



Поиск многокварковых состояний в $d+Au$ столкновениях в эксперименте STAR

Научный руководитель

Г.А.Нигматкулов

Работу выполнила студентка гр. М15-115

Т.П. Смирнова

О θ^+ и экспериментах по его поиску

Параметры θ^+ :

Предсказанный диапазон массы θ^+ :

$$1430 \frac{\text{МэВ}}{c^2} < M_{\theta^+} < 1660 \frac{\text{МэВ}}{c^2}$$

Моды распада:

$$\theta^+ \rightarrow nK^+$$

$$\theta^+ \rightarrow pK_S^0$$

Ширина:

$$\Gamma_{\theta^+} < 1 \text{ МэВ}$$

Актуальность работы:

КХД предсказывает существование экзотических состояний. Пентакварки являются экзотическими состояниями. Поэтому рассматриваем пентакварк θ^+

Источник: О.Б. Самойлов «Сечение рождения очарованного кварка и оценка существования пентакварка Θ^+ в нейтринных взаимодействиях в эксперименте NOMAD» (2011) 204

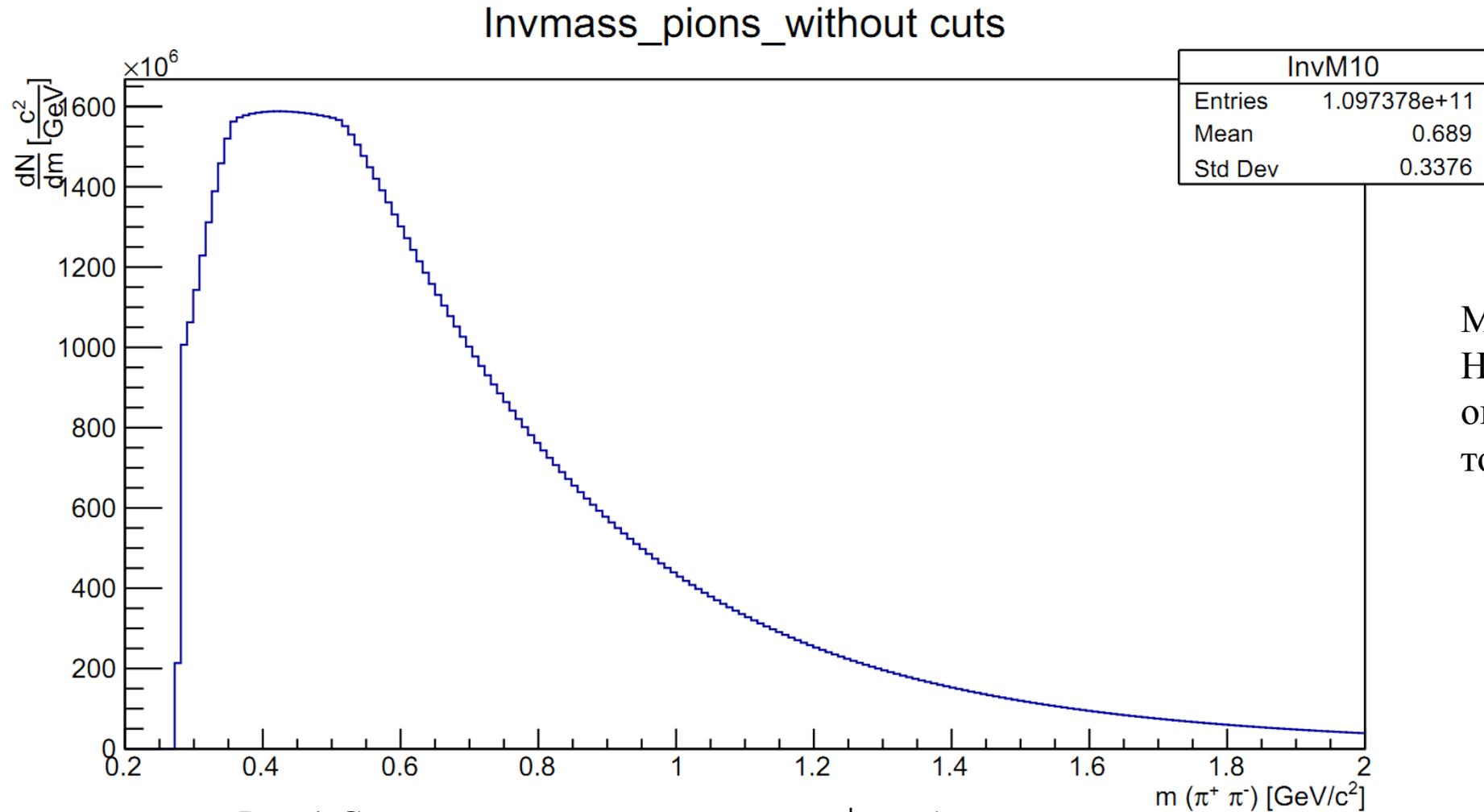
Таблица.1. Эксперименты с положительным результатом поиска пентакварка Θ^+

