

**Триггерная система орбитального  
детектора НУКЛОН:  
Монте-Карло моделирование, тесты  
на космических мюонах и пучках  
ускорителя**

**А.Никифоров**

- Космические лучи
- Эксперимент НУКЛОН
- Монте-Карло моделирование
- Тесты триггерной системы
- Результаты работы

# Открытие космических лучей

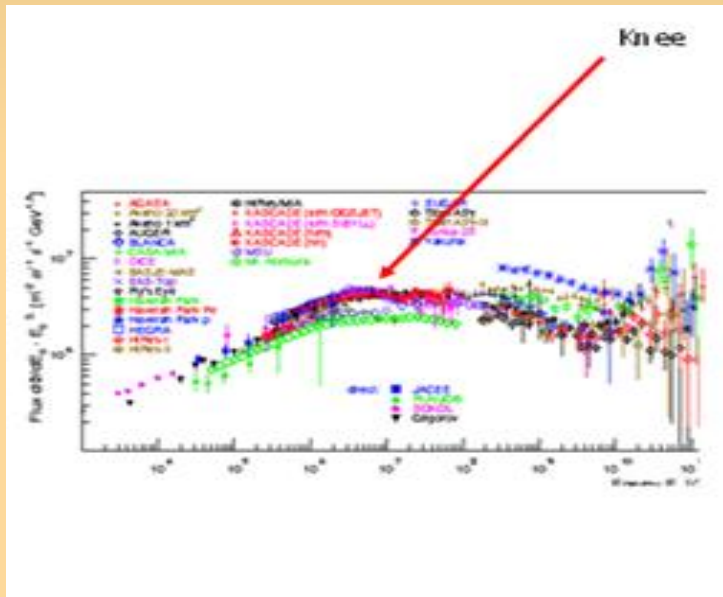


Hess lands after his balloon flight in 1912

- ❑ 1912г: Виктор Гесс изучал естественный фон Земли
- ❑ Обнаружил увеличение фона с ростом высоты
- ❑ Предположил, что излучение большой проникающей силы приходит в атмосферу Земли извне

# Несколько слов о КЛ

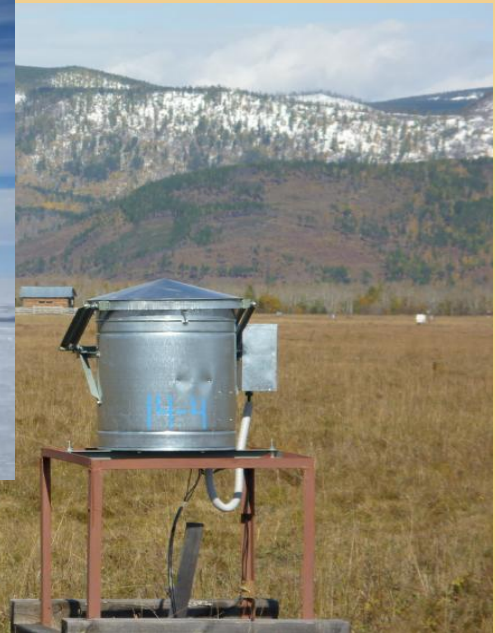
- ❑ Источник - вспышки сверхновых
- ❑ Галактические и внегалактические КЛ
- ❑ Первичные и вторичные ядра КЛ
- ❑ Анизотропия КЛ
- ❑ Колено в энергетическом спектре КЛ



# Наземные и баллонные детекторы КЛ, работающие в районе «колена»

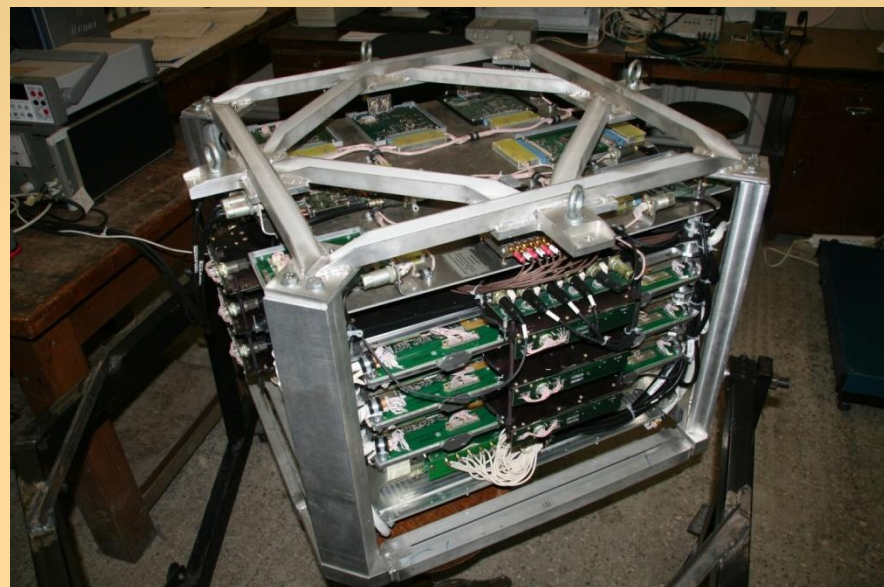
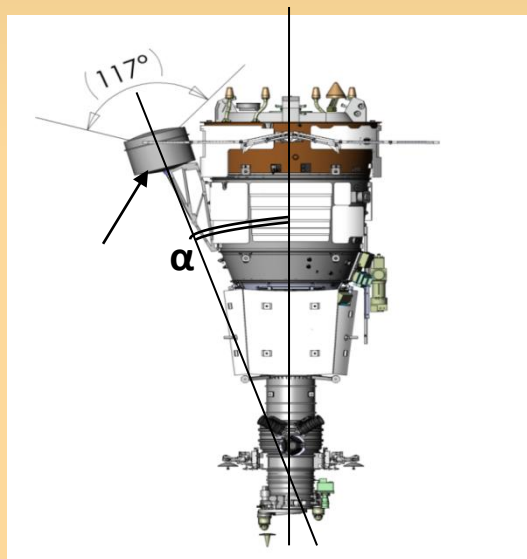


- KASKADE-Grande
- Тунка-133
- ATIC
- CREAM



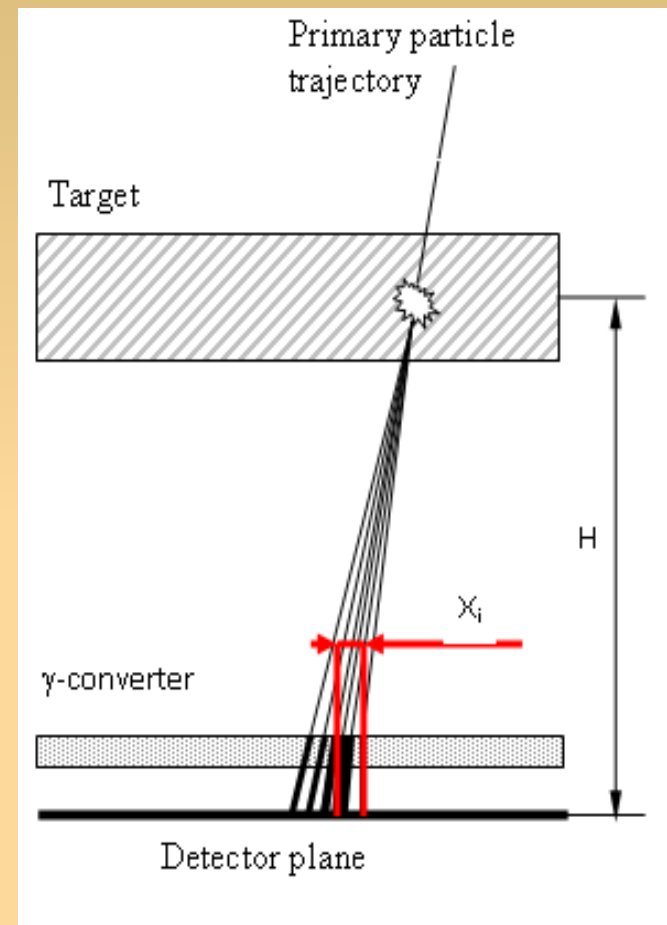
# Эксперимент НУКЛОН

- ❑ Определение химического состава КЛ
- ❑ Проверка гипотезы разного наклона спектров различных компонент КЛ
- ❑ Исследование анизотропии КЛ
- ❑ Исследование отношения  
первичных и вторичных ядер КЛ

