

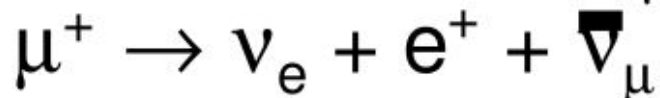
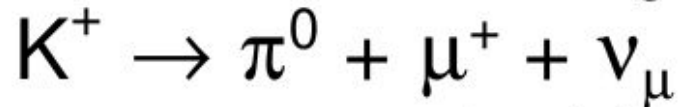
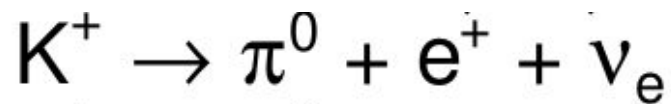
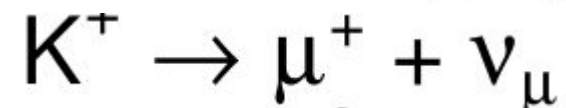
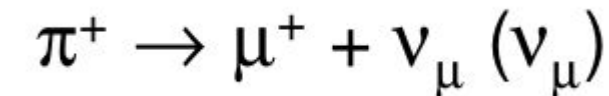
РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СПЕКТРОВ НЕЙТРИНО НА
УСКОРИТЕЛЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ
РАСПАДОВ

ПИ-МЕЗОНА($\pi \pm$) И К-МЕЗОНА(K_{\pm}) С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ
GEANT4

Цели работы

- 1) Изучение формирования нейтринных пучков на ускорителе
- 2) Изучение кинематики процесса
- 3) Построение модели, аналог ускорителя У-70 (2 модели)
- 4) Построение модели образования Пи и К-мезонных пучков
- 5) Произвести расчет импульсных спектров для нейтринных пучков в ускорителе

Основные моды распада и экспериментальная установка



Вероятность распада:

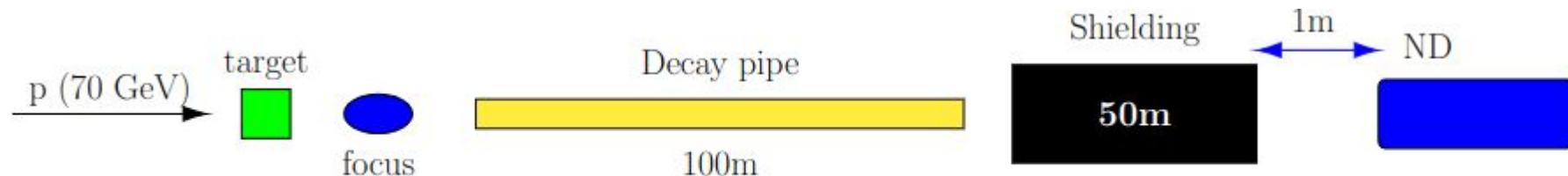
$\approx 99\%$

$\approx 63\%$

$\approx 5.1\%$

$\approx 3.4\%$

$\approx 99\%$



Экспериментальная установка

Задача - рассмотреть формирование пучка нейтрино на ускорителе
определить импульсные спектры в пучке Пи-мезона(π^-) и К-мезона(K^-) в
тестовой модели установки У-70.

Установка состоит из 6 основных частей, параметры которых были изменены для
удобства измерений:

