

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

М - 477

1 - 13014

МЕЛКУМОВ
Георгий | Левонович

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ | $\pi p \rightarrow \eta n$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$
В ОБЛАСТИ МАЛЫХ ПЕРЕДАНЫХ ИМПУЛЬСОВ
В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ 3-5 ГЭВ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1979

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований.

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук
профессор

ХАЧАТУРЯН
Марлен Нарибеевич.

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук
профессор

АСАТИАНИ
Тина Левановна.

доктор физико-математических наук
профессор

ГРИШИН
Валентин Григорьевич.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва.

Защита диссертации состоится "6" марта 1980 г. в "11" часов на заседании Специализированного совета, Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области, Лаборатория высоких энергий ОИЯИ, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "1" марта 1980 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета

М.Ф. Лихачев

М.Ф. ЛИХАЧЕВ

Актуальность проблемы. Изучение бинарных реакций адронов является одной из центральных проблем физики высоких энергий.

Среди множества бинарных реакций особое место занимает реакция зарядового обмена



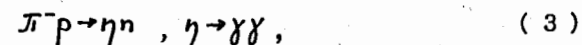
Наряду с перезарядкой пионов



реакция (1) относится к числу процессов обменного характера, выделенность которого определена тем, что в модели Редже правила отбора допускают в t -канале реакции обмен одним полюсом с квантовыми числами A_2 -мезона. Реакция (1) является по существу единственным процессом, позволяющим непосредственно определить параметр A_2 -траектории.

Исследование области малых передаваемых импульсов дает важную информацию о роли спиновых эффектов при взаимодействии частиц. Однако в результатах, полученных разными группами, имеются противоречия, касающиеся в первую очередь структуры дифференциального сечения $d\sigma/dt$ реакции (1) при $t \sim 0$ ($t = t - t_{\text{мин}}$).

Цель работы - экспериментальное исследование процесса



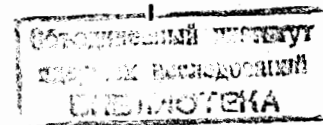
включающее в себя:

1. Измерение дифференциального сечения $d\sigma/dt$ реакции (3) в области малых переданных 4-импульсов $0,0 \leq -t \leq 0,36$ (ГэВ/с)² при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ, выполненное на большой статистике, с высоким разрешением по t и низким уровнем фона.

2. Детальное исследование $d\sigma/dt$ с целью определения вкладов спиновых амплитуд и вычисления основных параметров дифференциального сечения $d\sigma/dt$ реакции (1):

- отношения амплитуд с переворотом и без переворота спина,
- наклона конуса рассеяния,
- сечения при $t = 0$.

Новизна работы. Впервые обнаружен четко выраженный минимум в переднем направлении и проведен детальный анализ дифференциального сечения реакции (1) в области малых переданных 4-импульсов при энергиях 3-5 ГэВ, согласующийся с A_2 -обменом и указывающий на существенную роль амплитуды с изменением спиральности.



Впервые показано, что в реакции с обменом зарядом (I) в области энергий 3-5 ГэВ отношение амплитуд с переворотом и без переворота спина составляет величину ~ 5 , а также определены важные для теоретического анализа параметры - сечение под нулевым углом и наклон конуса рассеяния.

Качественно новый результат был получен в нашем эксперименте благодаря высокому разрешению установки по переданному 4-импульсу t , большой статистике и низкому уровню фона.

Научная ценность работы. Получен и проанализирован большой экспериментальный материал по π^+p -взаимодействиям с образованием гамма-квантов при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ.

Показано, что в реакции (I) доминирует вклад амплитуды рассеяния с переворотом спина.

Полученные результаты показывают, что основные закономерности поведения дифференциальных сечений реакции (I), полученные нами в области 3-5 ГэВ, сохраняются и при больших энергиях (до 200 ГэВ), а именно:

- а) отношение амплитуд реакций с переворотом и без переворота спина медленно падает с ростом энергии как $\ln S$,
- б) конус рассеяния сужается с ростом энергии также как $\ln S$,
- в) сечение при $t = 0$ пропорционально $S^{-1,26}$.

Результаты, полученные в данной работе, важны для развития моделей Редже, учитывающих взаимодействие полюсов и разрезов, абсорбтивных моделей, изучения вопросов, связанных с полюсной траекторией.

Практическая ценность работы состоит в создании комплекса программ обработки данных на ЭВМ - программы моделирования и программы геометрической и энергетической реконструкции событий, которые могут быть использованы в электронных экспериментах, рассчитанных на регистрацию большого числа гамма-квантов и электронов.

Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы при планировании и проведении новых экспериментов на ускорителях.

