

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Физический
Факультет, кафедра Общей Ядерной Физики
НИИ Ядерной физики им. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова*

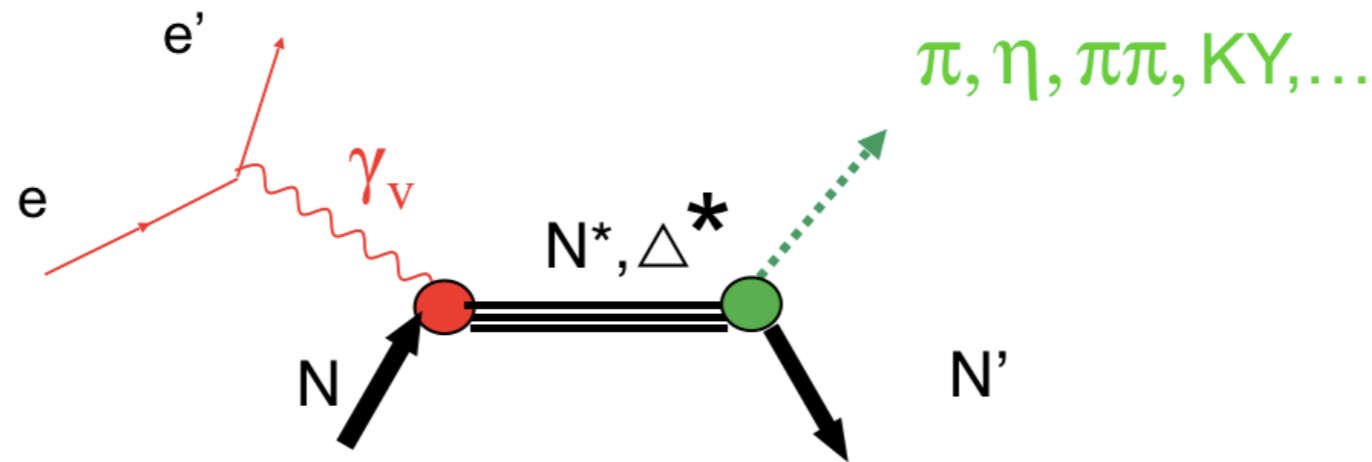
 Jefferson Lab



РЕАКЦИЯ ЭКСКЛЮЗИВНОГО ДВУХПИОННОГО ЭЛЕКТРОРОЖДЕНИЯ НА ДЕТЕКТОРЕ CLAS12

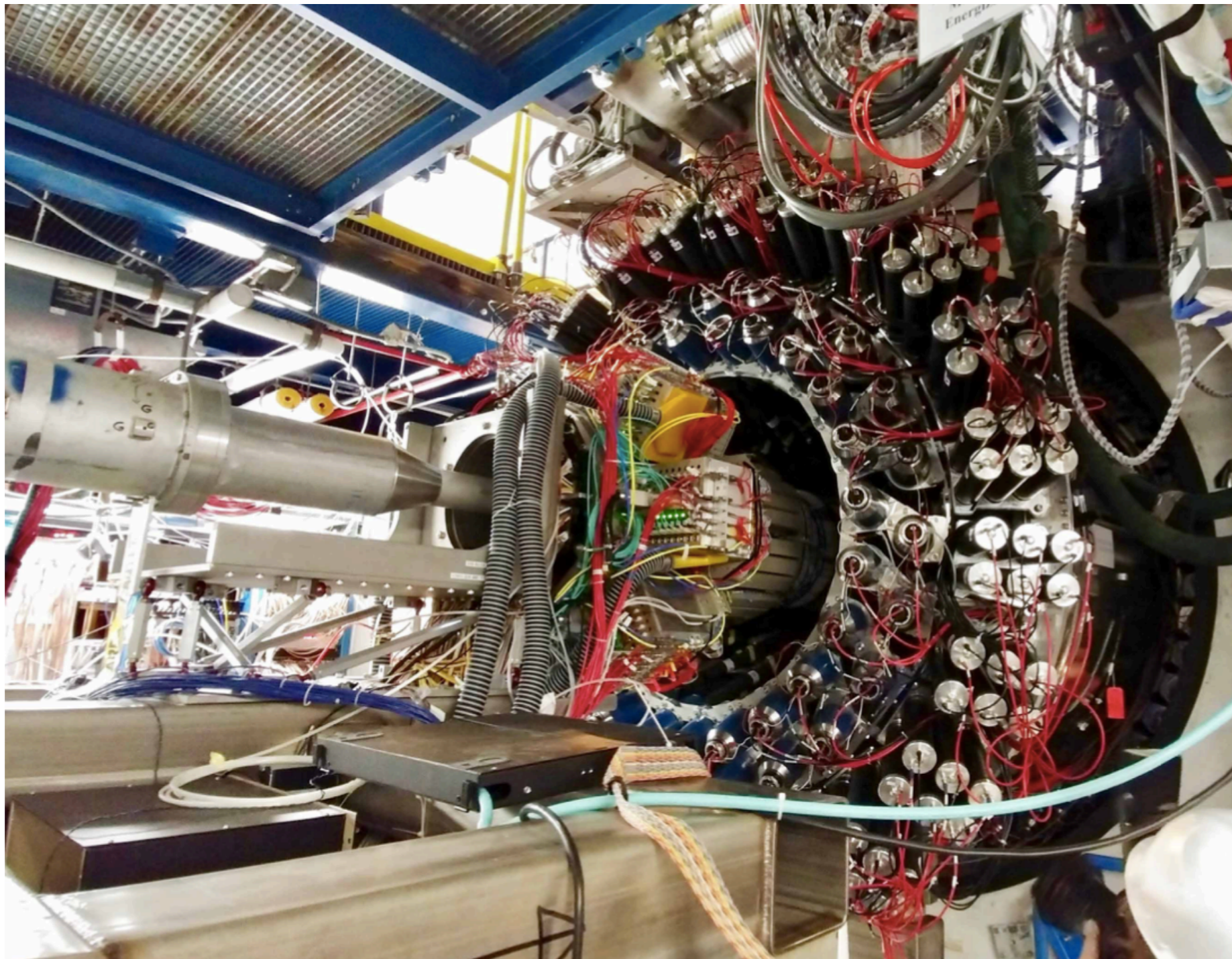
Фролова Анна Сергеевна

Введение



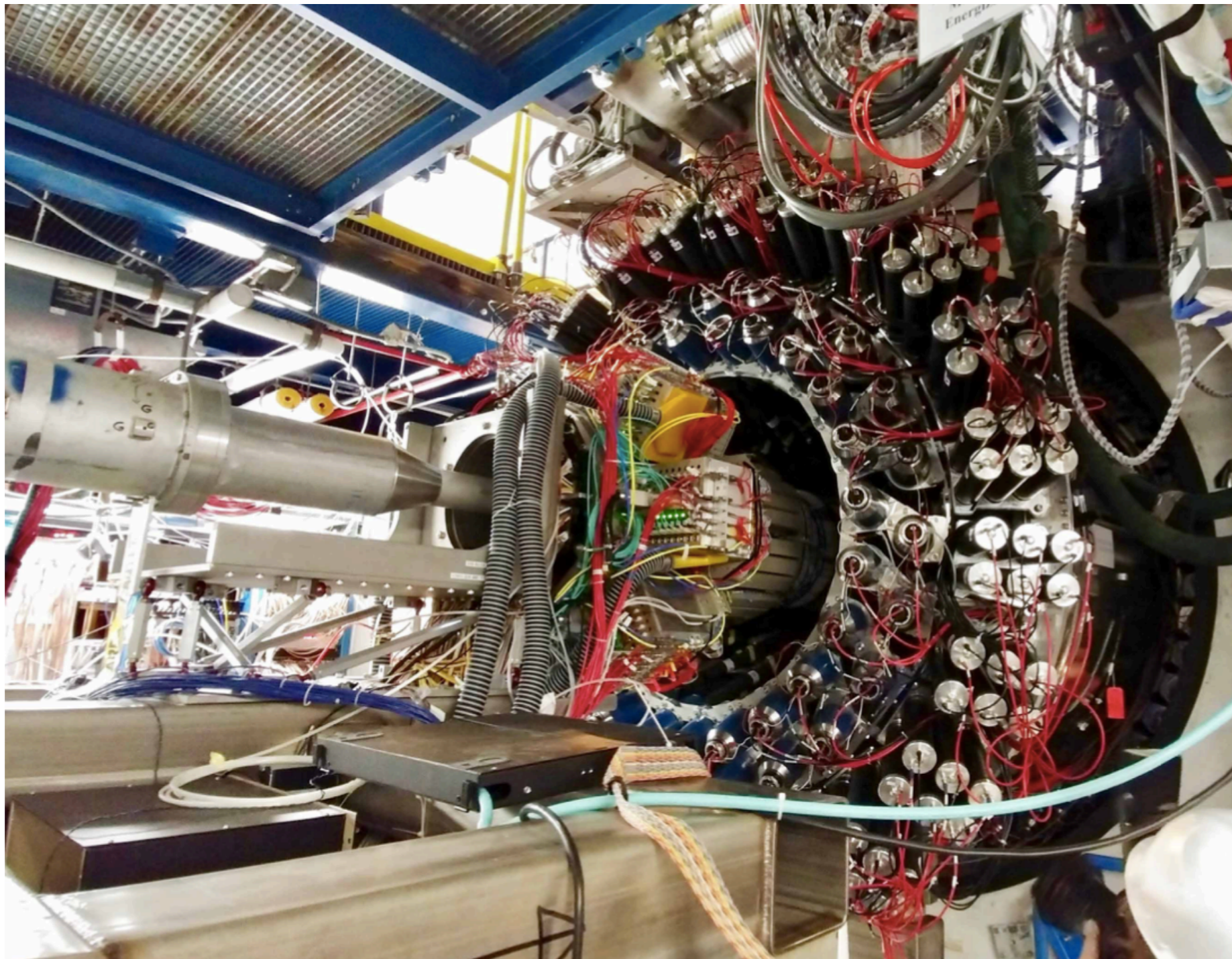
Эксклюзивные каналы реакции	Возбужденные состояния протона	Диапазон квадратов переданных импульсов Q^2 в реакции электророждения $\gamma_v p N^*$, ГэВ ²
$\pi^+ n, \pi^0 p$	$\Delta(1232)3/2^+$, $N(1440)1/2^+$, $N(1520)3/2^-$, $N(1535)1/2^-$	0.16—6.00 0.30—4.16
$\pi^+ n$	$N(1675)5/2^-$, $N(1680)5/2^+$, $N(1710)1/2^+$	1.60—4.50
ηp	$N(1535)1/2^-$	0.20—2.90
$\pi^+ \pi^- p$	$N(1440)1/2^+$, $N(1520)3/2^-$ $\Delta(1620)1/2^-$, $N(1650)1/2^-$, $N(1680)5/2^+$ $\Delta(1700)3/2^-$, $N(1720)3/2^+$, $N'(1720)3/2^+$	0.25—1.50 0.50—1.50

В таблице представлены нуклонные резонансы, для которых получены амплитуды электровозбуждения из анализа данных CLAS по эксклюзивным каналам электророждения мезонов на протонах в резонансной области.



