

Дифракционные процессы в CMS на БАК

Соснов Д.Е.

ПЯФ НИЦ КИ

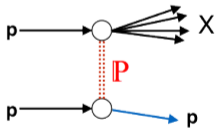
12 февраля 2019

Дифракционные процессы

Дифракционные процессы:

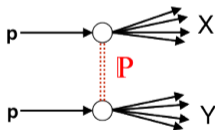
Одиночная дифракция

$$1 + 2 \rightarrow 1' + X_2$$



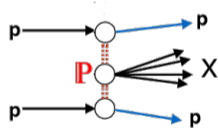
Двойная дифракция

$$1 + 2 \rightarrow X_1 + X_2$$



Центральная дифракция

$$1 + 2 \rightarrow 1' + X + 2'$$



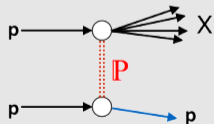
Определение

Определение (**теоретическое**)

Дифракционное рассеяние - неупругое соударение при высоких энергиях с обменом вакуумными квантовыми числами.

Определение (**практическое**):

Дифракционные соударения характеризуются большими провалами в распределениях множественности частиц по быстроте.



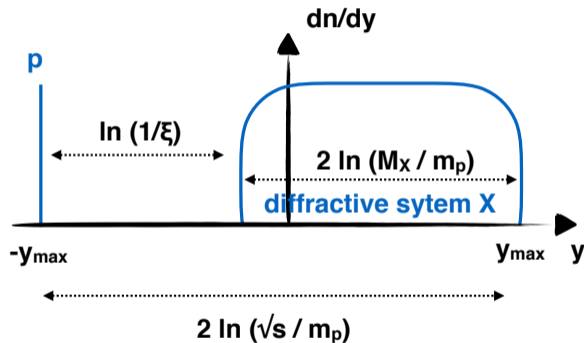
Rapidity Gap

$$M_X = \sum_i m_i; \xi_X = \frac{M_X^2}{s}$$

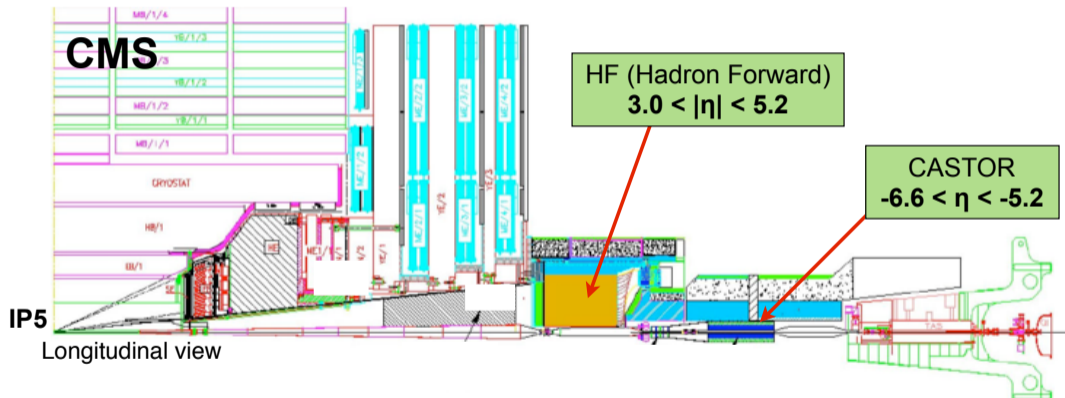
Максимальная величина
rapidity gap $\Delta\eta \sim -\ln\xi$

$$y_{max} = \ln \frac{\sqrt{s}}{m_p}$$

Для $p - p$ соударений на энергии
13 TeV: $y_{max} = 9.5$.



Детектор CMS



CASTOR

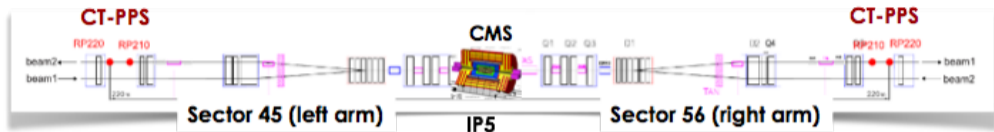
Run 2

- Только с отрицательной стороны
- Acceptance: $-6.6 < \eta < -5.2$

Run 3

× Отсутствует !

Детектор TOTEM(Roman Pots) & CT-PPS (Run 2, 3)



TOTEM(Roman Pots) & CT-PPS¹

- С обеих сторон от CMS
- Асептание: Изменяется

Детектор CT-PPS способен работать при высокой светимости БАК с высоким pile-up (вплоть до ≤ 30).