Эксперимент	Реакция	Масса, МэВ	Ширина, МэВ	Уровень достов.
LEPS [106, 110]	$\gamma n \rightarrow (nK^+)K^-$	$1540 \pm 10(\pm 5)$	< 25	$4,6 \sigma$
DIANA [111]	$K^+Xe \rightarrow (pK_S^0)X$	$1539 \pm 2(\pm 3)$	< 9	$4,4 \sigma$
CLAS [112, 113]	$\gamma d \rightarrow (nK^+)pK^-$	$1542 \pm 5(\pm 2)$	< 21	$5,2 \sigma$
CLAS [114]	$\gamma p \rightarrow (nK^+)\pi^+K^-$	1540 ± 10	< 32	$4,8 \sigma$
CLAS [115]	$\gamma p \rightarrow (nK^+)\pi^+K^-$	$1555 \pm 10(\pm 1)$	< 26	$7,8 \sigma$
SAPHIR [116]	$\gamma p \rightarrow (nK^+)K_S^0$	$1540 \pm 4 \pm 2$	< 25	$4,8 \sigma$
ИТЭФ* [117]	$\nu N \rightarrow (pK_S^0)X$	1533 ± 5	< 20	$3,7 - 6,7 \sigma$
HERMES [118]	$\gamma d \rightarrow (pK_S^0)X$	$1528 \pm 2,6 \pm 2,1$	$17 \pm 9 \pm 3$	$4 - 6 \sigma$
SVD [119]	$pA \rightarrow (pK_S^0)X$	$1526 \pm 3 \pm 3$	< 24	$5,6 \sigma$
COSY-TOF [120]	$pp \rightarrow (pK_S^0)\Sigma^+$	1530 ± 5	18 ± 4	$3,7 - 5,9 \sigma$
ZEUS [121, 122]	$e p \rightarrow e'(pK_S^0)X$	$1521,5 \pm 1,5_{-1,7}^{+2,8}$	8 ± 4	$4,6 \sigma$
ЛВЭ ОИЯИ [123]	$np \rightarrow (nK^+)pK^-$	1541 ± 4	8 ± 4	$5,2 - 6,8 \sigma$
NOMAD [124]**	$\nu N \rightarrow \ell'(pK_S^0)X$	$1528,7 \pm 2,5$	$2 - 3$	$4,3 \sigma$
SVD2 [125]	$pA \rightarrow (pK_S^0)X$	$1523 \pm 2 \pm 3$	< 14	$8,0 \sigma$
КЕК-E522 [126]	$\pi^- p \rightarrow K^-(\Theta^+)$	$1530,6_{-1,9-1,3}^{+2,2+2,9}$	$9,8_{-3,4}^{+7,1}$	$2,5 - 2,7 \sigma$
				$\sigma_{\Theta} < 3900 \text{ нб}$
ИТЭФ* [127]	$\nu N \rightarrow (pK_S^0)X$	1537 ± 2	$0,36 \pm 0,11$	$4,3 - 7,3 \sigma$
LEPS [128]	$\gamma d \rightarrow \Lambda(1520)(\Theta^+)$	1530		$4 - 5 \sigma$

Задачи

1. Выделение K_S^0 :
 - Освоение метода восстановления вторичной вершины
 - Построение спектра инвариантных масс $\pi^- \pi^+$
 - Применение топологических ограничений для выделения K_S^0
2. Выделение p :
 - Выделение p через ТРС
3. Поиск θ^+ :
 - Построение спектра инвариантных масс pK_S^0

Инвариантная масса $\pi^+\pi^-$



Много фоновых событий.
Необходимы топологические
ограничения для более
точного выделения K_S^0

Рис.1 Спектр инвариантной массы $\pi^+\pi^-$ без использования топологических ограничений.

