

Исследование возможности регистрации спектаторов для определения центральности столкновения ядер адронным калориметром на коллайдере NICA

Студент: Якобнюк Л.А.

Научный руководитель: к.ф.-м.н., Солдатов Е.Ю

Научный консультант: д.ф.-м.н., Курепин А.Б., ИЯИ РАН

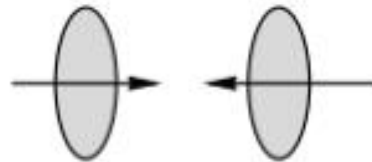
Цели работы

- Моделирование измерения числа спектаторов прямым адронным калориметром (FHCaI) на MPD/NICA с использованием теоремы Байеса;
- Поиск возможного места размещения адронного калориметра.

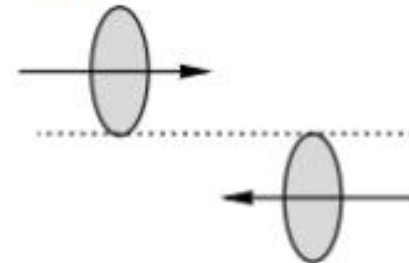
«Зависимость» центральности столкновения от числа зрителей



Центральное столкновение



Периферическое столкновение

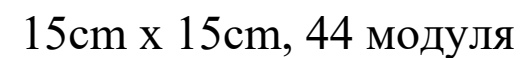


The diagram illustrates the LHCb detector layout with the following components and dimensions:

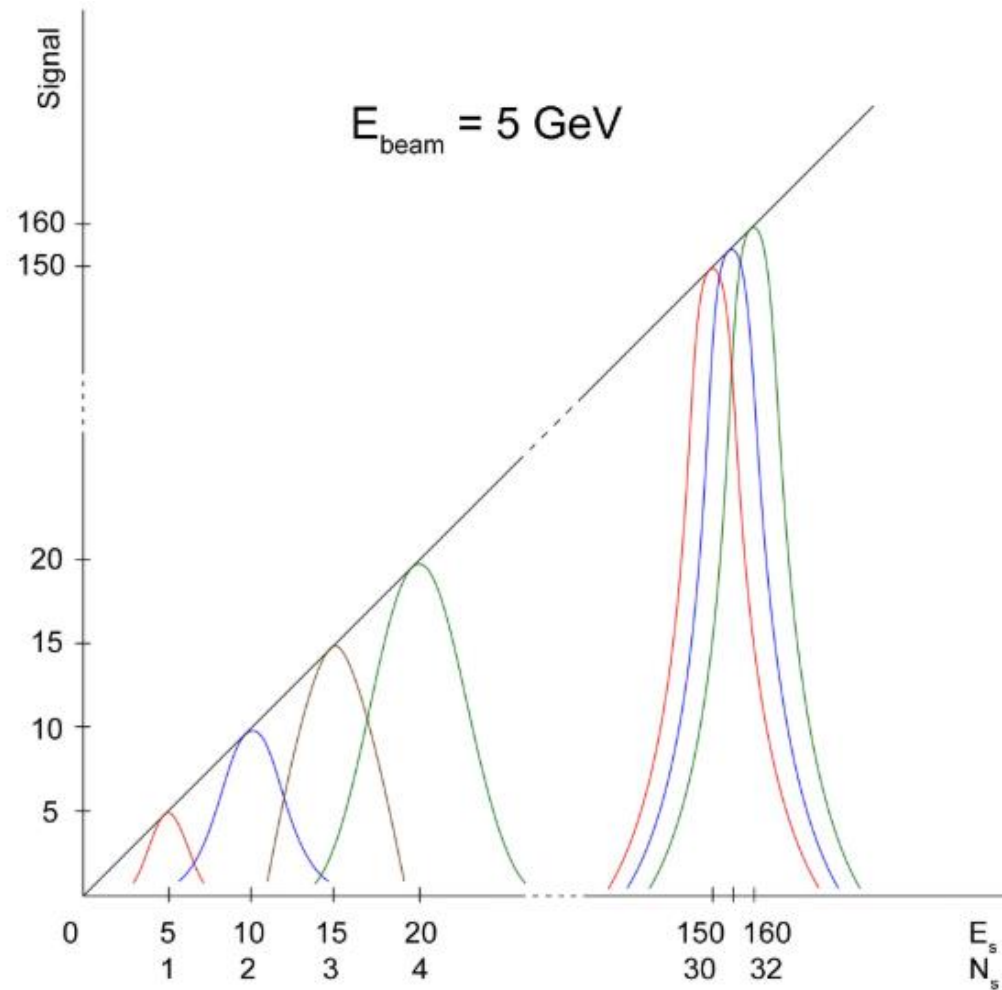
- ECal** (Electromagnetic Calorimeter): Blue blocks above and below the TPC.
- TPC** (Time Projection Chamber): Central grey detector.
- GEM** (Gas Electron Multiplier) and **IT** (Innovative Tracker): Detectors within the TPC region.
- HCAL** (Hadronic Calorimeter): Green blocks above and below the TPC.
- FD** (Forward Detector): Yellow blocks at the ends of the detector.
- Straw EC Tracker**: Red blocks at the very ends of the detector.
- Cryostat** and **CPC Tracker**: Components at the bottom of the detector.
- TOF** (Time-of-Flight): Detectors at the top ends of the detector.

