

Н.Н. Власов, Л.К. Гладилин,
Р.К. Дементьев

**Изучение дифракционного рождения
 $D^{*\pm}$ мезонов в реакциях
глубоконеупругого рассеяния
на коллайдере HERA.**

**Часть II. Селекция и анализ
дифракционных взаимодействий.**

Препринт НИИЯФ МГУ - 2002 - 26/710

Н.Н. Власов, Л.К. Гладилин,
Р.К. Дементьев

**Изучение дифракционного рождения
 $D^{*\pm}$ мезонов в реакциях
глубоко неупругого рассеяния
на коллайдере HERA.**

**Часть II. Селекция и анализ
дифракционных взаимодействий.**

Препринт НИИЯФ МГУ - 2002 - 26/710

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Д.В. СКОБЕЛЬЦЫНА

Н.Н. Власов, Л.К. Гладилин,
Р.К. Дементьев

**Изучение дифракционного рождения
 $D^{*\pm}$ мезонов в реакциях
глубоконеупругого рассеяния
на коллайдере HERA.**

**Часть II. Селекция и анализ
дифракционных взаимодействий.**

Препринт НИИЯФ МГУ - 2002 - 26/710

1 Введение.

Согласно Режде феноменологии, померонная траектория имеет самое высокое пересечение, что приводит к специфической конфигурации дифракционного состояния в пространстве быстрот. Так в случае дифракционной диссоциации виртуального фотона в ep взаимодействиях дифракционный кластер отделен от упруго рассеянного протона значительно большим бысротным интервалом, чем интервалы быстрот между адронами внутри дифракционного кластера. Поэтому главной сигнатурой изучаемых в данной работе дифракционных событий является наличие большого бысротного зазора между рассеянным протоном и адронной системой, образованной диссоциирующим фотоном.

Сепарация дифракционных состояний проводилась на основе выборки реконструированных событий ep взаимодействий, содержащих D^* мезоны. Процедура отбора и реконструкции таких событий приведены в работе [1]. Используемые далее обозначения и сокращения также определены в работе [1].

2 Отбор дифракционных событий.

Наличие наибольшего бысротного зазора в событиях устанавливалось методом максимальной бысроты, который в дальнейшем будем называть методом η_{MAX} . Переменная η_{MAX} определяется как псевдобысрота самого переднего EFO, т.е. ближайшего к протону (рассматривались только EFO с энергией больше 400 MeV). На рисунке 1 представлено распределение по переменной η_{MAX} , реконструированное по измерениям в CAL и FPS для событий содержащих $D^{*\pm}$ кандидаты. Большой пик при $\eta_{MAX} \sim 5$ принадлежит недифракционным событиям, в которых продукты фрагментации протона оставляют энергию в калориметре в передней области вокруг пучковой трубы. В левой части пика вклад от недифракци-

онных взаимодействий экспоненциально падает, выходя на плато при малых значениях η_{MAX} . Малые значения η_{MAX} соответствуют наличию в событиях больших быстройных зазоров характерных для дифракционных взаимодействий. Величина η_{MAX} , при которой вклад от недифракционных взаимодействий становится пренебрежимо малым, может служить критерием отбора дифракционных событий в данном анализе. Для определения такого критерия использовалась информация об энерговыделении в FPC, которая позволяет улучшить процедуру селекции дифракционных событий. На верхнем рисунке 2 показан энергетический спектр измеренный с помощью FPC для данных, набранных в разные промежутки времени с позитронным и электронным пучками. Распределения нормированны на единицу, и хорошо ложатся друг на друга, что свидетельствует о стабильной работе FPC на протяжении всего времени набора данных. Нормированная на данные гистограмма, полученная моделированием фотонной дифракции, описывает пик в нуле, соответствующий дифракционным событиям, для которых характерно отсутствие активности в передней области детектора, где установлен FPC. Для недифракционных событий характерны отличные от нуля энергетические депозиты в FPC, также хорошо описываемые недифракционным MC генератором RAPGAP, что иллюстрируют гистограммы на нижнем рисунке 2. Из этого следует, что для разделения дифракционных и недифракционных событий можно использовать энергетический спектр FPC.

На нижнем рисунке 2 показаны формы распределений больших значений энергий в FPC для данных и недифракционного MC генератора RAPGAP с различными моделями фрагментации ARIADNE и MEPS. Из рисунка видно, что RAPGAP с ARIADNE лучше описывает спектор больших энергий, поэтому полученная с помощью этой комбинации MC генераторов база данных была выбрана в качестве номи-

нальной и использовалась для выработки критерия отделения дифракционных событий.

На рисунке 3 показано распределение по η_{\max} для событий с D^* после отбора по условию $E_{FPC} < 1.5$ ГэВ. Из рисунка видно, что данное условие позволяет надежно отбирать события, имеющие большой быстротный зазор, в области где находится дифракция. Согласно RAPGAP с ARIADNE для отобранных с помощью ограничения $E_{FPC} < 1.5$ ГэВ дифракционных событий, полностью отсутствует фон от недифракционных событий.

Далее была сделана оценка данного фона с использованием других недифракционных моделей, которая показала, что для отбора $E_{FPC} < 1.5$ ГэВ фон от недифракционных событий составляет 3 % и 19 % для RAPGAP с MEPS и HERWIG соответственно. Этот результат потребовал наложить дополнительное условие на величину η_{\max} .

На рисунке 4 представлены распределения по η_{\max} , где эта переменная была реконструированна для событий с D^* с использованием информации FPC. На верхнем рисунке заштрихованная гистограмма соответствует распределению, полученному с помощью недифракционного генератора RAPGAP с MEPS; на нижнем рисунке - с помощью генератора HERWIG. Условие $\eta_{\max} < 3$ сокращает недифракционный фон, согласно генератору HERWIG с 19 % до 8.5 %. В результате, в качестве критерия отбора дифракционных событий выбраны следующие условия:

$$\eta_{\max} < 3$$
$$E_{FPC} < 1.5 \text{ ГэВ}$$

Оценка недифракционной примеси с помощью MC генератора HERWIG была включена в список оценок систематических ошибок для измеренных значений дифракционных сечений.

2.1 Оценка примеси от процессов дифракционной диссоциации протона.

Метод η_{MAX} анализирует быстротный зазор в передней части калориметра. В этой же области, наряду с фотонной дифракцией, процессы дифракционной диссоциации протона также могут иметь аналогичный зазор по быстроте, если диссоциирующая система имеет достаточно малую массу и, соответственно, занимать малый быстротный интервал. Такая система может пролететь в трубу пучка не будучи зарегистрированной. Это означает, что при использовании обсуждаемого метода вклад от событий протонной диссоциации также должен быть учтен.

Примесь от протонной диссоциации, к событиям дифракции фотона, была оценена с помощью анализа распределения энергии в передней части детектора при условии $\eta_{MAX} < 1.75$. При этом значения η_{MAX} рассчитывались из данных калориметра без учета информации от FPC. На рисунке 5 показаны предсказания Монте Карло расчетов (генератор EPSOFT 2.0) для энергии зарегистрированной в FPC E_{FPC} , как для дифракции фотона, так и для протонной диссоциации. Эти распределения были нормированы на данные, а коэффициент нормировки был использован для оценки примеси от протонной диссоциации. Вклад протонной диссоциации оказался равен $17.4^{+2.1}_{-3.5}$ %. В дальнейшем при анализе дифракции фотона полученное значение 17.4 % будет учтено во всех измерениях дифракционных сечений.

2.2 Систематические ошибки измерения вклада протонной диссоциации.

Оценка систематических ошибок в определении примеси протонной диссоциации проводилась на основе следующих источников:

- Использование переменной η_{\max} , рассчитанной по калориметру, без учета информации из первого кольца (*1stRING*) башен FCAL (окружающего FPC) при условии: $E_{FPC} > E_{1stRING}$ $E_{1stRING} < 1$ ГэВ. Данное условие учитывает перетекания энергии из FPC в FCAL и сокращает неопределенность, вносимую примесью от недифракционных событий, для которых характерно $E_{FPC} < E_{1stRING}$. Данная проверка дает -2.2 %.
- Выполнение перевзвешивания для наклона $b \sim 1.1$ распределения $dN/dM_N^2 \sim constant/(M_N^2)^b$, генерируемого MC EPSOFT, на ± 0.5 . Данная проверка дает $+2.1$ % и -1.1 %.
- Использование других MC генераторов протонной диссоциации RHOJET и RAPGAP, которые дают, соответственно, -0.8 % и -2.5 % сечения.

2.3 Критерии отбора и кинематическая область дифракционных процессов.