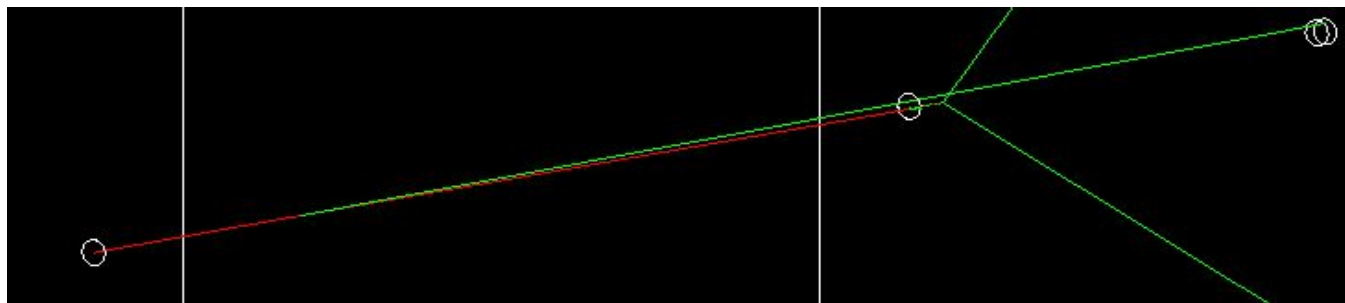
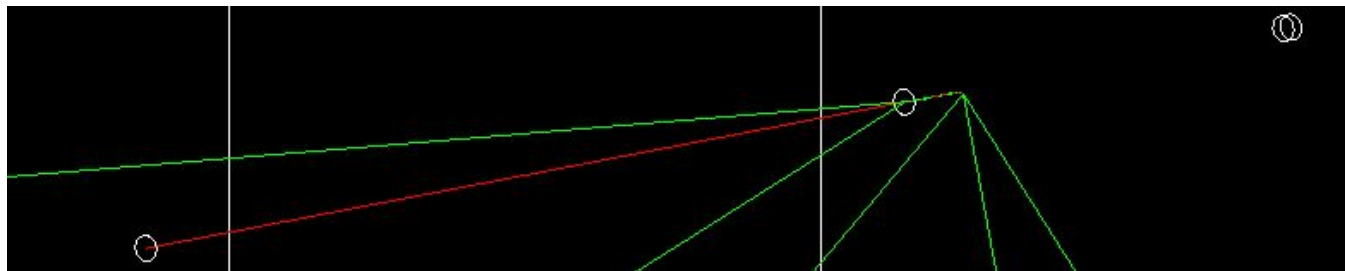
- ParticleGun - генератор частиц, находящийся в начале координат
- Target - медная цилиндрическая мишень, на которую налетает пучок протонов, с длиной 50 см и радиусом 0.25 мм;
- Decay Pipe - вакуумная трубка в которой летит сгенерированная частица, длиной 100 м, радиусом 1 м
- Shielding - железный слой, длиной 50 м
- ND - детектор, для регистрации нейтрино, радиусом 1 м, и длиной 1 м, находящийся на расстоянии 150 м от центра

Модель 1

Целью данной модели является, построение энергетических спектров и угловых распределений нейтрино, как ν_μ так и ν_e . Данная модель состоит из:

- Particle Gun - источник π^\pm и K^\pm мезонов с энергией в диапазоне 10-15 ГэВ вылетающих вдоль оси z;
- Decay Tube - вакуумная трубка в которой летит сгенерированный пучок, длиной 100 м и радиусом 1 м;
- Muon Filter - бетонный слой длиной 50 м используется для фильтрации нераспавшихся π^\pm и K^\pm мезонов, а также мюонов;
- Neutrino Detector - детектор, для регистрации нейтрино, радиусом 1 м, и длиной 1 м, отстоящий на 1 метр от Muon Filter слоя;

