

Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ»

Кафедра физики элементарных частиц №40

Выпускная квалификационная работа бакалавра на тему:

Экспериментальное исследование  
режекционных свойств детектора  
переходного излучения

Студент  
Попов Владимир Сергеевич

Научный руководитель  
Смирнов Сергей Юрьевич

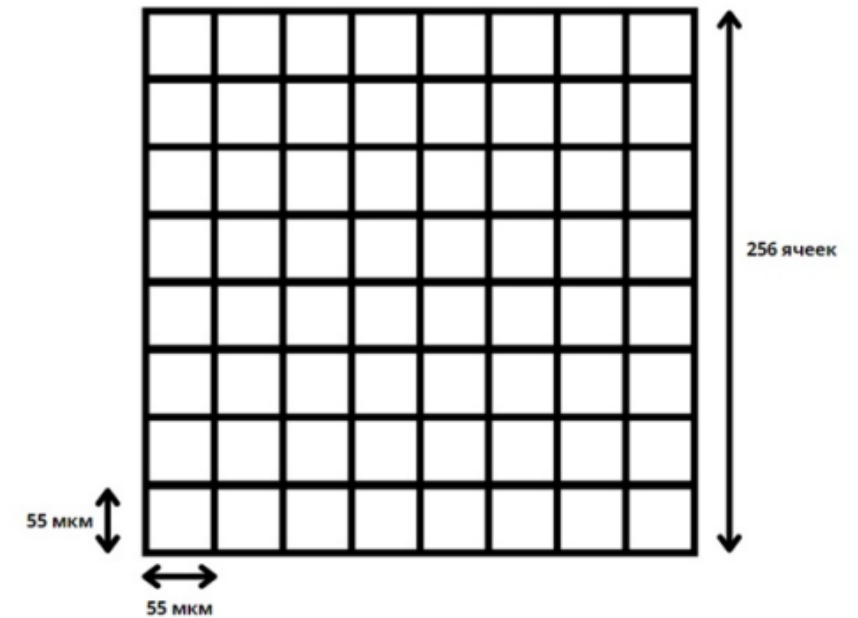
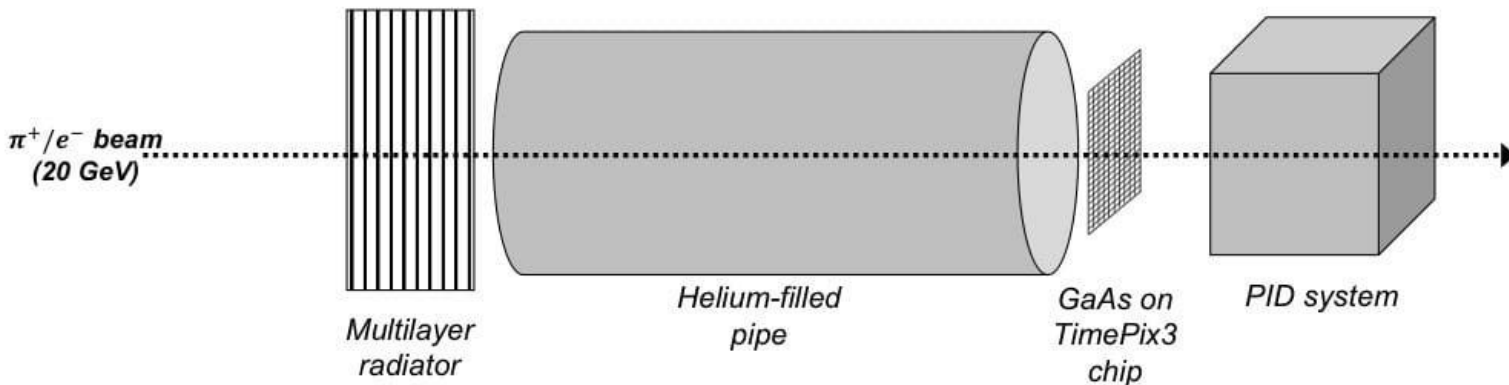
г. Москва 2023

## Цель работы

Целью данной работы является изучение режекционных характеристик прототипа детектора переходного излучения и поиск путей возможного улучшения этих параметров, а также оценка максимально возможных значений режекционных параметров для различных радиаторов на основе данных, полученных в эксперименте со смешанным пучком пионы/электроны 20 ГэВ на ускорителе SPS в ЦЕРНе.

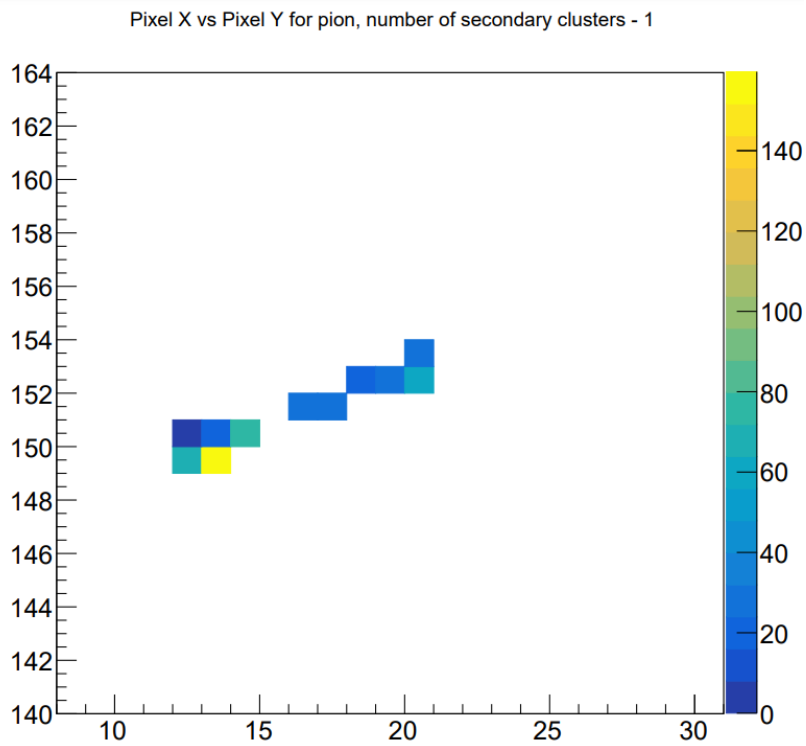
Схема пиксельного детектора из GaAs на основе чипа TimePix3

Схема установки на ускорителе SPS

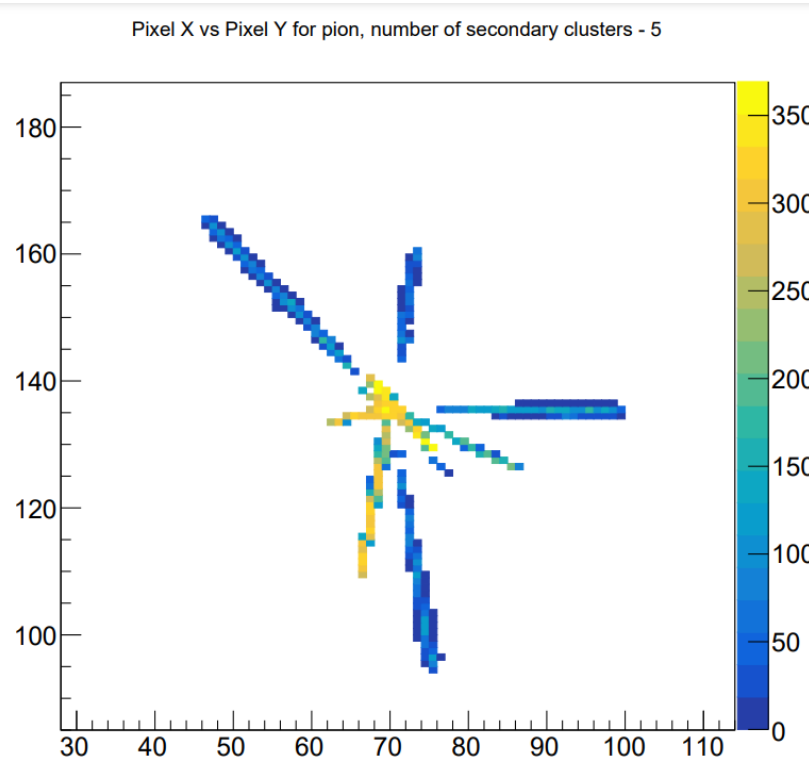


Примеры снимков событий в арсениде галлия.  
Цветом обозначено энерговыделение в кэВ.