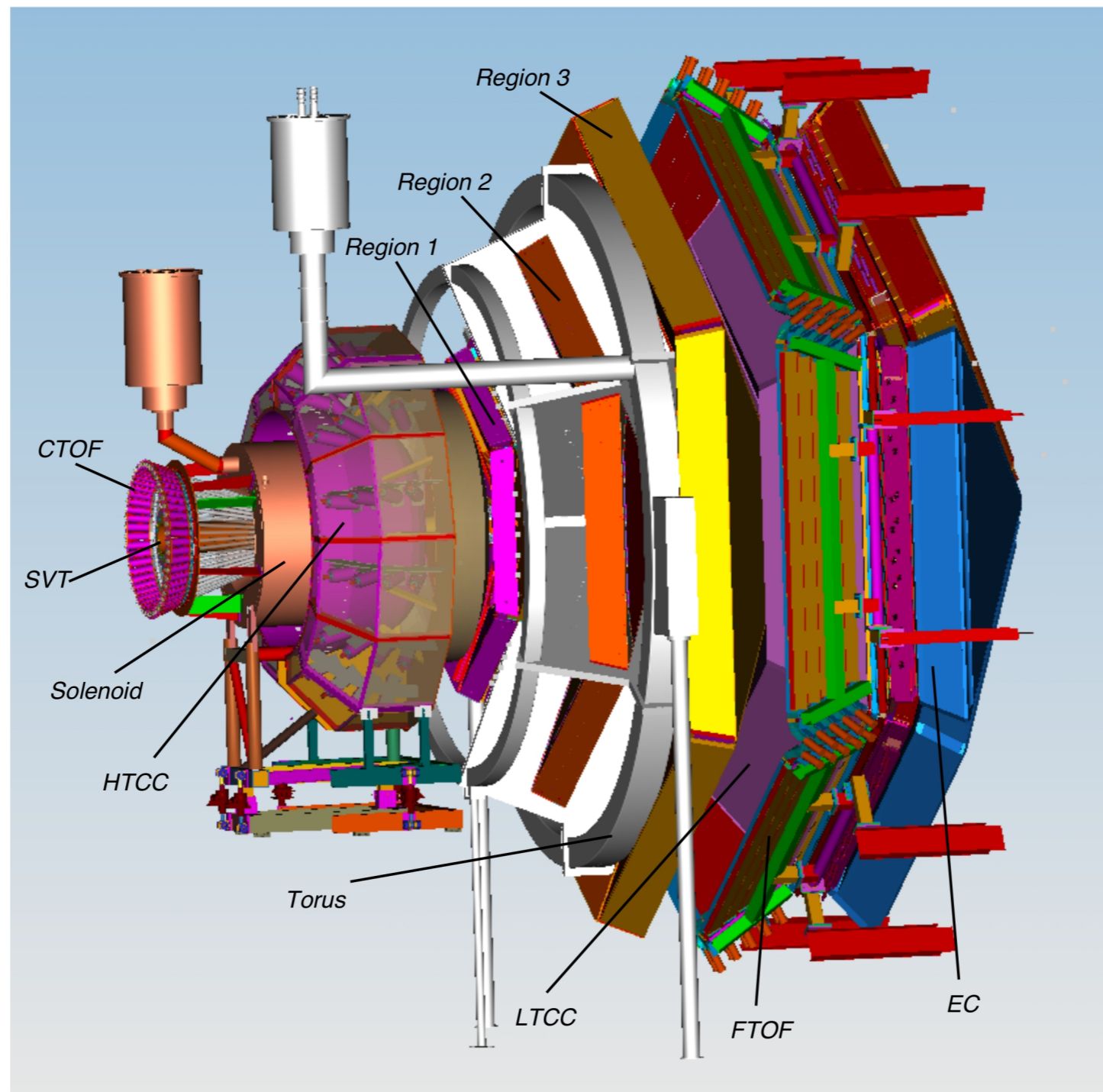
Ускоритель СЕВАФ

Энергия непрерывного пучка электронов до 11 ГэВ,
светимость — $10^{35} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$