¹CT-PPS: CMS-TOTEM Precision Proton Spectrometer

Некоторые результаты

Некоторые свежие результаты за 2018 год:

- **CMS-PAS-FSQ-15-006** (Отправлено в *Eur. Phys. J. C*)
Measurement of the energy density as a function of pseudorapidity in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV
- **CMS-PAS-FSQ-12-033, TOTEM-NOTE-2018-001**
(Представлено на конференции *QCDDIFF18, Workshop on QCD and Diffraction*)
Measurement of dijet production with a leading proton in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV
- **CMS-PAS-FSQ-12-001**, *Eur. Phys. J. C 78 (2018) 242*
Study of dijet events with a large rapidity gap between the two leading jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV

Energy Flow density in pp at $\sqrt{s} = 13$ TeV

Обзор

- Измерение energy flow при:
 - $3.15 < |\eta| < 5.20$ и $-6.60 < \eta < -5.20$
- Цель: Проверка моделей космических лучей и гипотезы предельной фрагментации
- Категории событий:
 - Неупругие (INEL)
 - Не одиночная дифракция (NSD)
 - Одиночная дифракция (SD)
 - События предельной фрагментации
- Данные: p-p соударения с $\sqrt{s} = 13$ TeV в режиме уменьшенной светимости

Energy Flow density in pp at $\sqrt{s} = 13$ TeV

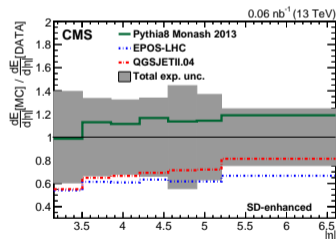
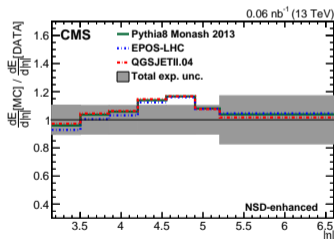
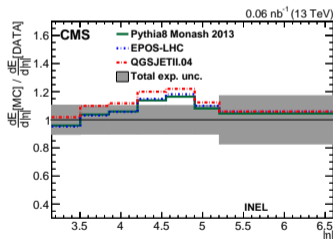
Energy Flow

- Определение: $\frac{dE}{d\eta} = \frac{1}{N_{evt.}} \sum_i E_i \frac{c(\eta)}{\Delta\eta}$
- Фактор коррекции $c(\eta)$ служит для перевода измерений с детекторного на генераторный уровень.
- Для сравнения используется 4 модели генераторов.

Energy Flow density in pp at $\sqrt{s} = 13$ TeV

Результаты: Сравнение с моделями космического излучения

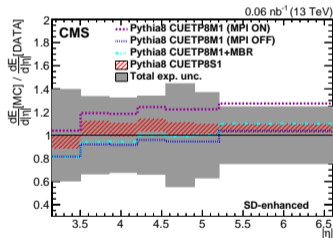
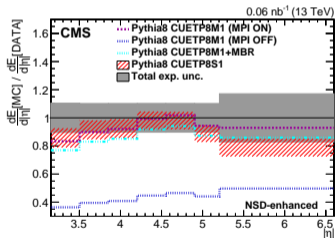
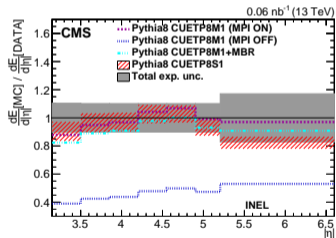
- Ни одна из представленных моделей не описывает данные
- Наибольшее различие для событий одиночной дифракции



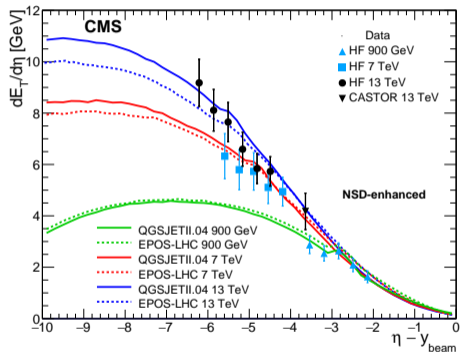
Energy Flow density in pp at $\sqrt{s} = 13$ TeV