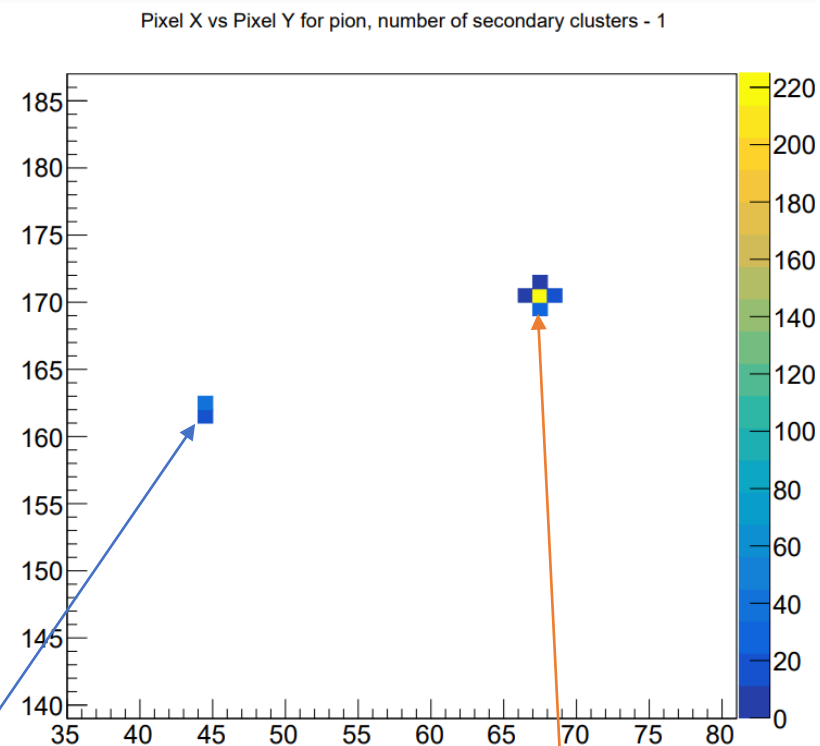
Событие с дельта электроном



Событие с ядерным взаимодействием



Событие пригодное для анализа

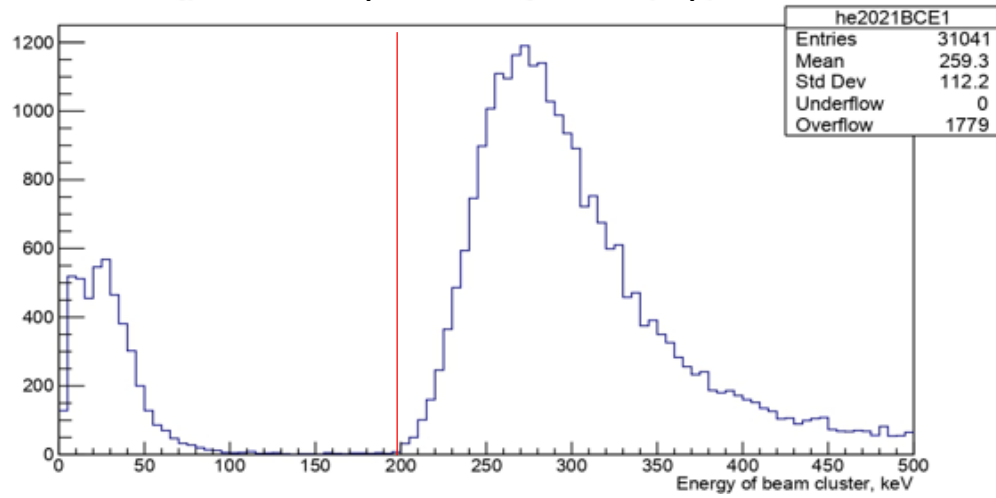


Вторичный кластер –  
кластер поглощенного  
фотона переходного  
излучения.

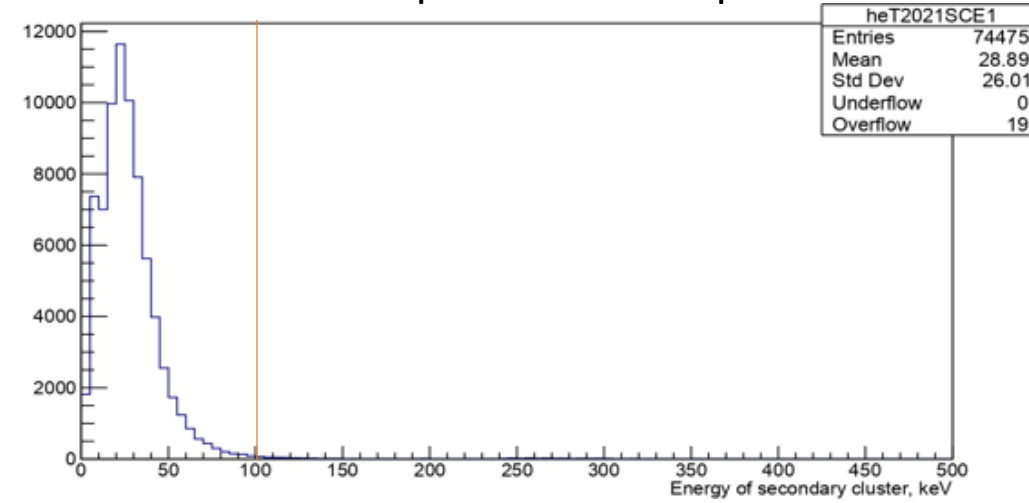
Первичный кластер –  
кластер пучковой  
частицы.

