

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 Б16-102  
Каюков А.А.

Москва 2020

# 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  $\pi^0$ -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.

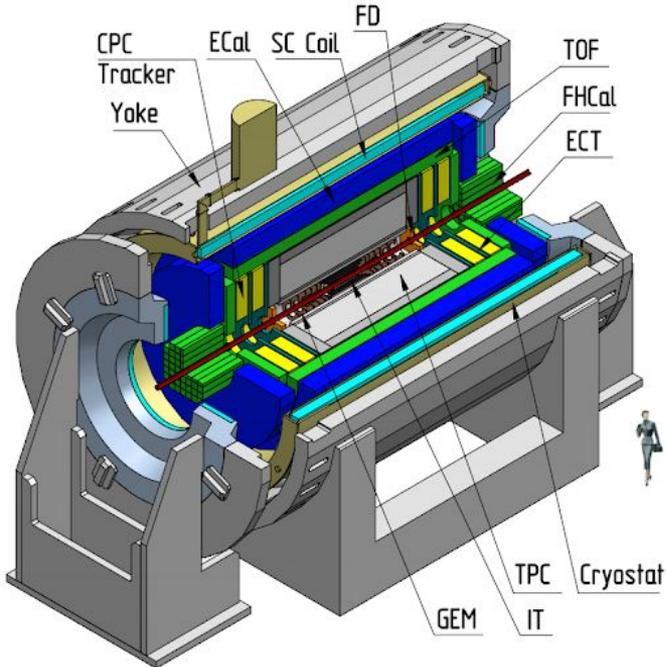


Рисунок 2: Схема установки MPD

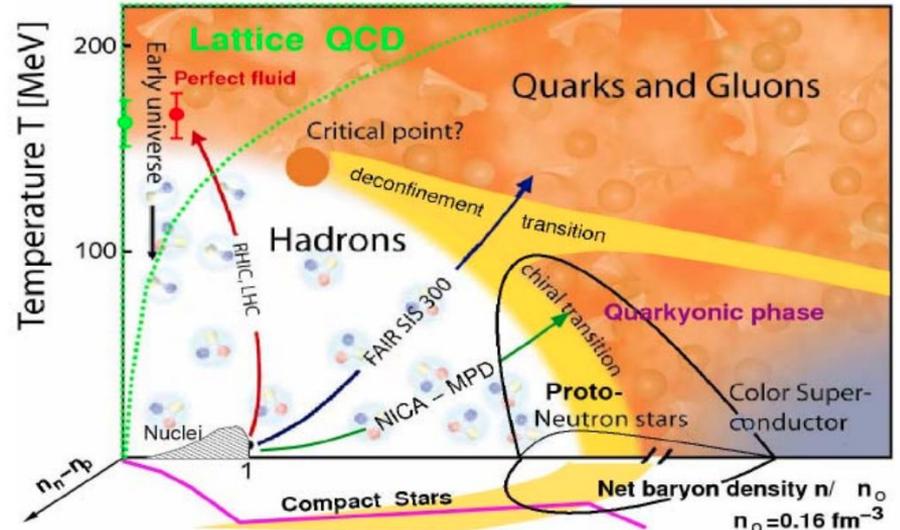


Рисунок 3: Фазовая диаграмма КХД

# Электромагнитный калориметр ECal

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

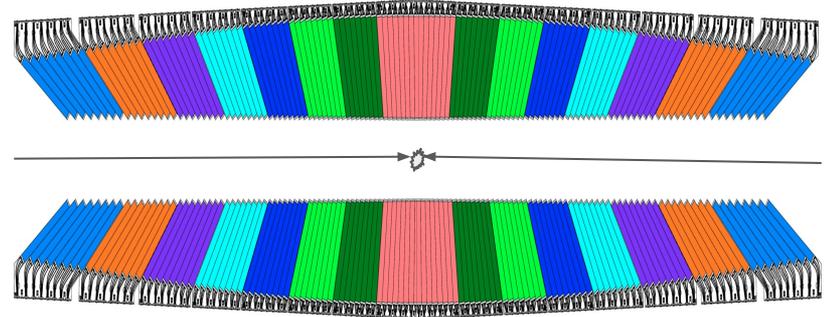
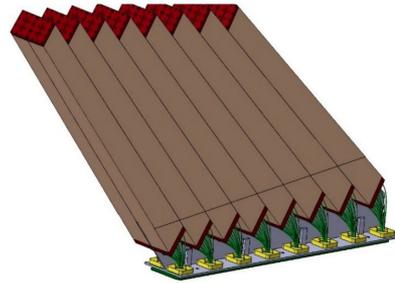
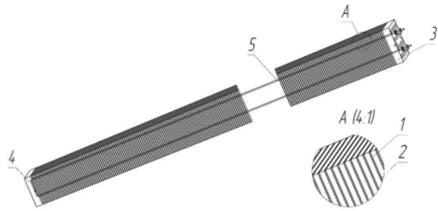
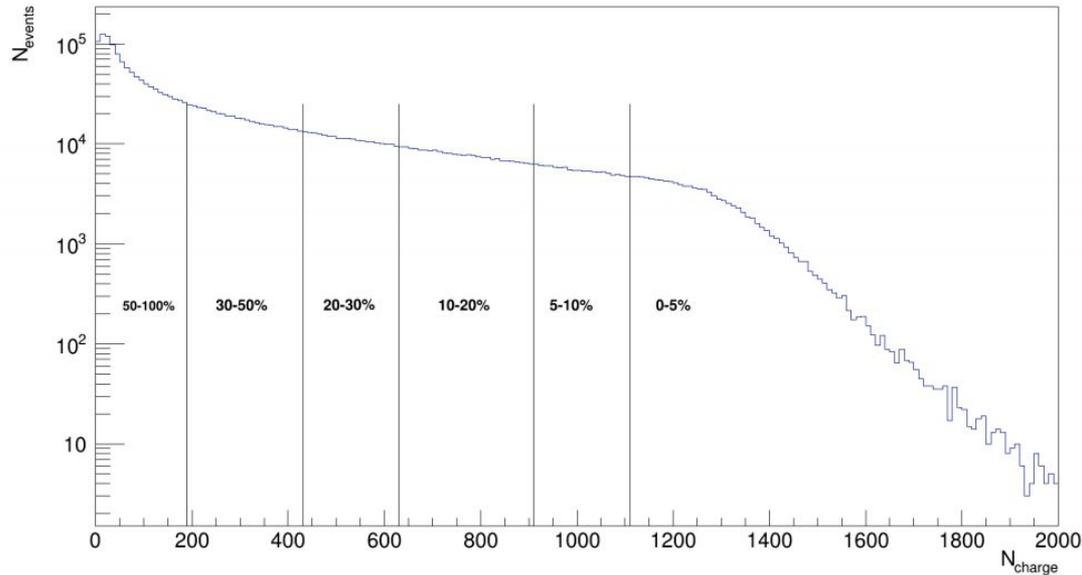


