

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

Научно-исследовательская работа

Разработка программ реконструкции нейтральных пи-мезонов для электромагнитного калориметра
эксперимента MPD/NICA

Руководитель НИР:
к.ф.-м.н.
нач. лаборатории НИЦ
Курчатовский институт
Блау Д.С.

Выполнил:
Студент группы М20-115
Каюков А.А.

Москва 2022

Цель и задачи работы

Целью работы является разработка и оптимизация программ реконструкции нейтральных мезонов для калориметра ECal

Задачи:

- Рассмотрение теоретических аспектов разработки программ реконструкции нейтральных кластеров
- Разработка критериев идентификации фотонов
- Применение критериев к парам кластеров для вычисления числа π^0 -мезонов под пиком в спектре инвариантных масс

Комплекс NICA

Исследования:

- Встречные пучки ионов
- Встречные пучки поляризованных протонов и дейтронов
- Выведенные пучки тяжелых ионов и поляризованных частиц



Рисунок 1: Схема комплекса NICA

Эксперимент MPD

Эксперимент будет проводиться на встречных пучках тяжелых ионов. Предназначен для исследования фазовой диаграммы КХД в области высоких плотностей и температур, включая поиск основных состояний адронной материи и фазовые переходы.

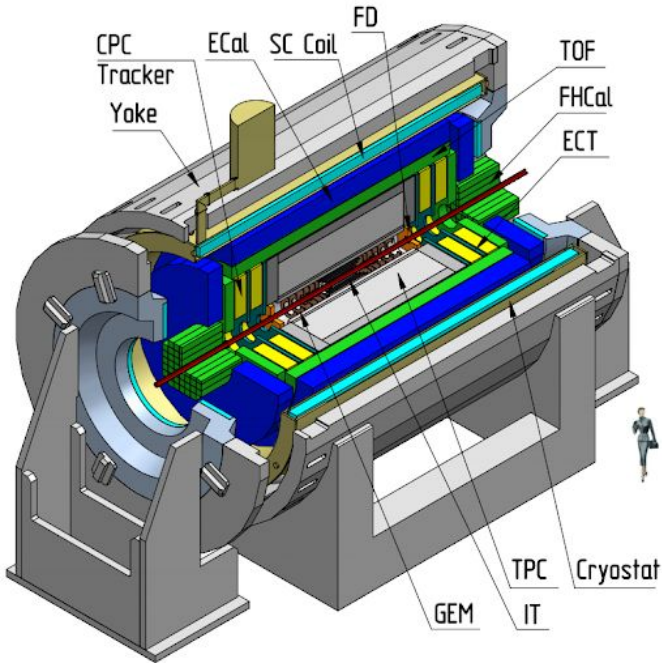


Рисунок 2: Схема установки MPD

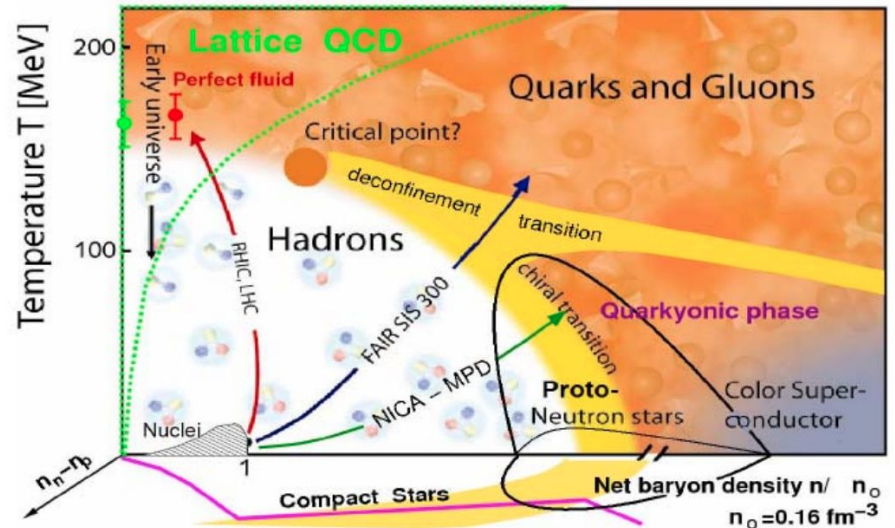


Рисунок 3: Фазовая диаграмма КХД

Электромагнитный калориметр ECal

Измерение пространственного положения и энергии фотонов и электронов, рожденных в столкновениях тяжелых ионов.

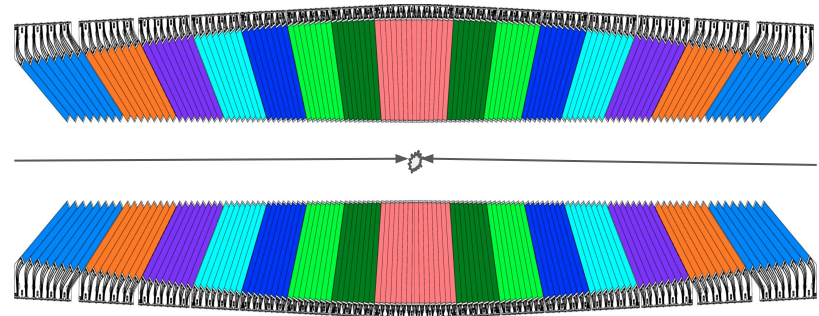
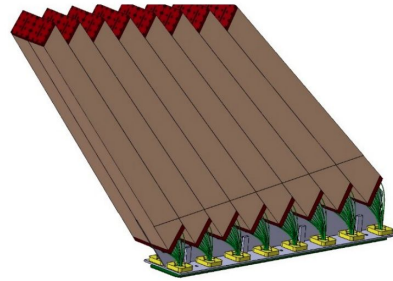
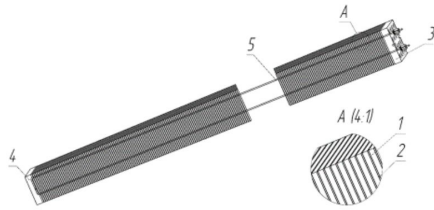


