РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
им. Б.П. Константинова

На правах рукописи

УДК 539.12

Жгун Антон Анатольевич

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУИНКЛЮЗИВНОГО РОЖДЕНИЯ АДРОНОВ В ГЛУБОКО НЕУПРУГОМ РАССЕЯНИИ НА УСТАНОВКЕ *“ГЕРМЕС”*

01.04.16-физика атомного ядра и элементарных частиц

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Гатчина-2002

Работа выполнена в Петербургском институте ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН.

Научные руководители: доктор физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Белостоцкий С. Л.,

кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Манаенков С.И.

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Рыскин М. Г.,

доктор физ.-мат. наук, профессор Космач В. Ф.

Ведущая организация - Объединенный институт ядерных иследований.

Защита состоится ≪____≫ ___________ 2002 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д-002.115.01 при Петербургском институте ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН, по адресу: 188300, Ленинградская область, г. Гатчина, Орлова Роща, ПИЯФ РАН.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН.

Автореферат разослан ≪____≫ _____________ 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета И.А. Митропольский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

В конце 60-х годов эксперименты по рассеянию лептонов высоких энергий на протонах показали, что структурные функции нуклонов практически не зависят от переданного импульса, а зависят от безразмерной бьеркиновский переменной x. Это было интерпретировано таким образом, что нуклоны не являются бесструктурными частицами, а состоят из субчастиц, которые назвали партонами. В предшествующие этому годы изучение симметрий в мезонных и барионных мультиплетах привело к созданию математической модели, по которой адроны состоят из гипотетических частиц с дробным зарядом, названных кварками. Следующие из этой модели правила сумм для структурных функций нуклона были подтверждены экспериментально. Поэтому в дальнейшем заряженные партоны идентифицировались с кварками.

Эксперименты показали, что только половину продольного импульса нуклона несут заряженные партоны. Недостача импульса получила объяснение в рамках созданной теории – квантовой хромодинамики (КХД), которая описывает силы, связывающие кварки внутри нуклона путем обмена векторными бозонами, названными глюонами. Первое экспериментальное подтверждение существования нейтральных партонов было сделано при анализе событий в e^+e^--аннигиляции, в которых наблюдалось три струи адронов.

Согласно одной из гипотез КХД (конфайнмент), кварки невозможно наблюдать в свободном состоянии. Выбитый из нуклона кварк фрагментирует в адронную струю за счет сильного взаимодействия за время $\sim 10^{-23}$ секунды. Этот факт достаточно сильно затрудняет изучение свойств кварков, так как мы о них можем судить только по косвенным измерениям, изучая состав и свойства струй.

Цель работы

Целью работы были набор и обработка экспериментальных данных, полученных с помощью спектрометра HERMES на ускорителе HERA в 1996-1997 годах. Основные направления физического анализа: 1) относительные выходы K_s^0-мезонов и функции фрагментации, 2) зависимость среднего поперечного импульса адронов от других кинематических переменных.

Научная новизна

До настоящего времени основные экспериментальные результаты для полуинклюзивного рождения K_s^0-мезонов в глубоко неупругом рассеянии лептонов на нуклонах были получены при разных энергиях и типах лептонов в экспериментах, проведенных в CERN, FNAL и в Корнельском университете. При этом полученные экспериментальные данные достаточно плохо согласуются друг с другом. Эта работа представляет данные со статистической и систематической ошибкой, в 2-3 раза меньшей, чем в предыдущих экспериментах. Впервые проведены прямые измерения фрагментационной функции u-кварков в K_s^0-мезон в глубоко неупругом рассеянии.

Впервые было экспериментально получено, что положительно заряженные адроны (h^+) в области больших переданных энергий (z) имеют средний поперечный импульс, больший, чем отрицательно заряженные адроны (h^-).

Научная и практическая ценность

В работе рассмотрен метод анализа экспериментальных данных в случае неидеального регистрирующего прибора, вносящего изменения в физические спектры реакции, для конкретной экспериментальной установки. Данный метод может быть также использован для обработки других экспериментальных данных.

По полученным экспериментальным данным могут быть подобраны параметры в моделях, которые в последующем могут быть использованы для расчетов и планирования других экспериментов.

Основные положения, выносимые на защиту

- Метод анализа экспериментальных данных в случае нетривиальной зависимости приборной функции от кинематических переменных реакции.
- Относительные выходы K_s^0-мезонов как функции относительной энергии (z) и поперечного импульса ($P_\perp$).
- Функция фрагментации u-кварков в K_s^0-мезон.
- Зависимости среднего поперечного импульса заряженных адронов и K_s^0-мезонов от относительной энергии адронов (z), бьеркеновской переменной x и инвариантной массы конечной адронной системы (W).

Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы докладывались на:
XXXVI Международной конференции "QCD and High Energy Hadronic Interactions", Recontres de Moriond (А.А. Жгун, Франция, 2001),
На итоговых митингах коллаборации ГЕРМЕС (Германия 1999, 2000, 2001), а также на семинарах ОФВЭ ПИЯФ (1999, 2000) и ЛФЧ, ЛФВЭ ОИЯИ (г. Дубна 2002).

