

Реконструкция странных частиц в эксперименте BM@N на комплексе NICA.

Роман Зинченко

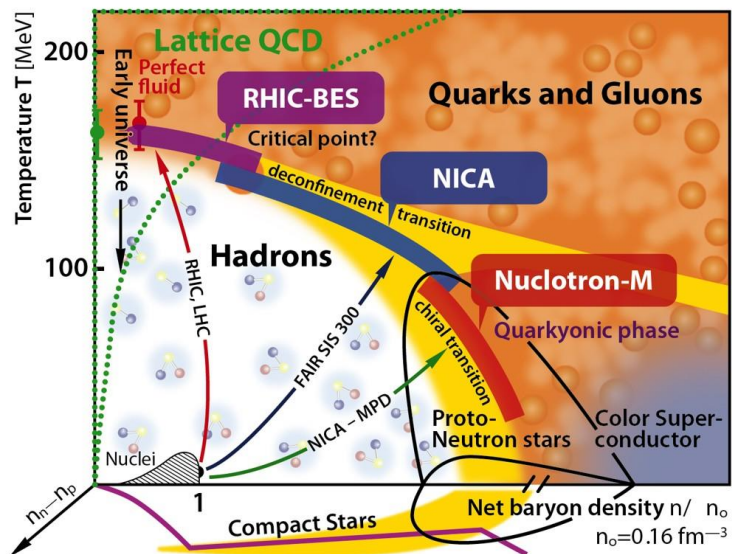
Научный консультант: Мерц С.П.

Научный руководитель Леонтьев В.В.

ЛФВЭ, ОИЯИ, Дубна, Россия



1. Комплекс NICA
2. Эксперимент BM@N
3. Метод реконструкции распада
4. Программное обеспечение
5. Метод смешивания событий
6. Время жизни Λ -барионов
7. Спектр поперечных масс Λ -барионов
8. Время жизни K^0_S -мезонов
9. Спектр поперечных масс K^0_S -мезонов
10. Заключение

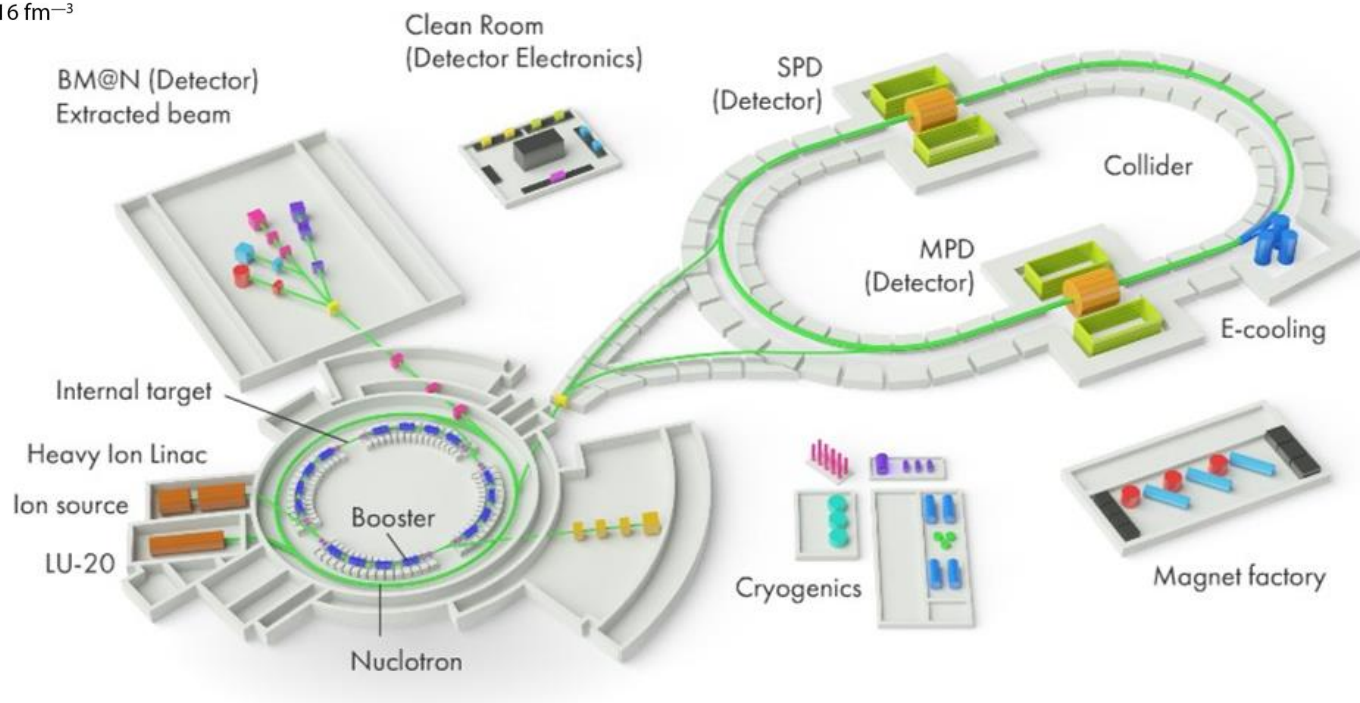


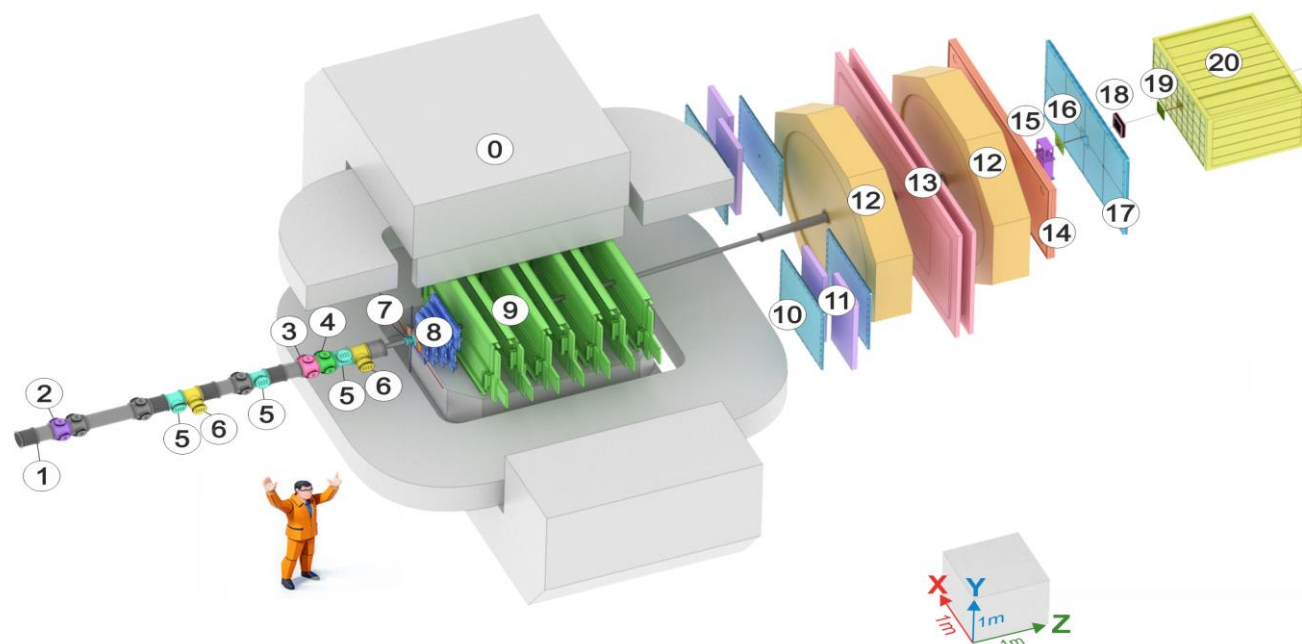
Странные адроны являются удобным пробником для изучения фазовой диаграммы КХД. Изучение рождения странных барионов может служить эффективным инструментом для определения уравнения состояния барионной материи.

Фазовая диаграмма адронной материи

Энергии взаимодействий тяжёлых ионов:

$\sqrt{s_{NN}} = 2.3\text{--}3.3 \text{ ГэВ}$ с фиксированной мишенью, 4-11 ГэВ на встречных пучках.





0) анализирующий магнит SP-41. 1) Вакуумная пучковая труба. 2) Пучковый счетчик. 3) Вето-счетчик. 4) Пучковый счетчик. 5) Кремниевый пучковый трекер. 6) Кремниевые пучковые профилометры. 7) Цилиндрический детектор. 8) Передний кремниевый детектор. 9) Детекторы с газовым электронным умножением (GEM). 10) Малые катодные стриповые камеры. 11) Система TOF400. 12) Дрейфовые камеры. 13) Система TOF700. 14) Сцинтилляционная стенка. 15) Детектор фрагментов. 16) Малый GEM детектор. 17) Большая катодная стриповая камера. 18) Газоионизационная камера в качестве пучкового профилометра. 19) Передний кварцевый годоскоп. 20) Передний адронный калориметр. Ионный пучок поступает слева через вакуумную трубу, чтобы избежать взаимодействия с воздухом. Мишень находится внутри цилиндрического детектора (7)

- Представленные ниже результаты были получены при обработке моделированных и экспериментальных наборов данных с использованием программной оболочки VmnRoot, основанной на пакете ROOT с добавлением классов из пакета FairRoot.
- Для генерации событий ядро-ядерных взаимодействий использовался пакет Монте Карло моделирования DCM-QGSM-SMM.
- Представленные результаты были получены на статистике 1 млн. Монте Карло событий Xe+CsI при кинетической энергии пучка 3.8A ГэВ с минимальным искажением (minimum bias), созданных генератором DCM-QGSM-SMM, и 1 млн. (2 млн. для K0s) экспериментальных событий для такой же взаимодействующей системы, записанных во время сеанса 2023 года (из ~500 млн. записанных событий).

Метод реконструкции распада: метод реконструкции вторичных вершин

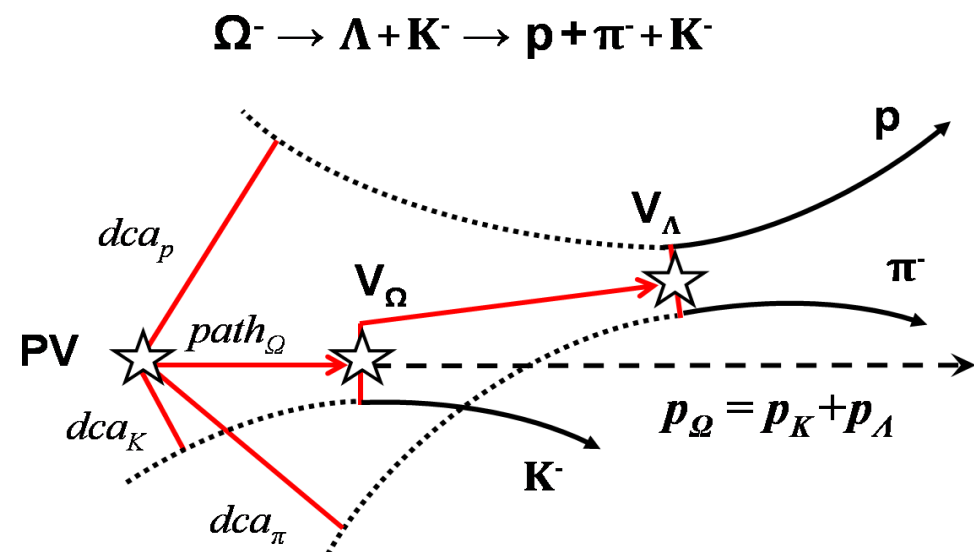
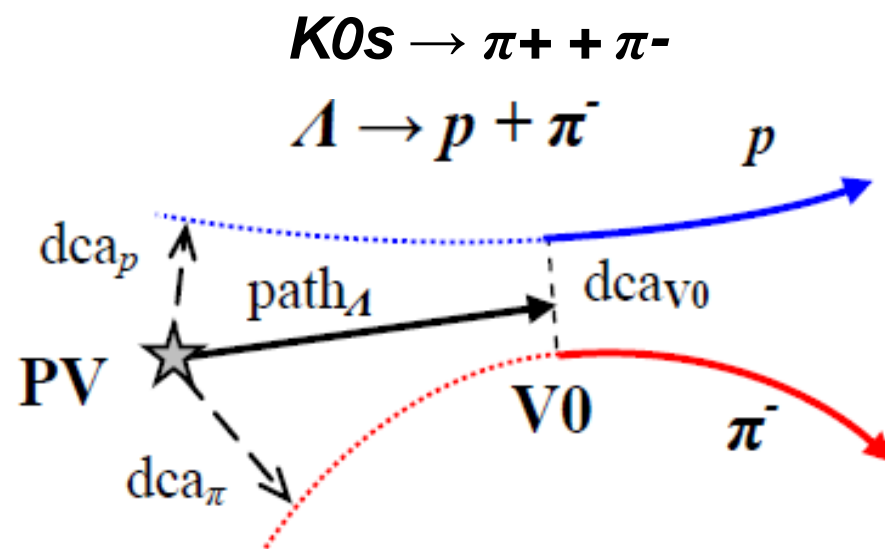
- **PV** – первичная вершина
- **V₀** – вершина распада Λ
- **dca** – расстояния наибольшего сближения
- **path** – пробег материнской частицы до распада