# Энерговывделение в электронных событиях, кэВ.

## Первичный кластер

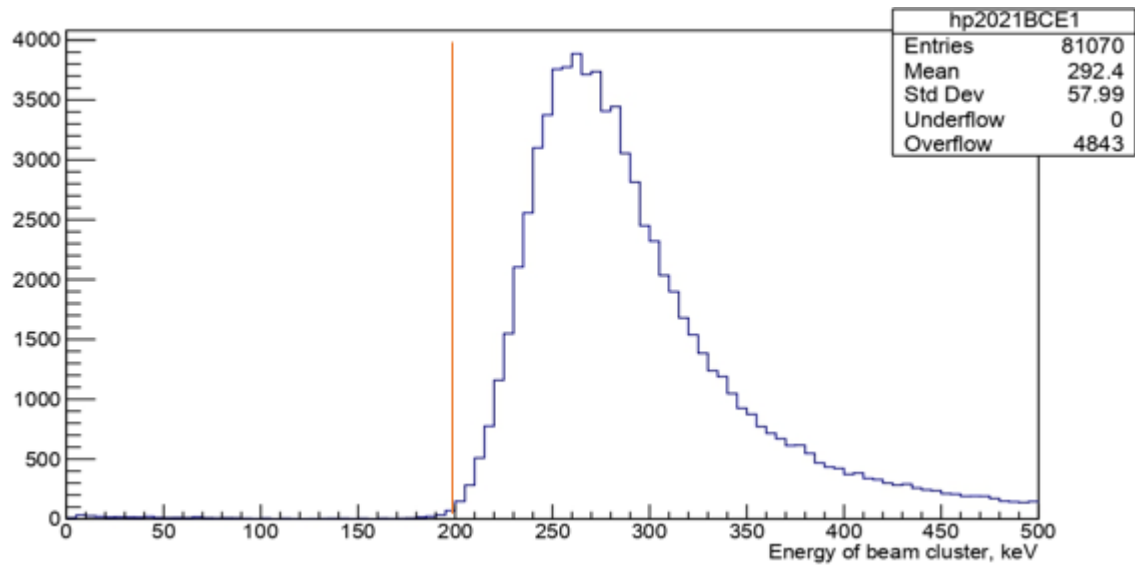


## Вторичный кластер

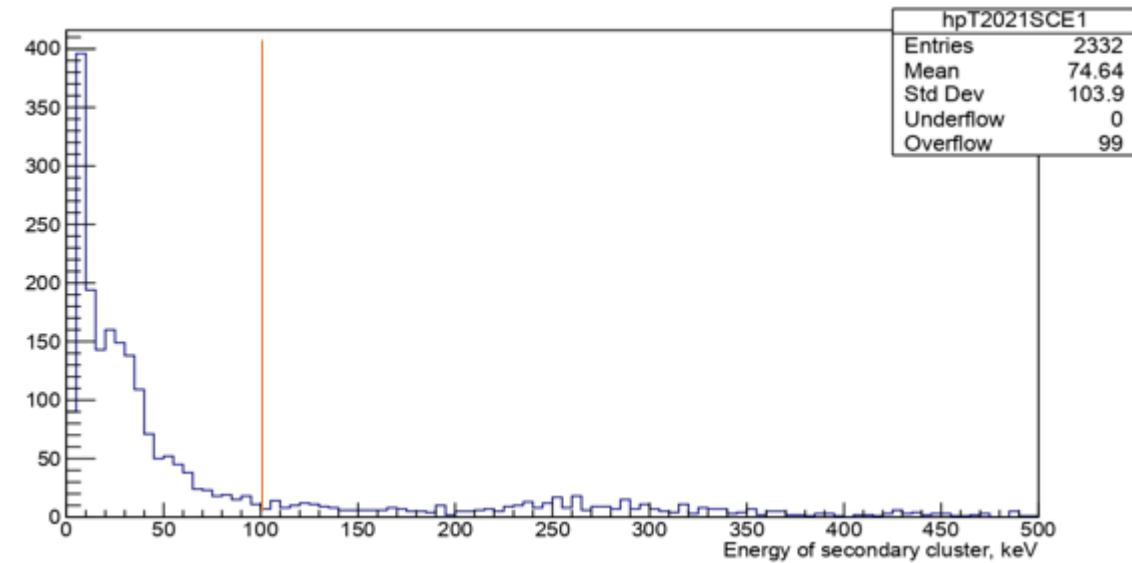


# Энерговывделение в пионных событиях, кэВ.

## Первичный кластер

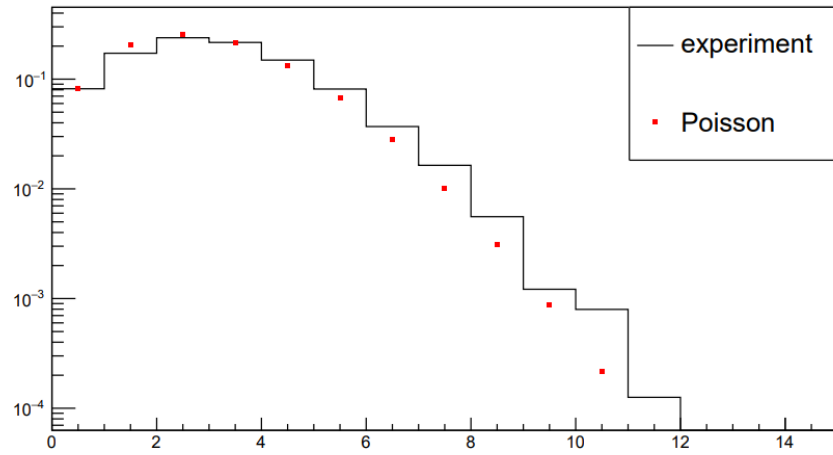


## Вторичный кластер

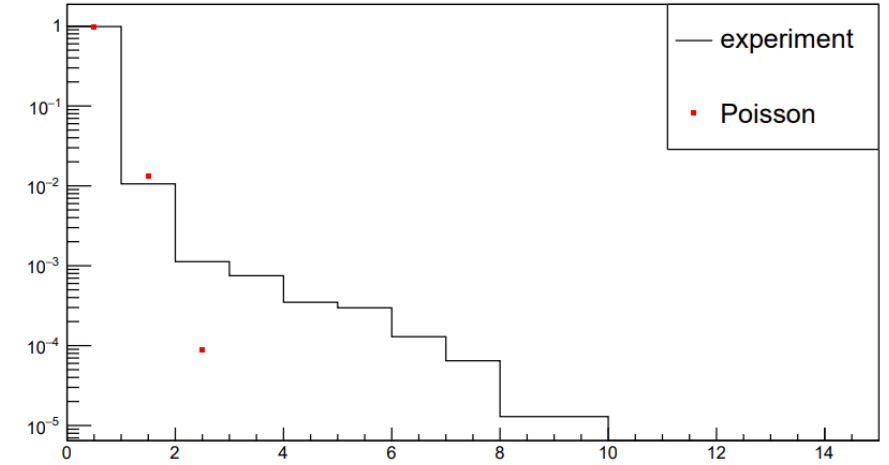


# Количество вторичных кластеров

## Электроны

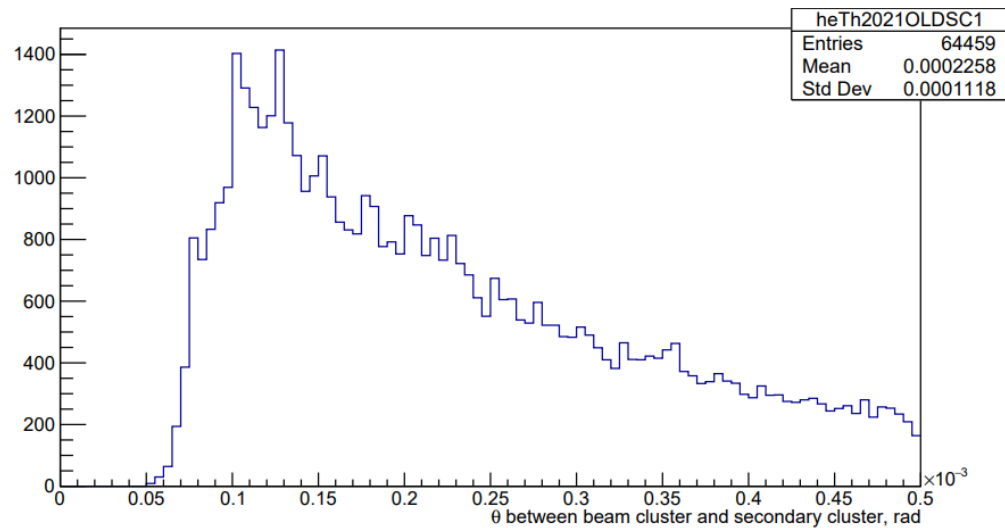


## Пионы

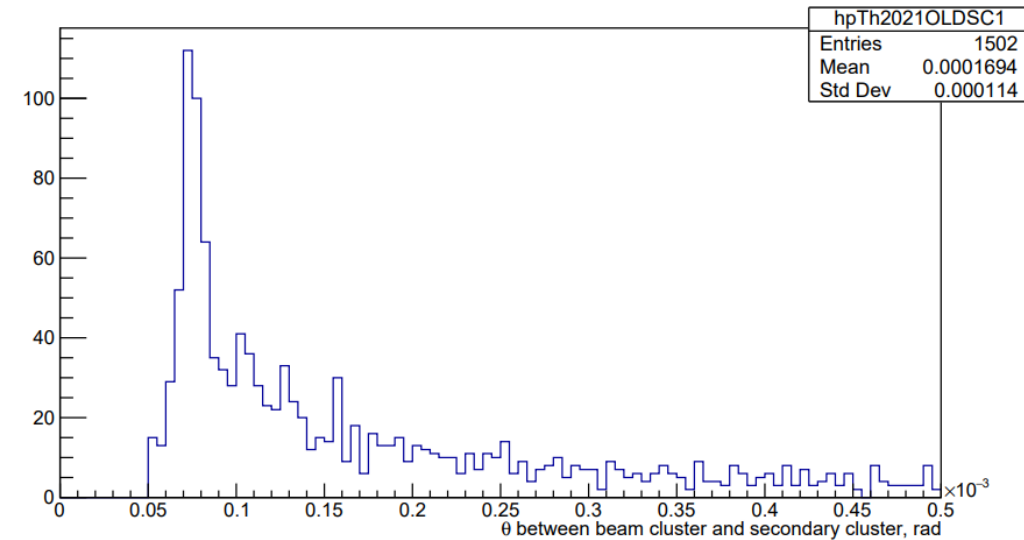