Рисунок 4: Принципиальная схема башни калориметра ECal, где
1 - сцинтилляционная пластина,
2 - свинцовая пластина,
3 и 4 - сдавливающие пластины,
5 - натягивающая струна.

Рисунок 5: Один модуль калориметра

$$L = 40 \text{ cm}$$

$$-2.5 < \eta < 2.5$$

$$S = 40 \times 40 \text{ mm}^2$$

Рисунок 6: Калориметр в разрезе

38400 башен

Разбиение на классы центральности

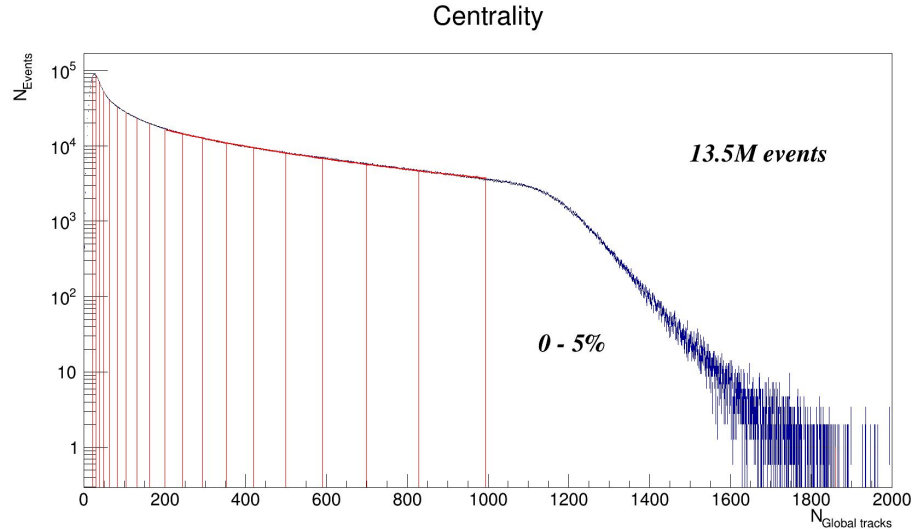


Рисунок 7: Зависимость числа событий от числа заряженных частиц. Разбиение на классы центральностей.

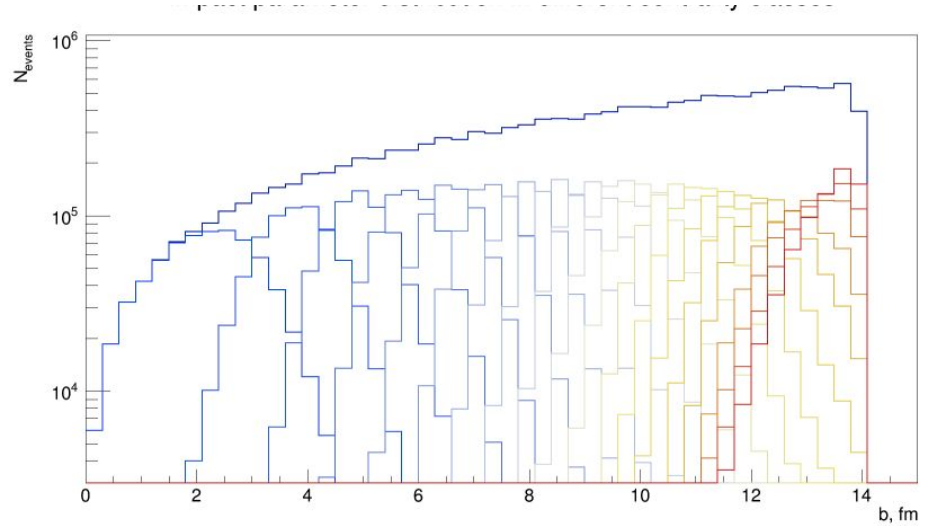
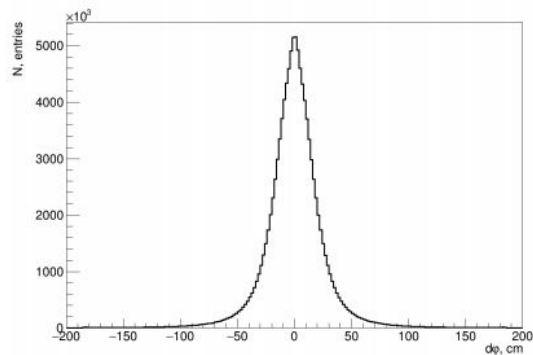


Рисунок 8: Распределение по прицельному параметру.

