

C-149

1 - 8421

САИТОВ

Ирек Суфьянович

ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕСТИЛУЧЕВЫХ
 $\pi^- p$ - ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРИ ИМПУЛЬСЕ
5 ГЭВ/С С ПОМОЩЬЮ 100-САНТИМЕТРОВОЙ
ВОДОРОДНОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник Р.М.ЛЕБЕДЕВ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник В.Б.ФЛЯГИН,
кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник Г.К.КЛИГЕР

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

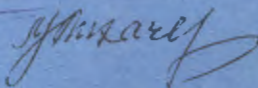
Физический институт АН СССР (Москва)

Автореферат разослан " " 1974 г.

Защита диссертации состоится " " 197 г.
на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований
г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник



М.Ф.ЛИХАЧЕВ

1 - 8421

САИТОВ

Ирек Суфьянович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕСТИЛУЧЕВЫХ
 π^- p - ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРИ ИМПУЛЬСЕ
5 ГЭВ/С С ПОМОЩЬЮ 100-САНТИМЕТРОВОЙ
ВОДОРОДНОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ**

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

(Диссертация написана на русском языке)

**Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА**

В физике высоких энергий исследование процессов множественного образования вторичных частиц имеет большое значение прежде всего в силу того, что, начиная с энергии в несколько Гэв, эти процессы дают подавляющий вклад в сечение неупругих взаимодействий.

Среди экспериментов по изучению многочастичных реакций эксклюзивные исследования отличаются большой информативностью и особой сложностью. Они проводятся, как правило, с помощью пузырьковых камер в области умеренно высоких энергий (до 30 Гэв).

Настоящая диссертация в основном посвящена экспериментальному изучению эксклюзивных реакций взаимодействия π^- - мезонов с импульсом 5 Гэв/с с протонами, сопровождающихся образованием шести заряженных частиц, и методическим вопросам, связанным с подготовкой и проведением этого эксперимента - первого эксперимента, выполненного с помощью 100-сантиметровой водородной пузырьковой камеры (ВПК-100)^{1/2}.

В первой главе даны краткие характеристики теоретических моделей и современного состояния экспериментального изучения шестилучевых π^- -взаимодействий в области первичного импульса 3 + 25 Гэв/с.

Во второй главе приводится краткое описание экспериментальной установки, включающей ВПК-100, и рассматриваются некоторые усовершенствования техники камерного эксперимента, реализованные в данной установке: новая конструкция надувного уплотнения большого стекла, устройства дозировки пучка и автоматической коррекции пространственного положения пучка на входе в камеру.

Надувное уплотнение, герметизирующее разъем между большим стеклом - каллиминатором и корпусом после охлаждения камеры, является одним из наиболее ответственных узлов камеры. Новая, признанная изобретением ^{1/2} конструкция уплотнения имеет всего два сварных шва и сравни-

тельно проста в изготовлении, в ней исключен риск порчи трудоёмких деталей в ходе испытаний и эксплуатации, значительно повышена надёжность /3/. Многолетний опыт работы ВПК-100 подтвердил наличие указанных достоинств конструкции уплотнения. Модель уплотнения продемонстрировалась на ВДХ в Москве в числе других достижений ОИЯИ.

Устройство дозировки пучка /4/ имеет безжелезный импульсный электромагнит, который после прихода в камеру заданного числа пучковых частиц за несколько микросекунд выводит пучок за пределы апертуры специального коллиматора. Тем самым была устранена зависимость числа пучковых частиц на рабочих фотографиях от нестабильности интенсивности протонов, обрасываемой на внутреннюю мишень ускорителя, и статистических флуктуаций числа частиц в конце канала, транспортирующего пучок к камере.

ВПК-100 была первой в Советском Союзе камерой, оснащенной устройством дозировки пучка, воздействующим непосредственно на пучок вторичных частиц. Применение этого устройства значительно повысило эффективность облучения камеры. На рис.1 приведена гистограмма распределения числа пучковых частиц на фотографиях при наличии дозировки в сравнении с распределением Пуассона, имеющим ту же величину среднего значения.