Публикации

Результаты работы опубликованы в научных журналах и препринтах ПИЯФ РАН.

Структура работы

Диссертация состоит из восьми глав. Общий объем диссертации составляет 119 страниц, включая 59 рисунков и 13 таблиц. Библиография содержит 64 ссылки. В конце каждой главы, представляющей экспериментальные результаты, приведены выводы. Общие итоги работы сформулированы в конце диссертации в выводах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Введение

Сделан краткий исторический обзор вопросов, связанных со структурой нуклонов.

Глава 2. Формализм глубоко неупругого рассеяния

В этой главе дано описание всех кинематических переменных, необходимых для дальнейшего изложения. Выписаны формулы для сечения инклюзивной и полуинклюзивной реакции глубоко неупругого рассеяния лептонов на нуклонах. Обсуждаются некоторые правила сумм, которые в настоящий момент проверяются экспериментально. Более подробно обсуждается кварк-партонная модель и модели фрагментации кварков в адроны.

Глава 3. Экспериментальная установка HERMES

Дано краткое описание ускорителя HERA (DESY, Германия). Подробно описаны экспериментальная установка HERMES и устройство внутренней мишени.

Глава 4. Отбор данных

Приведены основные критерии отбора экспериментальных данных, полученных в 1996-1997 годах с помощью спектрометра HERMES. Для реакции $e^+ + N \to e^{+\prime} + K_s^0 + X$ найдены геометрические критерии подавления фона случайных совпадений. На рис. 1 показано распределение отобранных событий по инвариантной массе системы двух пионов до и после подавления фона.

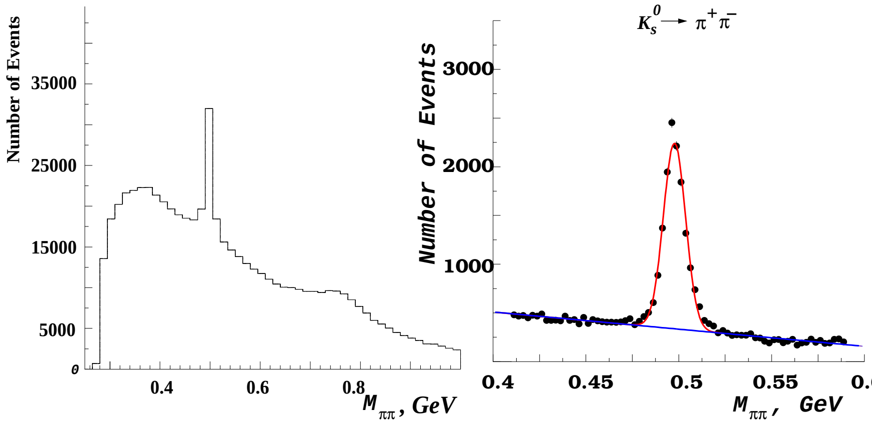

Рисунок 1: *Спектры инвариантной массы системы двух адронов с противоположными зарядами в предположении, что оба адрона являются пионами. Слева показан спектр без подавления фона случайных совпадений, справа - после подавления.*

Глава 5. Сравнение экспериментальных распределений с распределениями, заложенными в программу Монте-Карло

В этой главе сравниваются распределения, полученные в эксперименте, с расчетами методом Монте-Карло для реакции $e^+ + N \to e^{+\prime} + K_s^0 + X$. Здесь показано, что экспериментальные зависимости, определяемые геометрией прибора, находятся в хорошем согласии с расчетами, что говорит о том, что параметры установки HERMES, заданные в программе Монте-Карло, близки к реальным. При этом распределения по большинству кинематических переменных в эксперименте и в расчетах существенно отличаются друг от друга. Это указывает на то, что экспериментальные данные несут новую информацию о физике процесса по сравнению с той, которая заложена в программы Монте-Карло.

Глава 6. Измеряемые величины

В этой главе обсуждается метод извлечения физических результатов из экспериментальных данных в условиях неидеального прибора. Для реакции $e^+ + N \to e^{+\prime} + K_s^0 + X$ проведена проверка алгоритмов извлечения сечения из экспериментальных данных. Для этого было использовано два набора событий, полученных симуляцией методом Монте-Карло, с одинаковыми приборными функциями, но различными параметризациями сечений реакции. Первый набор играл роль экспериментальных данных, а второй использовался для нахождения приборной функции. Было показано, что только при применении четырехмерной процедуры восстановления сечения получается правильный результат.

Для экспериментальных данных было получено разбиение всей кинематической области на интервалы, при котором результат перестает зависеть от параметризации сечения, заложенного в программу Монте-Карло. Для нахождения сечения реакции были использованы два метода (G.D'Agostini, *Nucl. Instr. Meth.* **A362** (1995) 487-498 и V. Blobel, CERN-85-09, Geneva 1985, 88-127), основанных на совершенно разных алгоритмах, которые дали очень хорошо согласующиеся между собой результаты.

