

Измерение спектров анти- $\bar{\Sigma}^{\pm}$ -гиперонов с помощью электромагнитного калориметра PHOS эксперимента ALICE

Гордеев Павел



ALICE

13.06.2023



Актуальность

Антинейтроны

- Изучение взаимодействия антинейтронов с адронами
- Поиск связанных состояний (анти)нейтронов (ди-антинейтрон/тетра-антинейтрон) на LHC

- Получение спектров $\bar{\Sigma}$ для проверки метода идентификации антинейтронов и изучение механизма рождения гиперонов
- Изучение p- $\bar{\Sigma}$ взаимодействий с помощью метода фемтоскопии
- Сравнение между различными методами регистрации $\bar{\Sigma}$ для проверки результатов

Отбор событий

$$\Sigma^+ = uus$$

$$m = 1189.37 \pm 0.07 \text{ MeV}/c^2$$

$$\Sigma^+ \rightarrow p\pi^0 (51.57 \pm 0.30) \%$$

$$\Sigma^+ \rightarrow n\pi^+ (48.31 \pm 0.30) \%$$

$$\bar{\Sigma}^- \rightarrow \bar{n}\pi^-$$

$$\Sigma^- = dds$$

$$m = 1197.449 \pm 0.030 \text{ MeV}/c^2$$

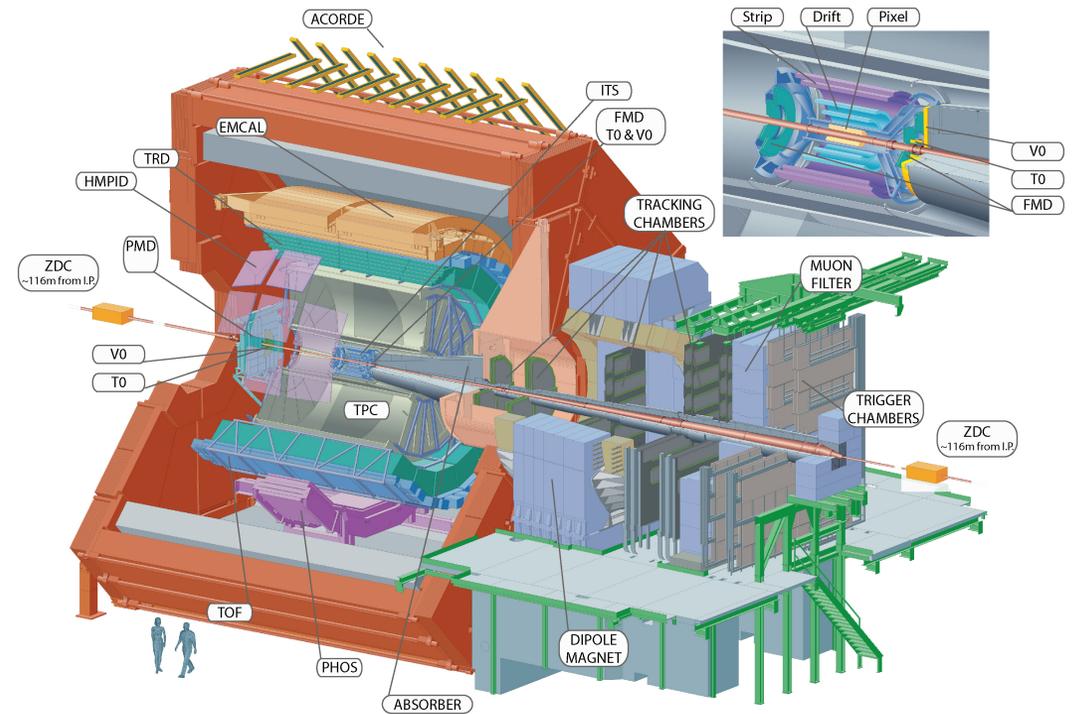
$$\Sigma^- \rightarrow n\pi^- (98.848 \pm 0.005) \%$$

$$\bar{\Sigma}^+ \rightarrow \bar{n}\pi^+$$

- p-Pb столкновения $\sqrt{s} = 5.023 \text{ TeV}$
MC: DPMJET – LHC18f3_cent_1(2), wSDD, 2.039×10^8
Data: LHC16q, 16t pass2, wSDD, 2.681×10^8
- pp столкновения $\sqrt{s} = 5.02 \text{ TeV}$
MC: PYTHIA8 – LHC17l3(b), wSDD, 7.227×10^7
Data: LHC17q, 17t pass2, wSDD, 2.475×10^8
- Отбор событий
|Положение координаты Z вершины| $\leq 10 \text{ см}$
Pile-up отбор
Количество треков, образующих вершину > 0

PHOS

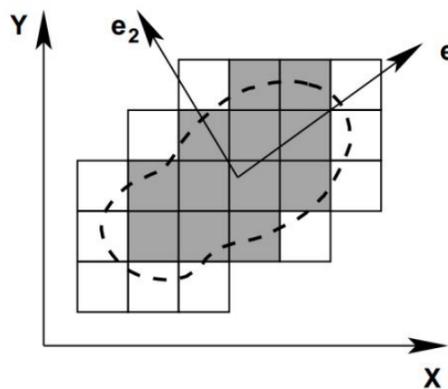
- PHOS - высокогранулированный фотонный спектрометр, состоящий из кристаллов PbWO₄. Располагается в нижней части детектора ALICE
- PHOS предназначен для регистрации электромагнитного излучения, а также для измерения спектров нейтральных мезонов через их фотонные распады
- Расстояние до вершины взаимодействия (ВВ, РВ) 4.6 м



Идентификация антинейтрона в PHOS

Как можно идентифицировать \bar{n} :

- Выделенная энергия (аннигиляция)
- Нейтральность (Charged Particle Veto)
- Дисперсия кластера
- Количество ячеек

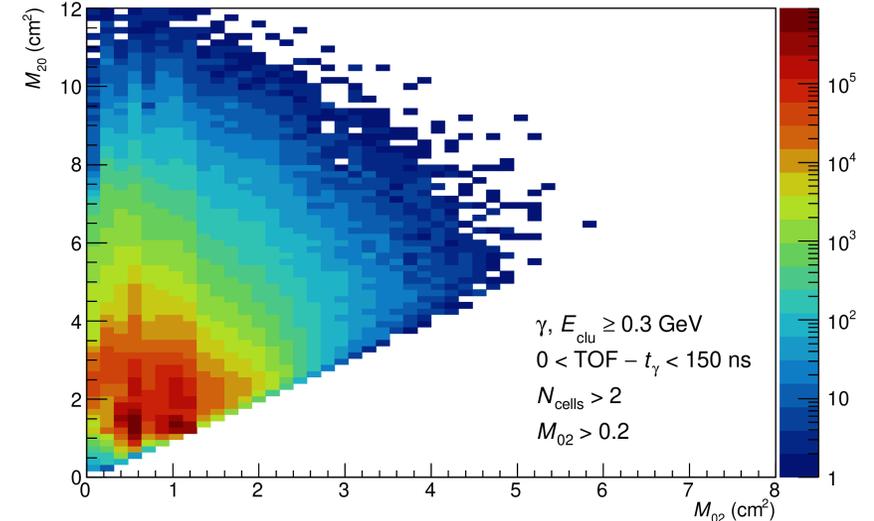
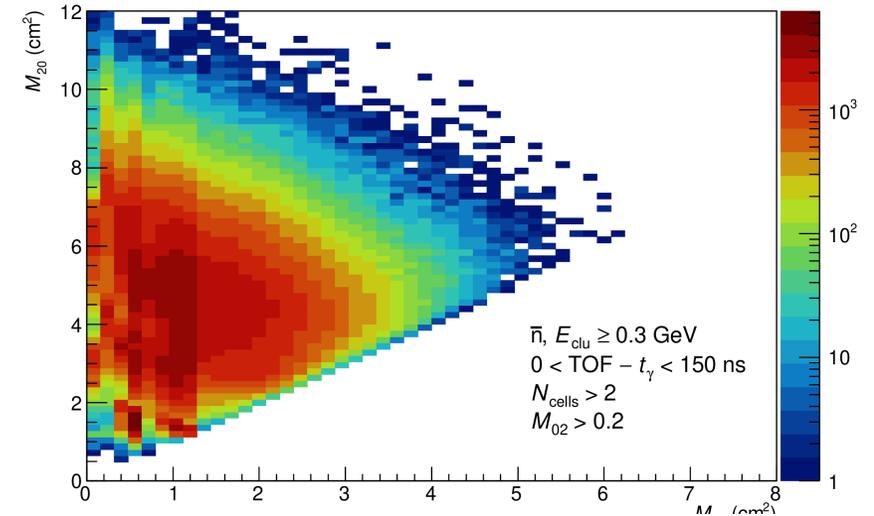


$$S = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xz} \\ S_{zx} & S_{zz} \end{pmatrix}$$

$$S_{xx} = \langle (x - \bar{x})^2 \rangle$$

$$S_{xz} = \langle (x - \bar{x})(z - \bar{z}) \rangle$$

- Однако:
- Измерить импульс напрямую невозможно
- Использование информации о времени пролета



Дефолтный набор катов для кластеров

- Получен путем варьирования различных катов, максимизируя произведение **purity** на **efficiency**²

