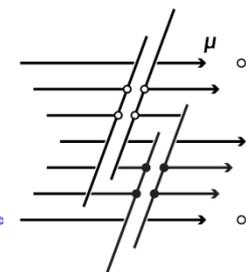




Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ»



TREK

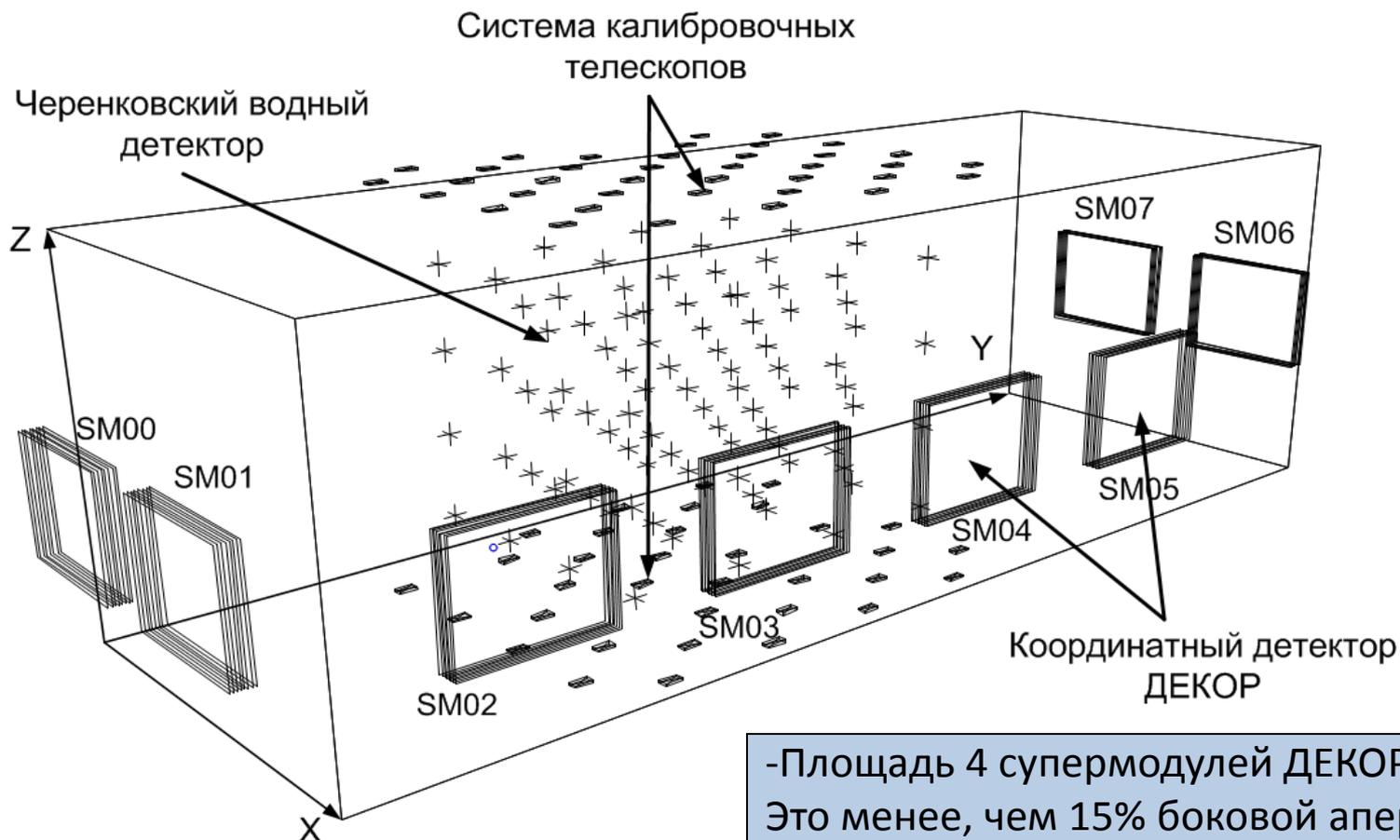
## Научно-образовательный центр НЕВОД

# Применение дрейфовых камер для исследования групп мюонов космических лучей

Воробьев В.С., Задеба Е.А.  
от сотрудничества МИФИ-ИФВЭ

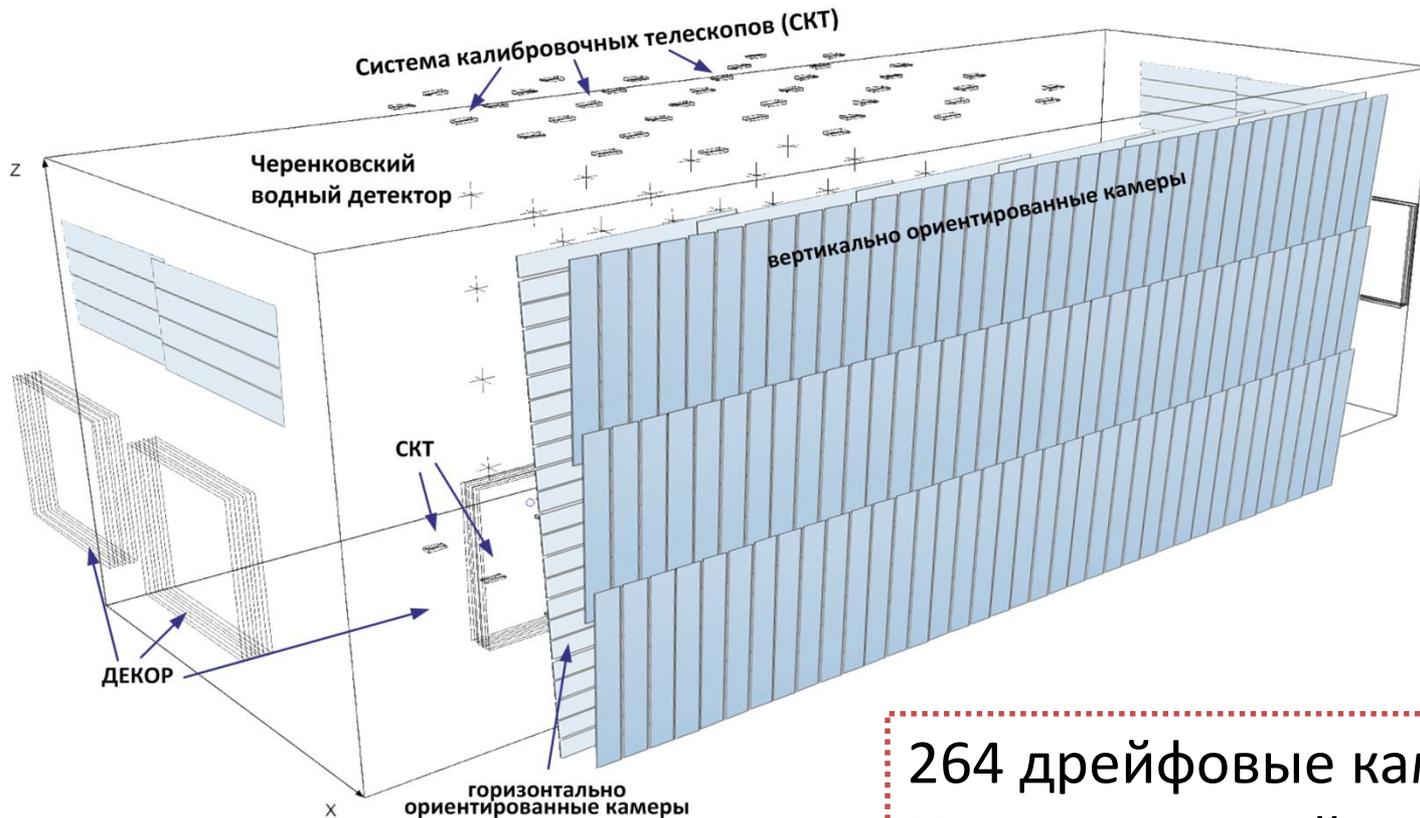
XI Черенковские чтения, ФИАН, 17 апреля 2018