Метод η_{MAX} накладывает ограничения на измеряемые значения x_P . С увеличением быстрого зазора в событии доступное фазовое пространство для конечной адронной системы уменьшается, определяя, тем самым, обратную зависимость между величинами быстрого зазора и инвариантной массы M_X (а, соответственно, и x_P). Требование $\eta_{MAX} < 3$ эквивалентно зазору не менее трех единиц по псевдобыстроте, что равносильно условию $x_P < 0.05$. В данном анализе сечения измерялись при условии $x_P < 0.035$ во избежании измерений в области малого акцептанса.

И последнее ограничение, которое накладывалось на кинематическую область в данном анализе - это ограничение на значение переменной $\beta < 0.8$. Было установлено, что при

$\beta > 0.8$ акцептанс исчезающе мал и в этой области не наблюдается рождение $D^{*\pm}$ мезона.

После введения всех ограничений, дифракционный отбор можно подытожить следующими набором условий:

$$\begin{aligned} \eta_{\max} < 3, \quad E_{FPC} < 1.5 \text{ ГэВ}, \\ x_F < 0.035, \quad \beta < 0.8, \end{aligned}$$

Полная кинематическая область для последующего анализа процессов дифракционного рождения D^* мезонов имеет следующие границы:

$$\begin{aligned} 0.02 < y < 0.7 \\ 1.5 < Q^2 < 200 \text{ ГэВ}^2, \\ |\eta(D^*)| < 1.5, \quad 1.5 < p_T(D^*) < 10 \text{ ГэВ}, \\ \eta_{\max} < 3, \quad E_{FPC} < 1.5 \text{ ГэВ}, \\ x_F < 0.035, \quad \beta < 0.8. \end{aligned}$$

3 Результаты реконструкции дифракционных взаимодействий.

Распределения по ΔM и $M(D^0)$, наблюдаемые после наложения всех описанных выше ограничений, показаны на рисунках 6 и 7. В обоих распределениях хорошо виден четкий сигнал образования D^* мезона. После вычитания комбинаторного фона, нормированного для распределения ΔM в области $0.150 < \Delta M < 0.170$ ГэВ на правильные зарядовые комбинации, получено следующее значение числа дифракционно образованных D^* мезонов:

$$N(D^*) = 261 \pm 22.$$

Выделенные сигналы используются далее для расчета полного и дифференциальных сечений дифракционно образованных D^* мезонов. Для того, чтобы рассчитать сечения на основе полученного числа D^* мезонов, необходимо провести коррекции на аксептанс и разрешение детектора, а также на эффективность системы триггера и эффективность реконструкции и отбора событий. Все это было сделано с помощью базы данных Монте Карло, а аксептанс был рассчитан в кинематической области, определенной в предыдущем разделе. Прежде чем использовать данные Монте Карло, должна быть сделана проверка на то, как эти данные описывают различные переменные реконструированные из экспериментальных данных.

3.1 Сравнение данных с предсказаниями моделирования.

Для сравнения экспериментальных и МС данных были выбраны только те кандидаты в D^* , которые удовлетворяют обоим массовым окнам, и всем условиям отбора событий: ГНР, событий с D^* и дифракционных событий. Кроме того, в данных вычитался нормированный комбинаторный фон, рассчитанный с помощью неправильных знаковых комбинаций. Для выполнения сравнения, данные Монте Карло должны быть нормированы на экспериментальные данные. Так как RAPGAP и RIDI неправильно предсказывают абсолютные значения сечений и нормировка, с использованием эффективной светимости генераторов невозможна, данные этих МС генераторов были нормированы на площадь распределений в экспериментальных данных с использованием числа событий, содержащих D^* - мезоны.

При сравнении было установлено, что компоненты RIDI МС, моделирующие образование cc и $c\bar{c}g$ конечные состояния, по отдельности не описывают форму распределений в

экспериментальных данных. Поэтому, было произведено перевзвешивание RИDИ MC компонент таким образом, чтобы форма распределений в экспериментальных данных совпадала с моделируемой. При этом, была определена пропорция для смешивания компонент RИDИ, которая равна 15.9 % и 84.1 % для $c\bar{c}$ и $c\bar{c}g$ соответственно. На рисунке 8 показано распределение β из экспериментальных данных, которое сравнивается с предсказаниями генератора RИDИ, отдельно для компонент $c\bar{c}$, $c\bar{c}g$ и после перевзвешивания.

Из рисунка 9 видно хорошее согласие форм распределений $p_T(D^*)$, $\eta(D^*)$, $\log_{10}(M_X^2)$, $x(D^*)$, β , x_F , $\log_{10}(Q^2)$ и W для данных и двух Монте Карло генераторов RAPGAP и перевзвешенного RИDИ. Этот факт указывает на то, что обе базы данных MC могут быть использованы для расчета акселтанса. Далее, номинальное значение дифракционных сечений было рассчитано с использованием MC RAPGAP “N1 fit2”, а для систематической проверки использовалась база данных генератора RИDИ.

3.2 Расчет сечений.

Для расчета дифференциальных сечений, события в данных для различных переменных должны быть разделены по бинам. Это было сделано для следующих переменных: $p_T(D^*)$, $\eta(D^*)$, $\log_{10}(M_X^2)$, $x(D^*)$, β , x_F , $\log_{10}(Q^2)$ и W . Ввиду ограниченной статистики, доступной для данного анализа, было возможно использование не более чем пяти бинов для каждой переменной. Значения краев бинов для каждого распределения выбирались таким образом, чтобы в каждом бине было не менее 10 событий с D^* мезонами. Было установлено, что данному требованию удовлетворяет следующее разбиение по бинам:

- $p_T(D^*)$: 1.5 2.4 3.3 4.2 5.4 10.
- $\eta(D^*)$: -1.5 -0.9 -0.3 0.3 0.9 1.5

- $\log_{10}(M_X^2)$: 1. 1.44 1.88 2.32 2.76 3.2
- $x(D^*)$: 0. 0.16 0.32 0.48 0.64 1.
- β : 0. 0.10 0.20 0.30 0.45 0.8
- $x_{\mathbb{P}}$: 0. 0.004 0.008 0.012 0.020 0.035
- $\log_{10}(Q^2)$: 0.17 0.6 1. 1.3 1.55 2.3
- W : 50. 92. 134. 176. 218. 260.

После выполнения всех описанных ранее процедур отбора событий, был рассчитан акцептанс с помощью дифракционного МС генератора RAPGAP. Акцептанс был определен следующим образом:

$$A = \frac{N(D^*) \text{ reconstructed in bin}}{N(D^*) \text{ generated in bin}},$$

где ' $N(D^*)$ reconstructed in bin' - число реконструированных D^* мезонов в бине, а ' $N(D^*)$ generated in bin' - число D^* , смоделированных в бине. Результаты расчетов акцептансов в бинах представлены на рисунке 10.

Сечения для любой переменной ξ определялось соотношением:

$$\frac{d\sigma}{d\xi} = \frac{N_D(1 - f_{pd})}{A L B \Delta\xi},$$

где N_D - число $D^{*\pm}$ в бине ширины $\Delta\xi$, A - акцептанс для данного бина, L - интегральная светимость (82 пбн^{-1}), B - вероятность используемой моды распада $D^{*+} \rightarrow D^0 \pi_s^+$ and $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$ ($2.59 \pm 0.06 \%$ [2]) и f_{pd} - фракция событий, обусловленных фоном от протонной диссоциации.

Для определенной выше кинематической области число реконструированных D^* мезонов и акцептанс равны:

$$N(D^*) = 261 \pm 22, \quad A = 20.2 \%.$$

С использованием этих значений, после вычитания измеренного ранее фона от протонной диссоциации (17.4 %), интегральное сечение равно:

$$\sigma_{ep \rightarrow e' D^{*\pm} X_{p'}} = 512 \pm 42 \text{ pb},$$

где статистическая ошибка доминирует над неопределенностью измеренного числа событий $N(D^*)$.

Для дифференциальных сечений, число событий с D^* -мезонами, аксептанс и сечение для каждого бина, представлены в таблице 1. Значения статистических ошибок числа D^* -мезонов получены с учетом нормировки и вычитания комбинаторного фона в каждом бине. Ошибки значений аксептанса отражают статистику используемой базы данных генератора RAPGAR.

4 Оценка систематических ошибок.

Для измеренных значений сечений были рассчитаны систематические ошибки, которые вычислялись путем вариации ограничений, описанных в предыдущих разделах, а также путем использованием других моделей Монте Карло. При этом для каждого изменения анализ был повторен, и полученные сечения сравнивались с номинальными значениями, расчет которых описан в предыдущем разделе.