Рисунок 4: Принципиальная схема башни калориметра ECal, где  
1 - сцинтилляционная пластина,  
2 - свинцовая пластина,  
3 и 4 - сдавливающие пластины,  
5 - натягивающая струна.

Рисунок 5: Один модуль калориметра

Рисунок 6: Калориметр в разрезе

# Разбиение на классы центральности

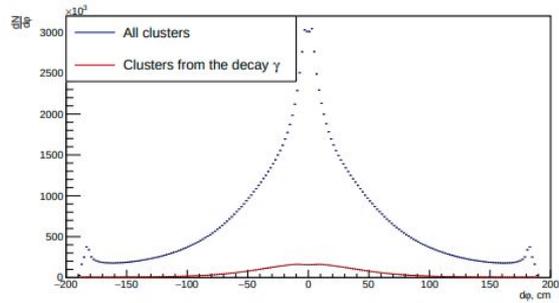


$$Au_{97}^{179} + Au_{97}^{179} \quad \sqrt{s} = 11 \text{ ГэВ}$$

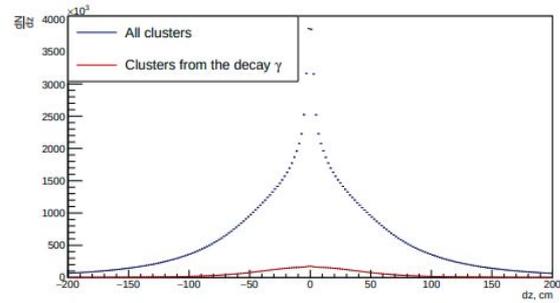
$$b = 0 - 14 \text{ фм} \quad 2.5 \cdot 10^6 \text{ событий}$$

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

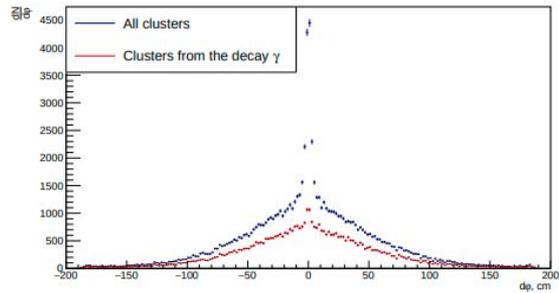
# Поиск заряженных кластеров



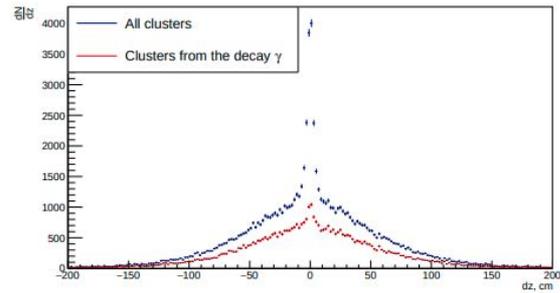
а)