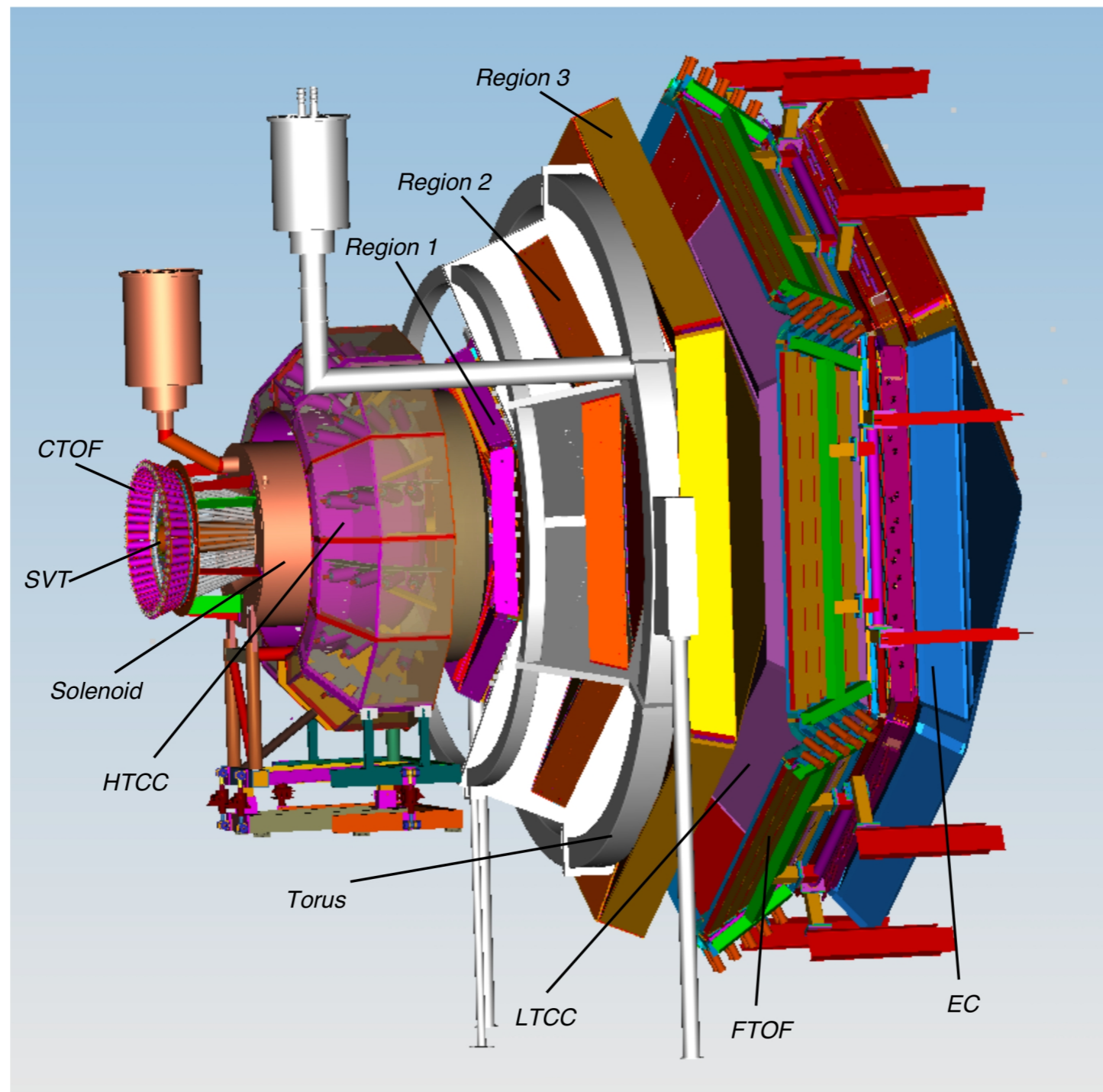
Ускоритель СЕВАФ

Энергия непрерывного пучка электронов до 11 ГэВ,
светимость — $10^{35} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$



Детектор CLAS12

Практически полное угловое покрытие. Две большие подсистемы:
Центральный (CD) и Передний (FD) детекторы



Детектор CLAS12

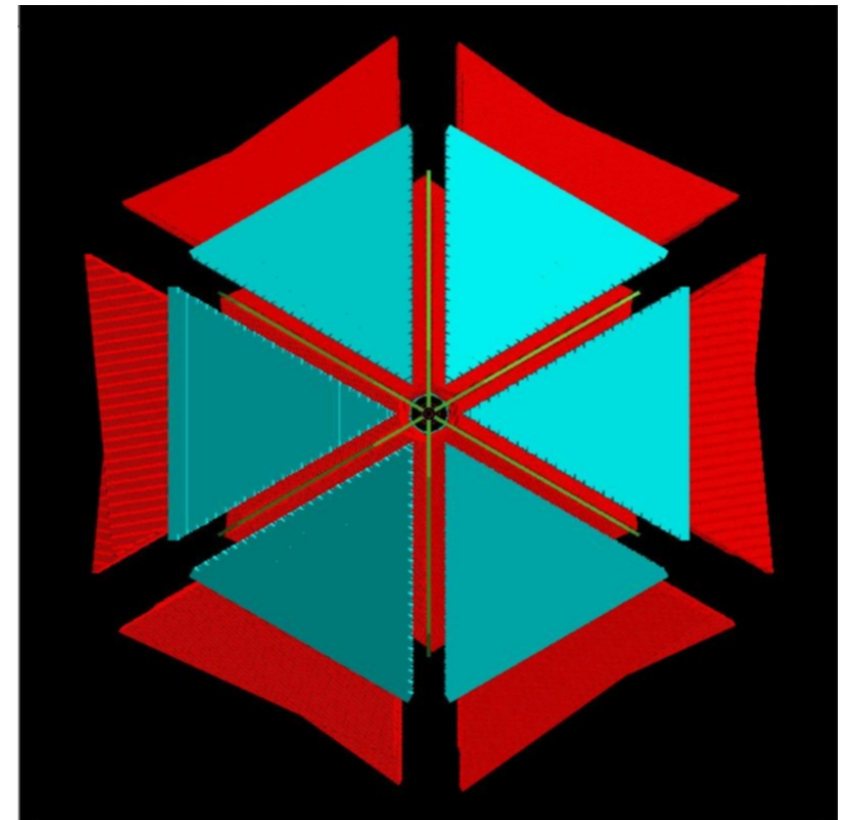
Практически полное угловое покрытие. Две большие подсистемы:
Центральный (CD) и Передний (FD) детекторы

