

Выходы φ -мезонов в зависимости от поперечного импульса в столкновениях ядер золота при энергиях 19.6 и 27 ГэВ в эксперименте STAR

Докладчик: Снигирев С.И.

Научный руководитель: Строковский Е.А.

Научный консультант: Апарин А.А.

МГУ имени М.В. Ломоносова
Физический факультет
Кафедра физики элементарных частиц

26.05.2023

Цель

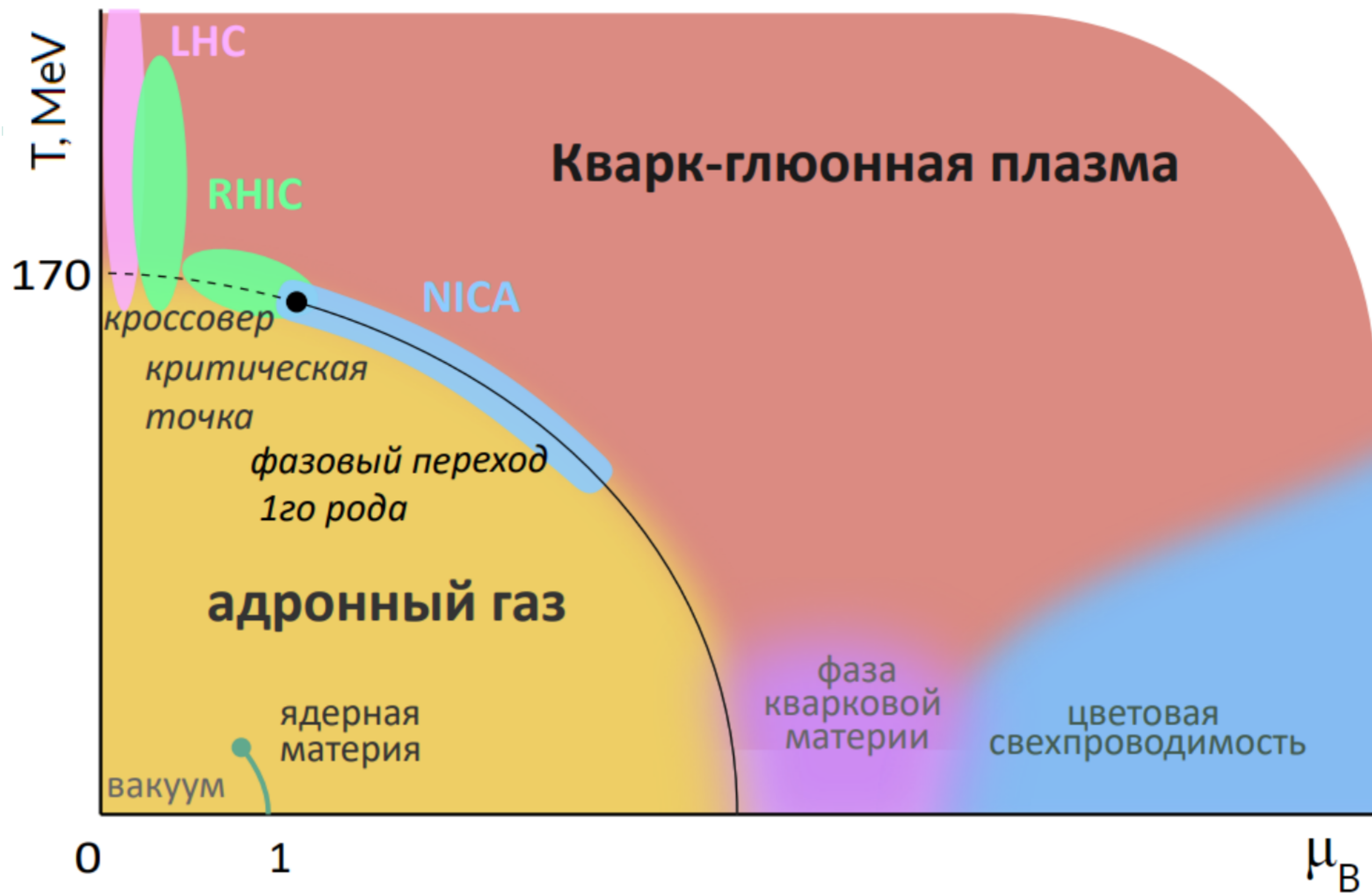


- Получение данных о выходе ϕ -мезонов в зависимости от их поперечного импульса в столкновениях ядер Au + Au при энергиях $\sqrt{s_{NN}} = 19,6$ ГэВ и 27 ГэВ

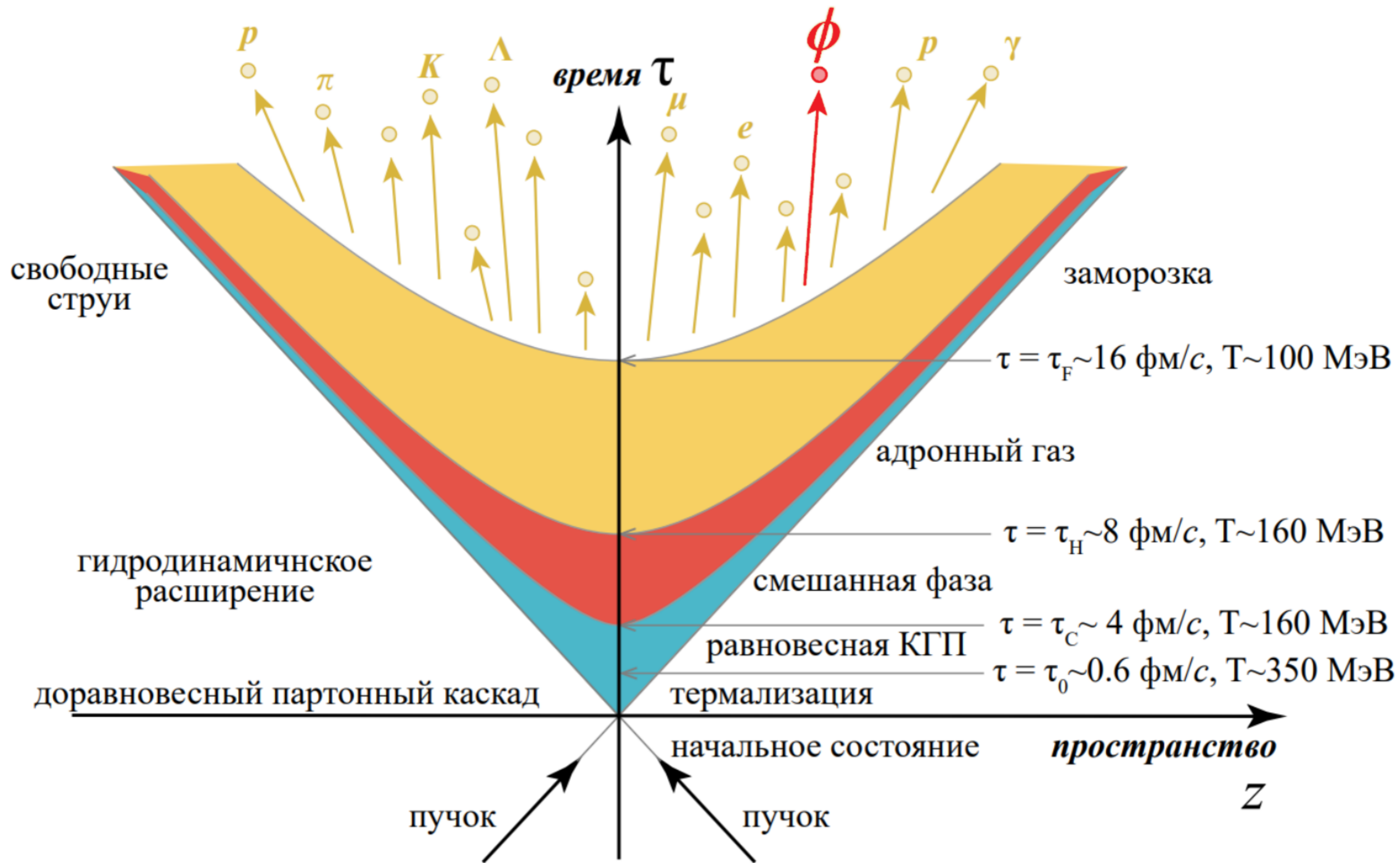
Задачи

- Произвести отбор данных эксперимента STAR
- Произвести первичный отбор событий и треков
- Получить распределения по эффективной массе пары противоположно заряженных каонов, образовавшихся в результате распада ϕ -мезона
- Измерить распределение выходов ϕ -мезонов в зависимости от их поперечного импульса

Фазовая диаграмма ядерной материи



Эволюция столкновения тяжелых ультрарелятивистских ядер



Свойства ϕ -мезонов

Свойство	Значение
Кварковый состав	$s\bar{s}$
Квантовые числа, $I^G(J^{PC})$	$0^-(1^{--})$
Масса, (МэВ/ c^2)	$m = 1019,461 \pm 0,016$
Время жизни, сек	$(1,55 \pm 0,01) \times 10^{-22}$
Канал распада	Вероятность распада
K^+K^-	$(49,2 \pm 0,5)\%$
$K_S^0K_L^0$	$(34,0 \pm 0,4)\%$
$\rho\pi + \pi^+\pi^-\pi^0$	$(15,2 \pm 0,3)\%$

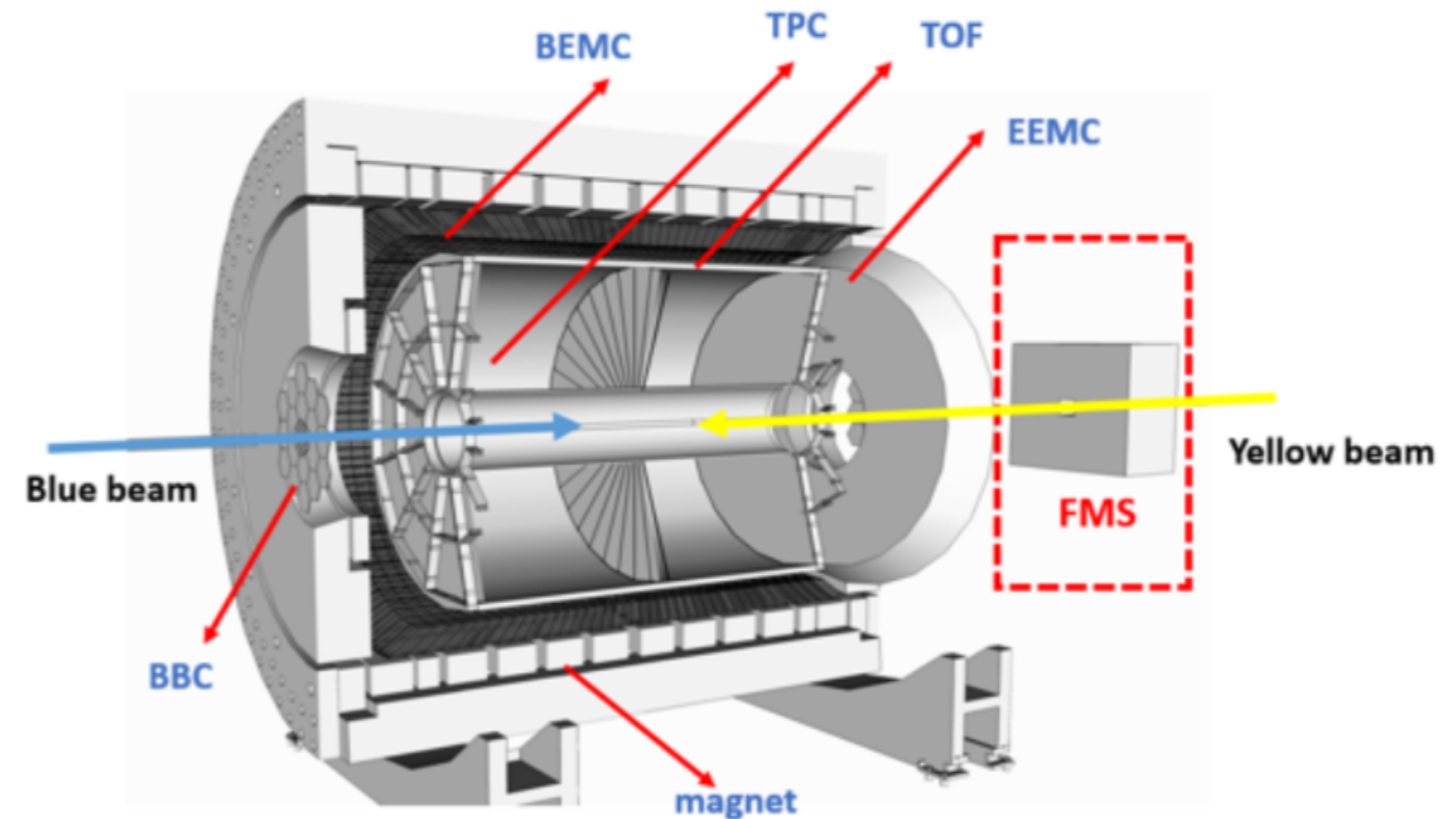
- ϕ -мезон имеет малое сечение взаимодействия с нестранными адронами
- Из-за большего времени жизни, чем у КГП, ϕ -мезоны в основном распадаются вне фазы КГП и их дочерние частицы реже перерассеиваются в фазе адронизации
- Доля первичных ϕ -мезонов составляет около 100%, так как он не является продуктом распада большинства более массивных резонансов
- Сигнал ϕ -мезона в распределении по эффективной массе имеет малую ширину и хорошо отделен от других резонансов

Экспериментальная установка STAR

Детекторы STAR:

- **Время-проекционная камера (TPC)**
- **Время-пролетная система (ToF)**
- Электромагнитный калориметр (EMC)
- Детектор мюонного телескопа (MTD)
- Детектор плоскости событий (EPD)
- Триггеры:
 - Zero Degree Calorimeter (ZDC)
 - Beam-Beam Counter (BBC)
 - Vertex-Position Detector (VPD)

STAR (Solenoidal Tracker At RHIC) – один из основных детекторных комплексов ускорителя RHIC