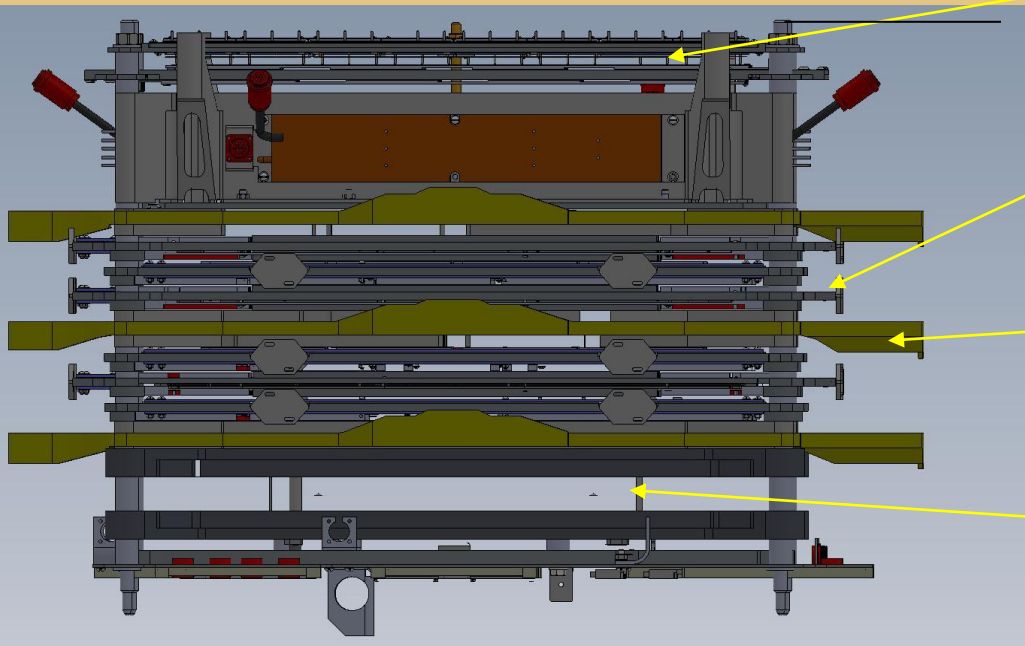


# Эксперимент НУКЛОН

- ❑ Все измерения производятся одной методикой в широком энергетическом диапазоне ( $10^{11}$  -  $10^{15}$  эВ)
- ❑ Методика KLEM (Kinematic Lightweight Energy Meter)
- ❑ Измерение энергии первичной частицы из углового распределения потока вторичных частиц



# Структура детектора

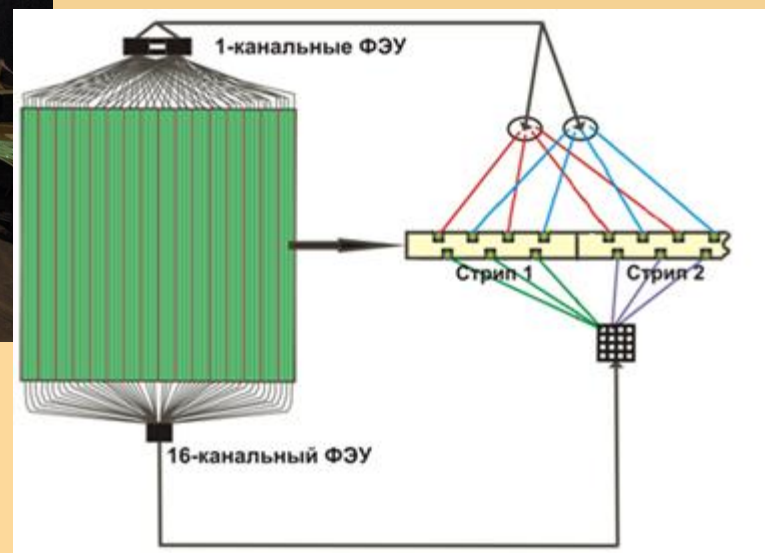
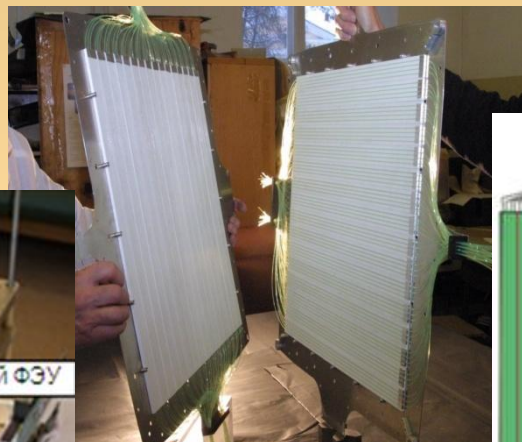
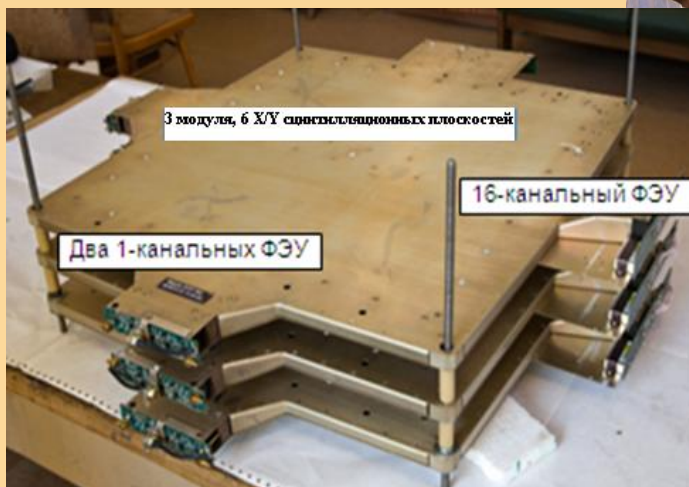


- ❑ Система измерения заряда
- ❑ Система измерения энергии
- ❑ Система выработки быстрого триггера
- ❑ Микрокалориметр