### Распределение по углу вылета переходного фотона.

## Электроны

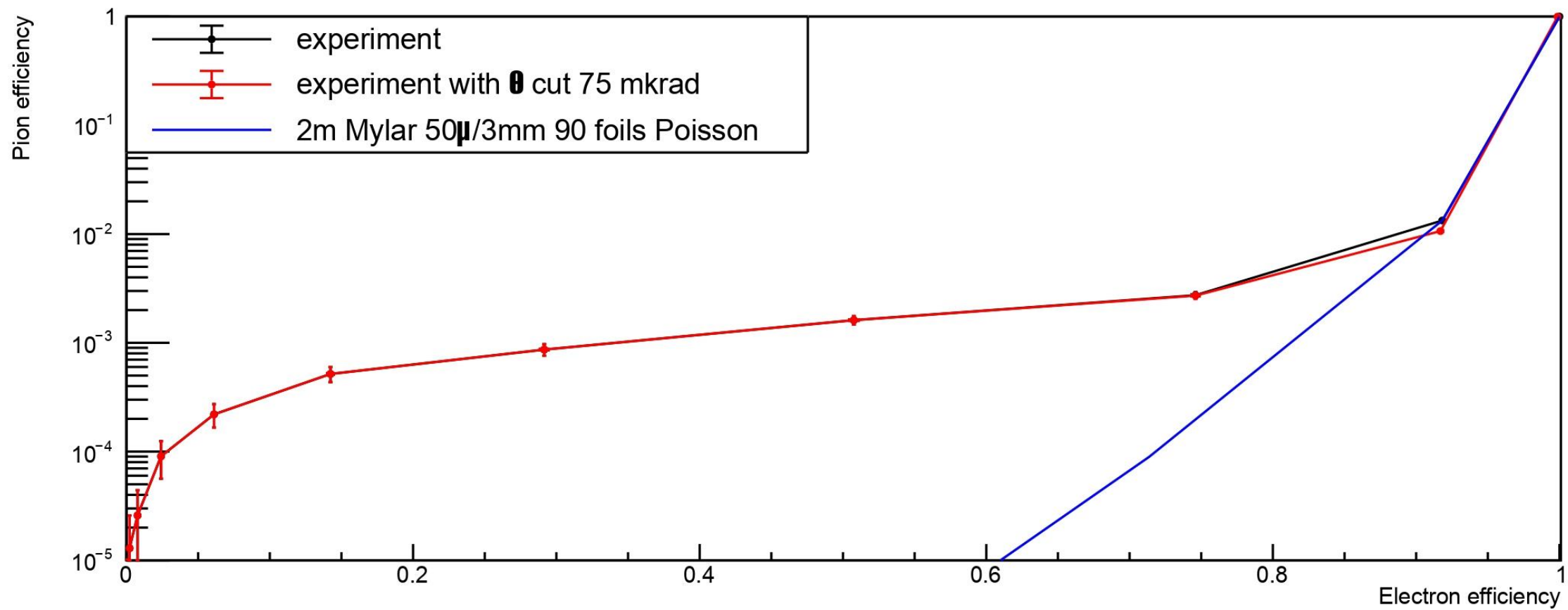


## Пионы



Режекционные кривые по разделению электронов  
от пионов с энергиями 20 ГэВ.

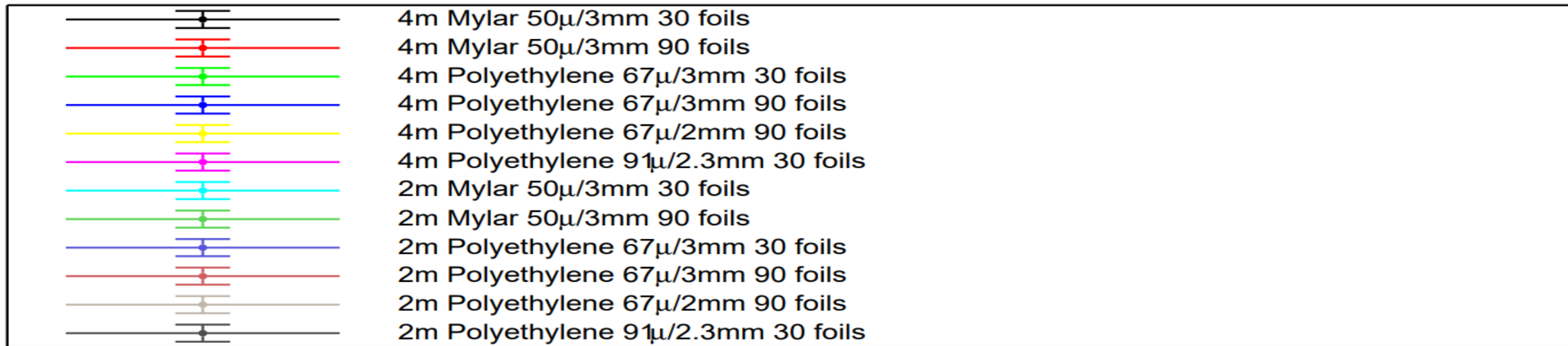
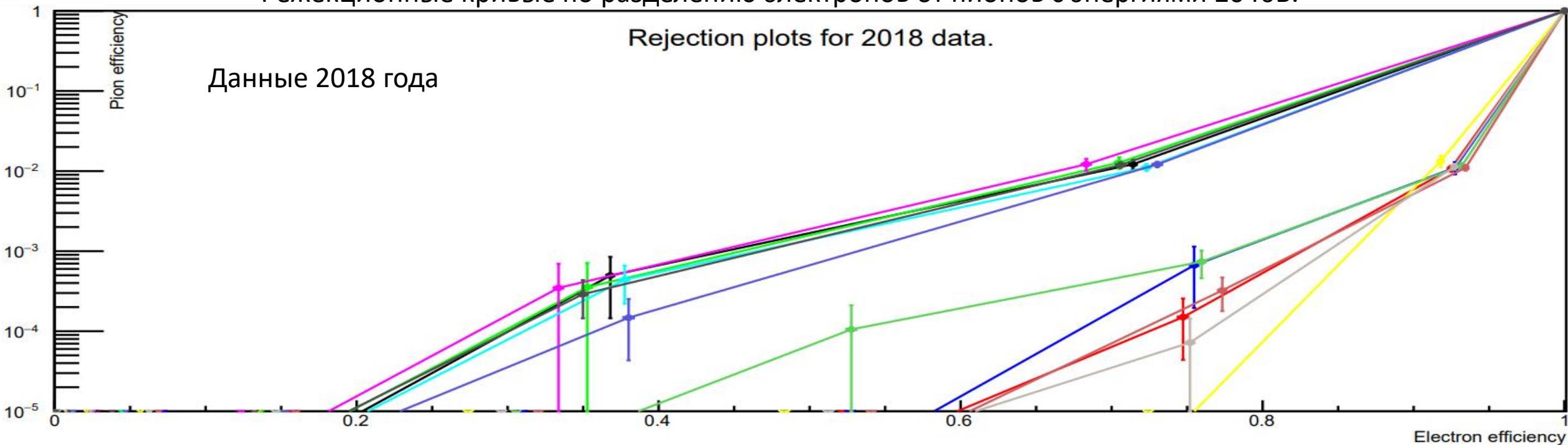
2m Mylar 50 $\mu$ /3mm 90 foils



Режекционные кривые по разделению электронов от пионов с энергиями 20 ГэВ.

Данные 2018 года

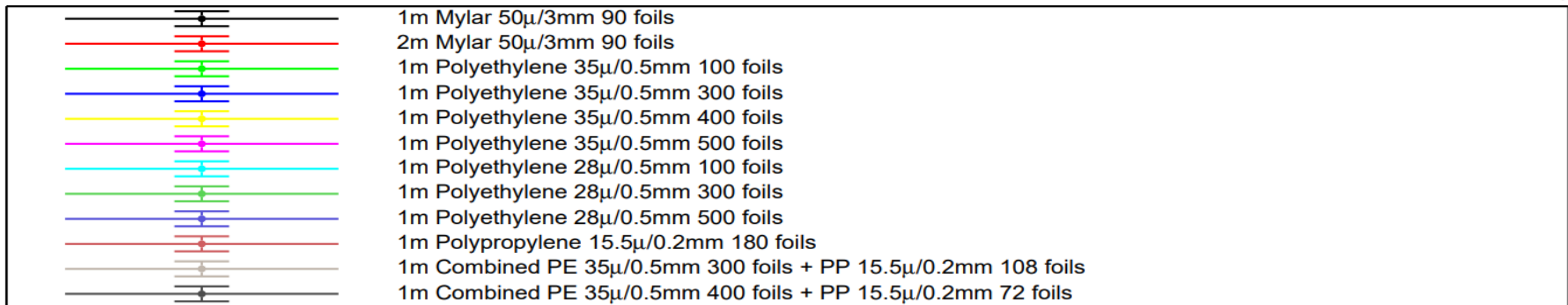
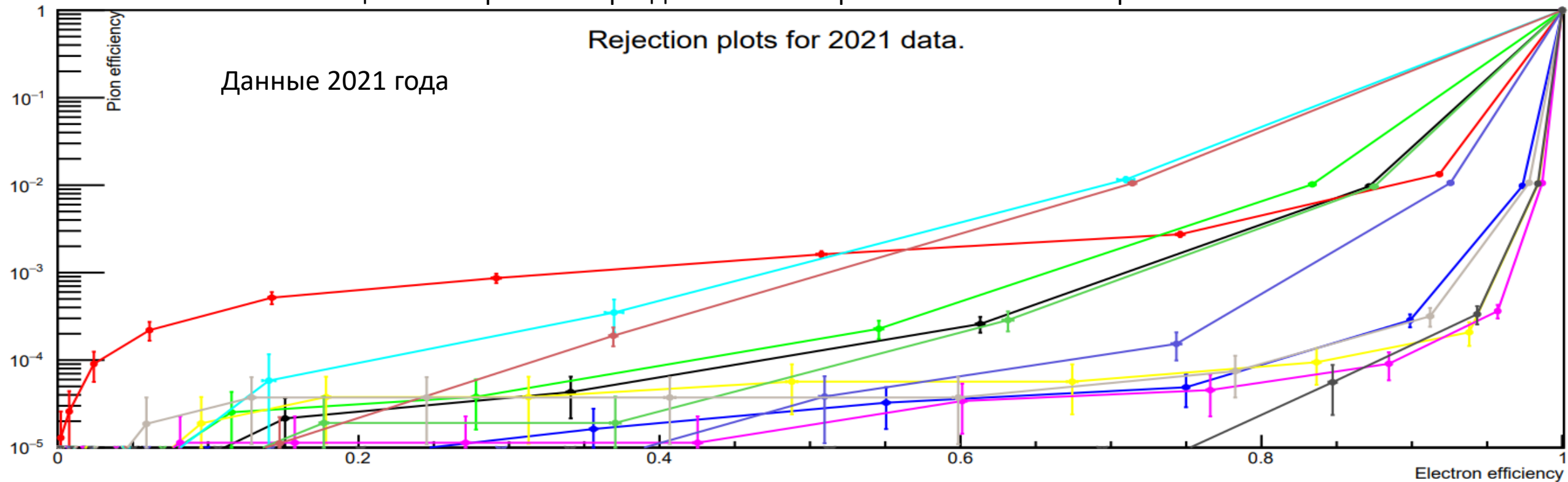
Rejection plots for 2018 data.