Здесь также обсуждаются систематические ошибки, связанные с процедурой восстановления сечения. Было показано, что основная систематическая ошибка связана с пренебрежением зависимостями сечения полуинклюзивной реакции и приборной функции от угла между плоскостью рассеяния позитрона и плоскостью рождения адрона.

Глава 7. Относительные выходы K_s^0-мезонов и функции фрагментации

В этой главе относительные выходы K_s^0-мезонов, измеренные с помощью установки HERMES, сравниваются с результатами, полученными в других экспериментах. На рис. 2 показаны экспериментальные данные для относительных выходов K_s^0-мезонов. Хорошо видно, что результаты, полученные в данной работе, имеют меньшие статистические и систематические ошибки по сравнению с другими экспериментами.

Все эксперименты проводились при разных энергиях и типах лептонных пучков. Для того, чтобы иметь возможность сравнивать все экспериментальные точки с помощью программ Монте-Карло, были проведены расчеты, в которых учитывалась Q^2-эволюция и зависимость от начальной энергии лептонного пучка. Было показано, что данные HERMES согласуются с результатами, полученными EMC коллаборацией (M.Arneodo et al.,*Phys. Lett* **B145** (1984) 156-162.) и, по-видимому, противоречат данным FNAL-398 (R.G.Hicks et al.,*Phys. Rev. Lett.* **45** (1980) 765-768) и Корнельского университета (I.Cohen et al.,*Phys. Rev. Lett.* **40** (1978) 1614-1617), которые не согласуются между собой.

Для сравнения экспериментальных данных с теоретическими предсказаниями с помощью программы POLRAD2 (I.Akushevich et al.,*Comp.Phys.Comm.* **104** (1997) 201-244) были рассчитаны радиационные поправки к измеренным сечениям. На рис. 3 показаны экспериментальные данные

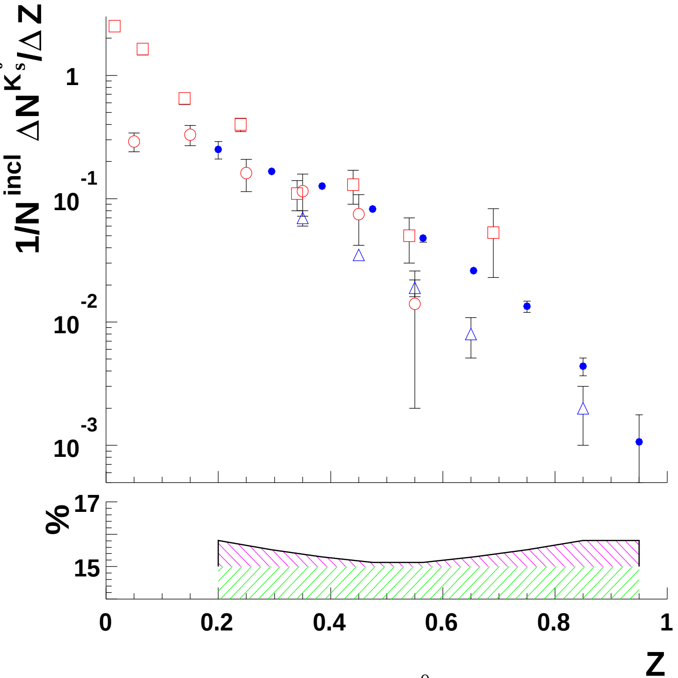

Рисунок 2: *Относительные выходы K_S^0-мезонов на протоне как функция z. Экспериментальные данные:*

● - *HERMES (данная работа),*

○ - *FNAL-398 (R.G.Hicks et al.,Phys. Rev. Lett.* **45** *(1980) 765-768),*
квадраты - EMC (M.Arneodo et al.,Phys. Lett **B145** *(1984) 156-162.),*

△ - *Корнельский университет (I.Cohen et al.,Phys. Rev. Lett.* **40** *(1978) 1614-1617).*

Заштрихованная область в нижней части рисунка представляет относительную систематическую ошибку данных HERMES.