Апробация работы. Основные результаты работы обсуждались на семинарах ЛВЭ ОИЯИ. Физические результаты были представлены на Европейской конференции по физике частиц в Будапеште (1977 г) и XIX Международной конференции по физике высоких энергий в Токио (1978 г.).

Публикации. Основные результаты диссертации изложены в работах /1-7/, опубликованных в журналах "Ядерная физика" и "Nuclear Instruments and Methods", препринтах и сообщениях ОИЯИ.

Объём диссертации. Текст состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа содержит 136 страниц текста, 40 рисунков, 12 таблиц и библиографический список литературы из 114 наименований.

Автор защищает:

1. Результаты экспериментального изучения процесса $\pi^+p \rightarrow \eta n$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$. Автор принимал участие в разработке проекта эксперимента, в создании установки и проведении эксперимента, получении и обработке большого экспериментального материала, содержащего ~ 350000 событий. π^+p - взаимодействия при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ.
2. Результаты работы по созданию программы моделирования процессов методом Монте-Карло и программы геометрической и энергетической реконструкции событий в многоканальном черенковском масс-спектрометре.
3. Результаты детального исследования дифференциального сечения $d\sigma/dt$ реакции $\pi^+p \rightarrow \eta n$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ в области малых передаваемых импульсов при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ.
4. Результаты анализа вкладов в сечение перезарядки $\pi^+p \rightarrow \eta n$ амплитуд реакции с переворотом и без переворота спина, определения сечения при $t = 0$ и величины наклона конуса рассеяния.
5. Результаты по оценке координатной точности регистрации электронов и гамма-квантов в годоскопических спектрометрах полного поглощения с размерами ячеек 30-50 мм.

Во введении подчеркивается актуальность изучения зарядово-обменных процессов, формулируется основная цель диссертационной работы и приводится ее краткое содержание.

В первой главе обсуждаются основные результаты и проблемы, связанные с исследованиями зарядово-обменных процессов рассеяния π - мезонов на нуклонах (I) и (2) в широком диапазоне энергий /1/.

Изучение этих реакций в области малых передач импульса связано с проблемами:

1. Вычисления траекторий $d_{A_2}(t)$ и $d_p(t)$. Измерения в области $t=0$ интересны с точки зрения изучения характера "сшивания" поведения траекторий Редже в области рождения частиц ($t>0$) и рассеяния ($t<0$).

2. Изучения структуры дифференциального сечения для определения отношения спин-флиповых и нефлиповых вкладов. Это отношение дает информацию о роли спиновых эффектов в реакциях при высоких энергиях. В некоторых моделях ("реджеометрия") связь различных спиновых амплитуд жестко фиксируется, и эксперименты при малых t , чувствительные к спиновым эффектам, являются хорошей проверкой этих моделей.

С точки зрения модели Редже это важно также по той причине, что выделение флиповой амплитуды означает выделение практически чисто полюсных вкладов, тогда как нефлиповая амплитуда содержит значительный вклад от разреза. Поэтому флиповая амплитуда, дающая информацию об d_{A_2} и d_p , может быть использована при изучении вопросов, связанных с полюсной траекторией (кривизна $d(t)$, обменное вырождение и т.д.), тогда как нефлиповая амплитуда дает информацию об абсорбтивных эффектах.

В связи с актуальностью проблемы в 1975 году нами была предложена программа исследований зарядовообменных процессов (1) и (2) при импульсах 3-7 ГэВ/с на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ.

Во второй главе описывается методика эксперимента и приводятся основные характеристики используемой аппаратуры. Эксперимент проводился на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий ОИЯИ на энергии 10 ГэВ с помощью 90-канального черенковского масс-спектрометра "Фотон" /2/.

Схема эксперимента приводится на рис. 1.

Пучок π^- -мезонов с $\Delta p/p = \pm 1\%$, сфокусированный на жидководородную мишень H_2 длиной 80 см, регистрируется телескопом из сцинтилляционных счетчиков СИ-3. Счетчики А1-2, работающие в режиме антисовпадения, исключают срабатывание установки от гало пучка. Координаты траекторий частиц, падающих на мишень, измеряются при помощи шести пропорциональных камер ПК1-6.