$$M_{02} > 0.2 \text{ cm}^2$$

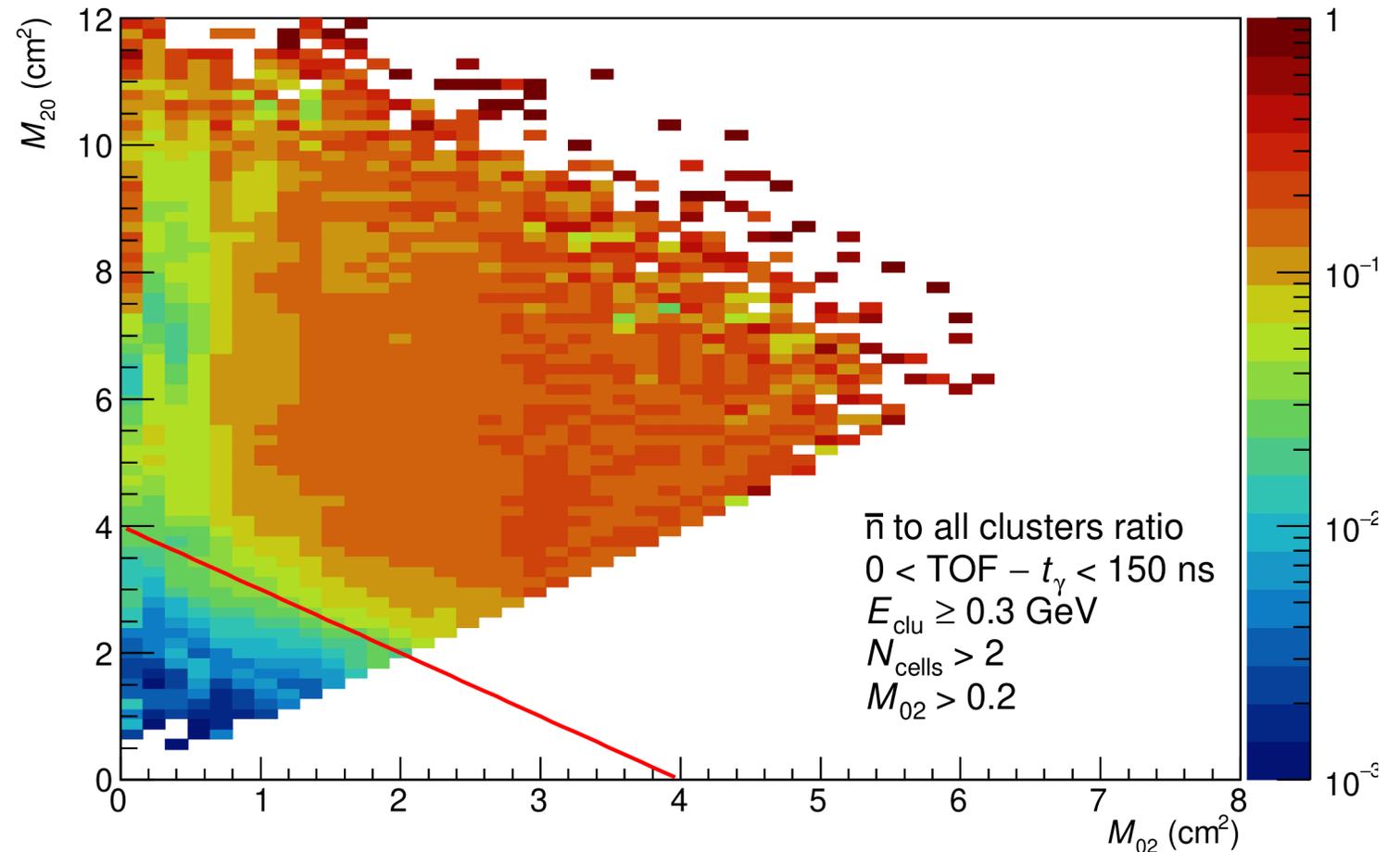
$$E_{\text{clu}} \geq 0.6 \text{ GeV}$$

$$N_{\text{cells}} \geq 7$$

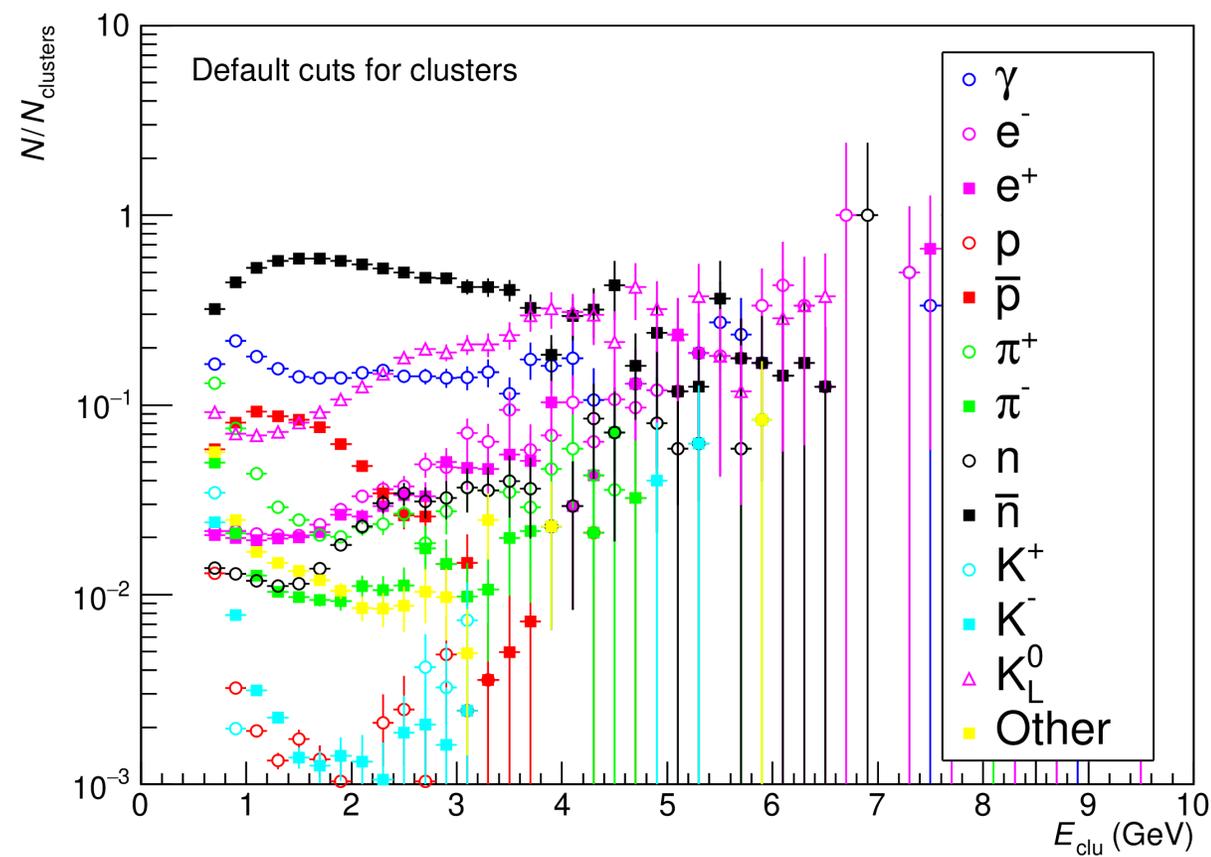
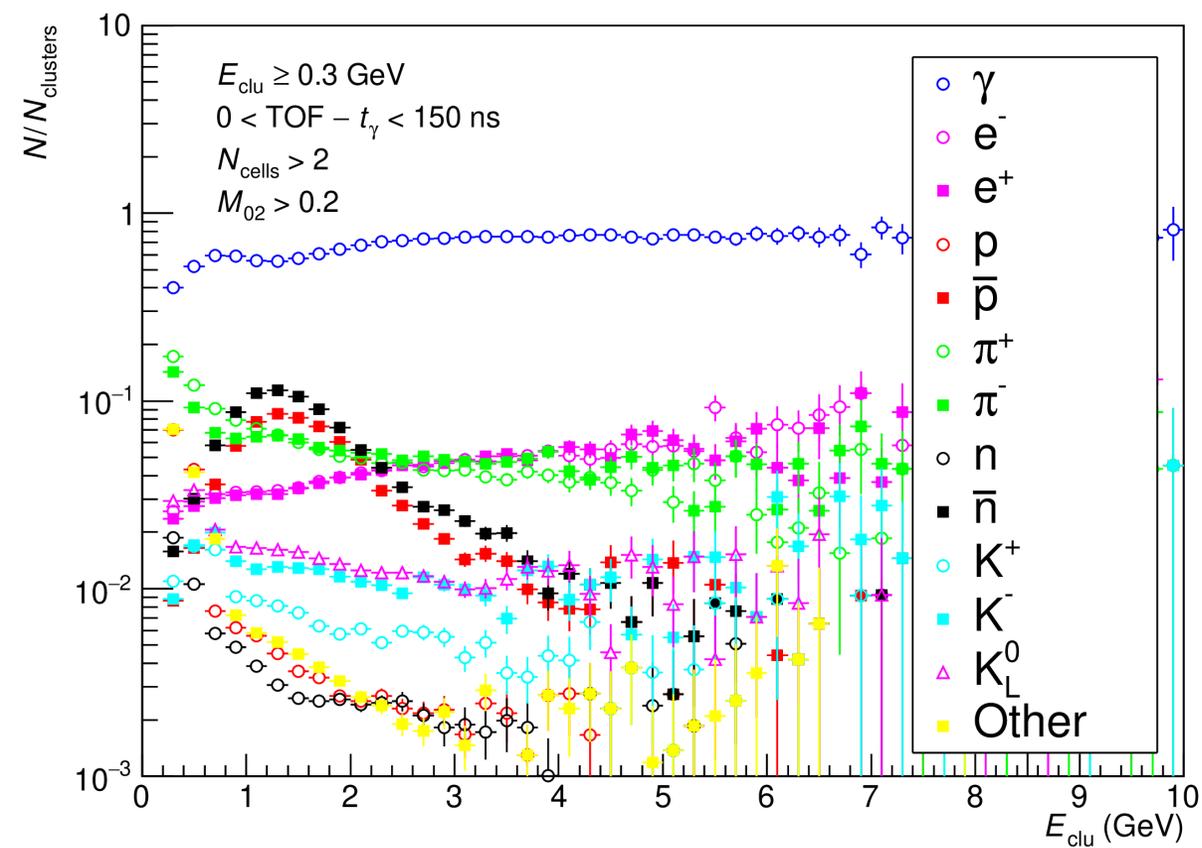
$$\text{CPV} > 10\sigma$$

$$M_{20} \geq -M_{02} + 4$$

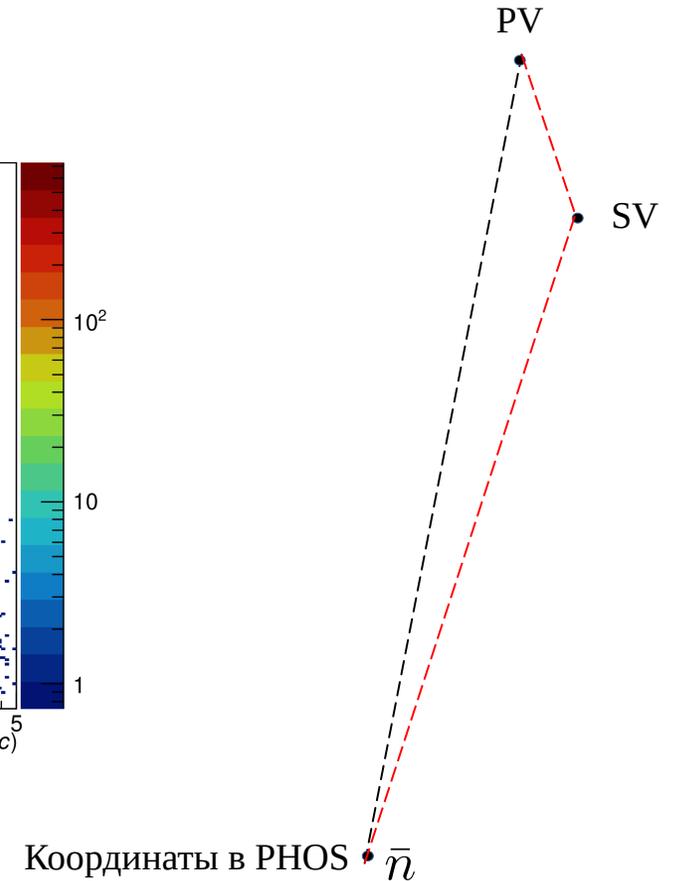
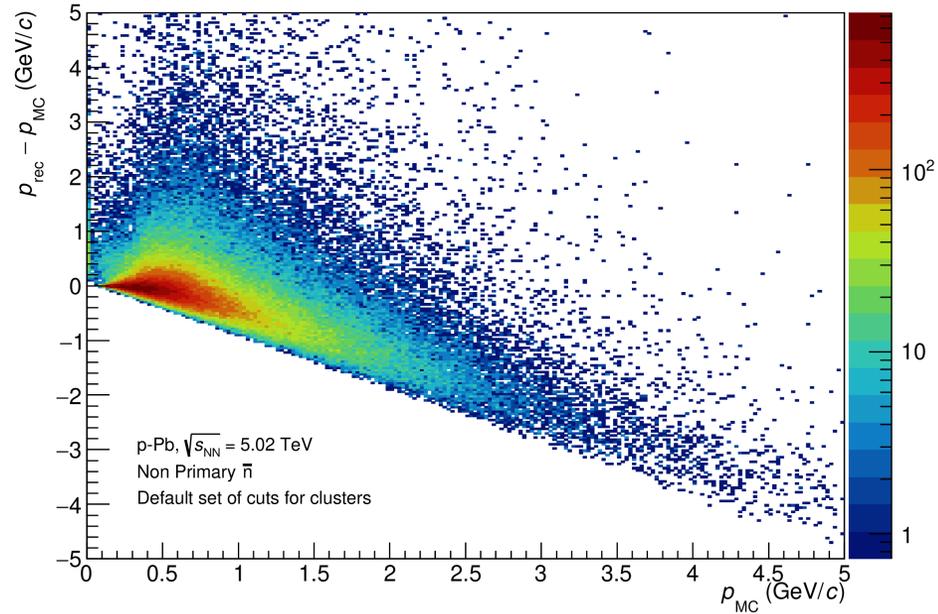
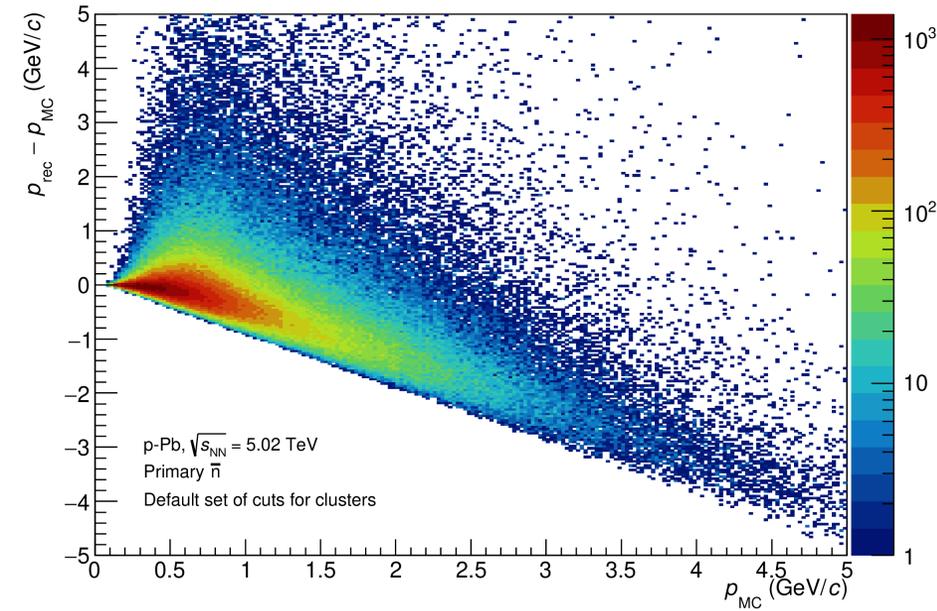
$$0 < \text{TOF} - t_{\gamma} < 150 \text{ ns}$$



Доля различных типов частиц в РНОС



Реконструкция импульса \bar{n}



$$p_{\text{rec}} = \frac{m_{\bar{n}}}{\sqrt{\left(\frac{t_{\text{TOF}} \cdot c}{L}\right)^2 - 1}}$$

L - расстояние между вершиной взаимодействия и PHOS, м
 $m_{\bar{n}}$ - масса антинейтрона, $0.939485 \text{ GeV}/c^2$
 t_{TOF} - время пролета, с

Отбор треков

- TPC dE/dx : 3σ полоса вокруг π линии
- $|\eta| < 0.8$
- Track FilterBit 4 (ITS-TPC треки)
- Количество кластеров в TPC больше чем 60

Топологические отборы

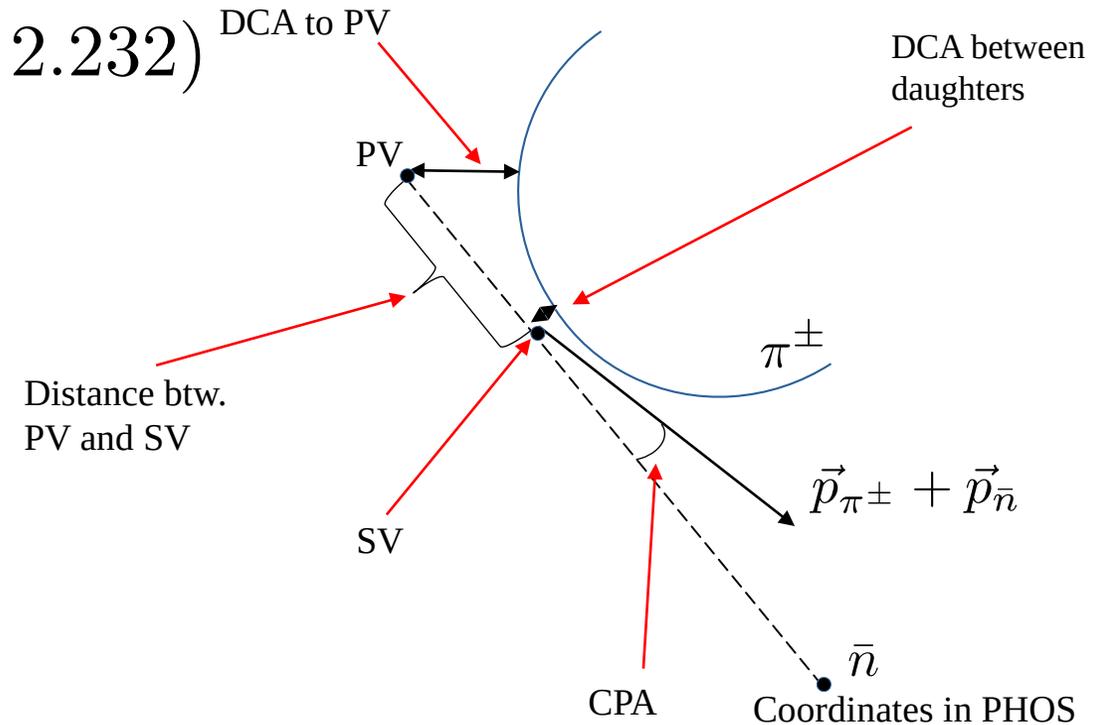
$$\text{DCA}_{\text{daug}} < 0.06 - \exp(-1.381 \cdot p_{\text{T, rec}}^{\Sigma} - 2.232)^{\text{DCA to PV}}$$

$$\text{CPA} \geq 0$$

$$\text{PV to SV} > 0.193 \cdot p_{\text{T, rec}}^{\Sigma} + 0.25$$

	DCA	CPA	PV to SV
$\bar{\Sigma}^+$	0.06	0	0.25
$\bar{\Sigma}^-$	0.06	0	0.15

Топологические отборы

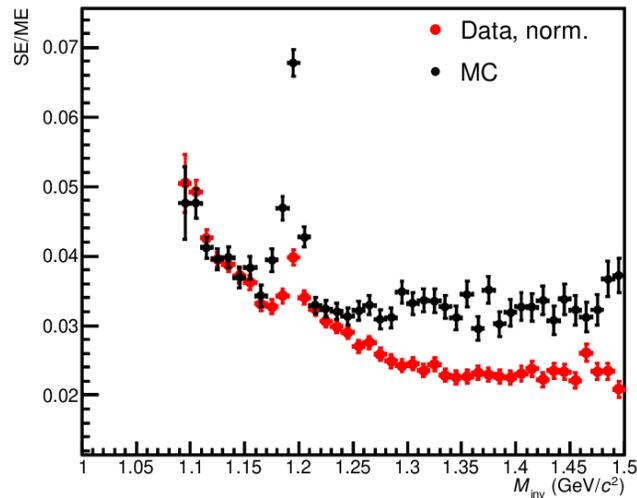


Распределение инвариантной массы

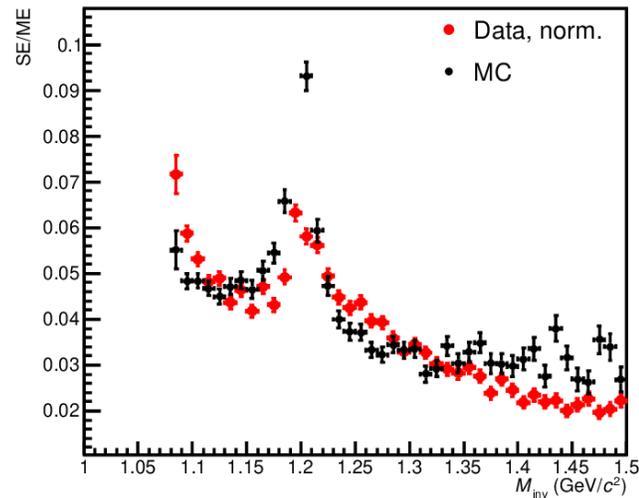
- Применив все отборы, получены распределения инвариантной массы для пар трек (пи-мезон) и кластер в калориметре (антинейтрон)
- Смешивание 100 событий в соответствии с бином по положению вершины и центральности столкновения
- Получены отношения Same Event к Mixed Event
- Следующие результаты представлены для $\bar{\Sigma}^+$ в p-Pb столкновениях