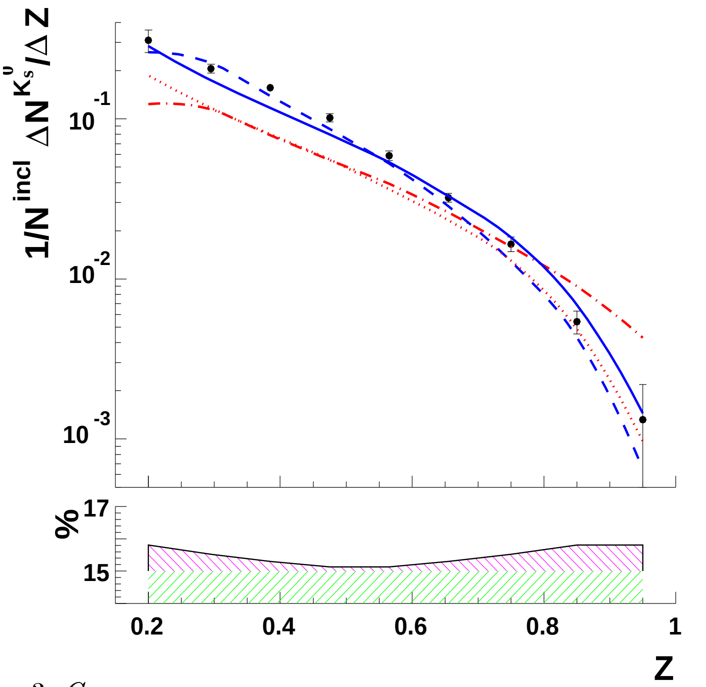

Рисунок 3: *Сравнение экспериментальных относительных выходов K_S^0-мезонов на протоне с расчетами. Экспериментальные данные:* • *- HERMES ($Q^2 > 1$(ГэВ/с)^2). Сплошная и точечная гистограммы - MC расчеты с параметрами, заложенными в программу по умолчанию и с параметрами, полученными в работе I.Cohen et al., Phys. Rev. Lett.* **40** *(1978) 1614-1617, соответственно. Пунктирная и штрих-пунктирная гистограммы представляют расчеты с использованием фрагментационных функций, взятых из работ J.Binnewies et al., Z. Phys.* **C65** *(1995) 471-480 и А.Б.Кайдалова и О.И.Пискуновой, ЯФ* **41** *(1985) 816-822, соответственно. Для последних двух расчетов использовались партонные распределения, предложенные M.Glück et al.,Z. Phys.* **C67** *(1995) 433-448. Заштрихованная область в нижней части рисунка представляет относительную систематическую ошибку данных HERMES.*

HERMES в сравнении с предсказаниями различных моделей. Как видно, наилучшее согласие достигается для расчетов, выполненных с помощью фрагментационных функций, предложенных Биневизом, Книлем и Крамером (J.Binnewies et al.,*Z. Phys.* **C65** (1995) 471-480) и партонных распределений, найденных Глюком, Рейем и Фогтом (M.Glück et al.,*Z. Phys.* **C67** (1995) 433-448).

Для нахождения функций фрагментации в работе используются данные, полученные на водородной и дейтериевой мишенях. Составляя линейную комбинацию из относительных выходов K_s^0-мезонов, можно написать выражения для фрагментационных функций u- и d-кварков:

$$
\begin{aligned}
D_d^{K_s^0}(Q^2,z) &\approx \frac{1}{2}\{5R_2(Q^2,z) - 3R_1(Q^2,z)\},\\
D_u^{K_s^0}(Q^2,z) &\approx \frac{1}{8}\{5R_2(Q^2,z) + 3R_1(Q^2,z)\}. \qquad (1)
\end{aligned}
$$

Здесь

$$
\begin{aligned}
R_1(Q^2,x,z) &= \frac{2\sigma_P^{K_s^0} - \sigma_D^{K_s^0}}{2\sigma_P^{incl} - \sigma_D^{incl}},\\
R_2(Q^2,x,z) &= \frac{\sigma_D^{K_s^0}}{\sigma_D^{incl}}, \qquad (2)
\end{aligned}
$$

где $\sigma_P^{K_s^0}$, $\sigma_D^{K_s^0}$ - сечения рождения K_s^0 в полуинклюзивном глубоко неупругом рассеянии на водородной и дейтериевой мишенях, σ_P^{incl}, σ_D^{incl} - инклюзивные сечения рассеяния лептона на водородной и дейтериевой мишенях.

На экспериментальных данных было показано, что выполняется условие факторизации сечения полуинклюзивной реакции:

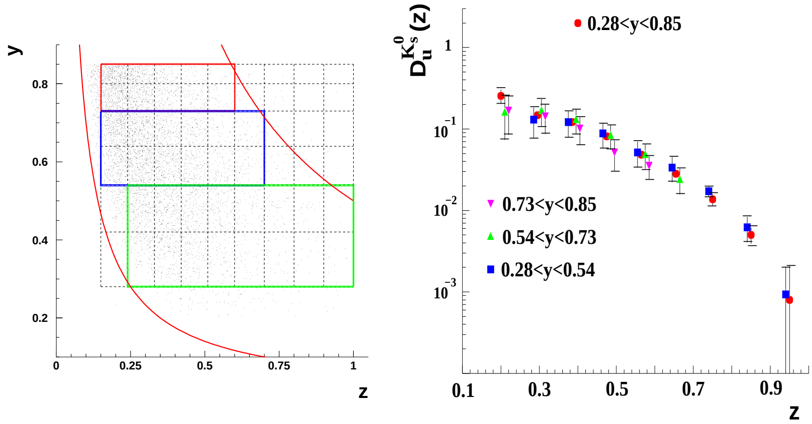

Рисунок 4: *Интервалы интегрирования по переменным y и z, для которых проверялось условие факторизуемости сечения (левая часть) и зависимость функции фрагментации от z, полученная в трех диапазонах по переменной y (правая часть).*

$$\sigma \sim \sum_q q(x) D_q^h(z). \tag{3}$$

Для этого весь интервал по доле энергии позитрона (y), уносимой виртуальным фотоном, разбивался на три подынтервала, как это показано на рис. 4 (левая часть).