# Режекционные кривые по разделению электронов от пионов с энергиями 20 ГэВ.

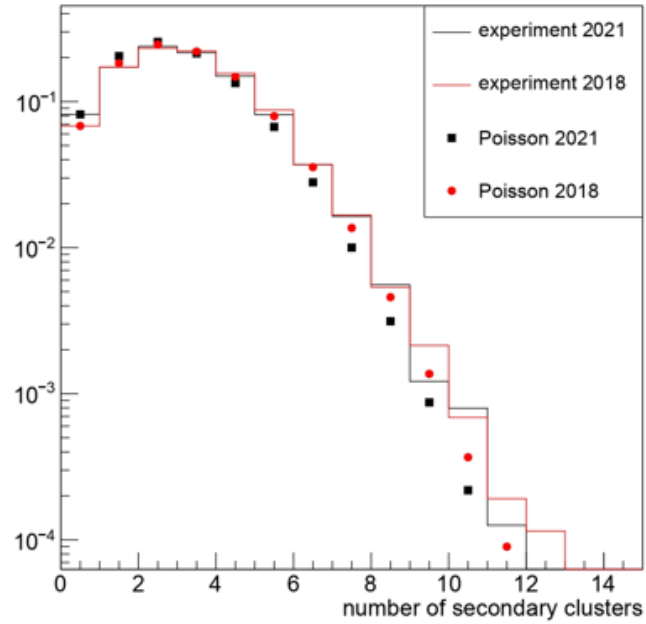
Rejection plots for 2021 data.

Данные 2021 года



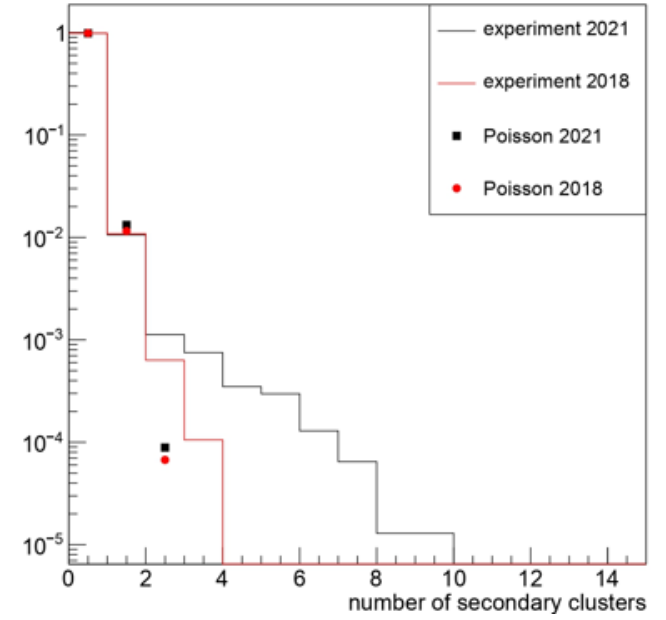


### Количество вторичных кластеров для электронов

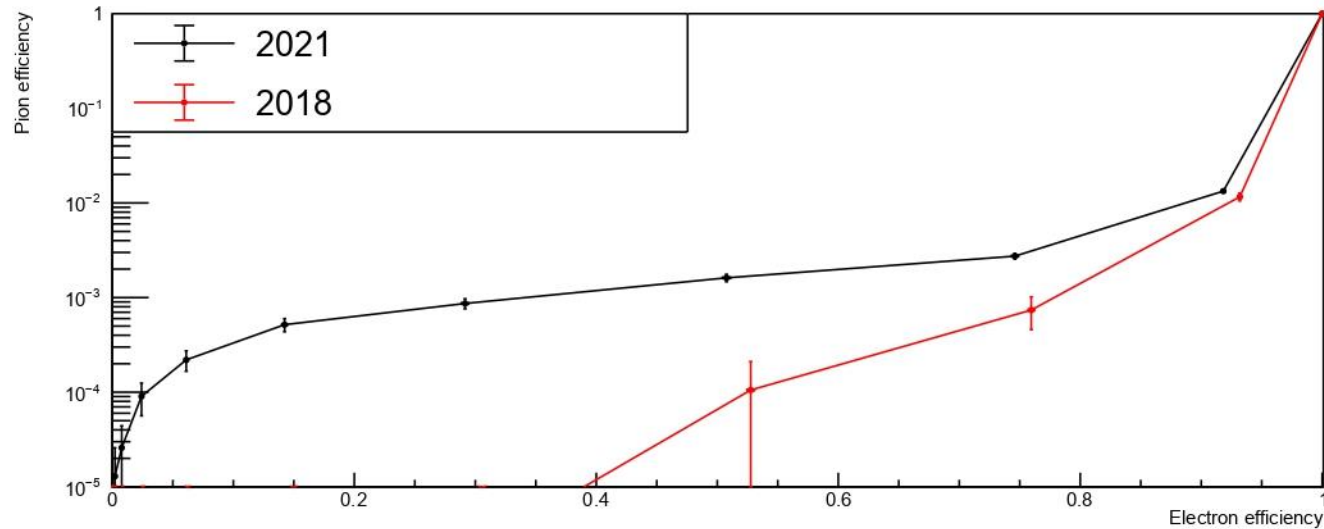


Сравнение данных 2021 и 2018 годов для радиатора из 90 майларовых пленок с толщиной пленки 50мкм. и расстоянием между пленками 3мм.

### Количество вторичных кластеров для пионов

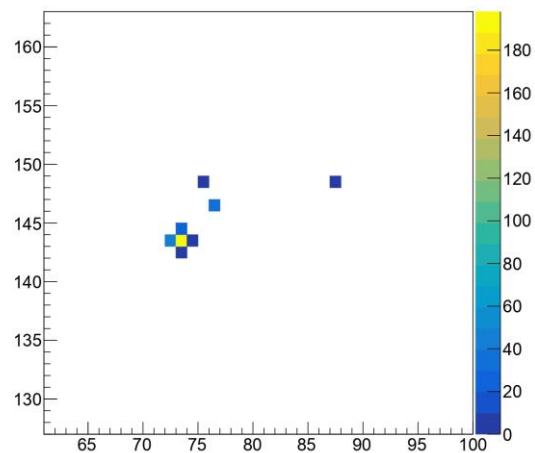


2m Mylar 50 $\mu$ /3mm 90 foils

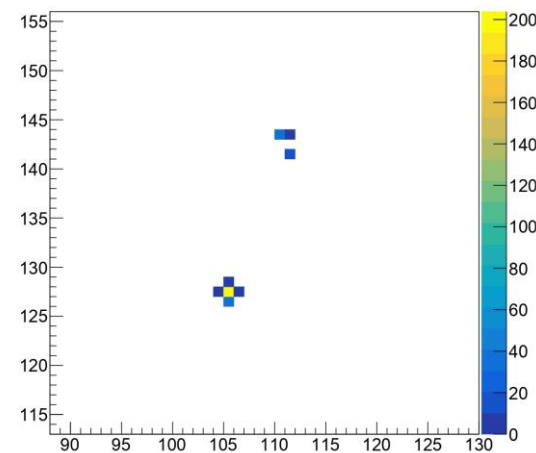


## Снимки событий 2018 года

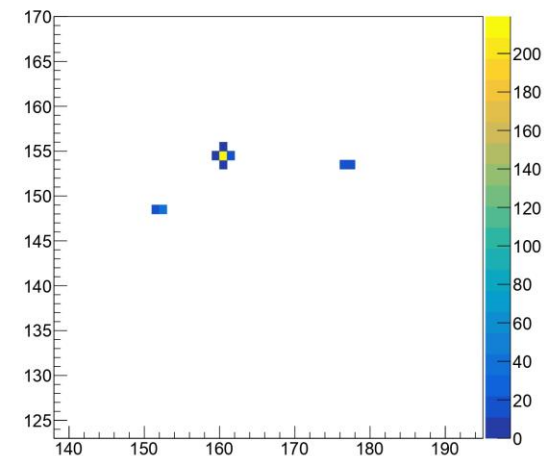
Pixel X vs Pixel Y for pion, number of secondary clusters - 3