# Координатно-трековый детектор ДЕКОР



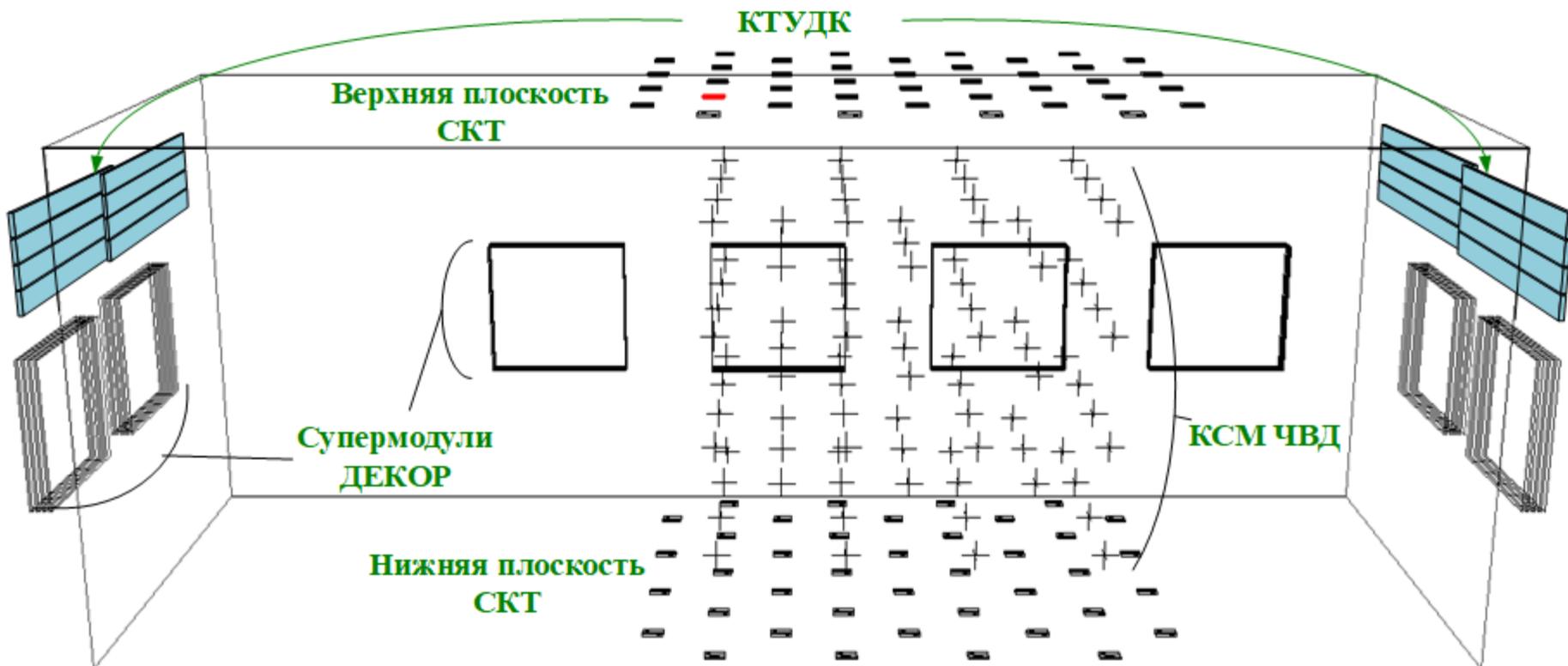
- Площадь 4 супермодулей ДЕКОР  $\sim 35 \text{ м}^2$
- Это менее, чем 15% боковой апертуры ЧВД
- Пространственная точность  $\sim 0.8 \text{ см}$
- Угловая точность  $\sim 1^\circ$
- Разрешение двух треков  $\sim 3 \text{ см}$

# Координатно-трековый детектор ТРЕК



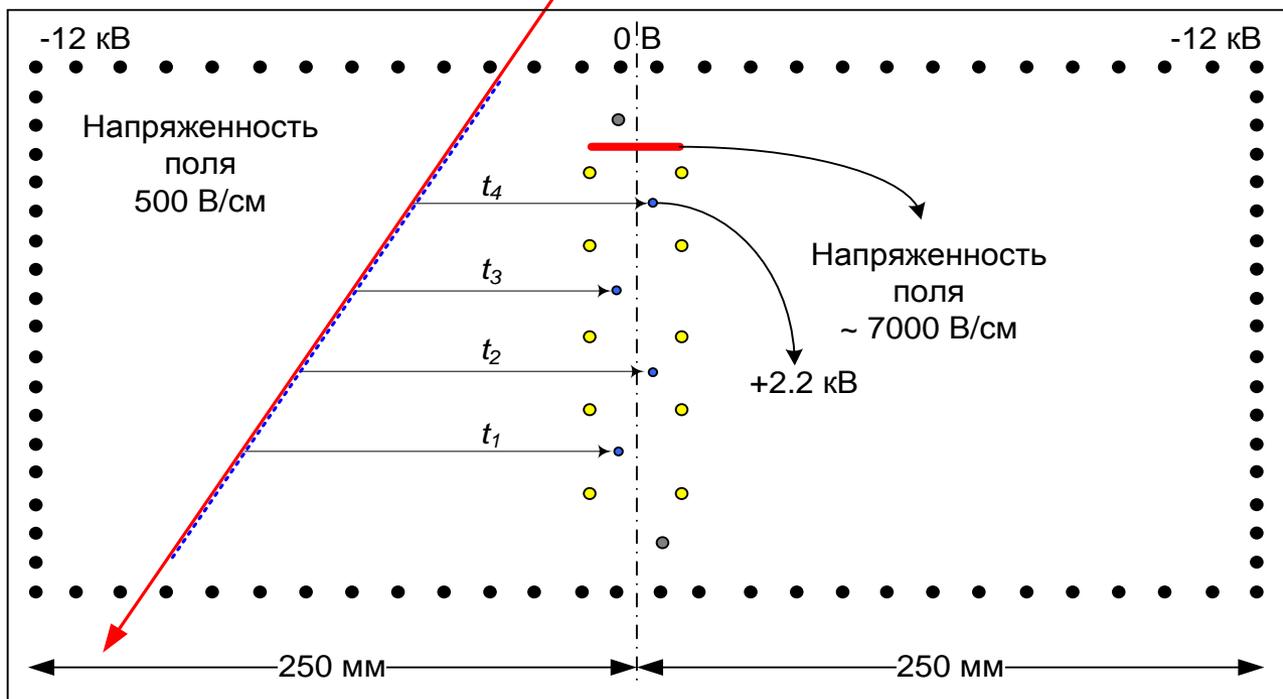
264 дрейфовые камеры  
Площадь одной камеры  $2 \text{ м}^2$   
Площадь детектора –  $254 \text{ м}^2$

# Координатно-трековая установка на дрейфовых камерах (КТУДК)



- Количество дрейфовых камер - 16
- Общая эффективная площадь – 29.6 м<sup>2</sup>
  - Количество каналов – 64

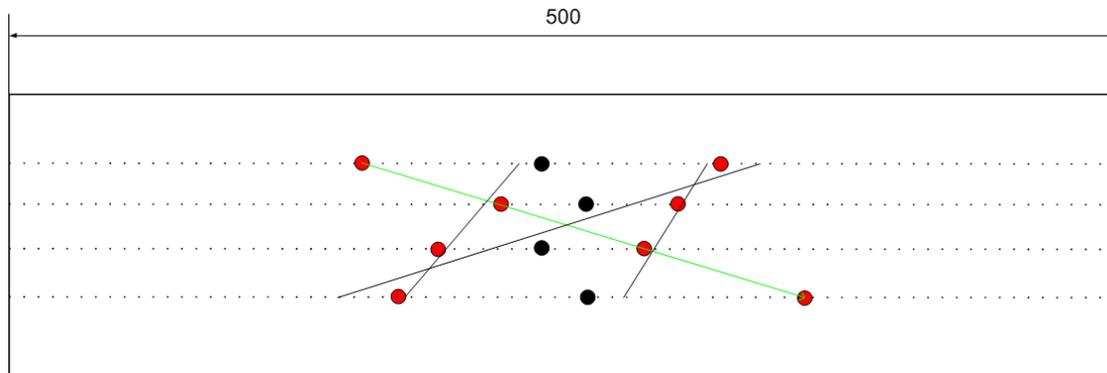
# Дрейфовая камера ИФВЭ



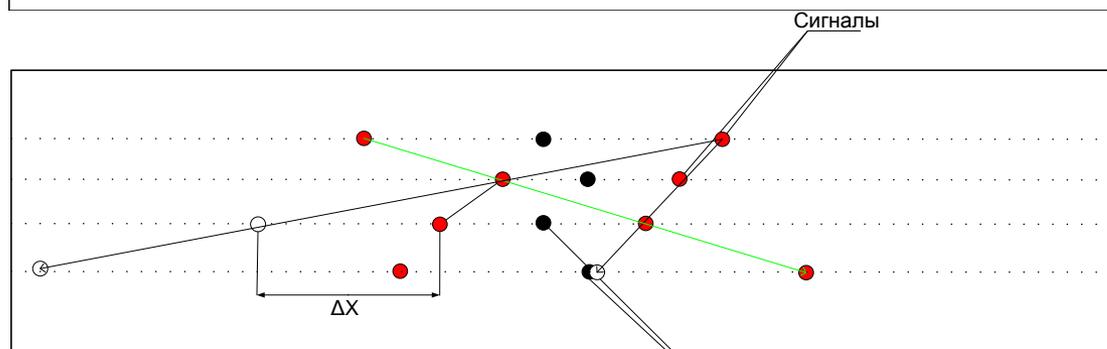
Координатная точность ~ 1 мм  
Угловая точность ~ 30 мрад  
Состав газовой смеси: 94% Ar + 6% CO<sub>2</sub>