Если выполняется условие (3), то извлеченная нами фрагментационная функция должна зависеть только от переменной z и не должна зависеть от использованного интервала по переменной y. На рис. 4 (правая часть) показаны зависимости функции фрагментации от переменной z, полученные в трех разных диапазонах по переменной y. Как легко видеть, все три набора точек согласуются между собой в пределах статистических неопределенностей. Отсюда можно сделать вывод, что в пределах точности наших измерений мы можем использовать условие (3).

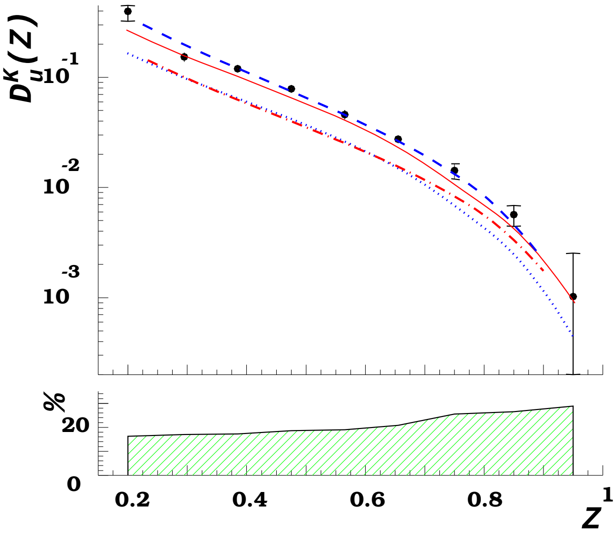

Рисунок 5: *Зависимость фрагментационной функции* $D_u^{K_s^0}$ *от z. Сплошная и точечная линии - MC расчеты в рамках LUND-модели с параметрами, используемыми в программе по умолчанию, и параметрами, найденными в работе I.Cohen et al., Phys. Rev. Lett.* **40** *(1978) 1614-1617, соответственно. Пунктирная и штрих-пунктирная кривые показывают фрагментационные функции, взятые из работ J.Binnewies et al.,Z. Phys.* **C65** *(1995) 471-480 и А.Б.Кайдаловва и О.И.Пискуновой, ЯФ* **41** *(1985) 816-822, соответственно. Заштрихованная область в нижней части рисунка - уровень относительных систематических ошибок данных HERMES.*

Окончательные результаты для фрагментационной функции в сравнении с теоретическими расчетами представлены на рис. 5. Все систематические ошибки были просуммированы в квадратурах и представлены в нижней части рис. 5 в виде заштрихованной области.

Полученный нами результат находится в хорошем согласии ($\chi^2/N_{d.f.} = 1,1$) с расчетами, выполненными при использовании параметризации Биневиза, Книля и Крамера

(J.Binnewies et al., *Z. Phys.* **C65** (1995) 471-480). Эта параметризация получена на основе анализа данных по рождению K^+ и K^- в e^+e^--аннигиляции, что указывает на выполнение изотопической инвариантности в процессах фрагментации и независимости фрагментации от начальной реакции.

Глава 8. Зависимость среднего поперечного импульса адронов от других кинематических переменных

Полуинклюзивное рождение адронов в глубоко неупругом рассеянии дает уникальную возможность изучать вклады различных факторов в поперечный импульс адронов. В терминах кварк-партонной модели и КХД процесс формирования поперечного импульса адронов может зависеть от следующих эффектов:

- Распределение по поперечному импульсу кварков в начальном нуклоне.
- Многократное излучение выбитым кварком мягких глюонов.
- Жесткие процессы первого порядка по α_s.
- Процесс адронизации партона в адроны (фрагментация и сильные распады резонансов).

Практически во всех экспериментах наблюдаются большие значения среднего поперечного импульса адронов $< P_\perp >$ в области больших z, чем предсказывают модели. Для описания этих данных можно использовать два различных подхода: вводить большой поперечный импульс кварков в нуклоне ($< q_\perp >= 0,8$ ГэВ) или включать в расчеты излучение мягких глюонов при сравнительно небольшом начальном поперечном импульсе кварков ($< q_\perp >= 0,4$ ГэВ). К сожалению, выбор в пользу той или иной схемы по итогам этих экспериментов сделать не удается.