Инвариантная масса:

$$M_{\text{inv}} = \sqrt{((E_1 + E_2)^2 - (\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2)^2)}$$

Максимизация значимости:

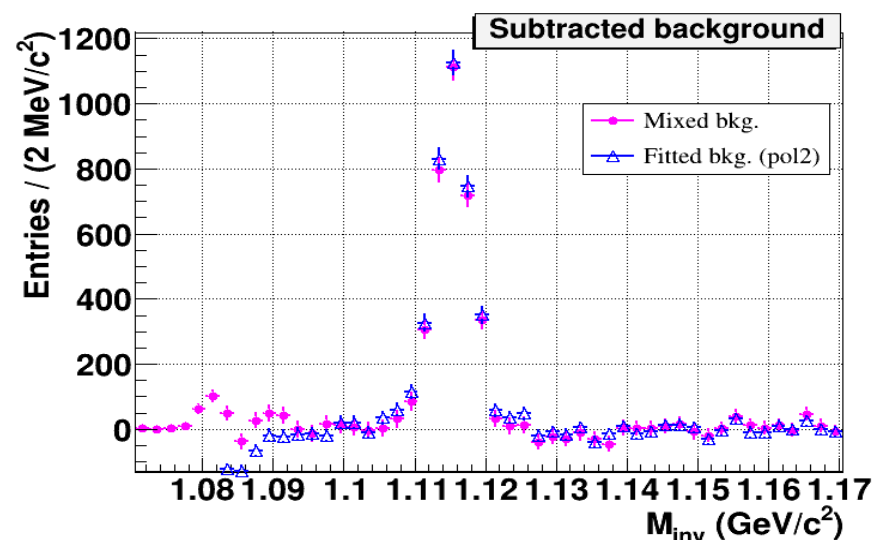
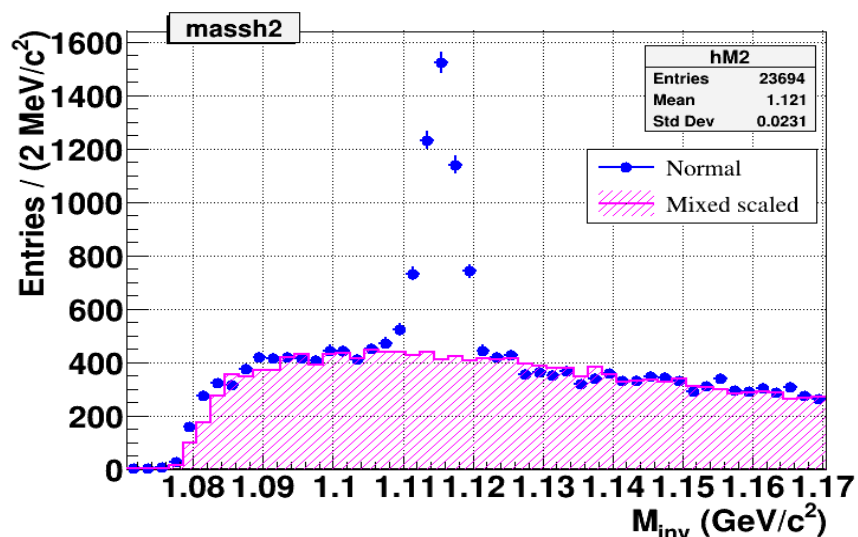
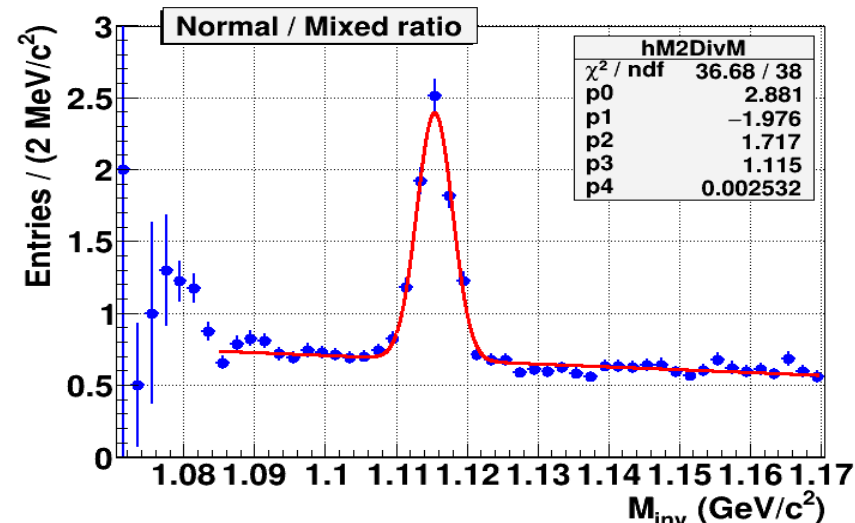
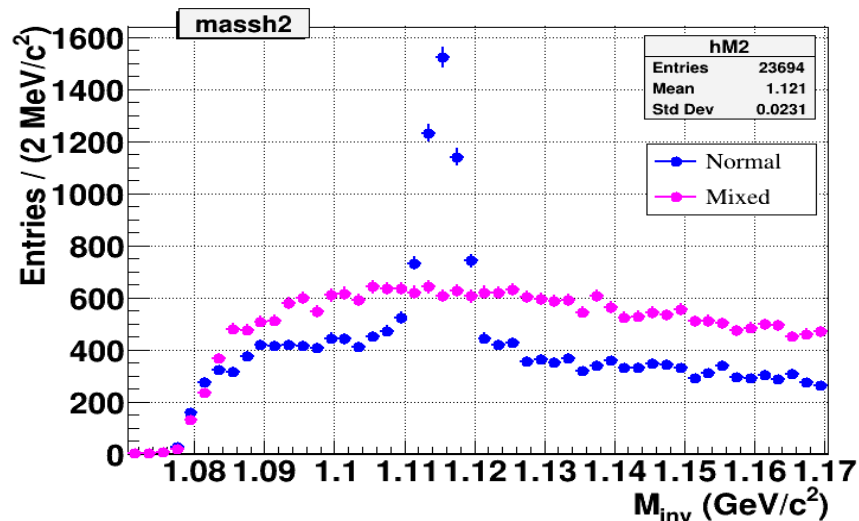
Значимость определяется как $S/\sqrt{S+B}$, где **S** и **B** это числа сигнальных и фоновых комбинаций, т.е. площади под пиком и под фоновым распределением в некотором интервале инвариантных масс около положения пика



Метод смешивания событий



Метод смешивания событий для лямбда-гиперонов – комбинирование протонов из данного события с пионами из нескольких предыдущих. Валидность метода подтверждается результатами Монте Карло моделирования.

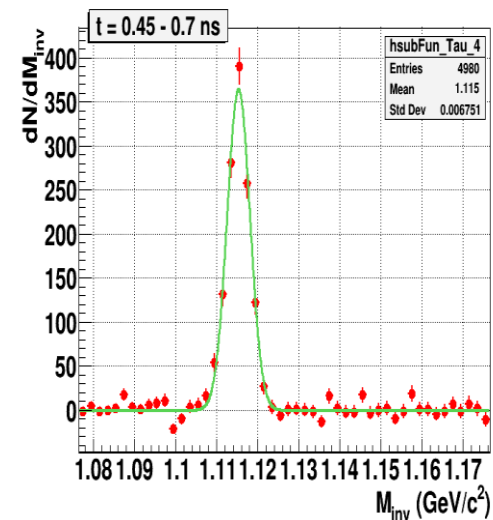
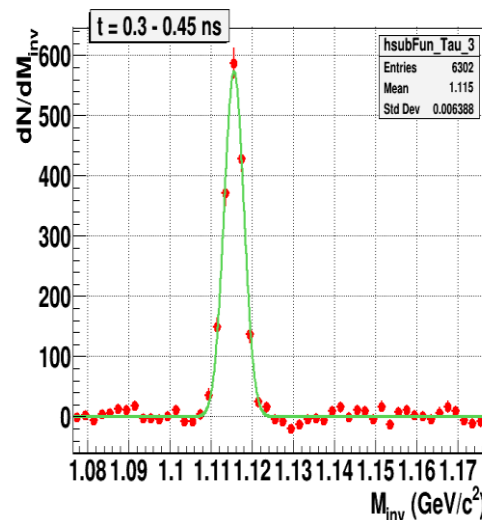
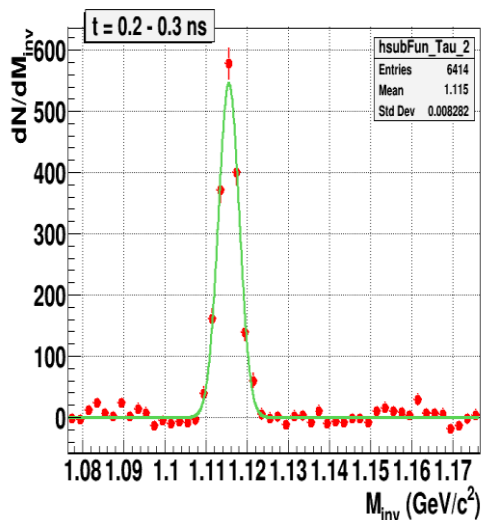
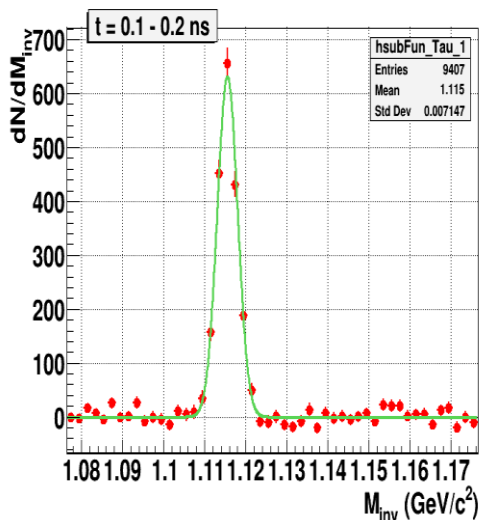
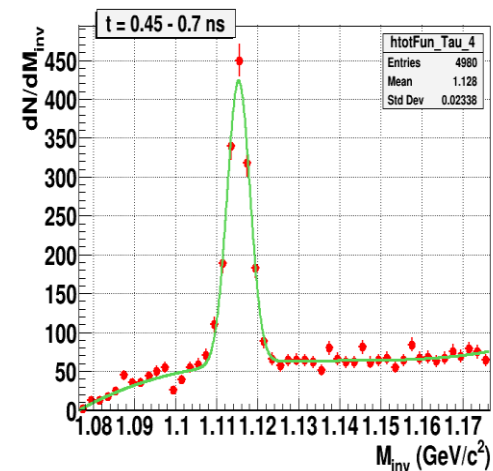
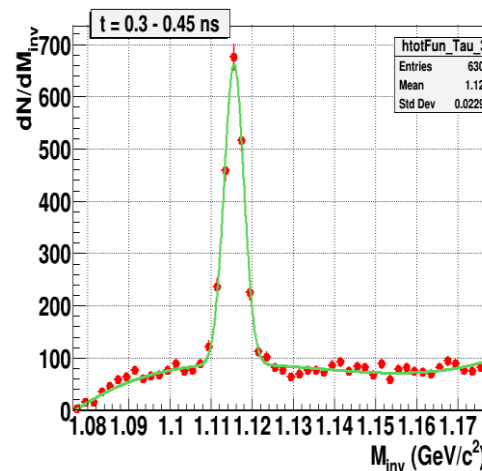
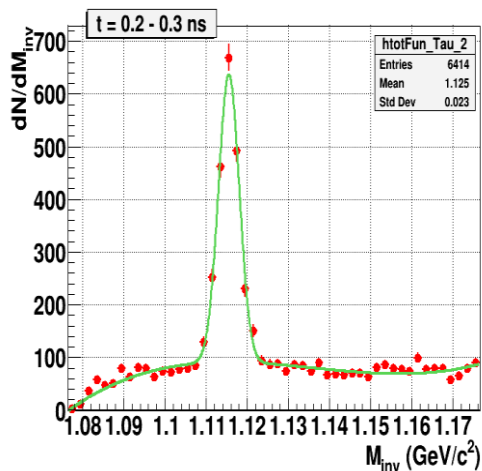
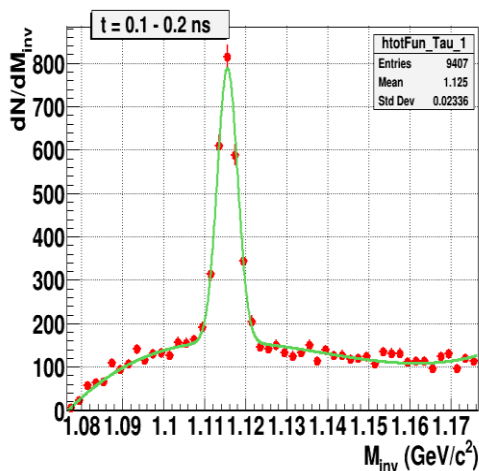