В данном анализе были использованы следующие основные систематические проверки:

- 1 Использование $e\Sigma$ -метода для реконструкции рассеянного позитрона вместо DA.
- 2 Уменьшение ограничения на энергию позитрона $E_e > 9 \text{ ГэВ}$ (-1 ГэВ).
- 3 Увеличение ограничения на энергию позитрона $E_e > 11 \text{ ГэВ}$ ($+1 \text{ ГэВ}$).

- 4 Смещение области $E - P_z$ влево, $38 < E - P_z < 63$ ГэВ (-2 ГэВ).
- 5 Смещение области $E - P_z$ вправо, $42 < E - P_z < 67$ ГэВ ($+2$ ГэВ).
- 6 Усиление box cut на координату y , $|y| > 8$ см ($+1$ см).
- 7 Усиление box cut на координату x , $|x| > 14$ см ($+1$ см).
- 8 Использование H-shaped cut вместо box cut.
- 9 Акцептанс был рассчитан с использованием RAPGAP Монте Карло генератора с другой померонной параметризацией, предполагающей более жесткое глюонное распределение в помероне.
- 10 Для фрагментации использовалась модель MEPS (DGLAP), вместо ARIADNE.
- 11 Энергия в FPC для Монте Карло варьировалась как -10 ГэВ.
- 12 Энергия в FPC для Монте Карло варьировалась как $+10$ ГэВ.
- 13 Уменьшение ограничения на E_{FPC} , $E_{FPC} < 1$ ГэВ (-0.5 ГэВ).
- 14 Увеличение ограничения на E_{FPC} , $E_{FPC} < 2$ ГэВ ($+0.5$ ГэВ).
- 15 Уменьшение ограничения на η_{\max} , $\eta_{\max} < 2.8$ (-0.2).
- 16 Увеличение ограничения на η_{\max} , $\eta_{\max} < 3.2$ ($+0.2$).
- 17 Недифракционный фон был оценен с помощью HERWIG Монте Карло генератора -8.5 %.

- 18 Вариация измеряемой калориметром энергии +3 % ГэВ (в пределах неопределенности [3]).
- 19 Вариация измеряемой калориметром энергии -3 % ГэВ.
- 20 Использование RIDI MC для расчета акцептанса.
- 21 Уменьшение области нормирования комбинаторного фона сигнала ΔM , как $0.155 < \Delta M < 0.170$ ГэВ.
- 22 Уменьшение области нормирования комбинаторного фона сигнала ΔM , как $0.150 < \Delta M < 0.165$ ГэВ.
- 23 Область сигнала (массового окна) для $M(D^0)$ была увеличена на 10 МэВ и для распределения ΔM увеличена на 0.5 МэВ так, что: $1.80 < M(D^0) < 1.93$ ГэВ, $0.1425 < \Delta M < 0.1485$ ГэВ.
- 24 Уменьшение ограничения на $p_T(\pi_s)$, $p_T(\pi_s) > 0.11$ ГэВ (-10 МэВ).
- 25 Увеличение ограничения на $p_T(\pi_s)$, $p_T(\pi_s) > 0.13$ ГэВ (+10 МэВ).
- 26 Уменьшение ограничения на $p_T(K, \pi)$, $p_T(K, \pi) > 0.475$ ГэВ (-25 МэВ).
- 27 Увеличение ограничения на $p_T(K, \pi)$, $p_T(K, \pi) > 0.525$ ГэВ (+25 МэВ).
- 28 Уменьшение ограничения на $|z_{vertex}|$, $|z_{vertex}| < 40$ ГэВ (-10 см).
- 29 Увеличение ограничения на $|z_{vertex}|$, $|z_{vertex}| < 60$ ГэВ (+10 см).
- 30 Реконструкция рассеяного позитрона без использования информации из SRTD.

31 Введение процедуры "размазки" для позиции рассеяного позитрона, реконструированной в SRTD.

Сечения, полученные на основе всех 31 проверок, представлены на рисунке 11 для полной кинематической области. Полная систематическая ошибка была определена как сумма в квадратурах всех перечисленных неопределенностей ¹ отдельно для положительных и отрицательных отклонений. Неопределенности, обусловленные ошибкой измерения величины светимости (± 1.8), а так же следующие из величины вероятностей мод распадов $D^{*\pm}$ и D^0 [2], в полную систематическую ошибку включены не были.

Итоговое сечение для полной кинематической области равно:

$$\sigma_{e \rightarrow D^{*\pm} X_{p'}} = 512 \pm 42(stat)_{-72}^{+26}(syst)_{-42}^{+56}(p.dis.) pb,$$

где "p.dis." указывает на ошибку, соответствующую неопределенности измеренного и вычтенного фона от протонной диссоциации.

Из рисунка 11 видно, что основным источником систематической неопределенности является оцененная с помощью HERWIG MC примесь от недифракции (проверка No 17), равная -8.5% . Все другие систематические проверки показывают приемлимые отклонения от номинальных значений сечений, в пределах статистических флуктуаций.

Результат проверки систематических ошибок измеренных значений дифференциальных сечений представлен в таблице 2.

¹ Неопределенности в измерении определялись как разницы между номинальным значением измеряемой величины и значениями, полученными после соответствующих вариаций.

5 Отношение сечений дифракционного образования $D^{*\pm}$ к полному сечению рождения $D^{*\pm}$.

Отношение R_D сечения дифракционного рождения $D^{*\pm}$ мезонов к инклюзивному (полному) сечению рождения $D^{*\pm}$ мезонов было измерено в области, где измерено инклюзивное сечение : $x_{Bj} < 0.028$. Эта область, согласно равенству $x_{Bj} = x_F \beta$, соответствует кинематической области по переменным x_F и β для дифракционного сечения: $x_F < 0.035$ и $\beta < 0.8$. В данном анализе, кроме полного отношения были измерены дифференциальные распределения R_D для переменных $p_T(D^*)$, $\eta(D^*)$, $x(D^*)$, $\log_{10}(Q^2)$ и W . Соответствующие значения чисел D^* -мезонов, акцептансов и сечений для инклюзивных измерений для каждого бина, представлены в таблице 3.

Для оценки систематических ошибок измеренных значений отношений было использовано меньше систематических проверок, так как те из них, которые относятся к проверкам ГНР-отбора и реконструкции D^* мезонов при делении сокращаются. Были проведены следующие проверки:

- 1 Для дифракционного сечения акцептанс был рассчитан с использованием RAPGAP Монте Карло генератора с другой померонной параметризацией, предполагающей более жесткое глюонное распределение в помероне.
- 2 Для фрагментации использовалась модель MEPS (DGLAP), вместо ARIADNE.
- 3 Энергия в FPC для Монте Карло варьировалась как -10 ГэВ.
- 4 Энергия в FPC для Монте Карло варьировалась как $+10$ ГэВ.

- 5 Уменьшение ограничения на E_{FPC} ,
 $E_{FPC} < 1$ ГэВ (-0.5 ГэВ).
- 6 Увеличение ограничения на E_{FPC} ,
 $E_{FPC} < 2$ ГэВ ($+0.5$ ГэВ).
- 7 Уменьшение ограничения на η_{\max} , $\eta_{\max} < 2.8$ (-0.2).
- 8 Увеличение ограничения на η_{\max} , $\eta_{\max} < 3.2$ ($+0.2$).
- 9 Недифракционный фон был оценен с помощью HERWIG Монте Карло генератора -8.5 %.
- 10 Вариация измеряемой калориметром энергии $+3$ % ГэВ (в пределах неопределенности [3]).
- 11 Вариация измеряемой калориметром энергии -3 % ГэВ.
- 12 Использование RIDI MC для расчета аксептанса.
- 13 При расчете инклюзивного сечения для фрагментации использовалась модель ARIADNE, вместо MEPS (DGLAP).
- 14 Для инклюзивного сечения аксептанс был рассчитан с использованием HERWIG Монте Карло генератора.

Отношения, полученные на основе всех 14 проверок для полной кинематической области представлены на рисунке 12. Измеренные значения дифференциальных отношений вместе с полными ошибками представлены в таблице 4. Для полной кинематической области Отношение равно:

$$R_D = \frac{\sigma^{diff}}{\sigma^{inc}} = 6.3 \pm 0.6(stat)_{-0.7}^{+0.3}(syst)_{-0.3}^{+0.3}(p.dis.) \%,$$

где “p.dis.” указывает на ошибку, соответствующую неопределенности вычтенного фона от протонной диссоциации.

6 Заключение.

Проведена селекция дифракционного рождения $D^{*\pm}$ мезонов в реакции глубоконеупругого рассеяния $ep \rightarrow D^* + X$, $D^* \rightarrow D^0\pi$.