б)



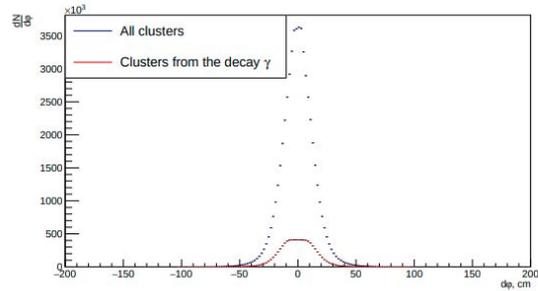
в)



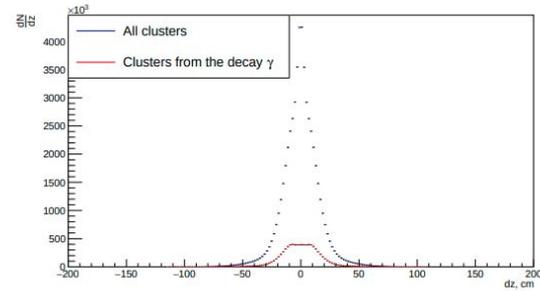
г)

Рисунок 8: Распределения расстояний между центром кластера и ближайшим к нему треком для центральностей 50-100% и энергий 0 - 0.05 ГэВ (а и б) и 0.50 - 1.00 ГэВ (в и г).

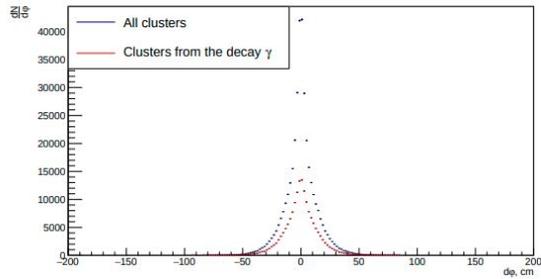
# Поиск заряженных кластеров



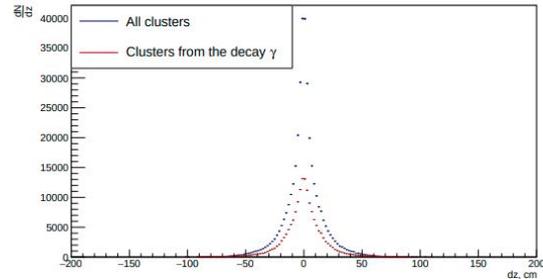
а)



б)



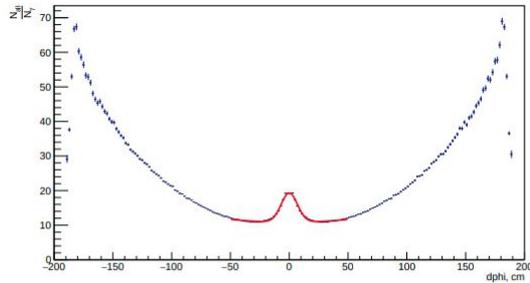
в)



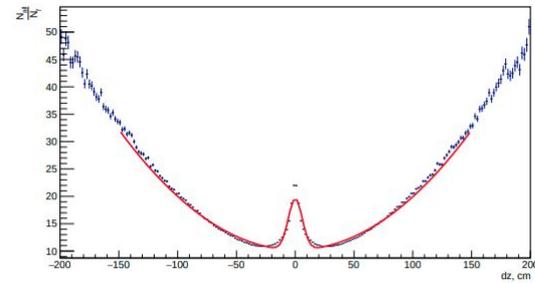
г)

Рисунок 9: — Распределения расстояний между центром кластера и ближайшим к нему треком для центральностей 0-5% и энергий 0 - 0.05 ГэВ (а и б) и 0.50 - 1.00 ГэВ (в и г).

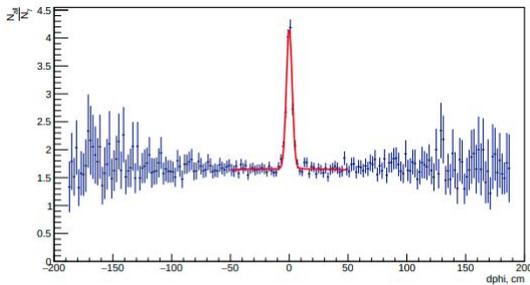
# Поиск заряженных кластеров



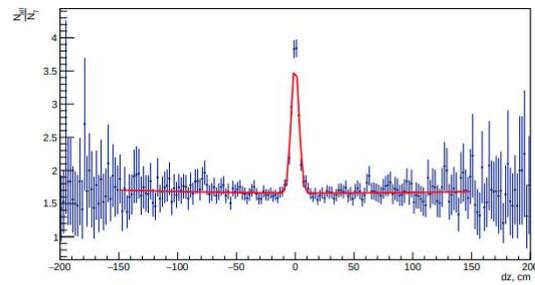
а)