Данные RG-K

Условия эксперимента – осень 2018	
Ток Тороида	100% (3375 A) - negative outbending
Соленоид	-100 %
Энергия пучка	6.535 ГэВ
FT	OFF
Пучок/Мишень	Поляризованные электроны/ неполяризованная мишень из жидкого H ₂
Светимость	10 ³⁵ см ⁻² с ⁻¹ @ 6.5 ГэВ Полная светимость
Ток пучка	60 нА

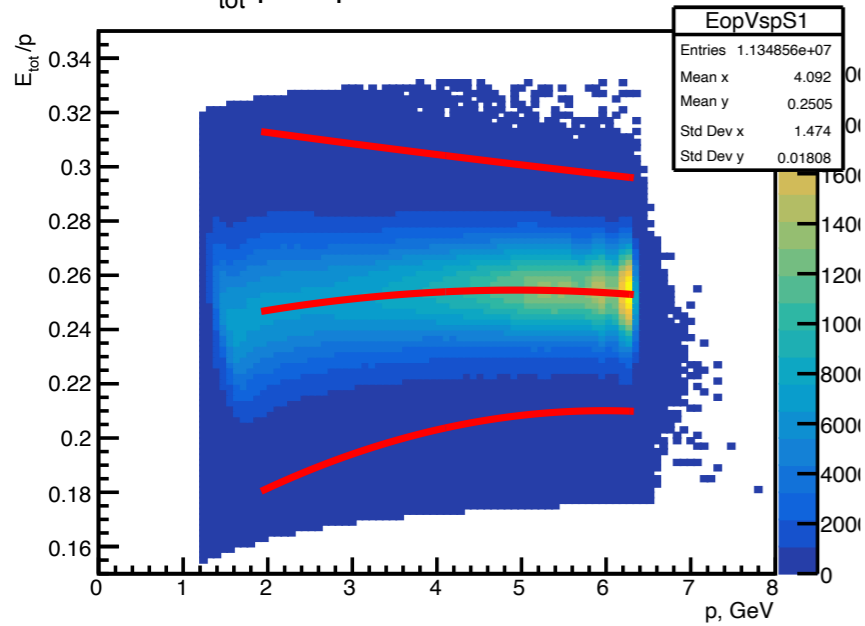
Отбор событий реакции $ep \rightarrow e\pi^+\pi^-p$

- Фиксируем все адроны в конечном состоянии: p, π^+, π^-
- Отбрасываем события, содержащие другие заряженные частицы
- Инвариантная масса конечных адронов $W > 1.2$ ГэВ
- Стандартные отборы для электронов:
 - электрон в переднем детекторе,
 - импульс электрона ($1.0 \text{ GeV} \leq p_{el} \leq 6.535 \text{ GeV}$),
 - координата вершины ($-10 \leq vz_{el} \leq 2$),
 - время пролета ($21 < \text{TOF}_{el} \leq 26$),
 - отбор на загрязнение пионами
 - отбор на энергию, оставленную в калориметре (sampling fraction cut)
 - геометрические отборы в калориметре и дрейфовой камере

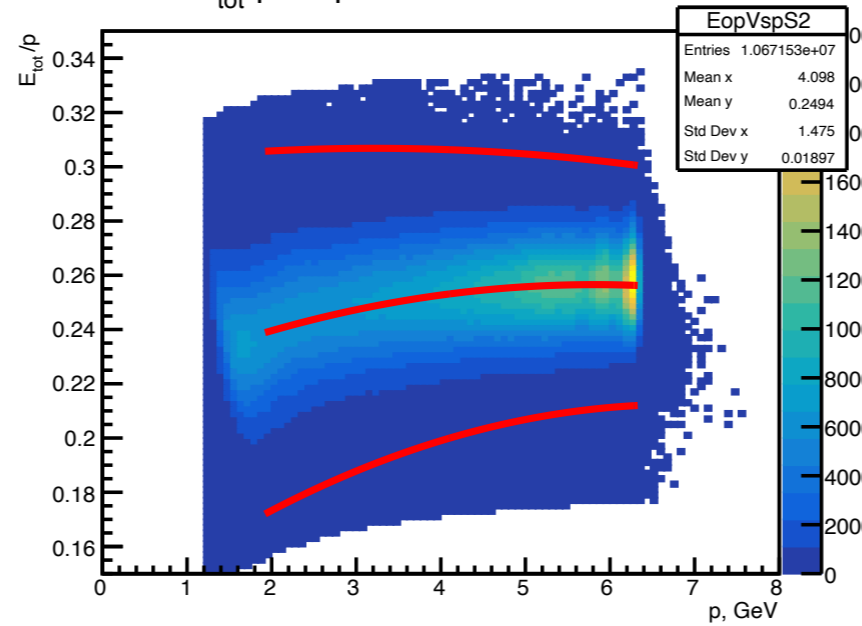


Отбор по энергии, оставленной в калориметре (E_{tot})