Измерены интегральное и дифференциальные сечения образования D^* мезонов в кинематической области :

$$1.5 < Q^2 < 200 \text{ ГэВ}^2, \quad 0.02 < y < 0.7, \\ x_{IP} < 0.035, \quad \beta < 0.8, \quad P_T(D^*) > 1.5 \text{ ГэВ} \text{ и } |\eta(D^*)| < 1.5.$$

Сечение дифракционного рождения D^* мезона равно

$$512 \pm 42(stat)_{-72}^{+26}(syst)_{-42}^{+56} \text{ pb}$$

и составляет 6% полного сечения образования D^* мезона.

Список литературы

- [1] Н.Н. Власов, Л.К. Гладилин, Р.К. Дементьев, Preprint НИИЯФ МГУ 2002-25/709, 2002.
- [2] Particle Data Group, D.E. Groom et al., Eur. Phys. J. C **15**, 1 (2000).
- [3] ZEUS Coll., M. Derrick et al., Z. Phys. C **72**, 399 (1996).

Кинематический интервал	Число D^* мезонов	Акцептанс	Сечение (пб)
Полный кинематический интервал	261 ± 22	0.202 ± 0.002	512 ± 42
$p_T(D^*): 1.5 - 2.4$	87 ± 15	0.129 ± 0.002	293.4 ± 52.5
$p_T(D^*): 2.4 - 3.3$	84 ± 11	0.251 ± 0.004	146.3 ± 19.1
$p_T(D^*): 3.3 - 4.2$	48 ± 8	0.317 ± 0.008	66.2 ± 11.0
$p_T(D^*): 4.2 - 5.4$	30 ± 6	0.356 ± 0.011	27.7 ± 5.3
$p_T(D^*): 5.4 - 10.$	12 ± 4	0.391 ± 0.016	2.6 ± 0.8
$\eta(D^*): -1.5 - -0.9$	55 ± 10	0.172 ± 0.003	210.0 ± 36.7
$\eta(D^*): -0.9 - -0.3$	76 ± 11	0.245 ± 0.004	203.5 ± 29.8
$\eta(D^*): -0.3 - 0.3$	65 ± 10	0.218 ± 0.004	196.0 ± 30.0
$\eta(D^*): 0.3 - 0.9$	36 ± 10	0.216 ± 0.005	109.0 ± 29.5
$\eta(D^*): 0.9 - 1.5$	29 ± 8	0.146 ± 0.004	130.2 ± 35.3
$\log_{10}(M_X^2): 1. - 1.44$	28 ± 7	0.269 ± 0.011	93.1 ± 22.4
$\log_{10}(M_X^2): 1.44 - 1.88$	51 ± 10	0.220 ± 0.004	208.0 ± 39.5
$\log_{10}(M_X^2): 1.88 - 2.32$	97 ± 11	0.232 ± 0.004	373.6 ± 44.4
$\log_{10}(M_X^2): 2.32 - 2.76$	50 ± 11	0.188 ± 0.003	238.1 ± 54.7
$\log_{10}(M_X^2): 2.76 - 3.2$	36 ± 8	0.111 ± 0.004	291.6 ± 64.5
$\beta: 0. - 0.10$	153 ± 16	0.157 ± 0.002	3828.2 ± 408.9
$\beta: 0.10 - 0.20$	47 ± 9	0.284 ± 0.006	650.2 ± 126.9
$\beta: 0.20 - 0.30$	30 ± 6	0.358 ± 0.011	329.8 ± 70.3
$\beta: 0.30 - 0.45$	16 ± 7	0.405 ± 0.015	103.5 ± 44.2
$\beta: 0.45 - 0.8$	15 ± 6	0.540 ± 0.030	31.2 ± 12.1
$x_P: 0. - 0.004$	74 ± 11	0.240 ± 0.005	30394.7 ± 4393.0
$x_P: 0.004 - 0.008$	59 ± 10	0.269 ± 0.005	21547.1 ± 3621.7
$x_P: 0.008 - 0.012$	41 ± 9	0.245 ± 0.005	16464.2 ± 3593.2
$x_P: 0.012 - 0.020$	37 ± 10	0.188 ± 0.004	9669.07 ± 2587.9
$x_P: 0.020 - 0.035$	50 ± 9	0.098 ± 0.003	13410.6 ± 2428.0

Таблица 1: Число событий с D^* -мезонами, акцептанс и сечения для бинов, выбранных для дифференциальных распределений.

Кинематический интервал	Сечение (пб)	Ошибка stat syst ()(пб)	Ошибка stat syst (-)(пб)
$p_T(D^*): 1.5 - 2.4$	293.4 ± 52.5	+73.7	-86.6
$p_T(D^*): 2.4 - 3.3$	146.3 ± 19.1	+23.8	-27.5
$p_T(D^*): 3.3 - 4.2$	66.2 ± 11.0	+13.3	-13.3
$p_T(D^*): 4.2 - 5.4$	27.7 ± 5.3	+5.9	-6.0
$p_T(D^*): 5.4 - 10.$	2.6 ± 0.8	+0.9	-0.9
$\eta(D^*): -1.5 - -0.9$	210.0 ± 36.7	+44.5	-48.4
$\eta(D^*): -0.9 - -0.3$	203.5 ± 29.8	+38.1	-40.9
$\eta(D^*): -0.3 - 0.3$	196.0 ± 30.0	+35.0	-40.1
$\eta(D^*): 0.3 - 0.9$	109.0 ± 29.5	+35.8	-36.9
$\eta(D^*): 0.9 - 1.5$	130.2 ± 35.3	+44.8	-47.4
$\log_{10}(M_X^2): 1. - 1.44$	93.1 ± 22.4	+33.2	-32.6
$\log_{10}(M_X^2): 1.44 - 1.88$	208.0 ± 39.5	+48.8	-52.8
$\log_{10}(M_X^2): 1.88 - 2.32$	373.6 ± 44.4	+55.1	-65.1
$\log_{10}(M_X^2): 2.32 - 2.76$	238.1 ± 54.7	+79.7	-81.5
$\log_{10}(M_X^2): 2.76 - 3.2$	291.6 ± 64.5	+153.5	-126.5
$\beta: 0. - 0.10$	3828.2 ± 408.9	+536.2	-712.6
$\beta: 0.10 - 0.20$	650.2 ± 126.9	+175.1	-182.0
$\beta: 0.20 - 0.30$	329.8 ± 70.3	+89.5	-77.9
$\beta: 0.30 - 0.45$	103.5 ± 44.2	+49.6	-62.4
$\beta: 0.45 - 0.8$	31.2 ± 12.1	+18.1	-13.4
$x_P: 0. - 0.004$	30394.7 ± 4393.0	+5189.9	-5467.5
$x_P: 0.004 - 0.008$	21547.1 ± 3621.7	+5142.2	-4571.8
$x_P: 0.008 - 0.012$	16464.2 ± 3593.2	+4191.1	-5040.0
$x_P: 0.012 - 0.020$	9669.07 ± 2587.9	+3211.4	-3580.0
$x_P: 0.020 - 0.035$	13410.6 ± 2428.0	+4998.3	-4128.9

Таблица 2: Значения дифференциальных сечений и полных ошибок, включающих статистическую и систематическую.