Для определения направления гамма-квантов от распада $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ применяются 32 искровые камеры ИК1-32 размерами 92×92 см² с магнитострикционным съёмом информации. Камеры собираются в группы по четыре, из которых две камеры располагаются горизонтально, а две другие - под углом 17° . Между группами из четырех камер раз-

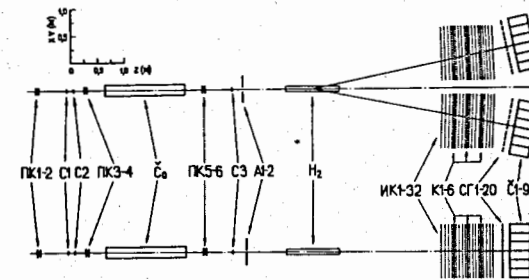


Рис. 1. Схема эксперимента. ПК1-6 - пропорциональные камеры, СИ-3 - мониторные сцинтилляционные счетчики, А1-2 - сцинтилляционные счетчики антисовпадений, С0 - газовый черенковский счетчик, H2 - водородная мишень, ИК1-32 - проволочные искровые камеры, К1-6 - медные конверторы, СИ-20 - сцинтилляционные годоскопические счетчики, СИ-90 - черенковские гамма-спектрометры.

Таблица I

ДЕТЕКТОР	СВЯЗАННЫЕ	КОЛ-ВО ДЕТЕКТОРОВ	РАБОЧИЙ ОБЪЕМ см ³	ТИП ФЭУ	КОЛ-ВО ФЭУ	СУММАРНОЕ ЧИСЛО СИГНАЛЬНЫХ ПРОВОДОВ	ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ, мм	ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ, %	ВРЕМЯ НА РАБОТУ, мс	ЭФФЕКТИВНОСТЬ, %	
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ СЧЕТЧИКИ	МОНИТОРНЫЕ	СИ-3	3	50x50x5	56DVP	3	—	± 25	—	99,99	
	АНТИСОВАПАДАТЕЛЬНЫЕ	А1-А2	2	500x500x5	897-30	2	—	—	—	99,7	
	ГОДОСКОПИЧЕСКИЕ	СИ-20	20	1000x100x20 897-30	897-30	40	—	Δ1 = ± 50 Δ7 = ± 500	АМПУЛИТудНОЕ +16 РАЗРЕШЕНИЕ -10	20	99,7
ГАЗОВЫЙ ЧЕРЕНКОВСКИЙ СЧЕТЧИК	С0	1	С = 1500 d = 150	897-36	1	—	—	± 1	—	—	
ЧЕРЕНКОВСКИЙ СЧЕТЧИК ПОМОЩЬЮ ВОЗБУЖДЕНИЯ ИЗ СЕВЕРОВОГО СТЕКЛА	СИ-90	90	С = 250 d = 175	897-495	90	—	—	С1 = С2 = 35	± (0,35 + 4,6/√E) E - в ГэВ.	40	100
ИСКРОВЫЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ КАМЕРЫ	ПК1-6	6	150x150x8	—	—	228	—	С1 = С2 = 1,0	—	85	99,5
МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ	ИК1-32	32	92x92x9,5	—	—	59 т.ч.	—	С1 = 0,45 С2 = 0,30	—	1500	98

мещены медные конверторы KI-6 толщиной 0,4 рад.ед. Эффективность конверсии одного гамма-кванта составляет 56%.

Сцинтилляционный годоскоп СИ-20 из 20 счетчиков, расположенный между искровыми камерами и черенковскими спектрометрами, позволяет увеличить эффективность запуска установки и получить дополнительную координатную информацию.

Энергия гамма-квантов измеряется в черенковском спектрометре СИ-90, состоящим из 90 независимых модулей, сгруппированных по 45 в каждом плече установки. Радиатор модуля выполнен из свинцового стекла марки ТФ-1 в форме гексагональной призмы с диаметром вписанной в основание окружности 17,5 см и длиной 35 см (14 рад. ед.). К торцу радиатора клеится фотоумножитель типа ФЭУ-49Б. Контроль усиления спектрометрических трактов осуществляется с помощью световых вспышек в кристалле NaI от α -частиц радиоизотопа ^{241}Am , которые автоматически регистрируются между циклами ускорителя. Абсолютная калибровка производится на Пучке моноэнергетических электронов.

Установка работает на линии с ЭВМ Hewlett - Packard 2116B, которая осуществляет прием, накопление, контроль и предварительную обработку информации с детекторов.

Запуск установки производится в том случае, если при совпадении сигналов от сцинтилляционных и черенковских детекторов выполняется условие, чтобы энергия в левом и правом плече спектрометра и их сумма превышали пороговые значения, определяемые кинематикой исследуемого процесса и геометрией эксперимента.

Основные параметры детекторов масс-спектрометра "Фотон" приведены в таблице I.