Сравнение отношений SE/ME. Data и MC

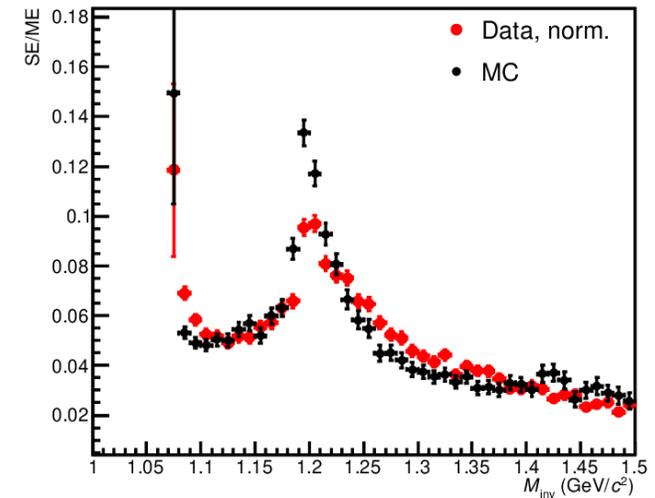
$0.25 < p_T < 0.50 \text{ GeV}/c$



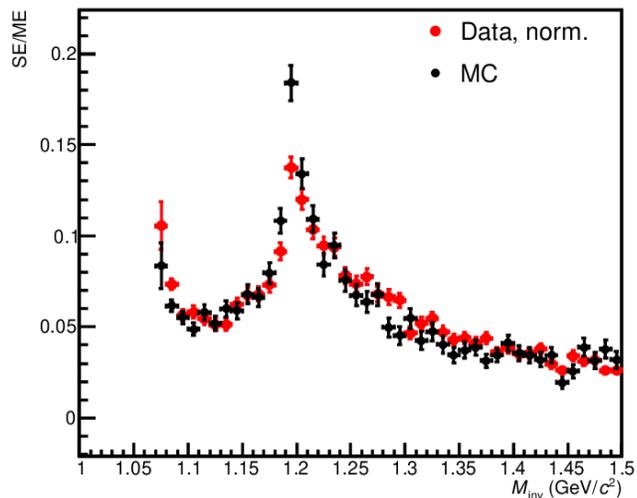
$0.50 < p_T < 0.75 \text{ GeV}/c$



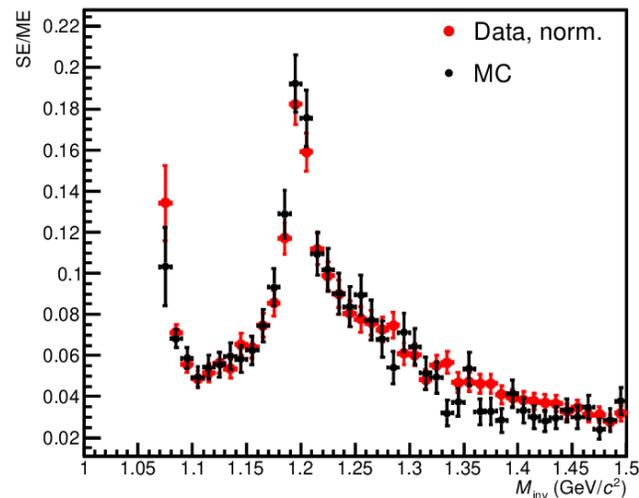
$0.75 < p_T < 1.00 \text{ GeV}/c$



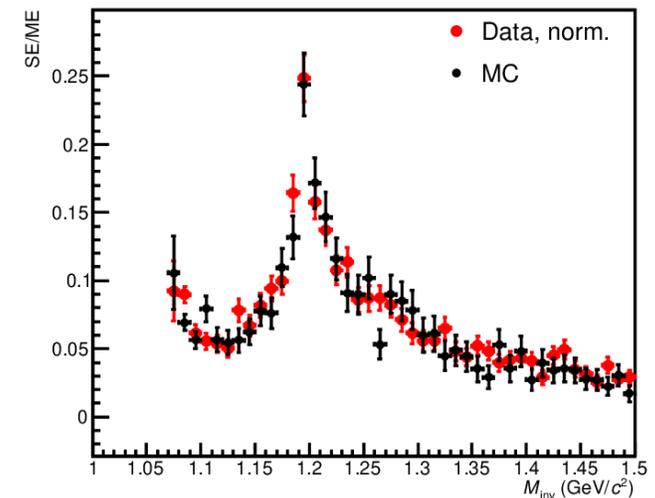
$1.00 < p_T < 1.25 \text{ GeV}/c$



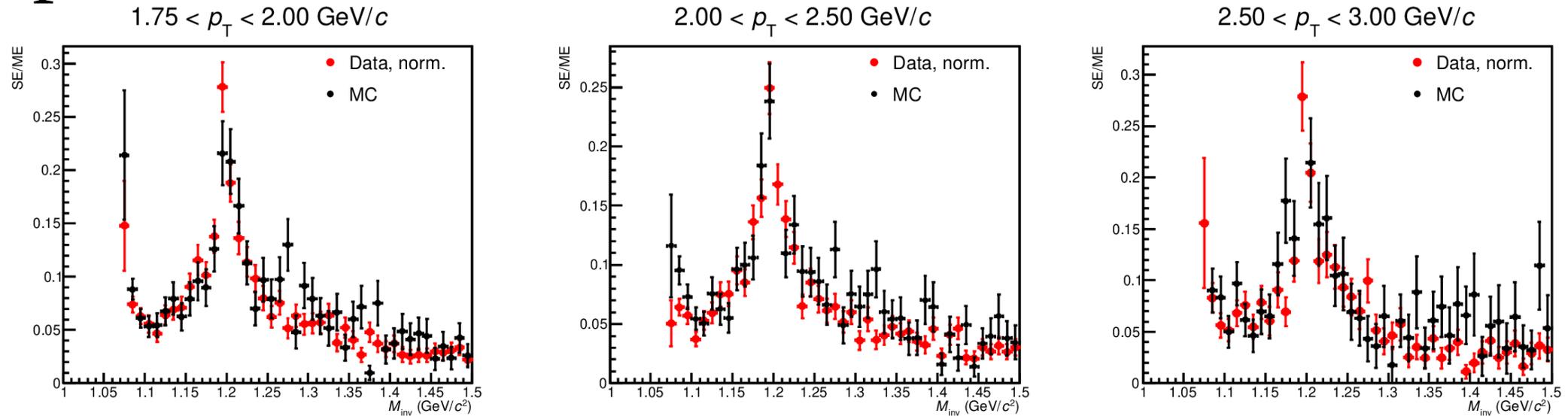
$1.25 < p_T < 1.50 \text{ GeV}/c$



$1.50 < p_T < 1.75 \text{ GeV}/c$

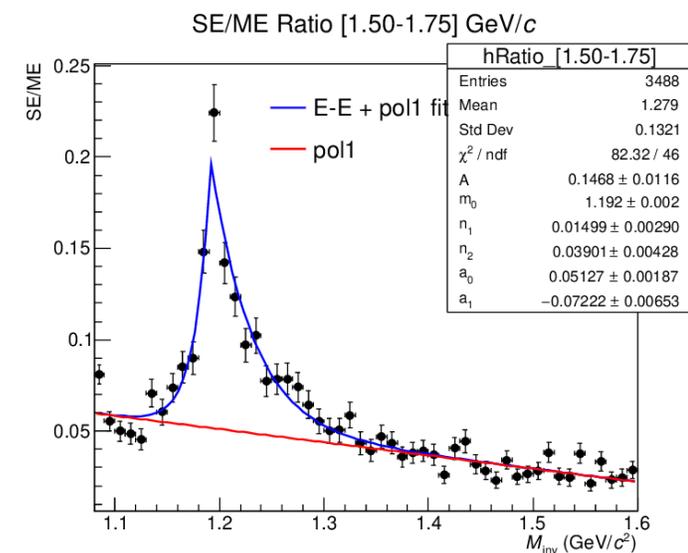
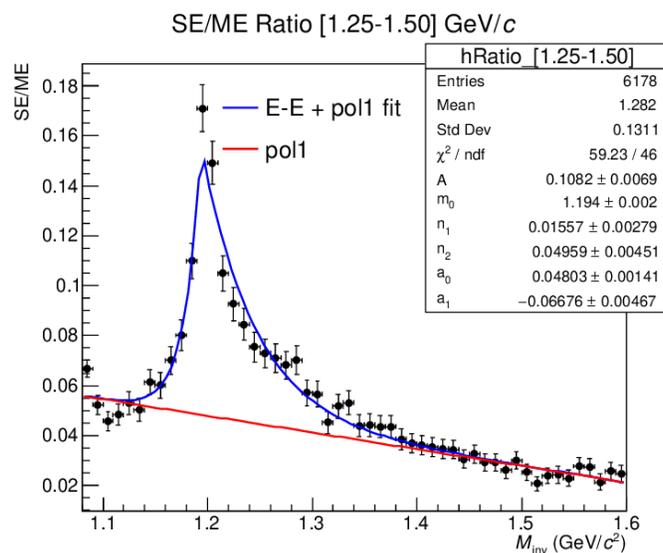
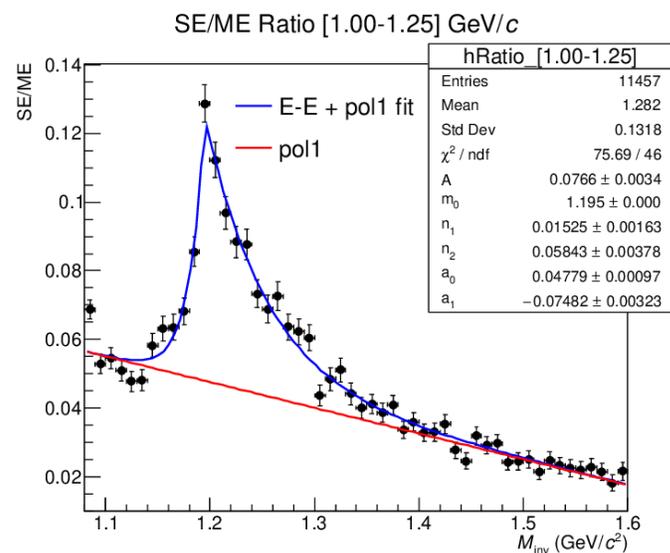
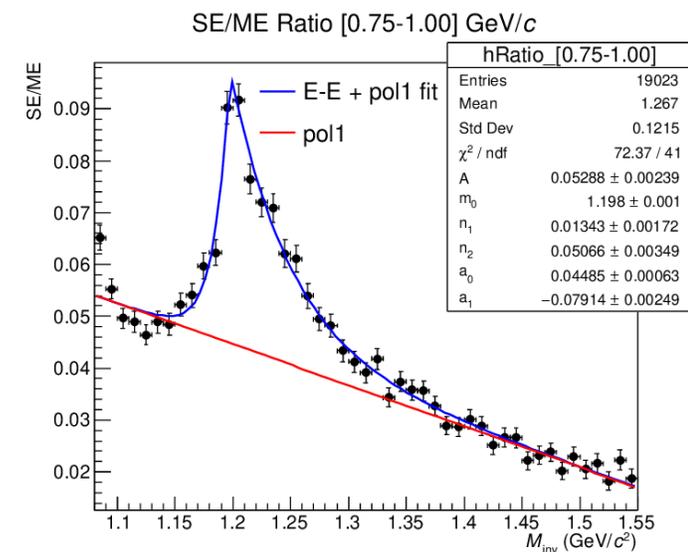
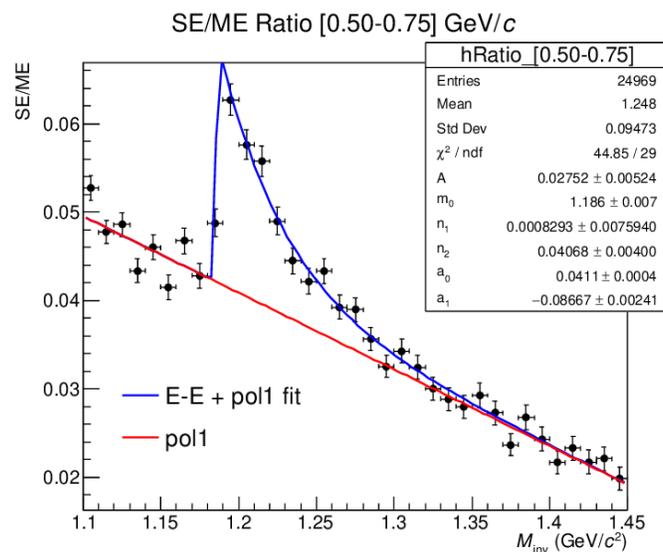
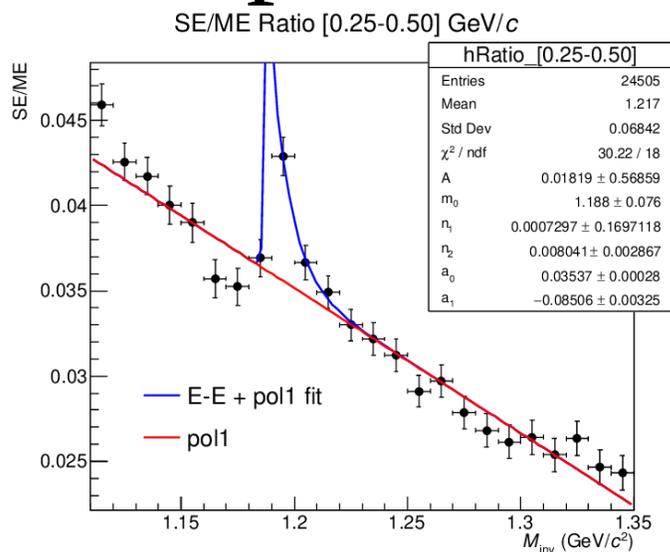