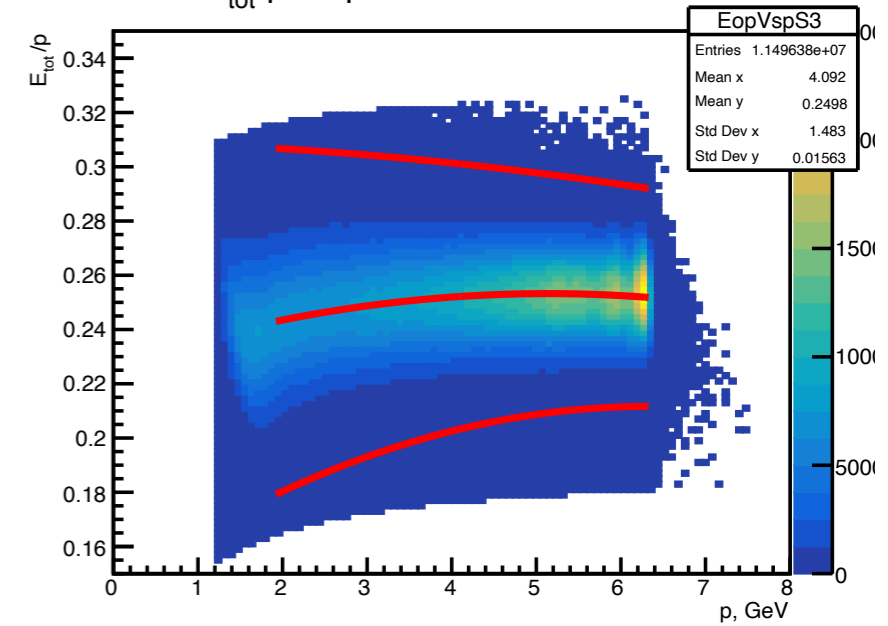
E_{tot}/p Vs p for the electron in S1



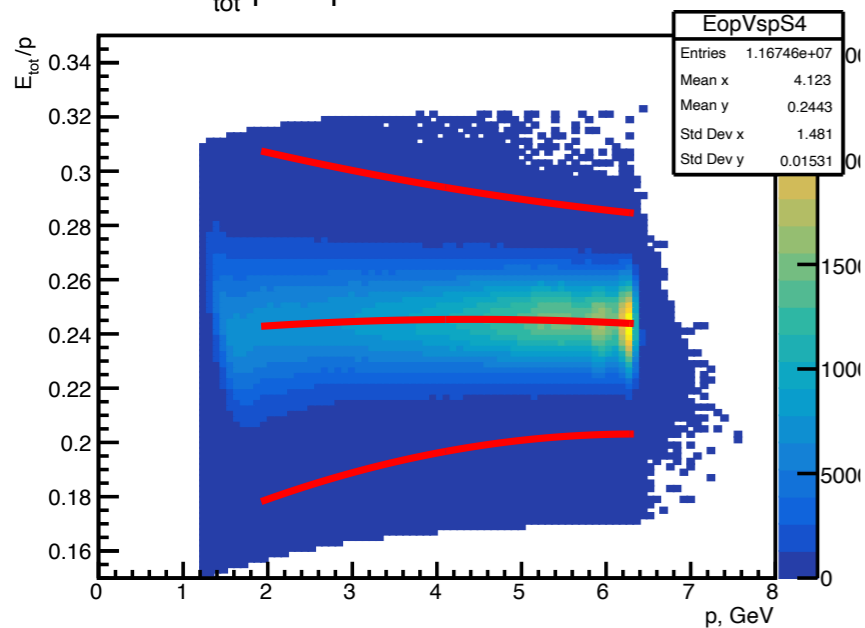
E_{tot}/p Vs p for the electron in S2



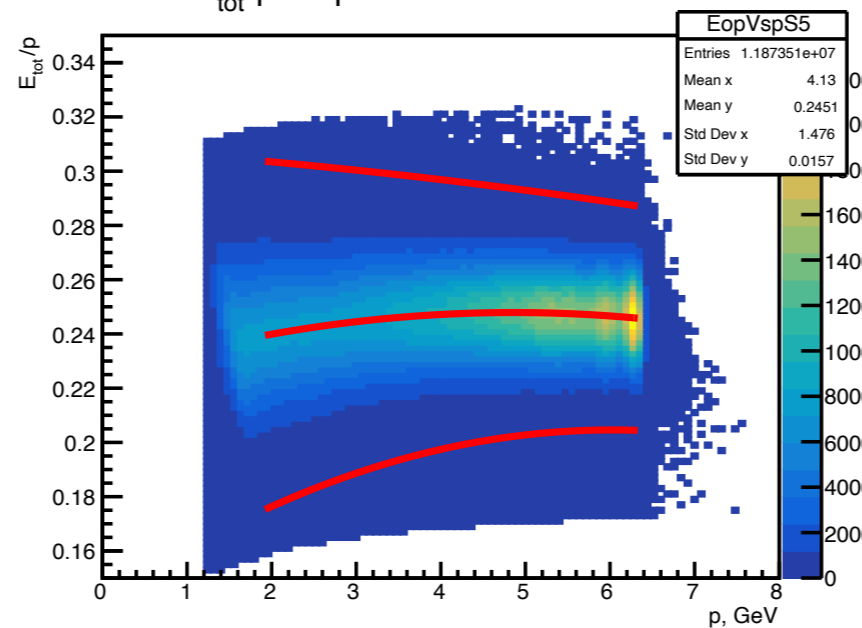