Время дрейфа электронов < 6 мкс  
Скорость дрейфа – 0.04 мм/нс

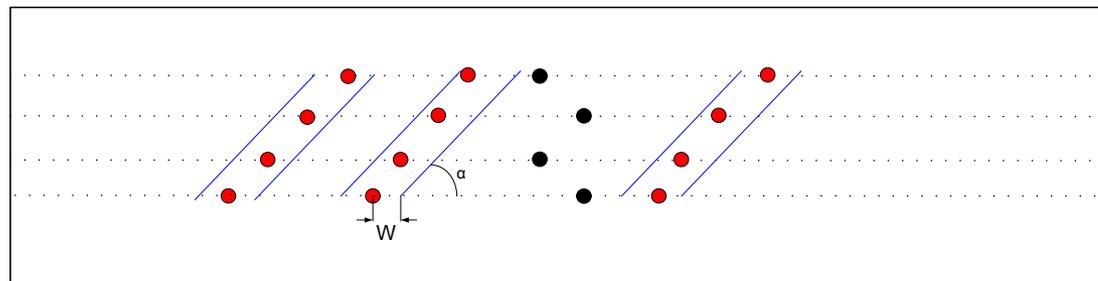
# Методы реконструкции



Метод перебора.  
Перебор всех возможных комбинаций точек и выбор с наименьшей суммой квадратов отклонений.



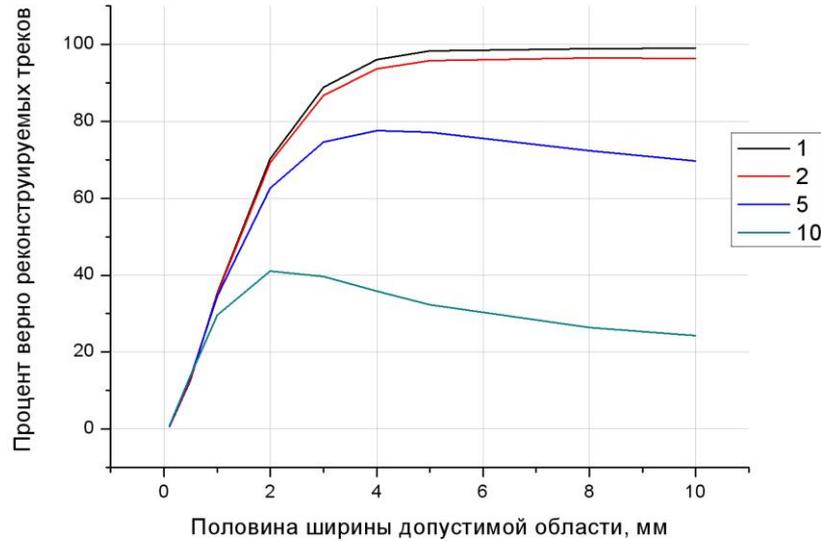
Метод поиска “прямолинейного” участка.  
 $W$  – половина ширины допустимой области.  
Реконструкция производится, если на всех каналах  $W > \Delta X$ .



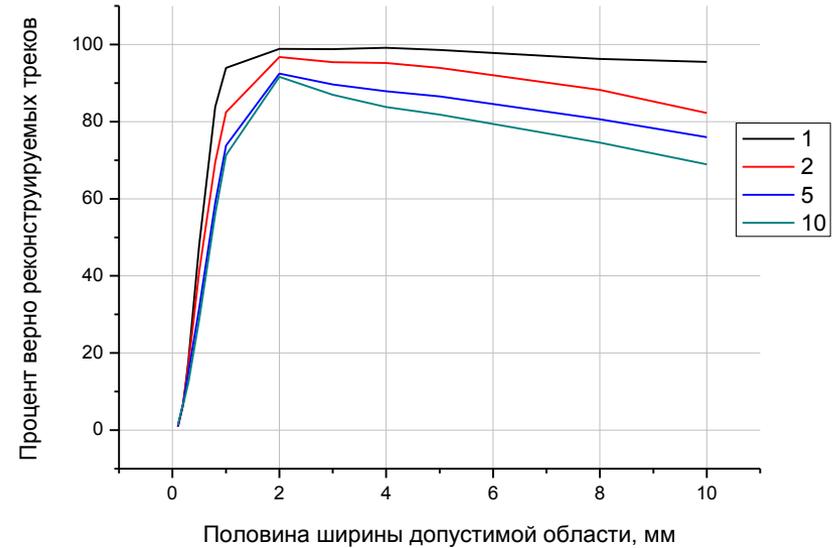
Метод гистограммирования.  
 $\alpha$  – варьируемый угол.

# Процент верной реконструкции моделированных параллельных треков

Метод поиска “прямолинейного” участка

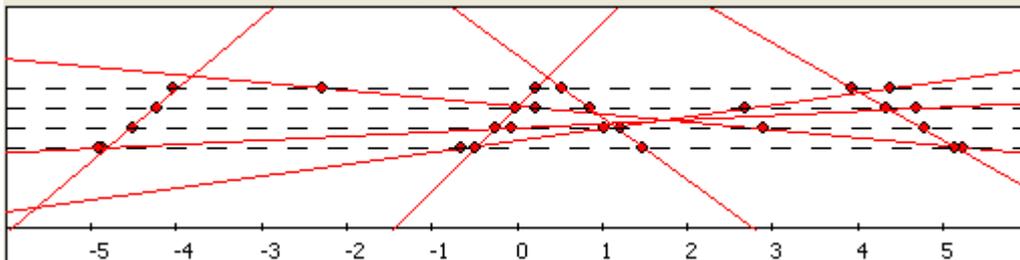
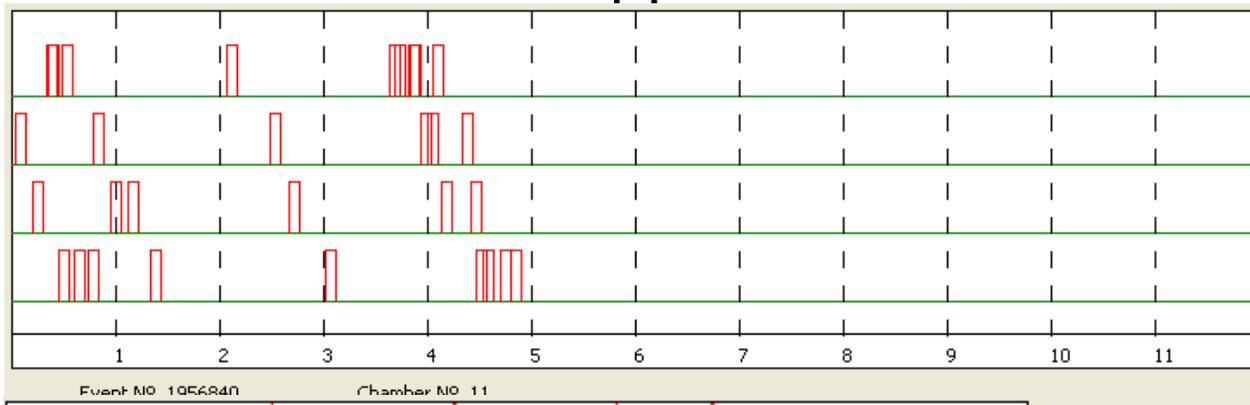