Кинематический интервал	Число D^* мезонов	Акцептанс	Сечение (нб)
Полный кинематический интервал	5100 ± 111	0.300 ± 0.001	8.07 ± 0.18
$p_T(D^*): 1.5 - 2.4$	1260 ± 72	0.179 ± 0.002	3.64 ± 0.21
$p_T(D^*): 2.4 - 3.3$	1516 ± 55	0.332 ± 0.003	2.36 ± 0.09
$p_T(D^*): 3.3 - 4.2$	1021 ± 39	0.410 ± 0.005	1.29 ± 0.05
$p_T(D^*): 4.2 - 5.4$	744 ± 31	0.467 ± 0.007	0.62 ± 0.03
$p_T(D^*): 5.4 - 10.$	560 ± 27	0.510 ± 0.008	0.11 ± 0.01
$\eta(D^*): -1.5 - -0.9$	571 ± 34	0.231 ± 0.003	1.92 ± 0.12
$\eta(D^*): -0.9 - -0.3$	1116 ± 46	0.348 ± 0.004	2.48 ± 0.12
$\eta(D^*): -0.3 - 0.3$	1219 ± 49	0.337 ± 0.004	2.81 ± 0.12
$\eta(D^*): 0.3 - 0.9$	1255 ± 56	0.344 ± 0.004	2.83 ± 0.13
$\eta(D^*): 0.9 - 1.5$	941 ± 51	0.231 ± 0.003	3.16 ± 0.19
$x(D^*): 0. - 0.16$	767 ± 62	0.259 ± 0.004	8.60 ± 0.70
$x(D^*): 0.16 - 0.32$	1191 ± 56	0.281 ± 0.003	12.29 ± 0.59
$x(D^*): 0.32 - 0.48$	1306 ± 46	0.278 ± 0.003	13.66 ± 0.50
$x(D^*): 0.48 - 0.64$	912 ± 35	0.264 ± 0.003	10.04 ± 0.40
$x(D^*): 0.64 - 1.$	787 ± 31	0.440 ± 0.006	2.31 ± 0.10
$\log_{10}(Q^2): 0.17 - 0.6$	882 ± 48	0.144 ± 0.002	6.63 ± 0.37
$\log_{10}(Q^2): 0.6 - 1.$	1536 ± 57	0.313 ± 0.003	5.70 ± 0.22
$\log_{10}(Q^2): 1. - 1.3$	1122 ± 48	0.404 ± 0.005	4.31 ± 0.19
$\log_{10}(Q^2): 1.3 - 1.55$	682 ± 39	0.437 ± 0.006	2.91 ± 0.17
$\log_{10}(Q^2): 1.55 - 2.3$	877 ± 45	0.484 ± 0.006	1.13 ± 0.06
$W: 50. - 92.$	1017 ± 41	0.368 ± 0.005	0.032 ± 0.001
$W: 92. - 134.$	1687 ± 58	0.363 ± 0.003	0.051 ± 0.002
$W: 134. - 176.$	1312 ± 57	0.311 ± 0.003	0.047 ± 0.002
$W: 176. - 218.$	730 ± 46	0.246 ± 0.003	0.033 ± 0.002
$W: 218. - 260.$	318 ± 30	0.154 ± 0.003	0.023 ± 0.002

Таблица 3: Инклюзивное число событий с D^* -мезонами, акцептанс и сечения для бинов, выбранных для дифференциальных распределений.

Кинематический интервал	Отношение (%)	Ошибк stat syst ()(%)	Ошибка stat syst (-)(%)
$p_T(D^*): 1.5 - 2.4$	8.02 ± 1.51	+1.84	-1.75
$p_T(D^*): 2.4 - 3.3$	6.16 ± 0.84	+0.85	-1.07
$p_T(D^*): 3.3 - 4.2$	5.12 ± 0.87	+0.93	-1.02
$p_T(D^*): 4.2 - 5.4$	4.47 ± 0.88	+0.91	-0.98
$p_T(D^*): 5.4 - 10.$	2.35 ± 0.75	+0.78	-0.77
$\eta(D^*): -1.5 - -0.9$	10.89 ± 2.02	+2.12	-2.33
$\eta(D^*): -0.9 - -0.3$	8.16 ± 1.24	+1.43	-1.63
$\eta(D^*): -0.3 - 0.3$	6.95 ± 1.10	+1.15	-1.34
$\eta(D^*): 0.3 - 0.9$	3.84 ± 1.05	+1.11	-1.22
$\eta(D^*): 0.9 - 1.5$	4.10 ± 1.14	+1.28	-1.34
$x(D^*): 0. - 0.16$	4.90 ± 1.33	+2.93	-1.68
$x(D^*): 0.16 - 0.32$	5.46 ± 1.18	+1.71	-1.55
$x(D^*): 0.32 - 0.48$	6.26 ± 1.00	+1.03	-1.25
$x(D^*): 0.48 - 0.64$	7.31 ± 1.17	+1.48	-1.85
$x(D^*): 0.64 - 1.$	9.46 ± 1.66	+1.88	-3.01
$\log_{10}(Q^2): 0.17 - 0.6$	6.95 ± 1.39	+1.71	-1.54
$\log_{10}(Q^2): 0.6 - 1.$	5.27 ± 0.90	+1.05	-1.10
$\log_{10}(Q^2): 1. - 1.3$	8.28 ± 1.23	+1.29	-1.70
$\log_{10}(Q^2): 1.3 - 1.55$	7.31 ± 1.52	+1.52	-1.72
$\log_{10}(Q^2): 1.55 - 2.3$	3.98 ± 1.27	+1.30	-1.44
$W: 50. - 92.$	4.55 ± 1.19	+1.29	-1.64
$W: 92. - 134.$	6.56 ± 0.98	+1.04	-1.43
$W: 134. - 176.$	7.28 ± 1.10	+1.31	-1.30
$W: 176. - 218.$	7.24 ± 1.48	+1.96	-1.75
$W: 218. - 260.$	4.31 ± 1.91	+2.30	-2.02

Таблица 4: Отношение сечений дифракционного рождения D^* к полному. Приведены значения отношений дифференциальных сечений и полных ошибок, включающих статистическую и систематическую.

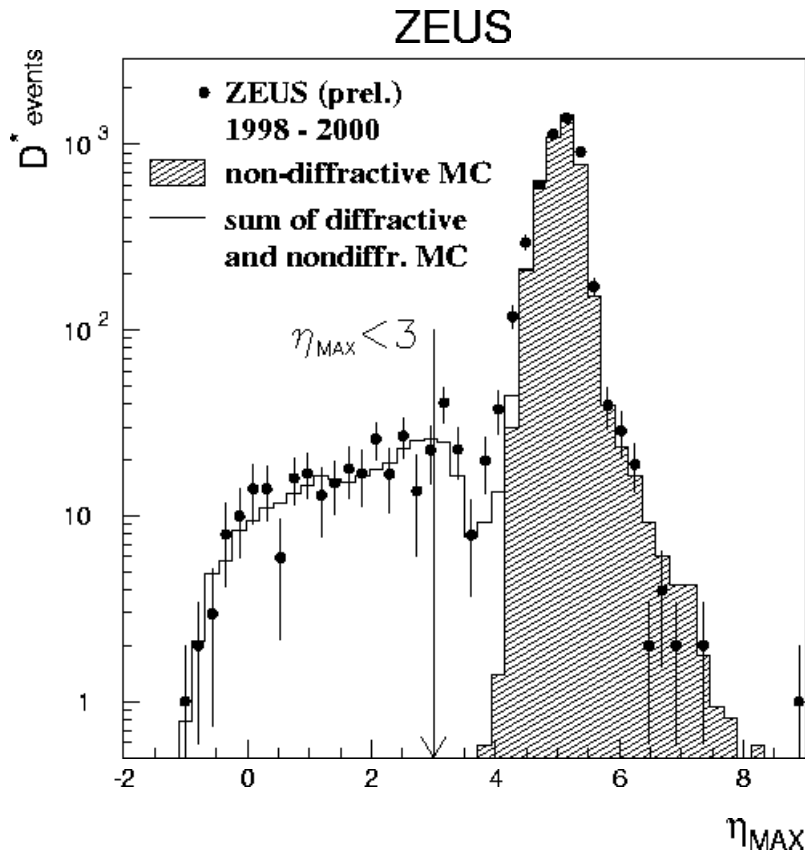


Рис. 1: Измеренное распределение η_{MAX} (черные точки). Заштрихованная гистограмма соответствует распределению η_{MAX} полученному с помощью недифракционного Монте Карло генератора. В рисунок включены только события, содержащие $D^{*\pm}$ кандидаты, которые лежат в области сигнала от D^0 и ΔM .

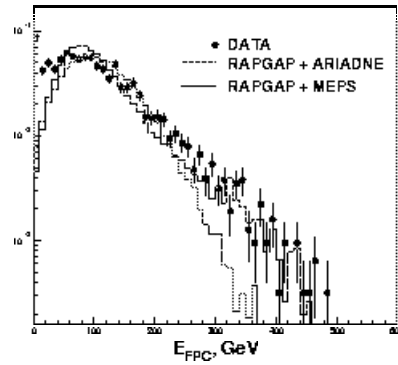
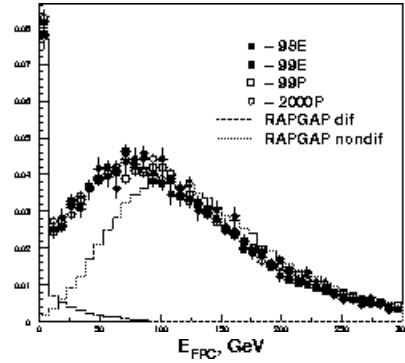


Рис. 2: Распределения энергии в FPC для данных, набранных в разные промежутки времени с разными позитронными и электронными пучками (верхний рисунок). Левая гистограмма соответствует моделированию диффракционных, правая - недифракционных событий. На нижнем рисунке показаны формы распределений больших значений энергии в FPC для данных и недифракционного MC генератора RAPGAP с различными моделями фрагментации.