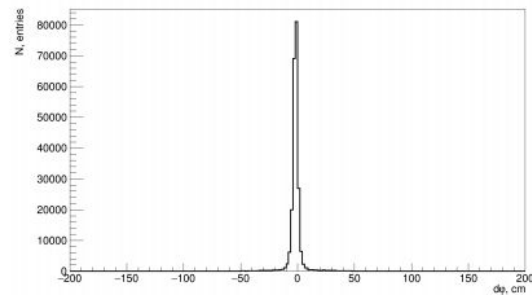
$$Bi_{83}^{209} + Bi_{83}^{209} \quad \sqrt{s} = 9.2 \text{ ГэВ}$$

$$b = 0 - 14 \text{ фм} \quad 15 \cdot 10^6 \text{ событий}$$

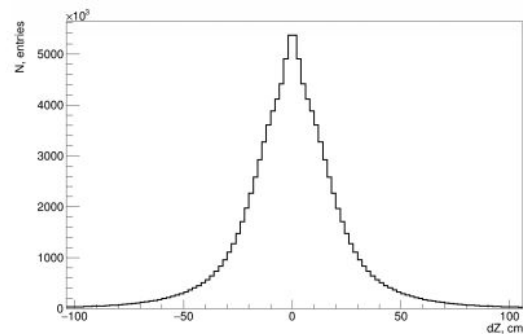
Поиск заряженных кластеров



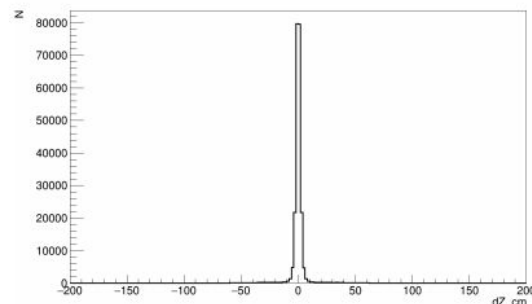
а)



б)



в)



г)

Рисунок 9: Распределения расстояний между центром кластера и ближайшим к нему треком для всех центральностей для фотонов (а и в) и электронов (б и г) при энергии 0.4-0.5 ГэВ

Поиск заряженных кластеров

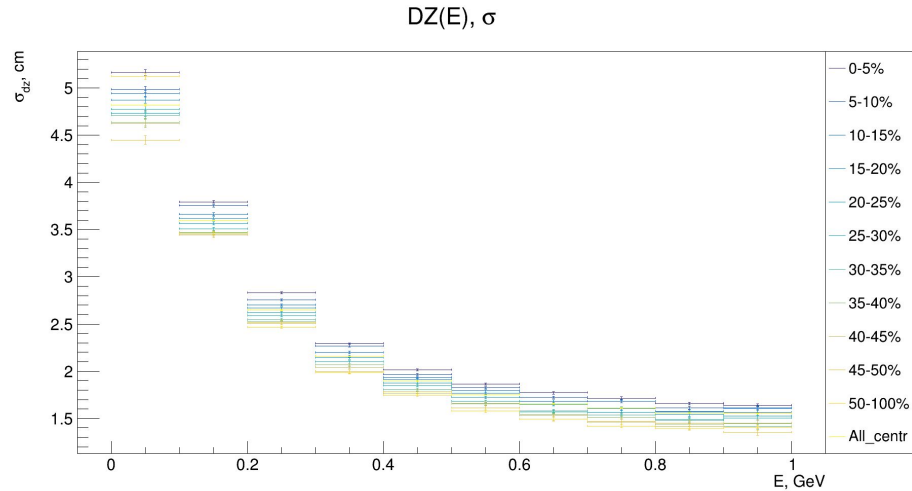


Рисунок 10: Зависимость среднеквадратичного отклонения расстояния по оси Z между заряженным кластером и ближайшим к нему треком от энергии кластера.

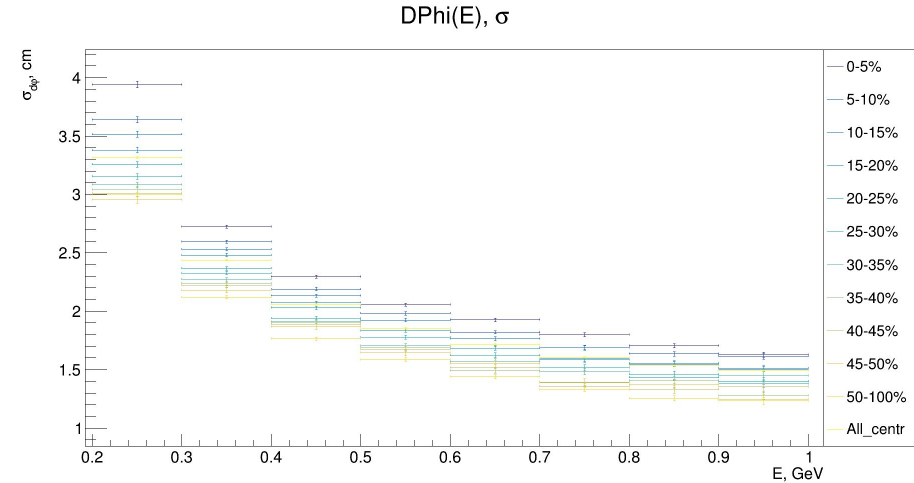


Рисунок 11: Зависимость среднеквадратичного отклонения расстояния по оси ϕ между заряженным кластером и ближайшим к нему треком от энергии кластера.