Визуализация элементов модели 1

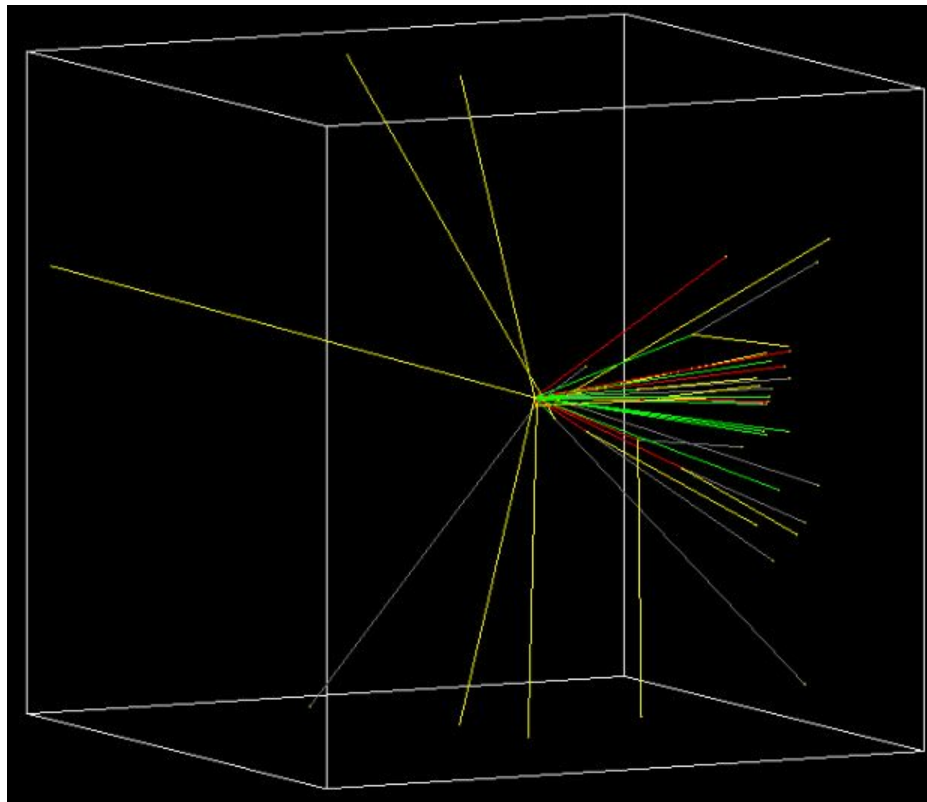


Модель 2

Целью построения данной модели, является изучение образования пучков π^\pm и K^\pm мезонов.

Данная модель состоит из:

- Particle Gun - источник протонов(p) с энергией равной 70 ГэВ вылетающих вдоль оси z
- Target - медная цилиндрическая мишень, на которую налетает пучок протонов, с длиной 50 см и радиусом 0.25 мм;



Здесь π^+ , π^- , K^+ , K^- указаны зелёным, красным, розовым и синим цветами, соответственно. Все виды нейтрино ($\nu_\mu, \bar{\nu}_\mu, \nu_e, \bar{\nu}_e$) указаны желтым

Получение и обработка данных

Следует отметить, что в случае двухчастичного распада с безмассовым продуктом, выражение для максимальной энергии(в данном случае нейтрино) имеет следующий вид:

$$E_\nu = \frac{m_{\pi(K)}^2 - m_\mu^2}{2(E_{\pi(K)} - p_{\pi(K)})}$$

Для пи-мезона

Mass $m = 139.57018 \pm 0.00035$ MeV;

Lifetime $\tau = 2.6033 \pm 0.0005 \times 10^{-8}$ s;

Схема распада для π^+ : $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$.