Результаты: Сравнение с Pythia

- Модель CUETP8S1 полностью описывает данные



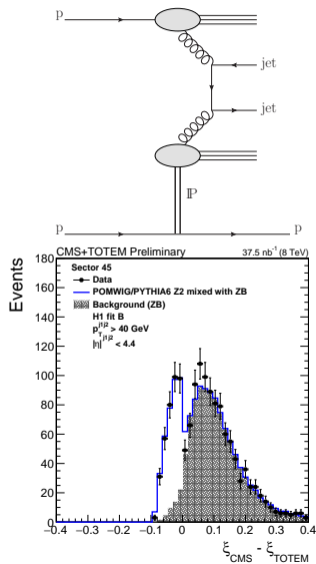
Energy Flow density in pp at $\sqrt{s} = 13$ TeV



Гипотеза предельной фрагментации
(распределения стремятся к предельному)

- Измерено E_T ($E_T = E \cdot \cosh(\eta)$)
- Гипотеза предсказывает независимость E_T от энергии вблизи $\eta' = (\eta - y_{beam}) = 0$
- Полученный результат согласуется с гипотезой

Dijet production with a leading proton in pp at $\sqrt{s} = 8$ TeV



- $p_t > 40$ GeV, $|\eta| < 4.4$, $\xi < 0.1$, $0.03 < |t| < 1$ GeV²
- Отбор событий:

- CMS: 2 струи.
- TOTEM: Протон.
- Сравнение ξ струй и протона.

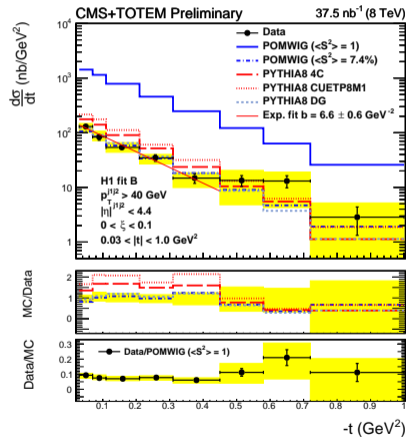
$$\xi_{CMS}^{\pm} = \frac{\sum(E^i \pm p^i)}{\sqrt{s}}$$

Выбранные события: $\xi_{CMS} - \xi_{TOTEM} < 0$

- Background:
 - CMS: Инклюзивные диджеты (пара струй)
 - TOTEM: Множественное столкновение или гало основного пучка.

Dijet production with a leading proton in pp at $\sqrt{s} = 8$ TeV

Результаты:



$$\sigma_{jj}^{pX}$$

$$\sigma_{jj}^{pX} = 21.7 \pm 0.9(stat)^{+3.0}_{-3.3}(syst) \pm 0.9(lumi) \text{ nb}$$

Зависимость сечения от t :

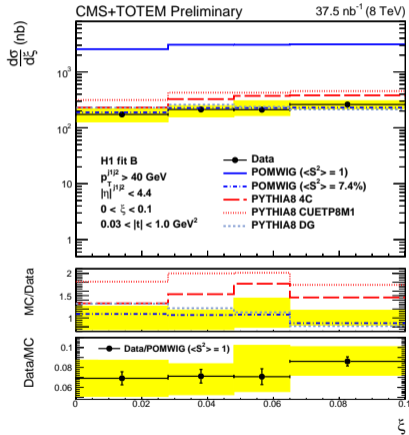
Для региона $0.03 < |t| < 0.45$ GeV²:

- $d\sigma/dt \propto \exp^{-b|t|}$
- $b = 6.6 \pm 0.6(stat)^{+1.0}_{-0.8}(syst) \text{ GeV}^{-2}$

(Результаты CDF: $b = 5 - 6 \text{ GeV}^{-2}$)

Dijet production with a leading proton in pp at $\sqrt{s} = 8$ TeV

Результаты:



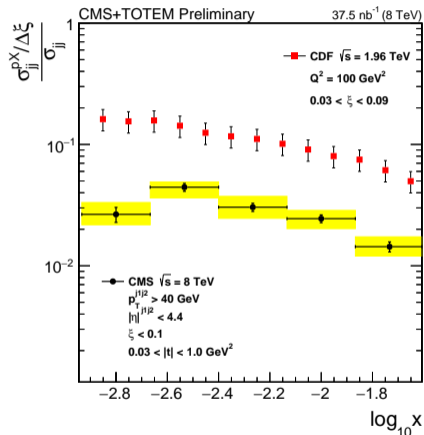
Зависимость сечения от ξ :

- Отношение к предсказаниям POMWIG:
 $9 \pm 2\%$
- PYTHIA8 DG^a:
хорошее согласие с данными

^a"Dynamic Gap model" основанная на MPI

Dijet production with a leading proton in pp at $\sqrt{s} = 8$ TeV

Результаты:

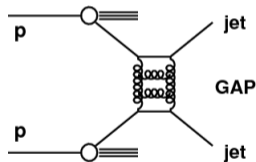


$$X^{\pm} = \frac{\sum_{jets} (E^{jet} \pm p_z^{jet})}{\sqrt{s}}$$

Отношение дифракционных диджетов к инклюзивным

- $R = (\sigma_{jj}^{pX} / \Delta\xi) / \sigma_{jj} = 0.025 \pm 0.001(stat) \pm 0.003(syst)$
- Сравнение с данными TEVATRON (1.96 TeV): Отличие ~ 3 раза из-за большего вклада от перерасеяния.