Завершается вторая глава обсуждением вопроса о перспективах методики: возможности измерения с помощью многоканальных спектрометров полного поглощения как энергии, так и координат гамма-квантов и электронов с высокой точностью, сравнимой с координатной точностью искровых камер /3/. Для получения количественных оценок была составлена программа, которая позволила, используя экспериментальные данные о продольном и поперечном распределении частиц электромагнитного ливня, определить ошибки измерения координат в зависимости от размера модуля, координаты точки входа и угла падения частиц в спектрометр и энергетического разрешения.

В результате расчетов на ЭВМ показано, что в спектрометрах полного поглощения с размерами модулей 30-50 мм и энергетическим

разрешением $\sim 5\%$ можно измерить координату гамма-квантов и электронов с точностью ~ 1 мм.

Третья глава посвящена вопросу создания программ обработки экспериментальной информации, получаемой на установке "Фотон";

а) программы моделирования методом Монте-Карло FAMEL /4/ и

б) программы геометрической и энергетической реконструкции событий, регистрируемых в установке "Фотон", VLURE /5/.

В качестве генератора кинематических параметров в программе моделирования используется соответствующая часть программы FAKE для пузырьковых камер.

При моделировании программа FAMEL учитывает как динамику процессов, так и геометрию установки, размеры детекторов, величины энергетических и угловых разрешений, пространственное и импульсное распределение частиц в пучке и др. В программе генерируются искры, образованные треками частиц в искровых камерах, а также фоновые искры. При этом учитываются эффекты образования электромагнитного ливня и многократного кулоновского рассеяния при прохождении гамма-квантов и электронов через конверторы искровых камер, координатная точность и эффективность регистрации искр в камерах. На основе данных о размере ливня в радиаторе спектрометра в программе определяется энерговыделение в каждом отдельном модуле при попадании в спектрометр гамма-квантов и электронов.

По программе FAMEL :

1) определена геометрическая эффективность регистрации исследуемых процессов;

2) рассчитана геометрия эксперимента;

3) получены распределения кинематических параметров процесса (энергий, углов, эффективных масс, 4-импульсов и др.) и их ошибок;

4) осуществлена имитация работы основных элементов установки генерированием координат искр в искровых камерах и энергий в черенковском гамма-спектрометре.

Указанная информация позволила оптимизировать условия эксперимента и процесс обработки, а также осуществить проверку и отладку программы геометрической и энергетической реконструкции событий в условиях, близких к реальным условиям эксперимента.

На рис. 2 приведены моделированные распределения 2γ -событий при энергии 3,26 ГэВ для основных процессов, регистрируемых в установке "Фотон".

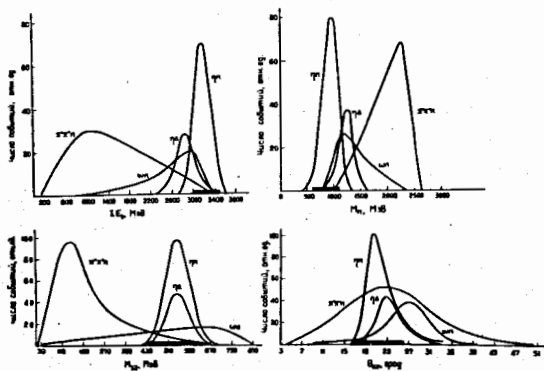
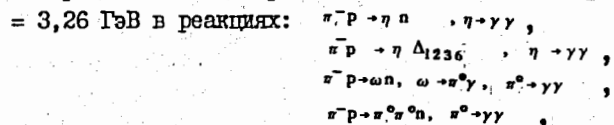


Рис. 2. Распределение моделированных 2γ -событий при $E_{\Pi} = 3,26$ ГэВ в реакциях:



ΣE_{γ} - суммарная энергия, M_{π} - недостающая масса, $M_{\gamma\gamma}$ - эффективная масса, $\theta_{\gamma\gamma}$ - угол разлета. На горизонтальной оси указаны области ограничения при отборе 2γ -событий из реакции $\pi^- p \rightarrow \eta p, \eta \rightarrow \gamma\gamma$.

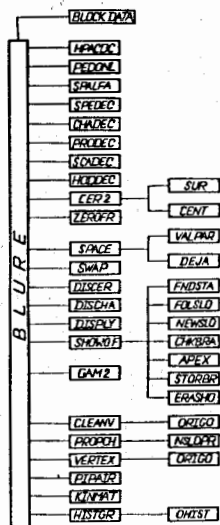


Рис. 3. Схемы программ геометрической и энергетической реконструкции событий BLURE.

Схема программы реконструкции событий BLURE приведена на рис. 3.

После ввода констант в блок DATA осуществляется декодировка экспериментальной информации в подпрограммах HPRACD, PEDONL, SPALFA, SPEDEC, PRODEC, SCADec, HODDEC.