Метод гистограммирования

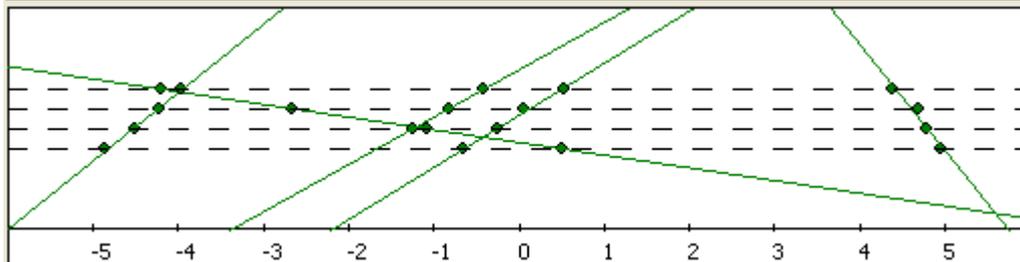


Множественность	Метод перебора	Метод поиска “прямолинейного” участка	Метод гистограммирования
1	95.0±0.3	94.9±0.3	98.9±0.3
2	88.6±0.3	91.7±0.3	96.7±0.3
4	54.9±0.2	76.3±0.2	95.0±0.3
5	40.3±0.1	67.1±0.2	92.4±0.3
10	17.5±0.2	41.1±0.4	91.6±0.3

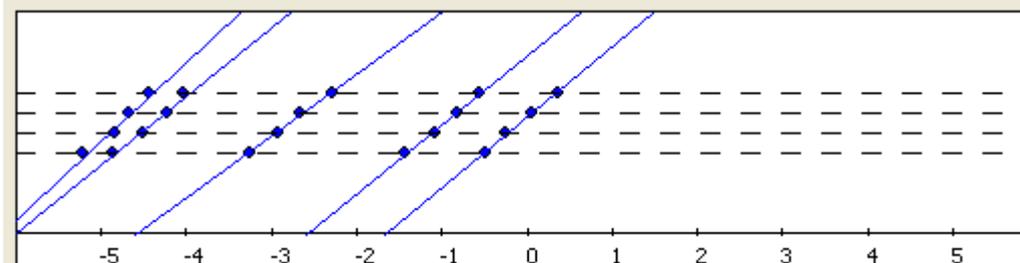
# Сравнение методов по экспериментальным данным



Метод перебора



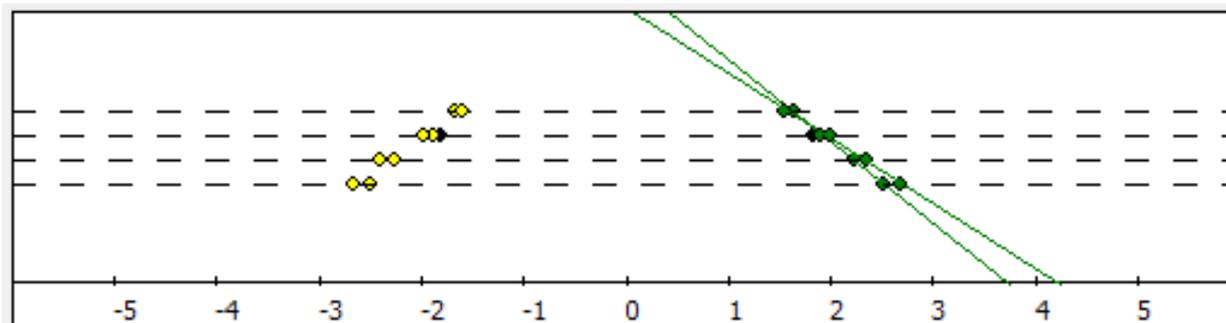
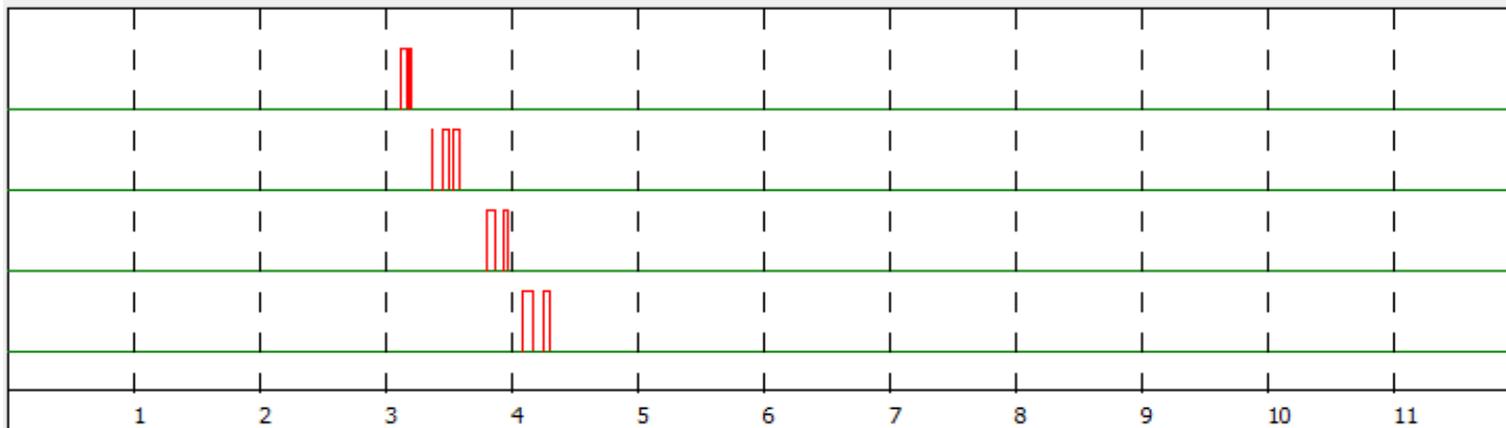
Метод поиска  
“прямолинейного” участка



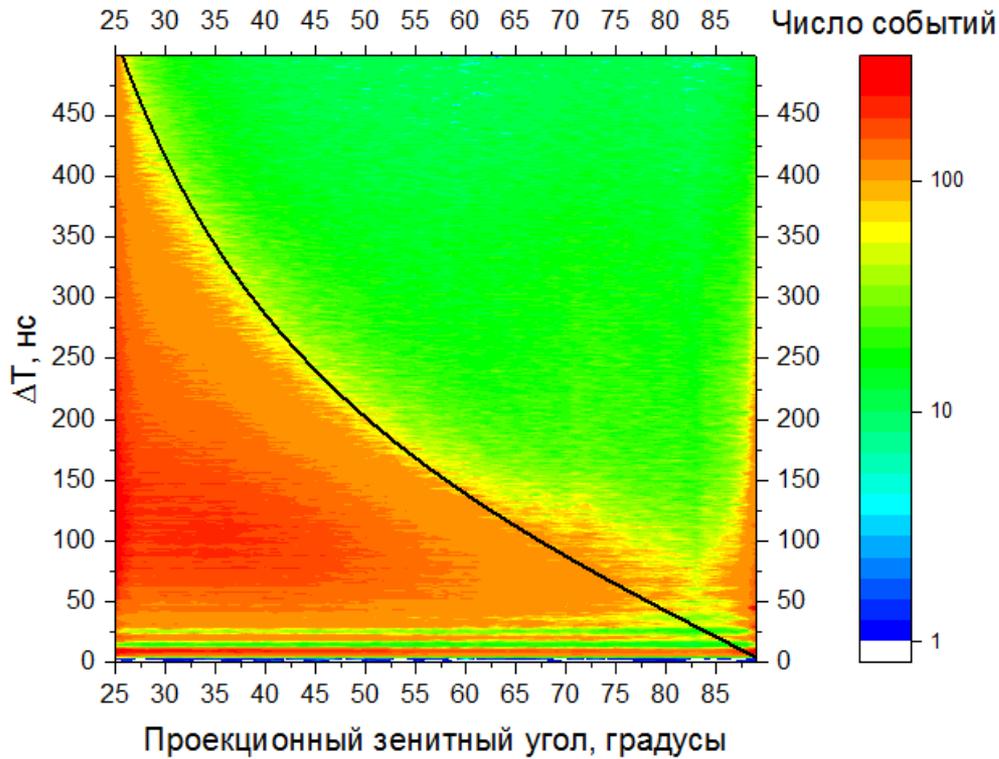
Метод гистограммирования

# Послеимпульсы

В регистрируемых событиях часто наблюдаются послеимпульсы – короткие сигналы, появляющиеся после основного сигнала на выходе усилителя-формирователя. Наличие послеимпульсов приводит к ложным реконструкциям.