Сравнение отношений SE/ME. Data и MC

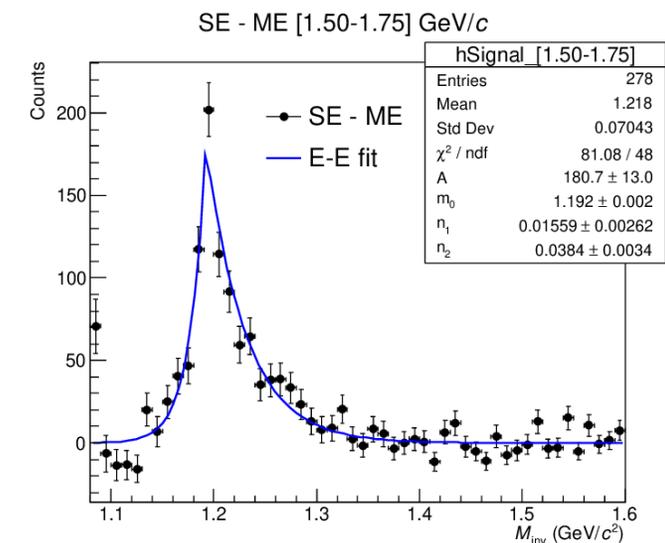
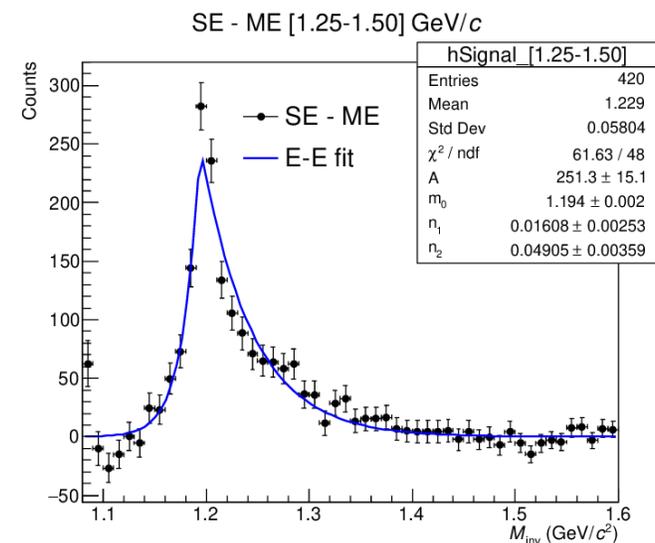
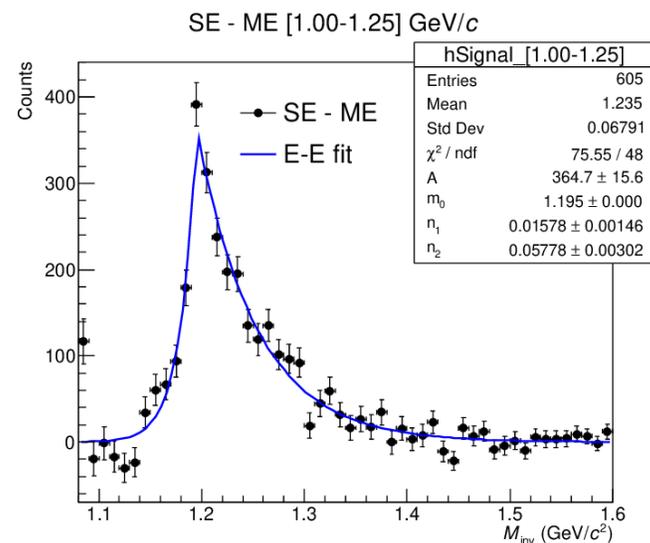
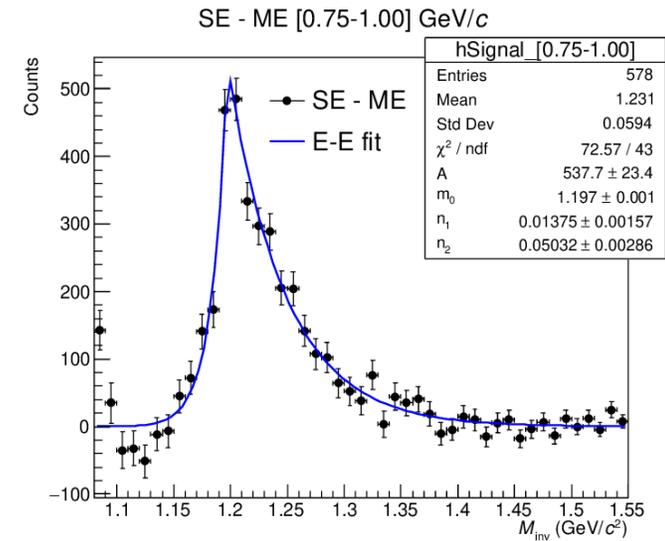
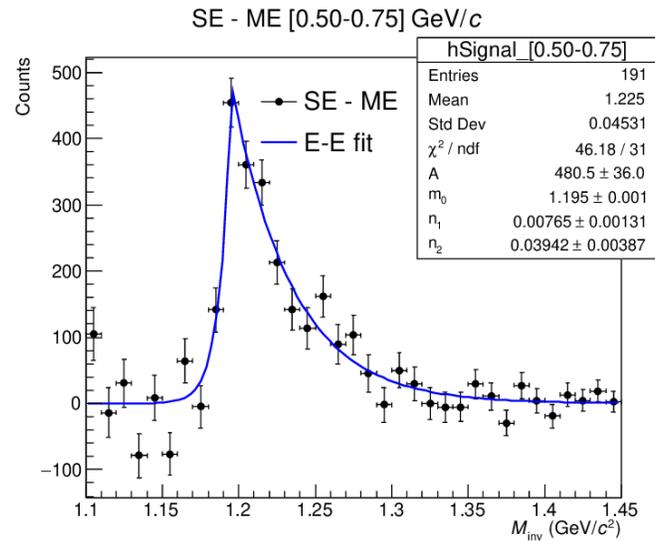
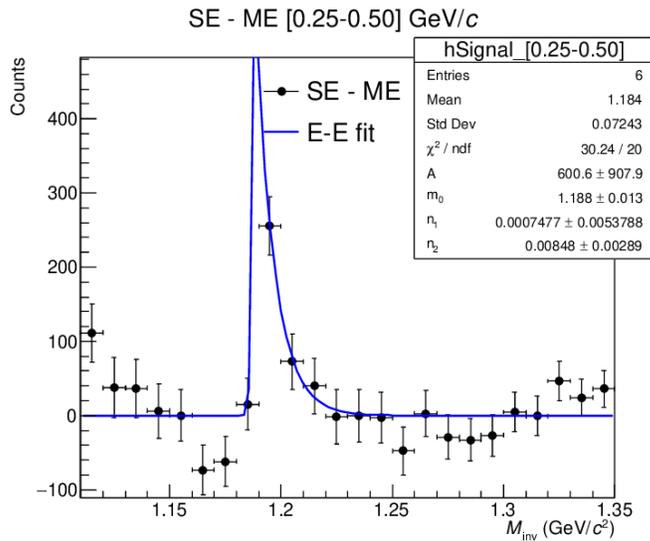


- Для малых поперечных импульсов отношение S/Bg в MC и Data не совпадает

Фитирование отношения SE/ME. Data

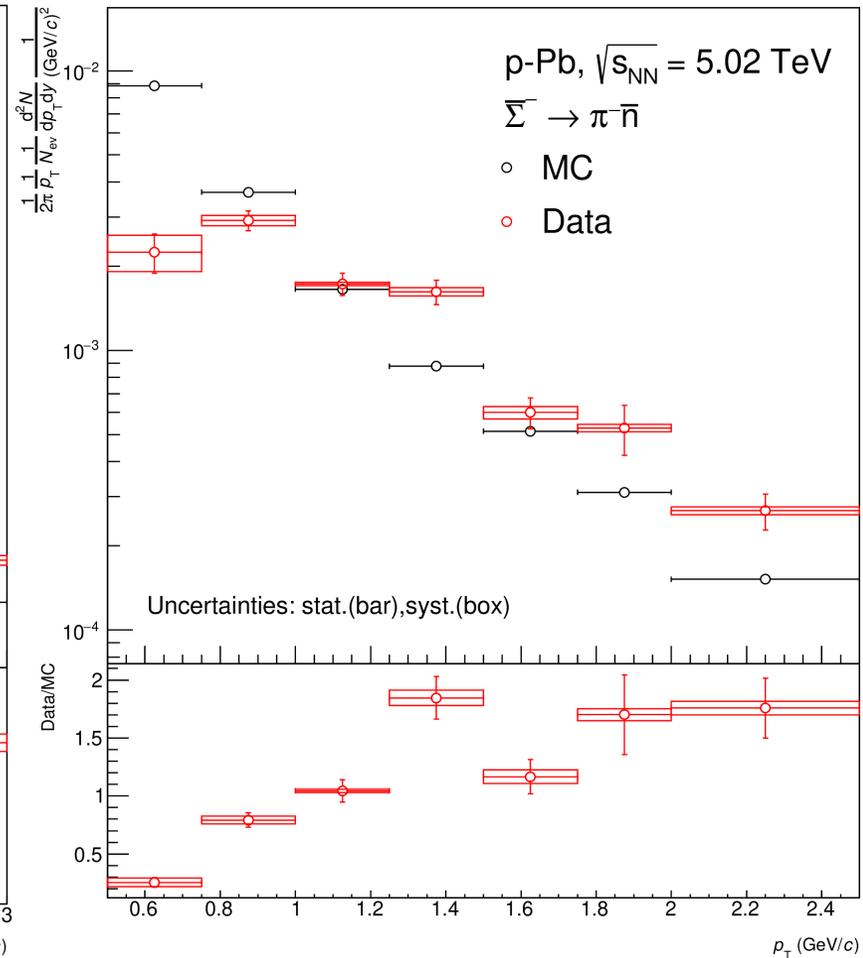
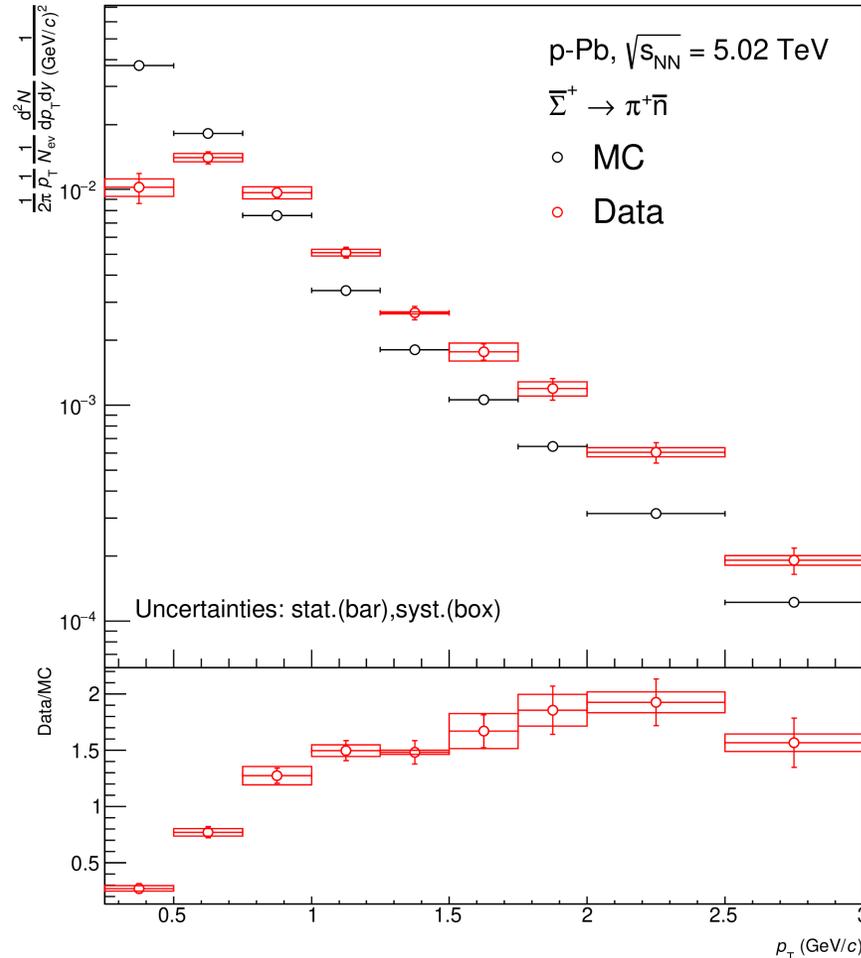


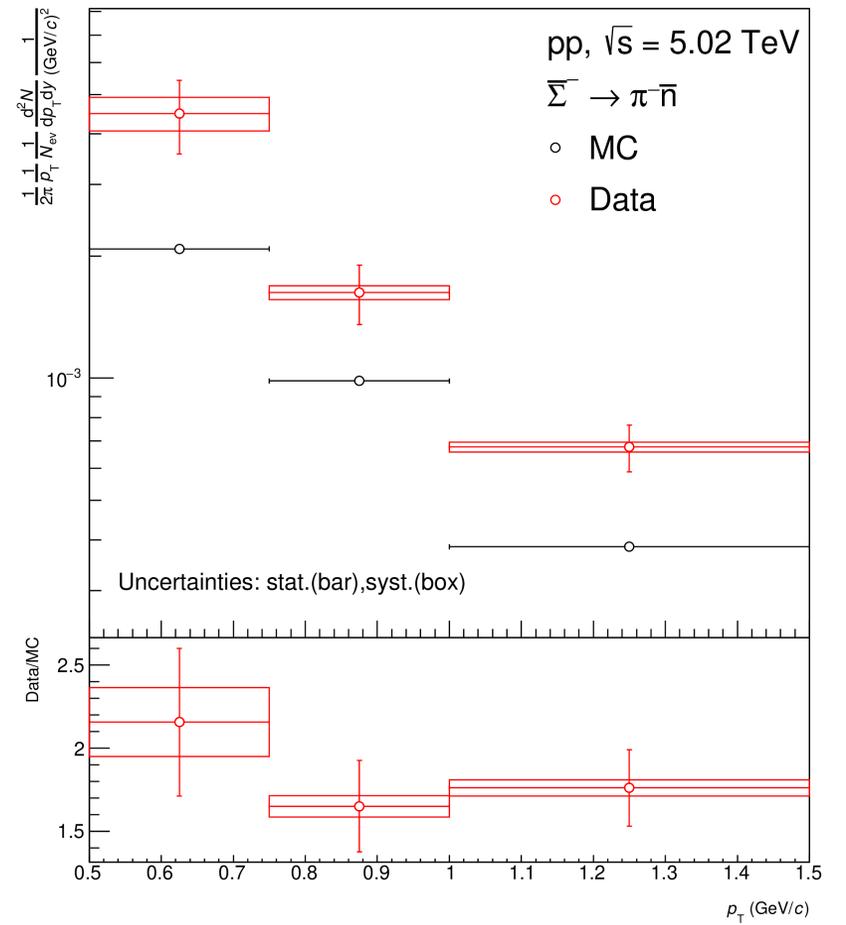
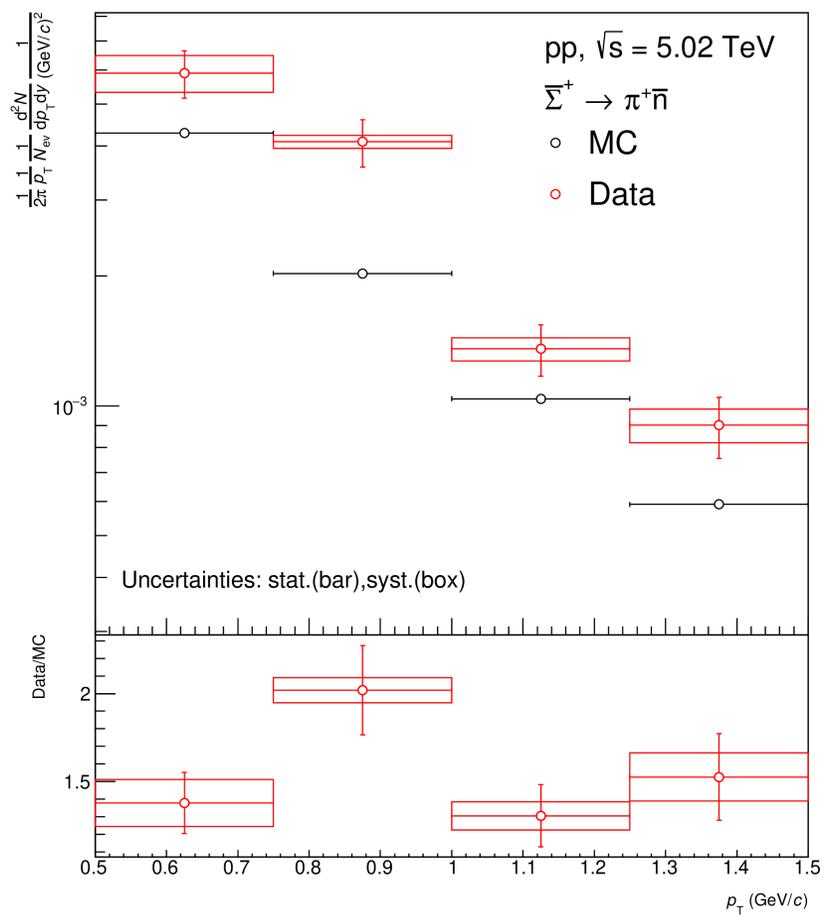
Фитирование сигнала. Data



Полностью скорректированный спектр $\bar{\Sigma}$

- Получены сырые выходы, эффективность реконструкции и полностью скорректированные спектры
- Систематическая погрешность получения сырого выхода
- 2 диапазона интегрирования (ширина на 1/4 и 1/8 от максимума)
- 2 диапазона фитирования
- Аналитическое и численное интегрирование
- Полином 1 степени
- Итого: 8 вариаций





Заключение

- Впервые предложен метод реконструкции антинейтронов
- Реконструкция антинейтронов по времени пролета позволяет получать значения импульсов вплоть до ~ 2 GeV/c для текущего временного разрешения PHOS
- Метод может быть использован для реконструкции $\bar{\Sigma}^+$ по единственному каналу распада на антинейтрон и пион
- Получены полностью скорректированные спектры для анти-гиперонов в p-Pb и pp столкновениях

Планируется:

- Увеличение статистики (CENT и FAST данные)
- Подсчет систематических ошибок
- Сравнение результатов с другими MC генераторами

Suggestions and comments are welcome!

Gordeev P.P.

pavel.gordeev@cern.ch

Supervisors: Blau D.S., Peresunko D.Y.