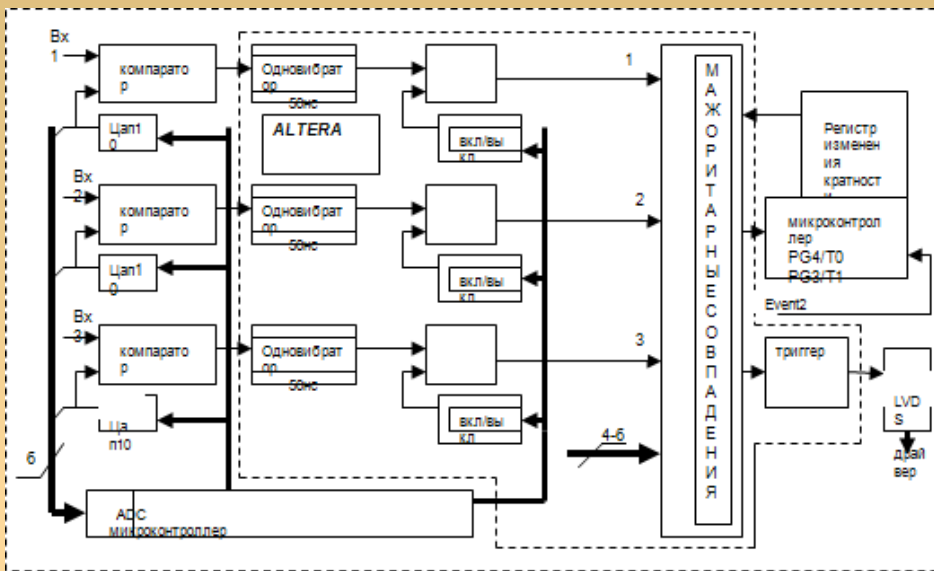


# Триггерная система

- ❑ Отбор полезных событий в апертуре детектора
- ❑ Подавление фоновых событий с низкой энергией
- ❑ Три модуля, шесть X,Y 16-канальных плоскостей



# Триггер 1-го уровня



- ❑ Подавление фоновых событий (частицы с более низкой энергией, чем установленный энергетический порог)
- ❑ Два одноканальных ФЭУ H5773
- ❑ Сбор света со всей плоскости
- ❑ Установка порогов для рабочего диапазона



# Триггер 2-го уровня

- ❑ 16-канальный ФЭУ Н8711
- ❑ Изменение амплитуды сигнала с каждого канала
- ❑ Грубая оценка оси события
- ❑ Резервирование стриповых полупроводниковых детекторов системы измерения энергии



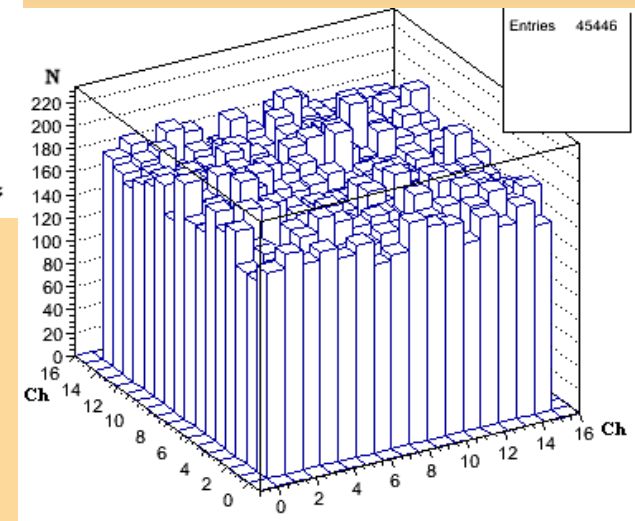
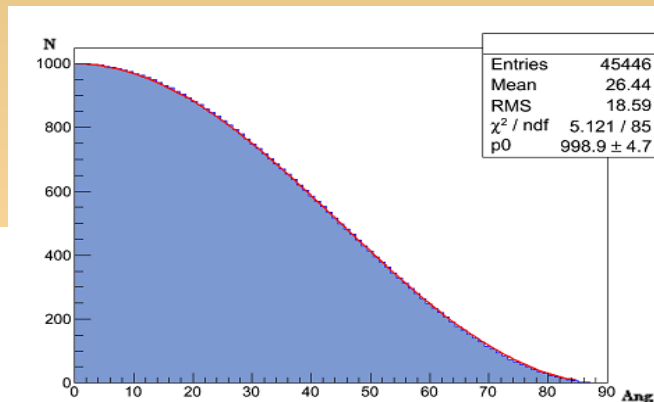
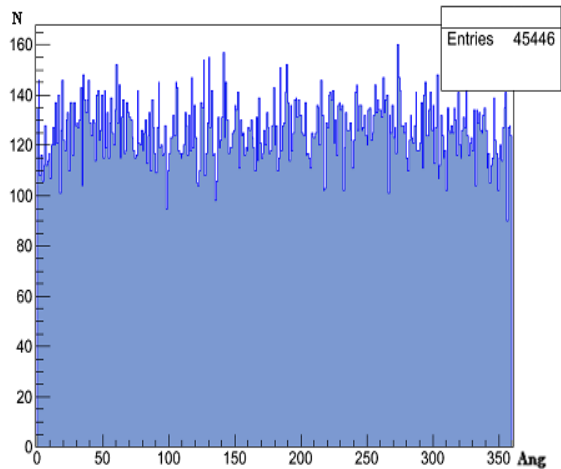
# МС-моделирование триггерной системы

Цели:

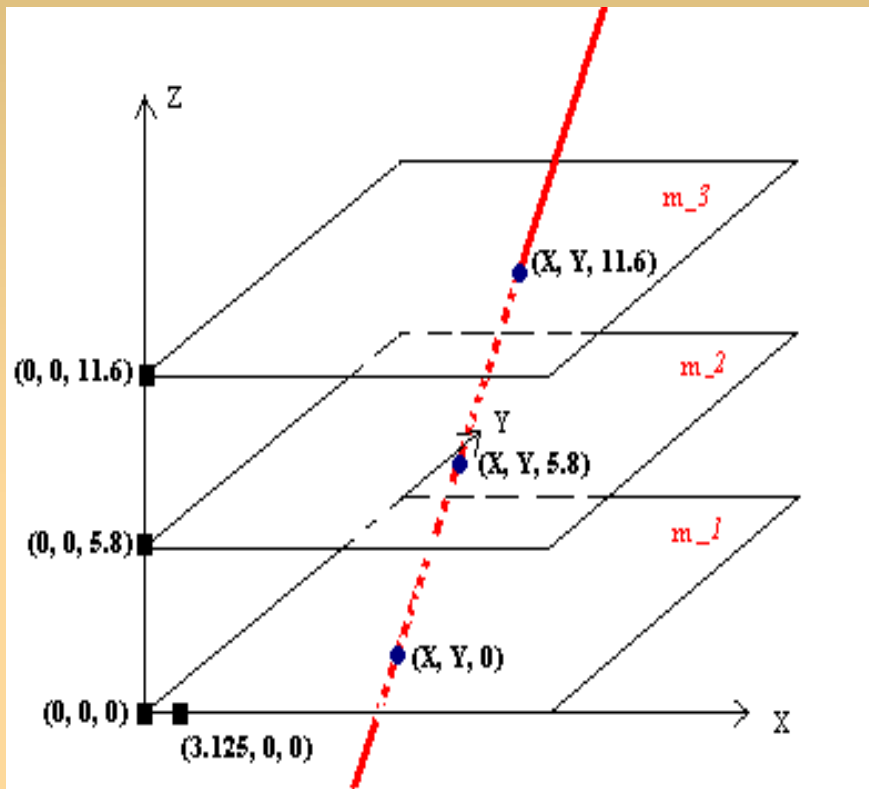
- Моделирование треков космических мюонов в детекторах триггерной системы
- Построение углового распределения треков

# Моделирование потока МЮОНОВ

- Равномерное распределение по углу  $\varphi$
- Распределение по углу  $\theta$  –  $\text{const} \cdot \cos^2(\theta)$