Информация о данных

Столкновения Au+Au при $\sqrt{s_{NN}} = 19.6 \text{ GeV}$, $\sim 11 \cdot 10^8$ событий

Столкновения Au+Au при $\sqrt{s_{NN}} = 27 \text{ GeV}$, $\sim 4 \cdot 10^8$ событий

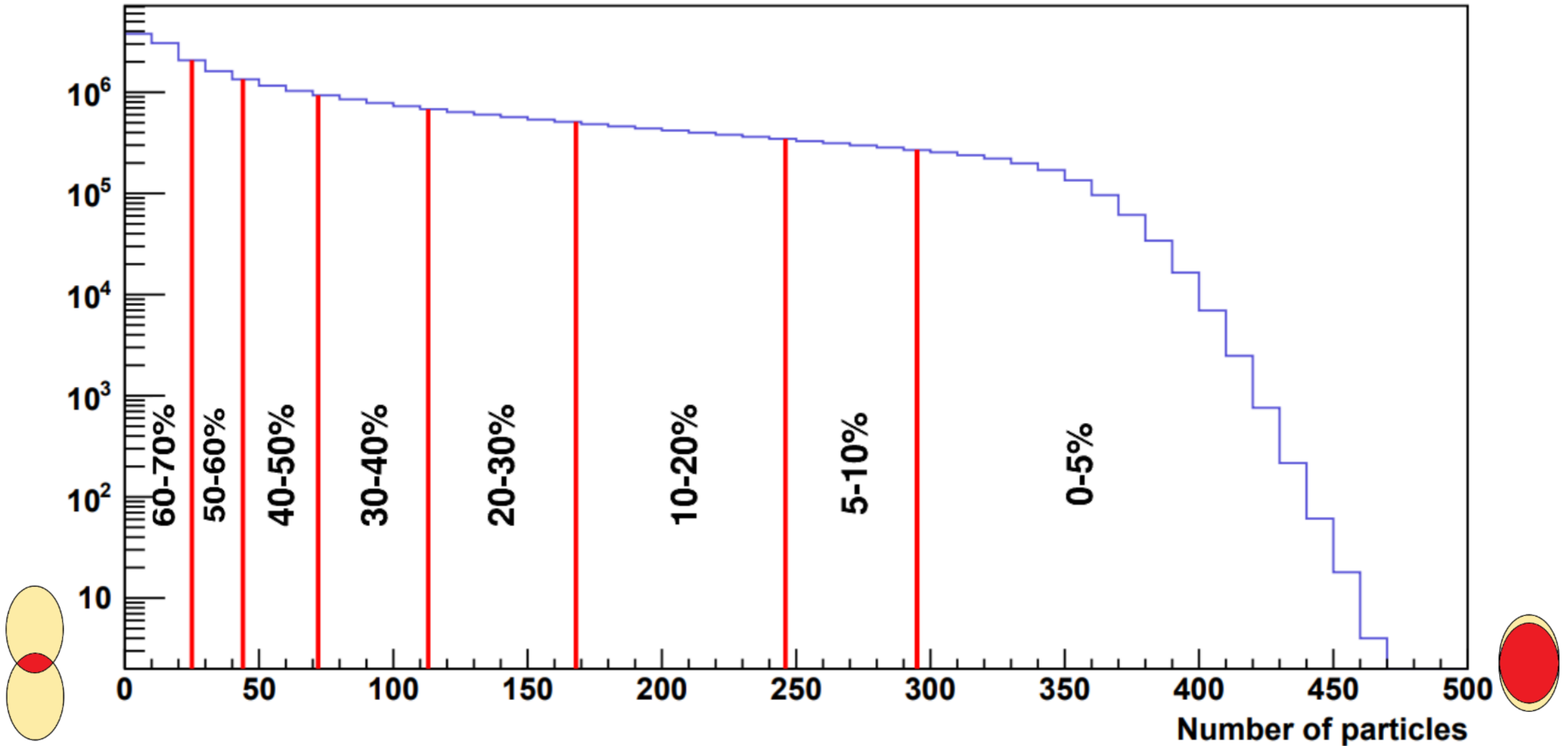
Отбор событий

- Продольная координата вершины столкновения $|V_z| < 30 \text{ cm}$
- Поперечная координата вершины столкновения $V_r < 2 \text{ cm}$

Отбор треков

- Расстояние минимального сближения $|DCA| < 3 \text{ cm}$
- Псевдобыстрота $|\eta| < 0.5$
- Поперечный импульс $p_T > 0.15 \text{ GeV}/c$
- Число хитов $N_{\text{Hits}} > 15$
- Отношение числа хитов к максимально возможному $N_{\text{Hits}}/N_{\text{HitsPoss}} > 0.52$

Определение центральности события



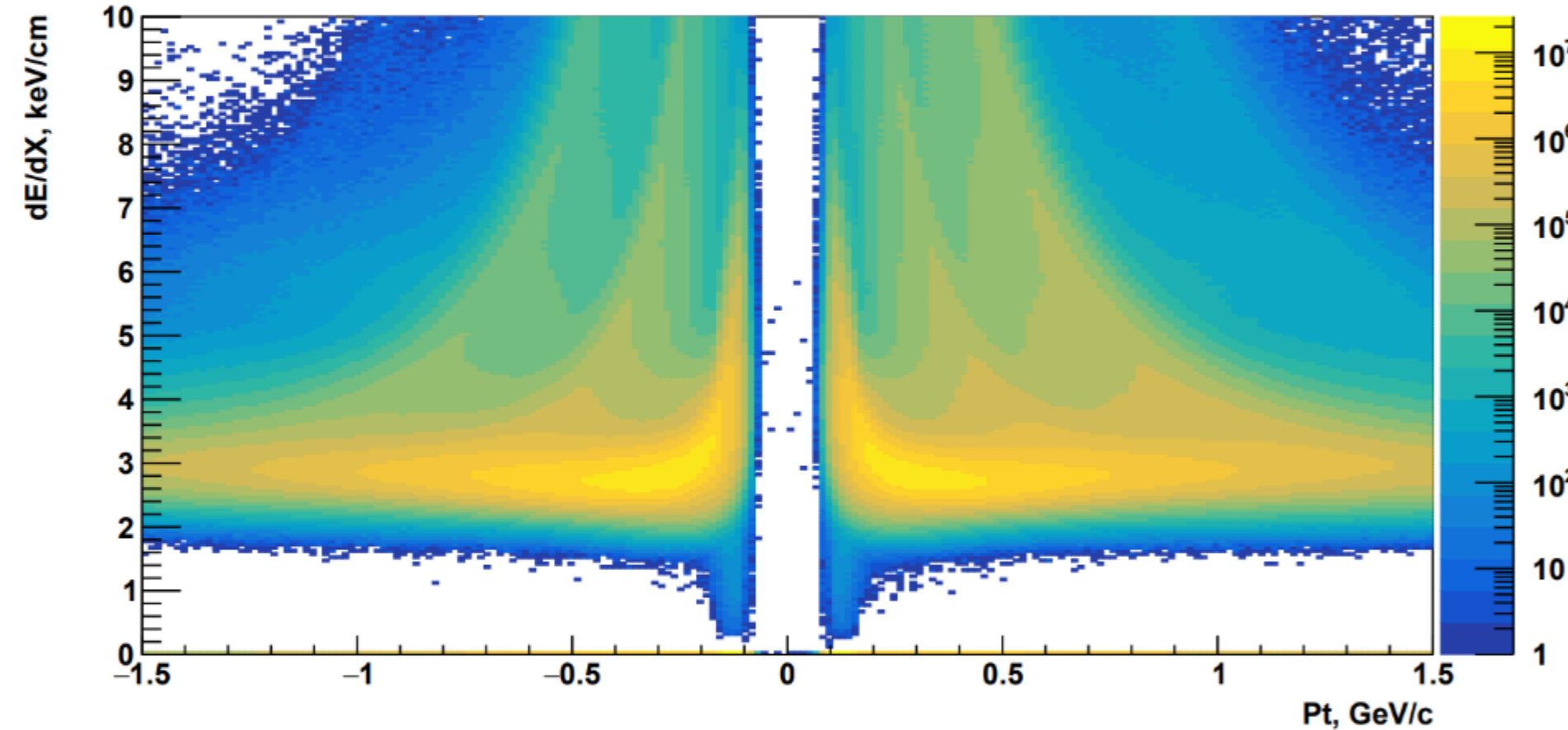
Идентификация каонов

TPC: $|\ln \text{SigmaKaon}| < 2$

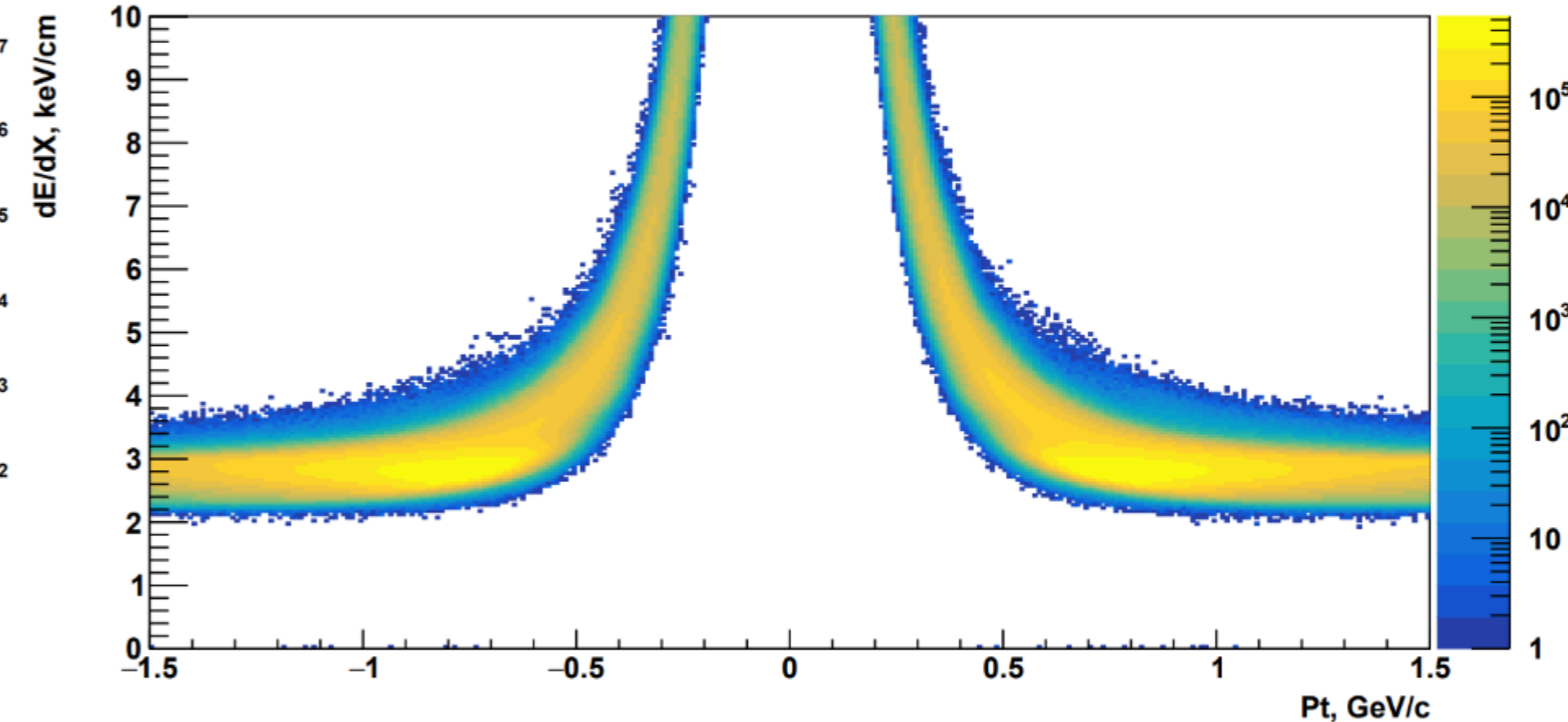


$$-\left(\frac{dE}{dx}\right) = K z^2 \frac{Z}{A} \frac{1}{\beta^2} \left[\frac{1}{2} \ln \left(2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2 \frac{T_{\max}}{I^2} \right) - \beta^2 - \frac{\delta(\beta\gamma)}{2} \right]$$