Pixel X vs Pixel Y for pion, number of secondary clusters - 2

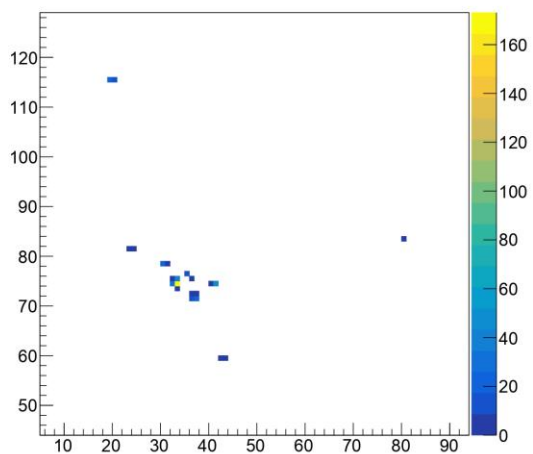


Pixel X vs Pixel Y for pion, number of secondary clusters - 2

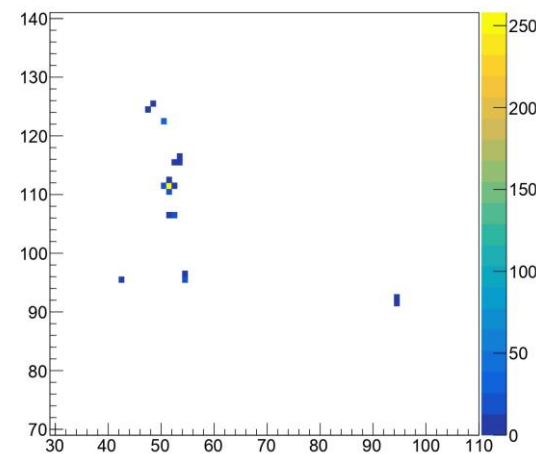


## Снимки событий 2021 года

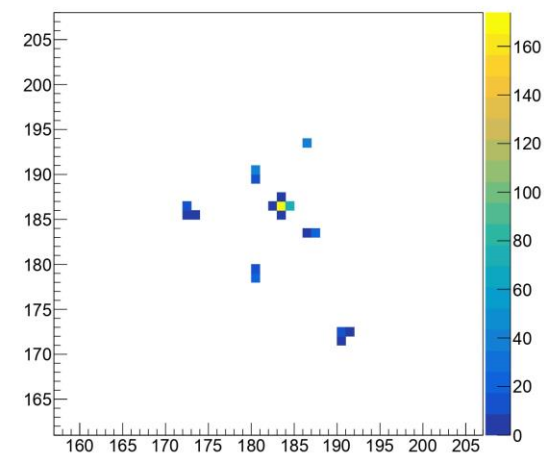
Pixel X vs Pixel Y for pion, number of secondary clusters - 8



Pixel X vs Pixel Y for pion, number of secondary clusters - 7



Pixel X vs Pixel Y for pion, number of secondary clusters - 6

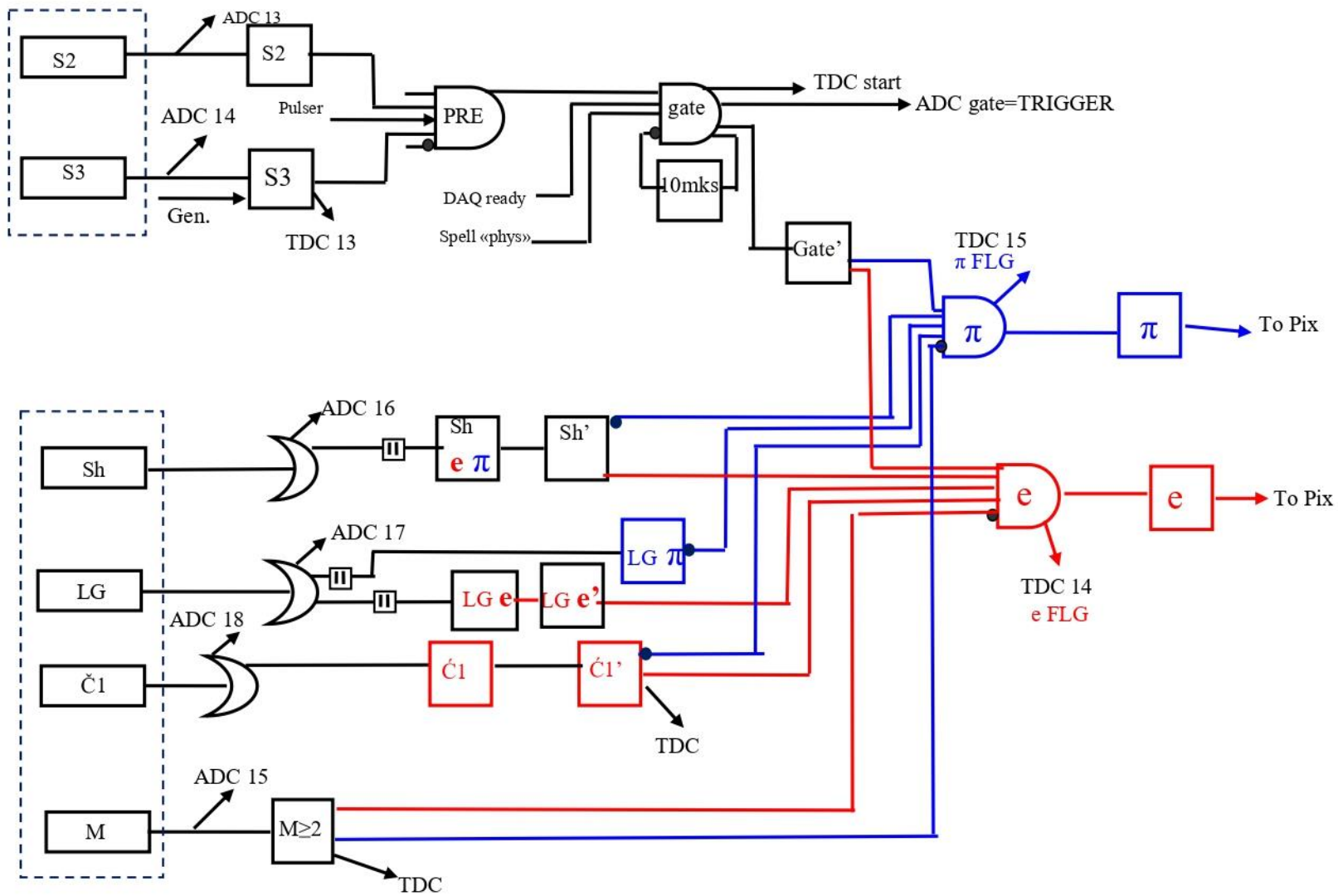


# Заключение

Были определены параметры отделения фоновых событий от искомым. Построены режекционные кривые для различных радиаторов переходного излучения. Из полученных данных был сделан вывод, что сильнее всего на режекционные свойства влияет количество пленок в радиаторе. Для наилучших конфигураций (например, полиэтилен 35мкм/0.5мм 500 пленок) были достигнуты значения  $10^{-4}$  ошибочно зарегистрированных пионов при сохранении 90% электронных событий. Радиаторы, используемые в эксперименте 2018 года, в среднем, оказались хуже, чем радиаторы, используемые в 2021 году. Это связано с тем, что 2021 году использовались радиаторы с большим количеством пленок.