Устройство индикации и автоматической коррекции пространственного положения пучка /5/ стабилизировало с точностью ± 2 мм положение оси пучка вблизи входного окна камеры путем изменения тока в одном из поворотных магнитов магнитооптической системы канала.

Третья глава посвящена методике обработки экспериментальных данных. Дано краткое описание общей схемы обработки. Особое внимание уделено определению и проверке констант системы фотографирования ВПК-100, показателя преломления жидкого водорода в метастабильном

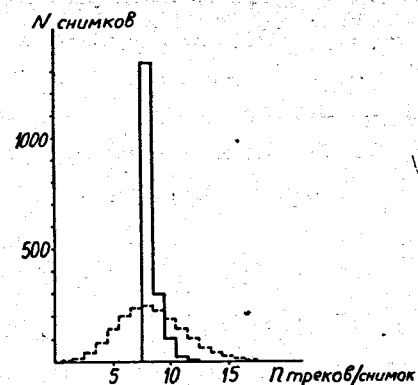


Рис. 1. Распределение числа пучковых частиц (сплошная линия) при наличии дозировки пучка и распределение Пуассона (пунктирная линия), имеющие одинаковые площади и средние значения.

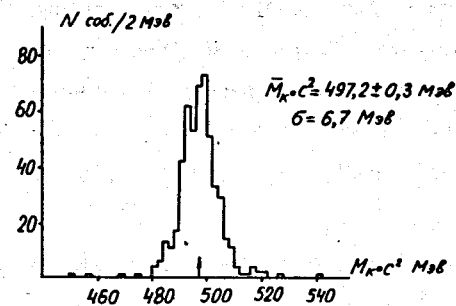


Рис. 2. Распределение эффективных масс $M(P^+P^-)$, измеренных для продуктов распада $510 K^0$ -мезонов.

состоянии, импульсных характеристик пучка и критериев разделения событий по каналам реакций.

Обработка результатов измерений рабочих фотографий производилась на ЭЕМ СДС-1604А с помощью сложной системы программ /6/, центральное место в которой занимает разработанная в ЦЕРНе программа THRESH, GRIND, SLICE и SUMX /7/. Программы GRIND и SLICE были частично переработаны /8,9/ для эффективного применения на ЭЕМ СДС-1604А для учета некоторых особенностей ВПК-100.

Определение оптических констант /10/ для программы геометрической реконструкции THRESH проводилось с помощью программы MUNG /11/, при разработке алгоритма которой была учтена специфика ВПК-100 - наличие только одной реперной плоскости в фотографируемом объеме.

Определение показателя преломления жидкого водорода в метастабильном состоянии проводилось путем измерения среднего пробега для 573-мк-мезонов от $\pi-\mu-e$ - распада положительных пионов, оставшихся внутри фотографируемого объема. Показано, что для ВПК-100 неточность начального значения показателя преломления дает вклад в погрешность конечного результата приблизительно в 20 раз меньше начальной ошибки.

Среднее значение и разброс импульса пучковых частиц определялись с помощью событий, относящихся к каналу реакции, где все шесть вторичных частиц являются заряженными /12/. Исследована зависимость точности этого метода от параметров фитирования и множественности заряженных частиц.

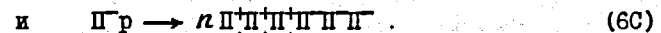
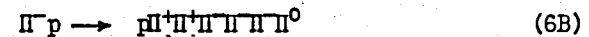
Критерии разделения событий по каналам реакций были выработаны на основе идентификации генерированных по методу Монте-Карло

событий /13/. При этом была усовершенствована программа FAKE /7/, что позволило осуществить генерацию событий с семью и восемью вторичными частицами.

Проверка найденных констант проводилась различными способами, в том числе путем измерения ложной кривизны треков /14/ и масс K^0 -мезонов и узких резонансов /16,17/.

Показано, что возможные систематические ошибки имеют величину, существенно меньшую ошибок измерения.

