрать рассеянное магнитное поле, спереди и сзади электромагнит был оборудован двойными магнитными экранами (10). После проведения модификаций электромагнита МС-12 были выполнены измерения <sup>14/</sup> его магнитного поля. Измерения были выполнены в объеме 470x135x41 см<sup>3</sup> в 112 тысячах точек магнита (с шагом 3 см по трем осям) при полном токе (6300 А) и в 32 тысячах точек (с шагом 6 см) при токе 3000 А, с точностью  $\pm 0,1\%$ . На рис.3 представ-

лены зависимости отклоняющей силы магнита (интеграл поля) от X и Y координат. Область изменения Y (ширина магнитной дорожки), в которой интеграл поля имеет величину  $30 \pm 3$  кГс·м, составляет  $\approx 70$  см.

Важное место в составе установки ГИПЕРОН занимает пучковый спектрометр, в состав которого входит электромагнит СП-129 (рис.1). Для определения импульсов пучковых частиц необходимо знать характеристики этого электромагнита. Ранее проведенные измерения показали, что величина напряженности магнитного поля в центре

различных образцов электромагнитов типа СП-129 при одинаковом питающем токе может меняться до 1%. Поэтому были проведены детальные измерения напряженности магнитного поля с точностью  $\Delta H/H = 0,1\%$  в рабочем объеме конкретного электромагнита СП-129, входящего в состав установки ГИПЕРОН <sup>15/</sup>. Знание топографии магнитного поля позволило ори-

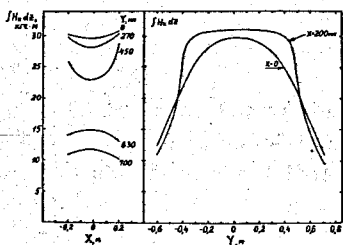


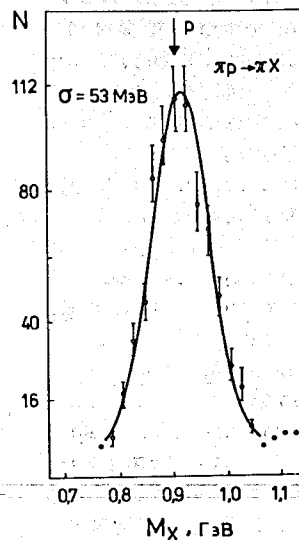
Рис.3. Зависимость отклоняющей силы магнитного поля от X и Y.

ентировать электромагнит СП-129 таким образом, чтобы пучок проходил через область однородного поля, и применить для определения величины импульса пучковых частиц простой алгоритм, основанный на постоянстве интеграла магнитного поля. Из результатов измерения магнитного поля электромагнита МС-12 (рис.3) видно, что определение импульса вторичных частиц с необходимой точностью по простой формуле возможно лишь в ограниченной области апертуры магнита (40x25 см<sup>2</sup>).

Для определения импульсов вторичных частиц использован метод, основанный на замене карты магнитного поля, состоящей в нашем случае из  $\approx 400$  тыс. чисел  $H_x, H_y, H_z$ , набором коэффициентов при полиномах Чебышева, состоящем из 1+3 тыс. чисел <sup>16/</sup>. Для реализации этого метода автором создано соответствующее программное обеспечение.

Одной из исследованных в качестве тестовой на установке ГИПЕРОН реакций была реакция упругого рассеяния  $\pi^+$ -мезонов на протоне  $\pi^+p \rightarrow \pi^+p$  при импульсе первичного  $\pi^+$ -мезона 12 ГэВ/с. Водородная мишень, как и при исследовании реакций с обменом гиперзарядом (рис.1), находилась на расстоянии 8 м от центра электромагнита МС-12, напряженность магнитного поля которого была равна 16 кГс. Для определения импульсов вторичных  $\pi^+$ -мезонов в этой реакции использовался набор коэффициентов при полиномах Чебышева, состоящий из 2475 элементов. На рис.4 изображен спектр недостающих масс к вторичному  $\pi^+$ -мезону, об-

Рис.4. Спектр недостающих масс к вторичному  $\pi^+$ -мезону.



разукцемуся в реакции  $\pi^+p \rightarrow \pi^+p$ . Аппроксимация пика, соответствующего массе протона, гауссовым распределением дала среднеквадратичное отклонение  $53 \pm 1,5$  МэВ, что согласуется с расчетной величиной  $\delta$ , полученной методом Монте-Карло с учетом разрешающих способностей экспериментальной установки <sup>12/</sup>. Полученный результат подтверждает правильность выбранной методики и созданных программ восстановления импульсов заряженных частиц в условиях спектрометра ГИПЕРОН.