В ходе анализа была выработана рекомендация для последующих подобных экспериментов. Нужно доработать триггерную логику таким образом, чтобы сигналы с детекторов системы PID записывались совместно с данными, идущими от пиксельного детектора. При такой конфигурации будет возможно сопоставить амплитуды с детекторов PID со снимком события и проверить, насколько корректно был определен тип частицы. Также появится возможность программно изменять порог амплитуды для сигналов с детекторов PID, разделяющий пионы и электроны.

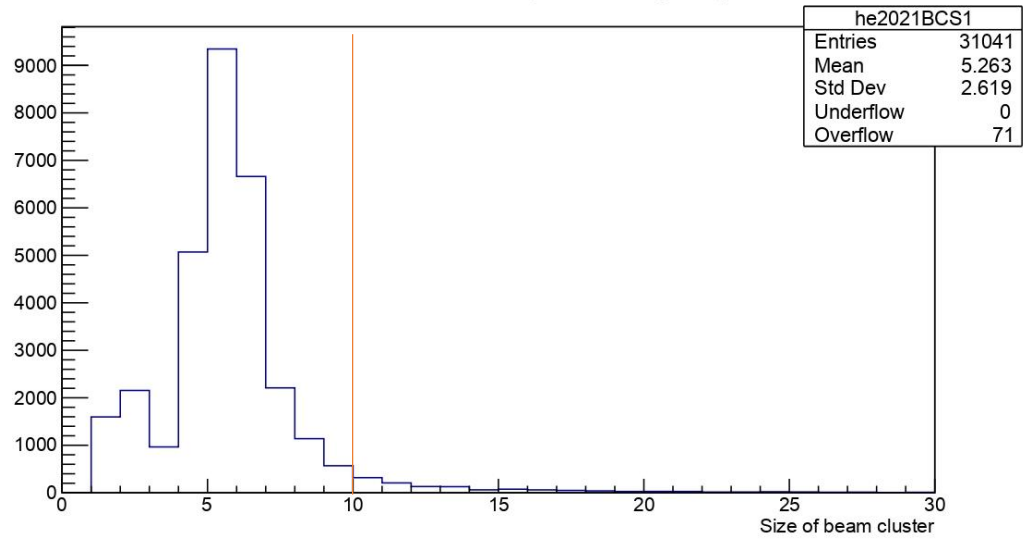
# Дополнительные Слайды



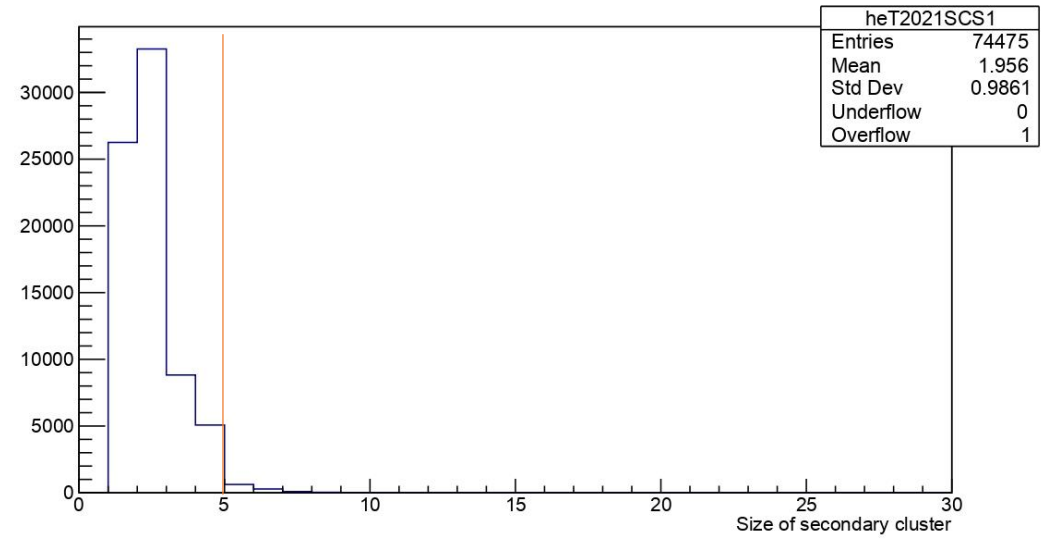
# Дополнительные Слайды

## Размер кластеров в электронных событиях

Size of beam cluster for electrons for configuration 2m Mylar 50 $\mu$ /3mm 90 foils

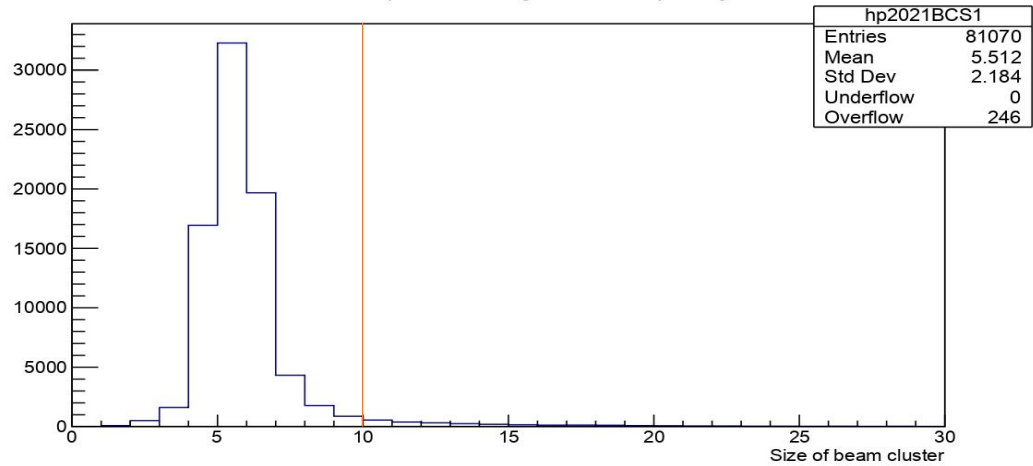


Size of secondary cluster for electrons for configuration 2m Mylar 50 $\mu$ /3mm 90 foils