Поиск заряженных кластеров

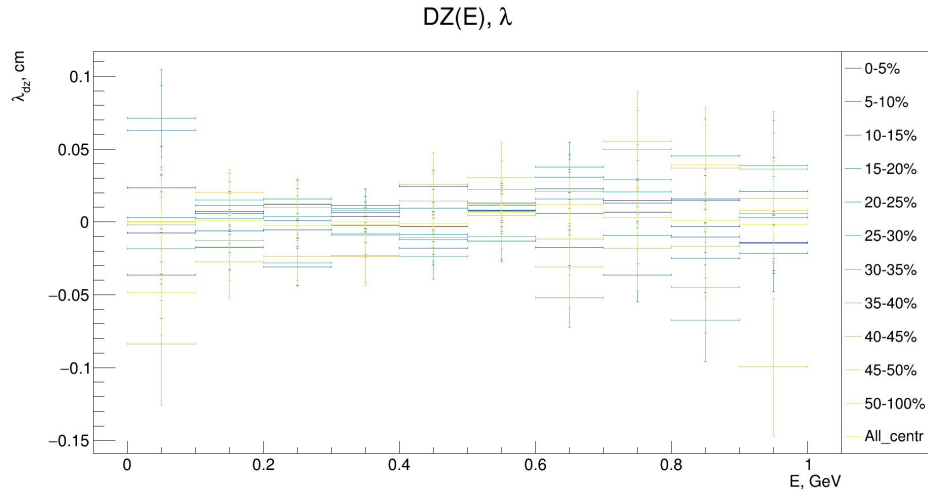


Рисунок 12: Зависимость среднего расстояния по оси Z между заряженным кластером и ближайшим к нему треком от энергии кластера.

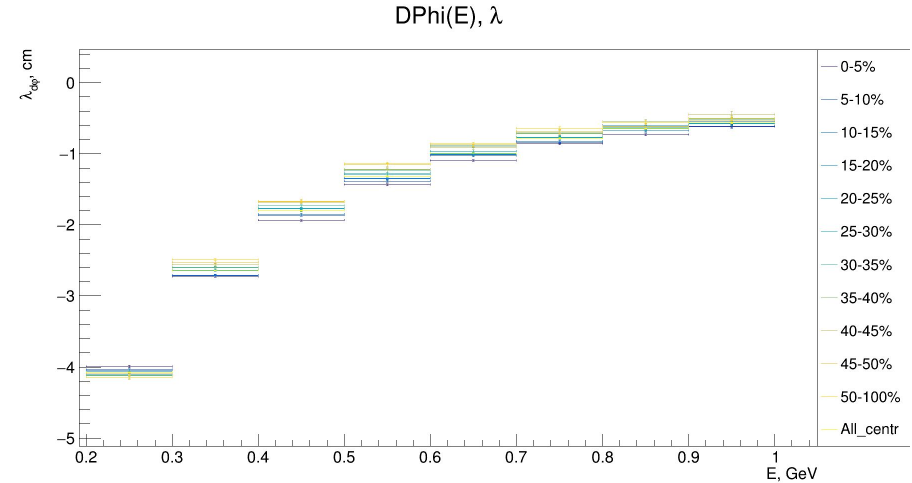
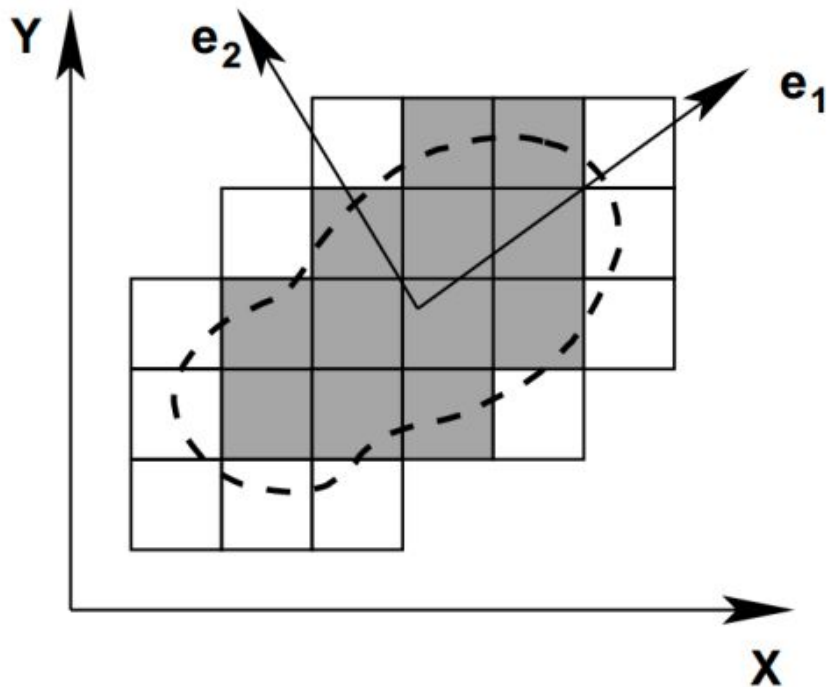


Рисунок 13: Зависимость среднего расстояния по оси ϕ между заряженным кластером и ближайшим к нему треком от энергии кластера.

