УДК 539.1

# АНАЛИЗ ДАННЫХ LHC В ПРЕДСТАВЛЕНИИ ПРИЦЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

## А.В.Дмитриев

## ANALYSIS OF LHC DATA ACCORDING TO IMPACT PARAMETERS

## A.V.Dmitriev

### Институт электронных и информационных систем НовГУ, AlexandrVDmitriev@gmail.com

Проанализированы основные унитаризационные модели и выявлено их отклонение от эксперимента при данных LHC. Указан возможный способ улучшения процедуры унитаризации. *Ключевые слова: упругое рассеяние, унитаризация, LHC* 

The main unitarization models are analysed and some differences of this models from experimental LHC data are detected. This effect is discussed and we fond possible way to improve the unitarization procedure. *Keywords: elastic scattering, unitarization, LHC* 

#### 1. Введение

До сих пор не существует теории адронных взаимодействий, применимой на всей исследованной кинематической области. Квантовая хромодинамика является, по-видимому, полной и правильной моделью, но константа взаимодействия не мала, что не позволяет построить ряд теории возмущений. Как следствие, существует множество феноменологических моделей, описывающих мягкую область адронных взаимодействий. Наиболее успешной из них является реджевская модель, описывающая процесс взаимодействия адронов через обмен реджеонами, но произвольность выбора вершин взаимодействия и параметров перерассеяния практически нивелирует предсказательную силу модели. В представлении прицельных параметров учет множественных перерассеяний производится в эйкональной модели, аналогичной нерелятивистскому приближению Борна. Целью данной работы является исследование применимости эйкональной модели к описанию последних данных LHC.

### 2. Функция профиля

Определим амплитуду рассеяния в пространстве прицельных параметров как Фурье-преобразование по поперечным импульсам упругой амплитуды:

$$\chi(s,b) = \frac{1}{8\pi s} \int_{0}^{\infty} a(s,-q^2) J_0(bq) q dq.$$
 (1)

Амплитуду  $\chi(s,b)$  обычно выражают через функцию профиля

$$J(s,b) = 2 \operatorname{Im} \chi(s,b).$$

Исследование функции профиля интересно по двум причинам.

Во-первых, из унитарности *S*-матрицы следует условие 0 < J(s,b) < 1. Такое условие является существенным, уже при энергии 1800 ГэВ (Тэватрон) функция профиля близка к единице, и при энергии

LHC 7000 ГэВ должна превысить унитарный предел при однопомеронном приближении (см. рис.1). В пространстве переданных импульсов такого ограничения нет, и однопомеронное приближение не порождает несоответствий.



Рис.1. Функция профиля *J*(*s*,*b*) при 547 ГэВ (сплошная линия), 1800 ГэВ (штриховая) и 7000 ГэВ (штрихпунктирная)

Во-вторых, для функции профиля две модели — борновское приближение и эйкональная реджевская модель с факторизуемыми вычетами, дают одинаковое выражение для полной амплитуды через затравочную амплитуду:

$$J(s,b) = 1 - e^{-\Omega_0(s,b)}.$$
 (2)

Существует множество моделей, отличающихся выбором затравочной функции  $\Omega_0(s,b)$ . В данной работе мы ограничимся рассмотрением двух наиболее успешных из них, реализующих основные варианты выбора — модель померонных обменов и модель с факторизуемой затравочной амплитудой. Общим местом данных моделей является неограниченный рост затравочной амплитуды  $\Omega_0(s,b)$  с ростом *s* и, соответственно, функция профиля переходит в режим черного диска:

$$J(s,b) = 1, b < b_0, J(s,b) = 0, b > b_0, \Omega(s,b_0) = 1.$$

Т.к. при энергиях LHC функция профиля приближается к асимптотическому значению (см. рис.1), важно сравнить модельные предсказания с экспериментальными данными.

## 3. Сравнение факторизуемой и померонной модели с экспериментом

Модель с факторизацией [1] предполагает, что существует единая функция профиля, растущая пропорционально при увеличении энергии:

$$\Omega(s,b) = S_0(s) \times F(b).$$

Такое представление для амплитуды без процедуры эйконализации неверно, т.к. из него следует независимость логарифмического наклона

 $B = \frac{d \ln(d\sigma/dt)}{dt} \approx \langle b \rangle_{\Omega}$  от энергии, что противоречит

одному из основных экспериментальных фактов — сужению дифракционного конуса с ростом энер-

гии. При проведении процедуры унитаризации зависимость наклона от энергии восстанавливается, т.к. при росте энергии функция профиля сильнее растет при больших b (где эйконализация не существенна ввиду малости  $\Omega$ ) и медленнее при малых b (в асимптотике вообще не растет, достигнув асимптотического значения 1). Как следствие, среднее значение  $\langle b \rangle_{\Omega}$  растет, и сужение дифракционного конуса восстанавливается.