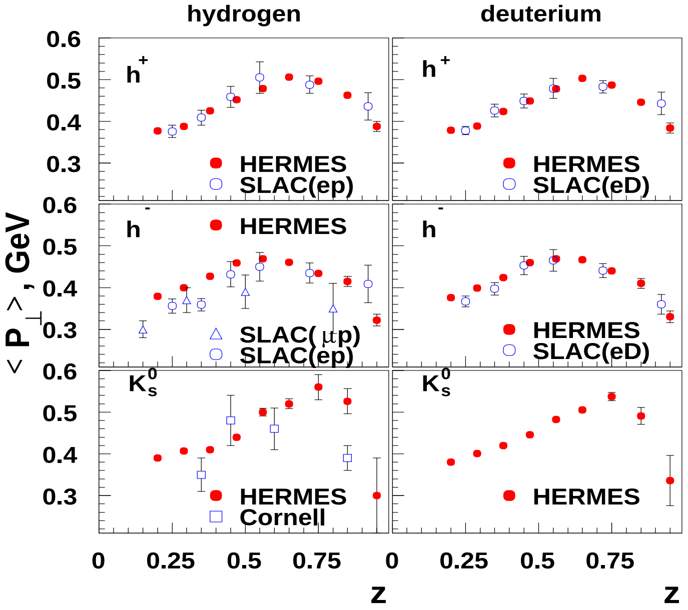

Рисунок 6: *Сравнение экспериментальных данных для заряженных адронов и K_s^0-мезонов на водородной (левая часть) и дейтериевой (правая часть) мишенях. Экспериментальные данные: HERMES (данная работа), FNAL (M. Derrick et al., Phys. Rev.* **D17** *(1978) 1-14), SLAC (ep и eD) (J. F. Martin et al., Phys. Rev.* **D20** *(1979) 5-20), SLAC (μp) (C. Del Papa et al., Phys. Rev.* **D15** *(1977) 2425-2234), Корнельский университет (I. Cohen et al.,Phys. Rev. Lett.* **40** *(1978) 1614-1617).*

В работах, выполненных в EMC (M. Arneodo et al.,*Phys. Lett.* **149B** (1984) 415-420) и SLAC (J. F. Martin et al., *Phys. Rev.* **D20** (1979) 5-20), также есть указание на то, что $< P_\perp^2 >$ и $< P_\perp >$ в области больших положительных значений фейнмановской переменной (x_F) зависят от электрического заряда частиц, но из-за больших статистических ошибок никаких конкретных утверждений авторы не делали.

Рисунок 6 представляет мировые данные на водородной и дейтериевой мишенях для разных типов частиц в сравнении с результатом, полученным в данной работе. Видно согласие между всеми экспериментальными точками на всех шести частях рисунка. При этом результат, полученный в данной работе, имеет ошибки в 5-10 раз меньшие, чем в других экспериментах. Все эксперименты проводились в почти одинаковых кинематических условиях, но с разными типами лептонных пучков.

На рис. 7 показана зависимость $< P_\perp >$ от z, полученная на установке HERMES для трех типов частиц.

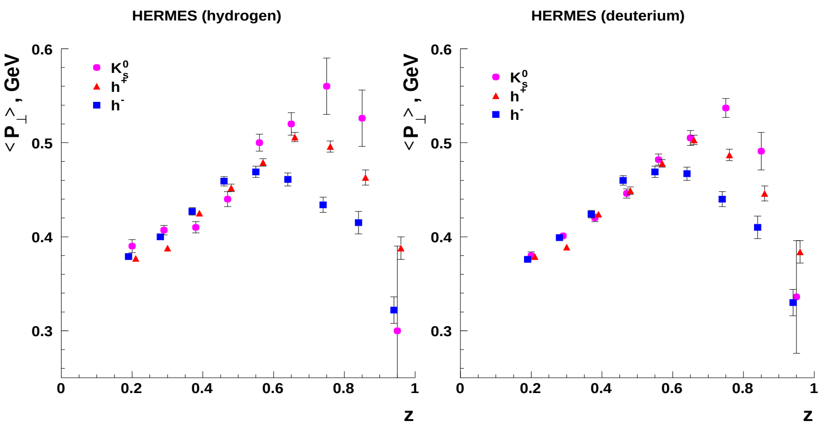

Рисунок 7: $< P_\perp >$ *как функция* z *для* K_s^0*-мезонов, положительно и отрицательно заряженных адронов на водородной (левый рисунок) и дейтериевой (правый рисунок) мишенях.* $\bullet$ - K_s^0*-мезоны,* $\triangle$ *- положительно заряженные адроны, квадраты - отрицательно заряженные адроны*

Хорошо видно, что в области $z < 0,6$ эта зависимость практически универсальна для всех рассматриваемых частиц. Так как основная часть статистики находится именно в этом интервале z, то отсюда становится понятно, почему наклон кривой зависимости сечения от $P_\perp^2$ одинаков для всех типов мезонов. При $z > 0,6$, как мы видим из рисунка, поведение $< P_\perp >$ начинает зависеть от типа частицы.

Доля пионов в адронных событиях составляет 80-90% при $z > 0,6$. В работе было показано, что среднее значение поперечного импульса для π^+ находится в согласии (в пределах статистических ошибок) со значениями $< P_\perp >$ для положительно заряженных адронов (h^+). Это же выполняется для π^- и адронов с отрицательным электрическим зарядом (h^-). Отсюда следует, что вкладом барионов, для которых ожидаемое значение среднего поперечного импульса должно быть больше, чем для мезонов, мы можем пренебречь и в дальнейшем считать при $z > 0,6$ все адроны пионами.