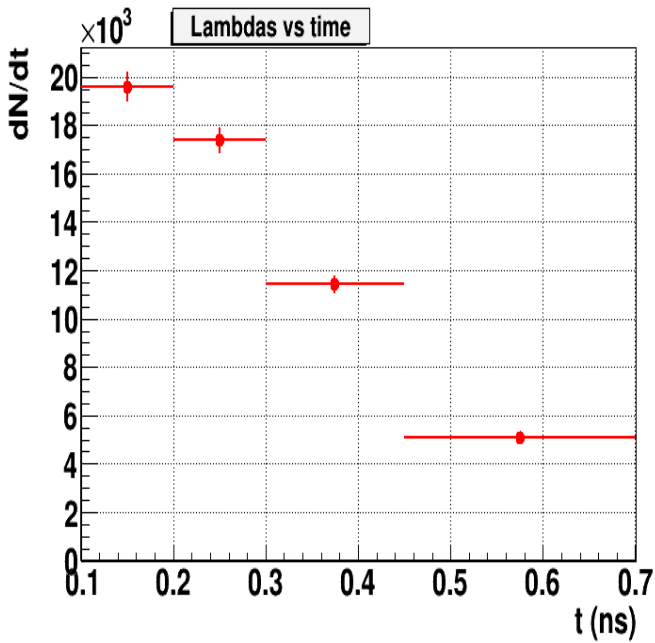
Λ-барионы.

Распределения инвариантных масс для интервалов по времени жизни (данные)

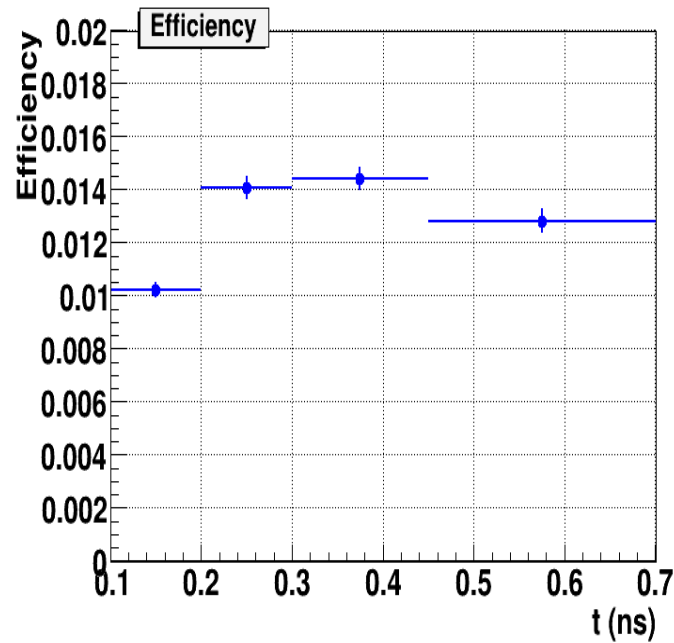


$t = Lm / (\text{pc})$ - собственное время жизни

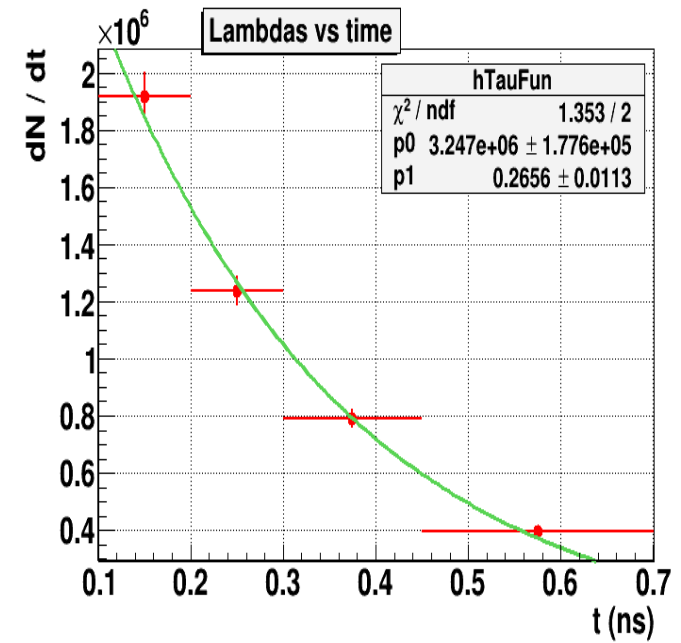




Данные



Монте Карло



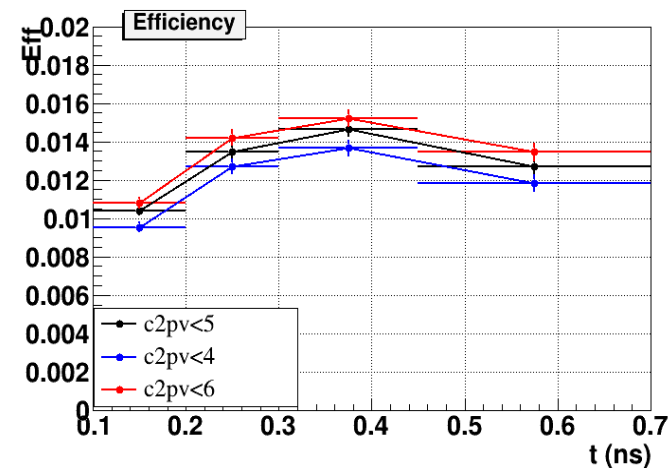
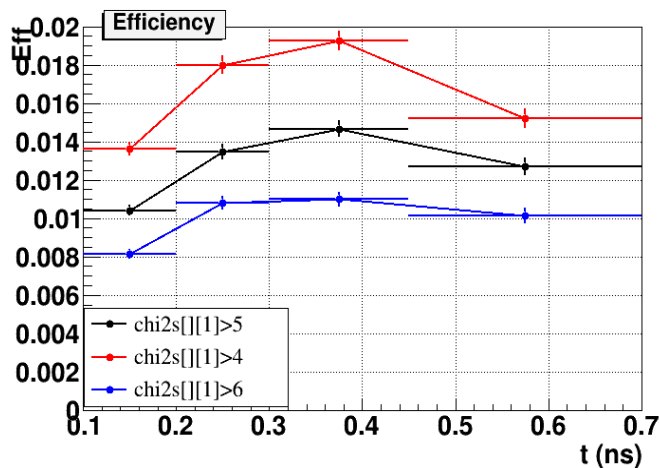
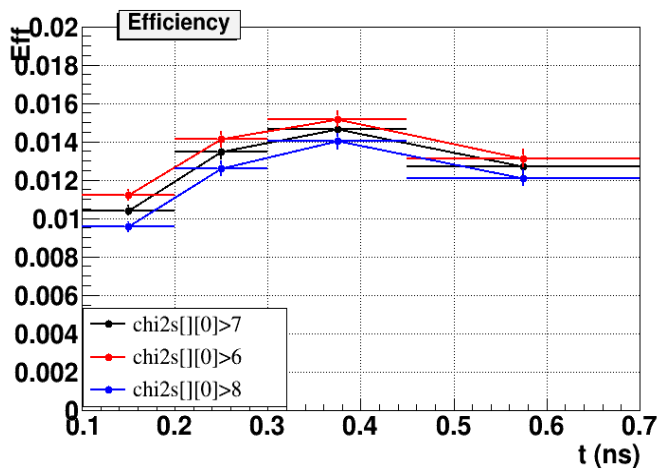
Данные поправленные на эффективность

Время жизни Λ

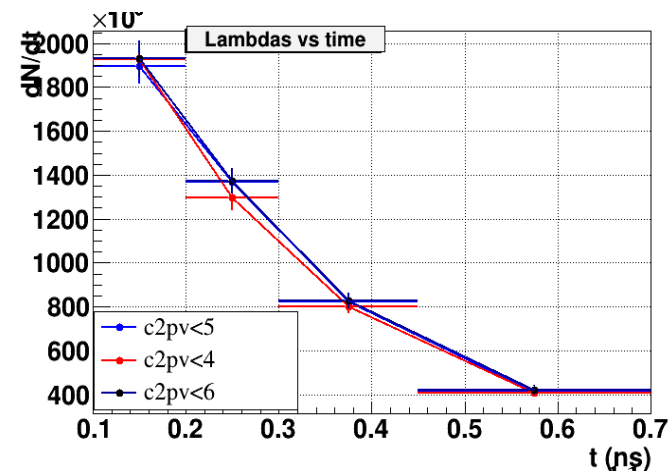
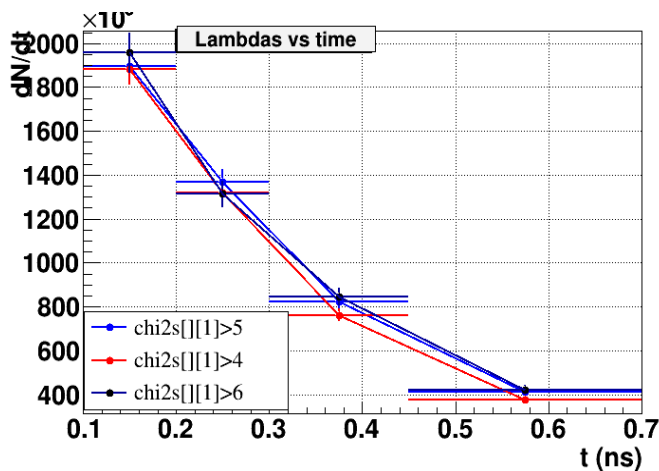
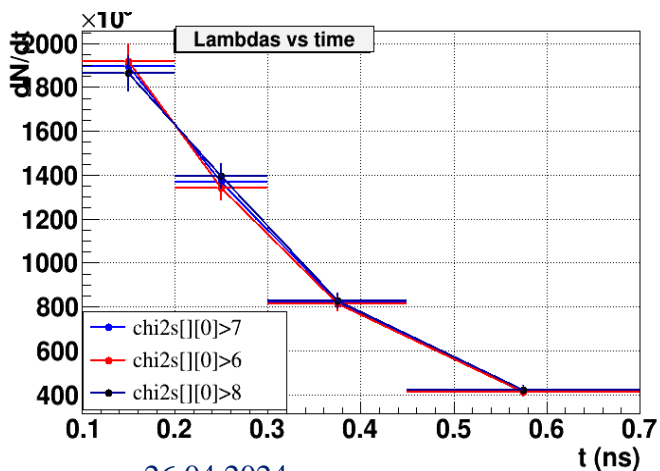