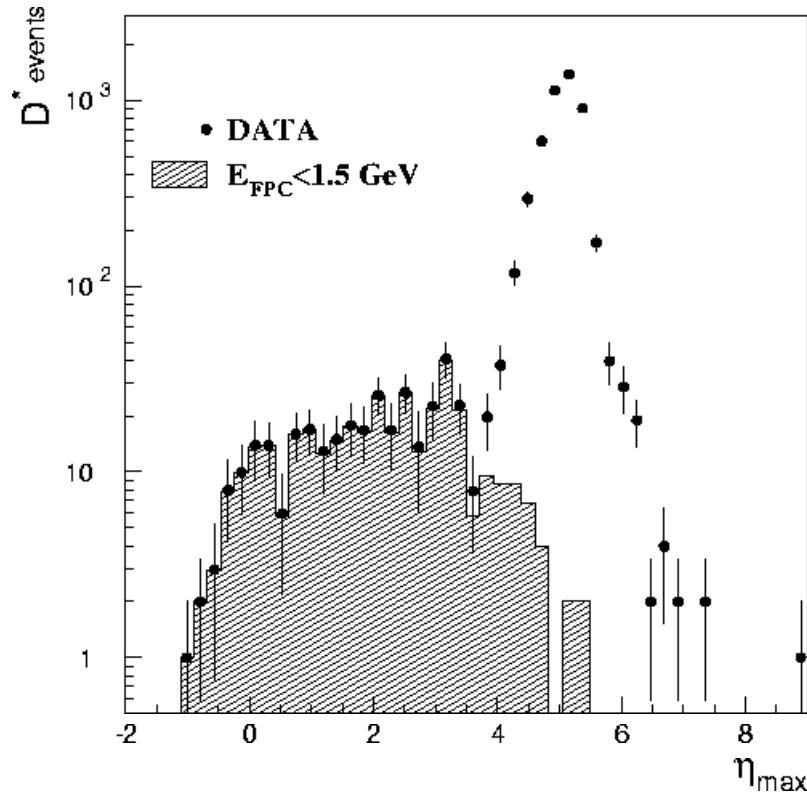


Рис. 3: Распределение η_{\max} для событий с D^* (черные точки). Заштрихованная гистограмма соответствует событиям с $E_{FPC} < 1.5 \text{ ГэВ}$.

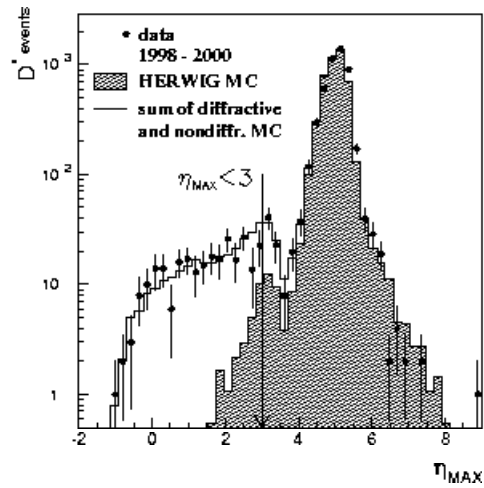
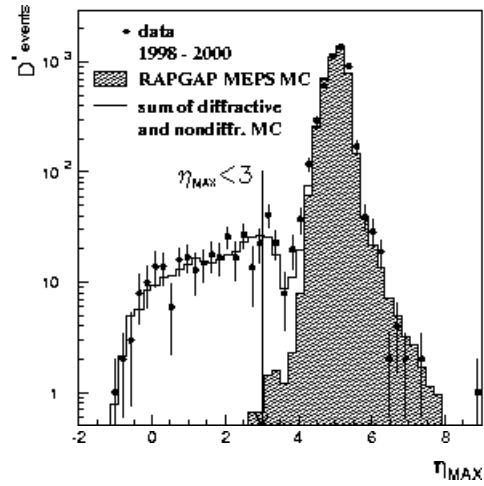


Рис. 4: Измеренное распределение η_{max} для событий с D^* (черные точки). На верхнем рисунке заштрихованная гистограмма соответствует распределению η_{max} , наблюдаемому, согласно недифракционному генератору RAPGAP с MEPS; на рисунке внизу - генератору HERWIG. Сплошная гистограмма соответствует сумме дифракционного и недифракционного MC.

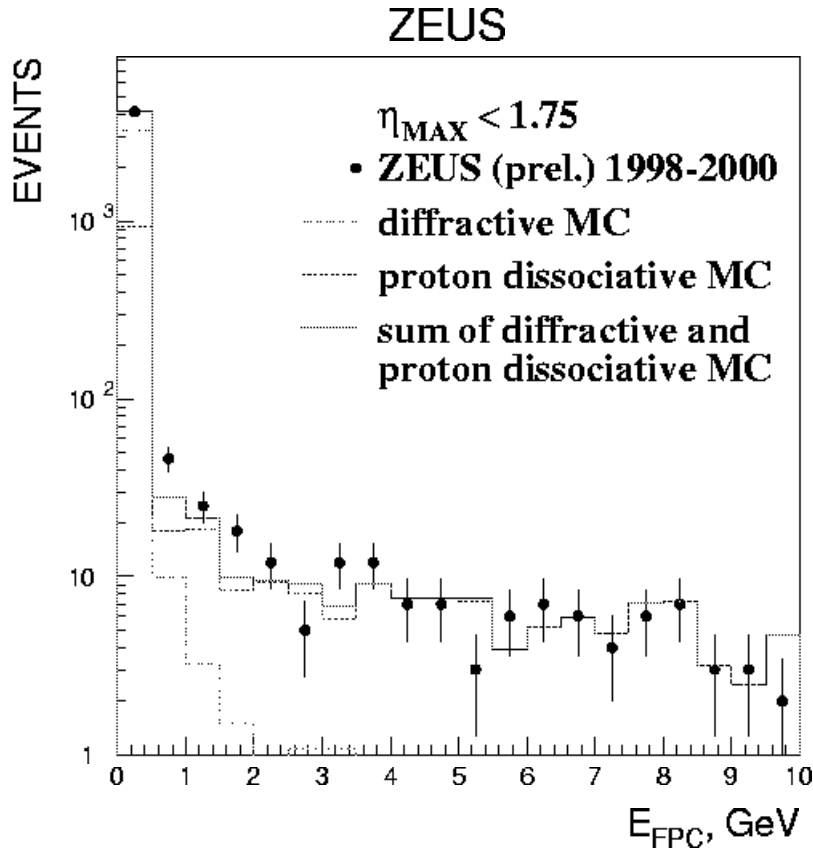


Рис. 5: Измеренная энергия в FPC (черные точки) для $\eta_{\text{max}} < 1.75$ области. Пунктирная гистограмма соответствует распределению, наблюдаемому согласно дифракционному MC генератору; точечная гистограмма соответствует MC генератору протонной диссоциации; сплошная гистограмма соответствует сумме MC генераторов дифракции и протонной диссоциации, нормированным на данные.

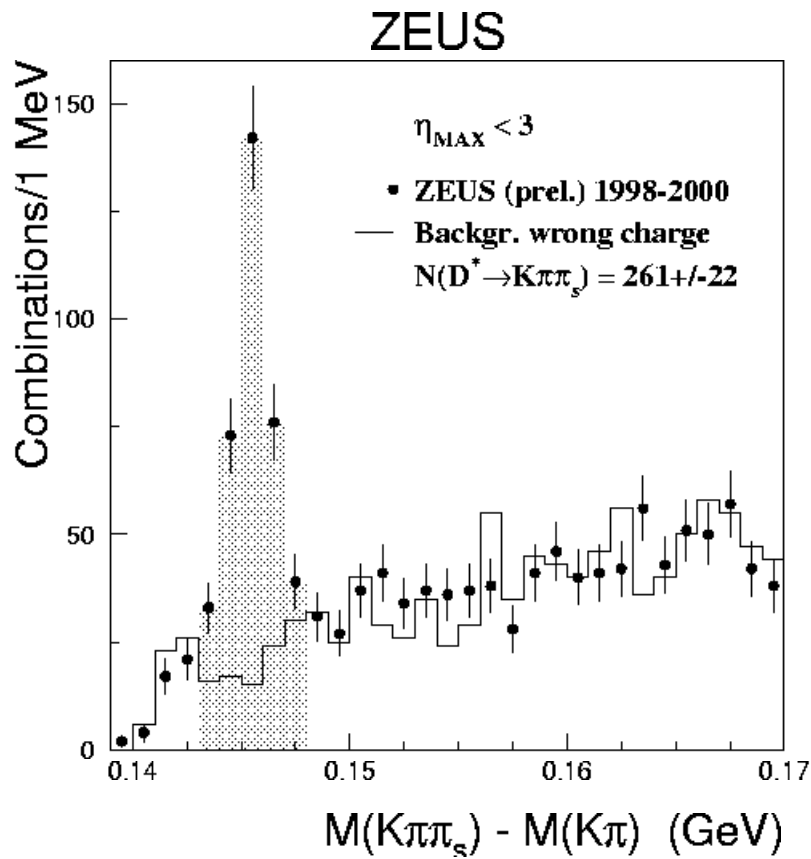


Рис. 6: Распределение ΔM для дифракционных событий. Черные точки соответствуют данным после выполнения всех условий отбор ГНР, D^* и селекции дифракции. Гистограмма соответствует комбинаторному фону от неправильных знаковых комбинаций. Показаны только комбинации с $1.81 < M(K, \pi) < 1.92$ ГэВ.