Померонная модель представляет  $\Omega_0(s,b)$  в идее суммы вкладов по реджеонам

$$\Omega(s,b) = \sum_{R} \delta_{R}(s,b),$$

где  $\delta_R(s,b)$  — Фурье-преобразования стандартных реджевских полюсов  $\beta(t)s^{\alpha(t)}$ . Ранее нами было показано [2], что одним лидирующим помероном описать данные невозможно. В работе [1] упругие данные описаны с помощью трех померонных вкладов, что является, по-видимому, минимальным количеством вкладов.

Обе модели хорошо описывают экспериментальные данные и практически совпадают при энергиях LHC (см. рис.2,3).



Рис.2. Зависимость  $\frac{d\sigma}{dt}(s,t)$  по *t* при  $\sqrt{s} = 546$  ГэВ. Сплошная линия — модель померонных обменов [2], штриховая — факторизованная модель [1]



Рис.3. Зависимость  $\frac{d\sigma}{dt}(s,t)$  по *t* при  $\sqrt{s}$  = 1800 ГэВ. Сплошная линия — модель померонных обменов [2], штриховая — факторизованная модель [1]

При энергии LHC  $\sqrt{s} = 7$  ТэВ модели незначительно отличаются друг от друга и существенно расходятся с экспериментом (см. рис.3).



Рис.3. Зависимость  $\frac{d\sigma}{dt}(s,t)$  по *t* при  $\sqrt{s}$  = 7 ТэВ. Сплошная линия — модель померонных обменов [2], штриховая — факторизованная модель [1]

С учетом того, что при более низких энергиях модели точно описывают эксперимент, такое расхождение является существенным и показывает возникновение нового эффекта при энергиях LHC.

#### 4. Обсуждение

Общим местом рассмотренных моделей является схема унитаризации (2), выражающая зависимость наблюдаемой амплитуды от затравочной. Одинаковое поведение при возрастании энергии и их отклонение от эксперимента говорит в пользу того, что именно схема унитаризации (2) является слабым местом.

Для уточнения модели унитаризации следует заметить, что данные от 65 ГэВ до 1800 ТэВ хорошо описываются простой однопомеронной моделью, и необходимость эйконализации следует только из требования унитарности и существования перегиба (дипа) при больших t, косвенно указывающего на существование перерассеяний. Нами было показано [2], что процедура перенормировки (2) не позволяет

получить наблюдаемое поведение  $\frac{d\sigma}{dt}(s,t)$  из одного

померонного вклада, что приводит к необходимости использовать либо фиксированный померон Боурелли со сложным вычетом, либо набор из трех померонов Петрова. Таким образом, процедура эйконализации выглядит не вполне обоснованной — для получения простого экспоненциального однопомеронного обмена используются сложные затравочные функции.

Суммируя вышесказанное, можно предположить, что модель унитаризации (2) дает слишком сильные изменения функции профиля при средних энергиях, требующие сложных затравочных функций, и не описывает данные при высоких энергиях. Данные при энергии 7 ТэВ показывают более быстрое сужение дифракционного конуса по сравнению с более низкими энергиями 548-1800 ГэВ, что является характерным признаком унитаризации функции профиля.

Таким образом, естественным выглядит предположение, что при энергиях до 1800 ГэВ включительно унитаризационные эффекты практически отсутствуют, а при 7 ТэВ начинают играть существенную роль. Для получения такого описания требуется изменить формулу (2) зависимости функции профиля от затравочной амплитуды  $J(\Omega)$ , наложив требование приблизительного равенства  $J(\Omega) \approx \Omega$ до относительно больших ~0,9 значений  $\Omega$ . При этом средние энергии можно будет описать однопомеронным обменом, а в области больших энергий 7 ТэВ появится наблюдаемое дополнительное сужение дифракционного конуса. Получение и анализ точной зависимости  $J(\Omega)$  выходит за рамки данной работы.

### Заключение

В работе проанализированы основные унитаризационные модели и выявлено их отклонение от эксперимента при данных LHC. Данный эффект проанализирован и указан возможный способ улучшения процедуры унитаризации.

Bourrely C., Soffer J. and Wu T.T. Impact-picture phenomenology for π±p, K±p and pp,p p elastic scattering at high energies // Eur. Phy. J. C — Particles and Fields. 2003. V.28. Issue 1. P.97-105.

<sup>2.</sup> Abramovsky V.A. and Dmitriev A.V. Estimation of eikonal parameter c from the elastic scattering data // hepph/0410069.

<sup>3.</sup> Petrov V.A.and Prokudin A. Three Pomerons vs DO and TOTEM Data // arXiv:1212.1924 [hep-ph].