б)



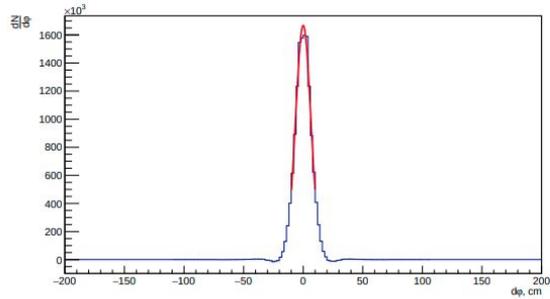
в)



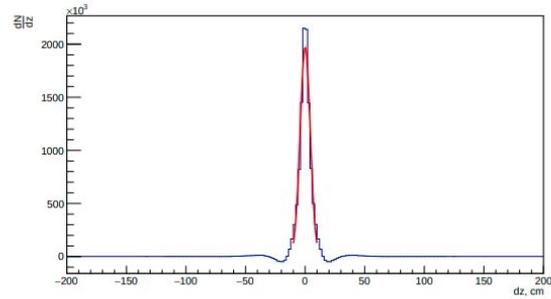
г)

Рисунок 10: — Отношение числа всех кластеров к числу кластеров от  $\pi^0$  для центральности 50-100% и энергиях 0.00 - 0.05 ГэВ (а и б) и 0.50 - 1.00 ГэВ (в и г).

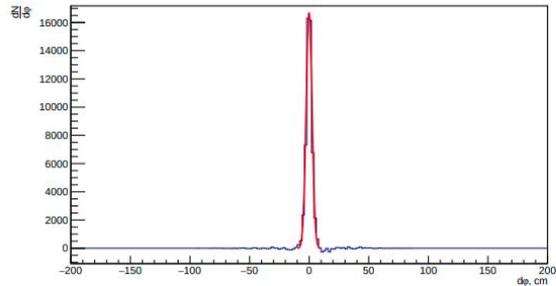
# Поиск заряженных кластеров



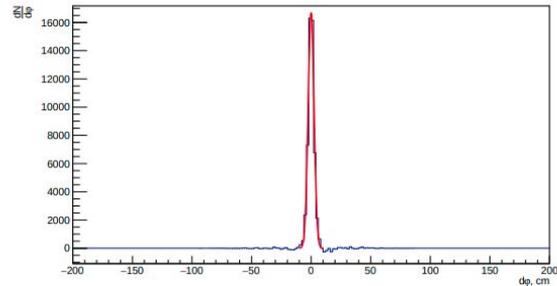
а)



б)



в)



г)

Рисунок 11: — Оценочное число заряженных кластеров для центральности 0-5% и энергий 0.00 - 0.05 ГэВ (а и б) и 0.50 - 1.00 ГэВ (в и г).

# Поиск заряженных кластеров

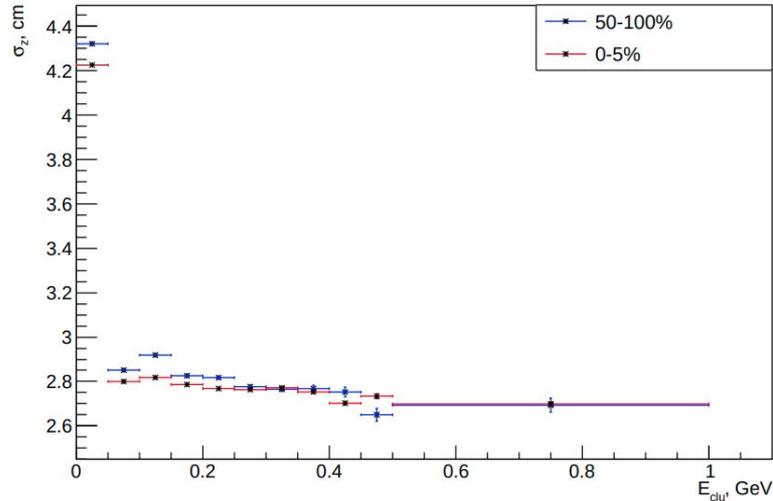


Рисунок 12: — Зависимость среднеквадратичного отклонения расстояния по оси Z между заряженным кластером и ближайшим к нему треком от энергии кластера (для центральностей 0-5% и 50-100%).