dEdx vs Pt



dEdx vs Pt after cuts



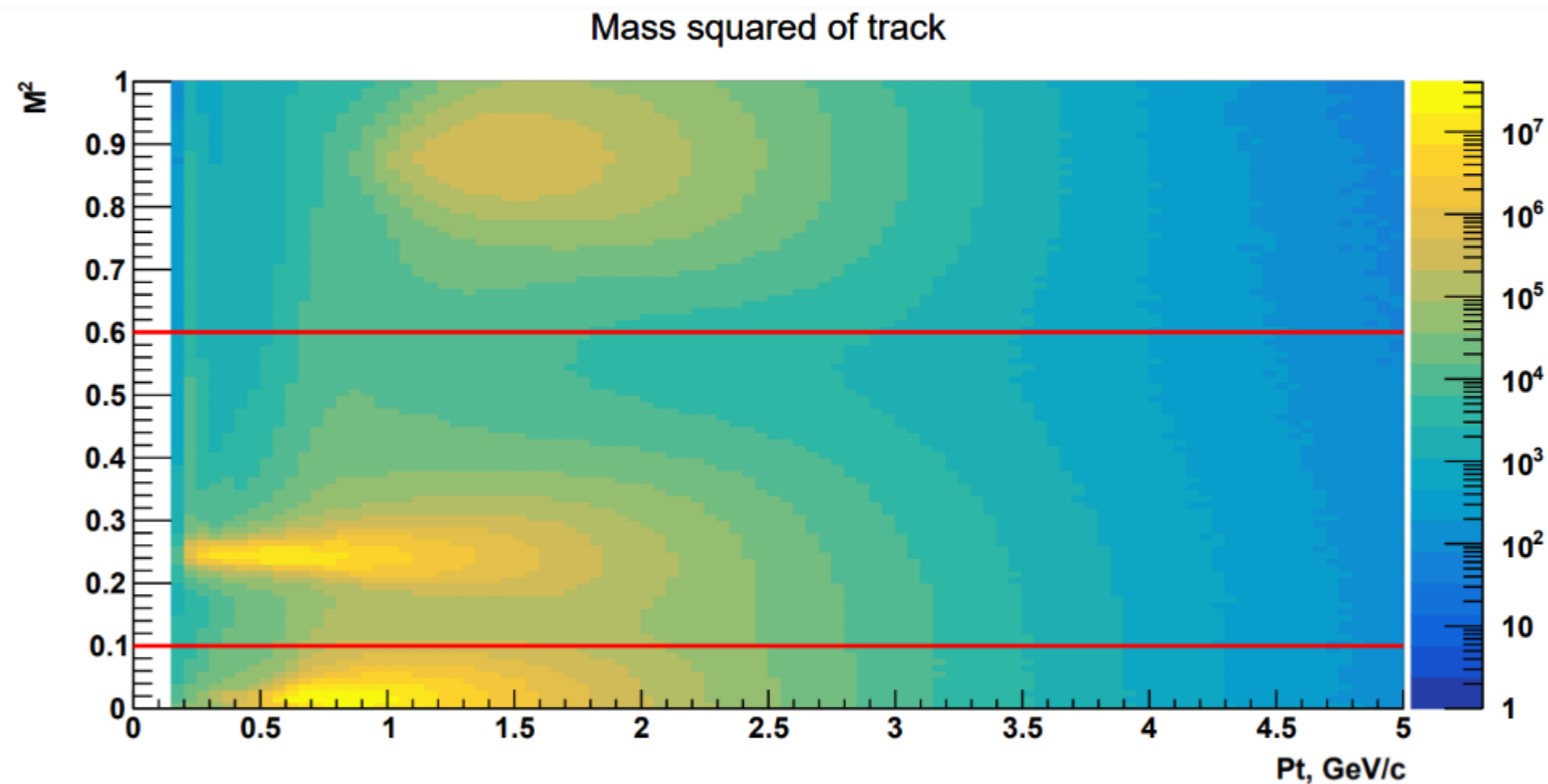
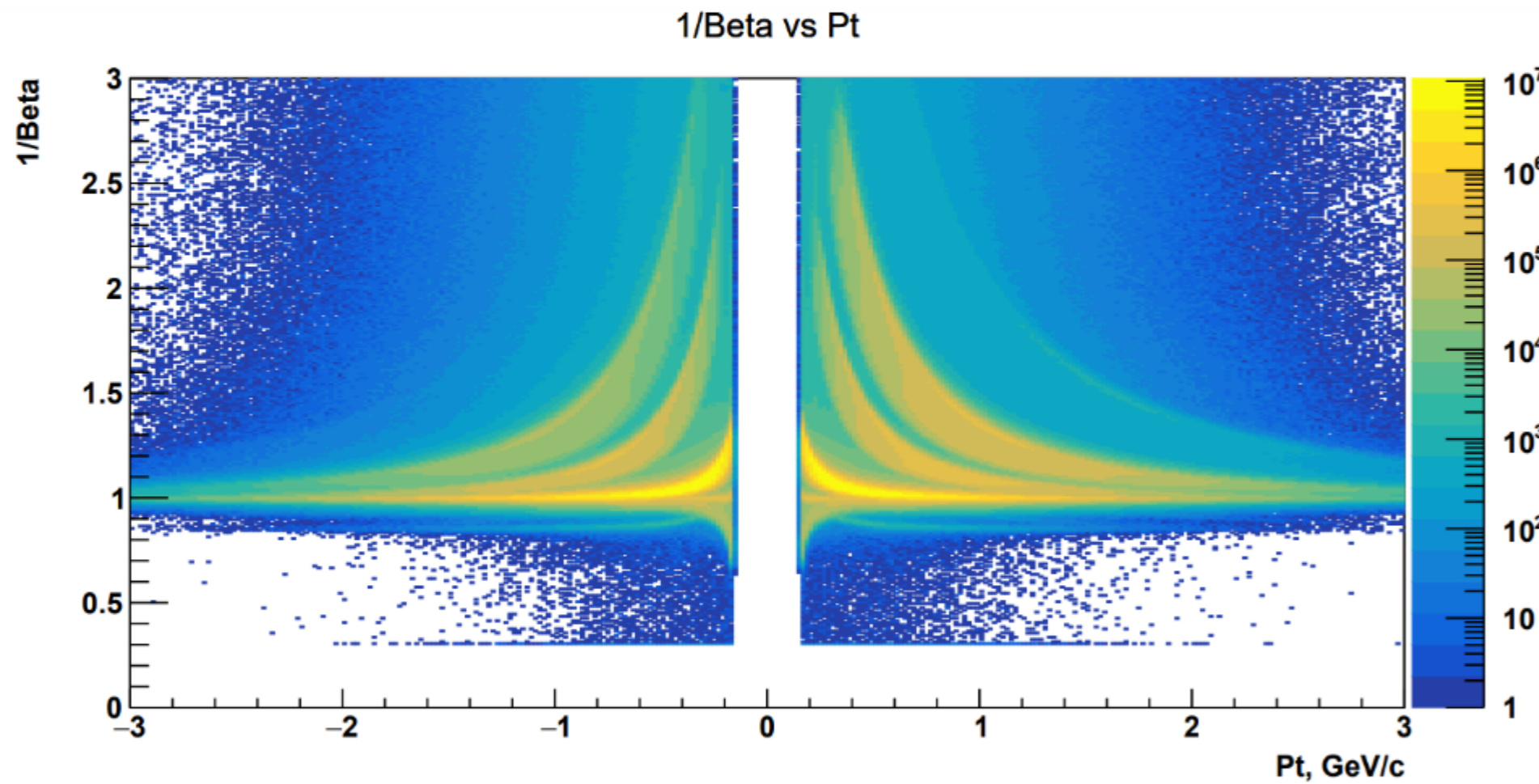
Распределения ионизационных потерь в зависимости от поперечного импульса.
Слева - до ограничений, справа - после ограничений.

Идентификация каонов

ToF: $0.1 < M^2 < 0.6$ при $p_T > 0.6$



$$m^2 = \frac{p^2}{c^2} \left(\frac{\tau^2}{L^2/c^2} - 1 \right)$$



Распределение $1/\beta$ в зависимости от поперечного импульса.

Распределение M^2 в зависимости от поперечного импульса.

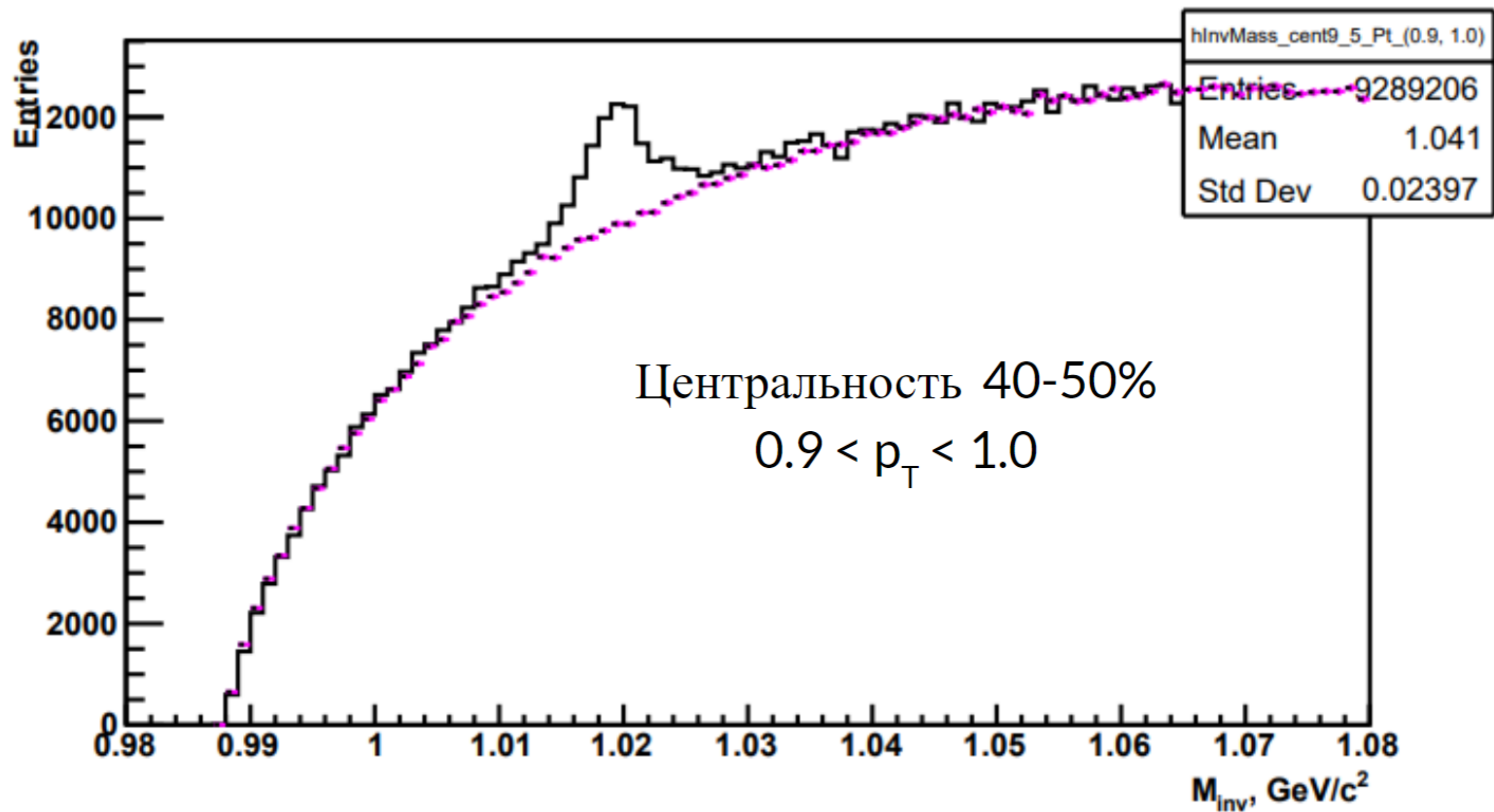
Распределение по эффективной массе

$$\varphi \rightarrow K^+ + K^-$$


$$M_{eff}^2 = (E_1 + E_2)^2 - (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)^2$$