$10.\chi^2_{s[0]} > 7 \ \& \ 10.\chi^2_{s[1]} > 5 \ \& \ 10.c_{2pv} < 5 \ \& \ 10.pts[0] > 0.05 \ \& \ 10.pts[1] > 0.1$

Монте Карло



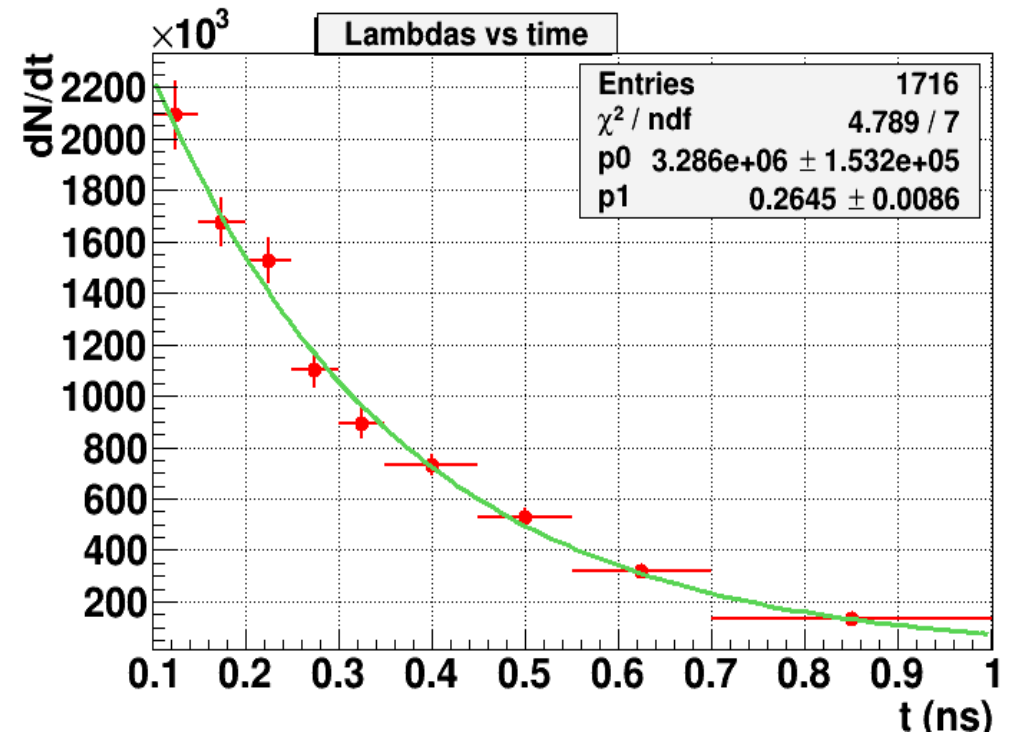
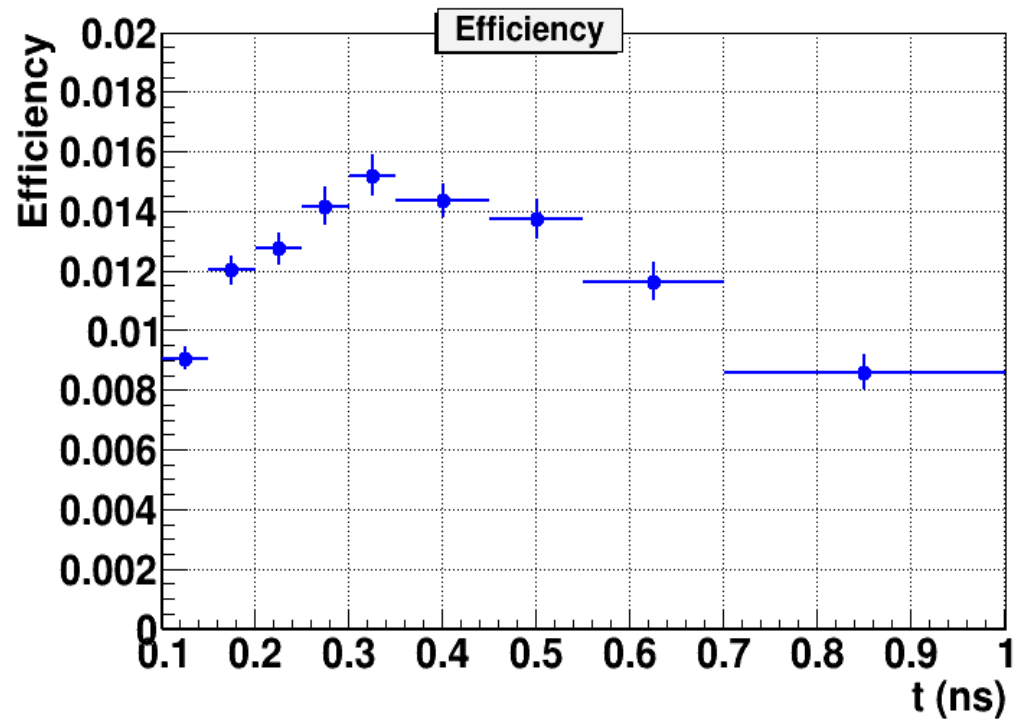
Данные, поправленные на эффективность



26.04.2024

R. Zinchenko

Кривая распада и эффективность для 9 интервалов по времени жизни



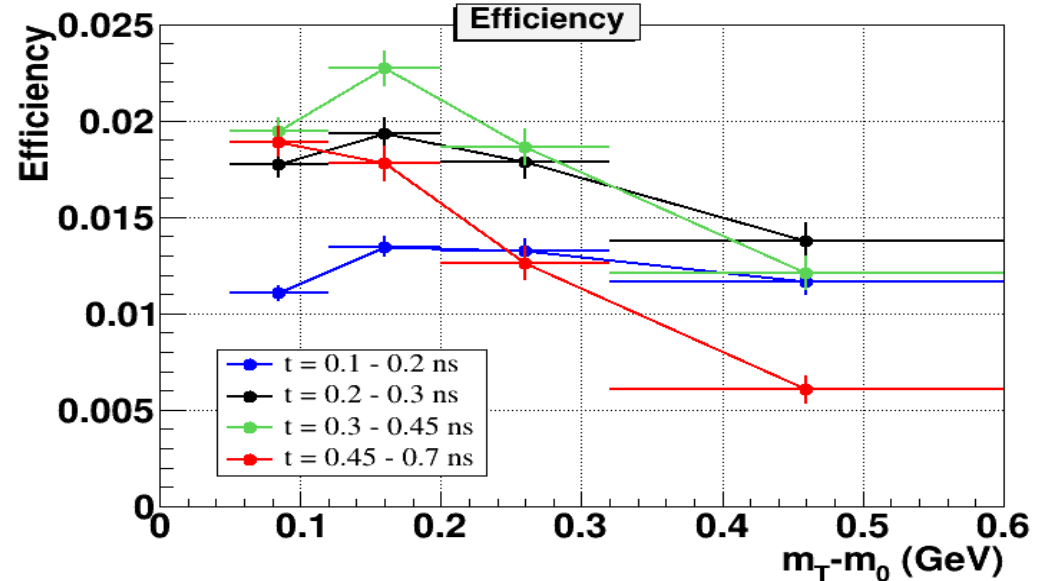
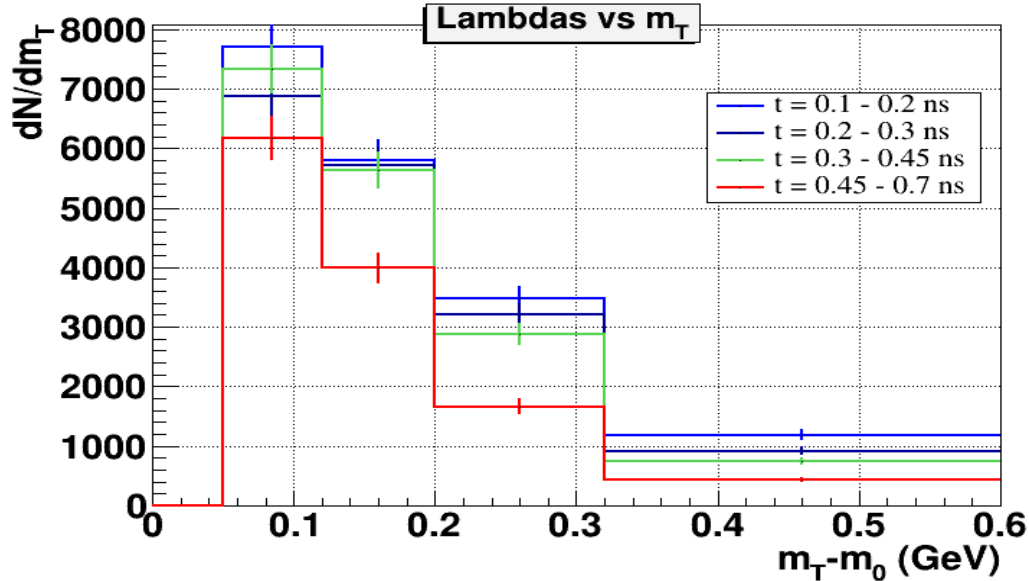
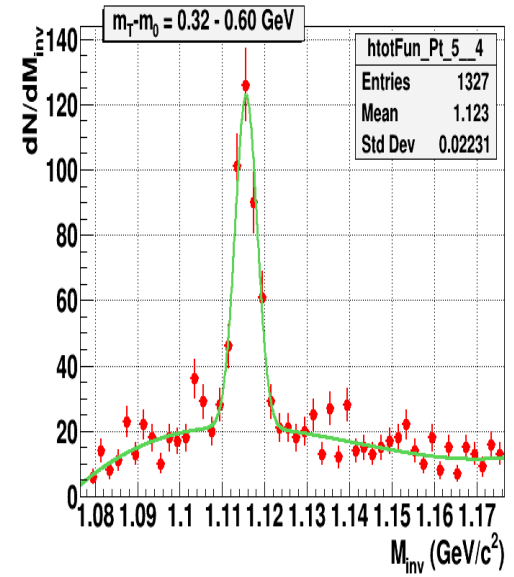
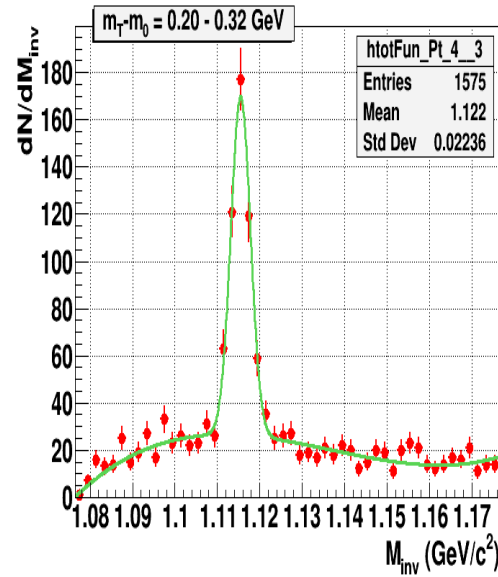
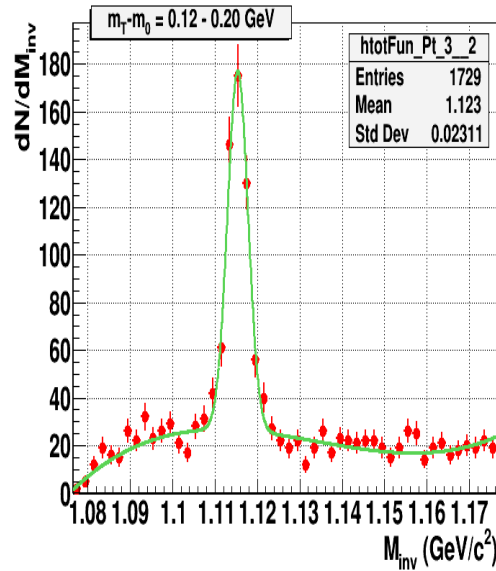
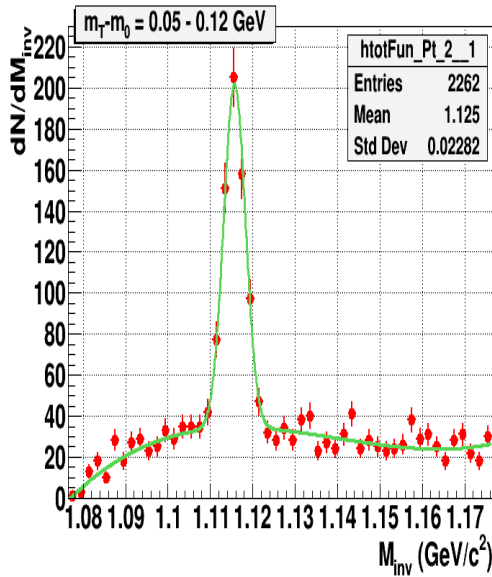
Табличное время жизни $t = 0.2632 \pm 0.0020$ нс

мТ спектры для интервалов по времени. Зависимости выходов и эффективности.