Третья глава диссертации посвящена разработке, созданию и применению программ и методов обработки данных, получаемых на установке. Описана методика реконструкции траекторий и определения кинематических

параметров заряженных частиц; использованная при исследовании гиперзарядообменных реакций [7]. Высокое быстродействие созданной автором диссертационной программы геометрической реконструкции позволяло сразу же после записи на магнитную ленту регистрируемой на установке информации обрабатывать эту информацию и получать данные не только о работе трековых детекторов, но и убеждаться в наличии четких пиков в спектре недостающих масс, соответствующих исследуемой реакции. На рис.5 показано распределение событий по недостающей массе, полученное при обработке части информации о реакциях  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+, \Sigma^+(1385)$ ,

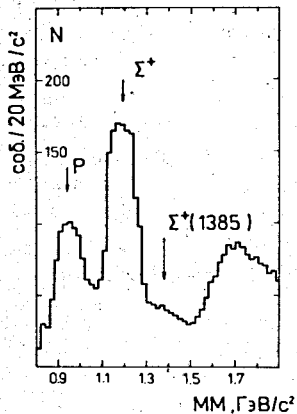


Рис.5. Распределение событий по недостающей массе, полученное при обработке части статистики о реакции  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+, \Sigma^+(1385)$ , в ходе ее набора.

в ходе ее набора на установке. В спектре недостающих масс на рис.5 можно видеть заметный пик в районе массы протона, кроме того, среднеквадратичное отклонение для пика, соответствующего  $\Sigma^+$ -гиперону, не согласуется с расчетным. Внесение дополнительного критерия в условия обработки позволило резко, на 75% уменьшить долю событий с недостающей массой, лежащей в области массы протона. Для выяснения причины несоответствия реальной и расчетной разрешающих способностей установки по недостающей массе был

проведен анализ реконструированных событий. Выяснилось, что сигнальные проволочки некоторых ИПК спектрометра вторичных частиц по конструктивным особенностям камер расположены не параллельно осям X или Y. Углы поворотов некоторых из них относительно оси Y составляли 5 мрад. Такое расположение ИПК приводило к неточному определению координат сработавших на них сигнальных проволочек и, соответственно, вносило дополнительную ошибку в восстановленные параметры траекторий частиц. Необходимо было точно определить координаты сигнальных проволочек ИПК и их повороты относительно осей X и Y расчетным методом. С этой целью был разработан метод, позволяющий, используя события, записанные на магнитные ленты, определять координаты сигнальных проволочек ИПК с точностью 0,1 мм и углы их поворотов относительно осей с точностью 0,1 мрад [8]. В программу геометрической реконструкции и схему обработки были внесены соответствующие изменения и обработана часть статистики. Полученный в результате спектр недостающих масс приведен на рис.6.

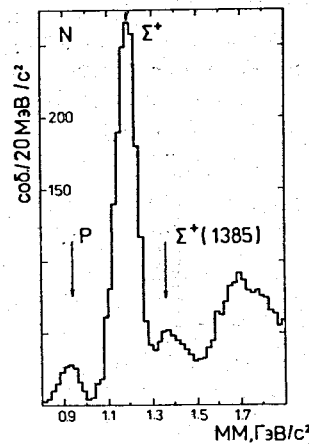


Рис.6. Распределение событий по недостающей массе, полученное после точного определения и учета пространственного положения трековых детекторов.

Среднеквадратичное отклонение от пика, соответствующего  $\Sigma^+$ -гиперону на рис.6, составляет  $56 \pm 2$  МэВ/с. Такое разрешение в спектре недостающих масс согласуется с результатами предварительно проведенного моделирования эксперимента. После достижения в спектре недостающих масс расчетного разрешения проведена обработка всей набранной информации. По такому же алгоритму проведена обработка информации о реакциях  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^0/\Lambda^0$ . На рис.7 приведено полученное

в результате обработки распределение Z-координат вершин взаимодействия для событий с переданным импульсом в интервале от 0,15 до 0,20 (ГэВ/с)<sup>2</sup>. Узкий пик в распределении соответствует взаимодействиям, происходящим в веществе сцинтилляционного счетчика S<sub>2</sub>, расположенного перед мишенью (рис.1). Явное разделение между вершинами взаимодействий в мишени и на веществе счетчика (убедительное свидетельство высокого пространственного разрешения, достигнутого на установке) позволило в дальнейшем использовать его в качестве дополнительной мишени. В сочетании с высоким разрешением по импульсам и углам, реализованным на установке, это дало возможность идентифицировать происходящие на внутриядерном уровне квазибинарные процессы  $\pi^+n \rightarrow K^+\gamma$ .