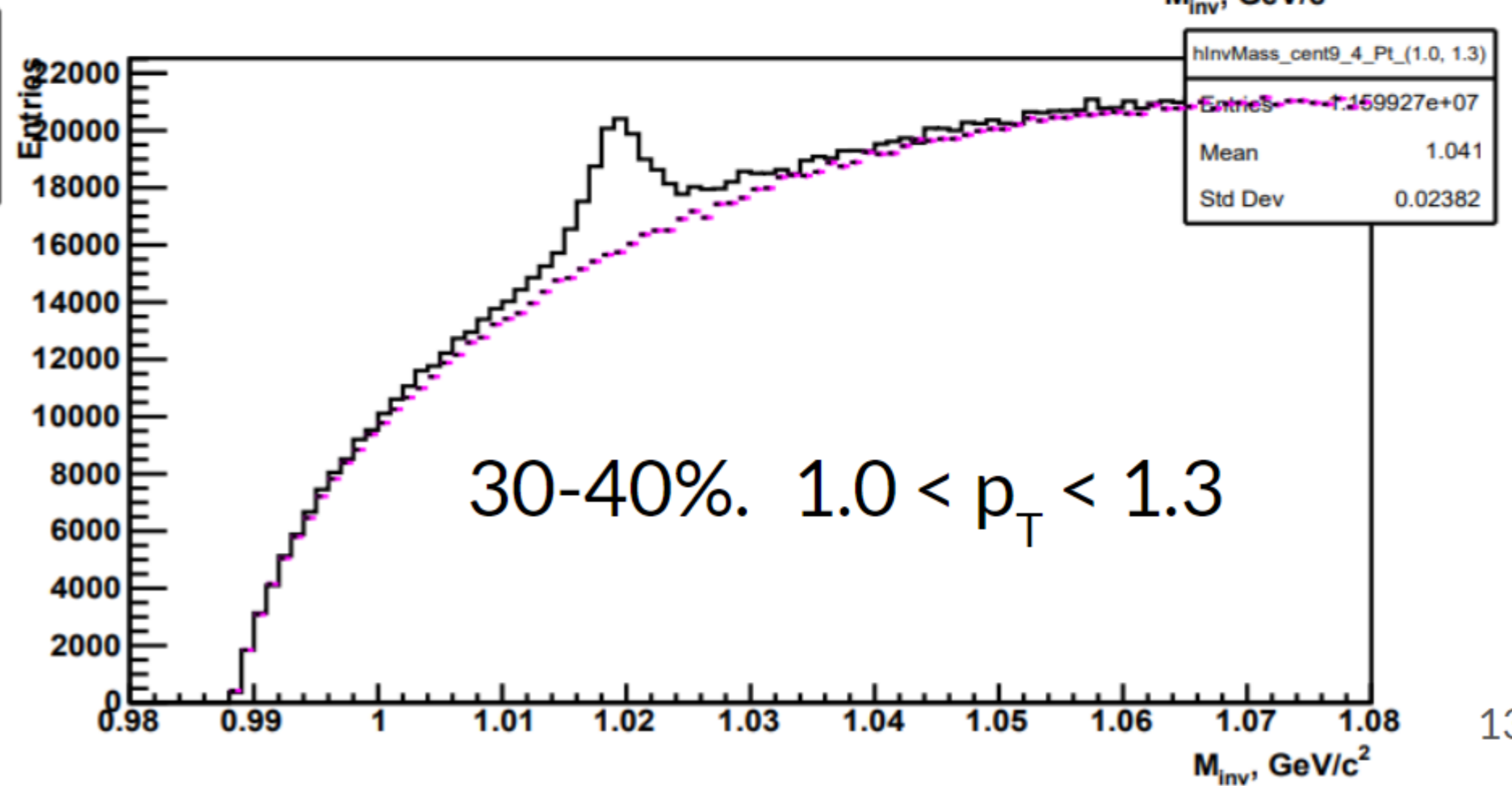
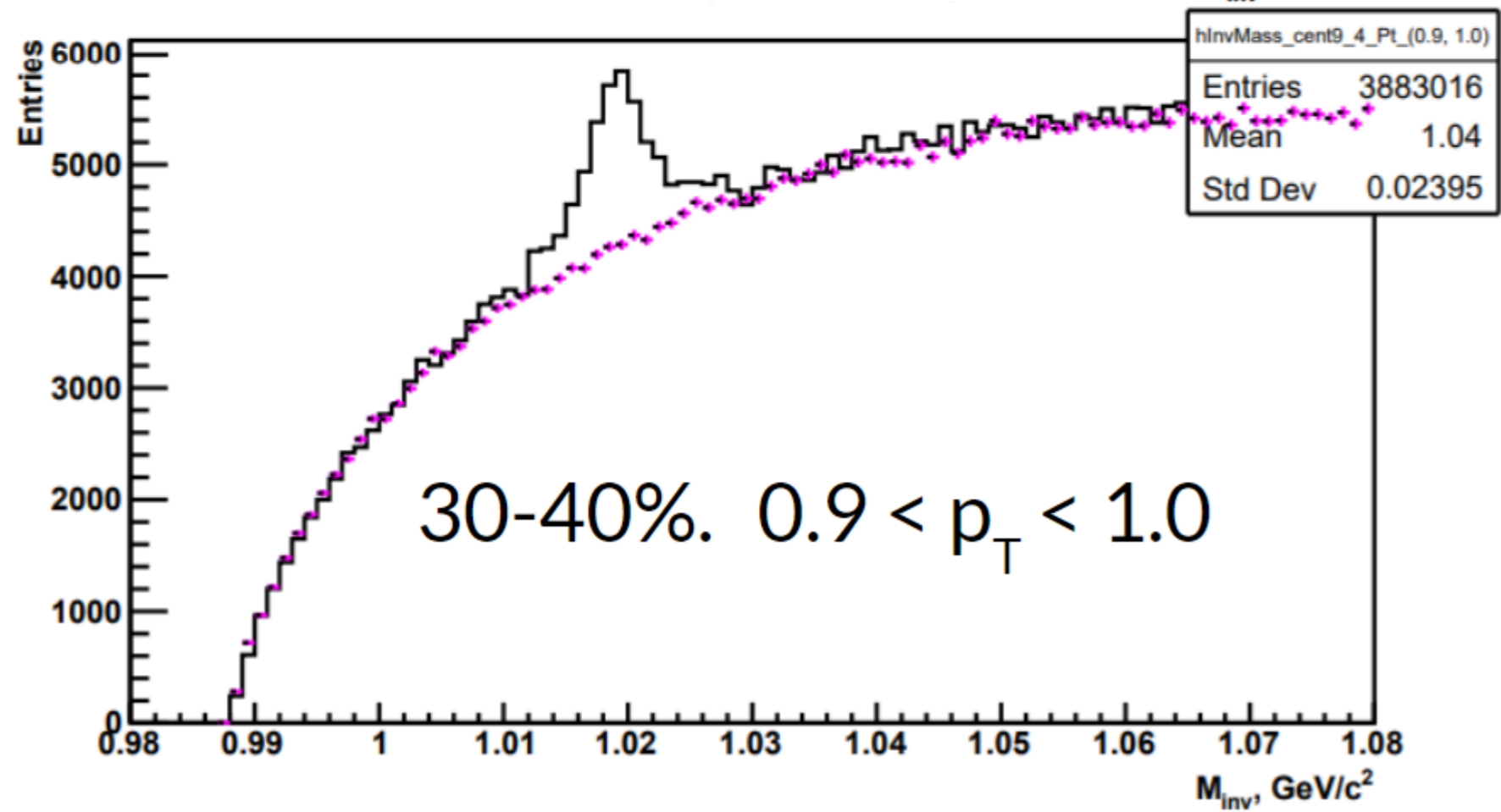
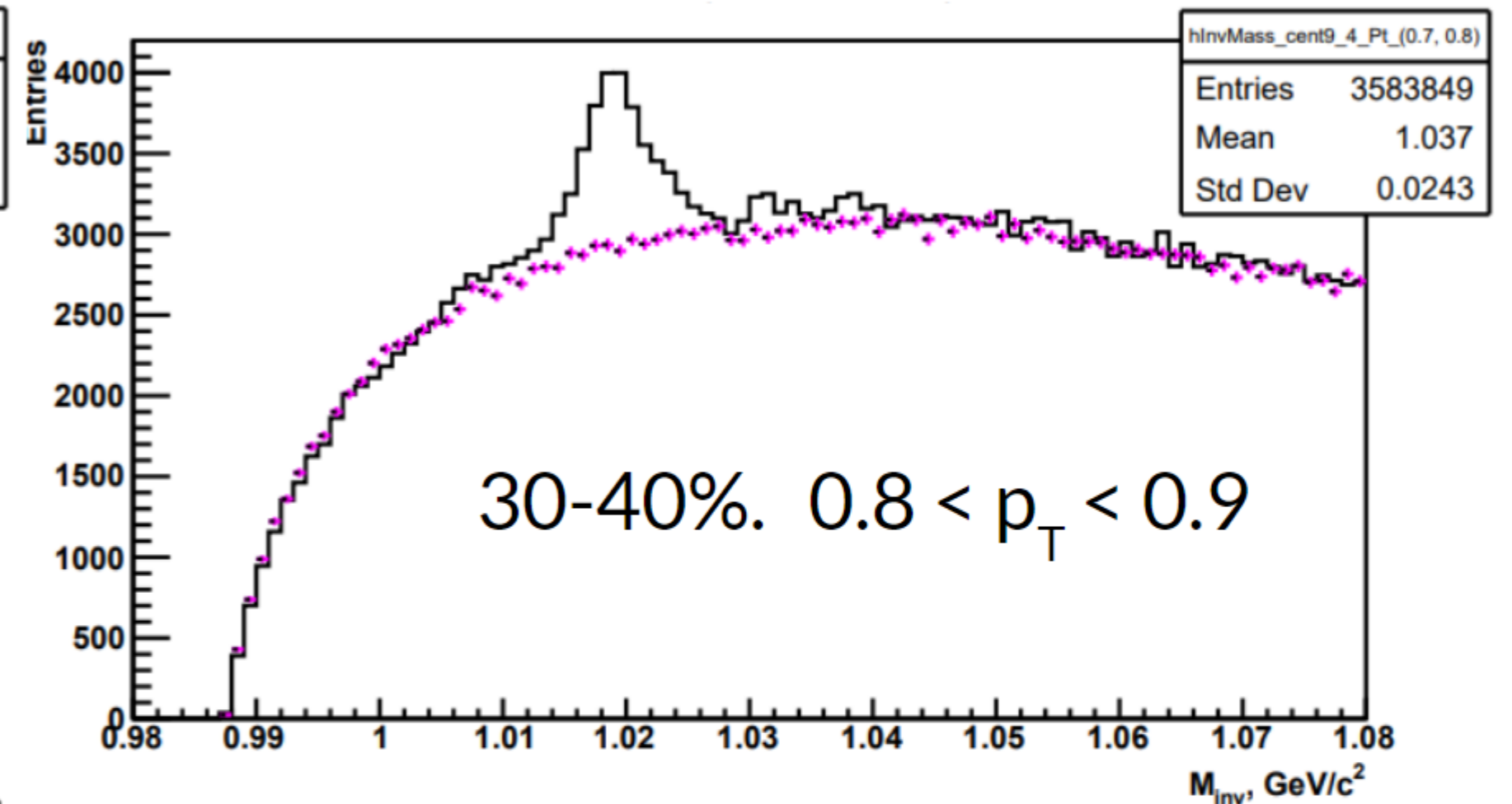
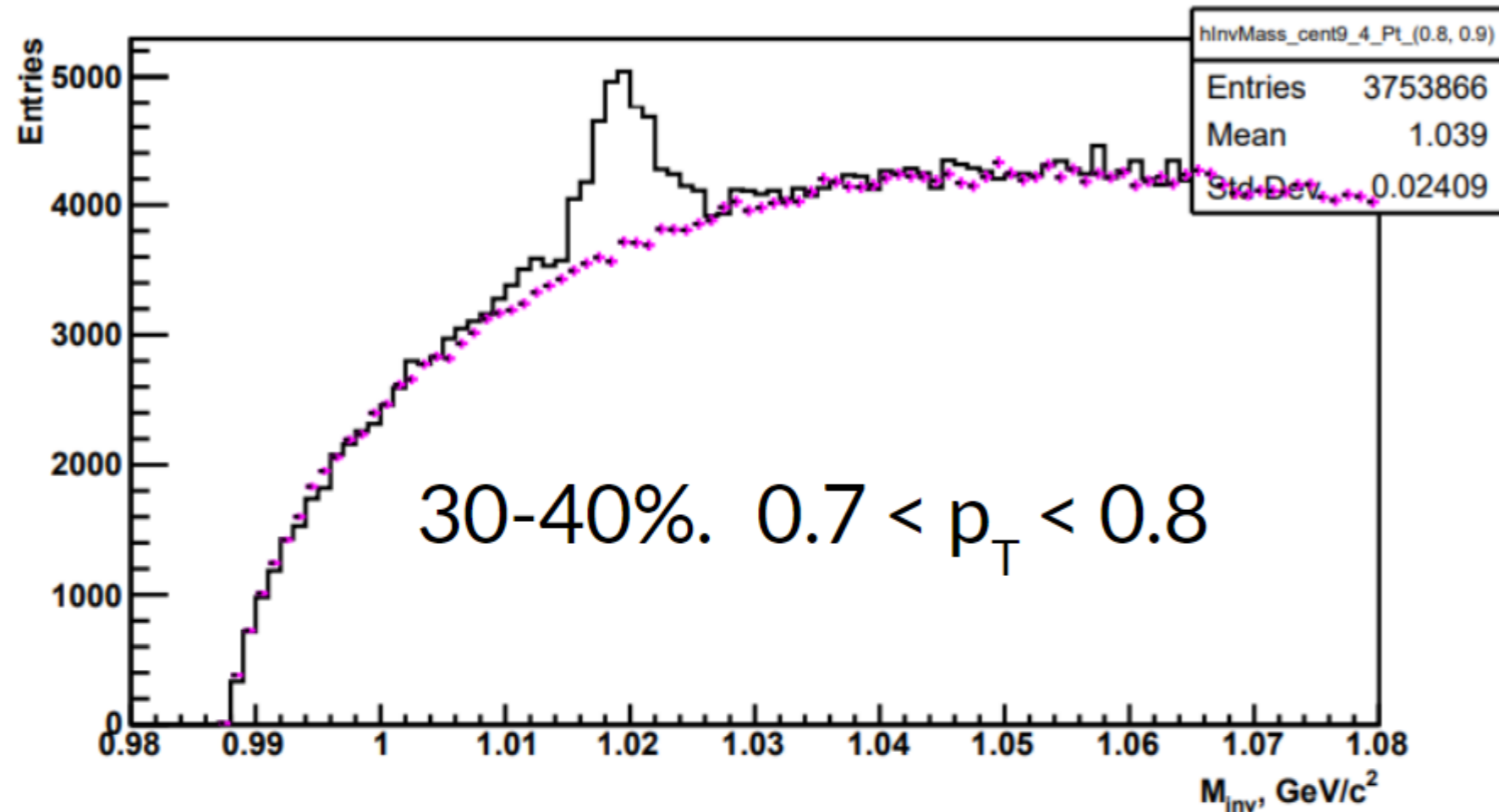
$$E_i = \sqrt{p_i^2 + m_K^2}$$