Dimensions (in mm):

- Overall width: 6960
- Overall height: 6583
- TPC length: 3400
- TPC radius: 1025
- TPC thickness: 300
- ECal length: 180
- HCAL length: 180
- FD length: 180
- Straw EC Tracker length: 180
- TOF length: 180
- TPC radius: 1025
- TPC thickness: 300
- TPC length: 3400
- TPC radius: 1025
- TPC thickness: 300



Сигнал адронного калориметра в зависимости от числа спектаторов и выделенной ими энергии



Калибровка адронного калориметра

$$\begin{aligned} dP(E) &= W(E) dE = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} \exp\left(-\frac{(E - E_b)^2}{2\sigma^2}\right) dE \end{aligned} \quad (1)$$

E - отклик калориметра, E_b - энергия пучка на один нуклон

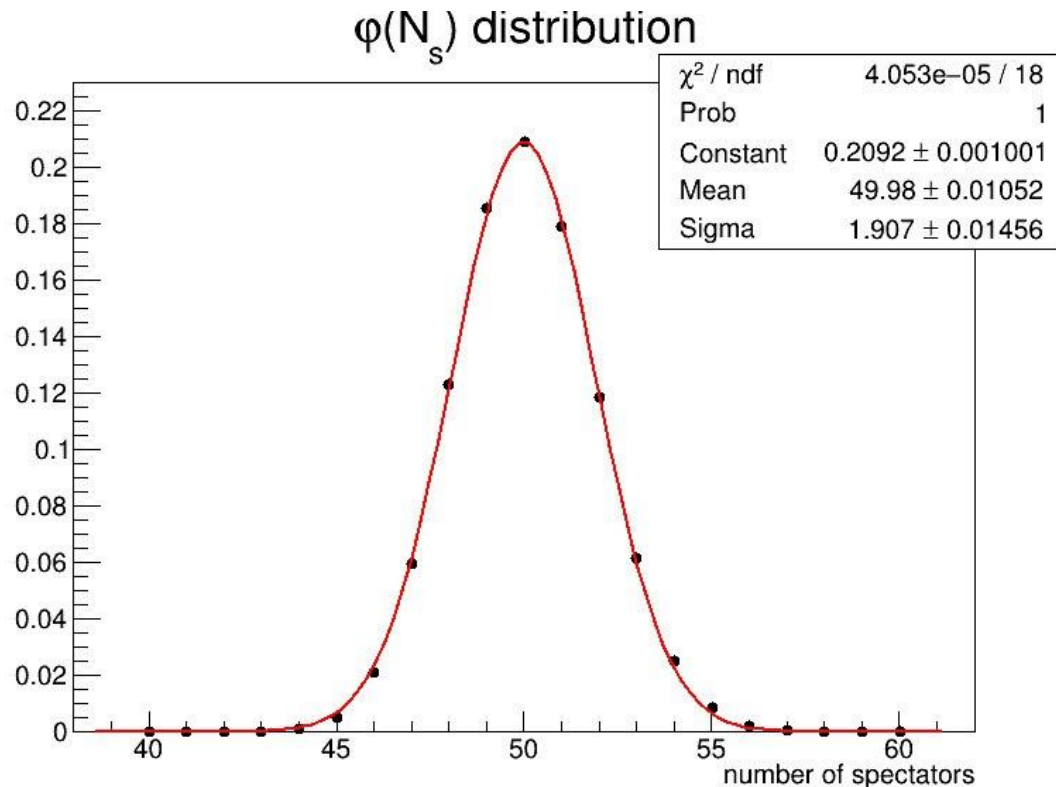
$$D [\text{ГэВ}^2] = \sigma^2 = 0.31 E_b \quad (2)$$