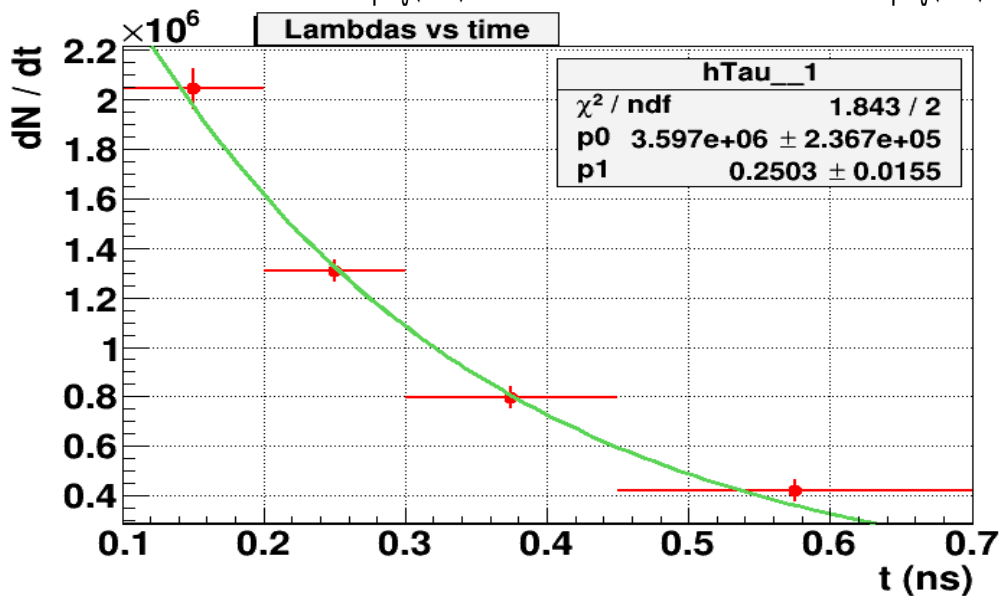
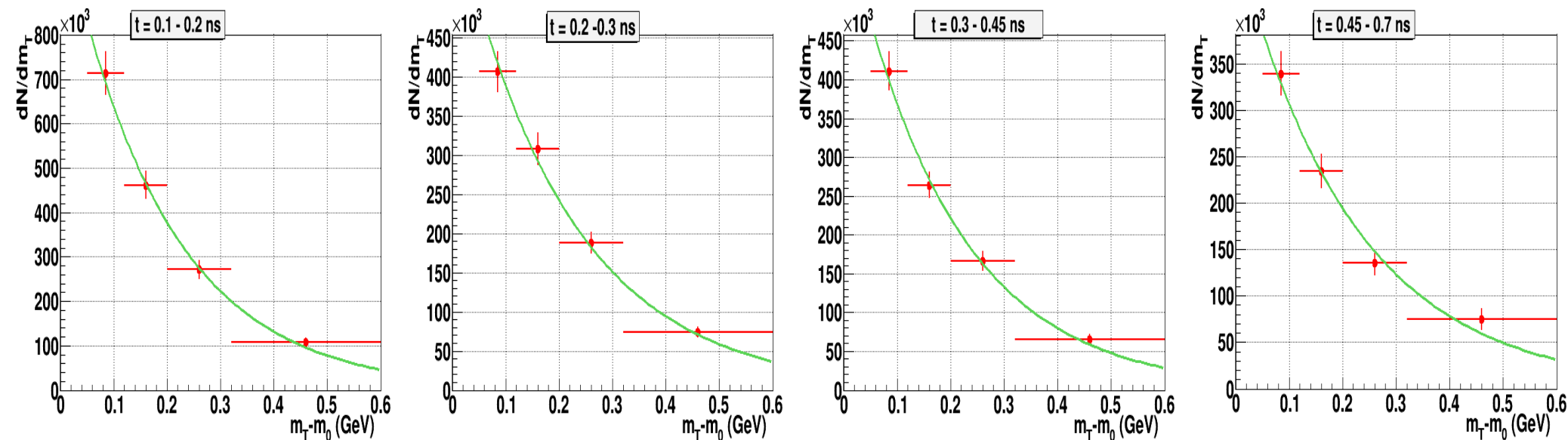


$t = 0.1 - 0.2$ нс

$$m_T = \sqrt{(p_T^2 + m_0^2)}$$



mT спектры для интервалов по времени.



Восстановленная по спектрам поперечных масс распадная кривая Λ гиперонов

<https://arxiv.org/abs/1010.1675v3>

распределение Больцмана из статьи эксперимента Hades

$$\frac{1}{m_t^2} \frac{d^2 M}{dm_t dy} = C(y) \exp\left(-\frac{(m_t - m_0)c^2}{T_B(y)}\right)$$

Значения температур (МэВ)