E_{tot}/p Vs p for the electron in S3



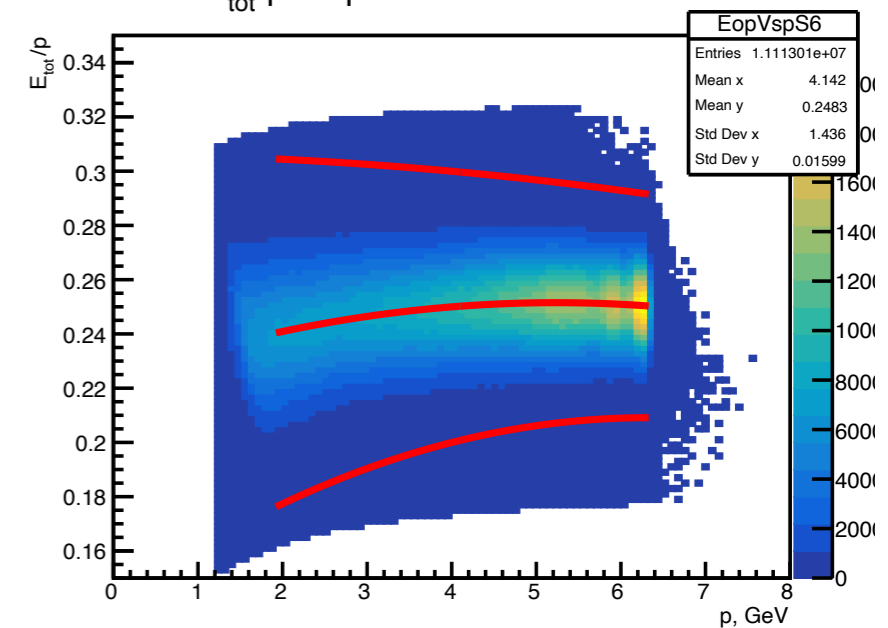
E_{tot}/p Vs p for the electron in S4



E_{tot}/p Vs p for the electron in S5

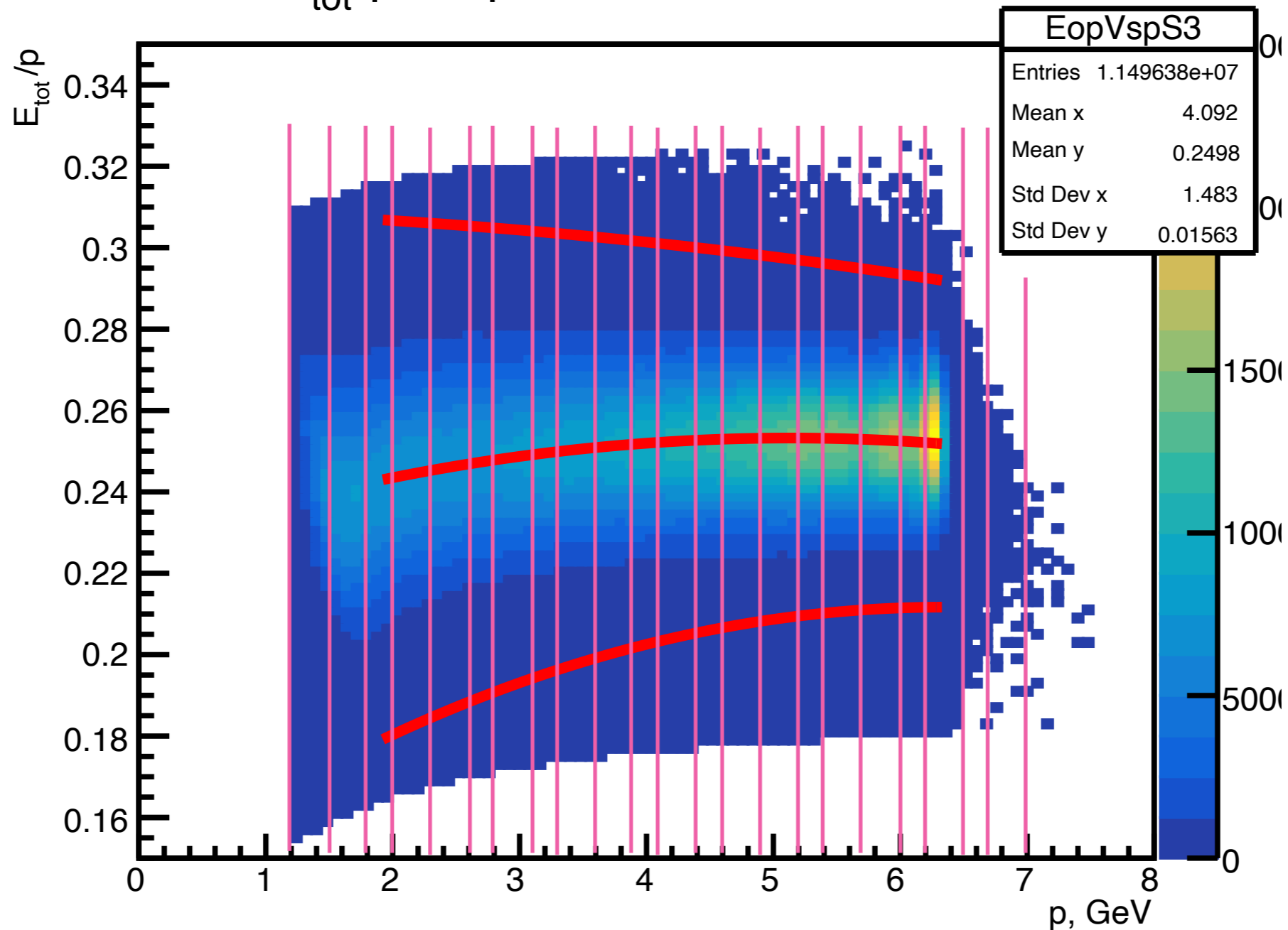