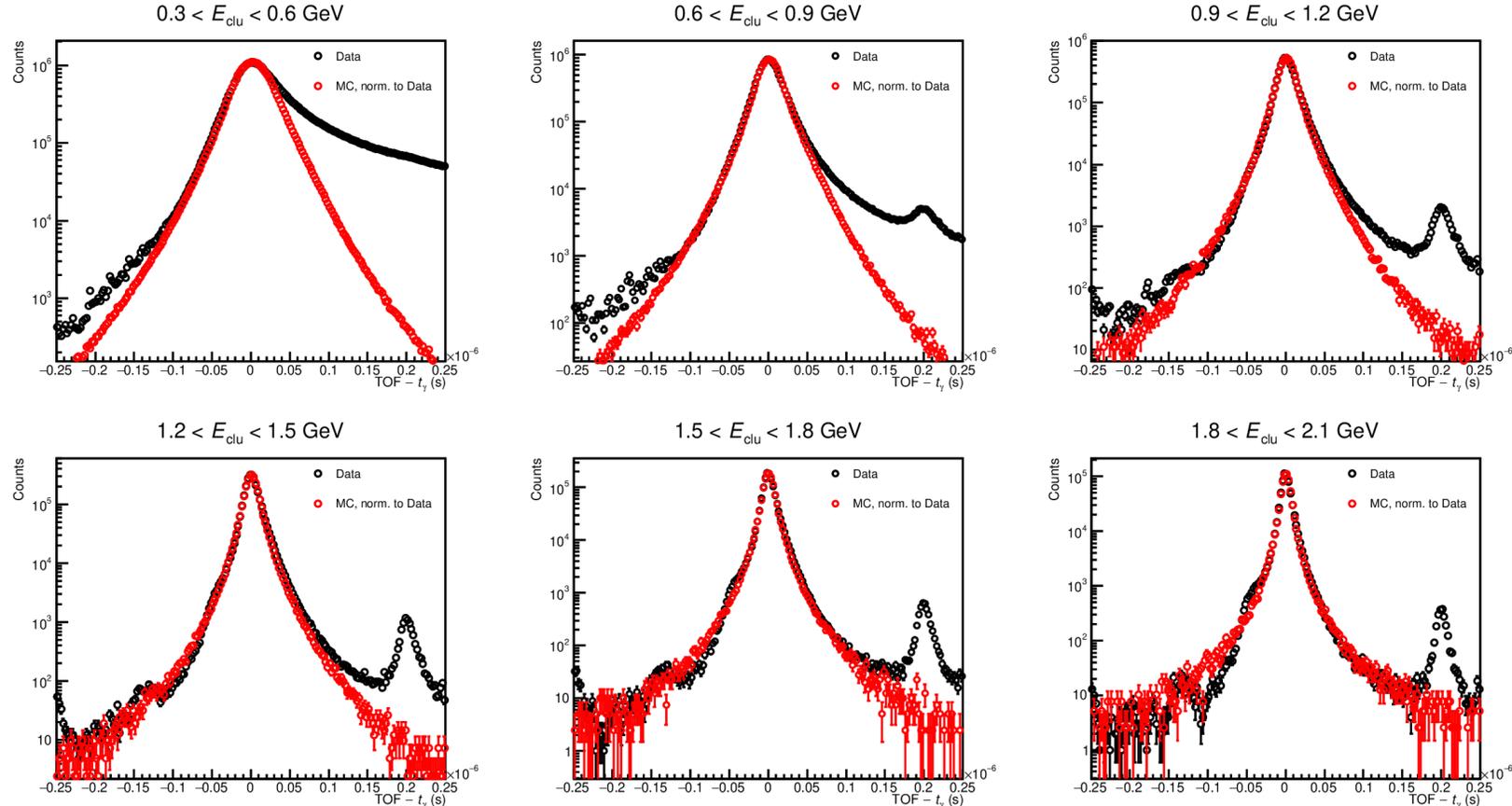
dmitry.blau@cern.ch, dmitri.peressounko@cern.ch

Outline

- Dataset and event selection
- Antineutron reconstruction method
- Track and cluster selections. Invariant mass distributions
- Signal extraction
- Results
- Conclusion

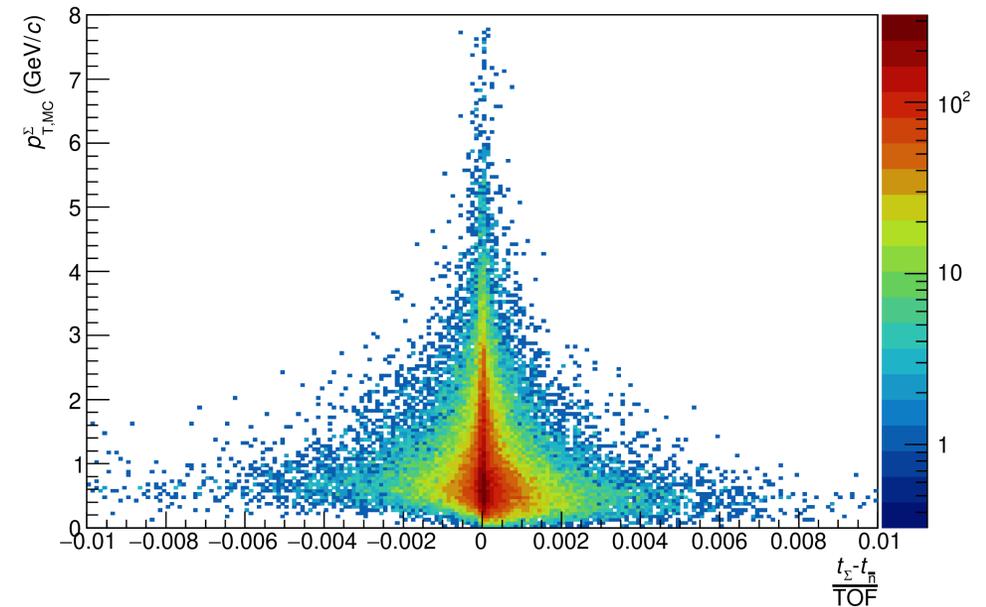
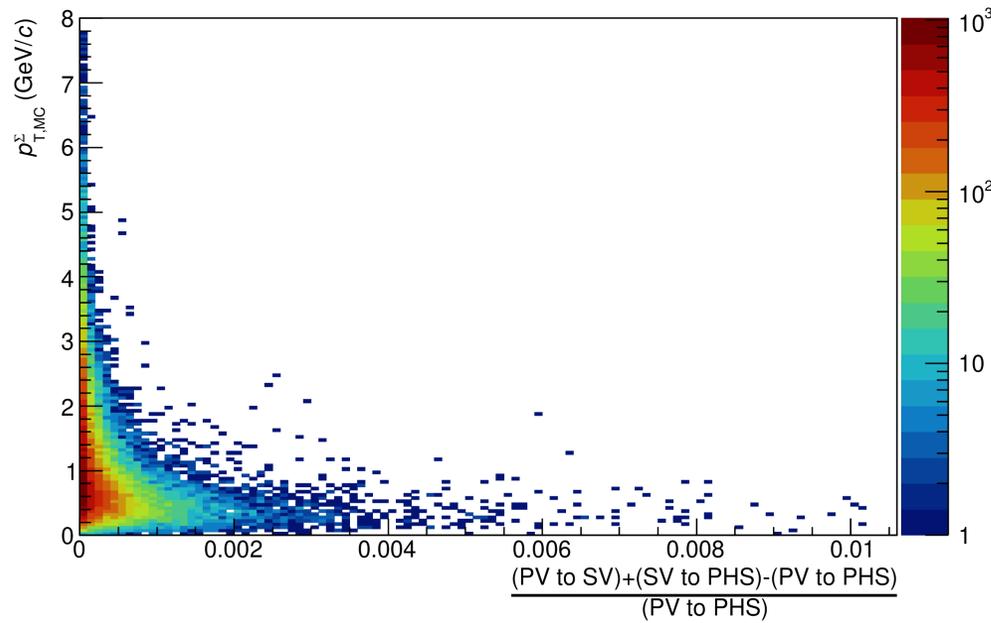
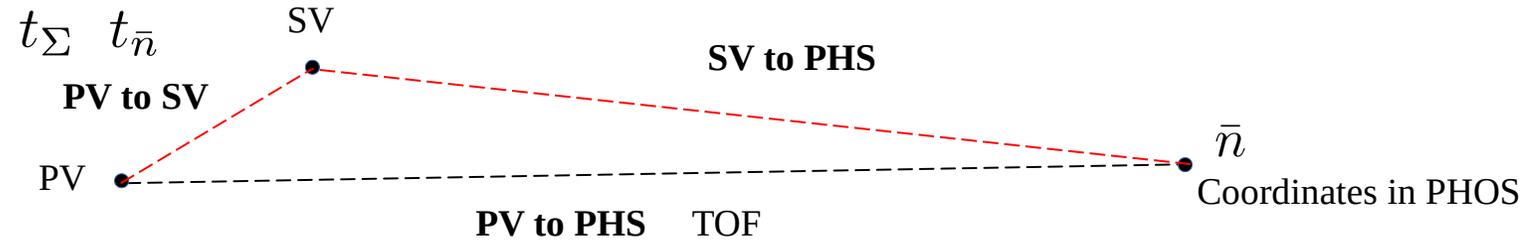
PHOS time resolution in MC

- PHOS measures time with respect to BC time (LHC clock)
- MC does not reproduce PHOS time resolution
- Needs to be implemented by hand



Assumption about the trajectory. $\bar{\Sigma}$

- The time of flight for Antisigma and antineutron is compared
- The distance is compared taking into account the secondary vertex

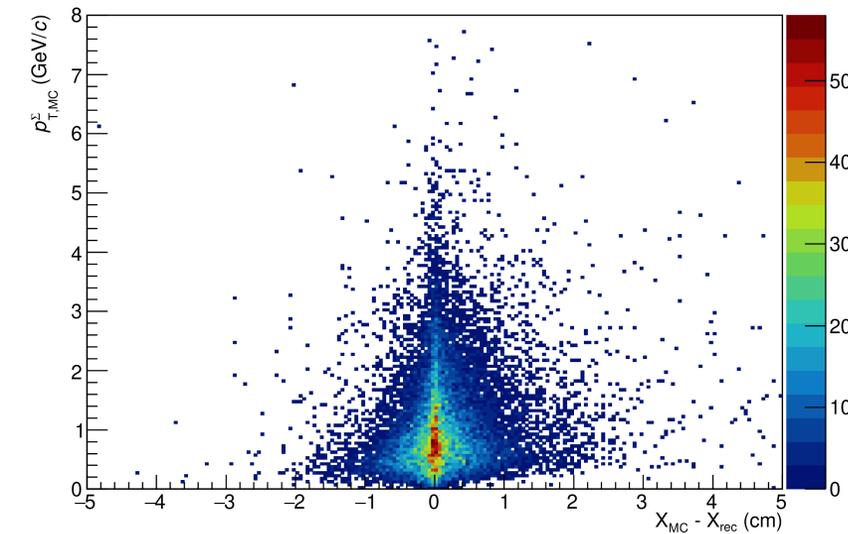


Sigma decay vertex reconstruction

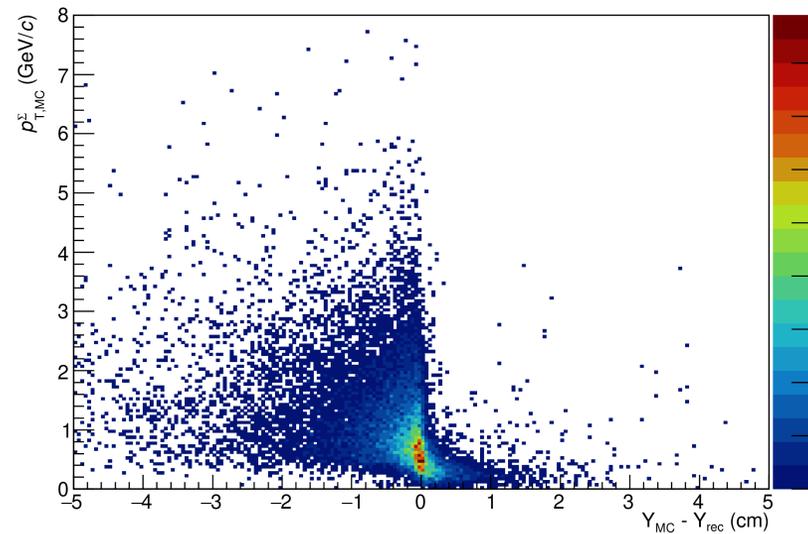
- `AliCascadeVertexer::PropagateToDCACurvedBachelor(AliESDv0 *v, AliExternalTrackParam *t, Double_t b)`
- `AliESDv0`  `AliCaloPhoton`
- DCA between daughters
- CPA
- Distance between PV and SV

Precision of SV reconstruction

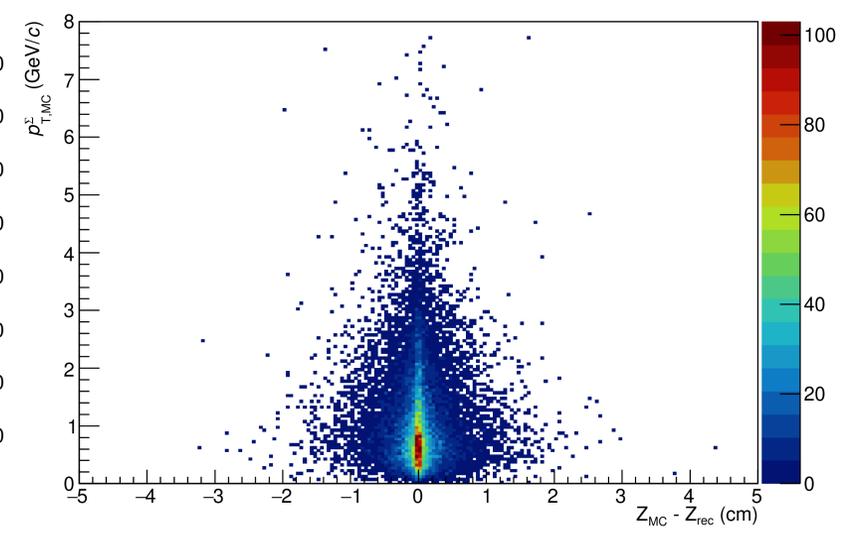
- The difference between MC and Rec. vertex position of AntiSigma is calculated for each coordinate