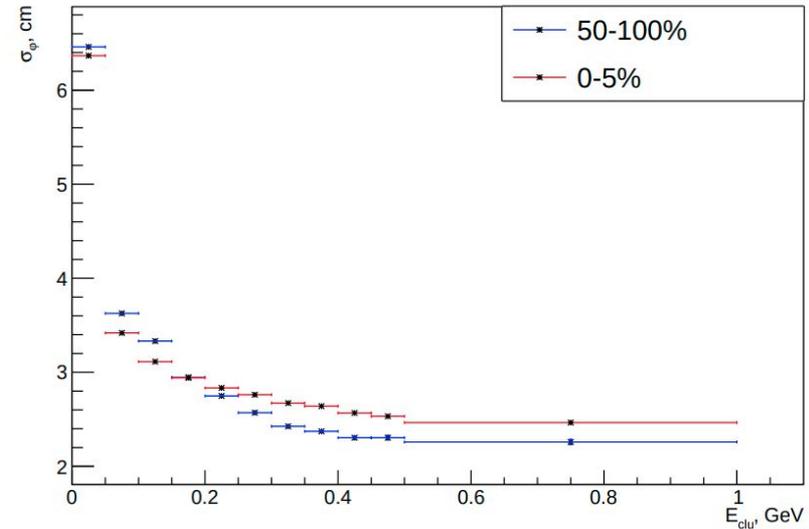


Рисунок 13: — Зависимость среднеквадратичного отклонения расстояния по оси  $\phi$  между заряженным кластером и ближайшим к нему треком от энергии кластера (для центральностей 0-5% и 50-100%).

# Учет временного разрешения калориметра

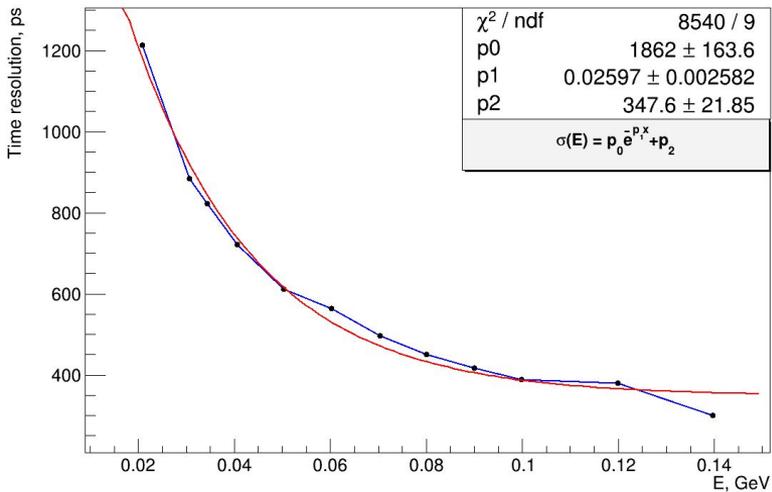


Рисунок 16: Зависимость временного разрешения от энергии кластера

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

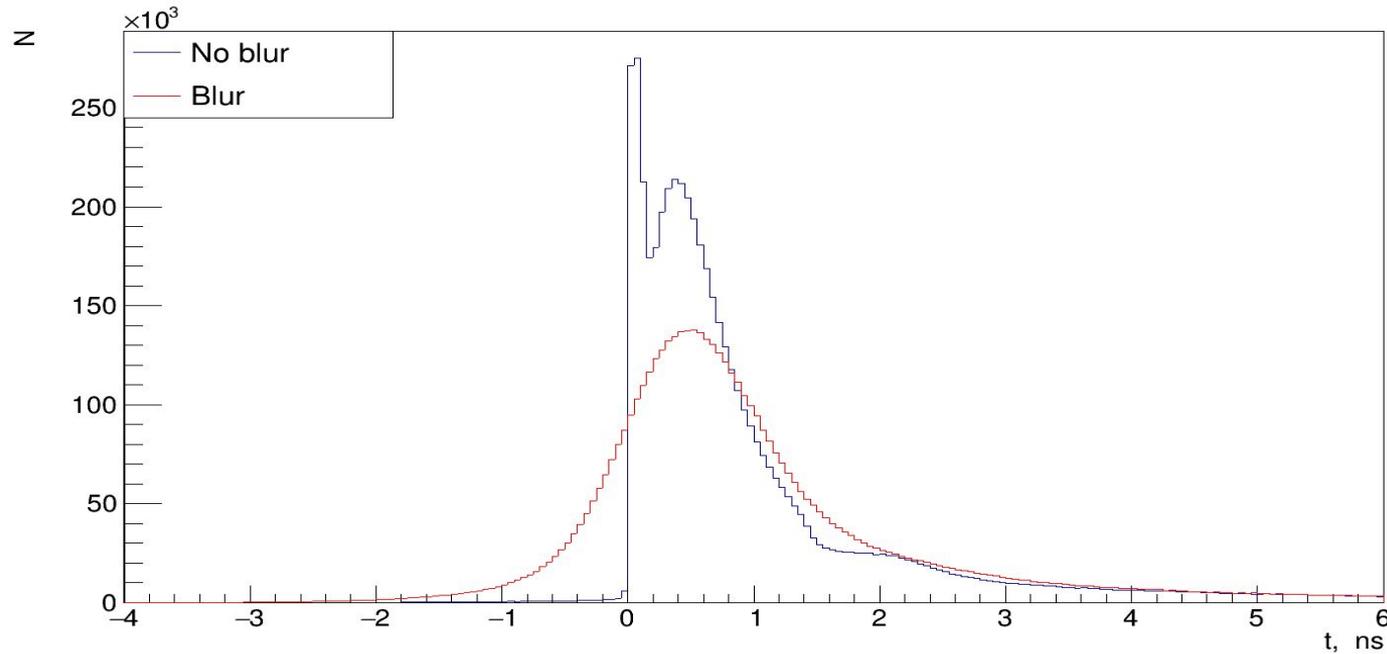
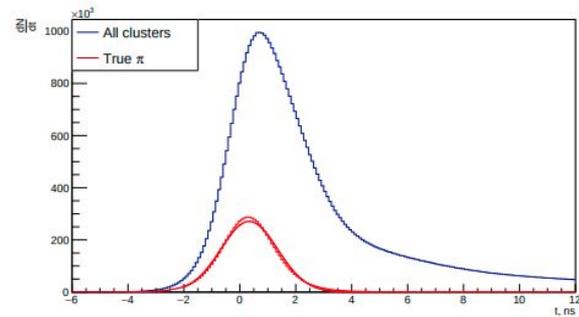
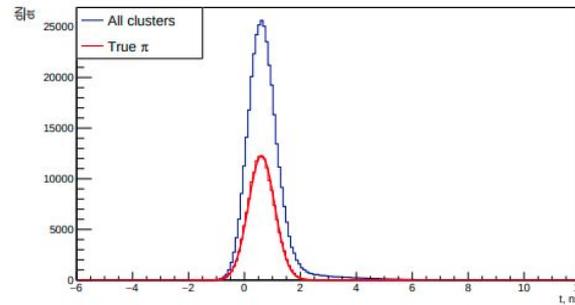