$$\sigma [\text{ГэВ}] = 0.56 \sqrt{E_b} \quad (3)$$

Применение теоремы Байеса

$$P_E(N) = \frac{1}{\sqrt{2\pi N\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(E - NE_b)^2}{2N\sigma^2}\right), \quad (4)$$

$$P_{N_s}(E_s) = \frac{P_{E_s}(N_s)P(N_s)}{P(E_s)} = \frac{1}{P(E_s)} \frac{1}{\sigma \cdot 2\pi N_s} \exp\left(-\frac{(E_s - N_s E_b)^2}{2\sigma^2}\right) \times \exp\left(-\frac{(\bar{N}_s - N_s)^2}{2N_s}\right) \quad (5)$$

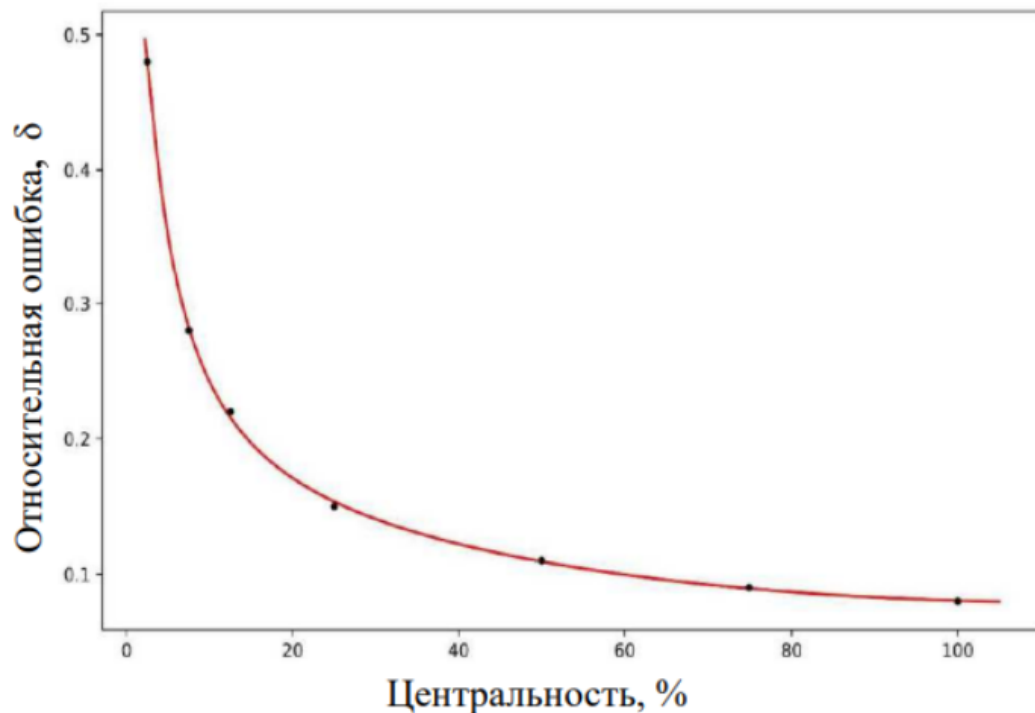


E_s^{fix} , ГэВ	20	60	100	200	400	600	800
σ_{N_s}	0,6	1,1	1,3	1,9	2,7	3,3	3,8

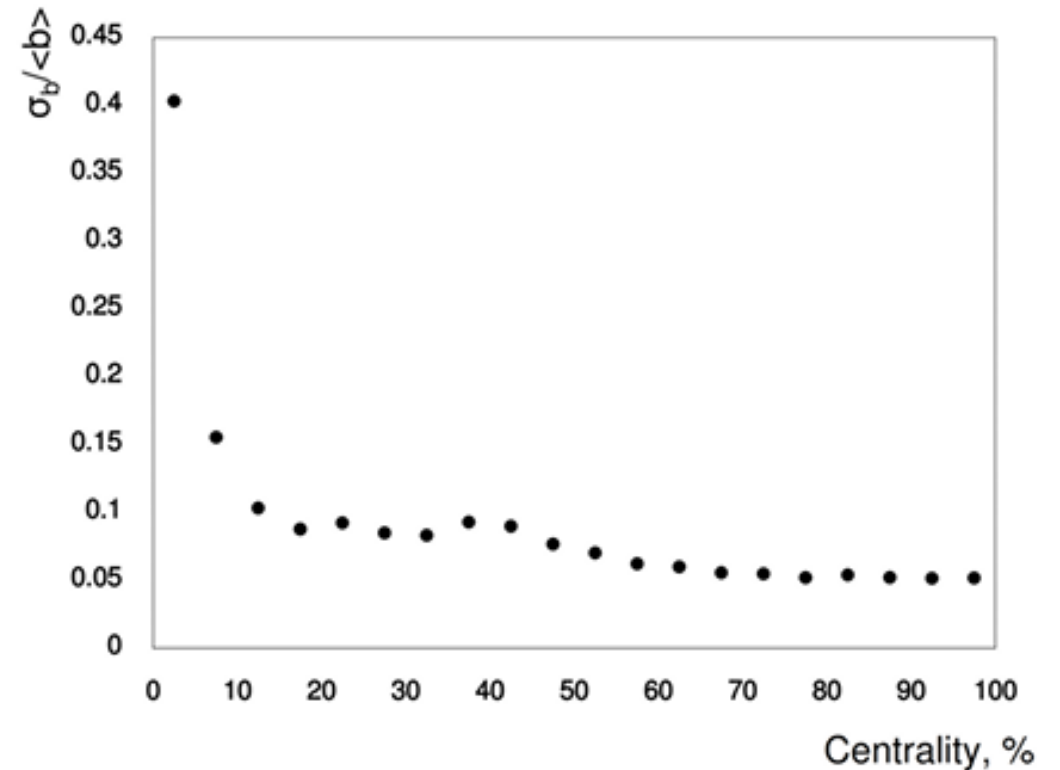
Расчет относительной ошибки определения центральности