$$X_{MC} - X_{rec}$$

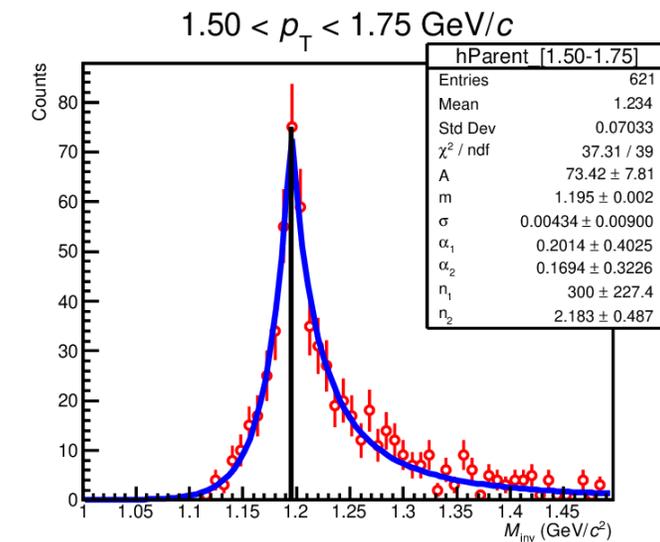
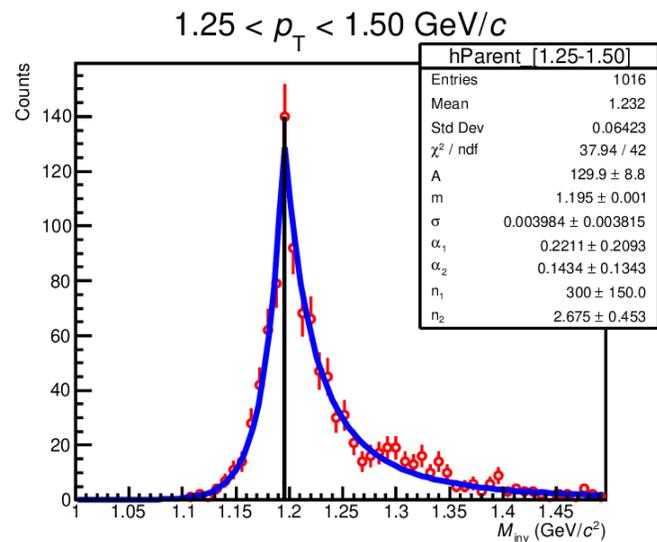
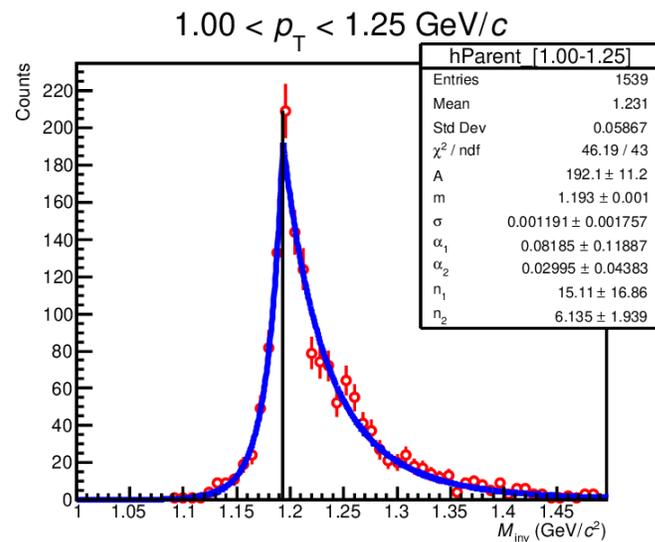
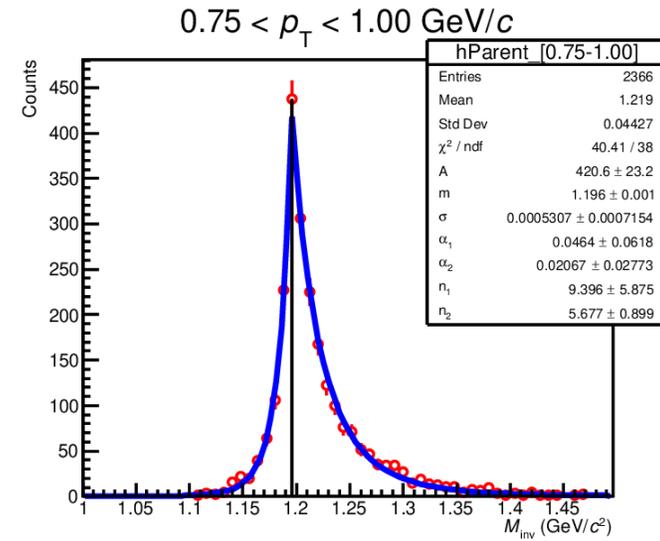
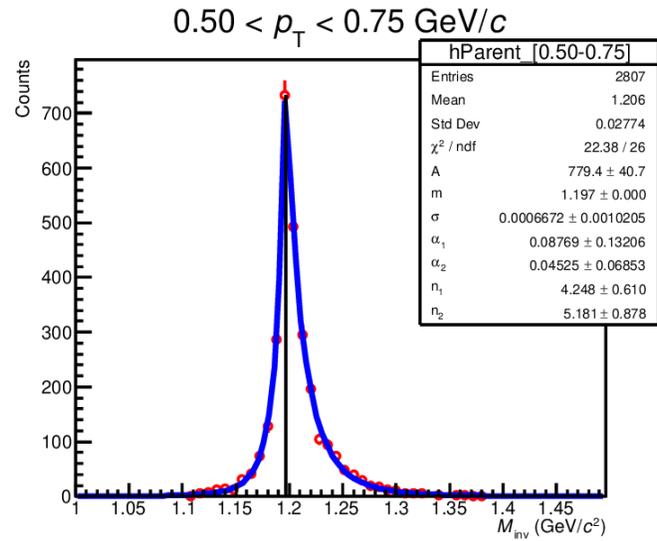
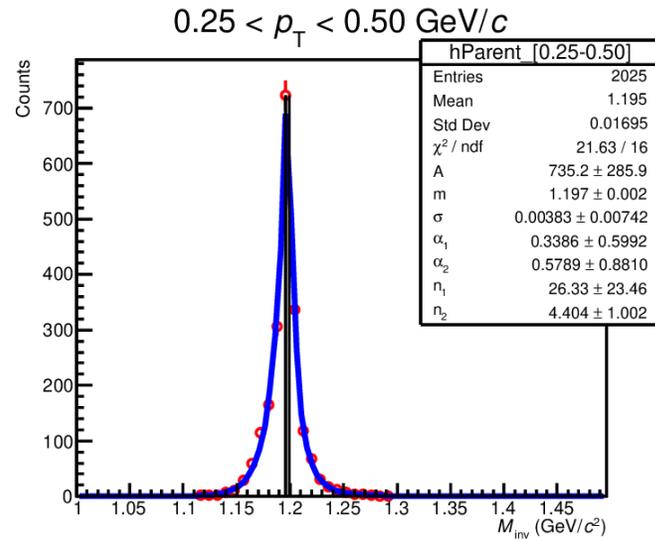


$$Y_{MC} - Y_{rec}$$

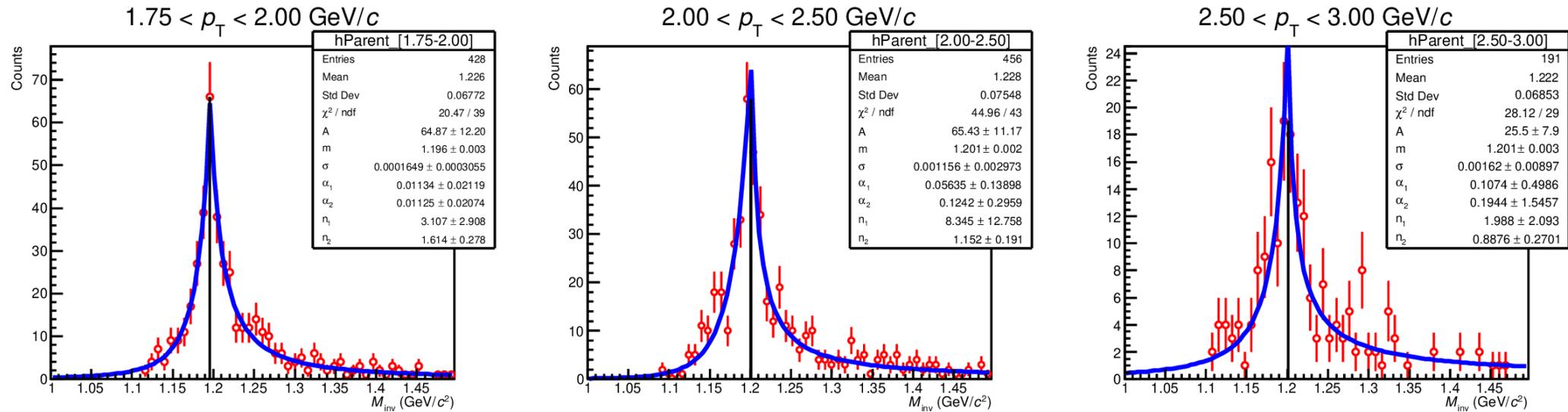


$$Z_{MC} - Z_{rec}$$

Signal Extraction. MC signal. CB function



MC signal. Crystal Ball function



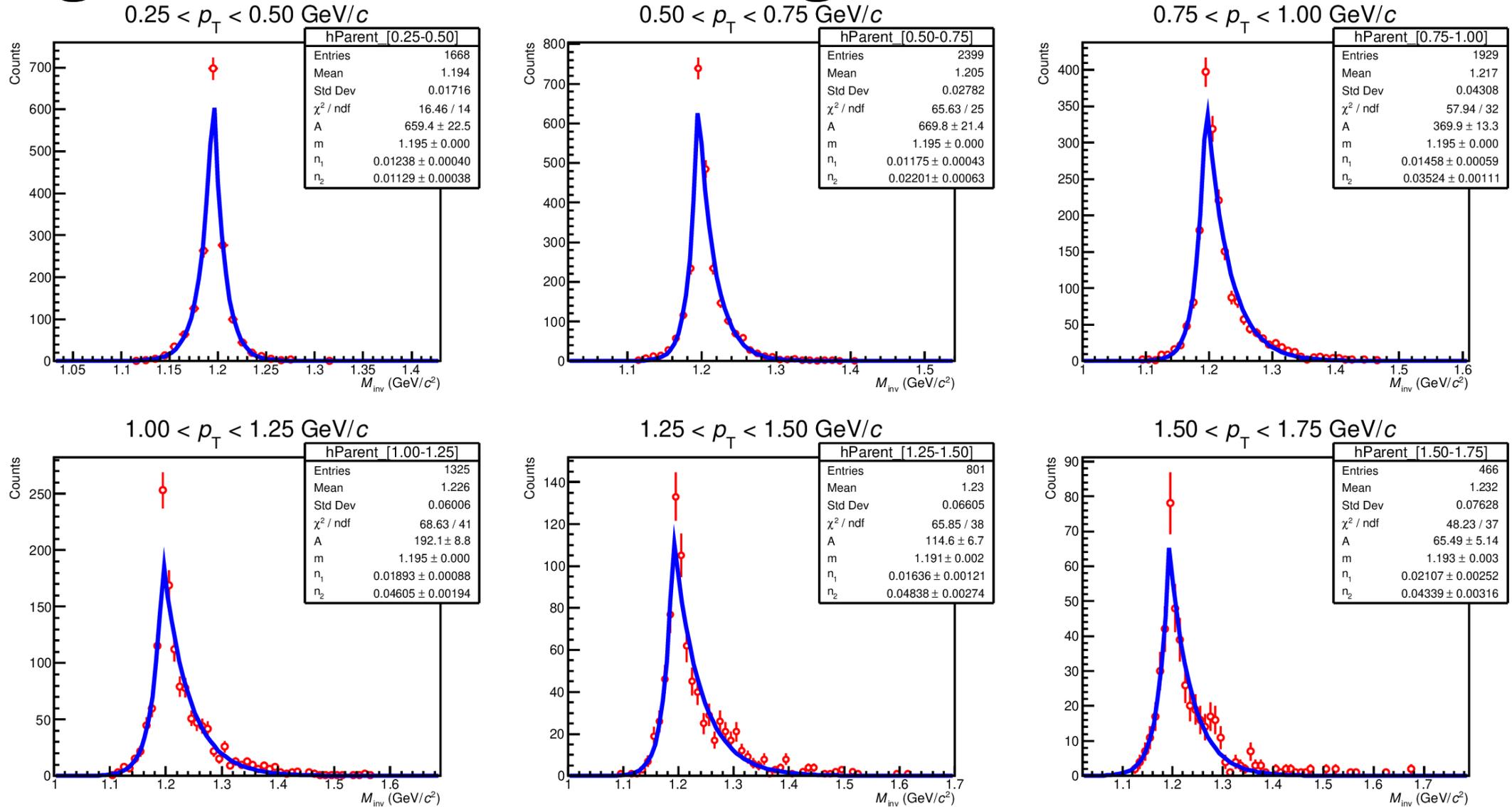
- Narrow gaussian core (shown as black vertical lines)
- Exclude gaussian core and fit only with tails

Signal extraction. E-E function

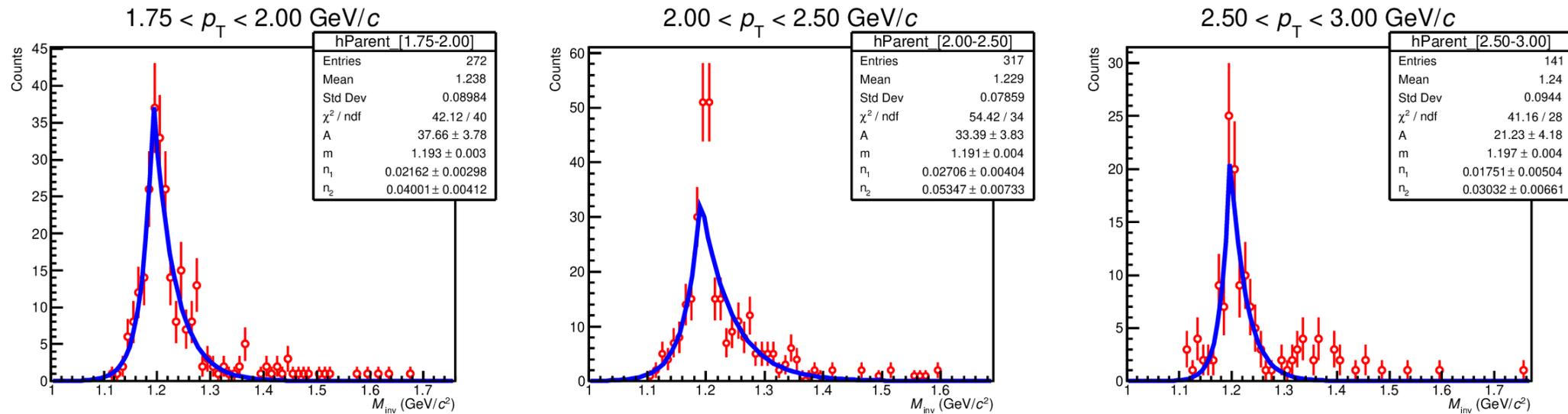
- For signal extraction we use Exp – Exp (E-E) function:

$$f(x, m, w_1, w_2) = \begin{cases} c_0 \cdot \exp\left(-\frac{-x + m}{w_1}\right), & x - m < 0 \\ c_0 \cdot \exp\left(-\frac{x - m}{w_2}\right), & x - m \geq 0 \end{cases}$$