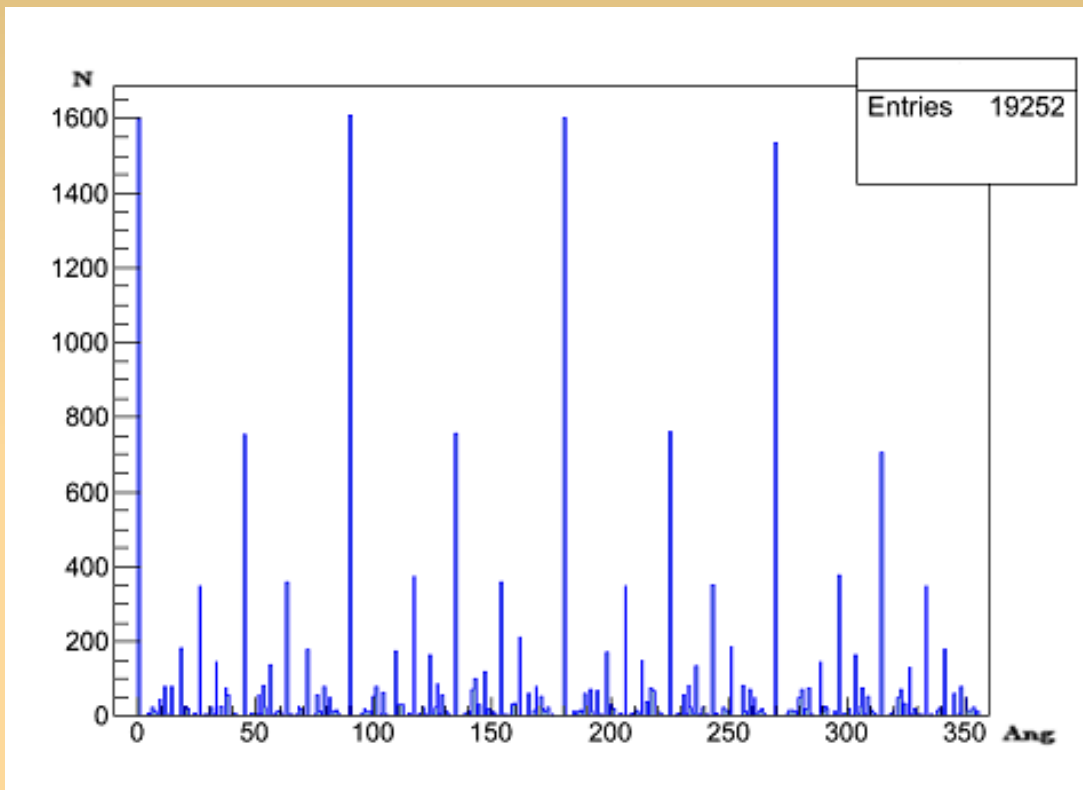


# Построение угловых распределений



- Отбор треков
- Координаты точек пересечения трека с триггерными модулями

# Угловое распределение



- Распределение мюонных треков по углу  $\varphi$

# Тесты триггерной системы на космических мюонах

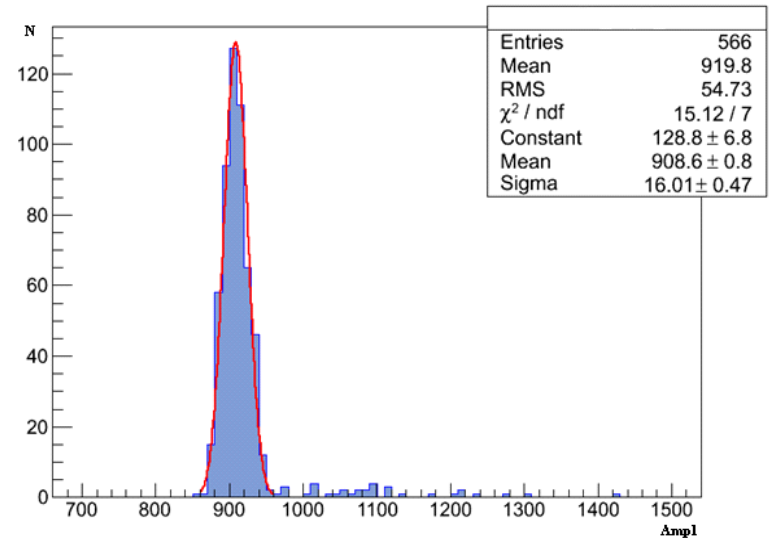
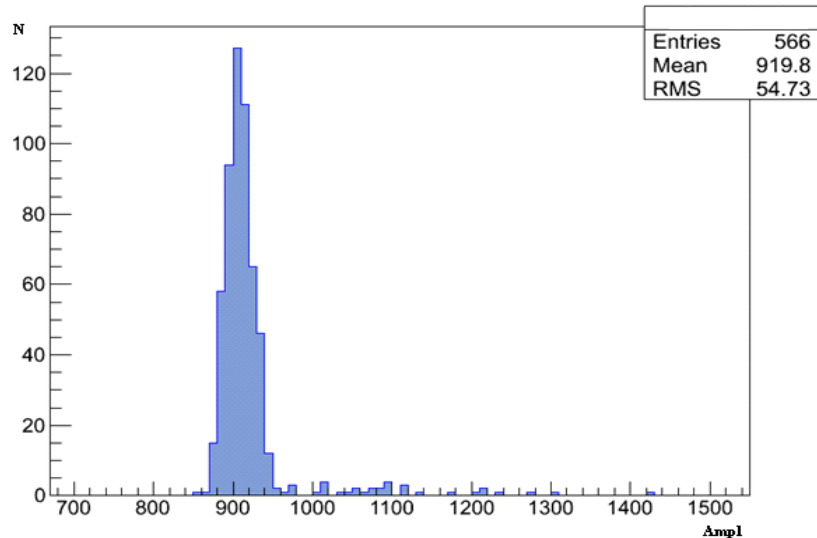
Цели:

- Набор статистики для восстановления угловых параметров мюонных треков
- Определение однородности каналов триггерной системы



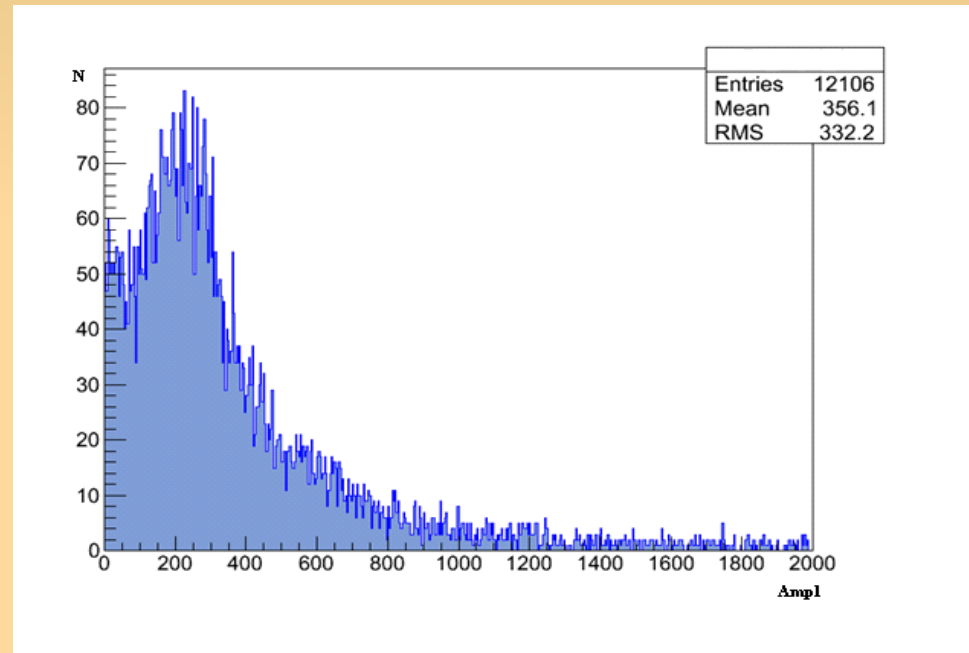
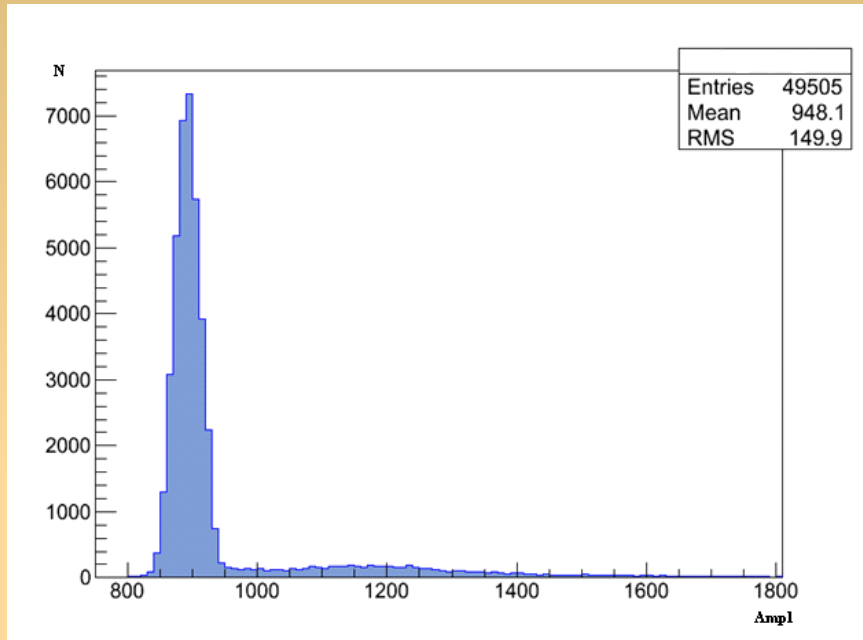
# Определение пьедесталов