Анализ информации с черенковских спектрометров производится в подпрограммах CER2, SUR, CENT. Абсолютные значения энергии частиц с учетом всех поправок определяются в GAM2.

Обработка информации, полученной в искровых камерах, и восстановление пространственных координат треков заряженных частиц осуществляется в подпрограммах ZEROFR, SPACE, VALPAR, DEJA, SWAP, а информации, полученной с помощью пропорциональных камер, - в PROPCN и NSLOPR.

Реконструкция заряженных частиц и ливней от гамма-квантов и определение их геометрических характеристик в искровых камерах производится в подпрограммах SHOWF, FNDSTA, FOLSLO,

NEWSLO, SHKBR, APEX, STORBR, ERASHO. В подпрограмме GAM2 выполняется совместный анализ и реконструкция событий по данным искровых камер, сцинтилляционных годокопических счетчиков и черенковских спектрометров установки.

В CLEAN, VERTEX, ORIGO восстанавливается точка взаимодействия частиц в мишени.

Вычисление и гистограммирование кинематических параметров, а также отбор событий, удовлетворяющих различным условиям ограничения по кинематическим параметрам, осуществляется в подпрограммах PIRAIR, KINMAT, HISTGR, ONIST.

С помощью подпрограмм DISCHA, DISER и DISPLAY на широкую печать ЭВМ выводится топология восстановленных событий соответственно с искровых камер, черенковских спектрометров и всей установки в целом.

Проверка и отладка программы реконструкции BLURE была осуществлена на моделированных событиях типа $\pi^- p \rightarrow X_n, X \rightarrow e^+e^-, \gamma\gamma$ и $\pi^0 p \rightarrow \gamma\gamma$.

Приведенные в данной главе результаты сравнения параметров моделированных событий с данными, полученными в результате обработки тех же событий по программе реконструкции, говорят о надежности выделения событий с образованием нескольких электронов и гамма-квантов.

В четвертой главе обсуждаются вопросы обработки эксперимен-

тальной информации, полученной на установке, и исследования дифференциального сечения реакции $\pi^+p \rightarrow \eta n$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ [6,7].

Записанные на магнитных лентах в процессе эксперимента ~ 350000 событий были обработаны по программе реконструкции VLURE на ЭВМ сис 6500.

Отбор 2γ -событий в программе осуществлялся по следующим критериям:

1. Количество кластеров в спектрометрах равно 2 - по одному в каждом плече установки, исключая случаи срабатывания граничных модулей.

2. В искровых камерах восстанавливаются минимум 2 трека (ливня), имеющих начало в одном из конверторов и удовлетворяющих $\chi^2 \leq 10$ - условию пересечения в районе мишени.

3. Количество сработавших годоскопических счетчиков ≥ 2 .

4. Возможна связка в пространстве треков, зарегистрированных в искровых камерах, сработавших годоскопических счетчиков и кластеров в спектрометрах.

При окончательном отборе 2γ -событий, относящихся к реакции (3), вводились ограничения по следующим кинематическим параметрам:

$E_{\gamma}^m / E_{\gamma}^B$ - отношению меньшего значения энергии из двух гамма-квантов к большему,

E_{γ} - энергии гамма-кванта,

ΣE_{γ} - суммарной энергии двух гамма-квантов,

$\theta_{\gamma\gamma}$ - углу разлета гамма-квантов,

M_n - недостающей массе к системе двух гамма-квантов,

$M_{\gamma\gamma}$ - эффективной массе двух гамма-квантов.

Значения соответствующих параметров ограничения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметр ограничения	Значения параметров ограничения	
	3,26 ГэВ	4,75 ГэВ
$E_{\gamma}^m / E_{\gamma}^B$	$\geq 0,2$	$\geq 0,1$
E_{γ} , МэВ	400 - 2800	400 - 4200
ΣE_{γ} , МэВ	3000 - 3500	4400 - 5000
$\theta_{\gamma\gamma}$, град	17 - 26	12 - 18
M_n , МэВ	600 - 1100	600 - 1100
$M_{\gamma\gamma}$, МэВ	440 - 640	440 - 640

Критерии отбора были определены по результатам моделирования основных процессов, являющихся источником 2γ -событий, регистрируемых установкой в данном эксперименте (рис. 2). Ошибки измерений угла вылета и энергии гамма-квантов описывались формулами

$$\sigma_{\theta_{\gamma}} = 0,005 + \frac{28}{E_{\gamma}} \sqrt{x} \quad \text{и} \quad \sigma_{E_{\gamma}} = 2,45 \sqrt{E_{\gamma}}, \quad (4)$$

где E_{γ} - энергия гамма-кванта в МэВ, x - толщина конвертора в рад.ед.