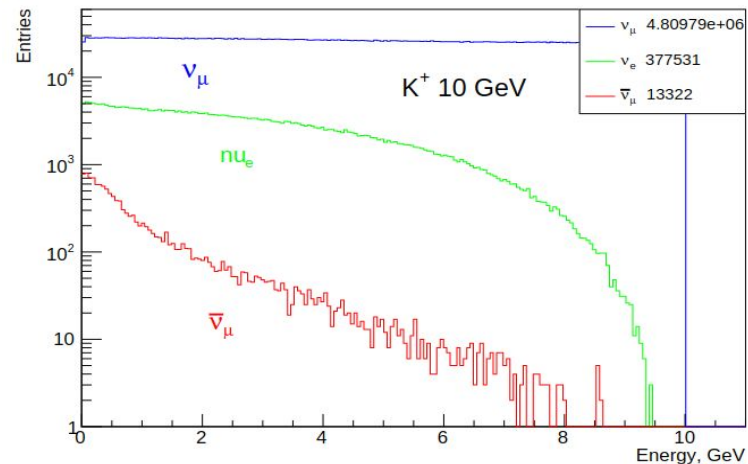
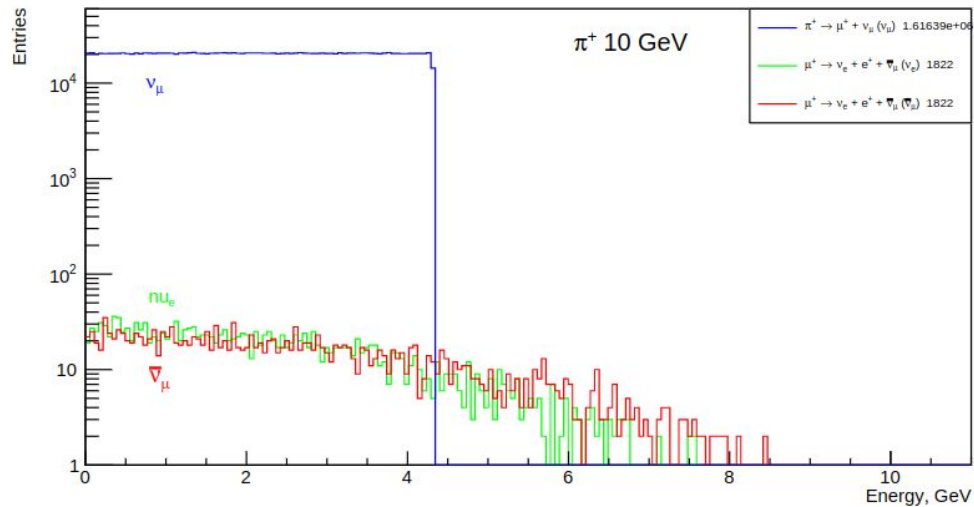
Для К-мезона

Mass $m = 493.677 \pm 0.005$ MeV;

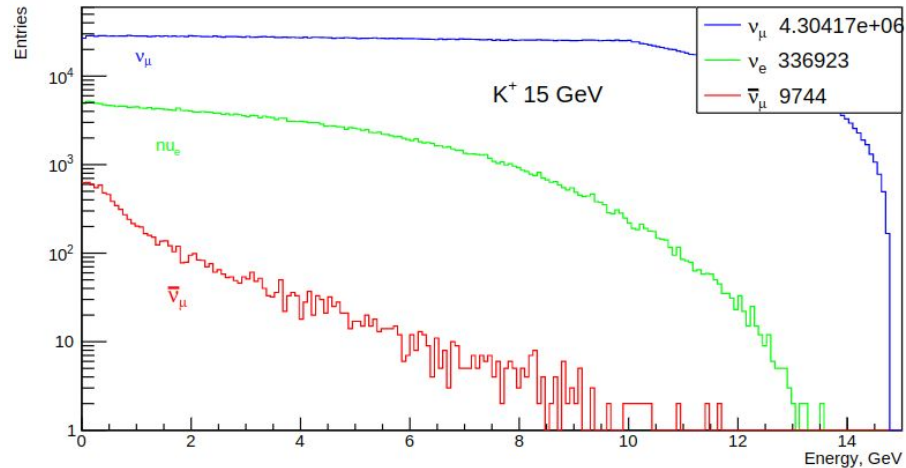
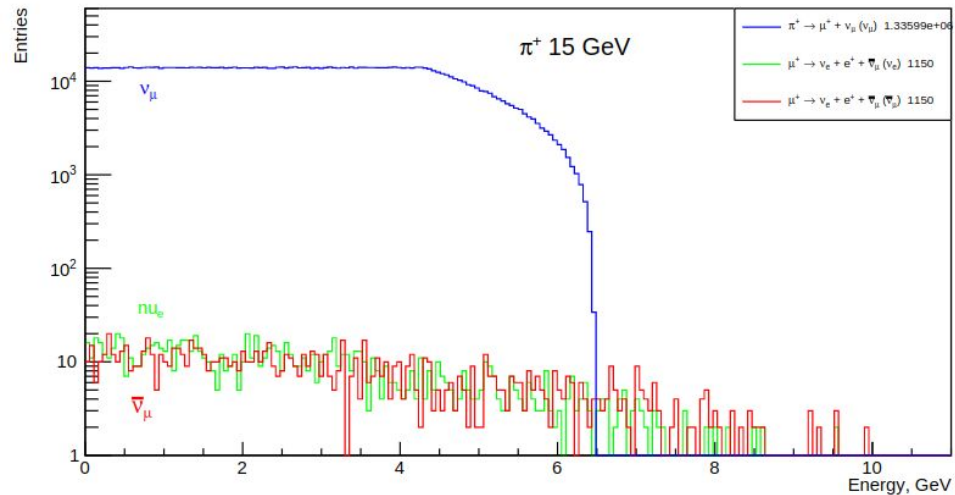
Lifetime $\tau = 1.2380 \pm 0.0020 \times 10^{-8}$ s;