В четвертой главе изложены экспериментальные результаты, получение которых стало возможным после создания и использования разработанных автором программ и методов обработки.

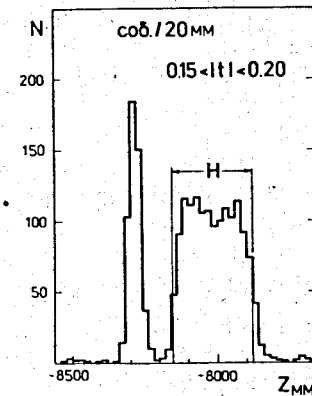


Рис.7. Распределение Z-координат вершин взаимодействия для событий с переданным импульсом  $0,15 < |t| < 0,20$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>.

Приведены результаты измерения дифференциального сечения реакции  $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$  при 12 ГэВ и поляризация  $\Sigma^+$ -гиперонов [9]. Результаты измерения  $d\sigma/dt'$  представлены на рис.8 с указанием статистических погрешностей. Систематическая погрешность оценивается нами в 10%.

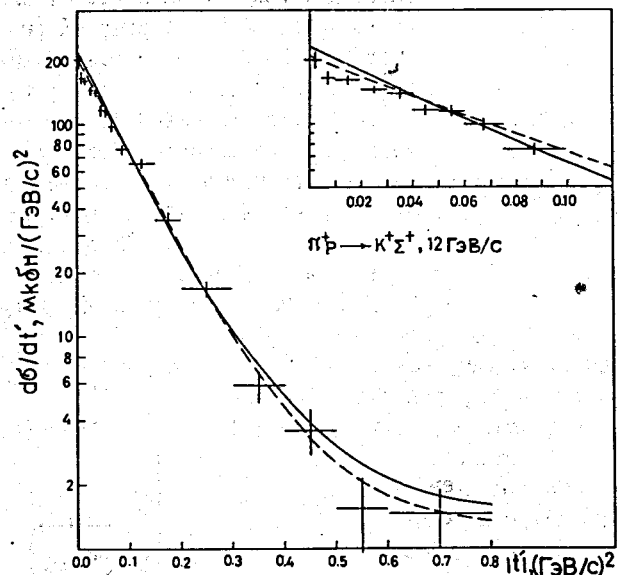


Рис.8. Дифференциальное сечение  $d\sigma/dt'$  реакции  $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$  при энергии 12 ГэВ.

Полное сечение в исследуемом интервале переданных импульсов составляет  $20,2 \pm 2,4$  мкб с учетом систематической погрешности измерений.

Ход зависимости  $d\sigma/dt'$  приблизительно экспоненциальный в области  $|t'| < 0,4$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>; заметно также изменение наклона при  $|t'| \approx 0,5$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>. Аппроксимация дифференциального сечения в области  $|t'| < 0,4$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> функцией  $A \exp(Bt')$  дает:  $A = 197,0 \pm 4,3$  мкб/(ГэВ/с)<sup>2</sup>,  $B = 9,43 \pm 0,24$  1/(ГэВ/с)<sup>2</sup>. Полученные экспериментальные данные по  $d\sigma/dt'$  в области  $|t'| < 0,1$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> являются одними из двух самых точных при энергиях 10-15 ГэВ. Поведение дифференциального сечения согласуется с предсказаниями квазиэikonальной модели (сплошная линия на рис.8) и модели реджевского типа с учетом вторичных траекторий (Глушко Н.Н. и др. Препринт ИТФ, 80-104Р, Киев, 1980, пунктир на рис.8), за исключением области  $|t'| < 0,05$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>.

Измеренное дифференциальное сечение  $d\sigma/dt$  процесса  $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+(1385)$  изображено на рис.9. Полное сечение процесса в области  $|t| < 0,8$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> составляет  $7,3 \pm 1,1$  мкб с учетом систематической погрешности. Последняя обусловлена, в основном, некоторой неоднозначностью учета фона многочастичных конечных состояний при обработке спектров недостающих масс.