В результате применения указанных критериев было идентифицировано 4618 и 1440 событий реакции (3) при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ соответственно. Экспериментальные распределения η -мезонных событий по величине энергии E_{η} , углу вылета θ_{η} , эффективной массе M_{η}^B и M_{η} , недостающей массе M_n и переданному 4-импульсу t представлены в виде гистограмм на рис. 4. Сплошные кривые на рис. 4 получены моделированием реакции (3), в предположении, что $d\sigma/dt = (1 - gct) e^{ct}$; $g = 5,3$ и $C = 6,0$ (ГэВ/с)⁻². Согласие экспериментальных и моделированных распределений говорит о надежности выделения реакции (3).

При оценке величины фона и его влияния на дифференциальное сечение реакции $\pi^+p \rightarrow \eta n$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ были рассмотрены следующие процессы:

$$\pi^+p \rightarrow \eta \Delta_{1236}, \quad \eta \rightarrow \gamma\gamma, \quad (5)$$

$$\rightarrow \omega n, \quad \omega \rightarrow \pi^0\gamma, \quad \pi^0 \rightarrow \gamma\gamma, \quad (6)$$

$$\rightarrow \pi^0 p n, \quad \pi^0 \rightarrow \gamma\gamma. \quad (7)$$

Анализ фоновых процессов, полученный моделированием, показал, что при указанных выше критериях отбора событий относительные вклады реакций (5), (6) и (7) соответственно равны 10%, 1% и 1%.

Эффективность регистрации $\mathcal{E}(t)$, необходимая для построения $d\sigma/dt$, определялась моделированием реакции (3) с угловым распределением η -мезонов в с.ц.м. реакции, соответствующим равномерному распределению t в диапазоне $0,0 - + 0,4$ (ГэВ/с)². Было разыграно 600000 и 130000 событий при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ соответственно.

Точность определения 4-импульса t в реакции (3) указана в таблице 3.

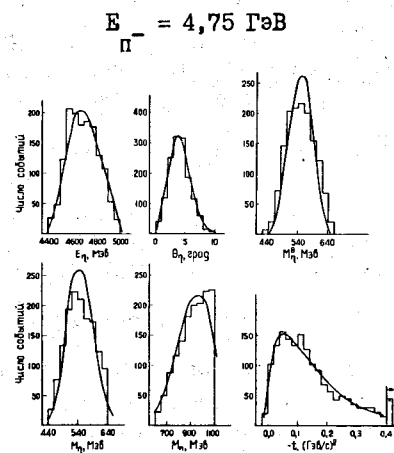
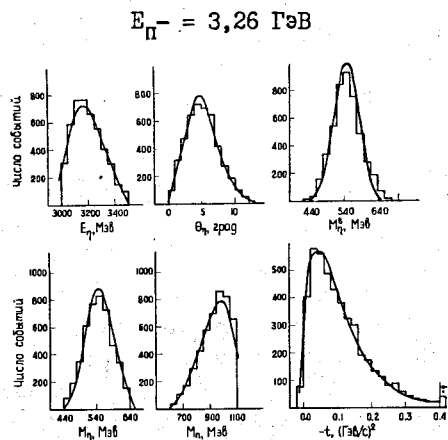


Рис.4. Распределения событий реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ n, \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^+$ по величинам E_{π^-} , θ_n , M_n^B , M_n^A , M_n^C , и $-t$ при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ. Сплошные кривые получены моделированием.

Таблица 3

Интервал t (ГэВ/с) ²	точность определения t (ГэВ/с) ²
0,0 - 0,05	0,010
0,05- 0,10	0,020
0,10- 0,15	0,025
0,15- 0,20	0,030
0,20- 0,25	0,035
0,25- 0,30	0,040

Дифференциальные сечения реакции $\pi^- p \rightarrow \eta n$ в зависимости от $-t$ при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ представлены на рис. 5. Выбранные интервалы t имеют величину порядка разрешающей способности аппаратуры. Указанные ошибки определяются статистикой измерения и составляют величину $\sim 5\%$ при 3,26 ГэВ и $\sim 10\%$ при 4,75 ГэВ.