Из всех возможных распадов K^+ , 63% составляет: $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$.

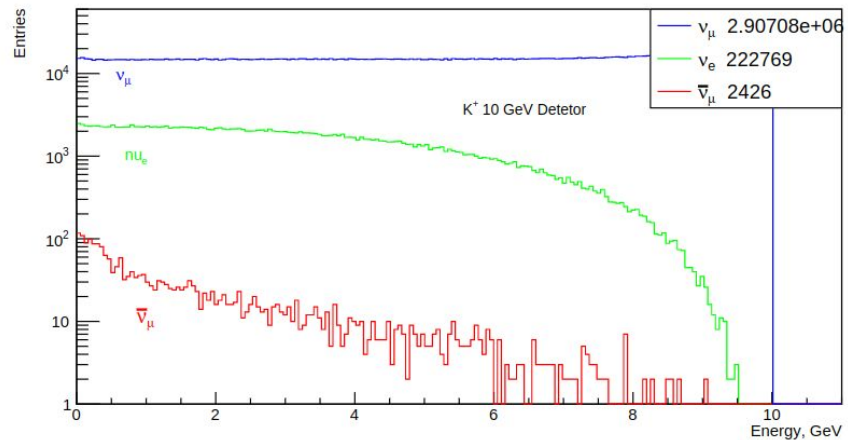
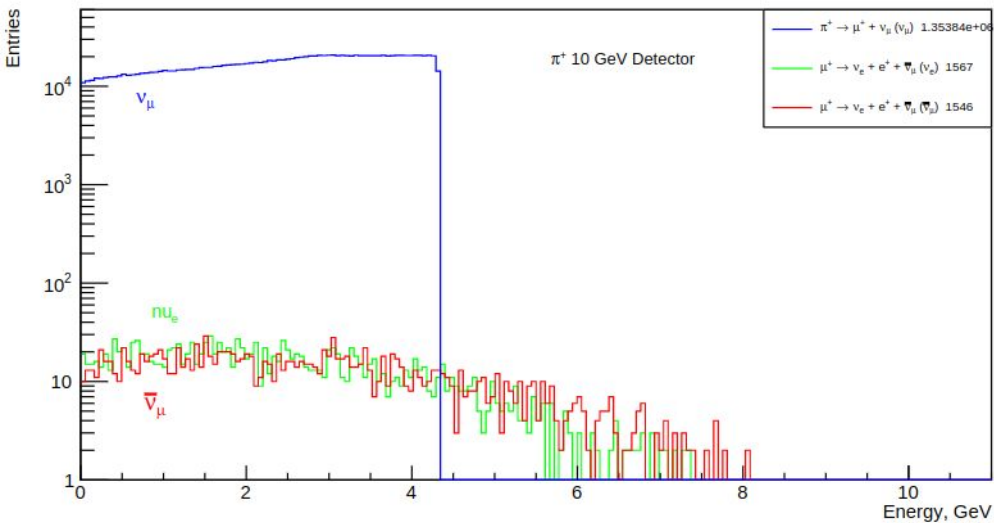
Результаты моделирования