Распределение по эффективной массе. 27 ГэВ

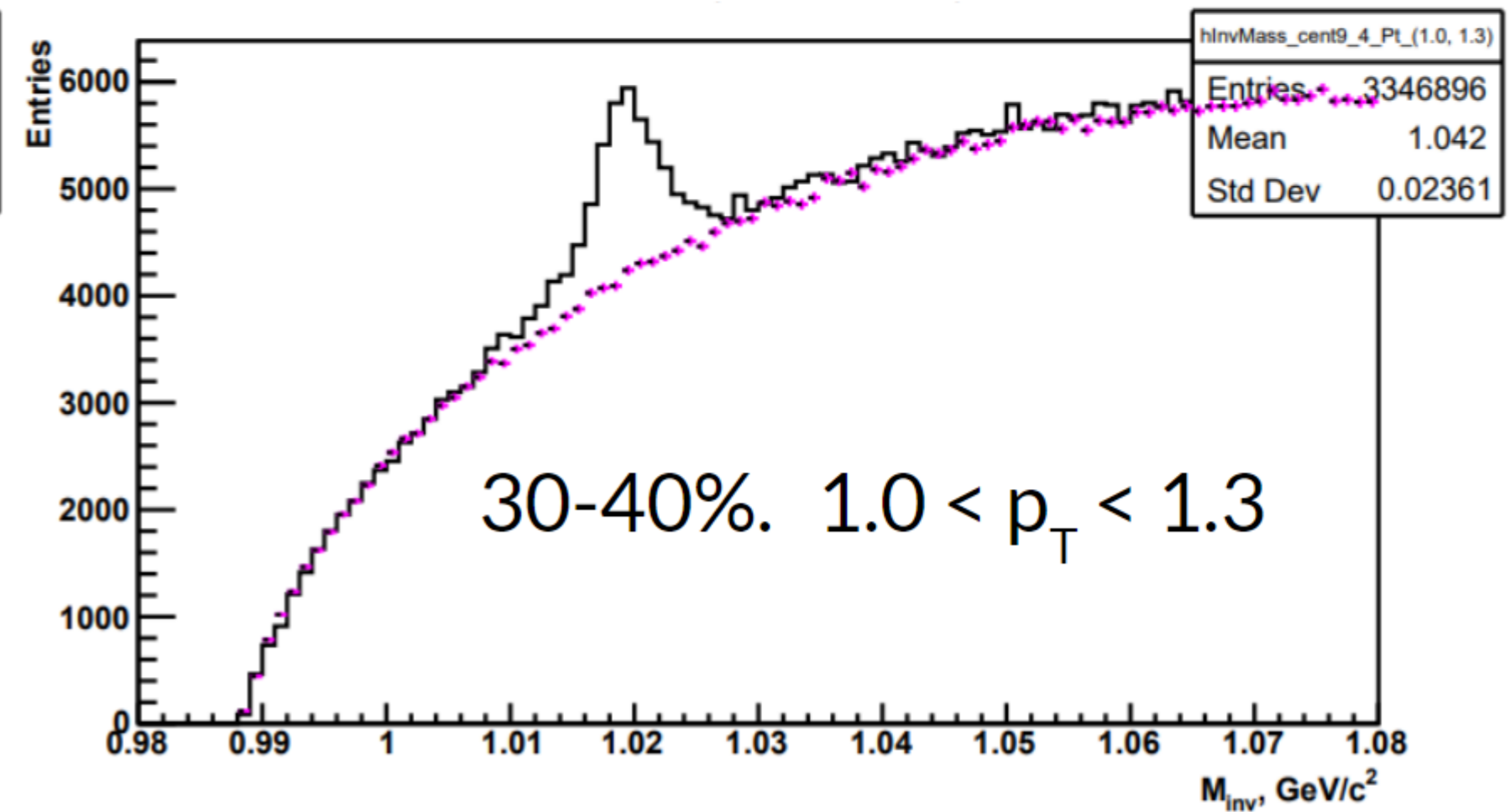
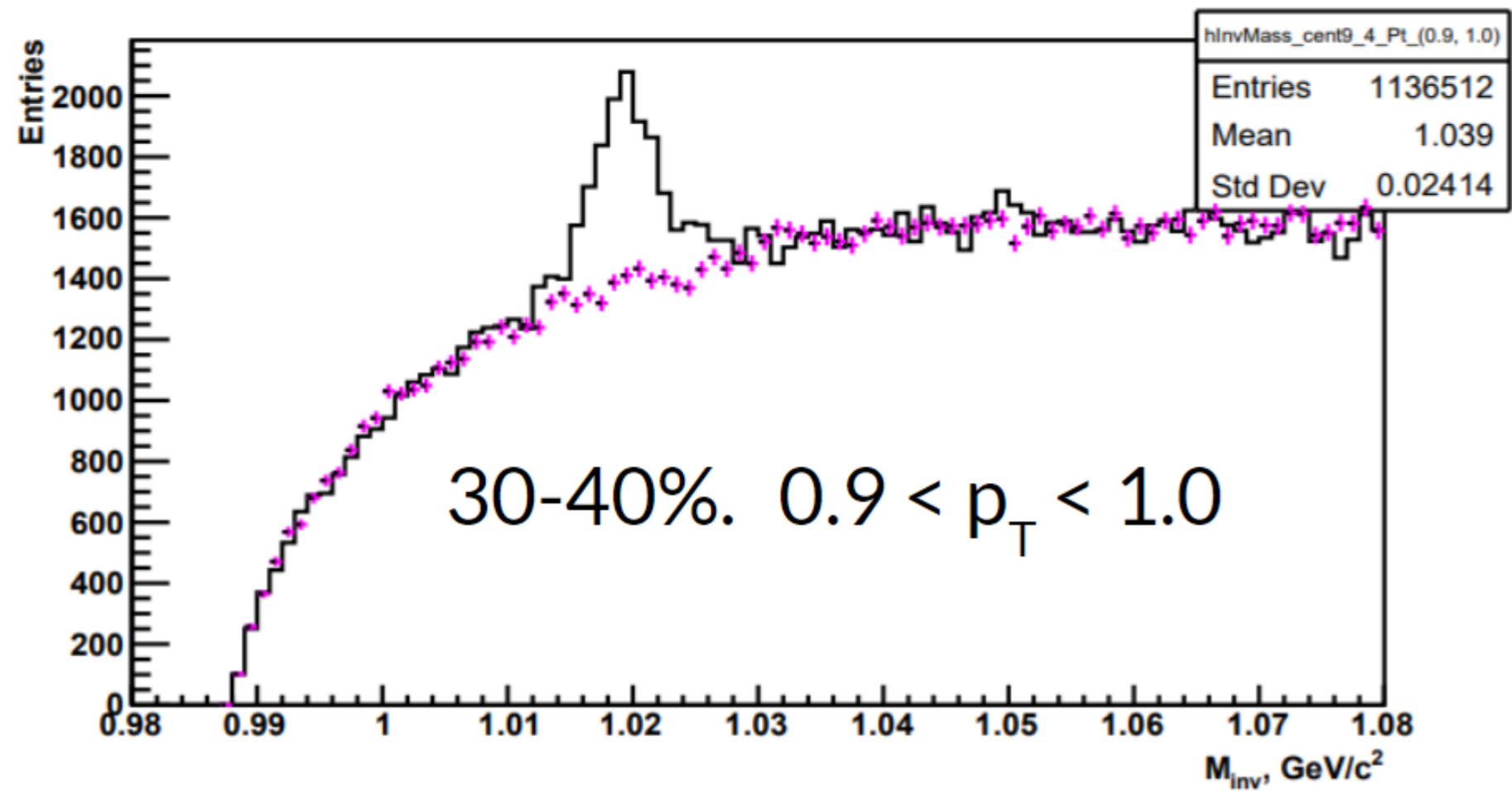
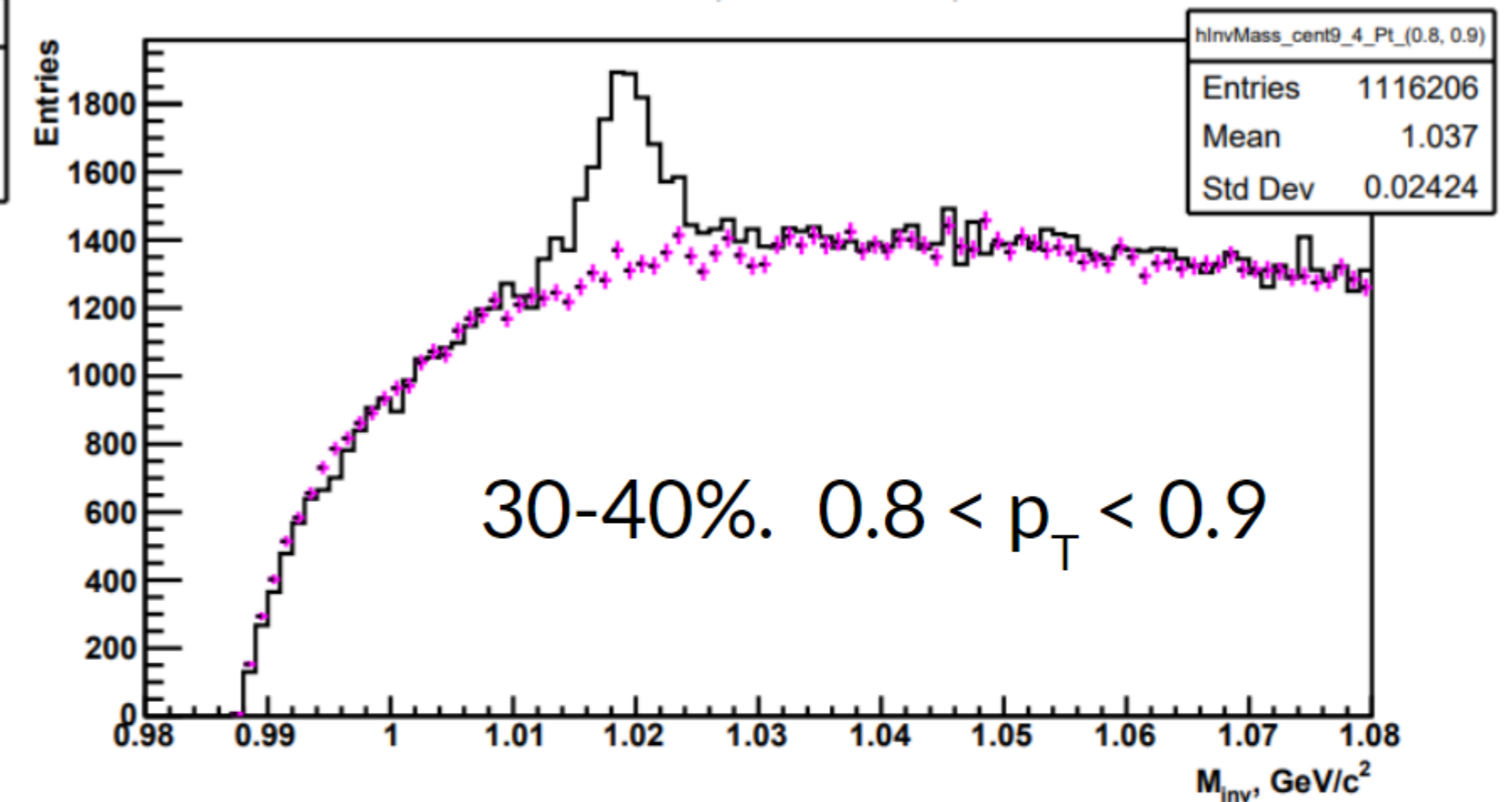
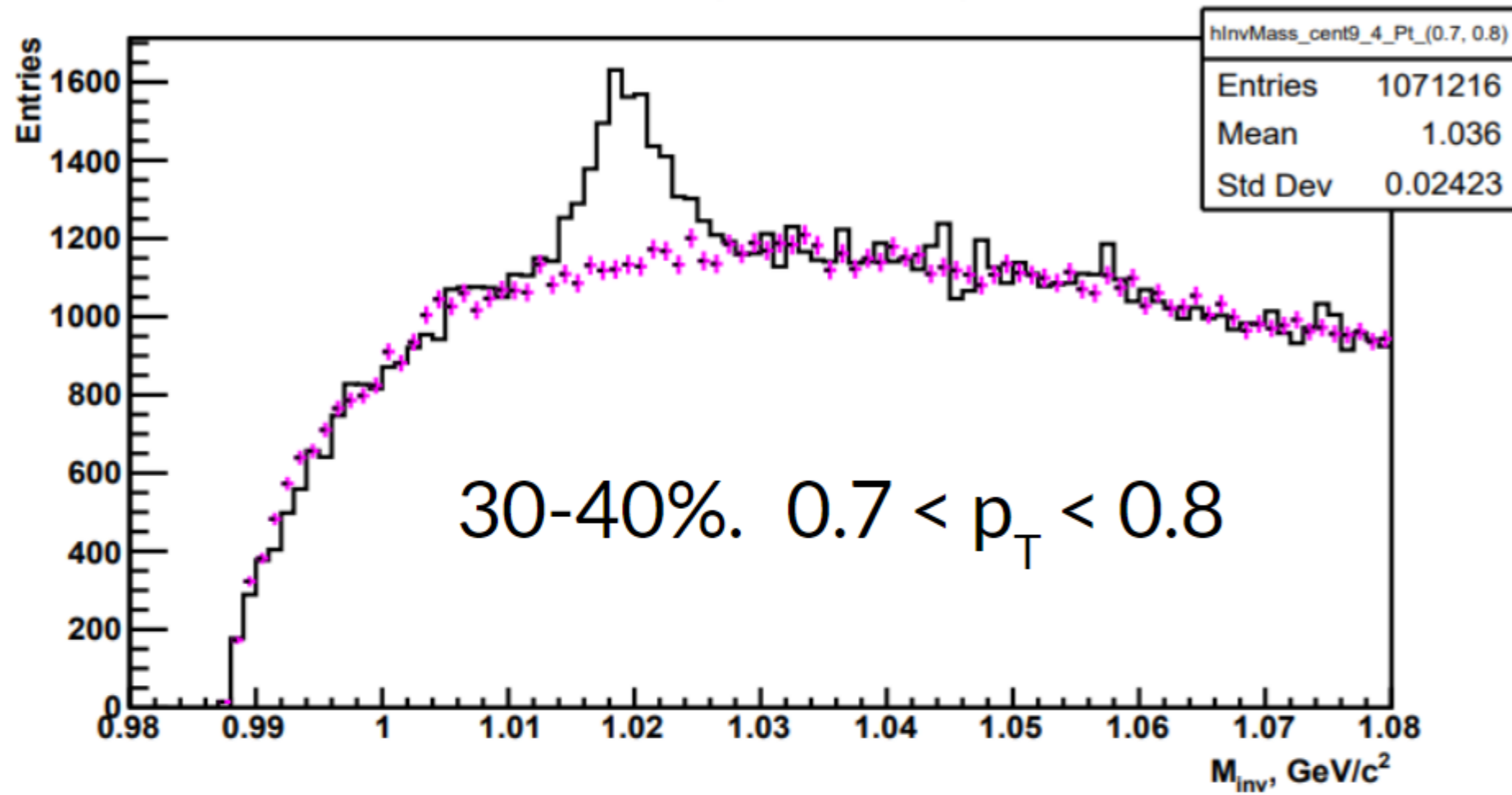


Распределение по эффективной массе пары противоположно заряженных каонов.
Розовым цветом показан фон, полученный смешиванием событий.