Рисунок 17: Распределение по времени пролета частицы до размытия и после размытия для всех частиц.

# Критерий на время пролета



а)



б)

Рисунок 18: Распределение по времени пролета частицы до кластера для центральностей 0-5% и энергий кластера 0-0.05 ГэВ (а) и 0.50 - 1.00 ГэВ (б).

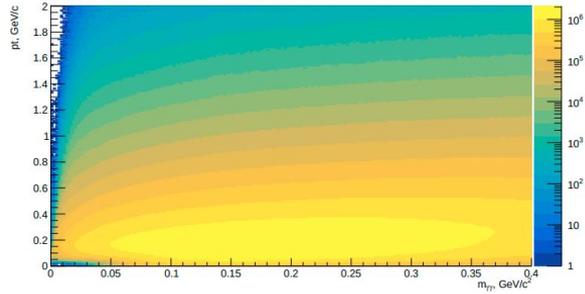
$$\Delta t = t_{clu} - \frac{\Delta r}{c}$$

$t_{clu}$  - экспериментально измеренное время появления кластера

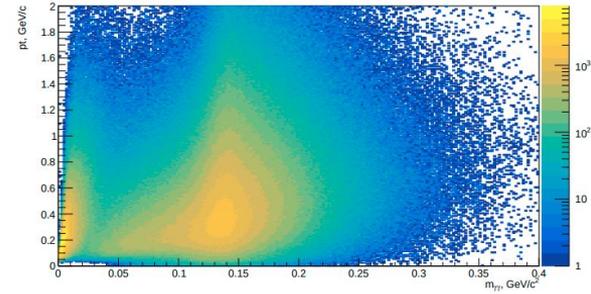
$\Delta r$  - расстояние от кластера до первичной вершины

$$\frac{(t - \mu_t)^2}{(3 \cdot \sigma_t)^2} < 1,$$

# Двухфотонные инвариантные массы

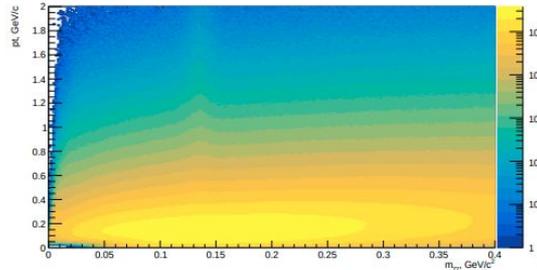


а)

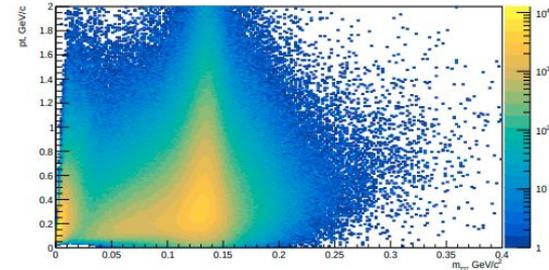


б)

Рисунок 18: Распределение инвариантных масс пар кластеров от поперечного импульса для диапазона центральности 0-5% для всех кластеров (а) и кластеров, порожденных  $\pi^0$  - мезонами.