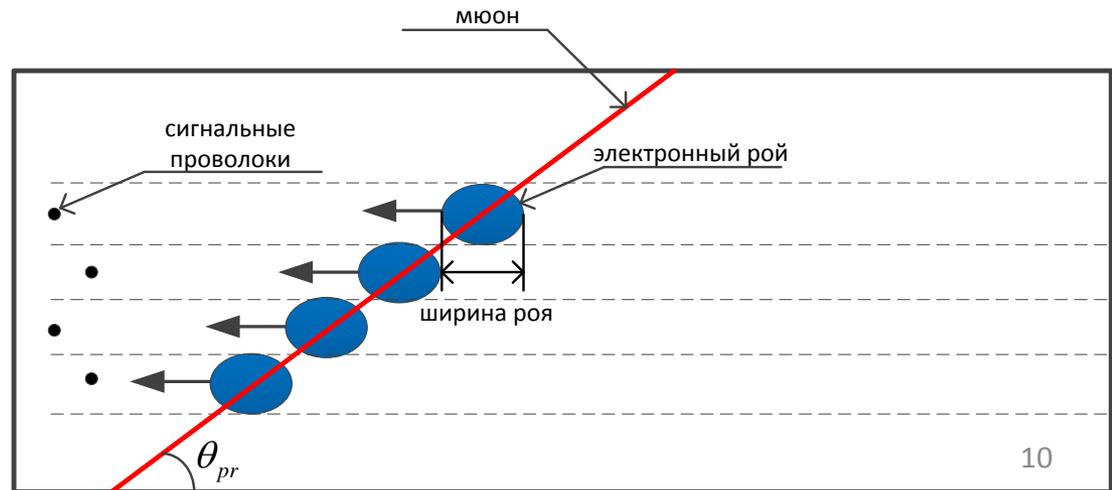


# Время прихода послеимпульсов

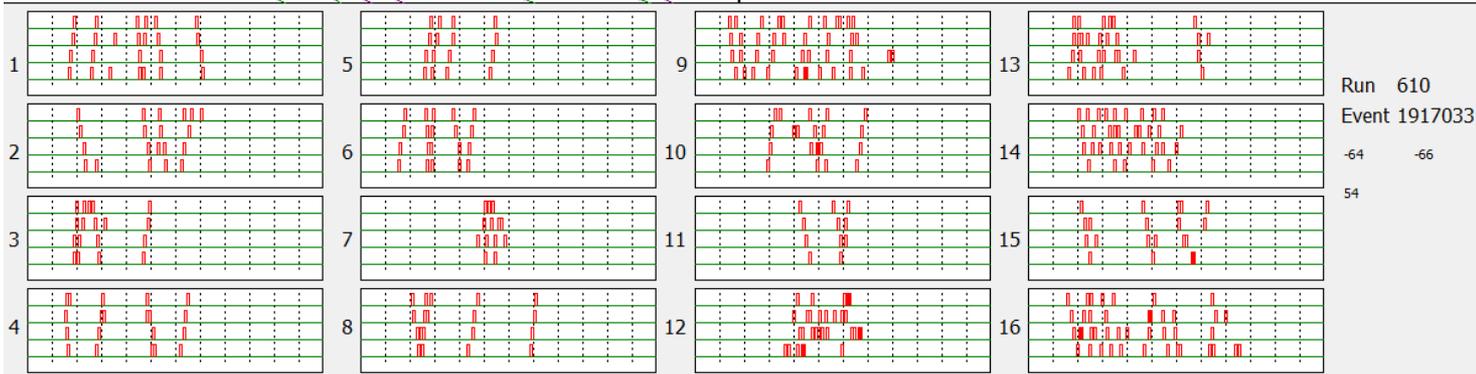
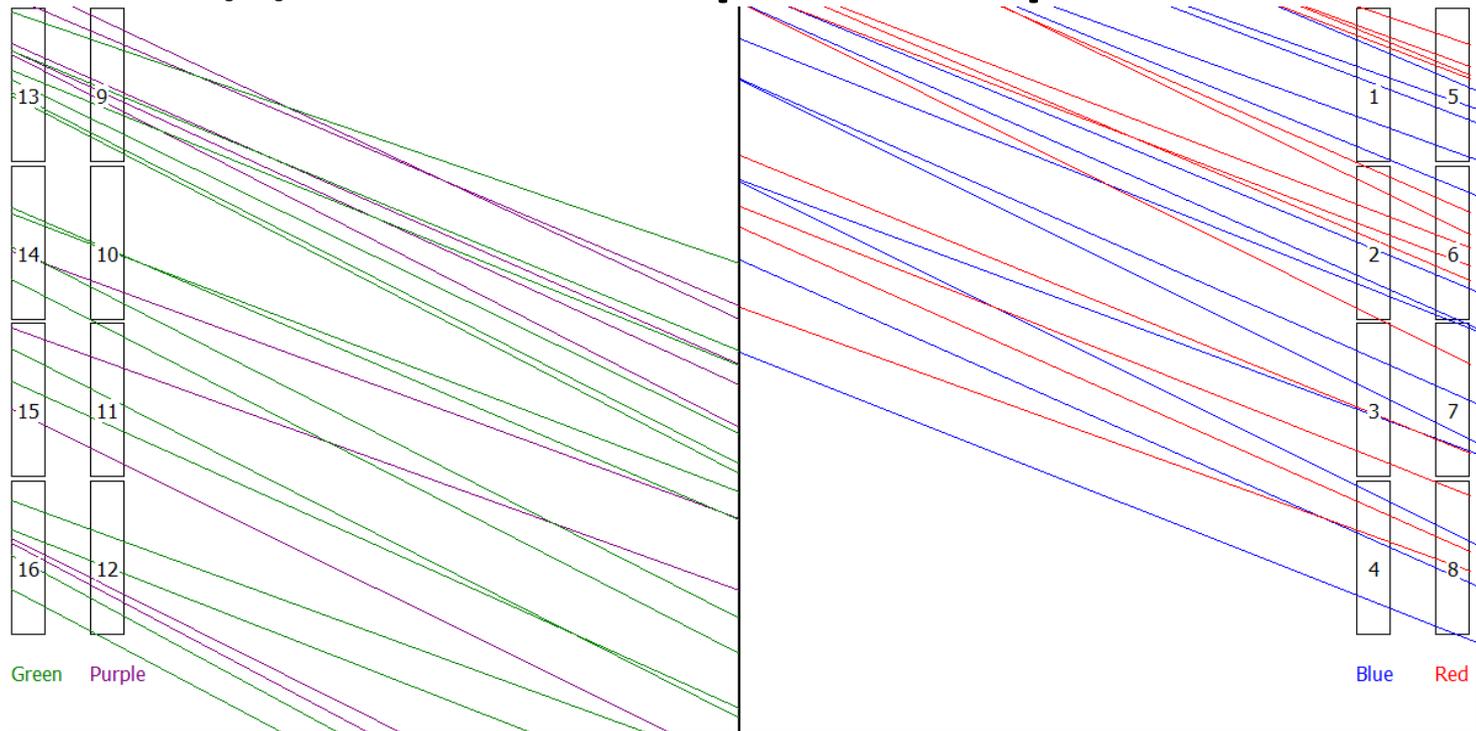