- ❑ Сигнал от внешнего генератора
- ❑ Фитирование функцией Гаусса

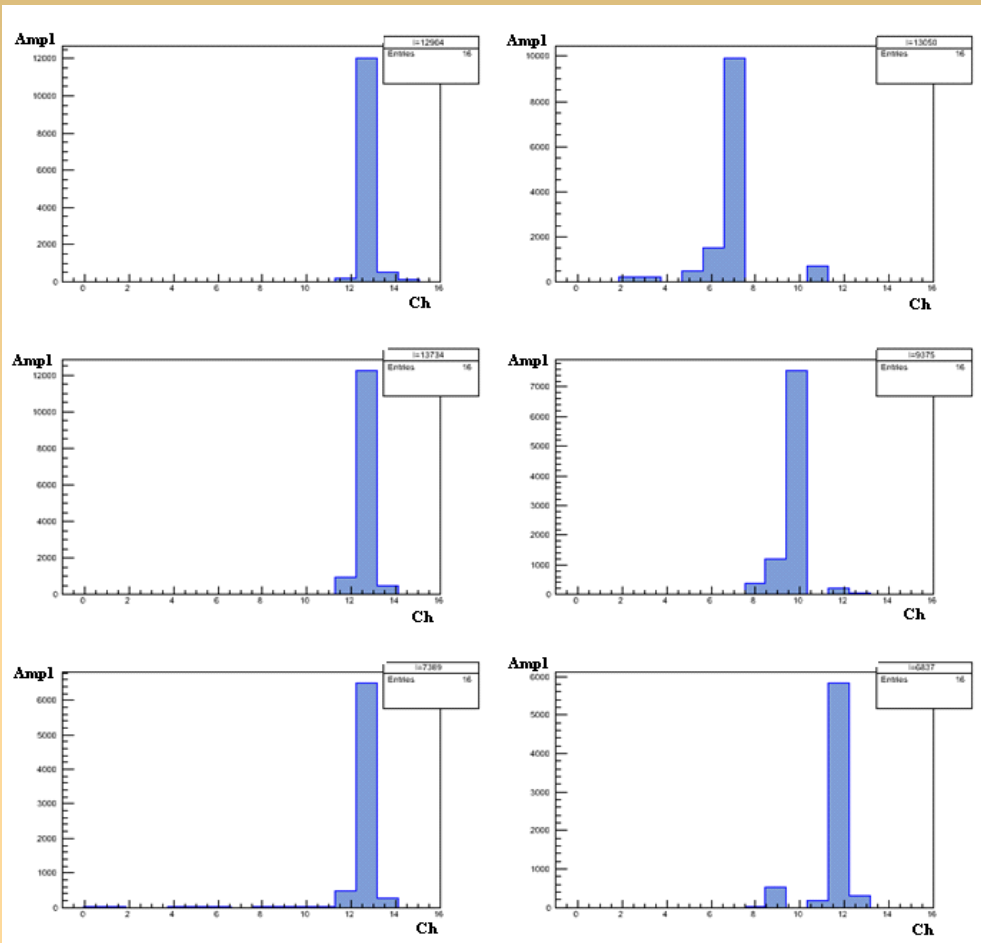


# Поправки на пьедесталы

Вычет параметров фита:  $\text{mean}_i + 3 \cdot \sigma_i$ ,  $i$  - номер канала



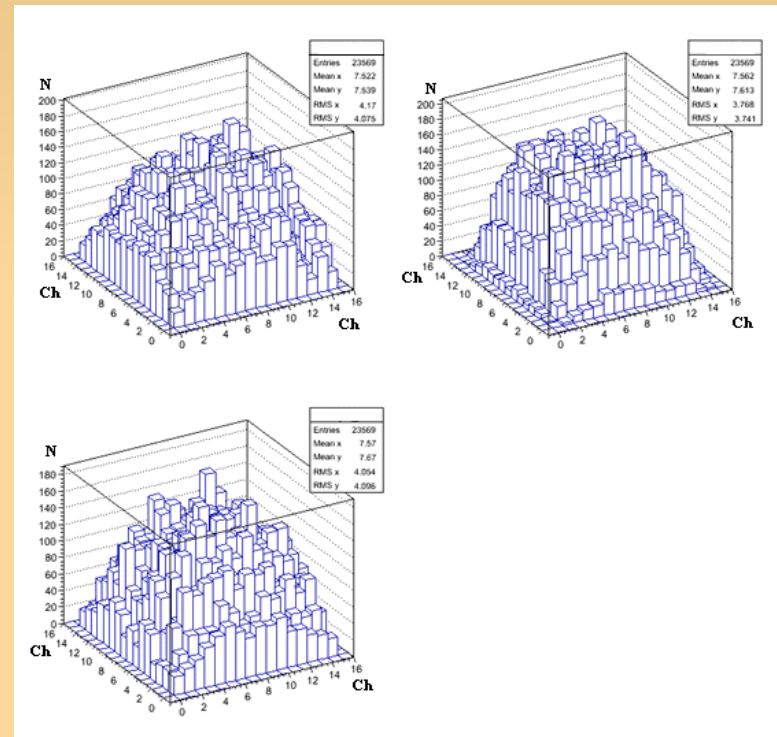
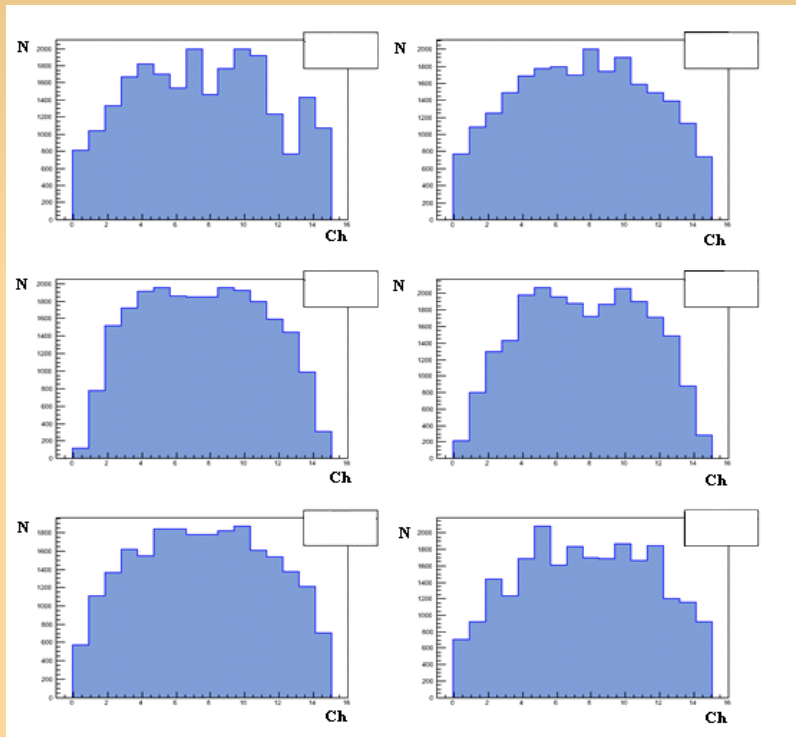
# Профиль события