Дисперсия кластеров

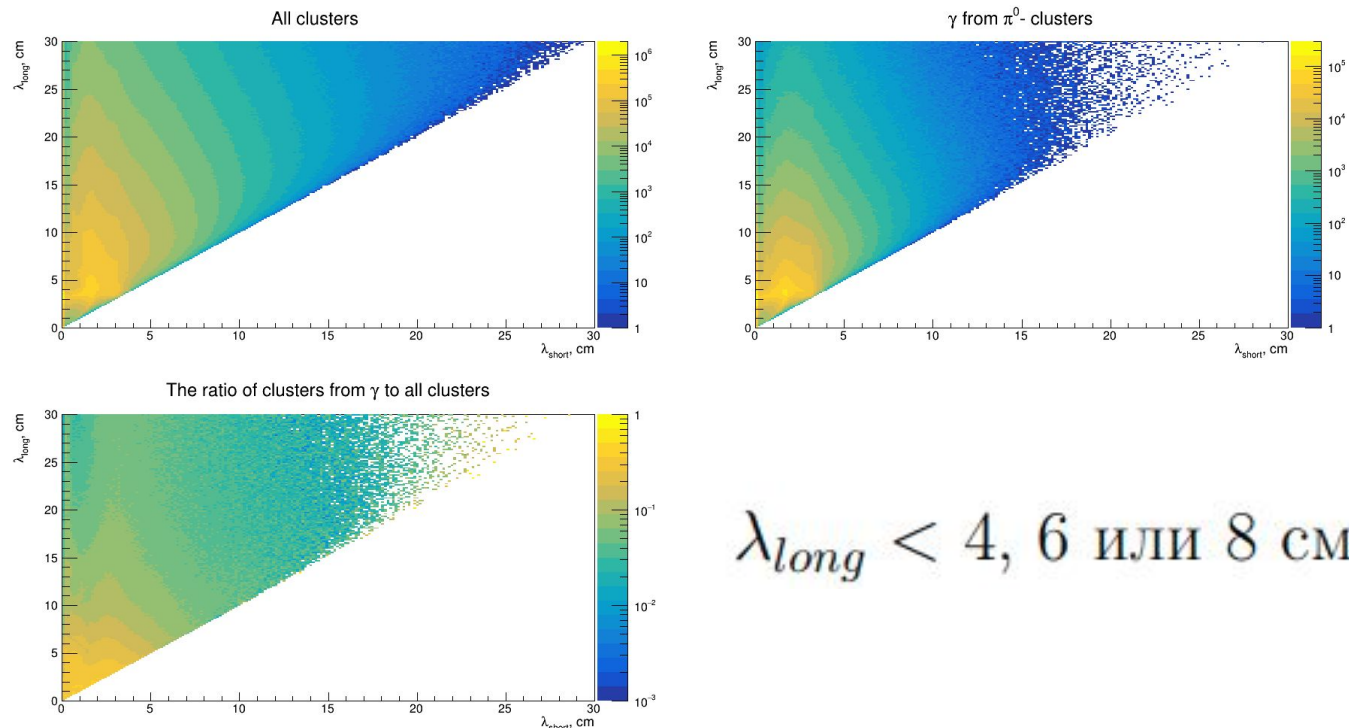


$$S = \begin{pmatrix} s_{xx} & s_{xz} \\ s_{zx} & s_{zz} \end{pmatrix},$$

$$s_{xx} = \langle (x - \bar{x})^2 \rangle,$$

$$s_{xz} = \langle (x - \bar{x})(z - \bar{z}) \rangle$$

Дисперсия кластеров



$$\lambda_{\text{long}} < 4, 6 \text{ или } 8 \text{ см.}$$

Рисунок 14: распределения по дисперсиям кластера для всех кластеров и кластеров от фотонов, а также их отношение.