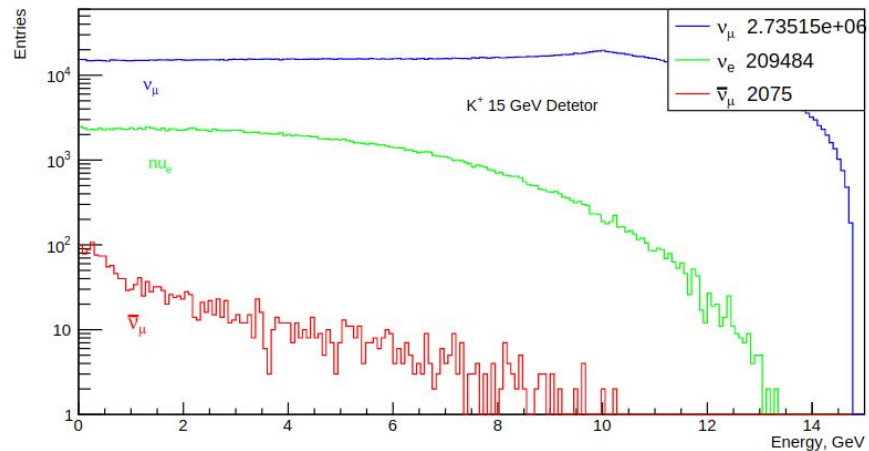
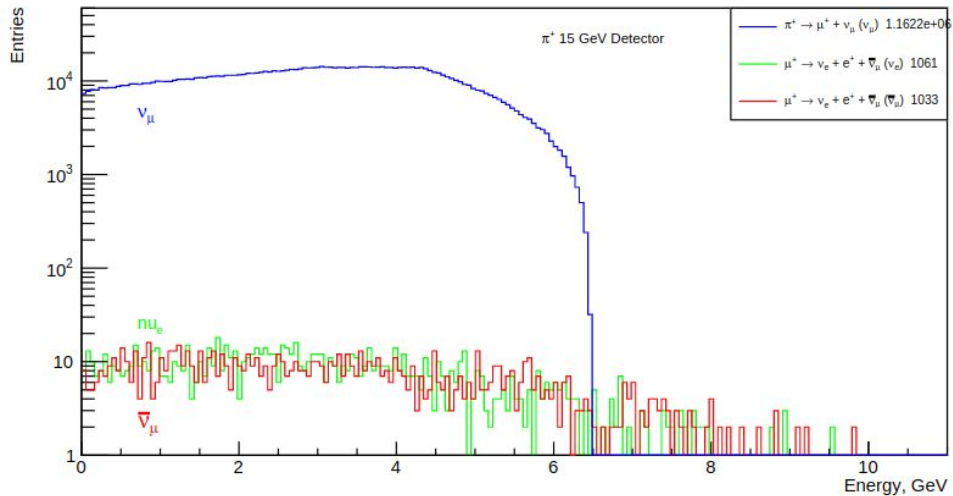
Результаты моделирования