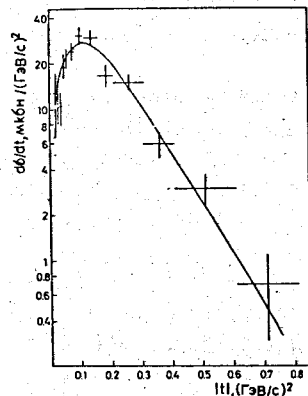


Рис.9. Дифференциальное сечение  $d\sigma/dt$  реакции  $\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+(1385)$  при энергии 12 ГэВ.

Поведение  $d\sigma/dt$ , в подтверждение более ранних измерений других авторов, указывает на доминирующий вклад в сечение амплитуды с переверотом спина.

Хорошее разрешение при определении координаты точки взаимодействия (см. рис.7) позволило при исследовании реакций  $\pi^+ n \rightarrow K^+ \Sigma^0/\Lambda^0$  выделить события, обусловленные взаимодействиями в веществе сцинтилляционного счетчика, стоящего перед дейтериевой мишенью  $S_2$  (рис.1), и использовать его в качестве углеродной мишени. Из анализа распределений по недостающей массе видно,

что как и в реакциях на дейтерии, так и в реакциях на углероде четко проявляется пик, обусловленный вкладами квазибинарных процессов [10]. Это позволило нам измерить отношение дифференциальных сечений квазибинарных реакций на ядрах углерода и дейтерия  $\frac{1}{2} A_{eff}(t) = [d\sigma/dt(\pi^+ c \rightarrow K^+ Y + A)] / [d\sigma/dt(\pi^+ d \rightarrow K^+ Y + n)]$ . Зависимость  $A_{eff}(t)$  приведена на рис.10. В модели, развитой на принципах КХД с учетом эффекта экранирования цвета кварков (Копелиович Э.З., Захаров Б.Г. ОИИИ, Е2-86-707), предсказывается рост  $A_{eff}$  с ростом абсолютной величины переданного импульса  $|t|$ , тогда как глауберовская феноменология дает  $A_{eff} = const$ . Полученные нами данные качест-

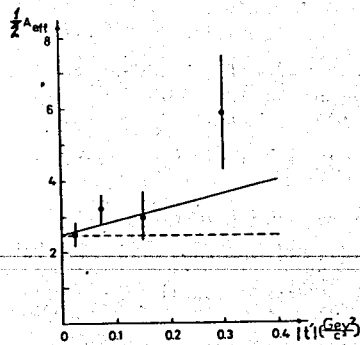


Рис.10. Зависимость  $A_{eff}(t)$ . Сплошная линия - предсказание модели, основанной на КХД, пунктир - расчет в глауберовском приближении.

венно согласуются с предсказанием модели, основанной на КХД.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации:

1. Для подготовки к созданию установки ГИПЕРОН и исследованию на ней процессов с обменом гиперзарядом разработана программа моделирования событий. С ее помощью определены требования к точности восстановления кинематических параметров частиц при выделении каналов реакций методом "недостающей массы" и определено оптимальное — по отношению к разрешающим способностям — расположение детекторов установки.

2. С целью улучшения характеристик спектрометра вторичных частиц обоснована и выполнена модернизация типового электромагнита МС-12. Модернизация позволила повысить однородность магнитного поля, увеличить апертуру магнита и обеспечить отклоняющую силу магнитного поля, необходимую для определения импульсов вторичных частиц с точностью  $\Delta P/P \leq 0,5\%$ .

3. Подготовлены и с требуемой точностью  $\pm 0,1\%$  проведены автоматизированные измерения напряженностей магнитных полей трех электромагнитов: ИК-3-4 в 22 тыс. точек, МС-12 в 112 тыс. точек, СП-129 в 3 тыс. точек. С помощью специально созданных программ измерения обработаны и созданы карты магнитных полей, необходимые при определении траекторий заряженных частиц в магнитных полях этих электромагнитов.

4. Развита методика и создан комплекс программ, позволяющий по рассчитанному набору коэффициентов при полиномах Чебышева восстанавливать импульсы заряженных частиц. Достигнуто существенное уменьшение объема данных, необходимых для определения импульса: вместо карты магнитного поля, состоящей из 400 тыс. чисел  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$ , используется массив коэффициентов, состоящий из 1+3 тыс. чисел, обеспечивающий необходимую точность при определении импульсов вторичных частиц.

5. Разработана методика прецизионного определения и учета относительного пространственного расположения трековых детекторов установки. Применение этой методики обеспечило достижение высоких разрешающих способностей по углам и импульсам заряженных частиц, благодаря чему бинарные процессы  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+$  и  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+(1385)$  были идентифицированы: в спектрах недостающих масс к  $K^+$ -мезонам разделены пики от незарегистрированных гиперонов.