Учет временного разрешения калориметра

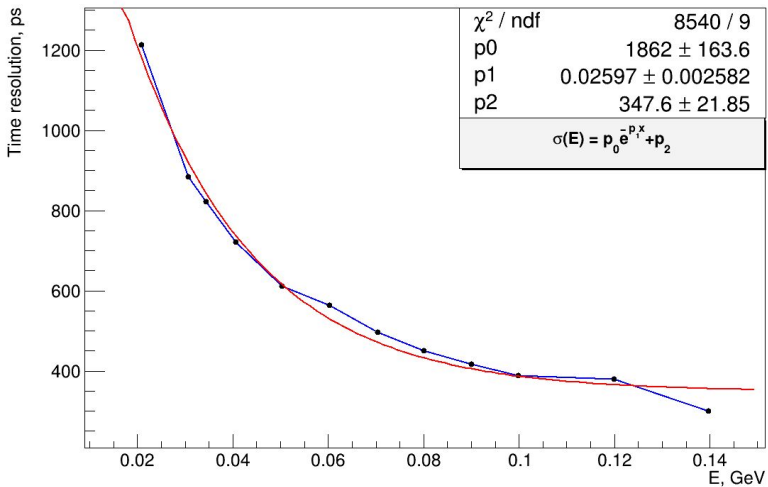
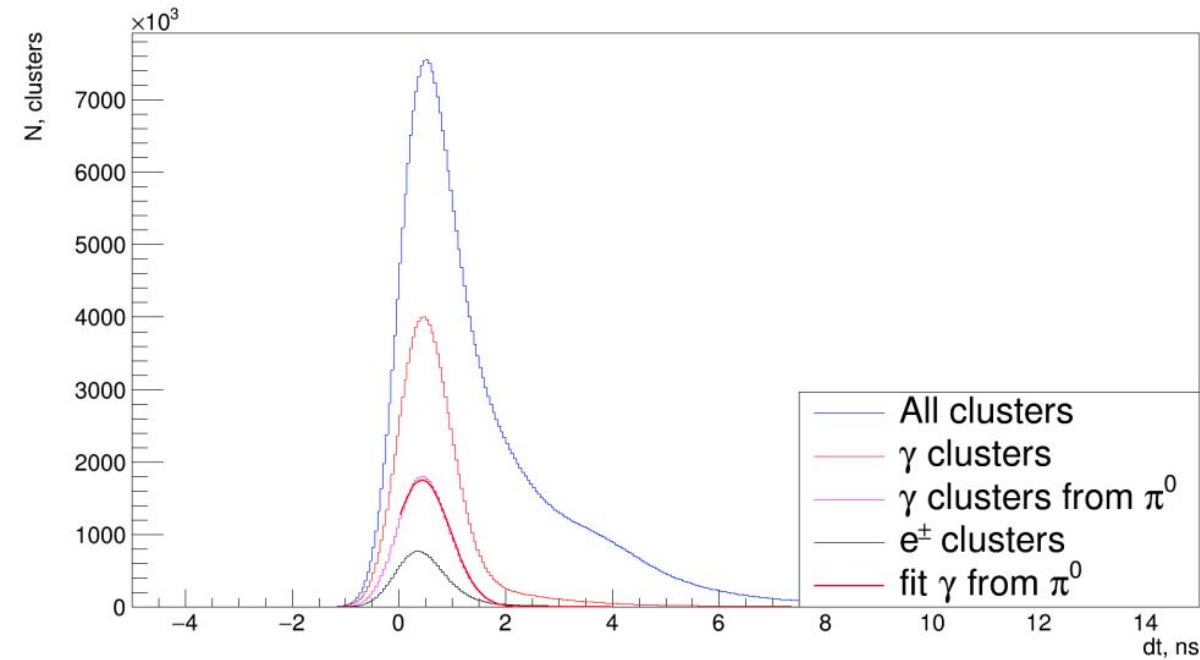


Рисунок 15: Зависимость временного разрешения от энергии кластера

Информация о времени образования кластера размывалась временным разрешением с помощью функции Гаусса:
 $t = t + F(0, \text{res})$, где $\text{res} = \text{TimeResolution}(E)$ - функция, зависящая от энергии кластера.

Учет временного разрешения калориметра



$$\Delta t = t_{clu} - \frac{\Delta r}{c}$$

t_{clu} - экспериментально
измеренное время
появления кластера

Δr - расстояние от
кластера до
первичной
вершины

Рисунок 16: Распределение по времени пролета частиц до калориметра.