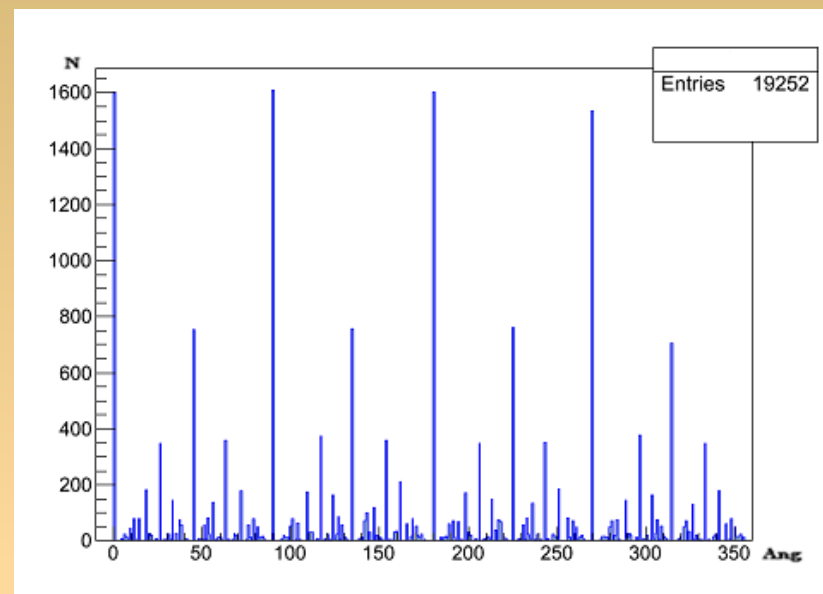
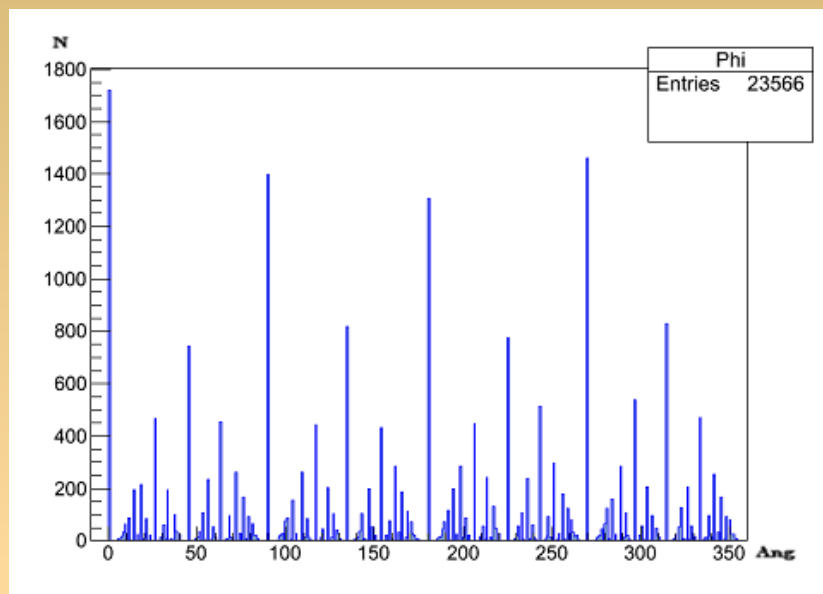
- ❑ 1.5% кросс токи в многоканальных ФЭУ
- ❑ Смешение волокон относительно центров каналов ФЭУ – свет частично попадает в соседние каналы

# Плотность событий

- ❑ Отбор одиночных событий, треки которых лежат в апертуре триггерных модулей
- ❑ Эффективность регистрации крайних каналов ниже центральных
- ❑ Оценка однородности каналов

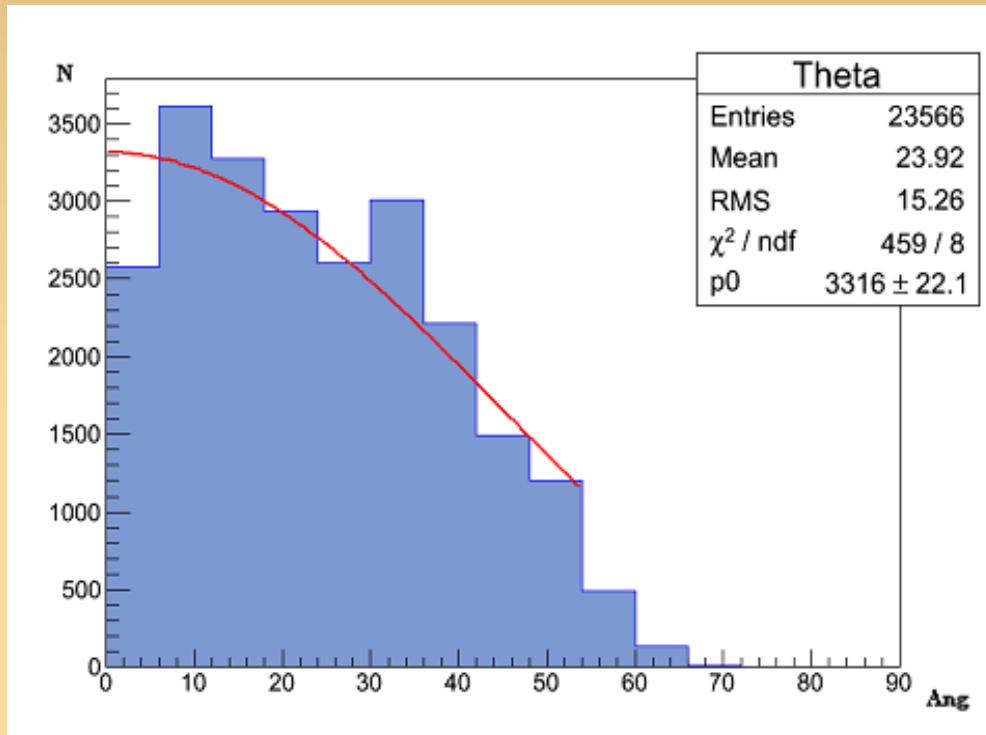


# Распределение по углу $\varphi$



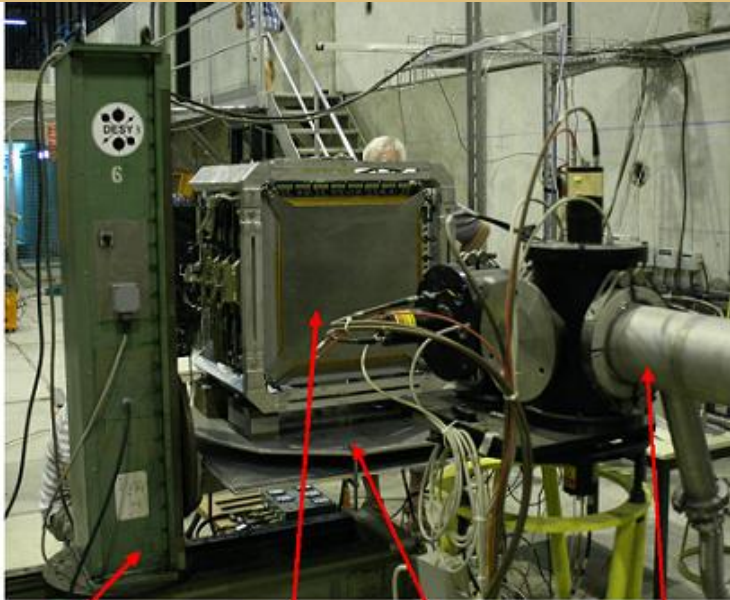
- Экспериментальное распределение
- Теоретическое распределение
- Равномерность