В четвертой главе изложены основные результаты исследования приблизительно 3,5 тыс. шестилучевых Π^- -взаимодействий при импульсе 5 Гэв/с /16-18/. Исследовались в основном эксклюзивные реакции



По результатам двойного просмотра было определено топологическое сечение, равное (879 ± 39) мкбн. После разделения событий по каналам реакций и учета всех потерь были определены сечения каналов реакций. Сечения образования $\Delta(1236)$, ω^0 , η^0 и $X^0(958)$ и их параметры были определены из анализа спектров эффективных масс $M(\pi^+)$ (рис.3) в канале 6A, $M(\pi^+)$, $M(\pi^+ \pi^0)$ (рис.4) и $M(\pi^+ \pi^- \pi^0)$ в канале 6B и $M(n\pi^-)$ в канале 6C. Кроме того, в канале 6A получены оценки сечения образования ρ^0 -мезона и изобары $N^{*+}(1688)$, а в канале 6B - оценки сечений образования V^- -мезона (рис.5) и получены указания на образование $N(990)$ -мезона и существование корреляции между протоном и ω^0 -мезоном. Получена также оценка сечения совместного образования $\Delta^{++}(1236)$ и ω^0 -мезона, величина которой не противоречит

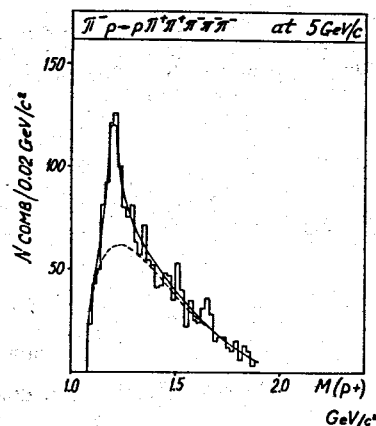


Рис. 3. Спектр эффективных масс $M(p\pi^+)$ в канале 6A при 5 ГэВ/с. Плавные кривые - фон и кривая Брайта-Вигнера.

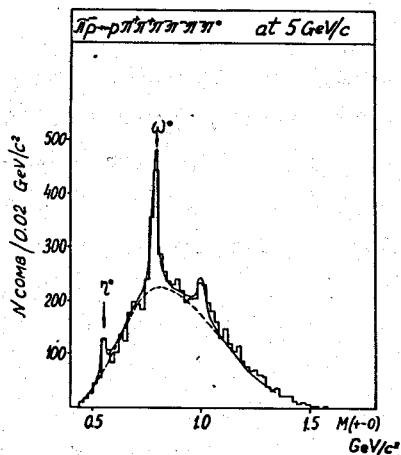


Рис. 4. Распределение эффективных масс $M(\pi^+\pi^0)$ в канале 6B при 5 ГэВ/с. Плавные кривые - фон и кривые Брайта-Вигнера.

предположению о том, что образование двух резонансов в одном событии происходит независимо, в силу случайного совпадения. Из распределения ω^0 мезонов по поперечному импульсу получено его среднее значение $(0,38 \pm 0,02)$ ГэВ/с.

Проведен анализ энергетического хода сечений, который показал, что усредненный квадрат матричного элемента, как и в случае бинарных реакций, имеет степенную зависимость от импульса налетающего пиона в лабораторной системе координат. При этом согласие со степенной зависимостью лучше для процессов с образованием узких резонансов, которые выделяются более чисто, а модуль показателя степени приблизительно линейно зависит от числа вторичных частиц.

Исследованы угловые и импульсные распределения вторичных частиц. Асимметрия угловых распределений имеет сильную зависимость от импульса в с.ц.и. Импульсные распределения только для нуклона имеют существенные отличия от распределений фазового объема, в связи с чем была проверена применимость $\mathcal{F}(t)$ - модели /19/ при 5 ГэВ/с. Показано, что угловые распределения положительных пионов в системе центра масс всех пионов не согласуются с предсказаниями модели.

Проведен анализ распределений нуклонов по t (квадрату переданного нуклону 4-импульса) (рис.6), который показал, что зависимость квадрата матричного элемента от t имеет полюсной вид.

Проверено также наличие парных угловых корреляций пионов.