Метод восстановления вторичной вершины

Необходимы пункты:

1. Поиск минимального расстояния между дочерними треками
2. Вычисление координат точек, которые лежат на треке дочерней частицы при минимальном расстоянии между дочерними треками
3. Вычисление координат вторичной вершины с помощью полученных в предыдущем пункте координат

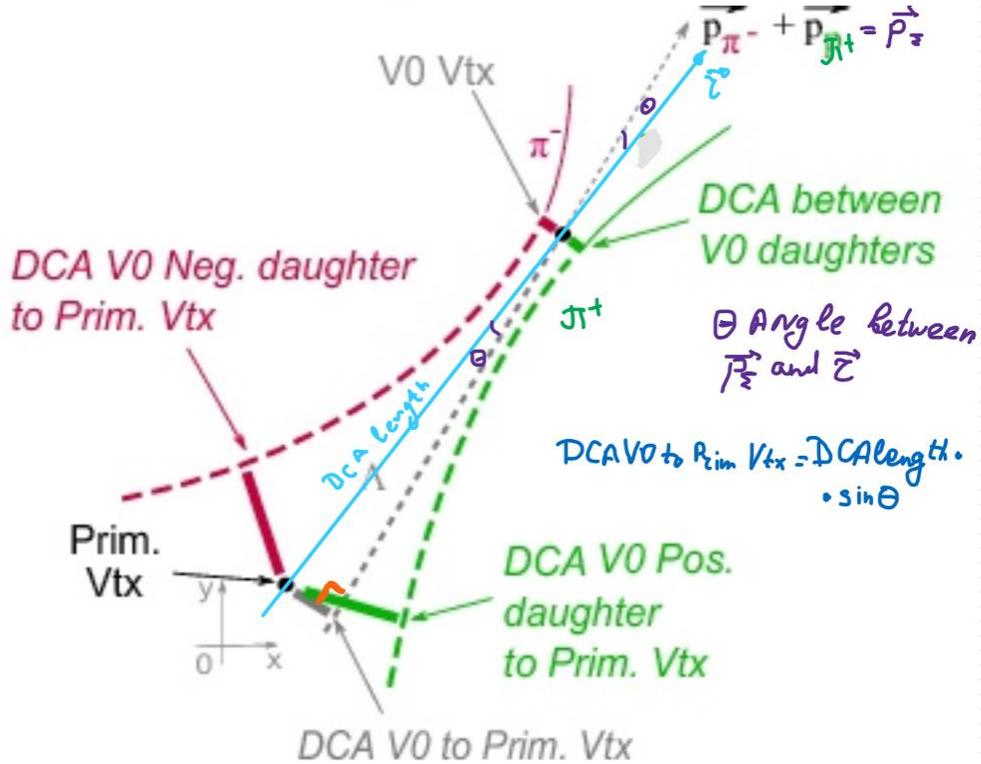


Рис.2. Топология распада

Таблица 2. Топологические ограничения для реконструкции вторичной вершины распада:

Расстояние наибольшего сближения между первичной и вторичной вершиной	Расстояние наибольшего сближения между дочерним треком вторичной вершиной и первичной вершиной	Расстояние наибольшего сближения между дочерними треками вторичной вершины	Радиальная длина распада	Угол вылета частицы из вторичной вершины
<0.8 см	> 0.7 см	<0.8 см	> 2.5 см	$(\vec{r}_{V0} - \vec{r}_{pV}) * \vec{p}_{V0} > 0$