При малых переданных импульсах для амплитуды перезарядки может быть использована следующая форма параметризации:

Здесь f_+ и f_- — амплитуды рассеяния без переворота и с переворотом спина. Члены $\exp(st)$ описывают экспоненциальное падение сечения рассеяния с ростом переданного импульса, а $\varphi(t)$ — медленно меняющаяся функция. Сделав упрощающее предположение о равенстве параметров наклона конуса рассеяния $C_+ = C_- = C$, получаем следующее выражение для дифференциального сечения перезарядки при малых t :

$$d\sigma/dt = (d\sigma/dt)_{t=0} (1 - qct) e^{ct} \quad (8)$$

Здесь $(d\sigma/dt)_{t=0}$ — дифференциальное сечение перезарядки под нулевым углом,

- q — отношение проинтегрированных по t сечений перезарядки с переворотом и без переворота спина,
- C — параметр наклона конуса рассеяния.

Аппроксимируя дифференциальное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \eta n$ интервале $0,0 \leq t \leq 0,6 (\text{ГэВ/с})^2$ формулой (8), методом наименьших квадратов для параметров $(d\sigma/dt)_{t=0}$, q и C получаем следующие величины:

E_{π^-} , ГэВ	$(d\sigma/dt)_{t=0}$, мкб/((ГэВ/с) ²)	q	C , (ГэВ/с) ⁻²	$\chi^2_{\text{длт}}$
3,26	$138,9 \pm 9,0$	$5,5 \pm 0,5$	$5,6 \pm 0,2$	10,0
4,75	$91,1 \pm 12,0$	$4,8 \pm 0,9$	$5,9 \pm 0,4$	15,0

В результате анализа $d\sigma/dt$ реакции (1) показано существование четко выраженного минимума при рассеянии вперед и определена величина отношения амплитуд с переворотом и без пере-

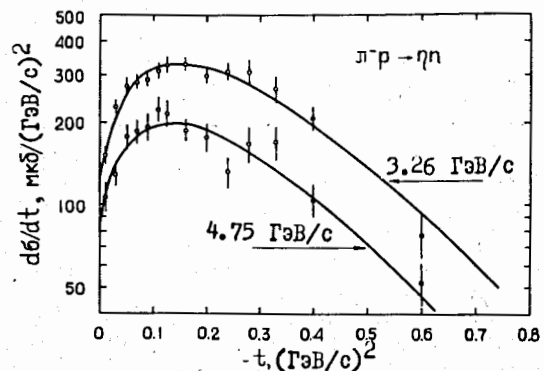


Рис.5. Дифференциальное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \eta n$ при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ, \circ - данные настоящего эксперимента, \bullet - данные работы Nucl.Phys. B32, 557 (1977); сплошная линия - $d\sigma/dt = \frac{d\sigma}{dt} \Big|_{t=0} (1-gct)e^{-ct}$.

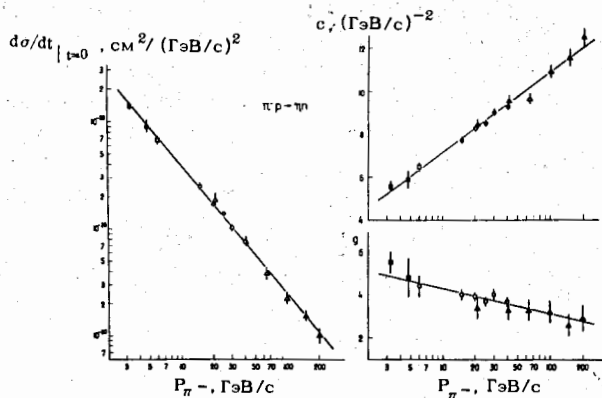


Рис.6. Значение параметров $(d\sigma/dt)_{t=0}$, g и C в реакции $\pi^- p \rightarrow \eta n$ для $0,0 \leq -t \leq 0,6$ (ГэВ/с)² в интервале импульсов 3 - 200 ГэВ/с;
 \blacksquare - данные настоящего эксперимента;
 \square - Phys.Rev.Lett. 36, 5 (1976); \circ - Nucl.Phys.B152,1(1979).
 \triangle - Phys. Rev. Lett. 37, 80 (1976).

ворота спина. Полученные экспериментальные данные согласуются с указанием на доминирующий вклад A_2 - обмена и свидетельствуют о существенной роли амплитуды с переворотом спина.

Сравнение параметров дифференциальных сечений $d\sigma/dt$ реакции (I), полученных в данном эксперименте, с результатами последних экспериментов, выполненных в Аргонне, Серпухове и Батавии на большой статистике и с высоким разрешением по t в области больших энергий, приведено на рис. 6. Видно, что наши данные находятся в хорошем согласии с энергетической зависимостью параметров дифференциальных сечений, полученной в работе Nucl.Phys. B152, I(1979) по результатам экспериментов в области энергий до 200 ГэВ:

$$C = (6,0 \pm 0,2) + (1,6 \pm 0,1) \ln(S/S_0), (\text{ГэВ/с})^{-2},$$

$$g = (4,6 \pm 0,3) - (0,5 \pm 0,2) \ln(S/S_0),$$

$$(d\sigma/dt)_{t=0} = (97,7 \pm 9,5) (S/S_0)^{-1,26 \pm 0,04}, \text{ мкб}/(\text{ГэВ/с})^2,$$

где $S_0 = 10 \text{ ГэВ}^2$.