$$D_{E_s} = 16E_{beam}^2 \cdot D_{N_s}(E_s) \quad (6)$$

$$\delta = \sqrt{D_{E_s}} / E_s \quad (7)$$

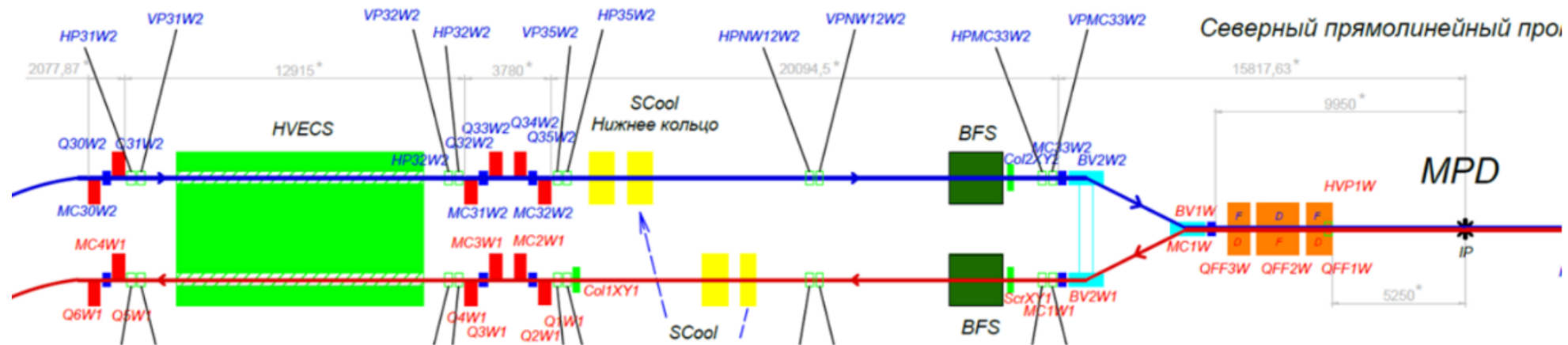


Теорема Байеса



LAQGSM

Предложение размещения адронного калориметра



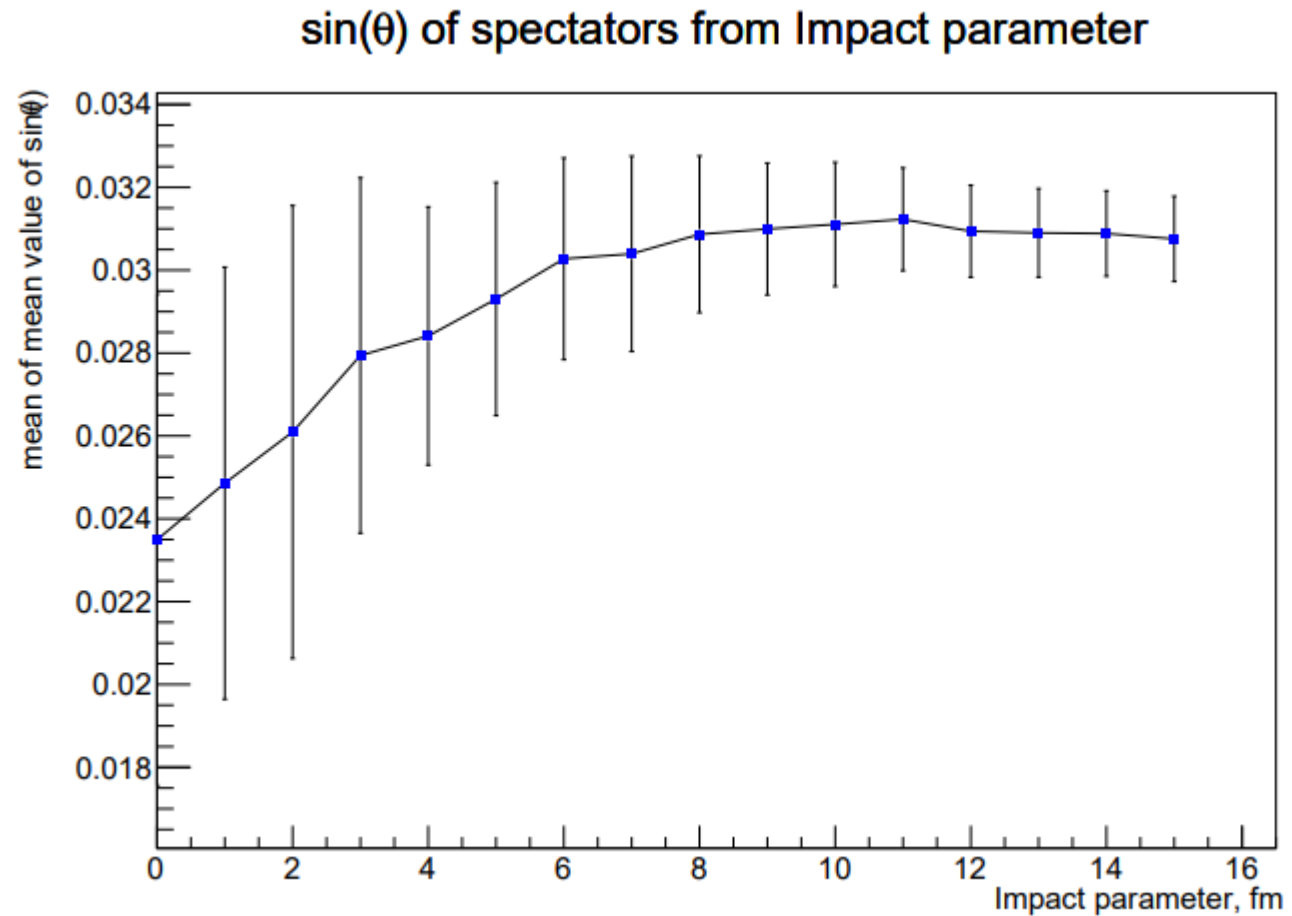
Отклонение частиц при прохождении дипольного магнита

$$h = R \cdot (1 - \cos(\alpha)) = R \cdot \frac{\alpha^2}{2} = \frac{L_1^2}{2R} = \frac{qBL_1^2}{2p} \quad (8)$$

где $B = 1,197$ Тл, $L_1 = 1,38$ м

Сначала частица влетает в магнитное поле и отклоняется вниз. После прохождения магнитного поля частица летит свободно еще 2,5 метра, что приводит к суммарному отклонению ядра висмута на 16 см, а протона-спектатора на 33 см в направлении вниз.