Было также показано, что экспериментальные данные, полученные для разных ограничений на инвариантную массу адронного остатка без лидирующего адрона, согласуются между собой в пределах одного стандартного отклонения, что говорит о том, что зависимость значений $< P_\perp >$ от типа частиц невозможно объяснить различиями, связанными с эксклюзивными процессами.

Так как сильные взаимодействия не чувствительны к электрическому заряду частиц, то вклад жестких процессов и многократного излучения выбитым кварком мягких глюонов не может приводить к разнице в $P_\perp$-распределениях для положительно и отрицательно заряженных адронов. Процессы фрагментации кварков в адроны из-за u-доминантности должны приводить к противоположному эффекту по сравнению с тем, который мы видим в экспериментальных данных для заряженных адронов при $z > 0,6$.

Вклад процессов фрагментации в поперечный импульс адрона падает с ростом z в то время, как вклад начального поперечного импульса кварков растет с z. Разница в значениях среднего поперечного импульса адронов может быть объяснена, если принять гипотезу, что значение среднего поперечного импульса кварков в нуклоне зависит от сорта кварка. Анализ МС событий показывает, что при $z > 0,6$, 84% π^+-мезонов рождаются в событиях с рассеянием лептона на u-кварках, в то время как d-кварки дают только 4,6% событий. Для π^- при $z > 0,6$ вклад различных кварковых ароматов выглядит так: $u \simeq 30\%$, $d \simeq 29\%$. Для K_s^0 становится уже существенным вклад странных кварков: $u \simeq 42\%$, $d \simeq 15\%$, $s + \bar{s} \simeq 18\%$. Если поперечный импульс кварков в нуклоне заметно зависит от их аромата, тогда это может приводить к сильному различию в поперечных импульсах различных адронов при больших z.

В рамках этой гипотезы следует ожидать зависимости $< P_\perp >$ от изоспина мишени. Для объяснения разницы в средних поперечных импульсах π^+ и π^- надо предположить, что средний поперечный импульс u-кварка в протоне должен быть больше, чем у d-кварка. Если выполняется изоспиновая инвариантность, то d-кварки в нейтроне должны быть распределены по поперечному импульсу так же, как u-кварки в протоне. Рассмотрим реакцию рождения π^+ на нейтроне. В случае, когда лептон рассеивается на u-кварке, поперечный импульс π^+-мезона должен быть меньше, чем у π^+, рожденного при фрагментации u-кварка из протона. Так как π^+-мезоны в основном рождаются в результате рассеяния на u-кварках (как в случае взаимодействия лептона с протоном, так и в случае взаимодействия с нейтроном) то мы должны ожидать, что в области больших z поперечный импульс π^+ в реакции рассеяния на протонах должен быть больше, по сравнению с поперечным импульсом π^+, рожденных в реакции рассеяния лептонов на нейтроне. Для π^--мезонов ситуация несколько иная, так как π^- рождаются из u- и d-кварков примерно с одинаковой вероятностью. Поэтому изоспиновые эффекты в случае π^--мезонов не могут приводить к большой разнице между данными по $P_\perp$ на протоне и нейтроне.

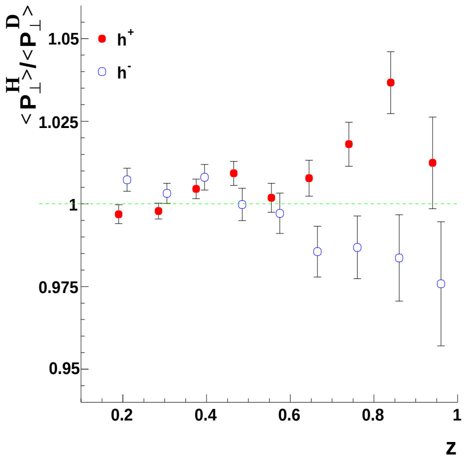

Рисунок 8: *Отношения $< P_\perp >$ для водородной и дейтериевой мишеней как функции z для адронов с положительным и отрицательным электрическими зарядами.*

На рис. 8 мы видим, что при $z > 0,7$ (в области, где должно проявляться влияние начального поперечного импульса кварков) экспериментальные точки ведут себя согласно нашим предположениям. К сожалению, большие статистические ошибки не позволяют нам утверждать что-либо наверняка. Аналогичная зависимость для K_s^0-мезонов не рассматривалась, так как в этом случае статистические ошибки в пять раз выше.

Было показано, что зависимость $< P_\perp >$ от x для положительно и отрицательно заряженных адронов практически одинаковая, но для K_s^0-мезонов мы видим заметные отличия в области $x \sim 0,2 - 0,3$.