Инвариантная масса $\pi^+\pi^-$

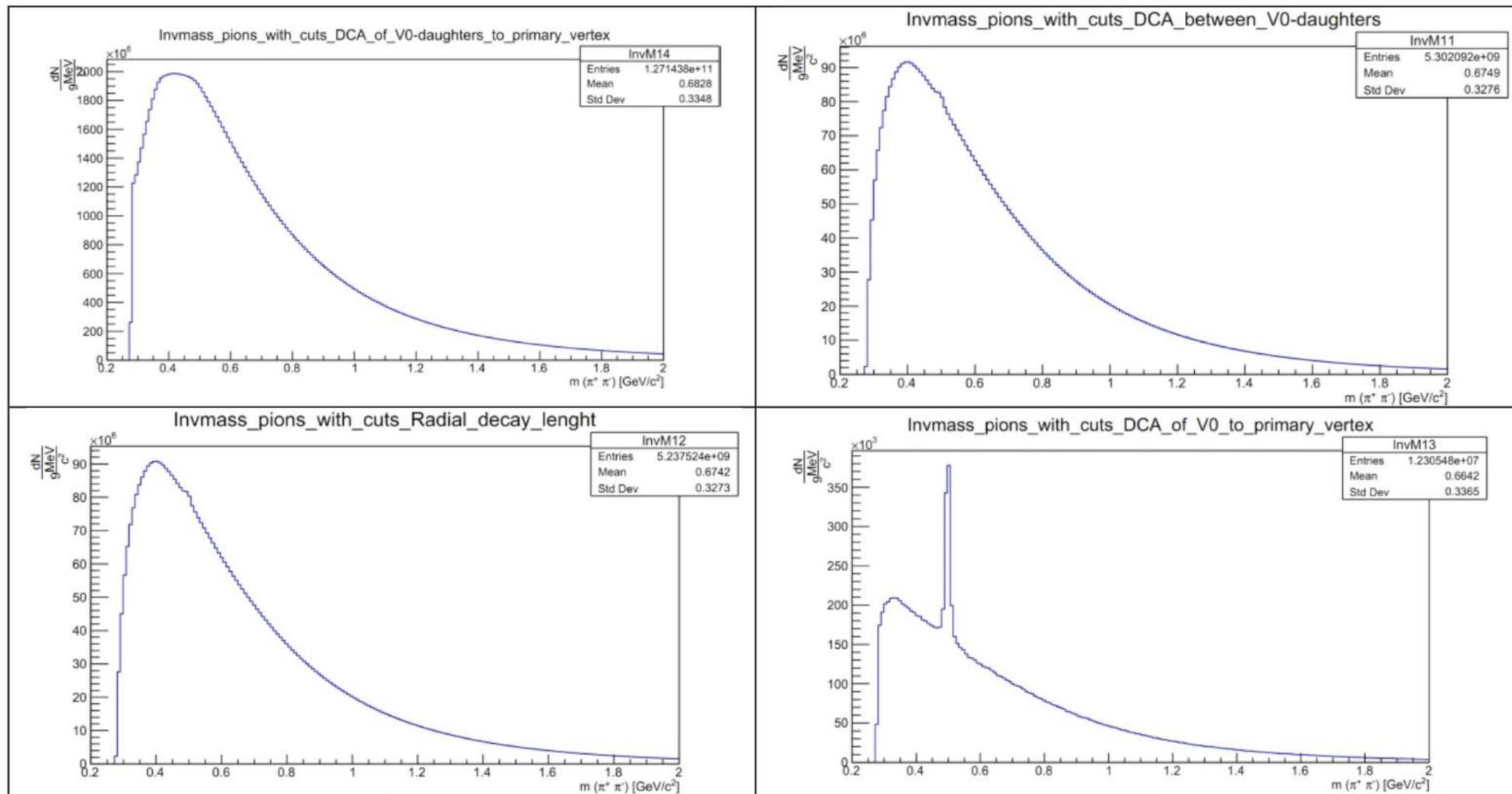


Рис.3. Спектр инвариантной массы $\pi^+\pi^-$ после применения первых 4 топологических ограничений