Результаты моделирования



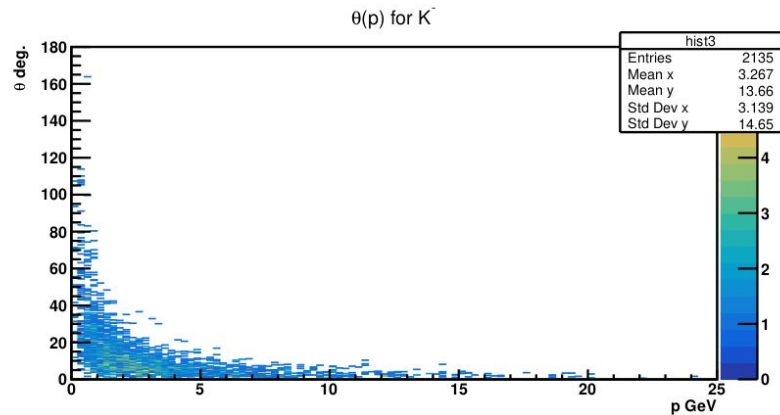
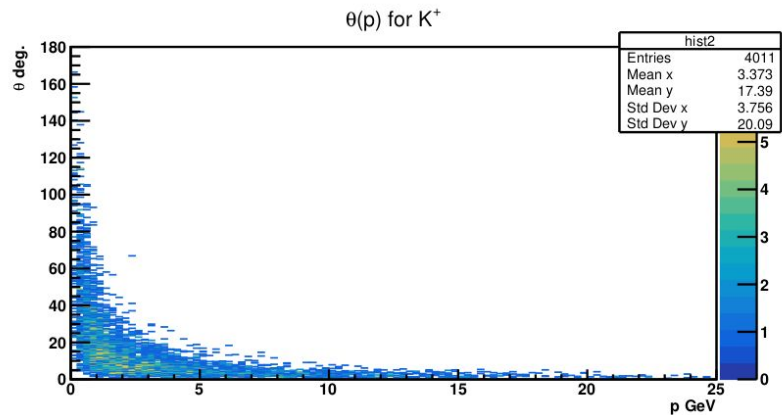
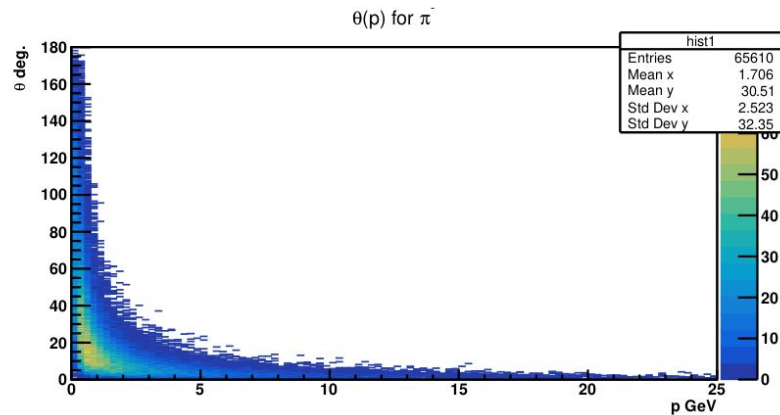
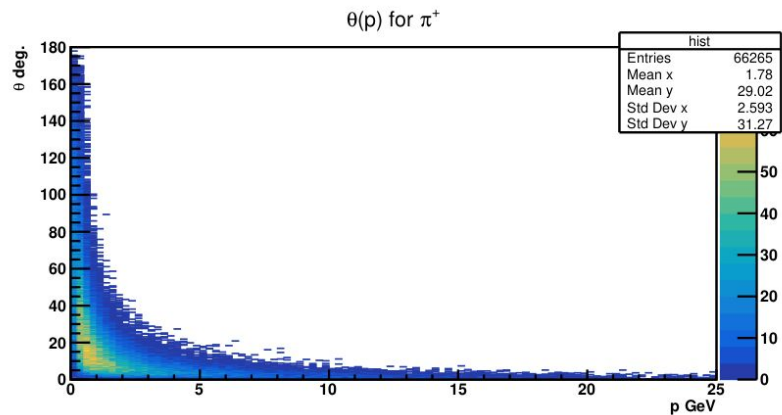
Построение гистограмм