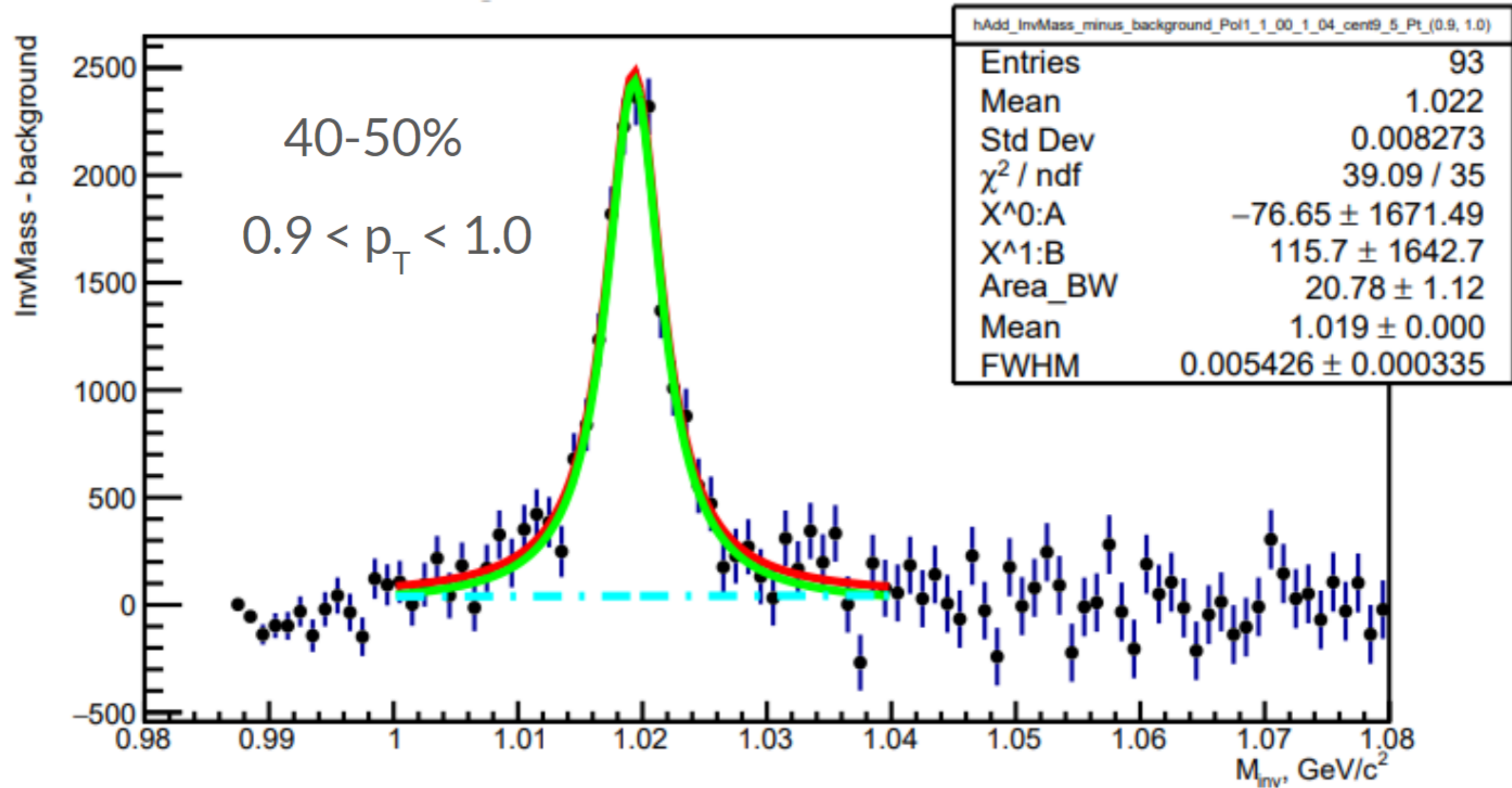
Распределение по эффективной массе. 27 ГэВ



Распределение по эффективной массе. 19,6 ГэВ



Аппроксимация распределения по эффективной массе. 27 ГэВ

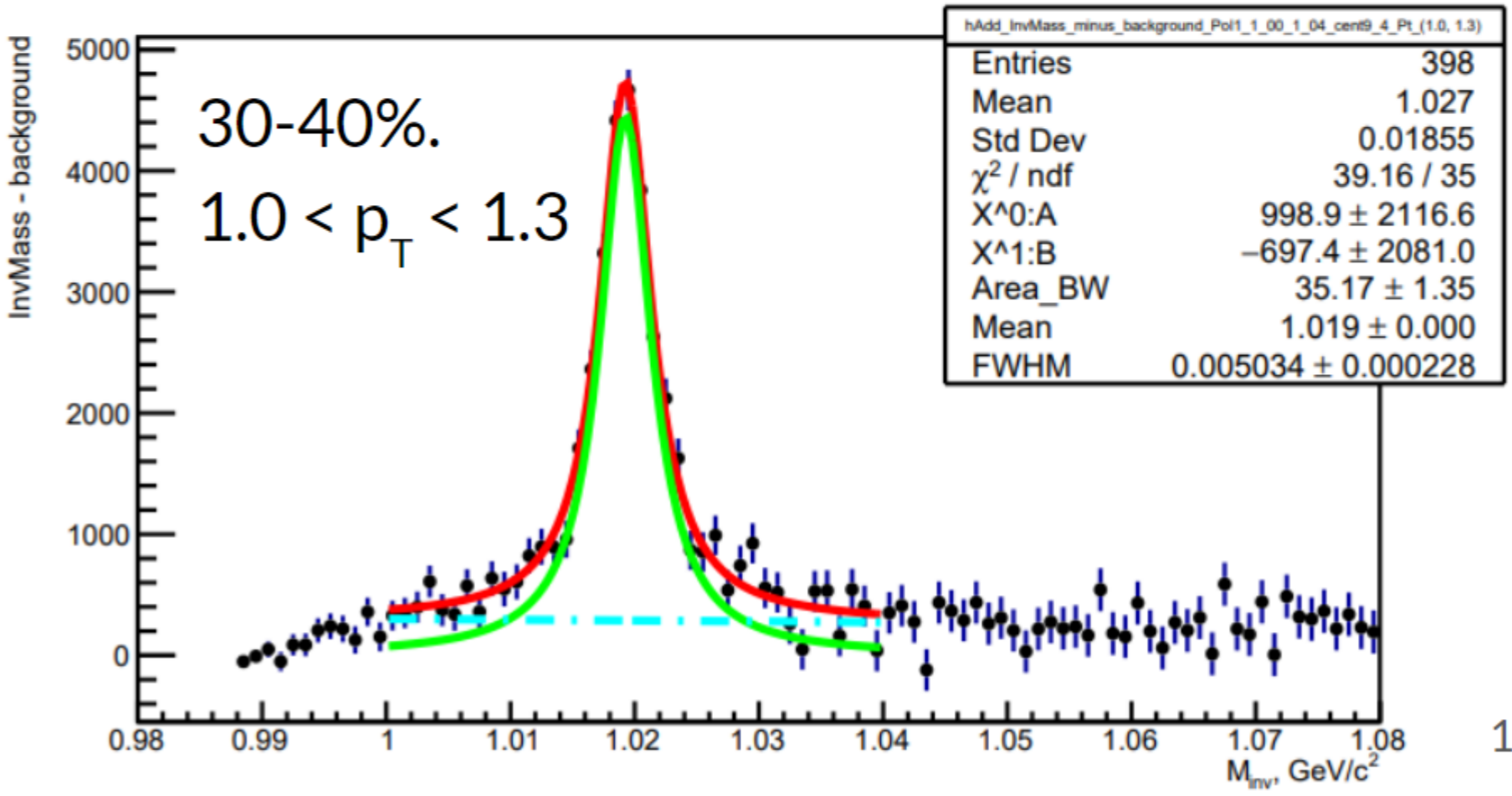
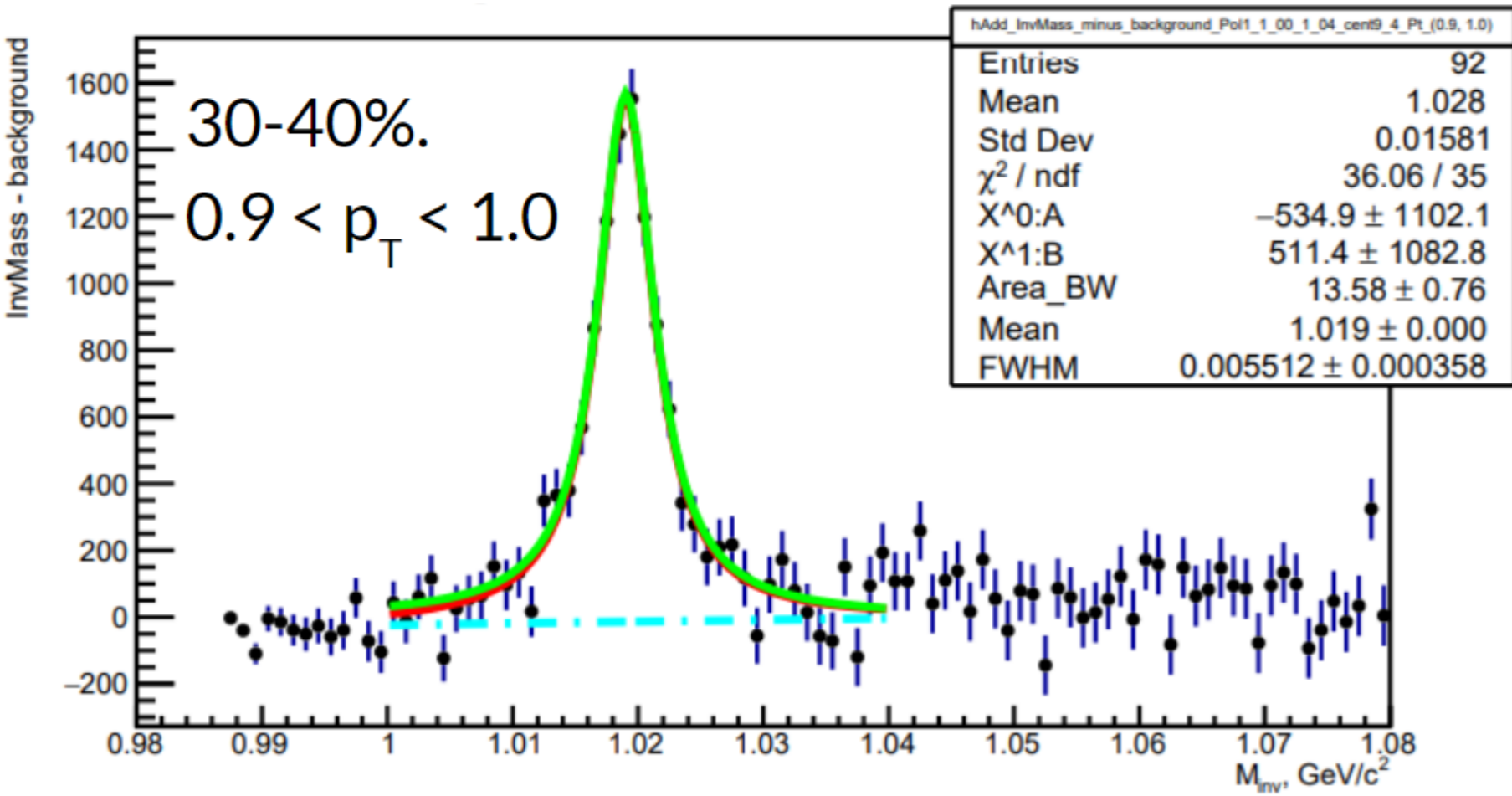
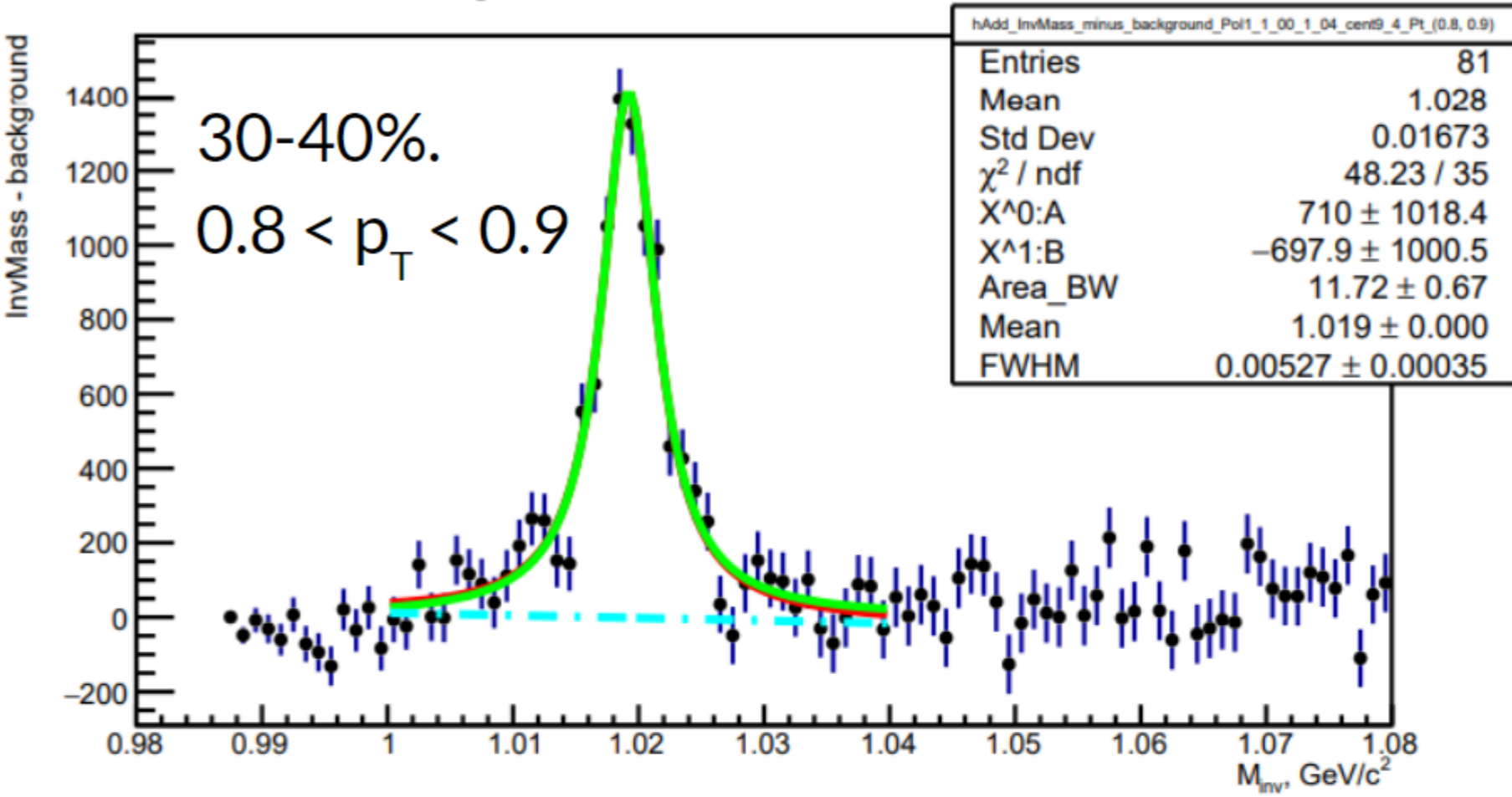
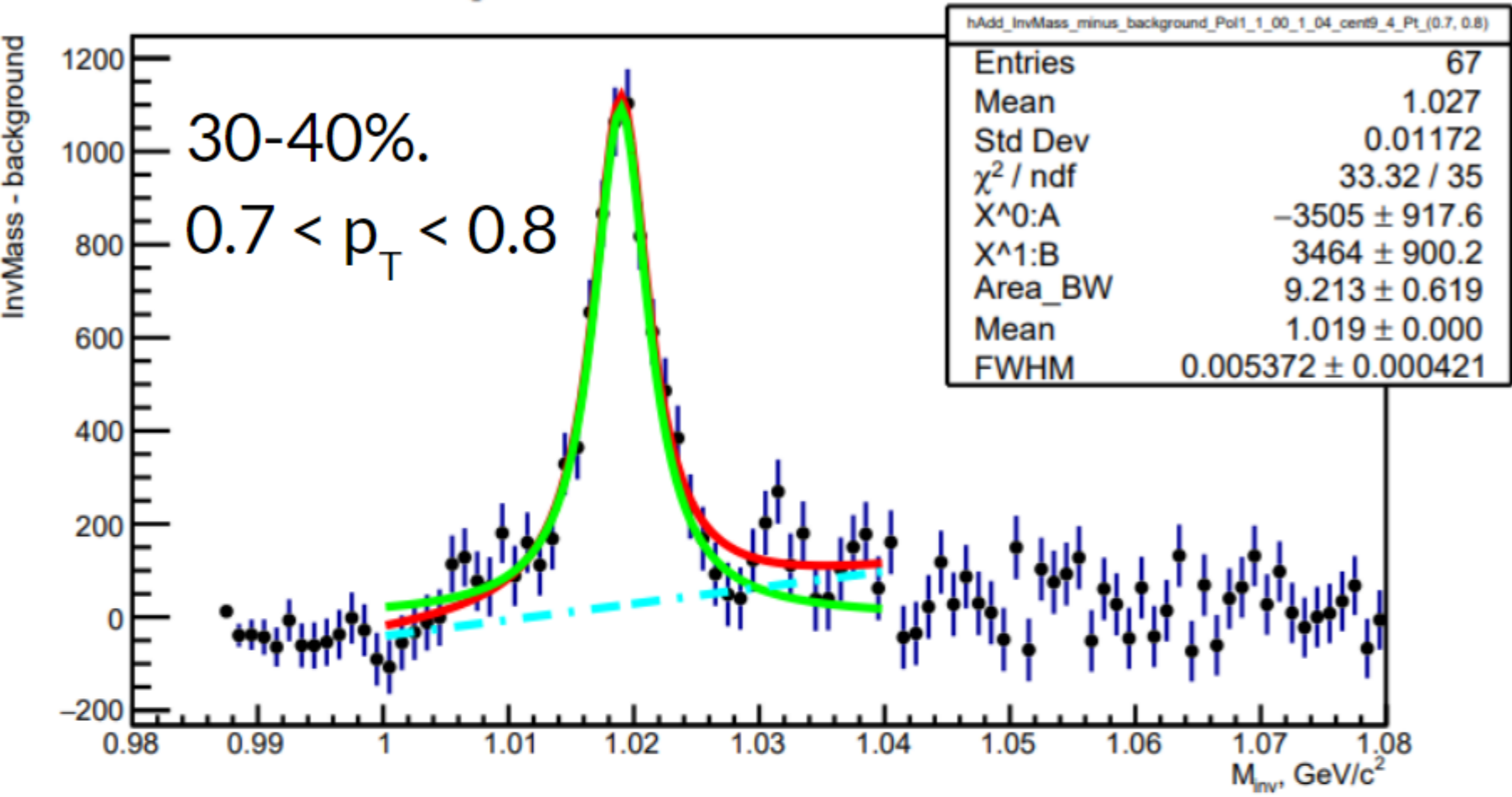