$$L = \frac{240}{\tan(\theta_{pr})}$$

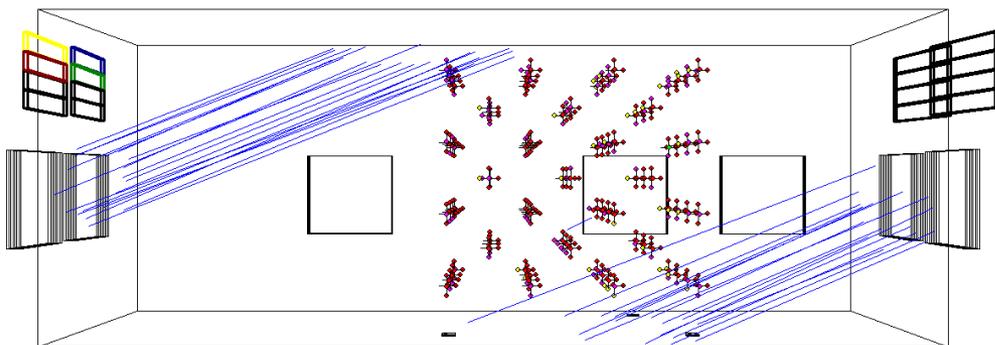
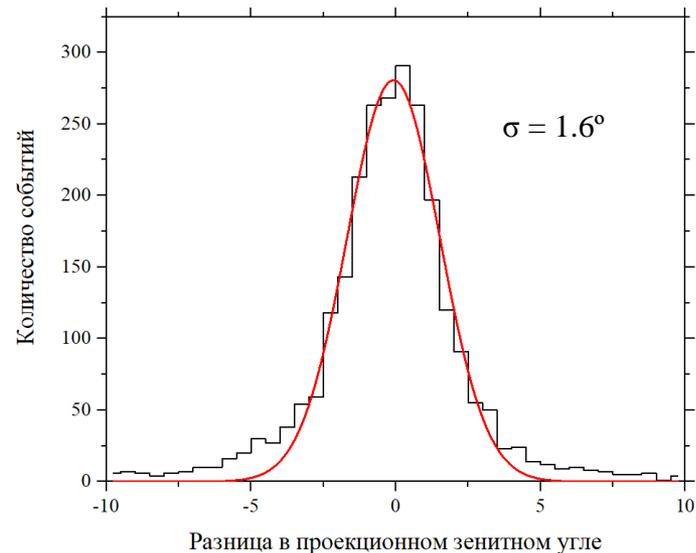
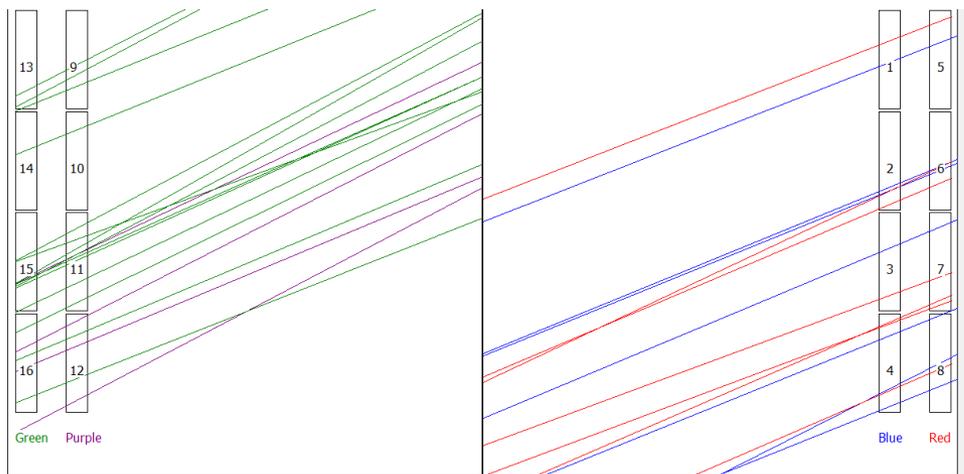
Ширина электронного роя в зависимости от проекционного зенитного угла в наносекундах



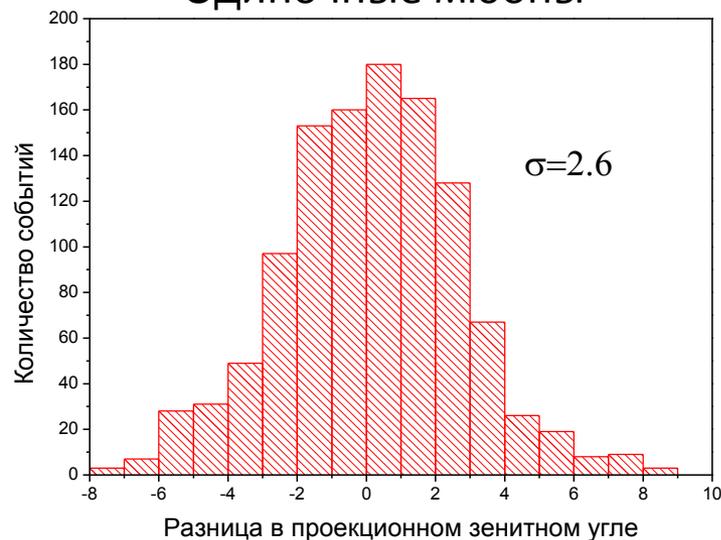
# Реконструкция группы мюонов методом гистограммирования



# Сравнение КТУДК-ДЕКОР



## Одиночные мюоны



	КТУДК	ДЕКОР
Проекционный зенитный угол	$65^\circ$	$63.5^\circ$
Плотность мюонов на $m^2$	$1.3 \pm 0.2$	$1.4 \pm 0.2$

## Группы мюонов

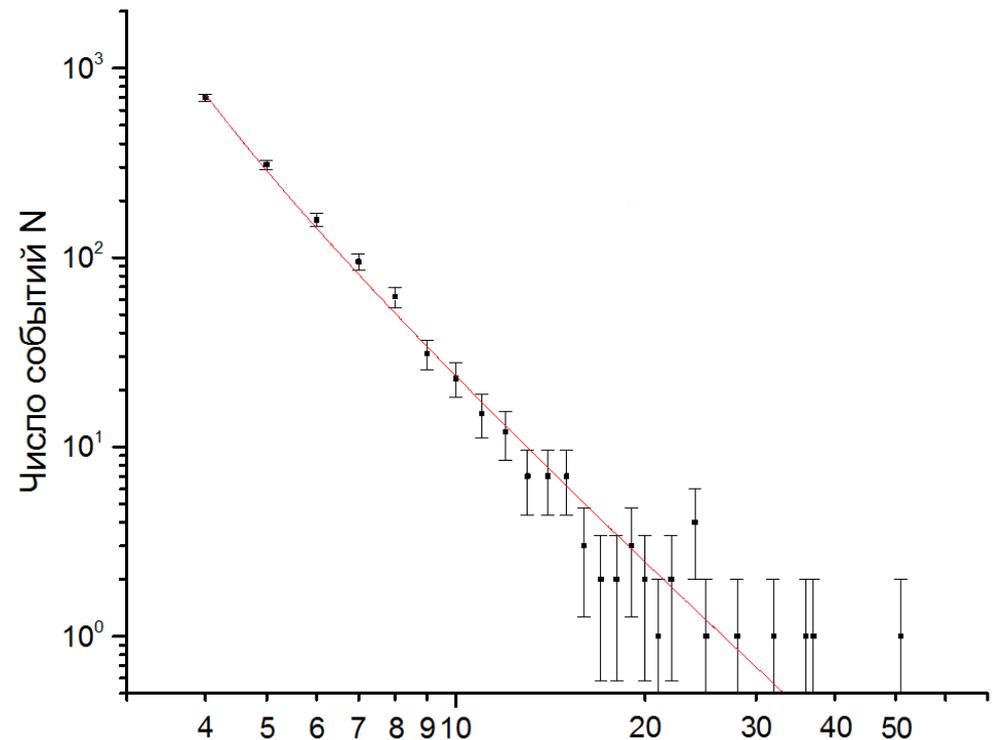
# Отбор событий

Ожидаемое распределение событий по множественности  $m$  при условии степенного спектра локальной плотности мюонов с дифференциальным показателем  $\beta+1$

$$N(m) = N_0 \frac{\Gamma(m - \beta)}{\Gamma(m + 1)} \quad \beta \approx 2$$

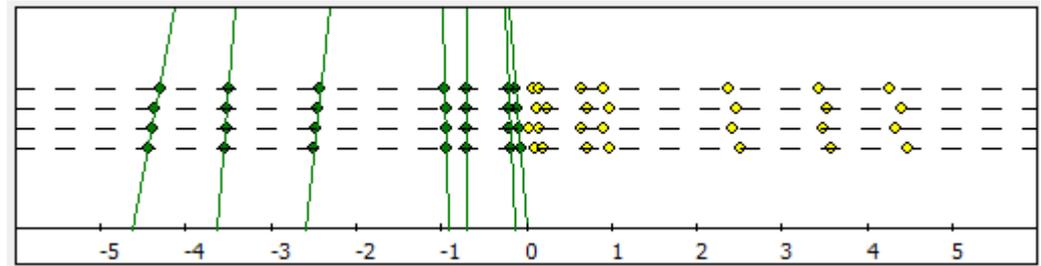
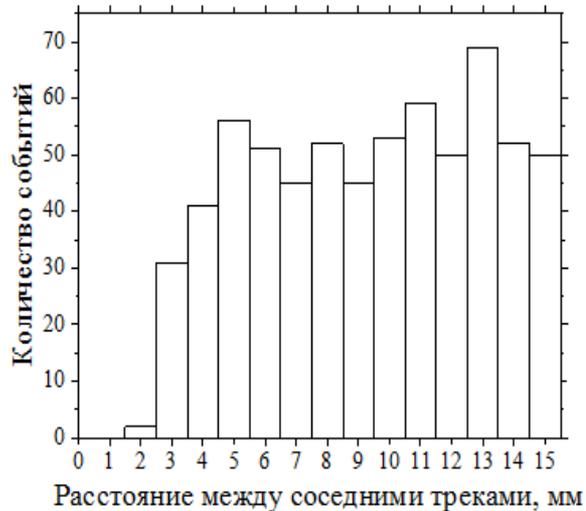
## Критерии отбора событий