Видно, что при $z > 0,6$ (область влияния начального поперечного импульса кварков) зависимость $< P_\perp >$ от x для заряженных адронов становится практически константой, которая зависит только от сорта частиц. Падение $< P_\perp >$ с ростом x для K_s^0-мезонов может быть объяснено тем, что влияние морских кварков падает с ростом x. Если предположить, что поперечный импульс странных кварков больше поперечного импульса валентных кварков, то с ростом x значение $< P_\perp >$ для K_s^0-мезонов должно приближаться к значению $< P_\perp >$ для заряженных адронов. К сожалению, окончательные выводы невозможно сделать из-за недостаточной статистической обеспеченности результатов.

Отсутствие зависимости $< P_\perp >$ от x при $z > 0,6$ не противоречит гипотезе о факторизации сечения по продольной и поперечной составляющим импульса кварков в нуклоне.

В статье J. J. Aubert et al., *Phys. Lett.* **95B** (1980) 306-310 было показано, что среднее значение квадрата поперечного импульса заряженных частиц растет с ростом W^2. Анализ экспериментальных данных HERMES подтверждает эту тенденцию.

Выводы

• Для восстановления сечения полуинклюзивной реакции рождения K_s^0-мезонов в глубоко неупругом рассеянии позитронов на нуклонах из экспериментальных данных, полученных с помощью спектрометра HERMES, необходимо использовать процедуру многомерного анализа. Два метода восстановления сечения процесса, основанные на теореме Байеса и методе максимального правдоподобия с регуляризацией, дают согласованные результаты.

• Относительные выходы K_s^0-мезонов в глубоко неупругом рассеянии позитронов на водородной и дейтериевой мишенях были извлечены из данных эксперимента HERMES с помощью двух независимых методов со статистической ошибкой $\sim 5 - 10\%$ и систематической ошибкой $\simeq 15\%$. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с данными эксперимента EMC и, по-видимому, противоречат данным, полученным группой Корнелльского университета и в эксперименте FNAL-398.

• Используя данные, полученные в эксперименте HERMES, проверено условие факторизации сечения полуинклюзивной реакции $e^{+} + N \rightarrow e^{+\prime} + K_s^0 + X$. Из сравнения результатов экспериментов с использованием водородной и дейтериевой мишеней была рассчитана функция фрагментации $D_u^{K_s^0}$ со статистической ошибкой $\simeq 7 - 20\%$. Найденная функция фрагментации u-кварка в K_s^0-мезон $D_u^{K_s^0}$ согласуется с функцией фрагментации, заложенной в программу Монте Карло, и функцией фрагментации, извлеченной Д. Биневизом, Б. А. Книлем и Г. Крамером из анализа рождения заряженных каонов в $e^{+}e^{-}$-аннигиляции. Функции фрагментации с параметрами, найденными Кайдаловым и Пискуновой, а также группой Корнельского университета, не согласуются с результатом, полученным в данной работе.

• Измерены зависимости среднего поперечного импульса $< P_{\perp} >$ от переменных z, x_B, W^2 для заряженных адронов, пионов и K_s^0-мезонов в экспериментах с водородной и дейтериевой мишенями с относительной статистической ошибкой на уровне $\simeq$1% и относительной систематической неопределенностью на уровне $\simeq$1-3%. Зависимость величины $< P_{\perp} >$ от z в области $0,2 < z < 0,6$ носит универсальный характер для $h^{\pm}$ и K_s^0-мезонов. При $z > 0,6$ величина $< P_{\perp} >$ зависит от сорта адрона ($h^{\pm}$, $\pi^{\pm}$, K_s^0). Эта зависимость может быть объяснена в предположении, что поперечный импульс кварков в нуклоне зависит от сорта кварка. Поведение измеренного отношения величин $< P_{\perp} >$, полученных в экспериментах с водородной и дейтериевой мишенями, как функции z для h^+ не противоречит предположению о зависимости поперечных импульсов кварков от их сорта. Отсутствие зависимости $< P_\perp >$ от переменной x_B при $z > 0,6$ не противоречит гипотезе о факторизации партонных распределений по продольной и поперечной составляющим импульсов кварков в нуклоне.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

- “The HERMES Spectrometer” K. Ackerstaff, A. Airapetian, N. Akopov, M. Amarian, V. Andreev, E. C. Ashenauer, ..., A. Jgoun et al., ”The HERMES Spectrometer”, *Nucl. Instr. Meth.* **A417** (1998) 230-265.
- ”Relative Yields of K_s^0 in Semi-inclusive Deep Inelastic Positron Scattering on H^1, H^2 Nuclei”, A.A. Jgoun, S.I. Manaenkov, Preprint PNPI-2387, Gatchina, 2000. 39 c.
- “Зависимость среднего поперечного импульса лидирующих адронов от кинематических переменных полуинклюзивной реакции рождения адронов в глубоко неупругом рассеянии позитронов на нуклонах”, А.А. Жгун, С.И. Манаенков, Препринт ПИЯФ-2448, Гатчина, 2001. 28 с.
- ”z- and x-dependence of average transverse momentum of hadrons”, A.A. Jgoun, Proceeding of the XXXVIth Recontres de Moriond, ”QCD and High Energy Hadronic Interactions” (March 2001) 4 c, hep-ex/0107003.