Результаты моделирования с использованием программы UrQMD

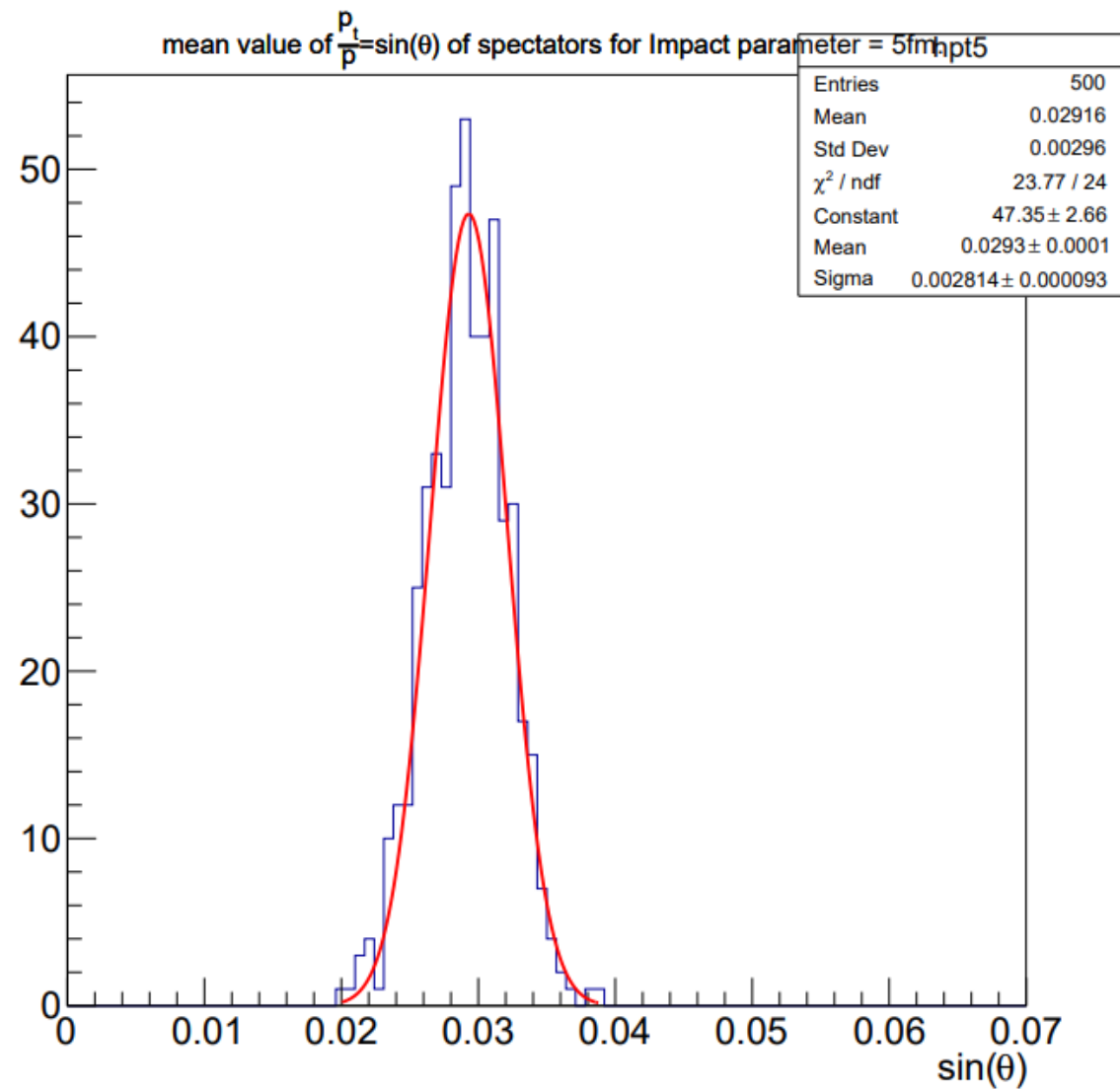


Заключение

- Разрешение по центральности адронного калориметра, полученное с использованием теоремы Байеса, хуже результата, полученного с использованием Монте-Карло генератора LAQGSM ;
- Размещение адронного калориметра после магнита, разводящего встречные пучки, не является допустимым.

Дополнительные слайды

Приложение 1



Приложение 2

Энергия, уносимая различными видами спектаторов (нейтронами, протонами и ядерными фрагментами), в зависимости от прицельного параметра (верхняя шкала) и от энергии (нижняя шкала), измеренной кольцевым калориметром (ring calorimeter)