Критерий на время пролета

$dT(E), \sigma$

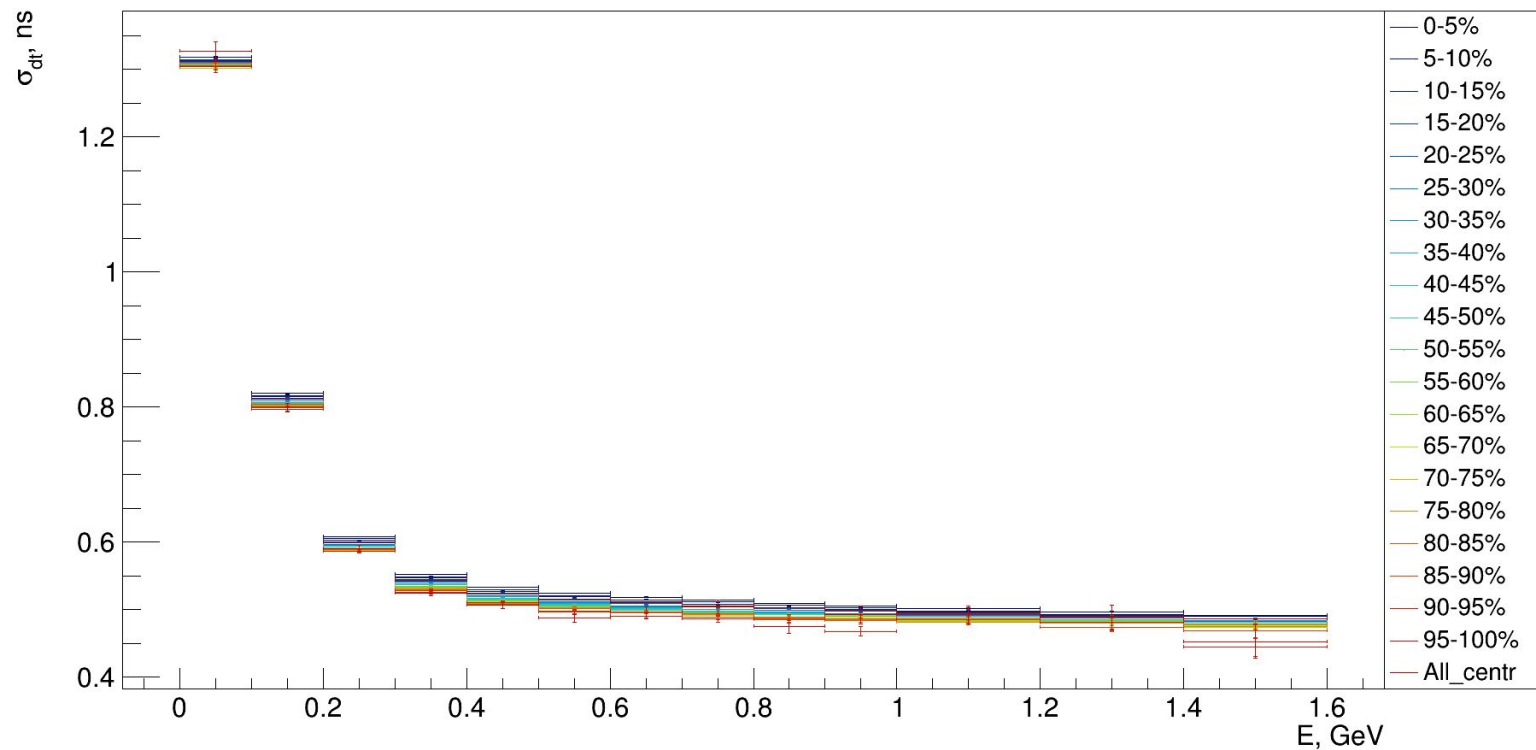


Рисунок 17: Зависимость среднеквадратичного отклонения dt от энергии кластера

Критерий на время пролета

$dT(E), \lambda$

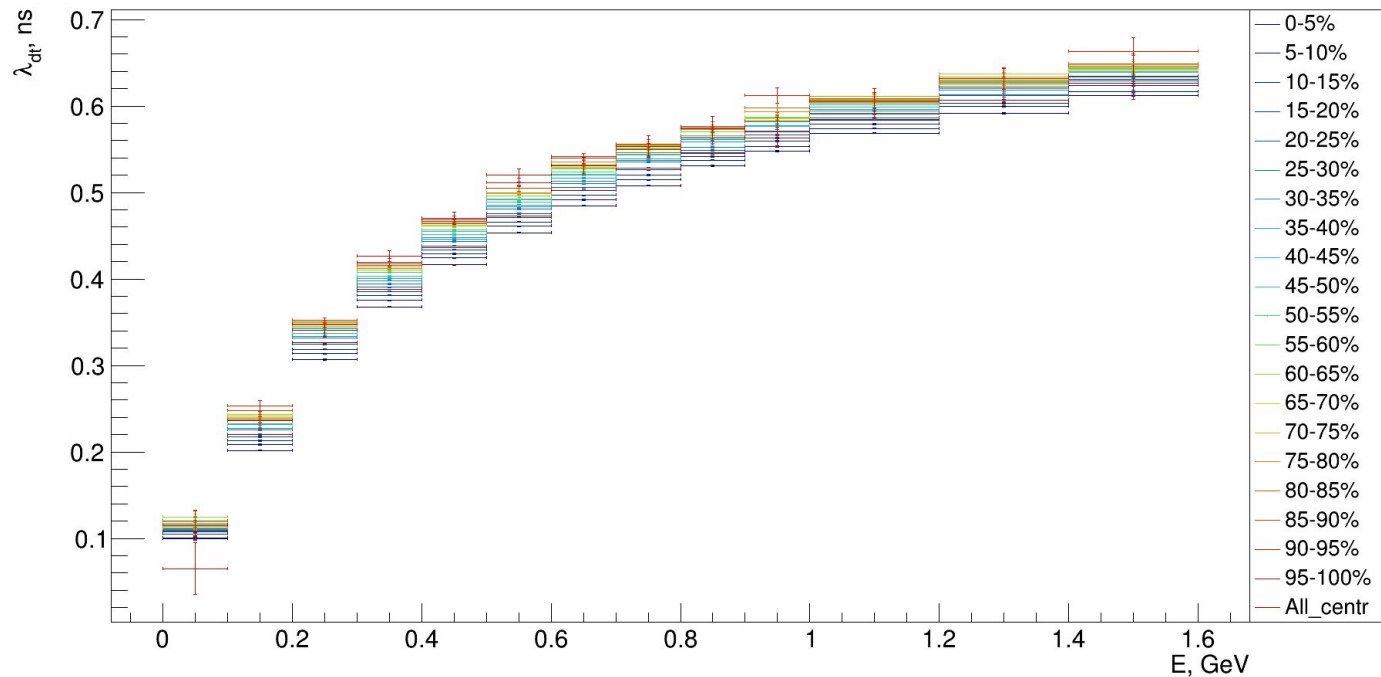


Рисунок 18: Зависимость среднего dt от энергии кластера

$$|dt - \lambda_{dt}(E)| > N \cdot \sigma_{dt}(E)$$

Инвариантные массы

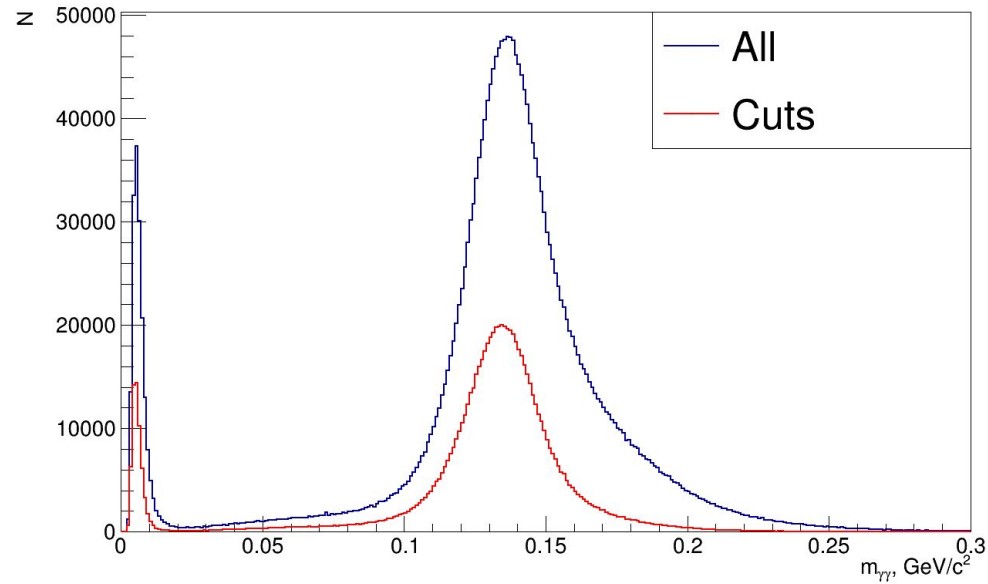


Рисунок 19: Распределение по двухфотонным инвариантным массам пар кластеров от фотонов, рожденных нейтральными пи-мезонами