# Распределение по углу $\theta$ : $\text{const} \cdot \cos^2(\theta)$



- ❑ Фитирование
- ❑ Отобранные треки являются треками космических мюонов
- ❑ Триггерная система 2-го уровня работает штатно

# Тесты на пучках ускорителя



юстировочный стол

НА НУКЛОН в  
технологическом  
корсете

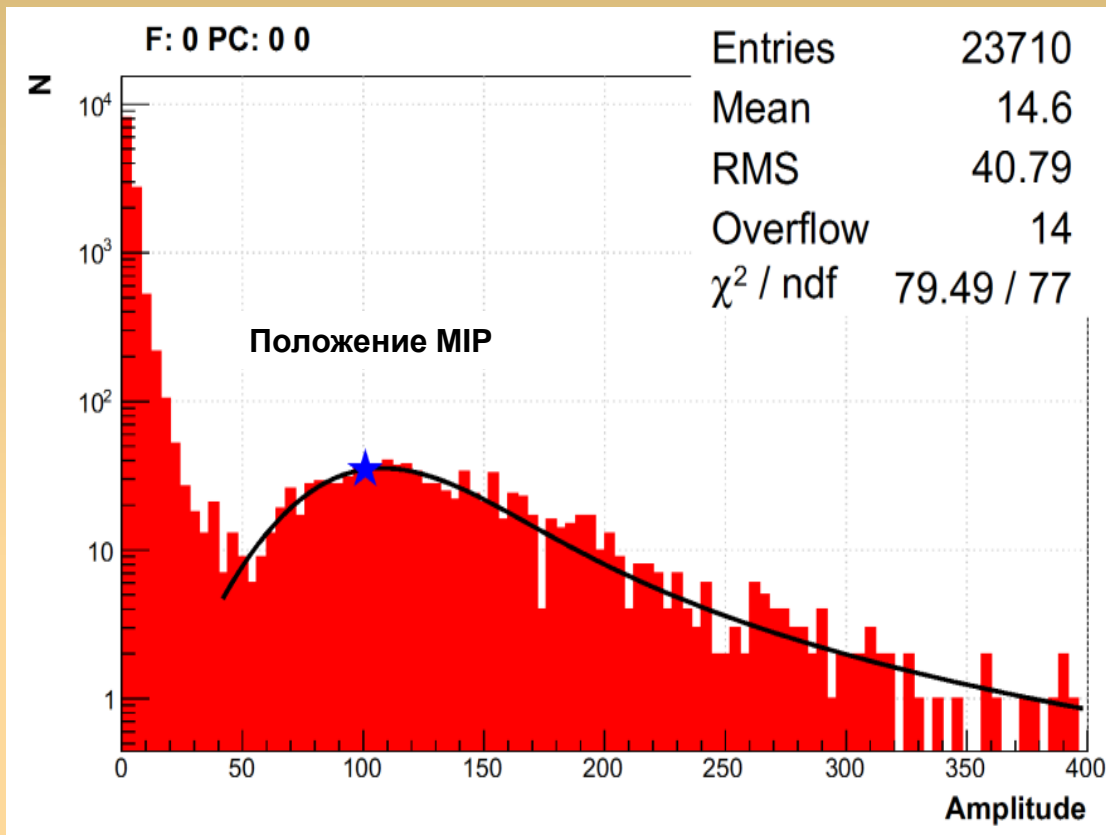
ионо-провод канала вывода  
пучка ускорителя

поворотное основание

- ❑ ЦЕРН 2012г: тесты аппаратуры НУКЛОН
- ❑ Определение коэффициентов пересчета электрических сигналов в физические величины
- ❑ Отрицательные пионы, электроны
- ❑ 100-350 ГэВ



# Триггерная система

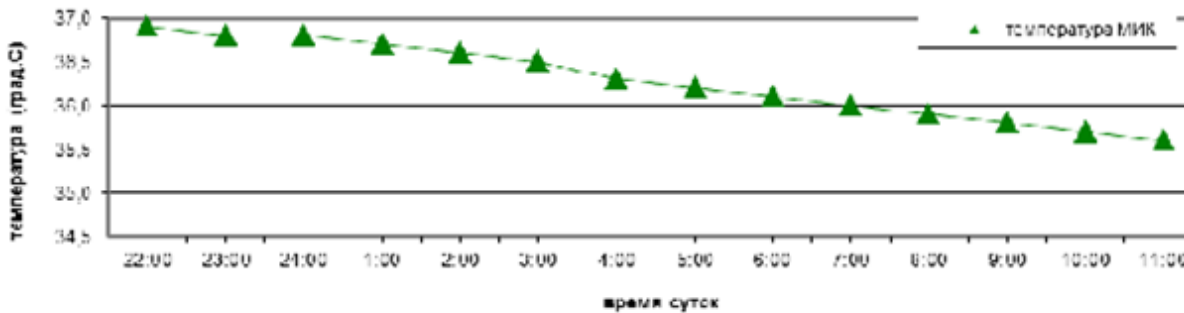


- ❑ Критерий выбора “интересных” событий – 5-10 мр-частиц
- ❑ Получены распределения электрических сигналов от мр-частиц для всех каналов СБТ

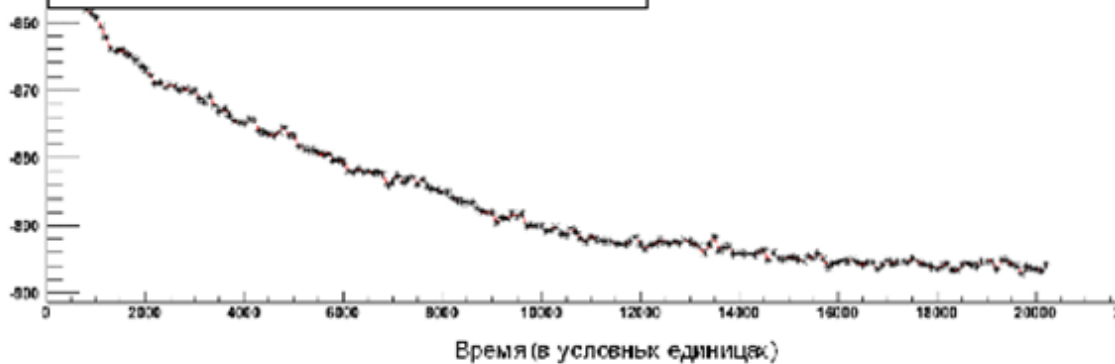


# Тепловые режимы работы аппаратуры

Температурный ход в МИК НА НУКЛОН



пьедестал в канале МИК (отсчеты АЦП)