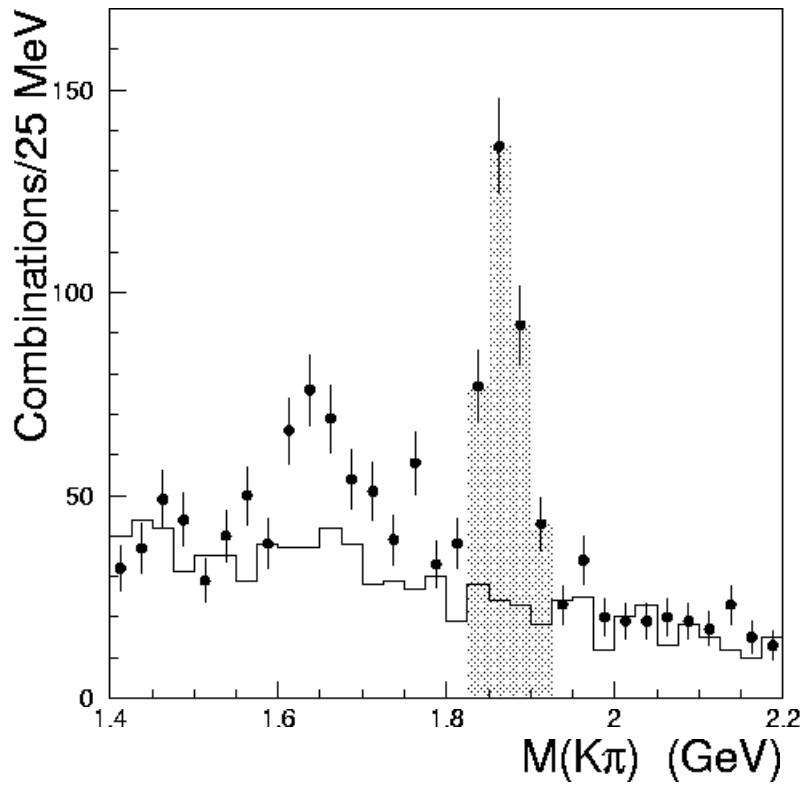


Рис. 7: Распределение $M(D^0)$ для дифракционных событий. Черные точки соответствуют данным после выполнения всех условий отбор ГНР, D^* и селекции дифракции. Гистограмма соответствует комбинаторному фону от неправильных знаковых комбинаций. Показаны только комбинации с $0.143 < \Delta M < 0.148$ ГэВ.

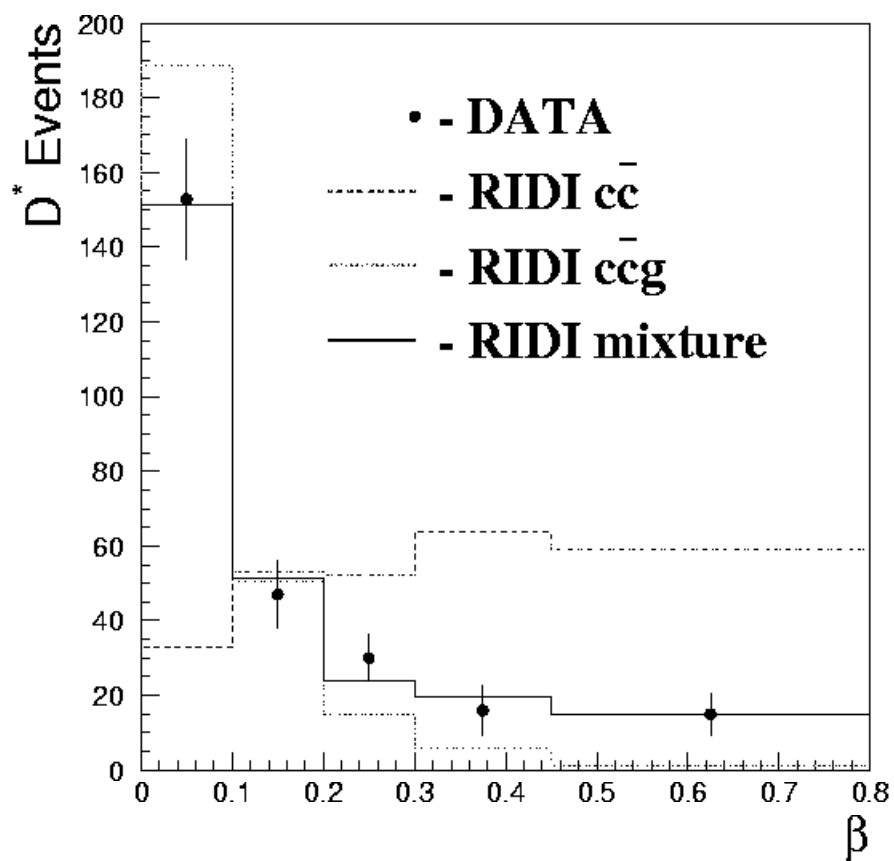


Рис. 8: Распределения по переменной β для экспериментальных данных (точки) и для событий смоделированных Монте Карло генератором RIDI.

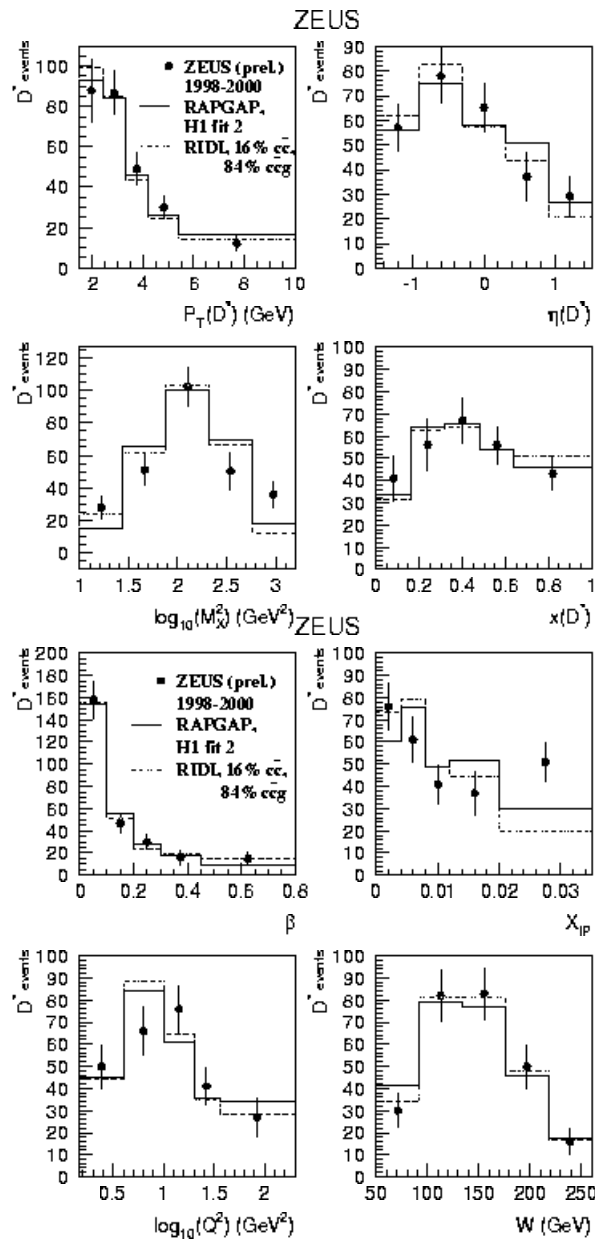


Рис. 9: Сравнение форм распределений $p_T(D^*)$, $\eta(D^*)$, $\log_{10}(M_X^2)$, $x(D^*)$, β , x_{IP} , $\log_{10}(Q^2)$ и W в данных и Монте Карло.