Аппроксимация распределения после вычитания фона.

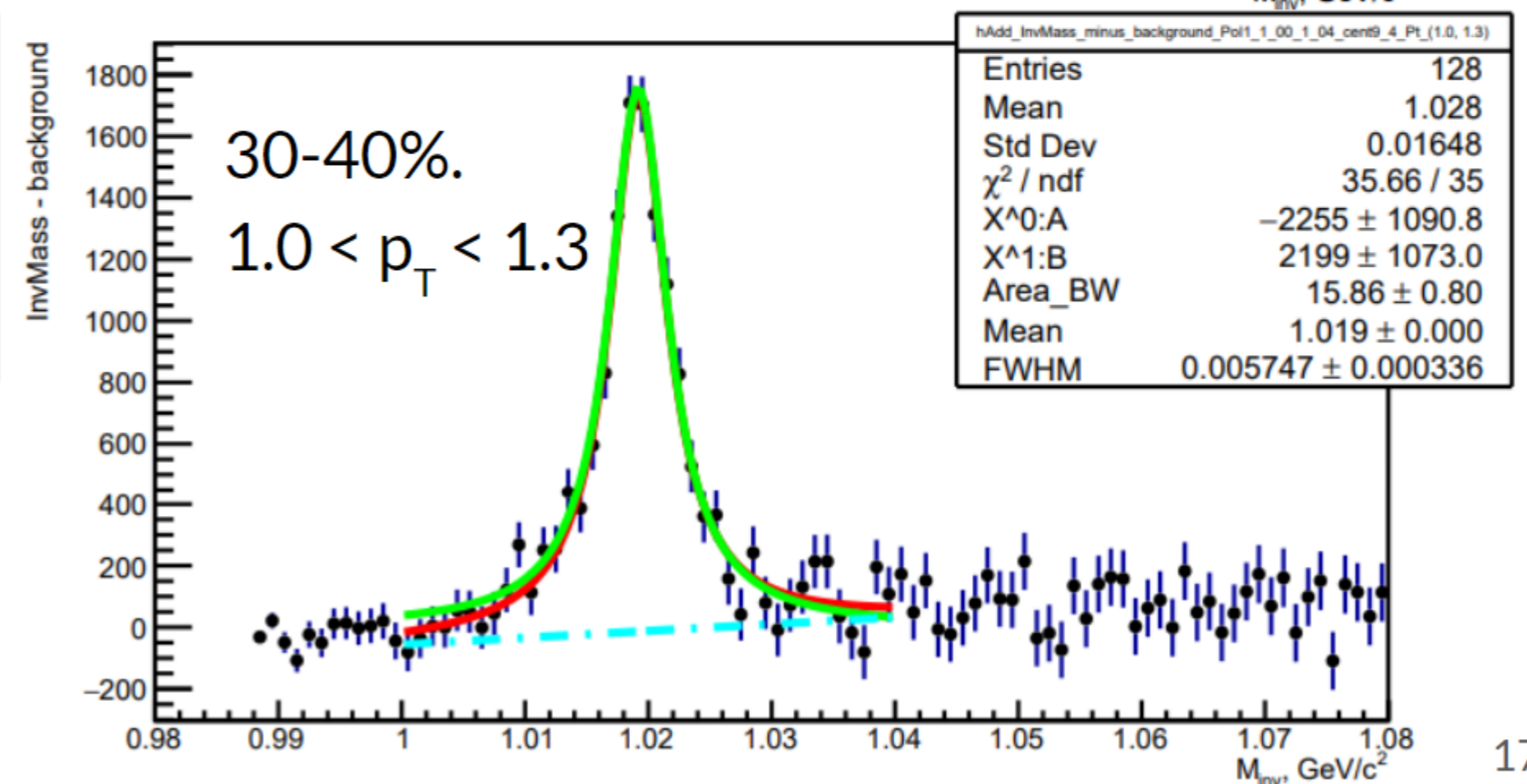
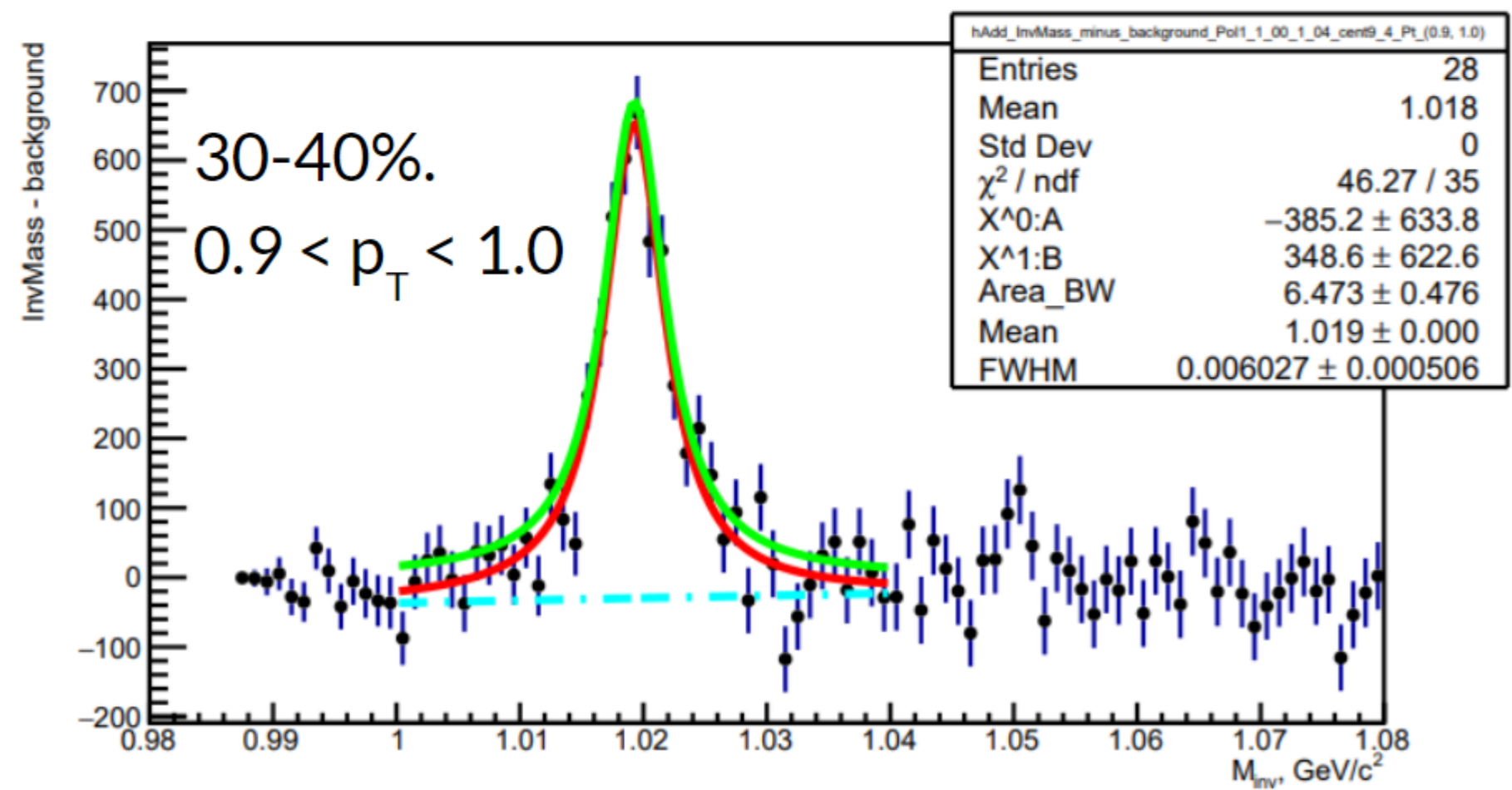
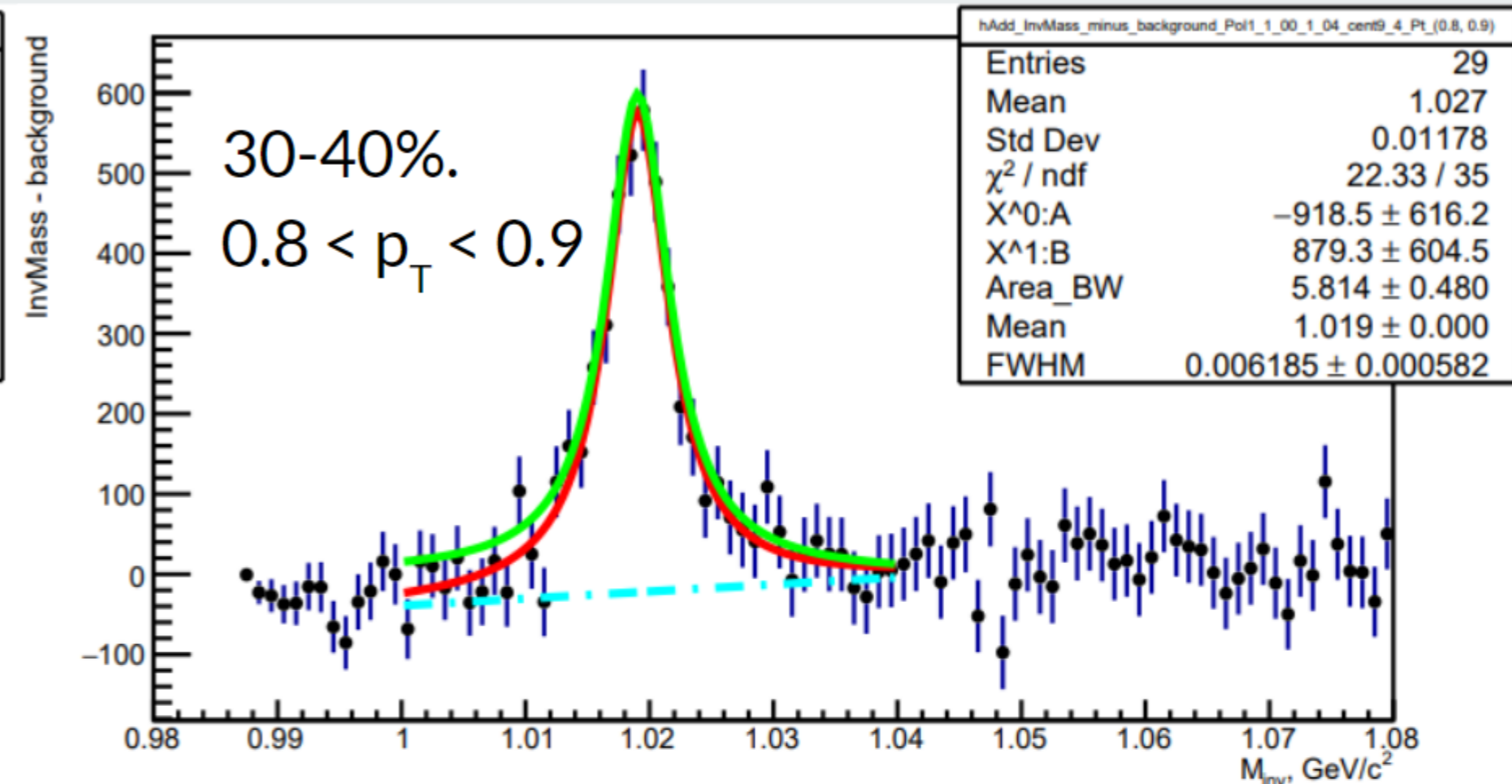
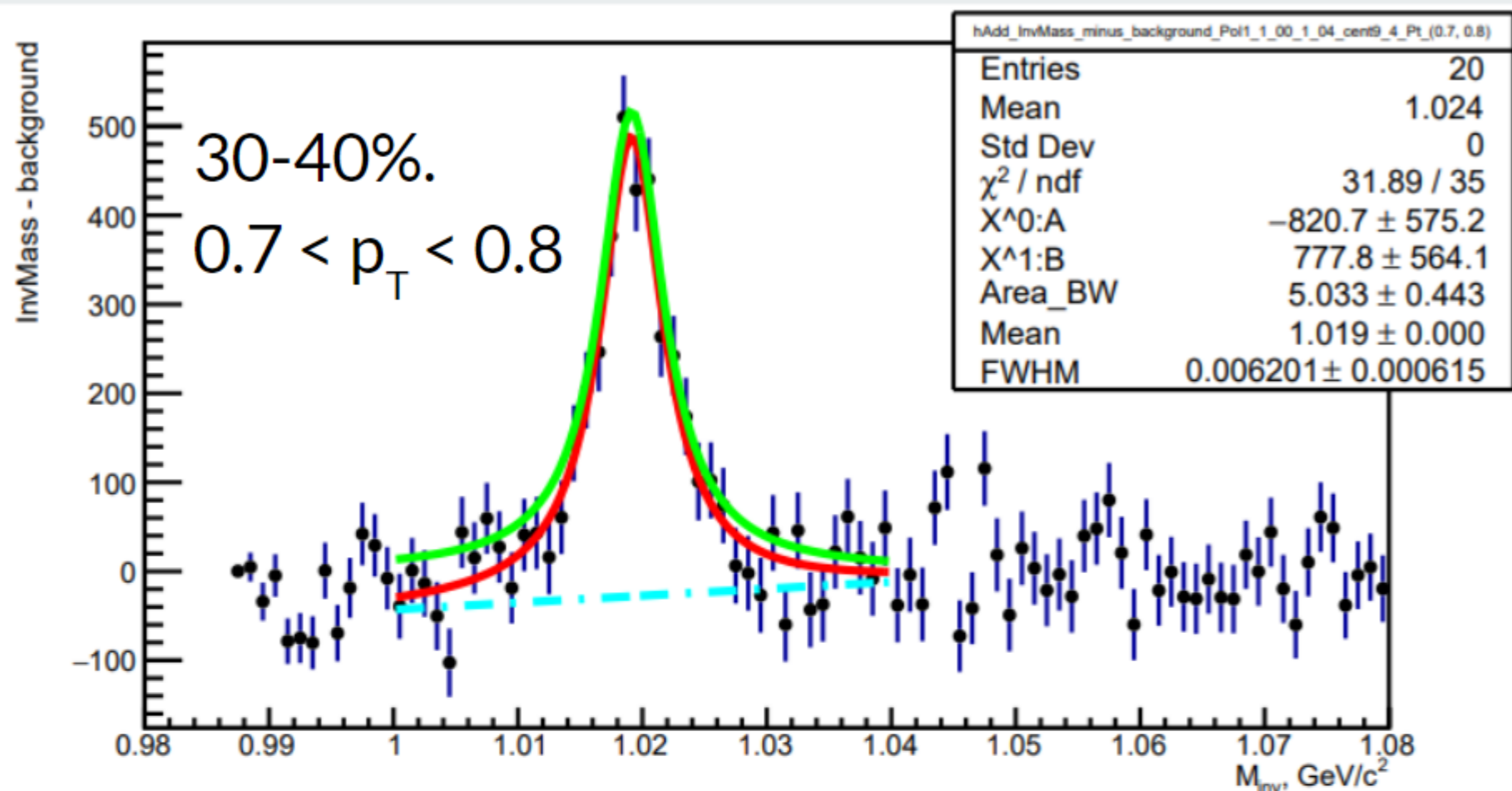
Зеленым показана функция Брейта-Вигнера – сигнал ϕ -мезона,