- Множественность  $\geq 4$
- Параллельные треки на обеих плоскостях
- Доля задействованных в реконструкции сигналов  $\geq 15\%$



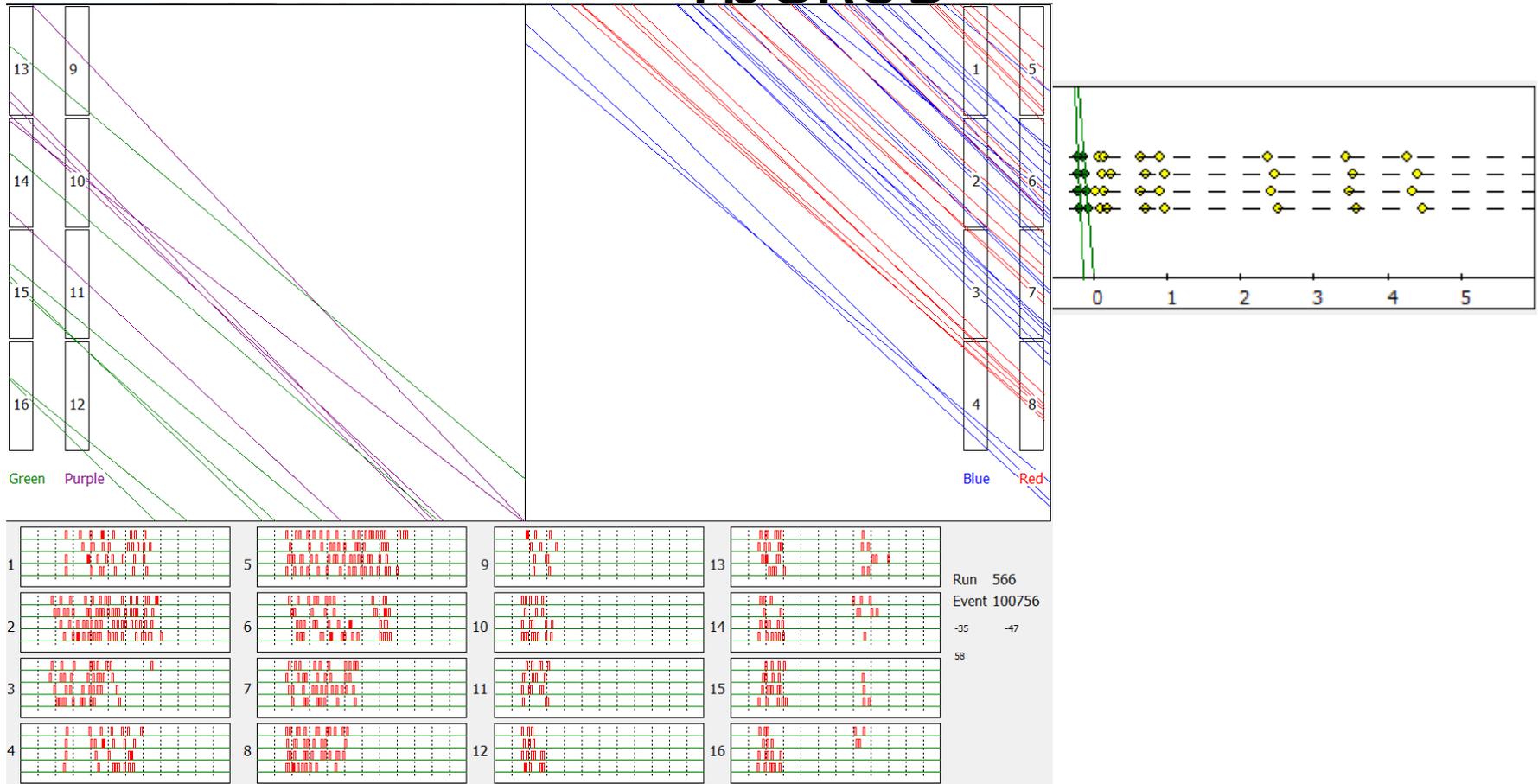
Результат отбора за 22.03.2017 – 01.07.2017