а)



б)

Рисунок 19: Распределение инвариантных масс пар кластеров от поперечного импульса для диапазона центральности 50-100% для всех кластеров (а) и кластеров, порожденных  $\pi^0$  - мезонами.

# Метод смешанных событий

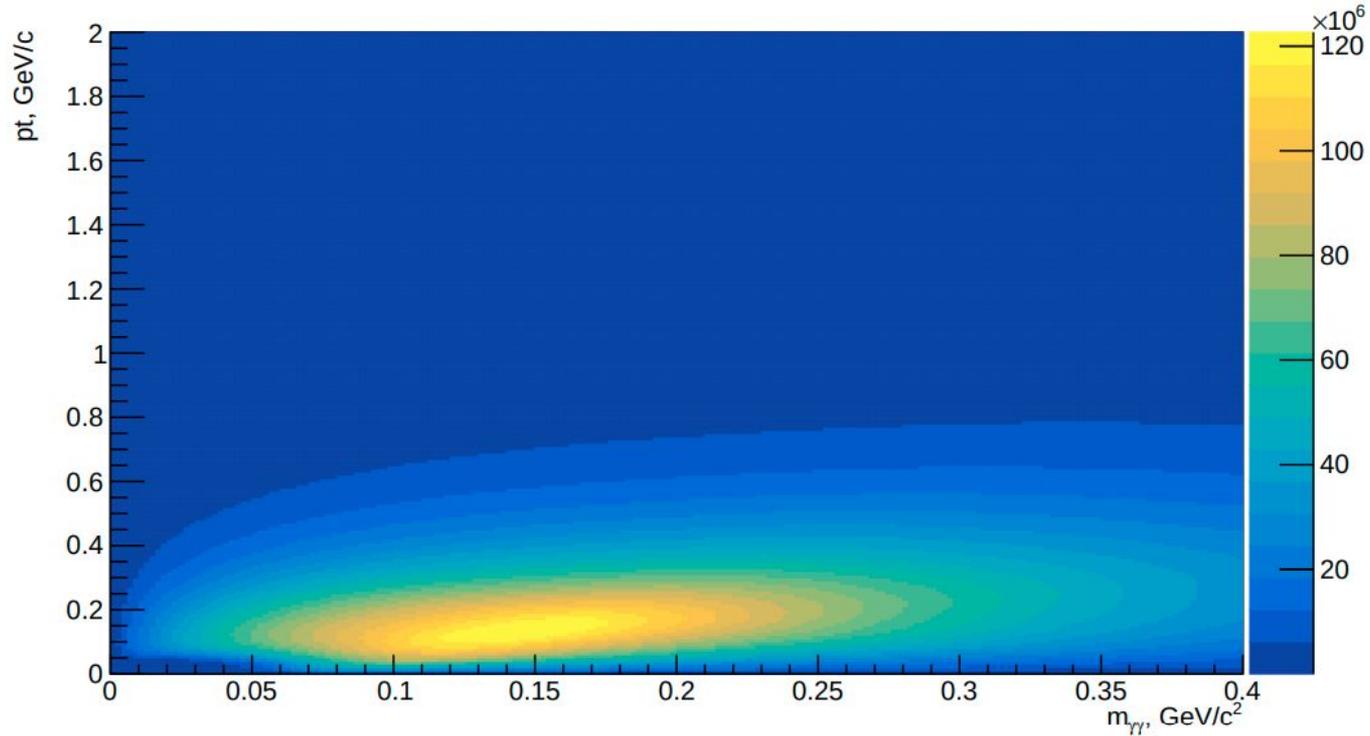
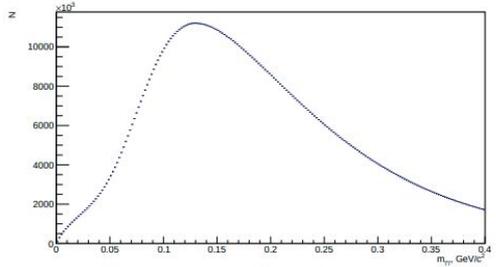
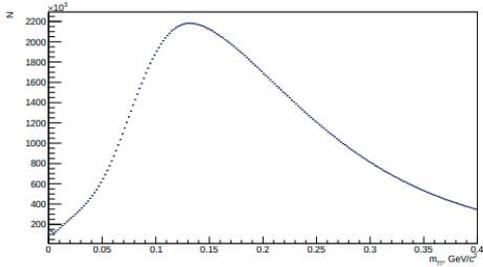


Рисунок 20: Распределения инвариантных масс смешанных событий для диапазона центральностей 0-5%