В заключение сформулированы основные итоги диссертационной работы:

1. При непосредственном участии автора предложен и реализован проект по созданию многоканального черенковского масс-спектрометра "Фотон", выполнен ряд методических исследований, проведено экспонирование установки на пучке и получен большой экспериментальный материал по $\pi^- p$ -взаимодействию с образованием гамма-квантов и электронов при импульсах 3,26 и 4,75 ГэВ/с.

2. Показана возможность измерения координат гамма-квантов и электронов с точностью ~ 1 мм в многоканальных спектрометрах полного поглощения с размером модулей 30-50 мм.

3. Дано обоснование постановки эксперимента по исследованию зарядовообменных процессов при малых передачах импульса в интервале энергий 3-7 ГэВ.

4. Создана программа моделирования методом Монте-Карло физических процессов в условиях эксперимента на установке "Фотон".

5. Создана программа геометрической и энергетической реконструкции событий (гамма-квантов и электронов), регистрируемых в установке "Фотон".

По программе моделирования выполнены расчеты для проектов экспериментов в ИФВЭ и ЛВЭ ОИЯИ. С помощью программ моделирования и реконструкции событий проводились исследования реакции $\pi^- p \rightarrow \eta n$, $\gamma \rightarrow \gamma\gamma$ и кумулятивного образования ω -, η - и ρ^0 -мезонов.

6. Осуществлена обработка на ЭВМ экспериментальной информации, содержащей ~ 350000 π^-p -взаимодействий, и выделено 6000 событий реакции $\pi^-p \rightarrow \eta n$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ при энергиях 3,26 и 4,75 ГэВ.

7. Получены дифференциальные сечения $d\sigma/dt$ реакции $\pi^-p \rightarrow \eta n$ при 3,26 и 4,75 ГэВ в области $0,0 \leq t \leq 0,36$ (ГэВ/с)². Большая статистика в сочетании с высоким разрешением по t и низким уровнем фона позволили впервые обнаружить четко выраженный минимум при рассеянии вперед, провести детальный анализ $d\sigma/dt$, результаты которого согласуются с доминирующим вкладом A_2 -обмена и указывают на существенную роль амплитуды σ с изменением спиральности.

8. Определены основные параметры дифференциального сечения $d\sigma/dt$ реакции $\pi^-p \rightarrow \eta n$ при аппроксимации экспериментальных данных выражением $(d\sigma/dt)_{t=0} (1 - gct) e^{ct}$, где $(d\sigma/dt)_{t=0}$ сечение под нулевым углом, g - отношение амплитуд реакций с переворотом и без переворота спина, c - параметр наклона конуса рассеяния.

Для параметров получены следующие значения:

E, ГэВ	$(d\sigma/dt)_{t=0}$, мкб/(ГэВ/с) ²	g	c (ГэВ/с) ⁻²
3,26	$138,9 \pm 9,0$	$5,5 \pm 0,5$	$5,6 \pm 0,2$
4,75	$91,1 \pm 12,0$	$4,8 \pm 0,9$	$5,9 \pm 0,4$

Показано, что полученные результаты находятся в хорошем согласии с энергетической зависимостью параметров дифференциальных сечений, измеренных в области больших энергий вплоть до 200 ГэВ.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Р.Г.Аствацатуров, Л.Г.Мелкумов и др., ОИЯИ, I-9232, Дубна (1976).
2. С.А.Аверичев, Л.Г.Мелкумов и др., ОИЯИ, I-II482, Дубна (1978).
3. M.N.Khachaturian, G.L.Melkumov, JINR, E1-9463, Dubna (1976); Nucl. Instr. and Meth., 135, 505 (1976).
4. Г.Л.Мелкумов, М.Н.Хачатурян, ОИЯИ, IO-7960 (1974).
5. Г.Л.Мелкумов, М.Н.Хачатурян, ОИЯИ, IO-8170, Дубна (1974).
6. Р.Г.Аствацатуров, Г.Л.Мелкумов и др., ОИЯИ, PI-IO600, Дубна, (1977); Я.Ф., 27, 40I (1978).
7. V.A.Arkipov, G.L.Melkumov et al., JINR, E1-11596, Dubna (1978).

Рукопись поступила в издательский отдел
19 декабря 1979 года.