Signal extraction. MC signal. E-E function

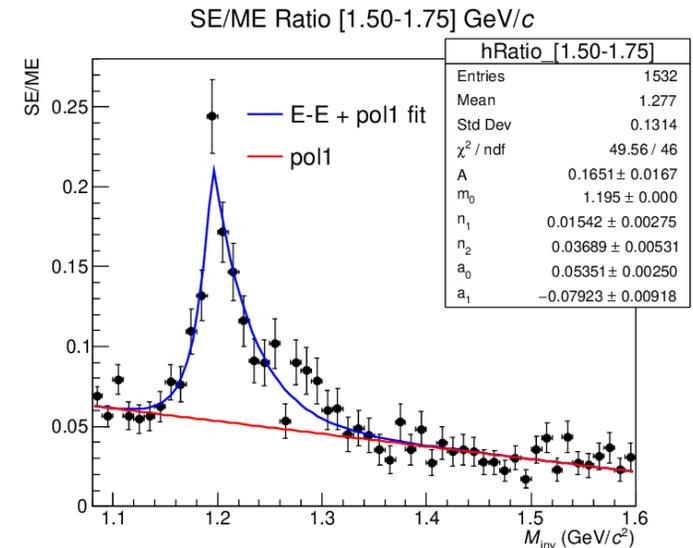
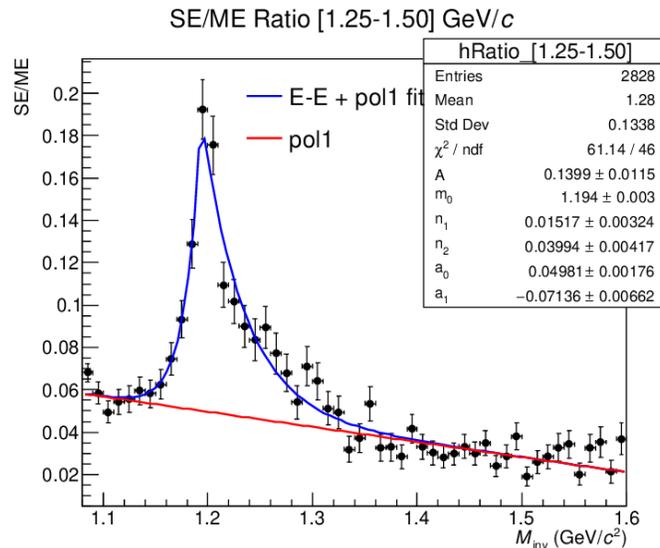
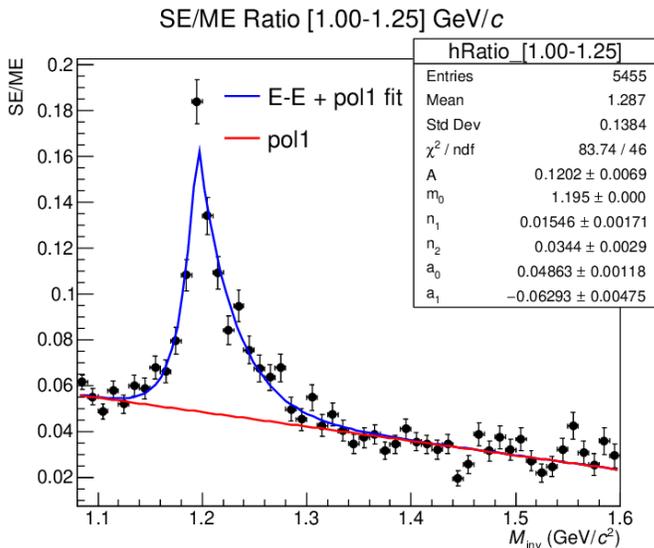
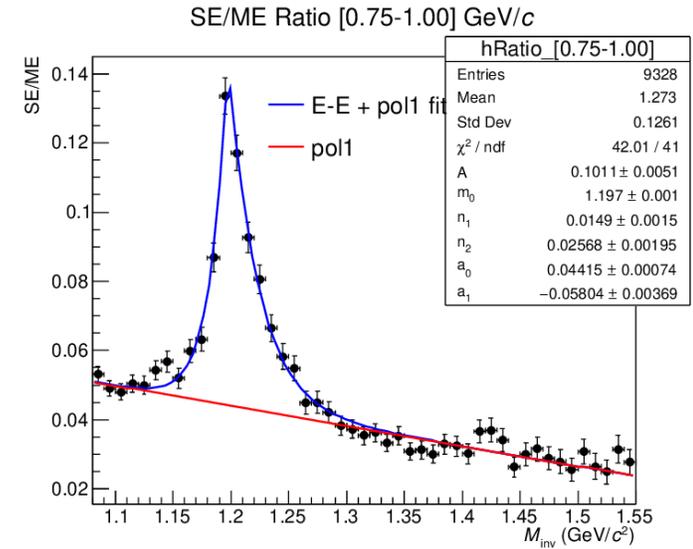
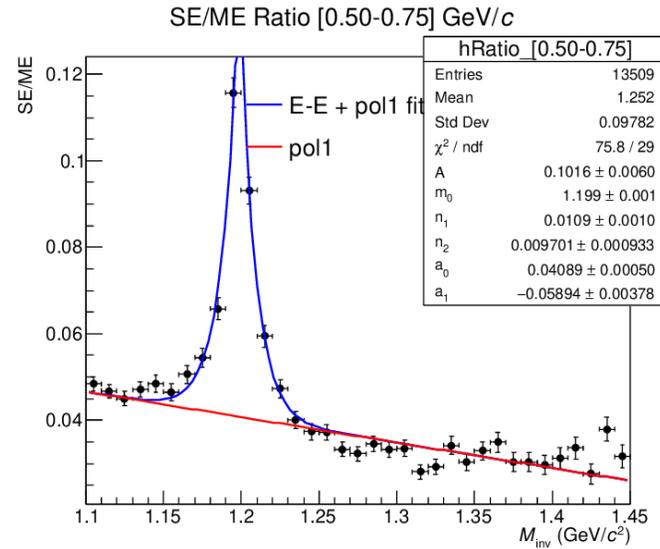
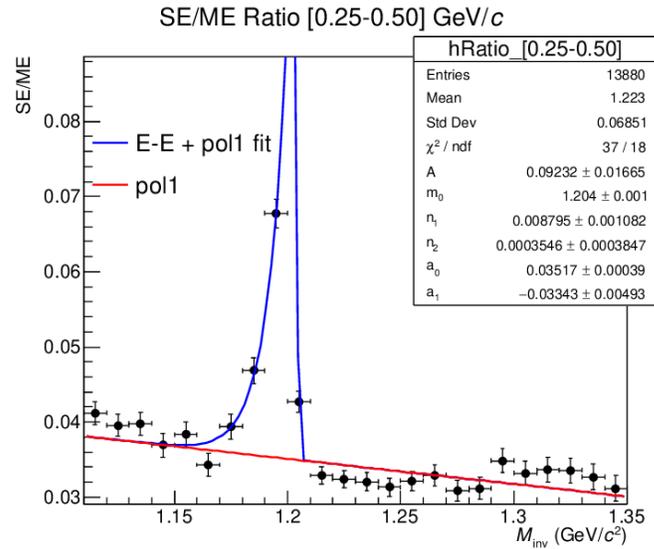


Signal extraction. MC signal. E-E function

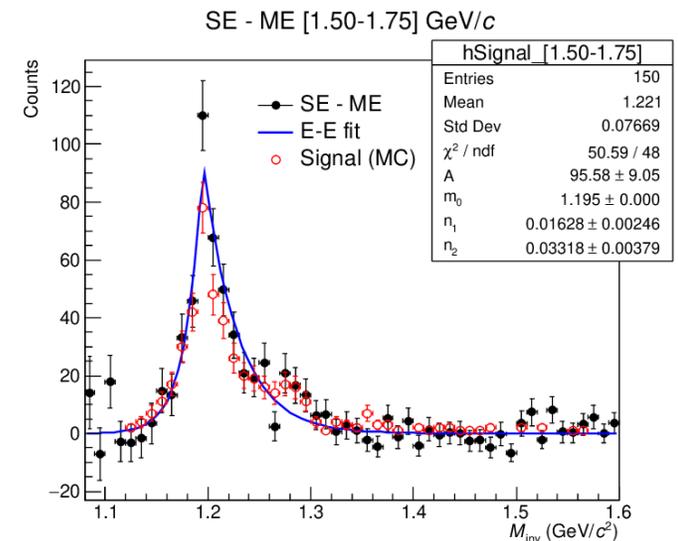
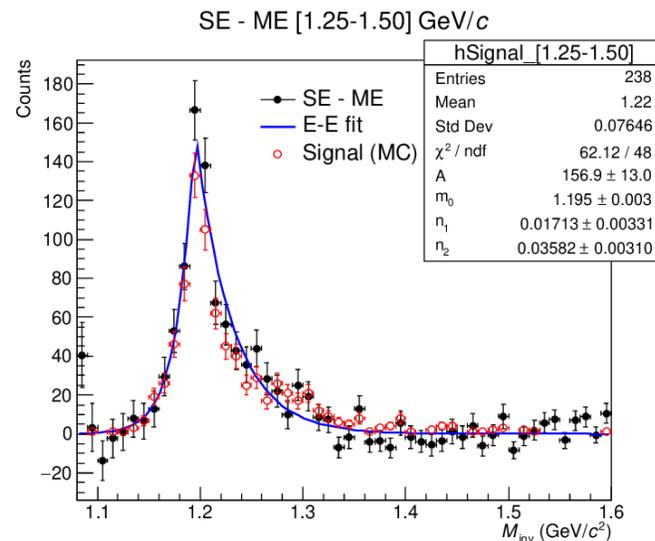
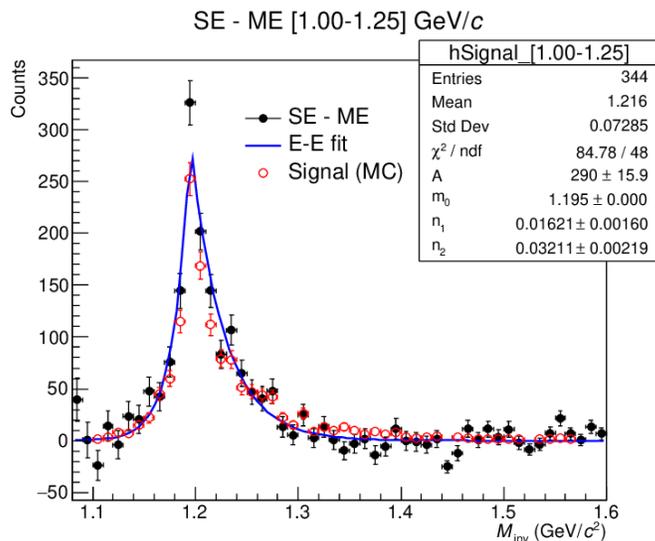
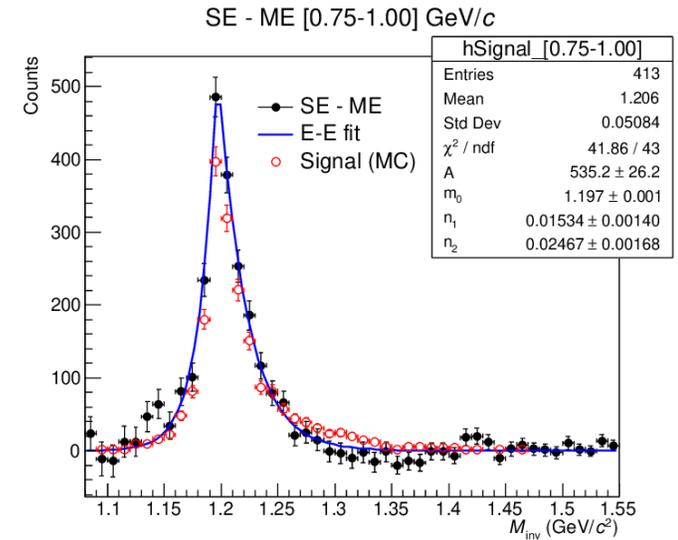
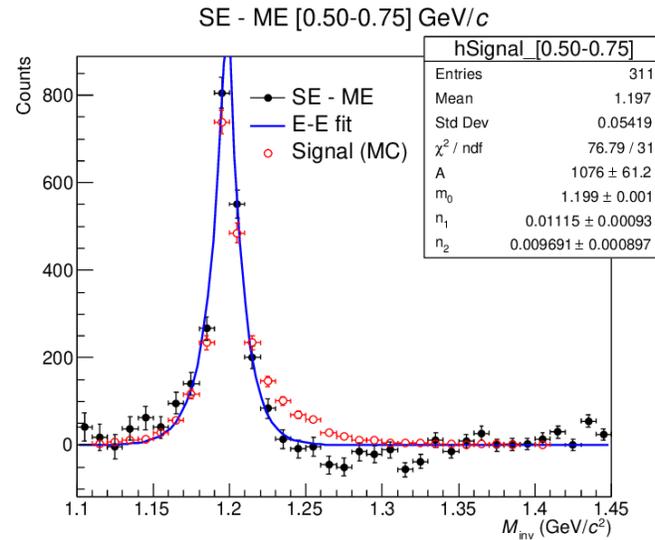
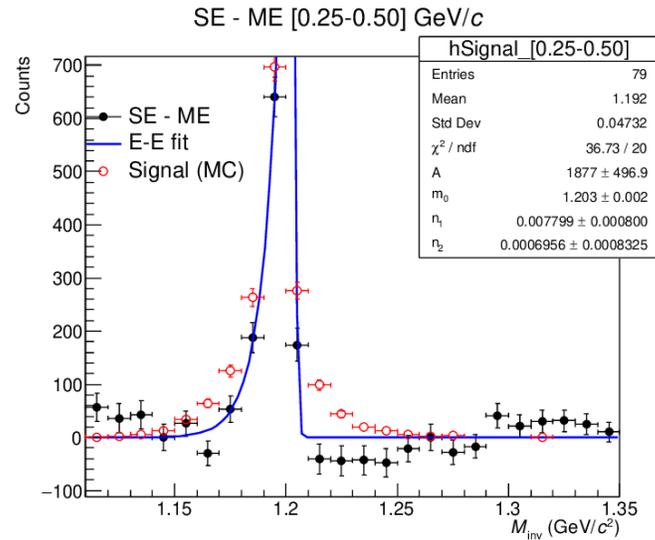


- Obtained tail parameters set as a initial for SE/ME fit in MC and Data

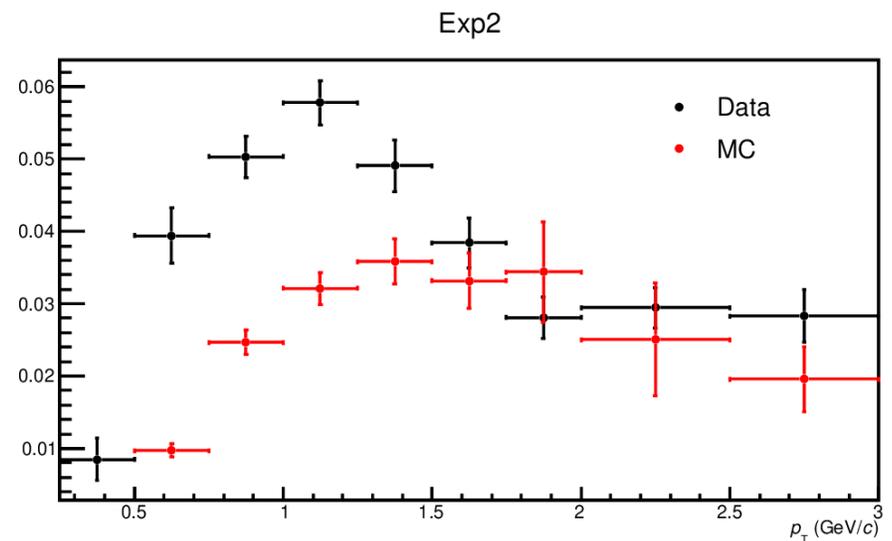
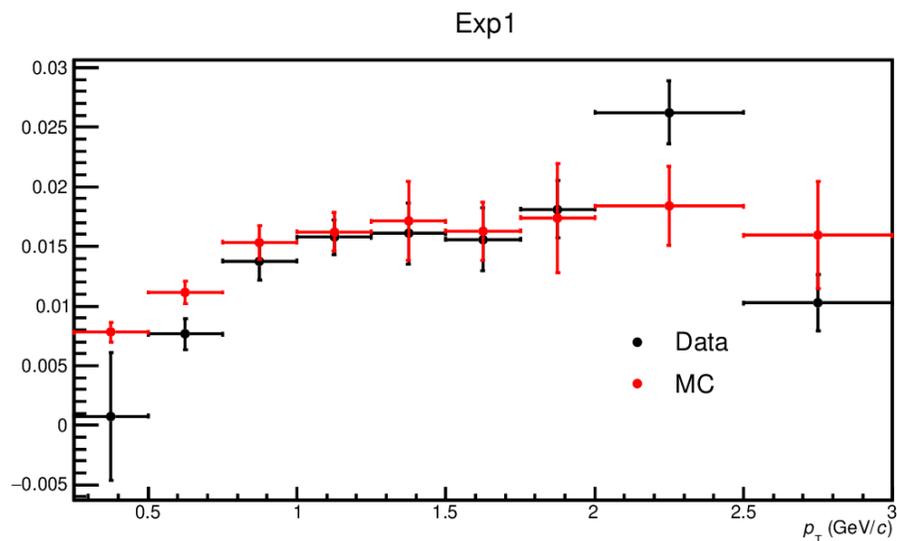
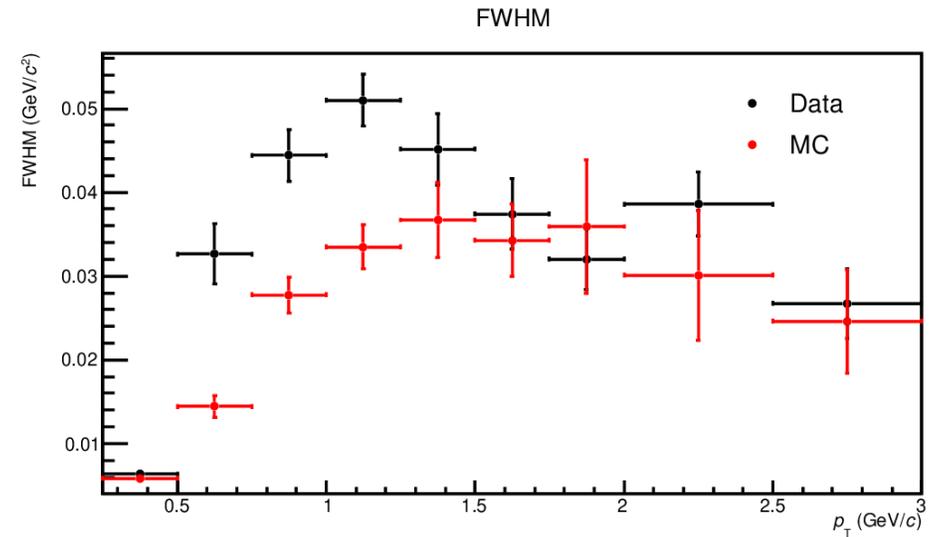
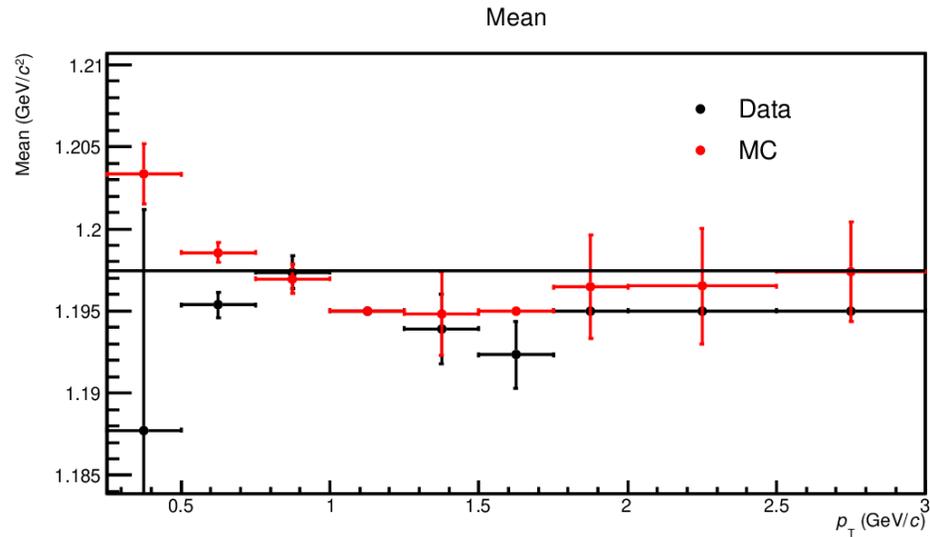
SE/ME fit. MC