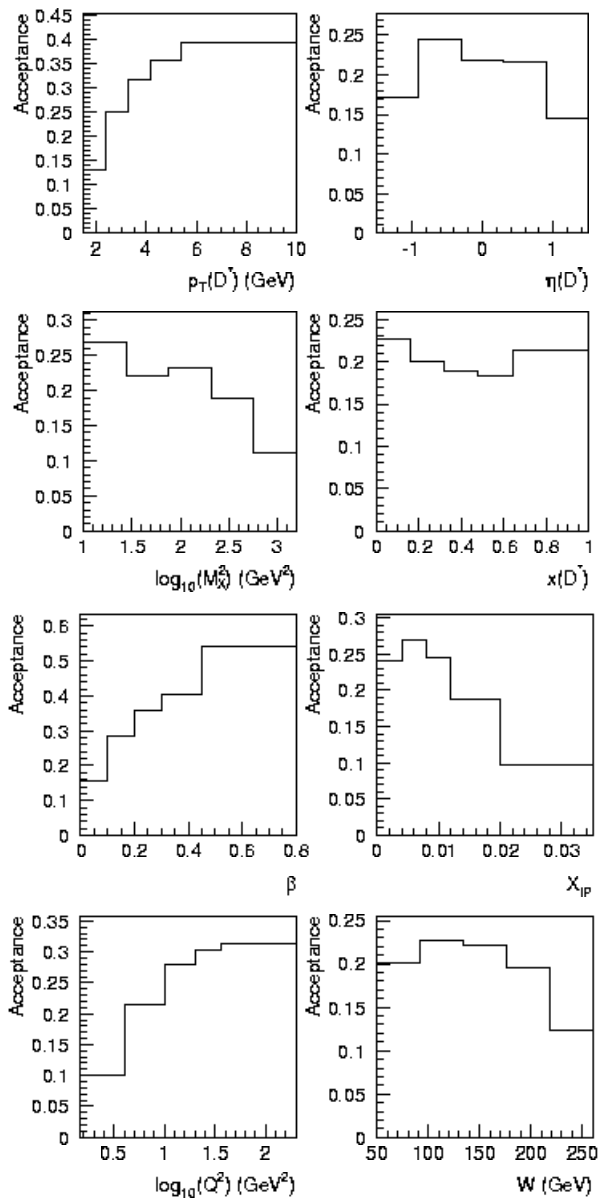


Рис. 10: Акцептанс для каждого бина распределений $p_T(D^*)$, $\eta(D^*)$, $\log_{10}(M_X^2)$, $x(D^*)$, β , x_{IP} , $\log_{10}(Q^2)$ и W .

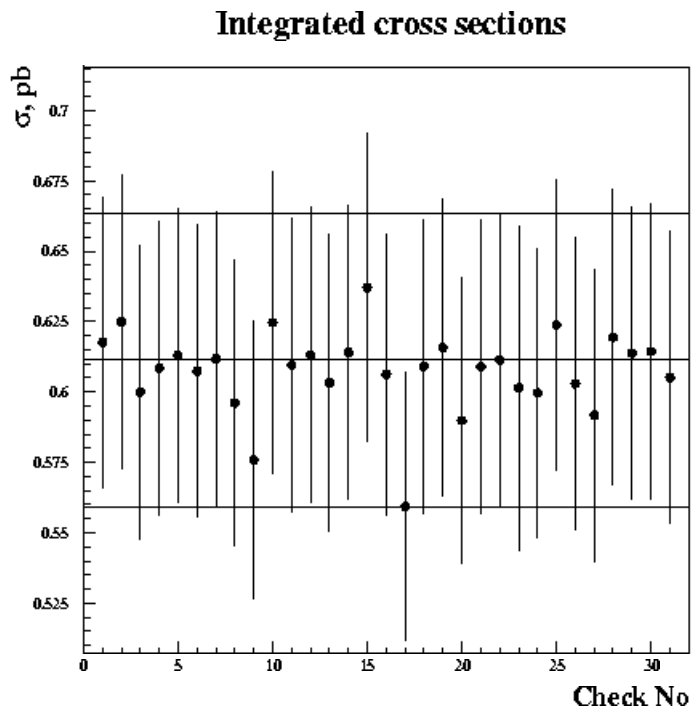


Рис. 11: Сечения в зависимости от номера систематической проверки для полной кинематической области.

Integrated ratios

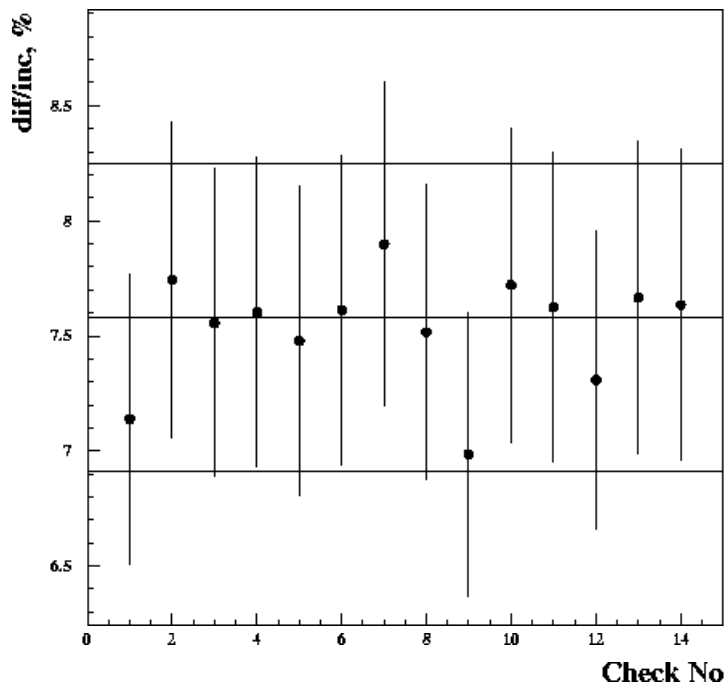


Рис. 12: Отношение сечений дифракционного образования D^* к полному сечению рождения D^* в зависимости от номера систематической проверки.

УДК
ББК

N.N.Vlasov, L.K.Gladilin, R.K.Dementiev

e-mail: vlasov@mail.desy.de

Investigation of diffractive $D^{*\pm}$ meson production in deep inelastic scattering at HERA collider.

Part II. Selection and analysis of the diffractive interactions.

Preprint NPI MSU - 2002 - 26/710

Abstract. Diffractive production of $D^{*\pm}(2010)$ mesons in deep inelastic scattering has been investigated. Diffractive events have been identified by the presence of a large rapidity gap in the finale state. The diffractive cross section has been found to be $512 \pm 42(stat)_{-72}^{+26}(syst)_{-42}^{+56}$ pb, what is 6% of the inclusive cross section of D^* production.

Н.Н. Власов, Л.К. Гладилин, Р.К. Дементьев

Изучение дифракционного рождения $D^{*\pm}$ мезонов в реакциях глубоконеупругого рассеяния на коллайдере HERA.

Часть II. Селекция и анализ дифракционных взаимодействий.

Препринт НИИЯФ МГУ - 2002 - 26/710

Аннотация. Изучается дифракционное рождения $D^{*\pm}$ мезонов в процессах глубоконеупругого рассеяния. Дифракционные события регистрируются по наличию большого быстрого интервала в конечном состоянии. Дифракционное сечение равно $512 \pm 42(stat)_{-72}^{+26}(syst)_{-42}^{+56}$ пб, что составляет 6% полного сечения образования D^* мезона.

© Н.Н. Власов 2002

© Л.К. Гладилин 2002

© Р.К. Дементьев 2002

© НИИЯФ МГУ 2002

**Николай Николаевич Власов,
Леонид Константинович Гладилин,
Ромуальд Константинович Дементьев**

**Изучение дифракционного рождения $D^{*\pm}$ мезонов в
реакциях глубоконеупругого рассеяния на
коллайдере HERA.**

**Часть II. Селекция и анализ дифракционных
взаимодействий.**

Препринт НИИЯФ МГУ - 2002 - 26/710

Работа поступила в ОНТИ 26.09.2002 г.

ИД № 00545 от 06.12.1999

Издательский отдел

Учебно-научного центра довузовского образования

117246, Москва ул. Обручева, 55А
119992, Москва, Ленинские горы, ГЗ МГУ, Ж-105а
Тел. /факс (095) 718-6966, 939-3934
e-mail: izdat@abiturcenter.ru
<http://www.abiturcenter.ru>

Гигиенический сертификат № 77.99.2.925.П.9139.2.00 от
24.02.2000

Налоговые льготы-Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 1 -953000

Заказное. Подписано в печать 2002г. Формат 60x90/16

Бумага офсетная № 2. Усл. печ. л.

Тираж 50 экз. Заказ №

Отпечатано в Мини-типографии УНЦ ДО