Инвариантная масса $\pi^+ \pi^-$

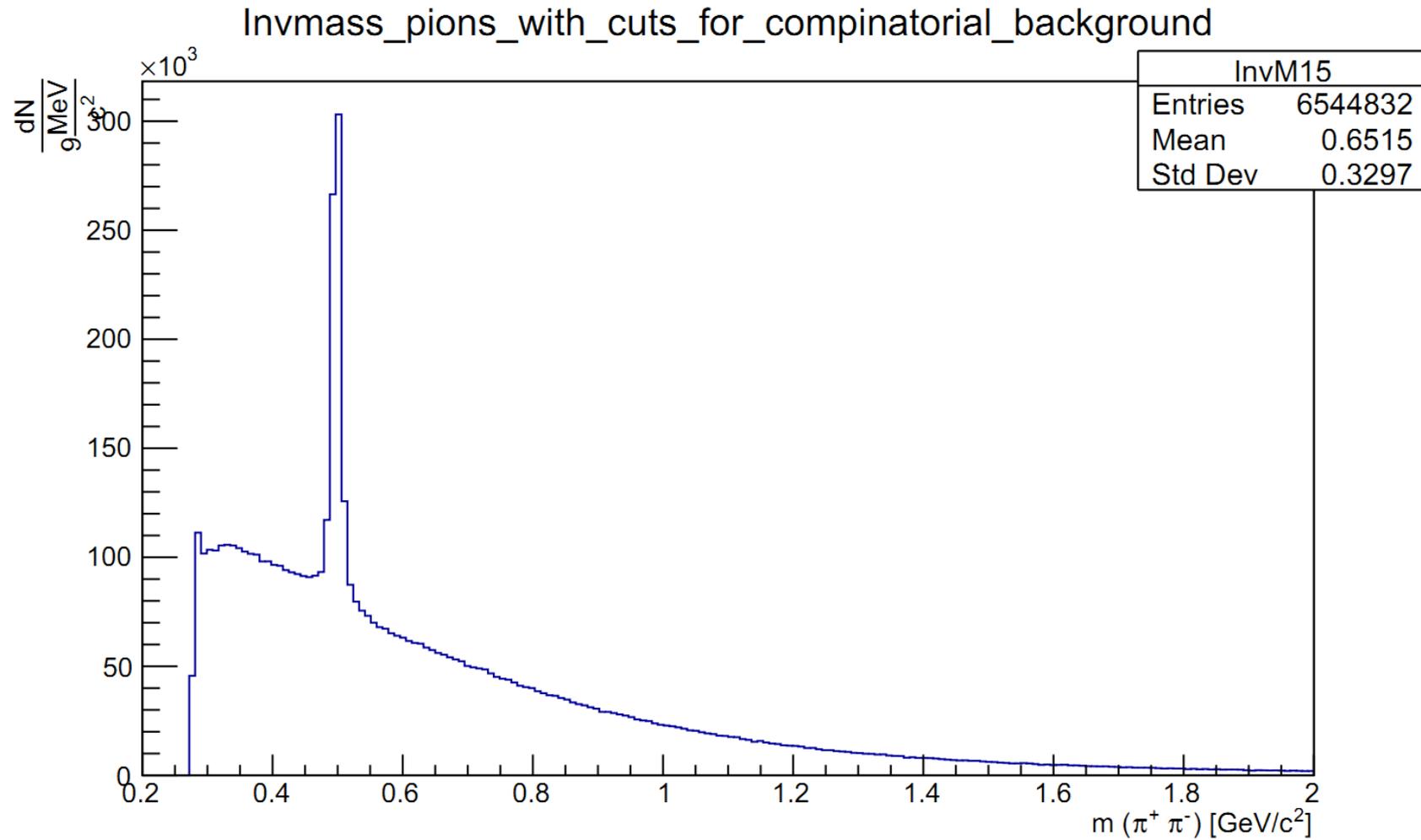


Рис.4. Спектр инвариантной массы $\pi^+ \pi^-$ после применения всех 5 топологических ограничений

Восстановление K_S^0 распада

Функции для описания фона и сигнала:

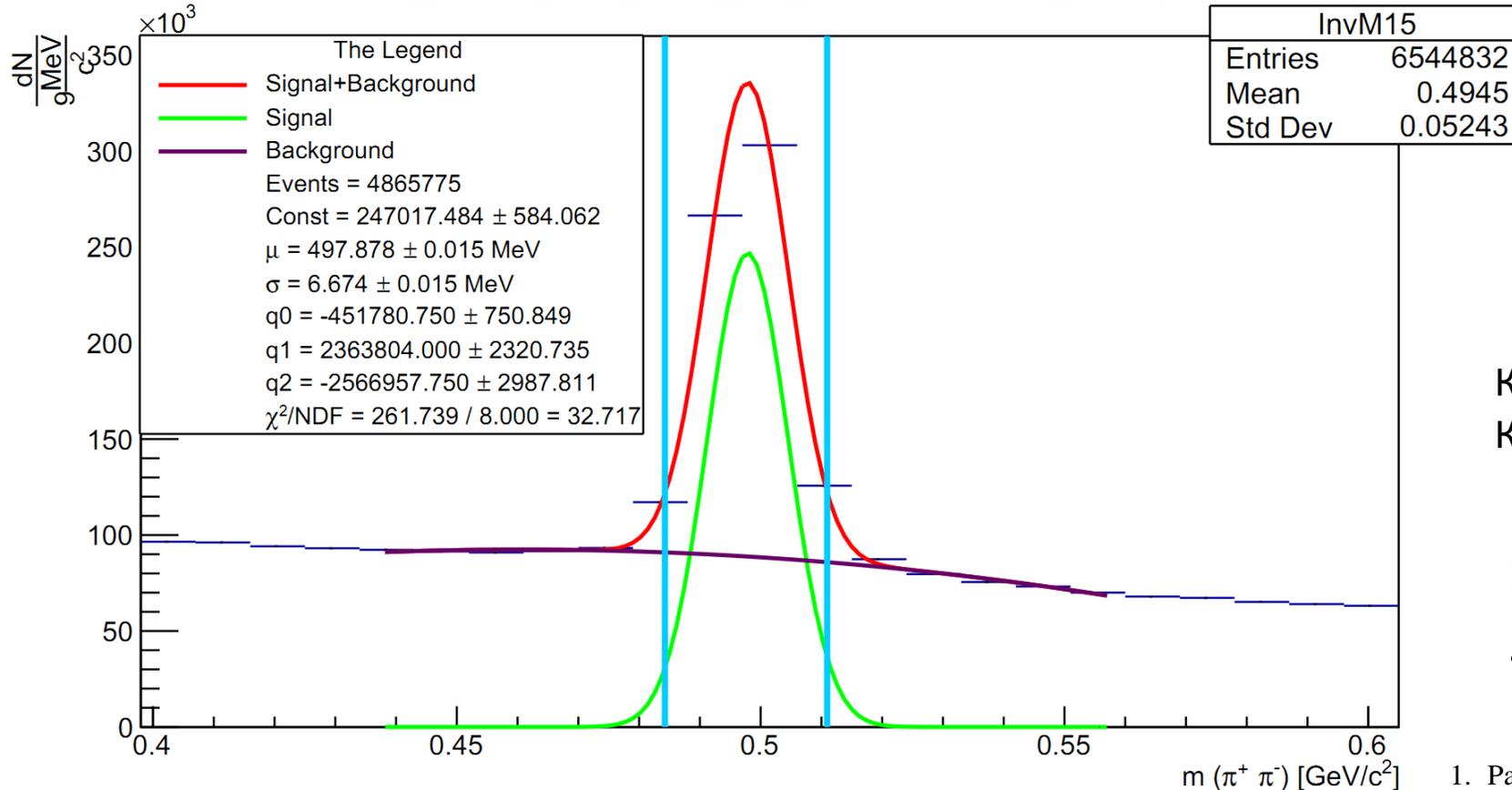
Функция для фона+сигнала $f_{B+S} =$

$$C \times e^{-0.5 \times \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} + q_0 \times x^2 + q_1 \times x + q_2$$

Функция для фона $f_B = q_0 \times x^2 + q_1 \times x + q_2$

Функция для сигнала $f_S = C \times e^{-0.5 \times \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$

Invmass_pions_with_cuts_for_compinatorial_background



Табличное¹ значение массы K_S^0

$$m_{K_S^0} = 497.611 \pm 0.013 \frac{\text{МэВ}}{c^2}$$

Полученное значение:

$$m_{K_S^0} = 497.878 \pm 0.015 \frac{\text{МэВ}}{c^2}$$

Кол-во событий в сигнале: $S=3943.67$

Кол-во событий в фоне: $B=2368.03$

Оценка насколько сигнал превышает фон

$$\frac{S}{\sqrt{S+B}} = 49.64$$

Рис.3 Спектр инвариантной массы $\pi^+ \pi^-$ после применения топологических ограничений

1. Particle Physics Booklet. Extracted from the Review of Particle Physics P.A. Zyla et al. (Particle Data Group), Prog. Theor. Exp. Phys. 2020. 083C01 (2020)

Заключение

- Была проделана работа по изучению и применению метода восстановления вторичной вершины.
- Был реализован метод вторичной вершины для построения спектра инвариантных масс $\pi^+ \pi^-$.
- С помощью метода вторичной вершины распада и топологических ограничений удалось выделить K_S^0 в спектре инвариантных масс $\pi^+ \pi^-$.

Следующий этап

- Выделение p с помощью ТРС
- Построение спектра инвариантных масс $K_S^0 p$

Спасибо за внимание!