синим показан полином 1-й степени, красным показана их сумма.

Аппроксимация распределения по эффективной массе. 27 ГэВ

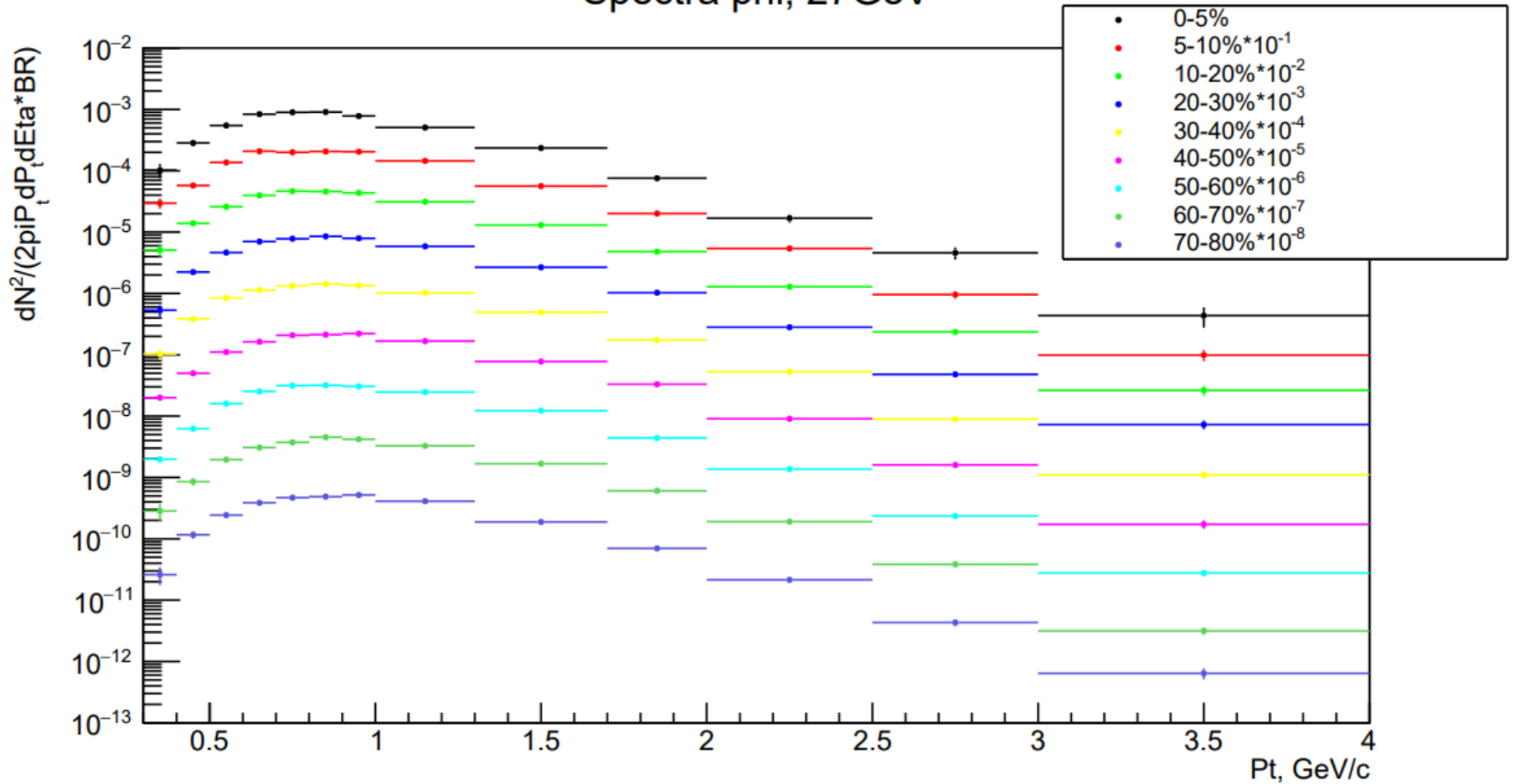


Аппроксимация распределения по эффективной массе. 19,6 ГэВ



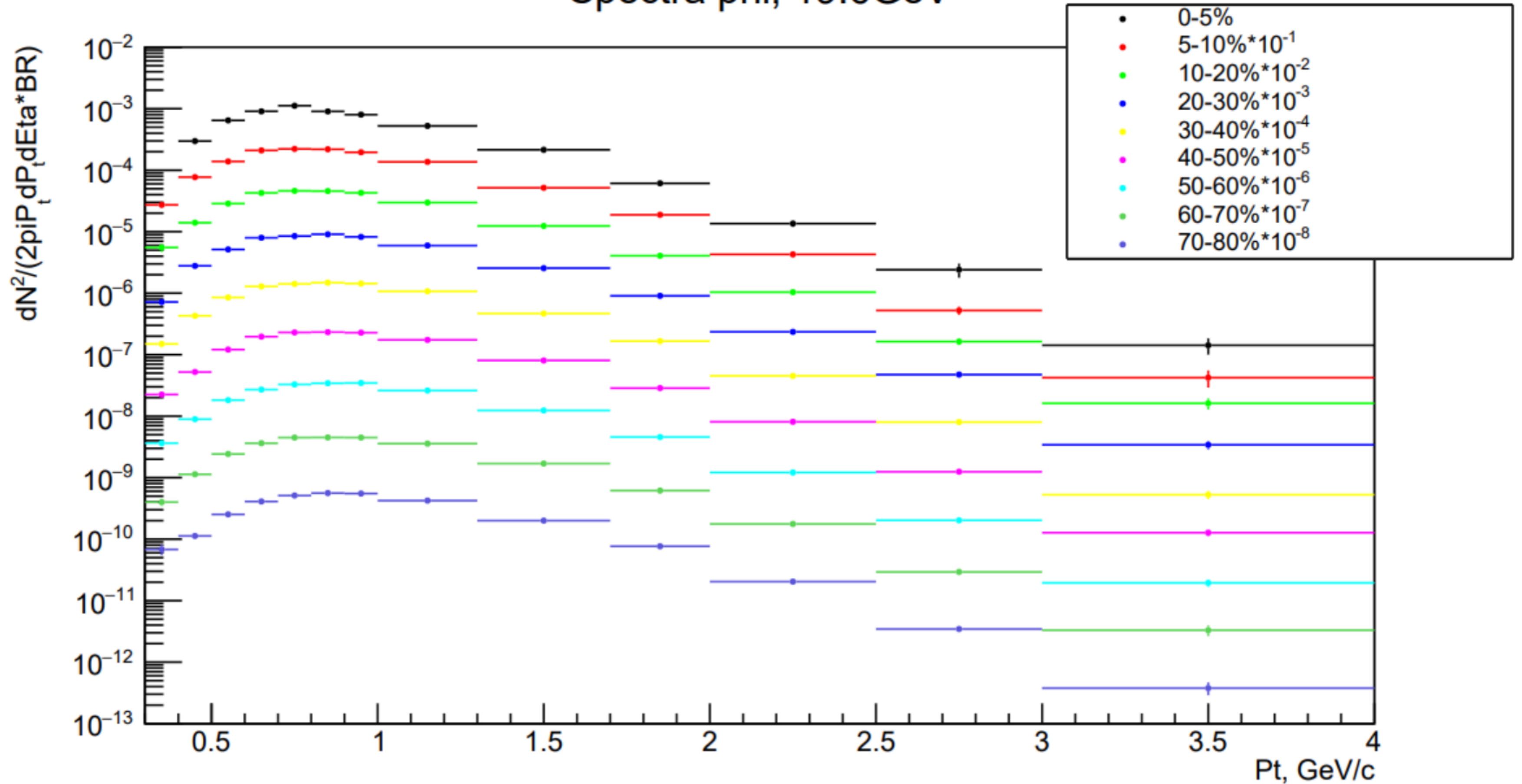
Спектр 27 ГэВ

Spectra phi, 27GeV



Спектр 19,6 ГэВ

Spectra phi, 19.6GeV



Выводы

В результате данной работы были выполнены следующие задачи:

- Произведен отбор данных эксперимента STAR
- Произведен первичный отбор событий и треков для улучшения качества обрабатываемых данных
- Получены распределения по эффективной массе пары противоположно заряженных каонов, образовавшихся в результате распада ϕ -мезона
- Измерена импульсная зависимость выходов ϕ -мезонов при энергиях 27 ГэВ и 19,6 ГэВ

Полученные спектры ϕ -мезонов имеют схожую зависимость при энергиях 27 ГэВ и 19,6 ГэВ. Частиц с высоким значением поперечного импульса на несколько порядков меньше, чем частиц с небольшим значением поперечного импульса. Эти результаты демонстрируют согласие с данными, измеренными в программе BES-I. Но благодаря модернизации установки STAR было набрано заметно больше данных. Это позволило изучить поведение спектров в области больших поперечных импульсов, что было невозможно ранее.



Спасибо за внимание!