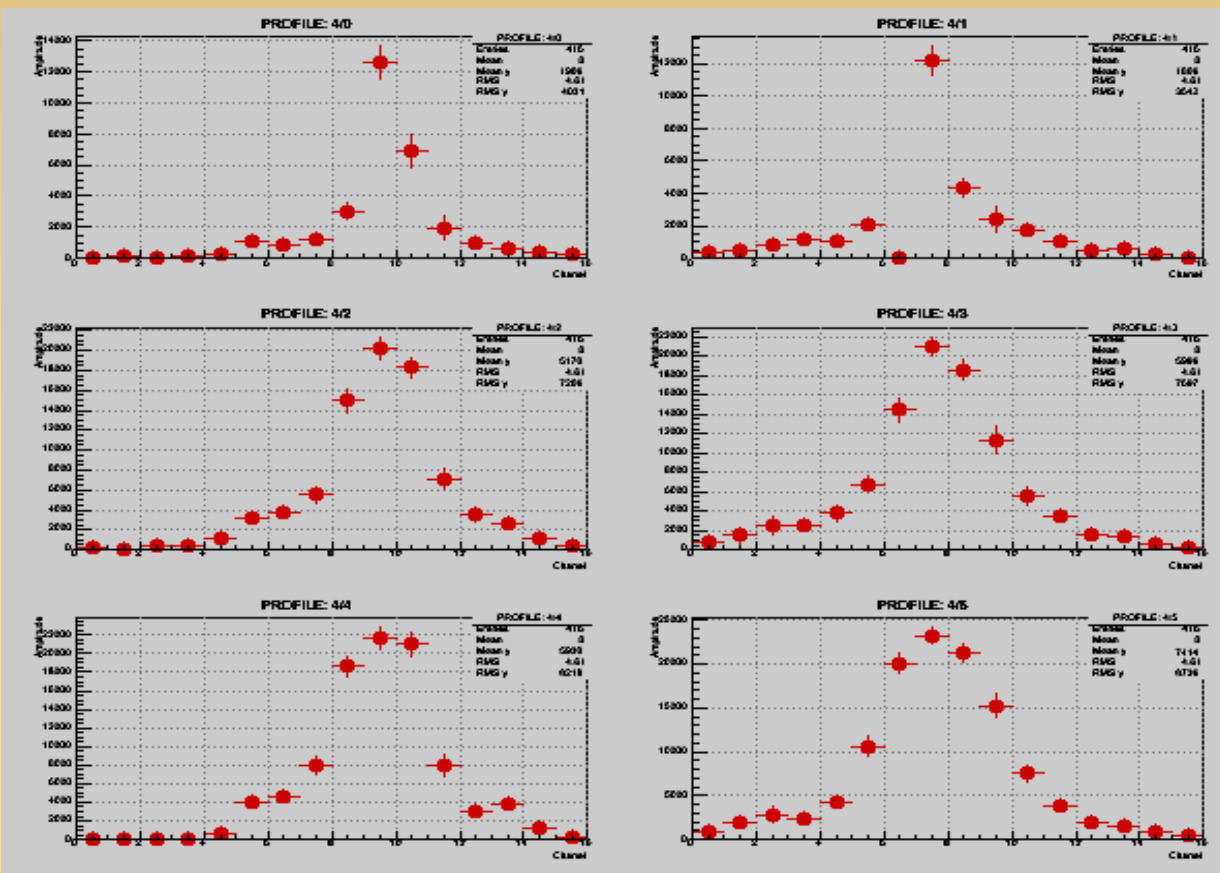


- Выявлено влияние температуры на пьедесталы системы МИК
- Для СБТ данного эффекта не зафиксировано

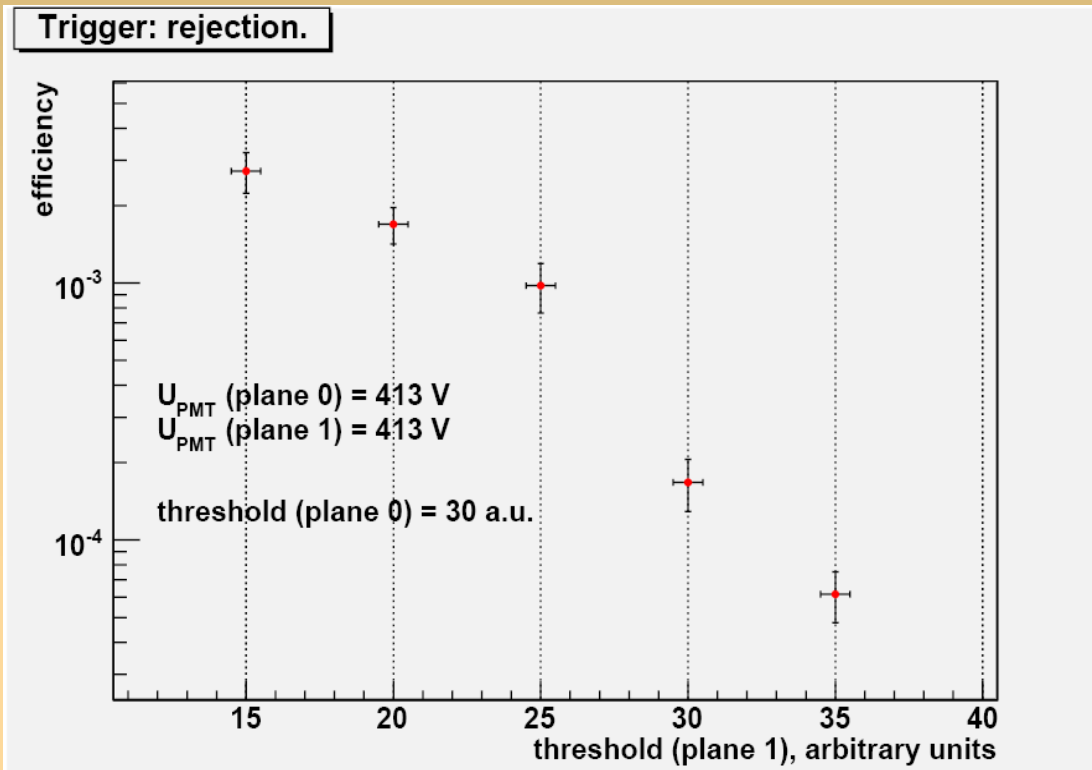
# Результаты предварительной обработки данных

Триггерная система:

□ Профиль пучка пионов



# Эффективность дискриминации СБТ



- Эффективность дискриминации событий от частиц различных энергий
- Уменьшение напряжения на одноканальных ФЭУ
- Подавление отрицательных пионов с энергией 300ГэВ составляет  $\sim 99,5\%$

# Итоги тестов триггерной системы на космических мюонах и пучках ускорителя

- ❑ В течение проведенных в 2012 г. работ на пучках ускорителя триггерная система отработала более месяца в штатном режиме
- ❑ При работе триггерной системы в режиме регистрации космических мюонов внештатных ситуаций зарегистрировано не было
- ❑ В настоящий момент продолжается обработка набранных данных. По результатам обработки будут определены параметры научной аппаратуры (энергетическое разрешение для адронов и электронов, разрешение по значению заряда ядра, коэффициент подавления адронов при выделении электромагнитной компоненты КЛ)

# Основные результаты представленной работы

- ❑ Выполнено моделирование треков космических мюонов в триггерной системе. Полученные результаты были использованы для проверки экспериментальных данных в тестах на космических мюонах.
- ❑ Разработаны программы для обработки данных с тестов триггерной системы на космических мюонах
- ❑ С помощью разработанных программ была выполнена обработка данных с тестов триггерной системы на космических мюонах
- ❑ Дана оценка степени однородности каналов и сделан вывод о штатной работе триггерной системы

Спасибо за внимание