6. Разработаны методика и программное обеспечение процессов реконструкции и последующей обработки событий, учитывающие особенности установки ГИПЕРОН и кинематику исследуемых процессов; ряд специально разработанных программных модулей характеризуется быстротой и удобством в обращении; они применяются во всех экспериментах, проводимых вплоть до настоящего времени на установке ГИПЕРОН с использованием трековых детекторов.

7. Проведен эксперимент, обработана набранная в его ходе информация и получены следующие результаты:

а) Измерены полное  $\sigma_{tot} = (20,2 \pm 2,4)$  мкб и дифференциальное  $d\sigma/dt'$  сечения процесса  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+$  при 12 ГэВ в области переданных импульсов  $0 < |t'| \leq 0,8$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> и поляризация  $\Sigma^+$ -гиперонов в этой реакции. Результат измерения дифференциального сечения при  $|t'| < 0,1$  (ГэВ/с)<sup>2</sup> — один из двух самых точных в области энергий 10+15 ГэВ.

б) Измерены полное  $\sigma_{tot} = (7,3 \pm 1,1)$  мкб и дифференциальное сечение реакции  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+(1385)$  в области переданных импульсов  $0,006$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>  $\leq |t| \leq 0,8$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>. Полученные данные указывают на практическое отсутствие вклада амплитуды без переворота спина в дифференциальное сечение.

8. Достигнуты высокая точность восстановления координат вершин взаимодействия и высокое разрешение в спектре недостающих масс сделали возможной идентификацию квазибинарных процессов  $\pi^+A \rightarrow K^+Y+A'$  на ядрах углерода и дейтерия и измерение  $t$ -зависимости отношения их дифференциальных сечений. Поведение  $A_{eff}(t)$  качественно согласуется с предсказанием модели, основанной на КХД с учетом эффекта экранирования цвета.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Антхнов В.А., ..., Курилин А.С. и др. Спектрометр ГИПЕРОН. — ИТЭ, 1985, № 5, с.35-42.
2. Виноградов В.Б., ..., Курилин А.С. и др. Программа моделирования для одноплечевого магнитного искрового спектрометра с бесфильмовым съемом информации. — Дубна, 1977. — 14 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн.исслед.: I-10997).
3. Виноградов В.Б., ..., Курилин А.С. и др. Магнитное поле электромагнита ИК-3-4. — Дубна, 1980. — 8 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн.исслед.: I3-80-77).
4. Акименко С.А., ..., Курилин А.С. и др. Спектрометр ГИПЕРОН. I. Характеристики магнитного поля модифицированного электромагнита МС-12. — Дубна, 1980. — 7 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн.исслед.: PI0-80-155).
5. Виноградов В.Б., Курилин А.С. и др. Магнитное поле электромагнита СП-129 пучкового спектрометра установки ГИПЕРОН. — Дубна, 1985. — 6 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн.исслед.: PI-85-76I).
6. Виноградов В.Б., ..., Курилин А.С. и др. Методика определения импульсов заряженных частиц в условиях установки ГИПЕРОН. — Дубна, 1983. — 10 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн.исслед.: PI-83-390).



7. Виноградов В.Б., Курилин А.С. Реконструкция событий в экспериментах с выделением каналов реакций методом недостающей массы на установке ГИПЕРОН. - Дубна, 1988. - 9 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн.исслед.: П10-88-210).
8. Виноградов В.Б., ..., Курилин А.С. и др. Определение пространственного положения трековых детекторов установки ГИПЕРОН при исследовании гиперзарядообменных процессов. - Дубна, 1984. - 10 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн.исслед.: I3-84-805).
9. Bitsadze G.S., ..., Kurilin A.S. et al. Study of Hepercharge Exchange Reaction  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+$  and  $\pi^+p \rightarrow K^+\Sigma^+(1385)$  at 12 GeV/c. - Nucl.Phys., 1985, v.B260, p.497-509.
10. Bitsadze G.S., ..., Kurilin A.S. et al. Differential Cross Sections for Reactions  $\pi^+n \rightarrow K^+\Sigma^0$  and  $\pi^+n \rightarrow K^+\Lambda^0$  and Ratio of Differential Cross Sections for Quasi-Binary Processes  $\pi^+A \rightarrow K^+Y + A'$  on Carbon and Deuterium Nuclei at 10.3 GeV/c. - Dubna, 1986. - 6 p. (Preprint/Joint Institute for Nuclear Research: E1-86-780).

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 августа 1988 года.