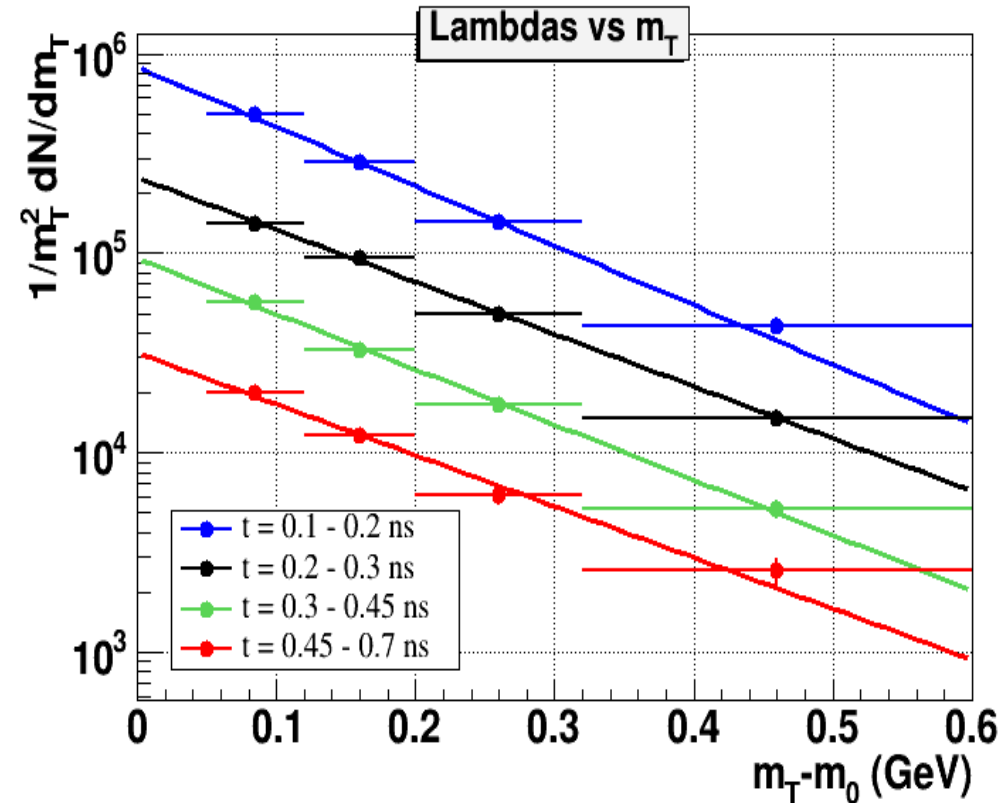
$$T1 = 146 \pm 7$$

$$T_{MC} = 122 \pm 4$$

$$T2 = 158 \pm 8$$

$$T3 = 149 \pm 8$$

$$T4 = 163 \pm 13$$

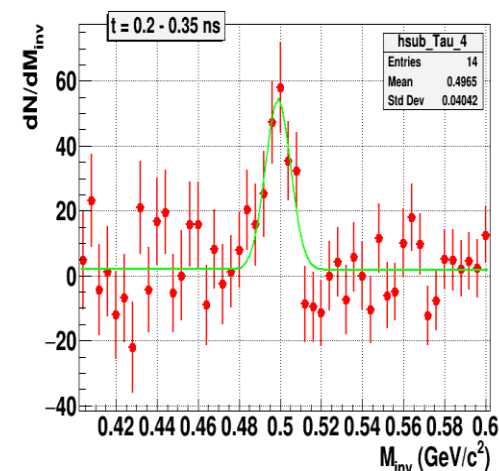
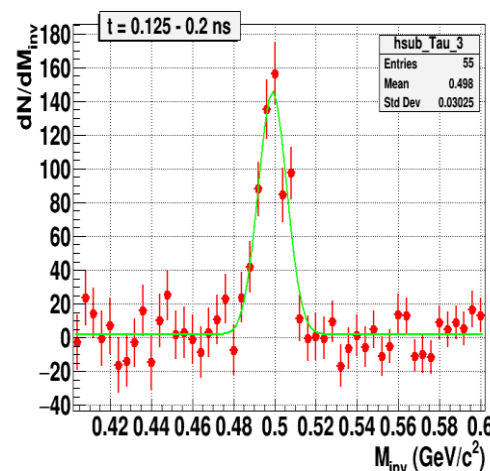
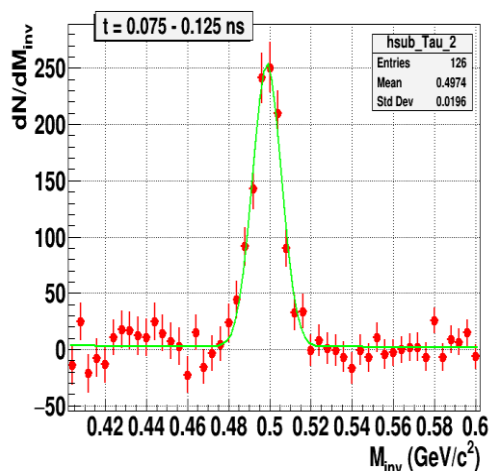
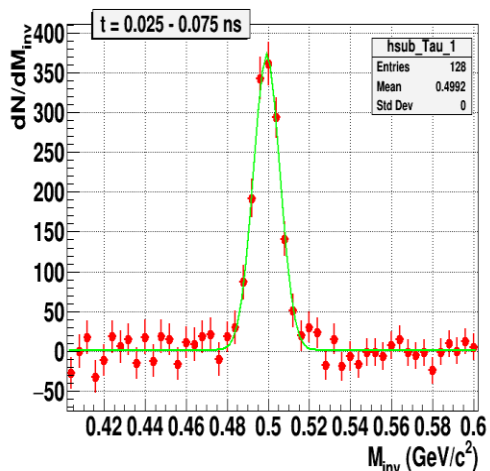
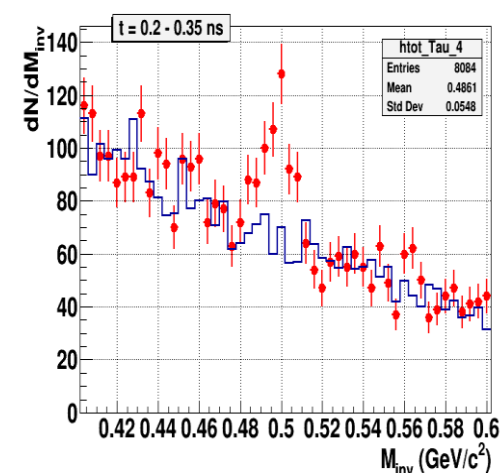
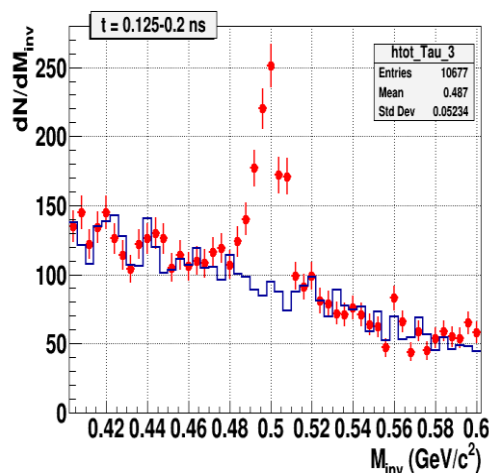
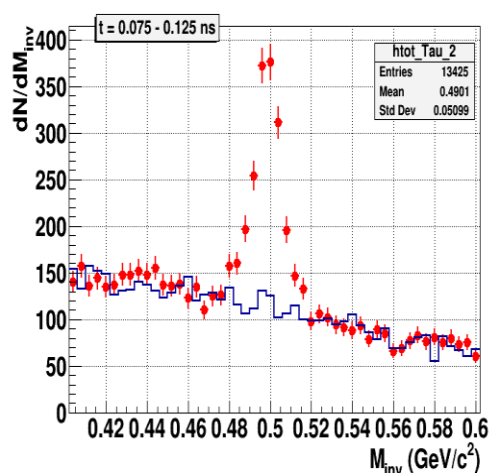
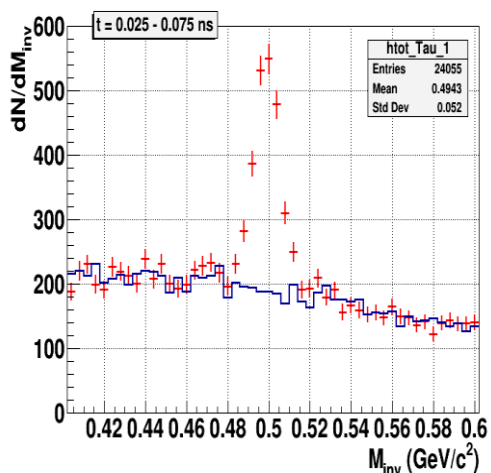


Каоны.

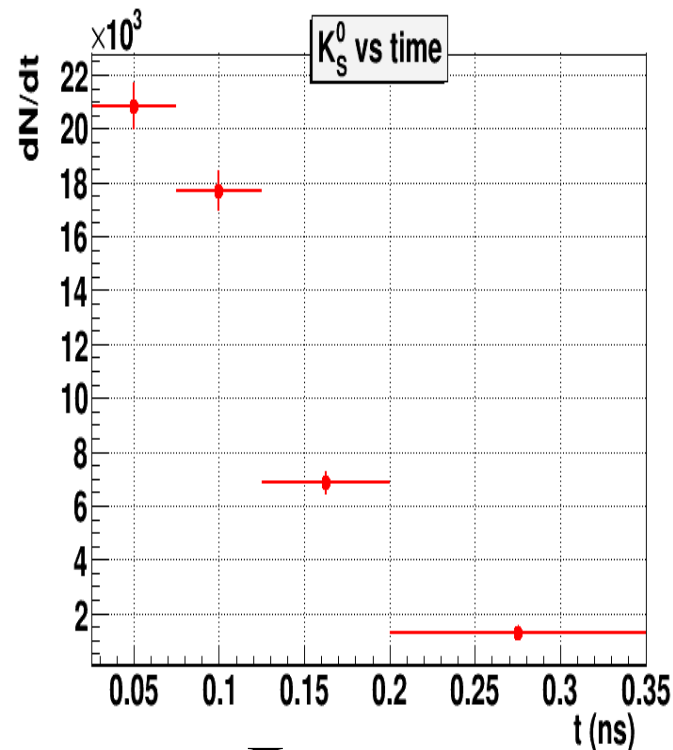
Распределения инвариантных масс для интервалов по времени жизни (данные)



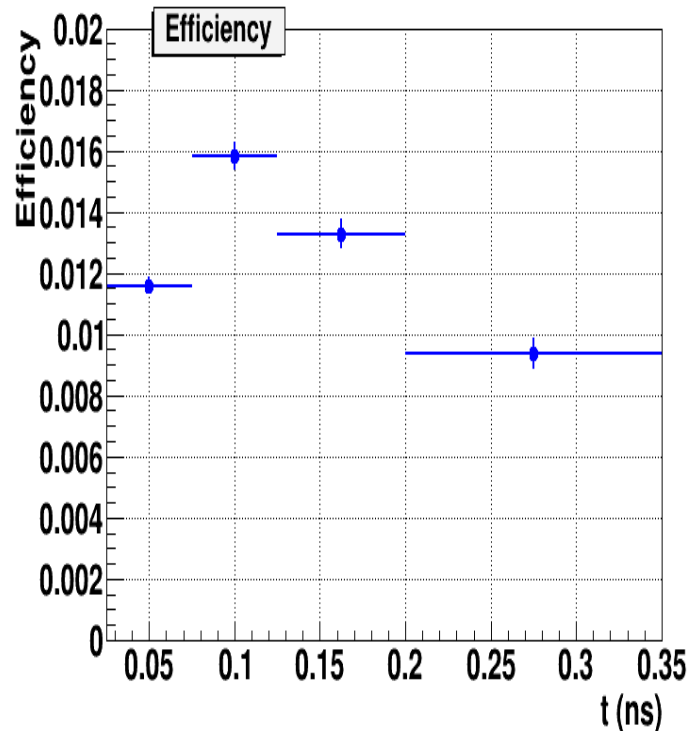
$t = Lm / (pc)$ - собственное время жизни



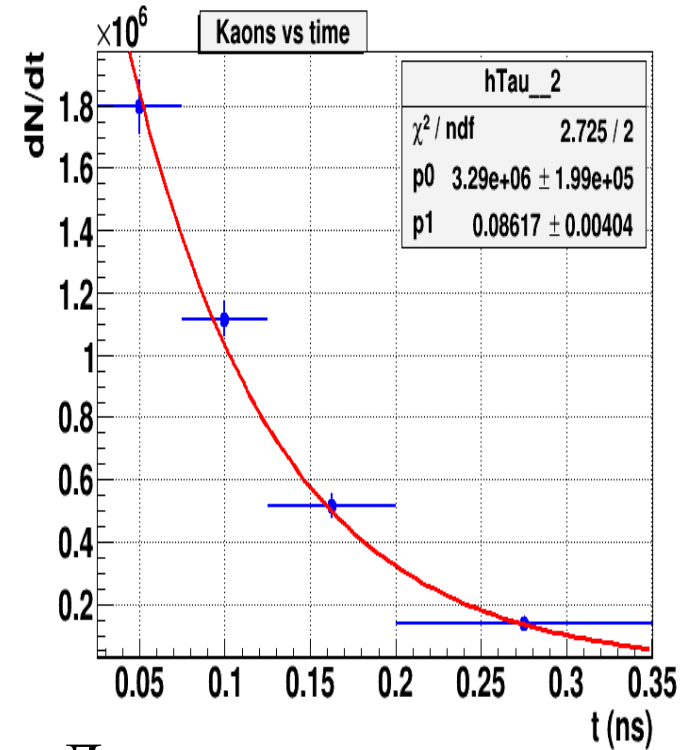
Распределение числа мезонов по времени жизни.



Данные



Монте Карло



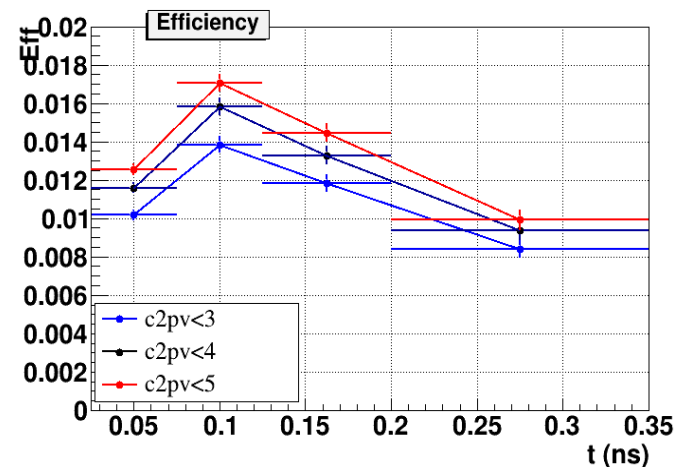
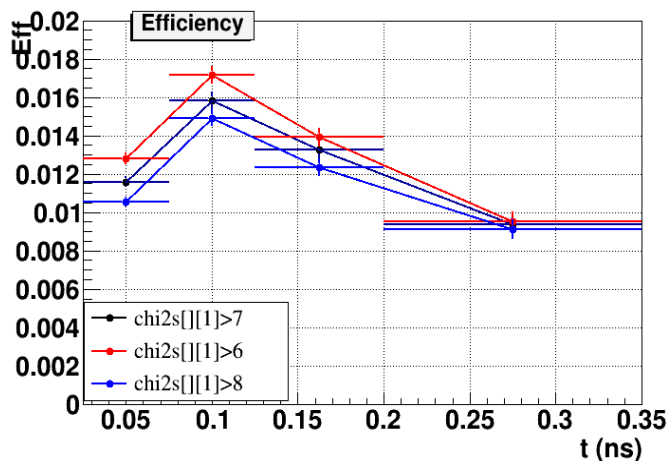
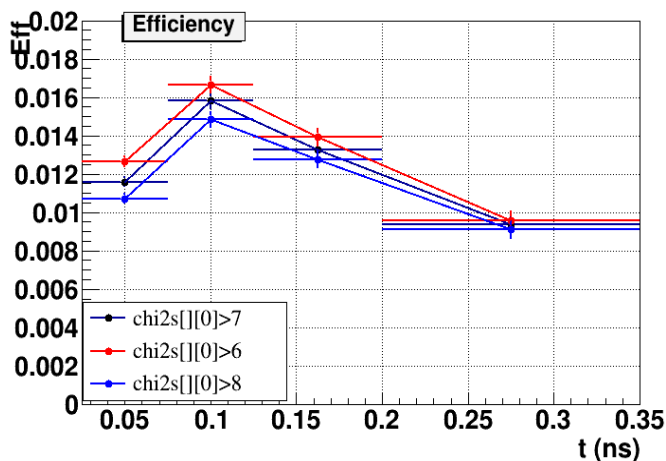
Данные поправленные на эффективность