Эффективности

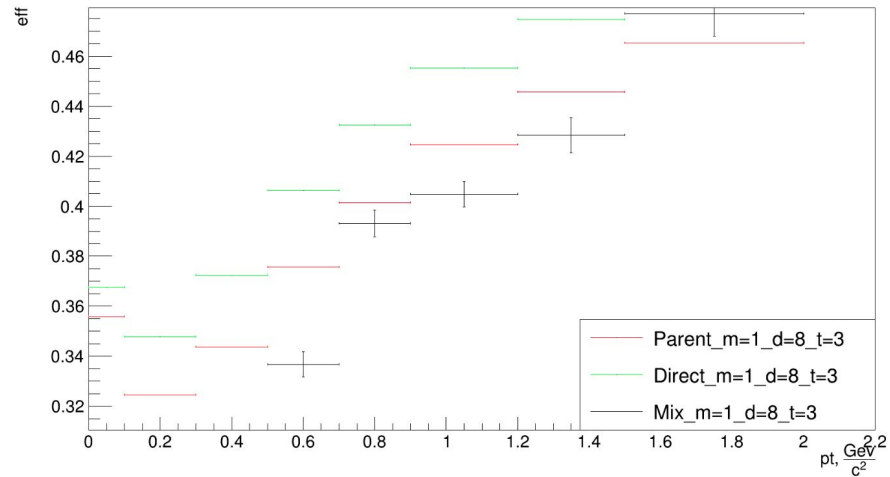
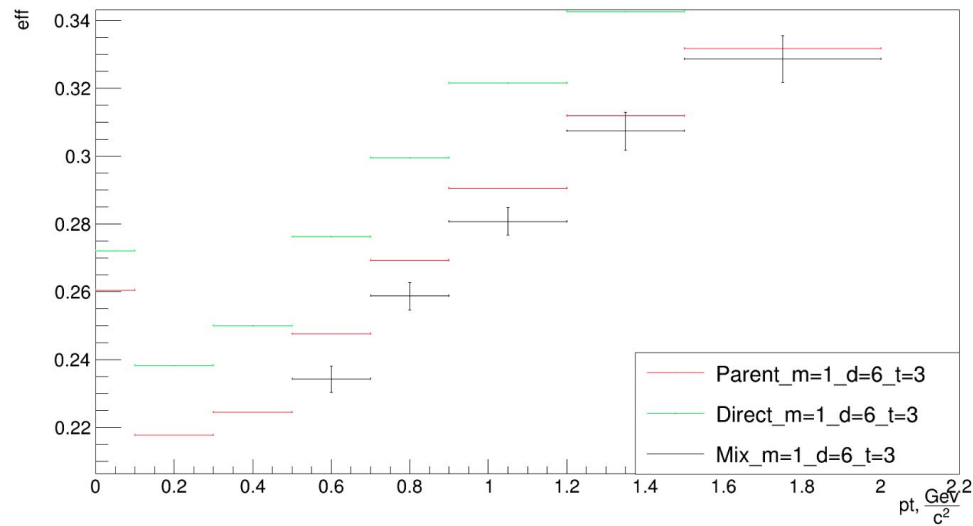


Рисунок 20: Зависимость эффективностей критериев от поперечного импульса.

Заключение

Выполнено:

- Разработаны критерии для отбора нейтральных кластеров
- По полученным критериям построены распределения инвариантных масс пар кластеров
- Вычислены эффективности регистрации нейтральных мезонов для каждого по отдельности или для комбинаций критериев при различных центральностях и поперечных импульсах

Спасибо за внимание