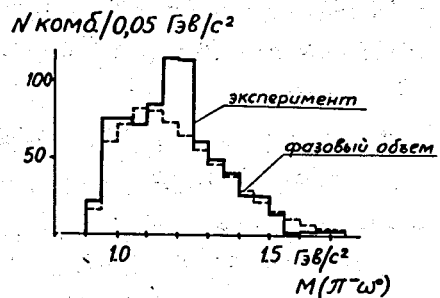


Рис. 5. Распределение эффективных масс $M(\omega^0\pi^-)$ в канале 6B при 5 ГэВ/с. Пунктирная линия - распределение фазового объема.

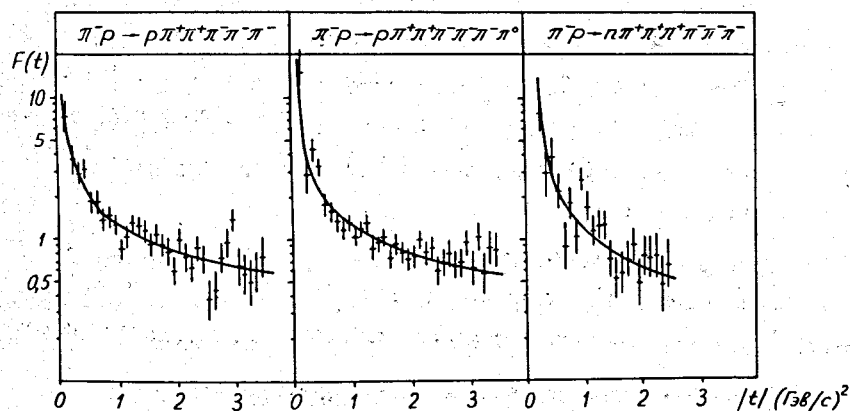


Рис. 6. Зависимость усредненного квадрата матричного элемента $F(t)$ от квадрата 4-импульса, переданного нуклону, при 5 ГэВ/с. Плавные кривые - результат фитирования функцией полюсного вида.

Основные результаты и выводы:

1. При создании исследовательской установки со 100-сантиметровой водородной пузырьковой камерой были разработаны и реализованы следующие усовершенствования техники камерного эксперимента, повысившие надежность и эффективность работы камеры:

- новая, признанная изобретением конструкция надувного уплотнения большого стекла;
- устройство дозировки пучка на входе в камеру; 100-сантиметровая камера была первой в Советском Союзе пузырьковой камерой, оснащенной устройством дозировки пучка;
- устройство индикации и автоматической коррекции пространственного положения пучка на входе в камеру.

2. При подготовке первого физического эксперимента, выполненного с помощью 100-сантиметровой водородной пузырьковой камеры, были проведены следующие методические разработки:

- разработан алгоритм и создана программа для определения оптических констант фотографических систем, имеющих одну реперную плоскость в фотографируемом объеме;
- по измерениям среднего пробега м μ -мезонов от $\pi-\mu$ -распада проверена и уточнена величина показателя преломления жидкого водорода в метастабильном состоянии;
- из анализа событий, относящихся к каналу реакции 6A, определены импульсные характеристики пучка;
- усовершенствована программа генерации событий FAKE, с помощью которой проведена генерация многочастичных событий и выработаны критерии разделения событий по каналам реакций;
- частично переработаны программы GRIND и SLICE, в результа-

те чего была значительно повышена эффективность счета по программе GRIND на ЭВМ СДС-1604А, а в программе SLICE учтены особенности 100-сантиметровой камеры. Разработан формат записи информации программой SLICE на ленты суммарных результатов. Указанные методические результаты используются также и в других экспериментах, проводимых в отделе водородных камер с помощью 100-сантиметровой водородной пузырьковой камеры.

3. Проведена проверка констант установки, определяющих точность экспериментальных результатов:

- а) по измерениям ложной кривизны треков без магнитного поля и расстояния между реперными крестами на отражающей призме;
- б) по измерениям масс K^0 -мезонов и резонансов ω^0 , η^0 и $X^0(958)$;
- в) с помощью анализа распределений по недостающей массе, пуллам и величине χ^2 .

Показано, что возможные систематические погрешности имеют величину, существенно меньшую ошибок измерения.