Время жизни K^0_S

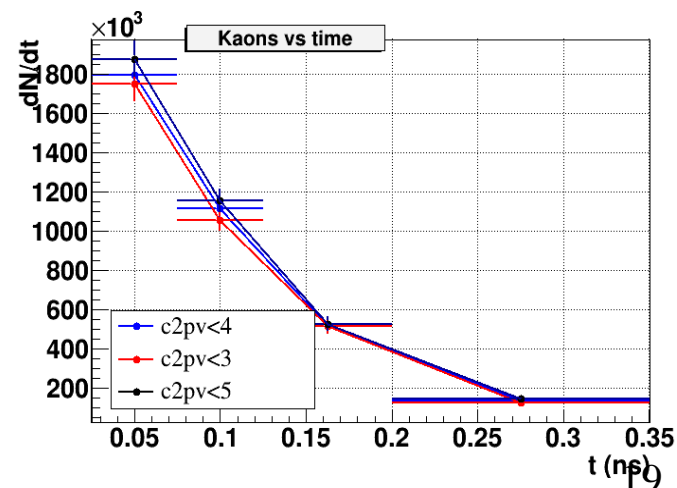
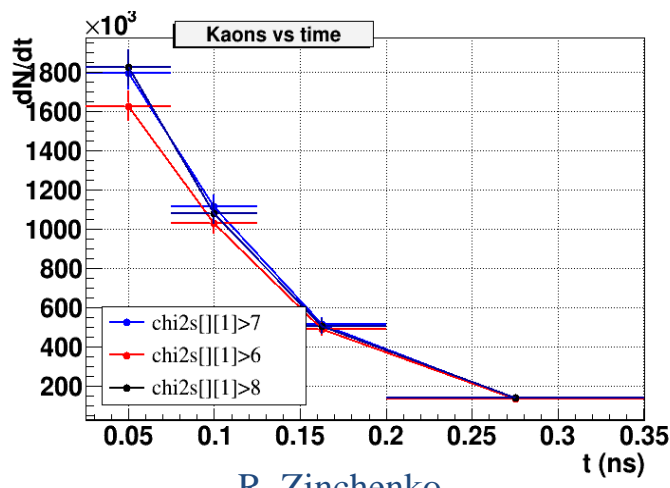
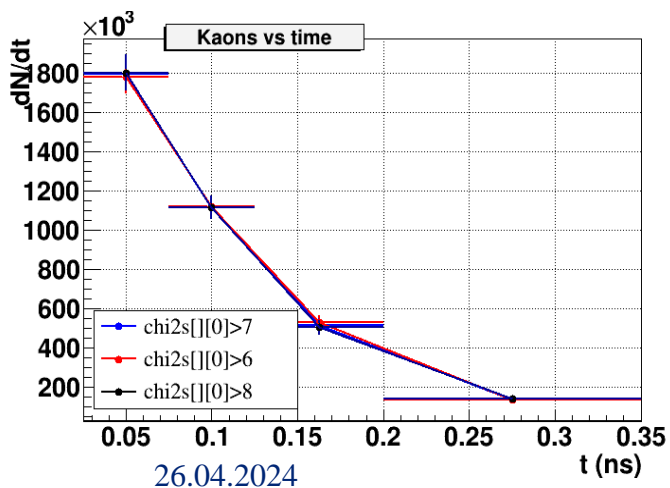


$10 \cdot \chi^2_{s[0]} > 7 \ \& \ 10 \cdot \chi^2_{s[1]} > 7 \ \& \ 10 \cdot c2pv < 4 \ \& \ 10 \cdot ps[1] < 3$

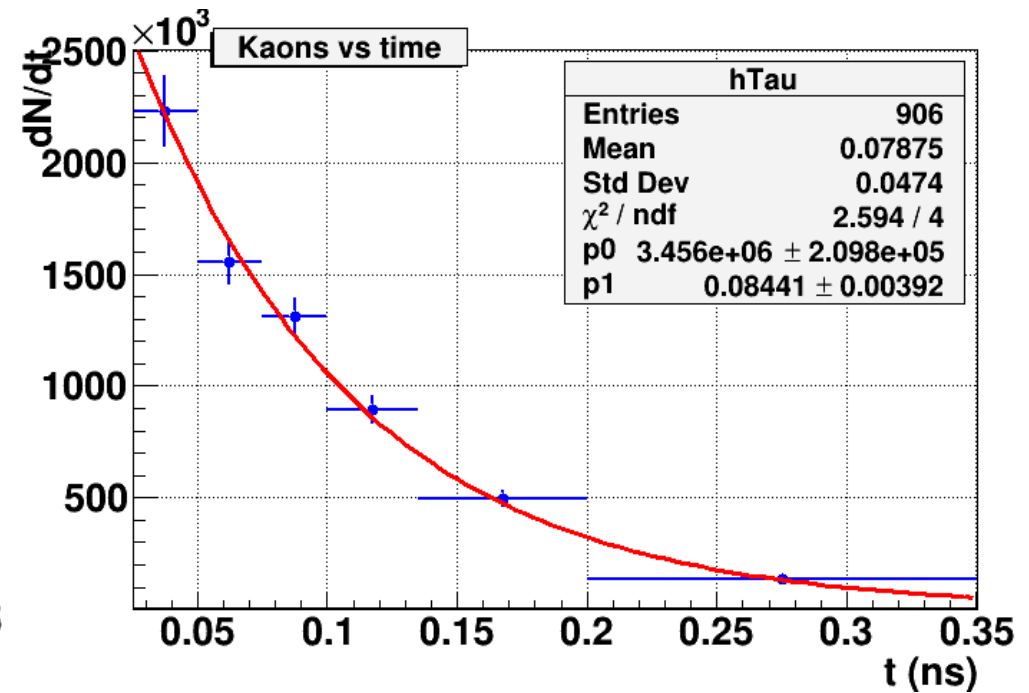
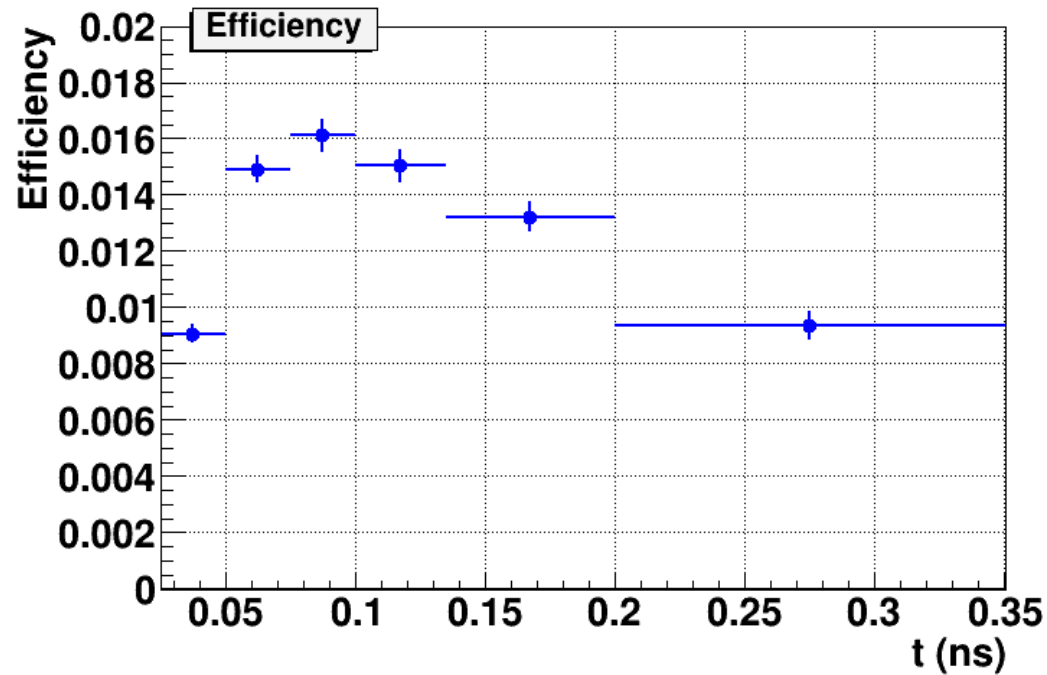
Монте Карло



Данные, поправленные на эффективность



Кривая распада и эффективность для 6 интервалов по времени жизни



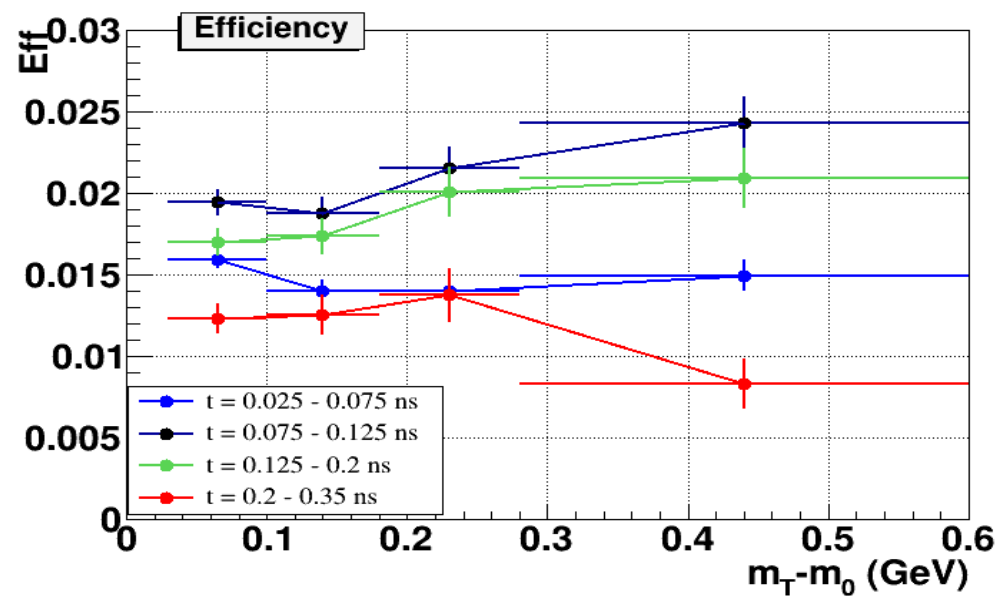
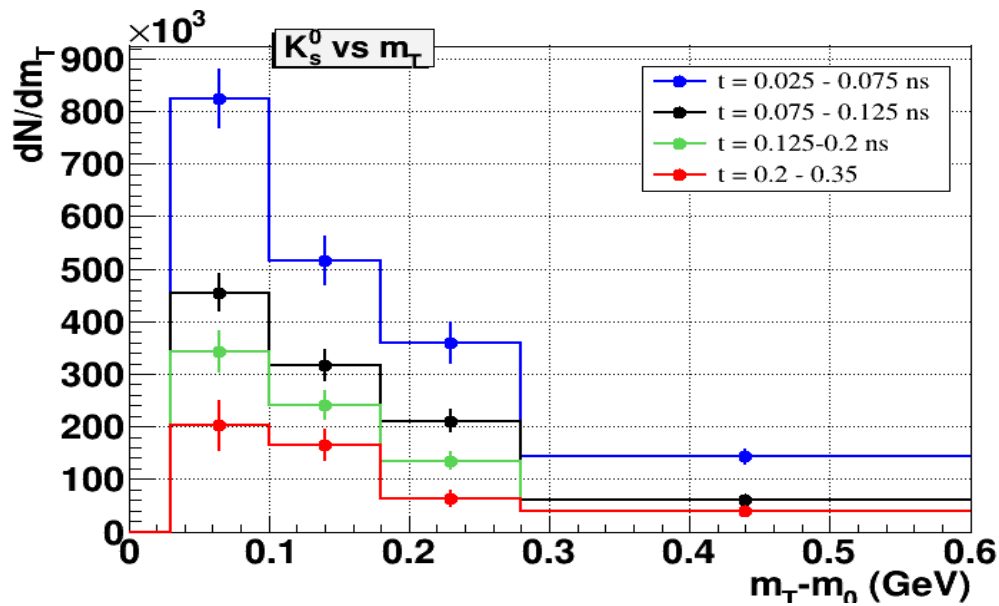
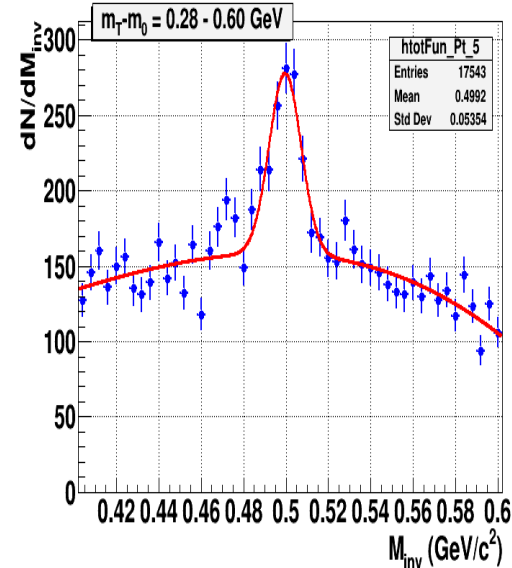
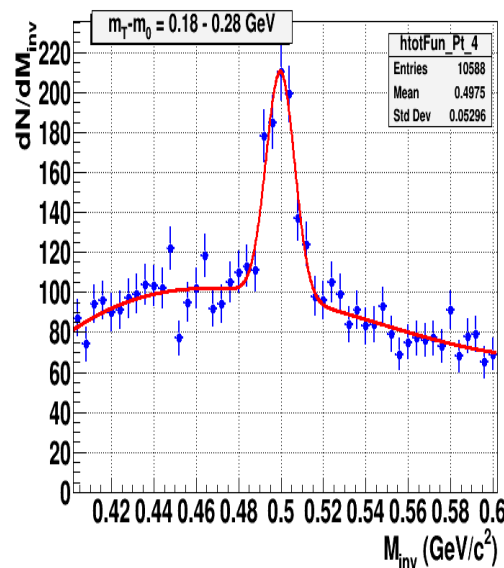
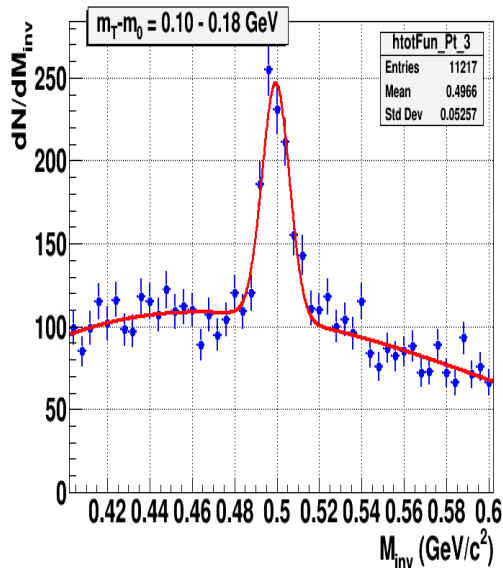
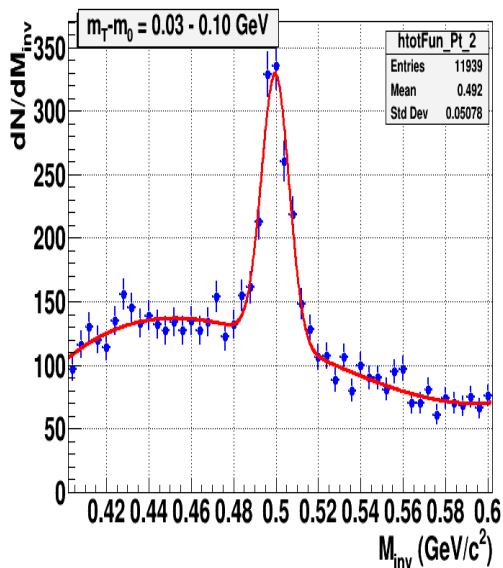
Табличное время жизни $t = 0.08954 \pm 0.00004$ нс