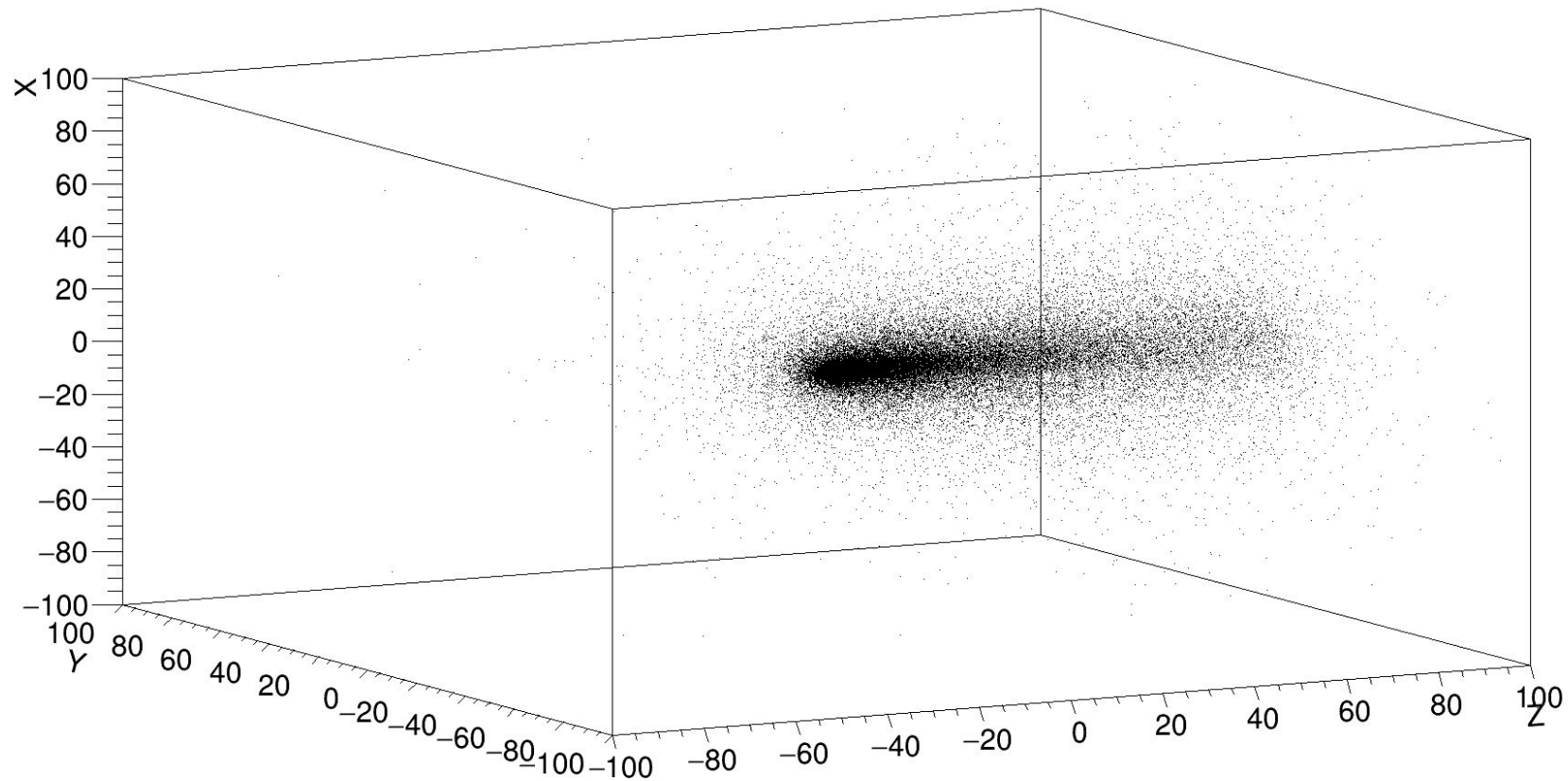
Результаты моделирования

```
=====
Beam particle                proton
Beam Energy(MeV)            70000
Number of events             1000
Average energy deposit (MeV) 3034   RMS(MeV) 2126
Average number of steps      5868
Average number of gamma      911.5
Average number of e-         648.9
Average number of e+         78.65
Average number of neutrons   31.16
Average number of protons    21.32
Average number of antiprotons 0.045
Average number of pi+ & pi-  15.21
Average number of pi0        8.579
Average number of kaons      1.396
Average number of muons      0.079
Average number of deuterons+tritons 8.129
Average number of He3+alpha  2.769
Average number of ions       6.479
Average number of forward neutrons 0.069
Average number of reflected neutrons 29.68
Average number of leaked neutrons 0.078
Average number of proton leak 9.442
Average number of pion leak  13.16
```

Результаты моделирования



Результаты моделирования



Заключение

В данной работе были изучены:

- Формирование нейтринных пучков на ускорителе
- Построенна модель, аналог ускорителя У-70
- Произведен импульсный расчет нейтринных пучков в ускорителе

В ходе тестового моделирования было рассмотрено формирование пучка пи и к мезонов, их распад регистрация продуктов(нейтрино) на ускорителе. Была изучена кинематика процесса, также были получены спектры и угловые распределения нейтрино, для различных диапазонов энергий. В дальнейшем планируется построить и исследовать модель включающую магнитную фокусировку образовавшегося пучка, а также изучение меченных нейтрино.