Dijet with a RG between jets in pp at $\sqrt{s} = 7$ TeV

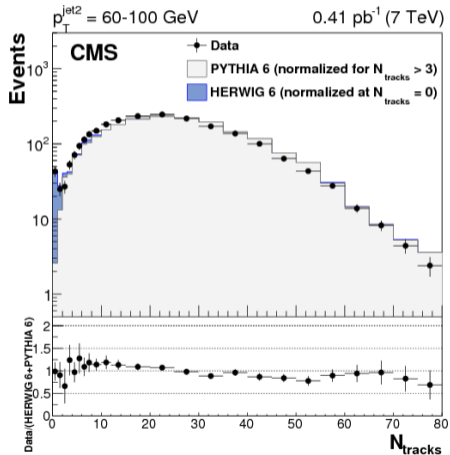


Отбор событий

- p_T^{jet2} (второй струи):
 - $40 < p_T^{jet2} < 60$ GeV
 - $60 < p_T^{jet2} < 100$ GeV
 - $100 < p_T^{jet2} < 200$ GeV
- Лидирующие струи разделены провалом:
 $1.5 < |\eta^{jet}| < 4.7$

Dijet with a RG between jets in pp at $\sqrt{s} = 7$ TeV

Результаты:



Множественность заряженных частиц для $|\eta| < 1$

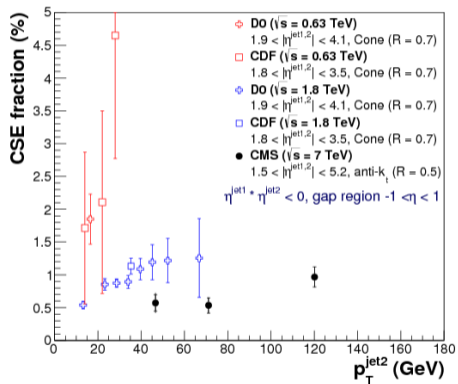
- Данные превышают предсказания PYTHIA6 (Лидирующий порядок ДГЛАП)
- Описываются HERWIG (БФКЛ с логарифмической точностью^a, Модель Мюллера-Танга^b)

^aLL BFKL

^bMueller-Tang model

Dijet with a RG between jets in pp at $\sqrt{s} = 7$ TeV

Результаты:



CSE fraction

CSE^a fraction – Отношение числа диджетов с выделенным RG к общему количеству

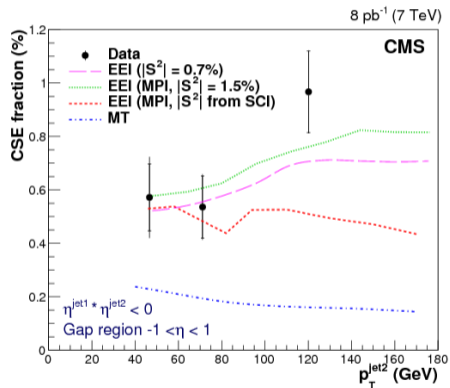
^acolor-singlet exchange

Сравнение с TEVATRON (1.8 TeV)

Отличие ~ 2 раза из-за большего вклада от перерассеяния.

Dijet with a RG between jets in pp at $\sqrt{s} = 7$ TeV

Результаты:



Сравнение с теоретическими предсказаниями

Использованы предсказания Ekstedt, Enberg и Ingelman, основанные на NLL BFKL с тремя предположениями о вероятности выживания провала быстроты (S , gap survival probability):

- Требуются дальнейшие улучшения S .

Выводы

- Представлены данные анализов CMS по дифракционным процессам за 2018 год.
- Общая тенденция: нет ни одной теоретической модели, способной полностью описать представленные процессы.
- Отличие данных CMS БАК по сравнению с данными TEVATRON объясняются вкладом многократных померонных перерасеяний.
- CMS является прекрасным прибором для изучения дифракционных процессов, в особенности после объединения в систему CT-PPS.

Спасибо за внимание!