# События с высокой плотностью мюонов и разрешение соседних треков

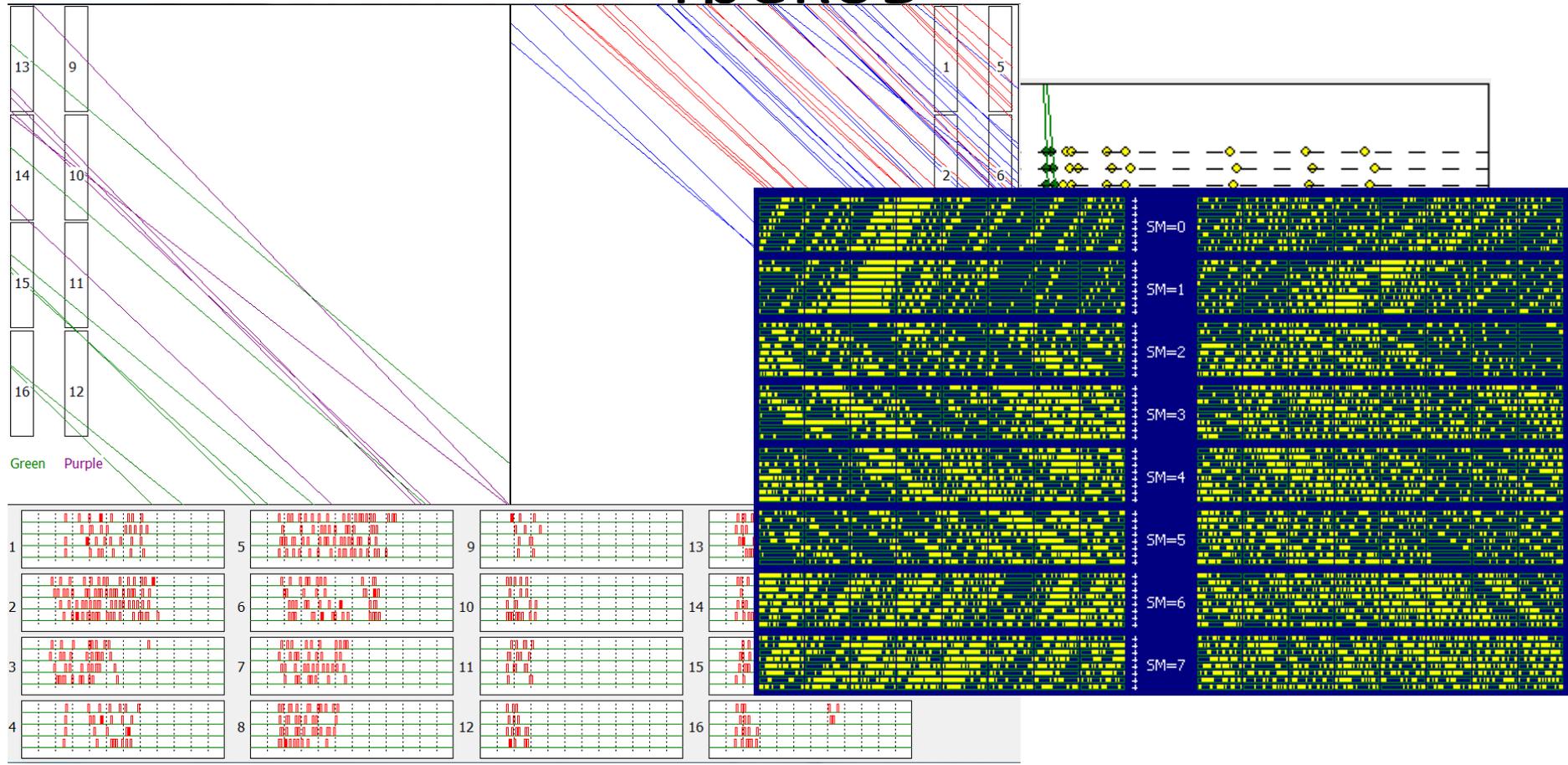


Расстояние между ближайшими треками 4 мм

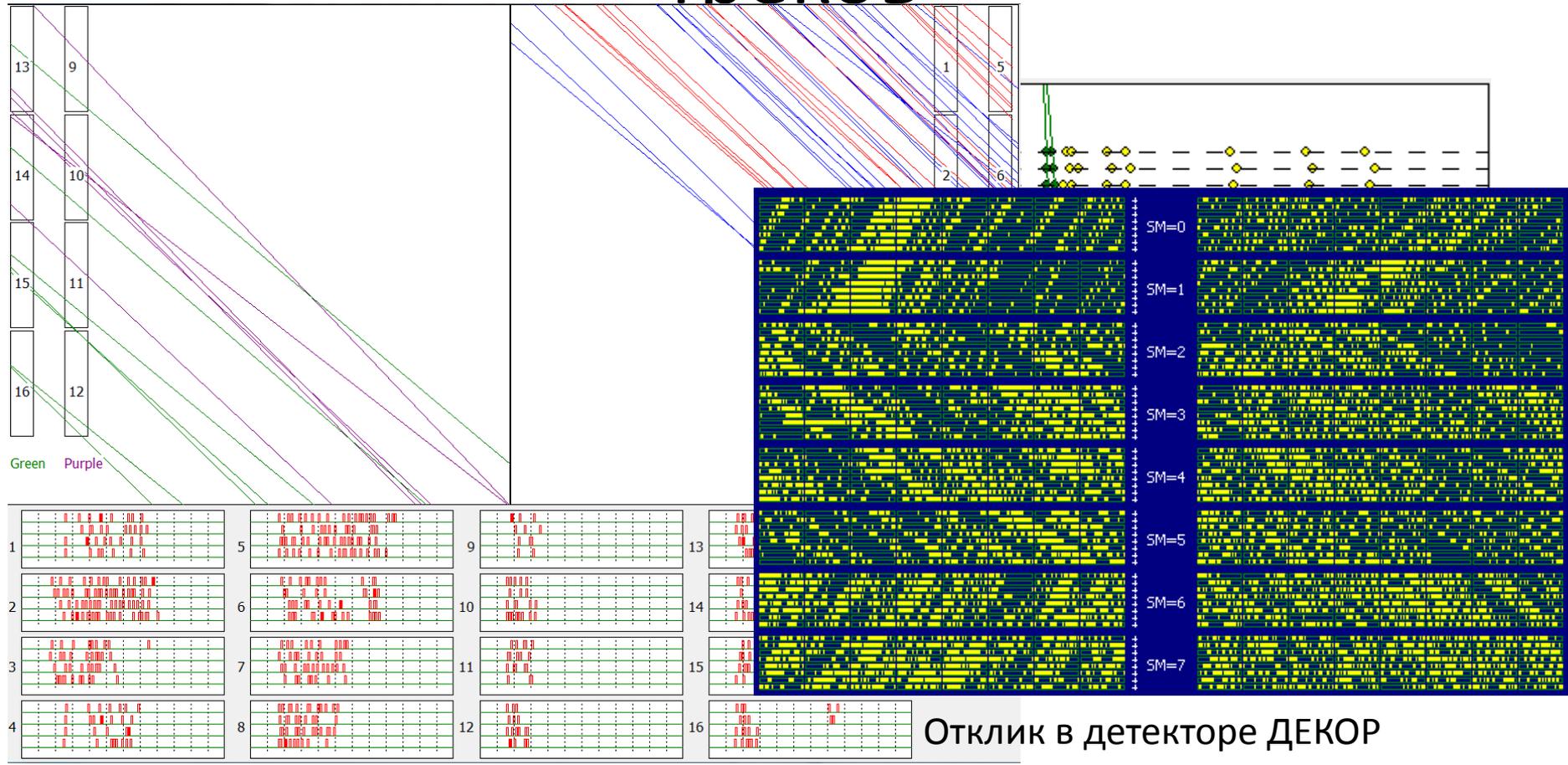
# События с высокой плотностью мюонов и разрешение соседних треков



# События с высокой плотностью мюонов и разрешение соседних треков



# События с высокой плотностью мюонов и разрешение соседних треков

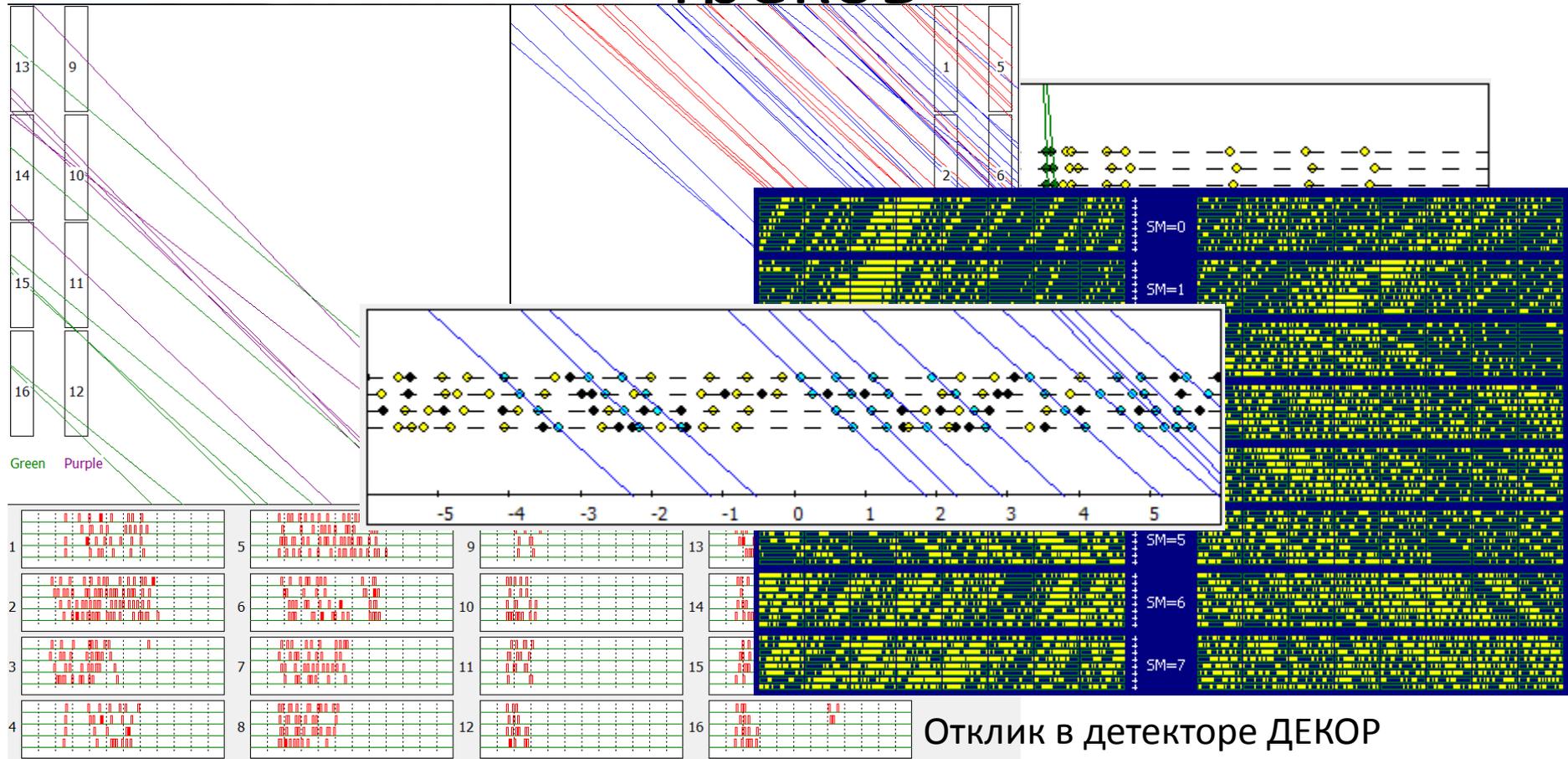


$\theta_{pp}=47^\circ$

$\theta_{pp}=45^\circ$

Отклик в детекторе ДЕКОР

# События с высокой плотностью мюонов и разрешение соседних треков



$\theta_{пр} = 47^\circ$

$\theta_{пр} = 45^\circ$

# Заключение

- Создана первая в мире координатно-трековая установка из 16 многопроводочных дрейфовых камер для исследования групп мюонов космических лучей сверхвысоких энергий.
- Реализованы три метода реконструкции событий в дрейфовой камере. Метод гистограммирования показал наилучшие результаты при реконструкции событий с высокой множественностью параллельных треков.
- Сопоставление событий, зарегистрированных в КТУДК и ДЕКОР, показало хорошую точность реконструкции одиночных и множественных событий по данным новой установки.
- Показано, что новая установка на порядок превосходит существующий детектор ДЕКОР по разрешению соседних треков.

Спасибо за  
внимание!