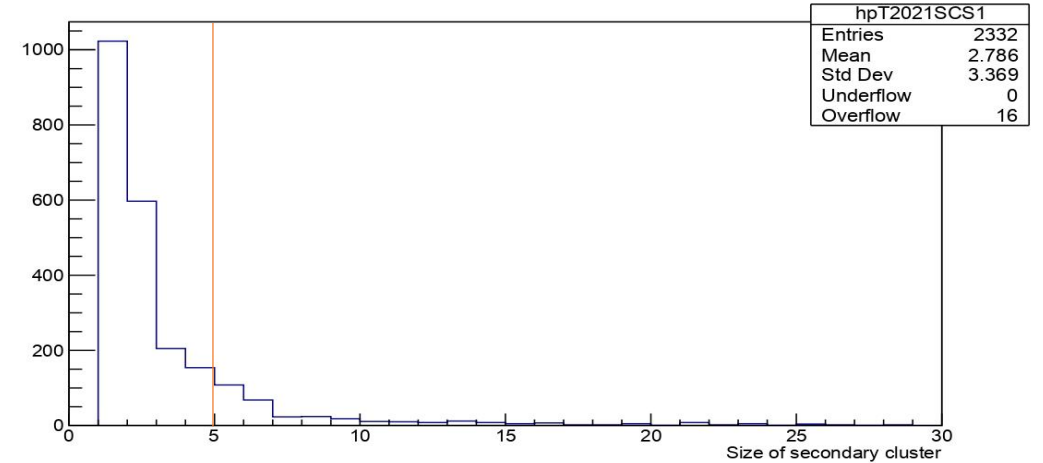


## Размер кластеров в пионных событиях

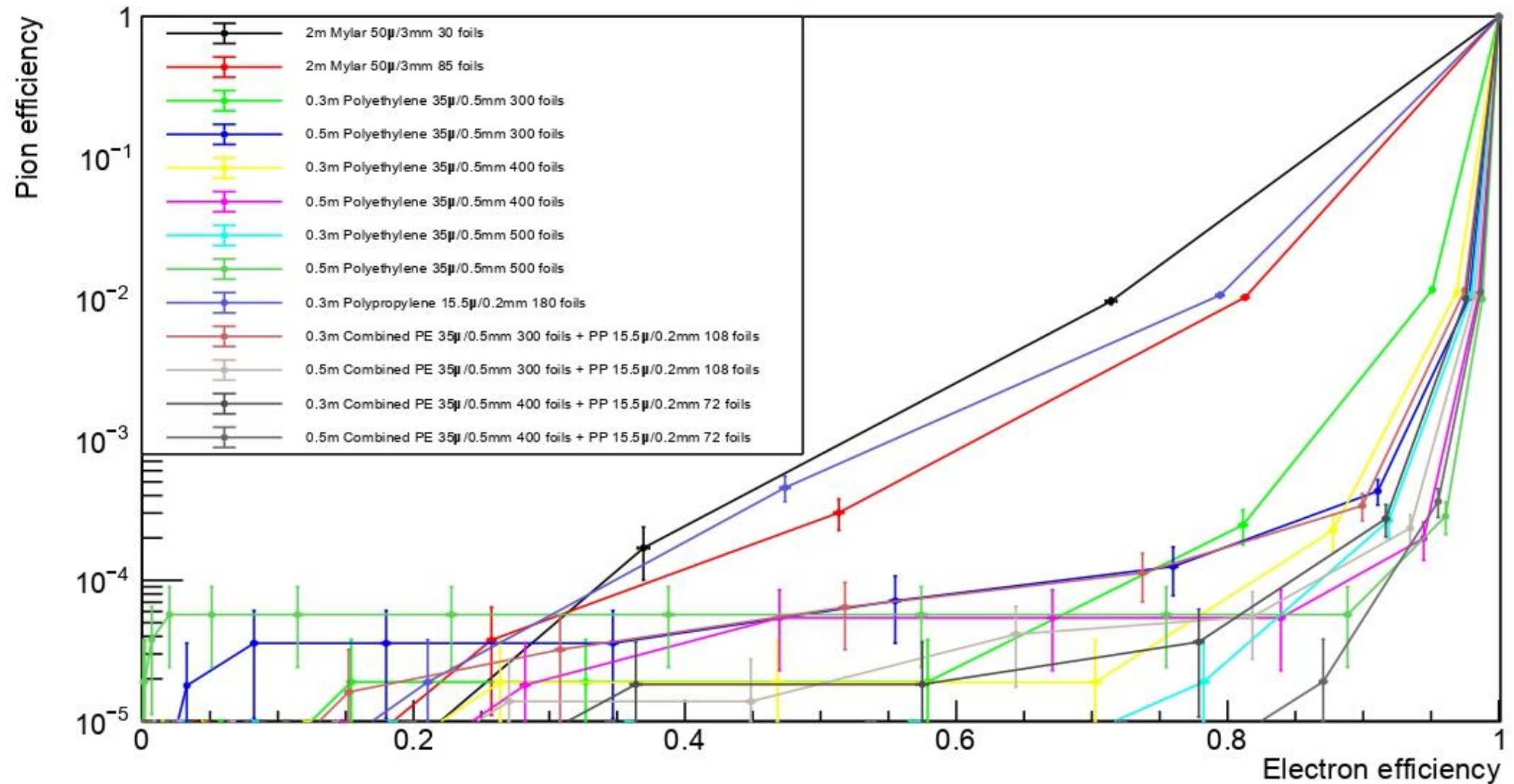
Size of beam cluster for pions for configuration 2m Mylar 50 $\mu$ /3mm 90 foils



Size of secondary cluster for pions for configuration 2m Mylar 50 $\mu$ /3mm 90 foils



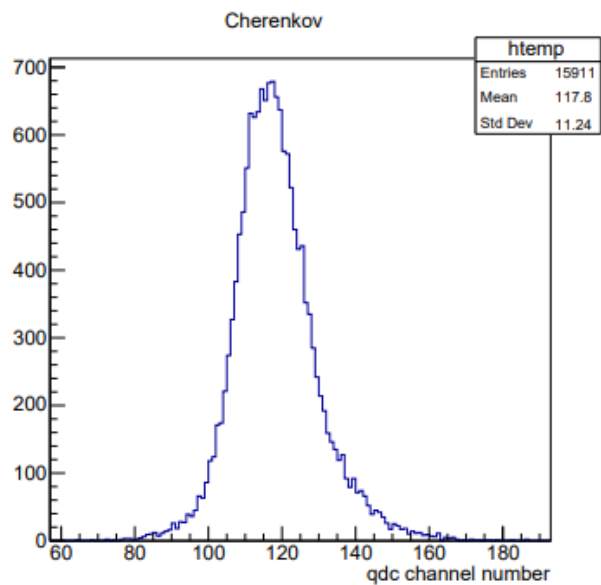
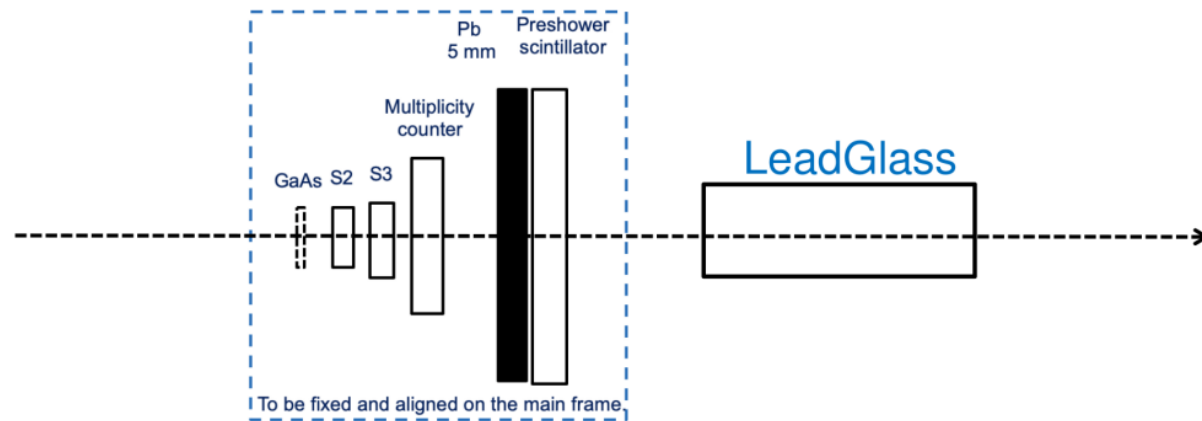
# Rejection plots for 2021 data.



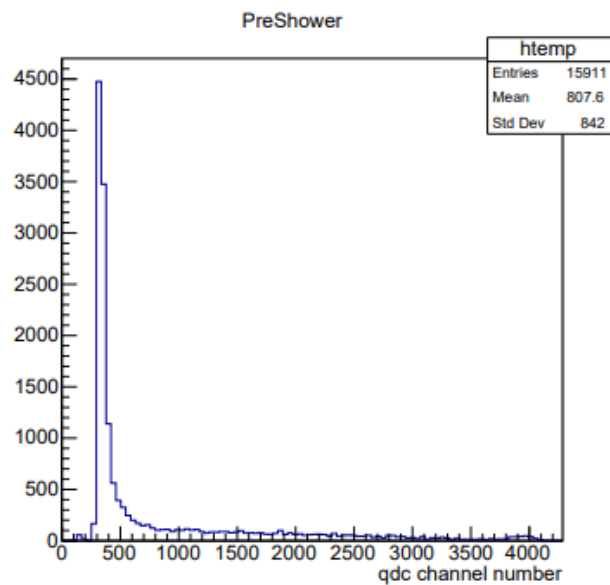
## Дополнительные Слайды

Материал	Межплёночное расстояние, мм.	Толщина пленки, мкм.	Количество пленок
Майлар	3	50	30
			90
Полиэтилен	0,5	35	100
			300
			400
		28	500
			100
			300
	3	67	500
			30
			90
	2	67	30
			90
	2,3	91	30
90			
Полипропилен	0,2	15,5	180

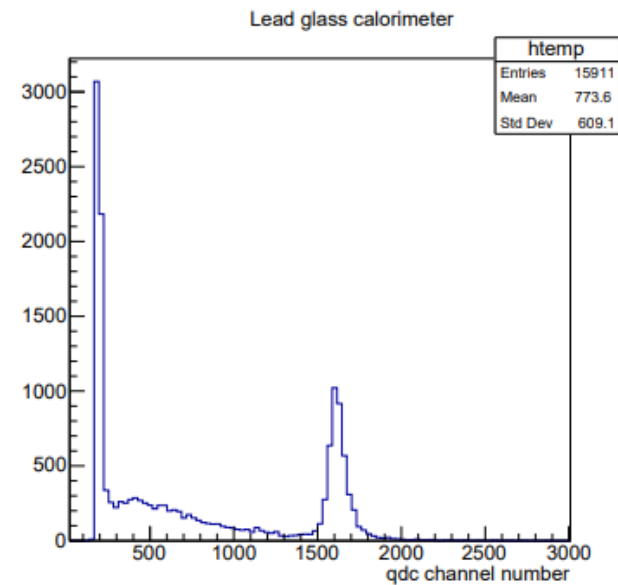
## Дополнительные Слайды



(а) Черенковский детектор



(б) Ливневый детектор



(в) Калориметр