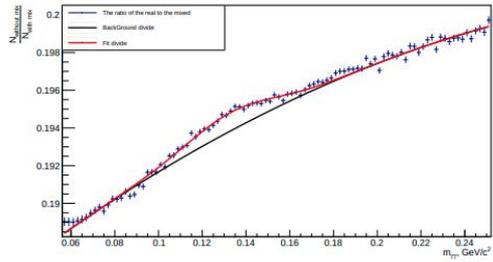
# Метод смешанных событий



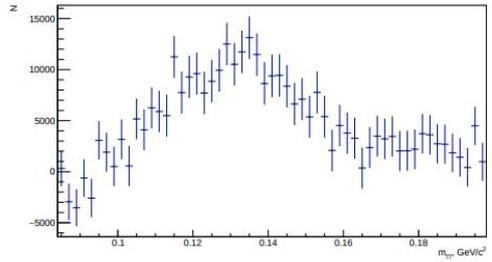
а)



б)



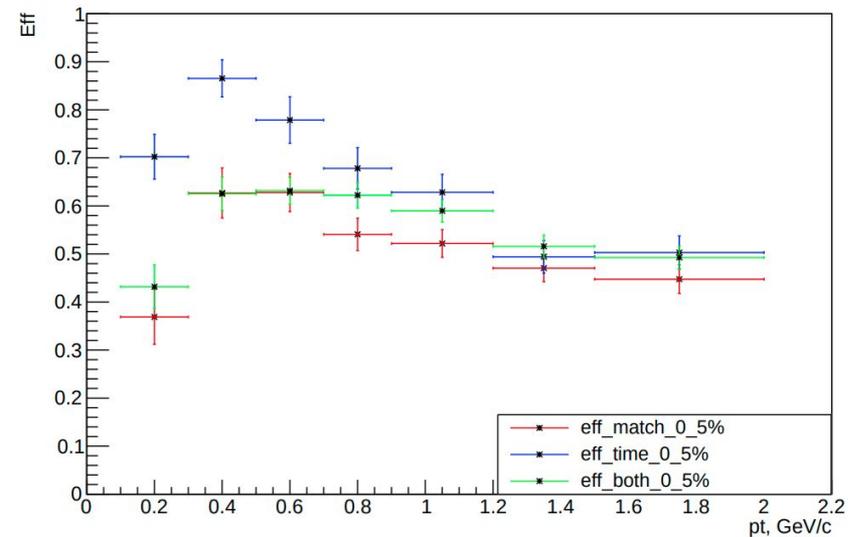
в)



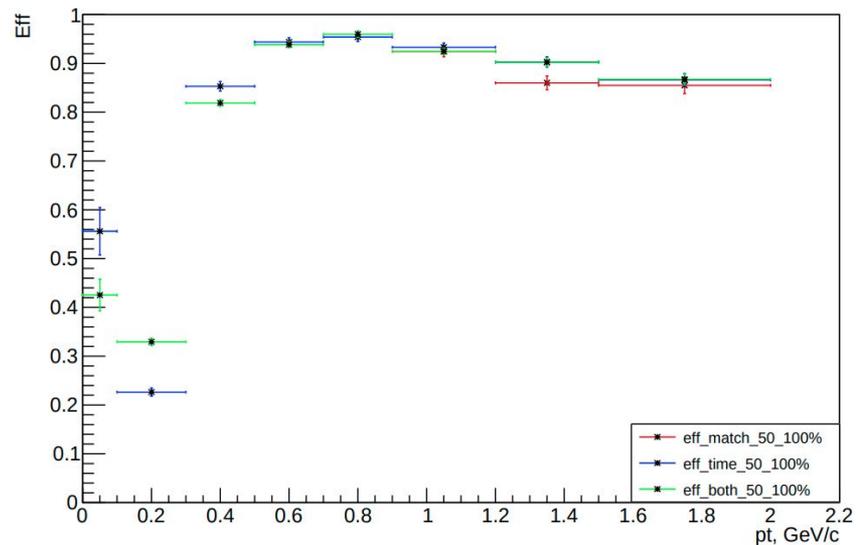
г)

Рисунок 21: Реализация метода смешанных событий для диапазона центральностей 50-100% и диапазоном поперечного импульса 0.00 - 0.10 ГэВ/с, где а - распределение для смешанных событий; б - распределение для реальных событий; в - отношение распределения реальных событий к смешанным; г - результат вычитания из распределения для реальных событий свертки распределения для смешанных событий с фоновой функцией.

# Эффективности



а)



б)

Рисунок 20: Зависимость эффективностей критериев от поперечного импульса для диапазона центральностей 0-5% (а) и 50-100% (б)

# 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 всех критериев при различных центральностях и поперечных импульсах

## В дальнейшем планируется:

- Улучшить критерий на вето заряженных треков
- Увеличить число событий при смешивании
- Оценить число пар в конверсионной области
- Задействовать всю выборку данных

Спасибо за внимание