4. На основе анализа приблизительно 3,5 тыс. шестилучевых событий P^-p взаимодействия впервые получены экспериментальные результаты при импульсе 5 Гэв/с:

- а) измерены топологическое сечение и сечения каналов реакций;
- б) измерены сечения образования и параметры резонансов $\Delta^{++}(1236)$ - в канале 6А, $\Delta^{++}(1236)$, ω^0 , η^0 и $X^0(958)$ - в канале 6В и $\Delta^- (1236)$ - в канале 6С;
- в) получены оценки сечений образования ρ^0 -мезона и изобары $N^{\pm+}(1688)$ - в канале 6А, B^- - мезона и совместного образования Δ^{++} и ω^0 - мезона - в канале 6В;
- г) получены указания на образование $N(990)$ -мезона и существование угловой корреляции между ω^0 - мезоном и протоном в канале 6В;

- д) получены экспериментальные данные о характеристиках различных распределений вторичных частиц;
- е) из распределения ω^0 - мезонов по поперечному импульсу определено его среднее значение, равное $(0,38 \pm 0,02)$ Гэв/с.

5. Проведен анализ полученных экспериментальных данных и данных при других энергиях и показано, что:

- а) вдали от порога усредненный квадрат матричного элемента имеет степенную зависимость от импульса налетающего пиона в лабораторной системе координат; данный анализ для многочастичных реакций с образованием резонансов проведен впервые;
- б) усредненный квадрат матричного элемента имеет зависимость полюсного вида от квадрата переданного нуклону 4-импульса;
- в) при импульсе 5 Гэв/с нет заметного эффекта лидирующего пиона и явно выражена выделенность нуклона; в то же время $F(t)$ -модель не описывает угловых распределений положительных пионов в системе центра масс пионов;
- г) влияние тождественности пионов на их угловые распределения (GGP - эффект) отчетливо проявляется при импульсе 5 Гэв/с и убывает с ростом энергии и множественности вторичных частиц.

Диссертация написана на основе работ, результаты которых докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий в Дубне (1964), Киеве (1970) и Батавии и опубликованы в советских и зарубежных изданиях /2-5,8,10,12,13,17,18/.

Литература

1. A.V.Belonogov et al. Nucl. Instr. and Meth. 20, 114 (1963).
2. Р.М.Лебедев, И.С.Саитов, Е.П.Устенко и Ю.А.Шимов.
Авт.свид. №164083. Бюлл.изобретений №14, 1964.
3. Р.М.Лебедев и др. ПТЭ, №5, 82 (1966).
4. R.M.Lebedev et al. Cryogenics, october 1967, p.302.
5. В.В.Глаголев и др. ОИЯИ, 13-3422, Дубна, 1967.
6. В.В.Глаголев и др. ПТЭ, №3, 129 (1970).
7. А.Г.Зайкина и др. ОИЯИ, 10-6368, Дубна, 1972.
8. А.Ф.Лукьянцев и И.С.Саитов. ОИЯИ, 10-5210, Дубна, 1970.
9. А.Ф.Лукьянцев и И.С.Саитов. ОИЯИ, 10-5840, Дубна, 1971.
10. Е.И.Дьячков и др. ОИЯИ, 10-7611, Дубна, 1973.
11. Р.Ледницки и И.С.Саитов. ОИЯИ, Б2-10-7737, Дубна, 1974.
12. М.Вальтер и др. ОИЯИ, 1-7153, Дубна, 1973.
13. М.Р.Атаян и И.С.Саитов. ОИЯИ, 13-6086, Дубна, 1971.
14. В.В.Глаголев и др. ОИЯИ, 1-4847, Дубна, 1969.
15. В.В.Глаголев и др. ОИЯИ, 13-5930, Дубна, 1971.
16. V.Glagolev et al. XV Int. Conf. on High-Energy Physics.
Abstracts of contributions, v.1, p.115, Kiev, 1970.
17. Л.Абесалашвили и др. ОИЯИ, П1-7027, Дубна, 1973.
18. U.Gensch et al. Nucl. Phys. B53, 43 (1973).
19. G.Bialkowski and R.Sosnowski. Phys. Lett. 25B, 519 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел
3 декабря 1974 г.