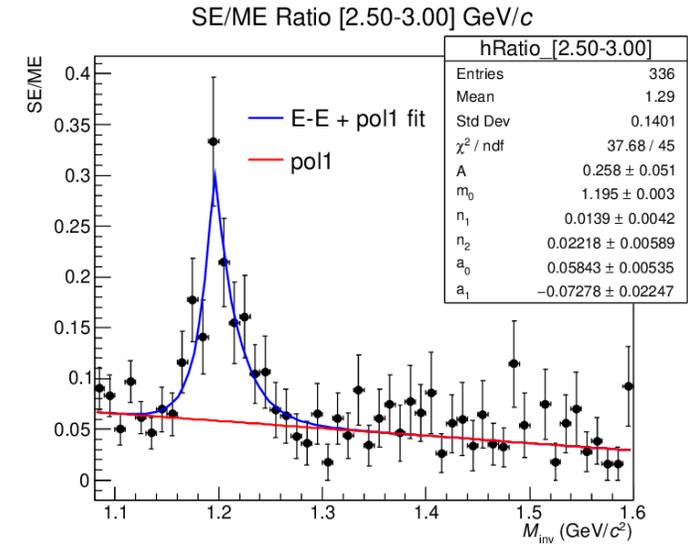
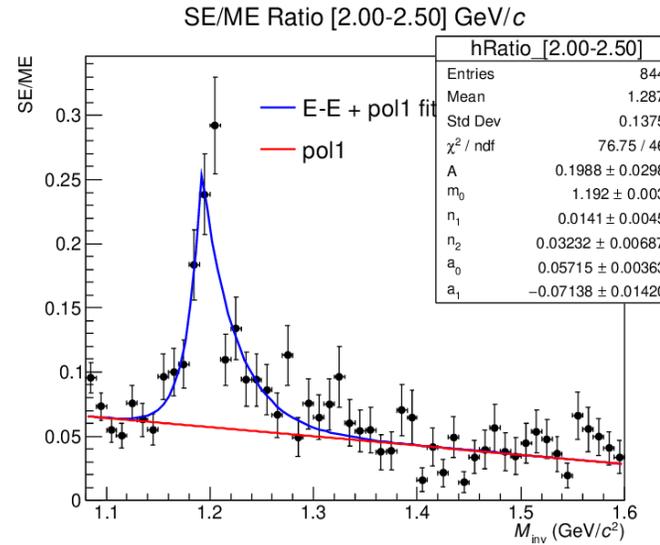
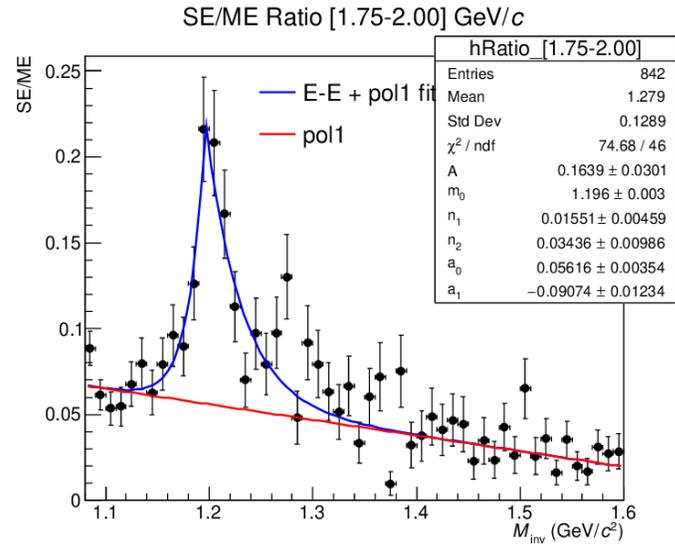
Signal fit. MC



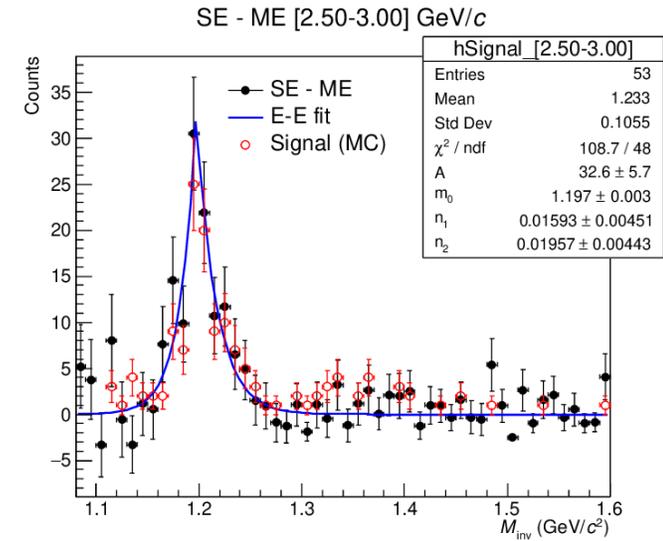
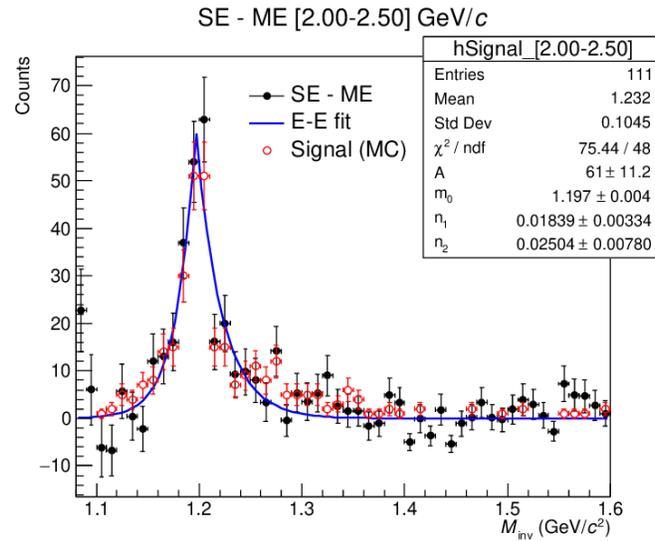
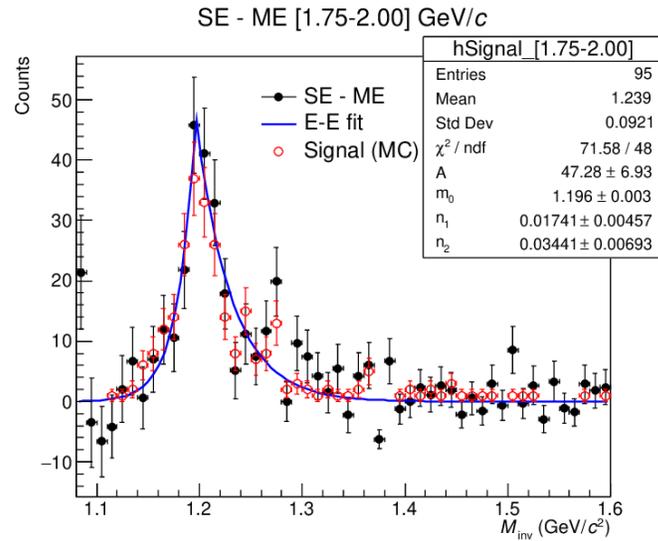
Signal fit parameters. Data and MC



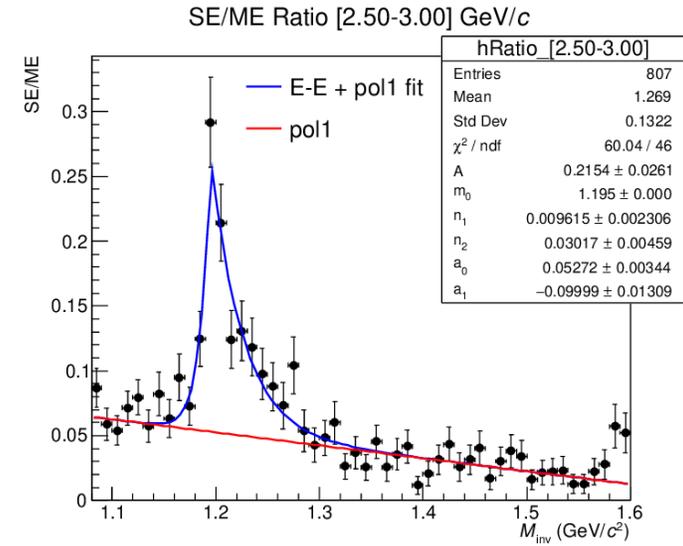
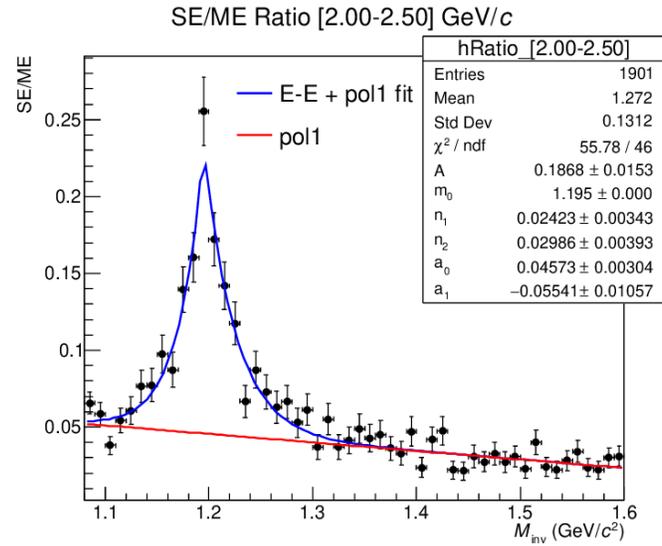
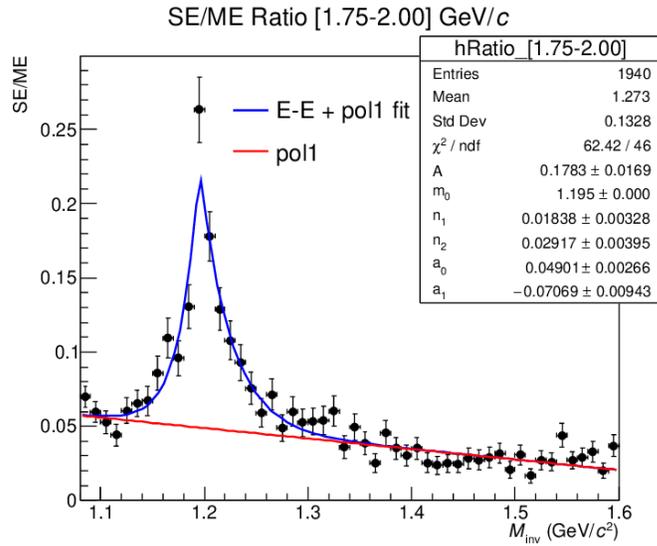
SE/ME fit. MC



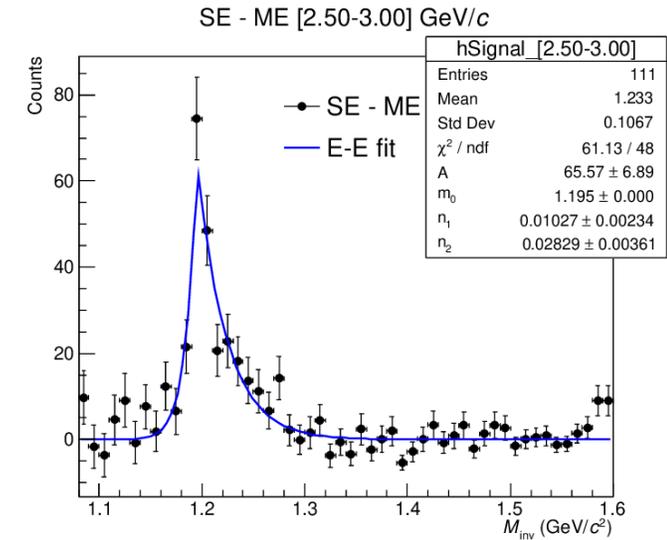
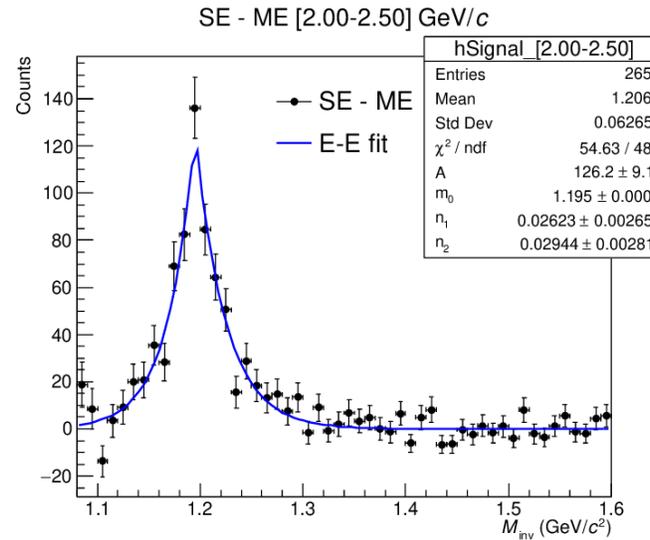
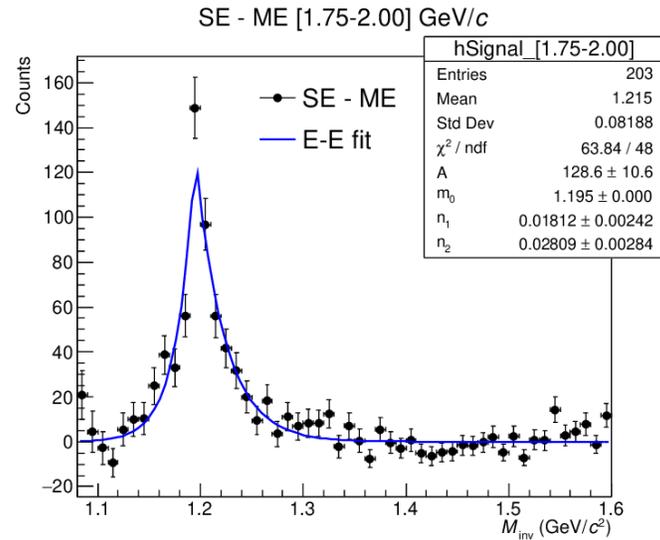
Signal fit. MC



SE/ME fit. Data



Signal fit. Data



Conclusion

To do:

- Calculate systematic uncertainties

Tracks (dE/dx, TPC clusters)

Clusters (Ncells, Disp., CPV, min. E)

Topological cuts (DCA, CPA, PV to SV dist.)

- Increase statistics (add FAST data, compare wSDD and w/oSDD first)
- Which productions should we use to compare MC and Data?
(for p-Pb we have DPMJET, for pp we have Pythia 8)
- Make an analysis note