тТ спектры для интервалов по времени. Зависимости выходов и эффективности.

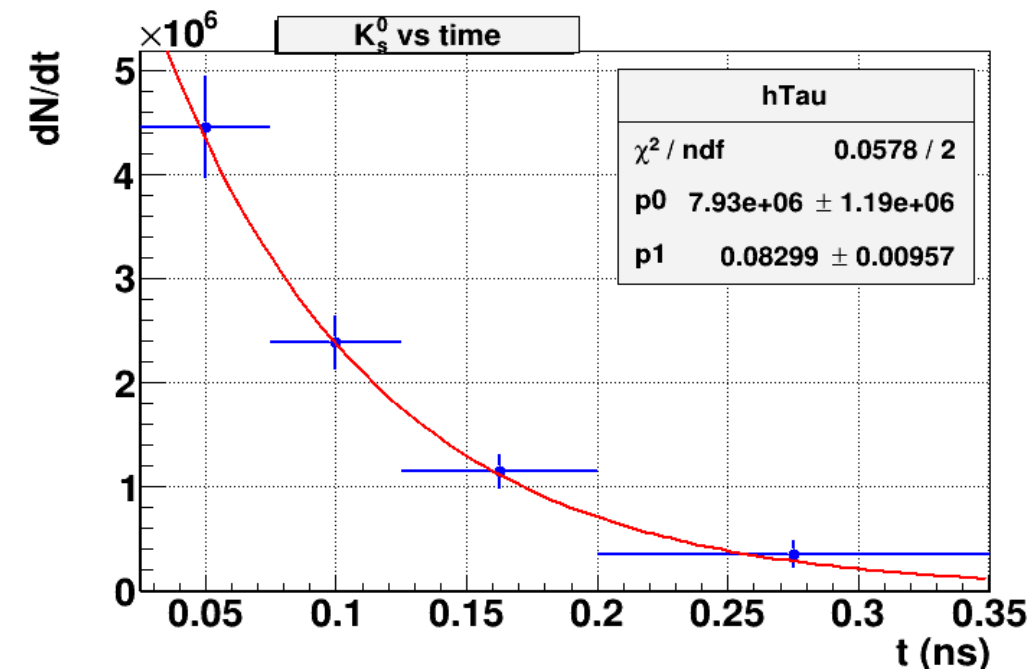
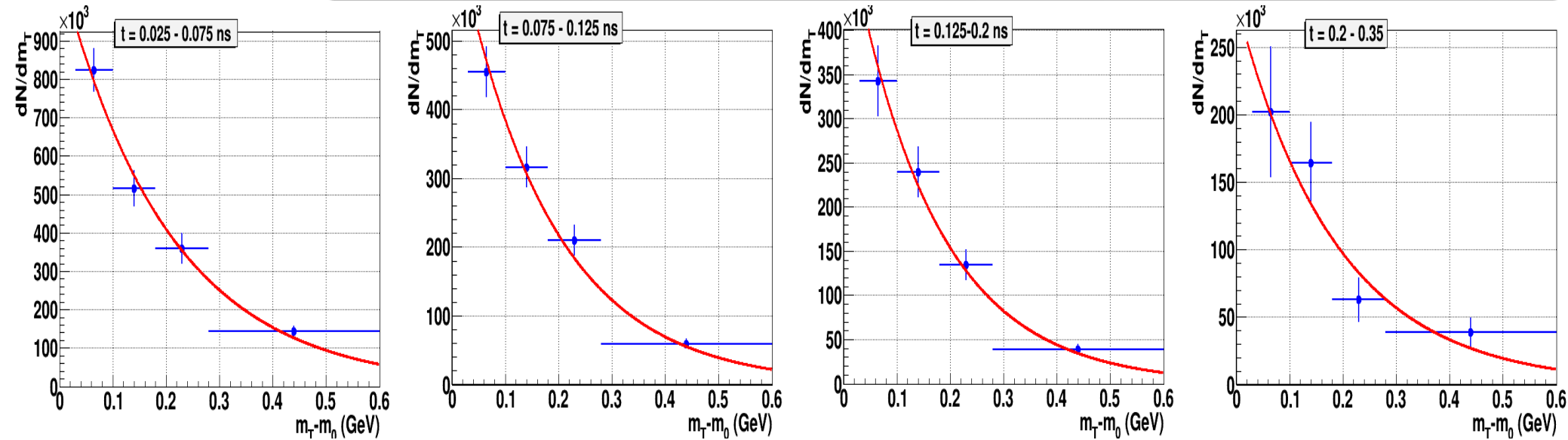


$t = 0.025 - 0.075$ нс

$$m_T = \sqrt{(p_T^2 + m_0^2)}$$



mT спектры для интервалов по времени.



Восстановленная по спектрам поперечных масс распадная кривая K_s^0 мезонов

<https://arxiv.org/abs/1010.1675v3>

распределение Больцмана из статьи эксперимента Hades

$$\frac{1}{m_t^2} \frac{d^2 M}{dm_t dy} = C(y) \exp\left(-\frac{(m_t - m_0)c^2}{T_B(y)}\right)$$

Значения температур (МэВ)

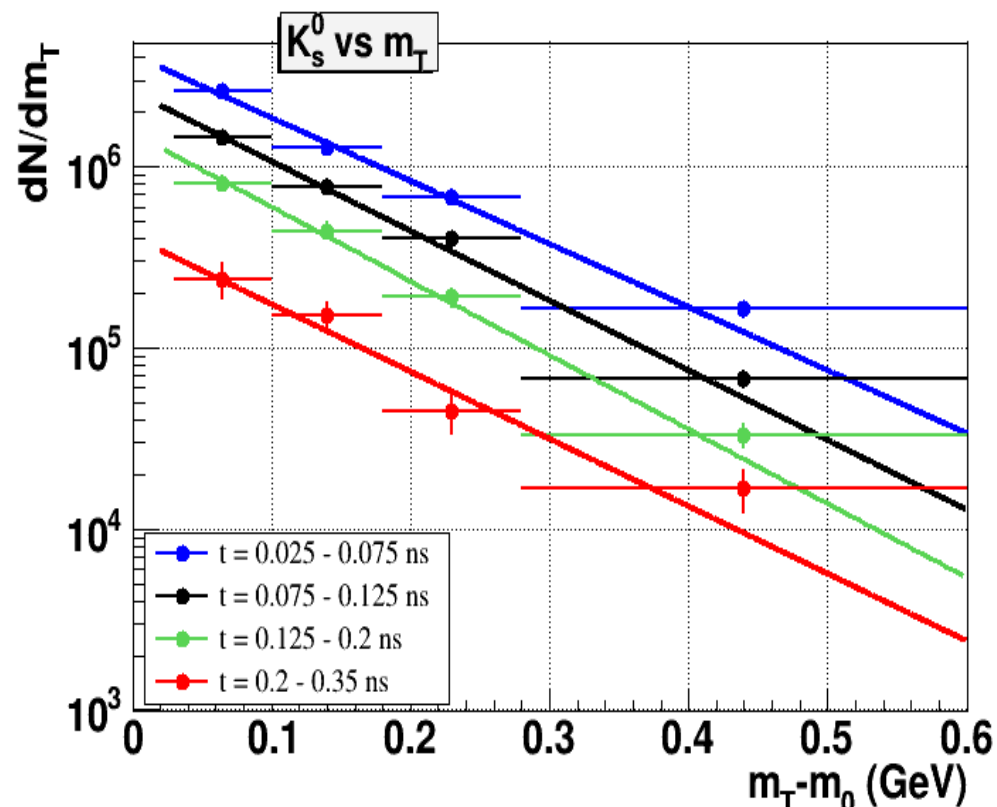
$$T1 = 125 \pm 6$$

$$T_{MC} = 97 \pm 6$$

$$T2 = 113 \pm 5$$

$$T3 = 106 \pm 7$$

$$T4 = 117 \pm 19$$



1. Была реализована и протестирована методика оценки комбинаторного фона при реконструкции распадов странных частиц, основанная на использовании смешивания событий.
2. Были измерены времена жизни Λ гиперонов и K^0_S мезонов.
3. Была разработана и протестирована методика оценки качества селекции сигнала от распадов странных частиц на основе измерения их времени жизни.
4. Были получены результаты по восстановлению спектров поперечных масс Λ гиперонов и K^0_S мезонов с учётом эффективности установки.
5. Была разработана и протестирована методика контроля качества восстановленных спектров с использованием результатов по времени жизни.

Результаты выполненных работ вошли в доклады, представленные на совещаниях коллаборации **BM@N**.

Основные результаты будут представлены на конференции Nucleus-2024 1-5.07.2024

Спасибо за внимание!