E_{tot}/p Vs p for the electron in S6

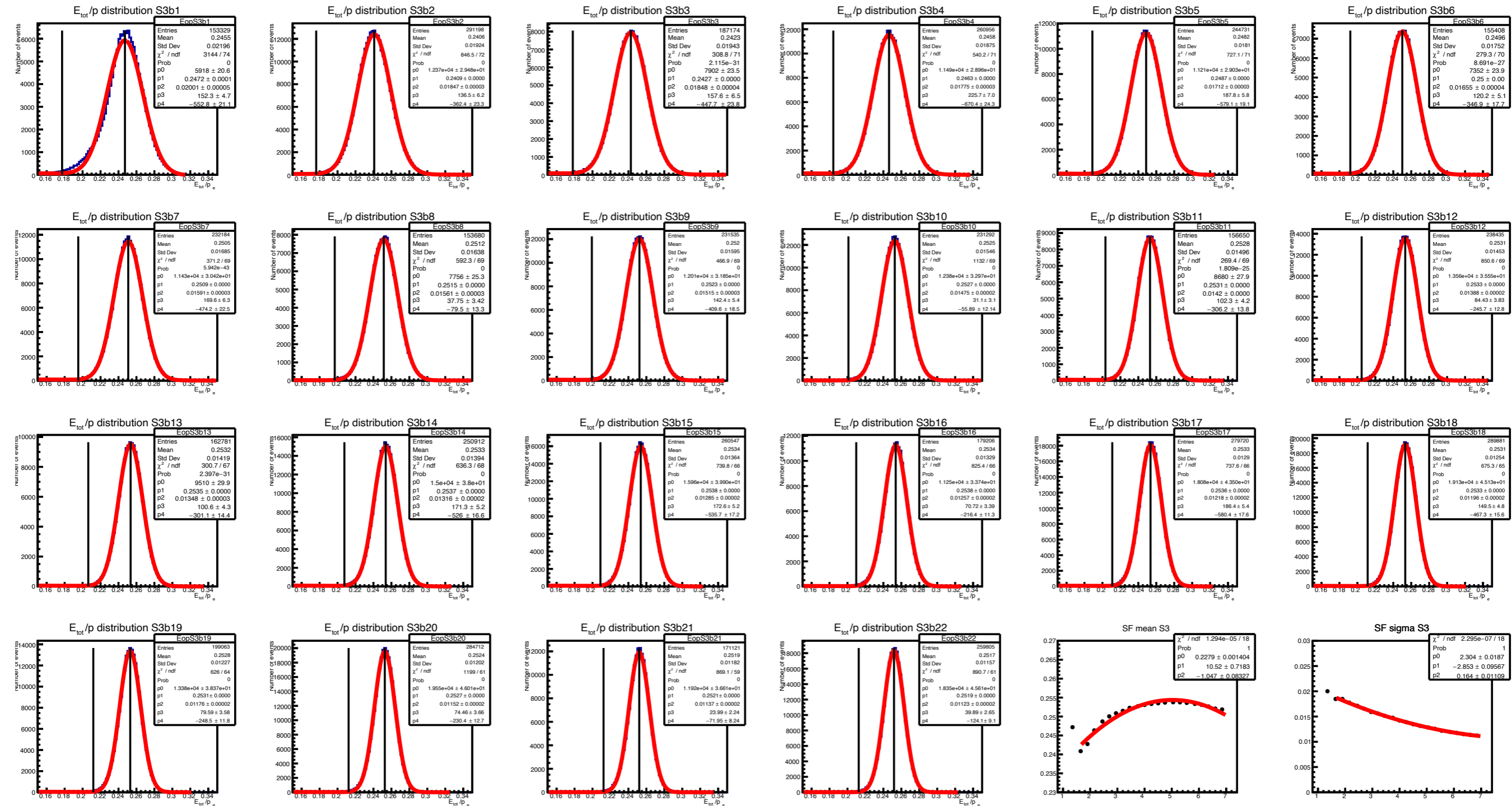


Отбор по энергии, оставленной в калориметре (E_{tot})

E_{tot}/p Vs p for the electron in S3



Одномерные распределения в срезах по импульсу



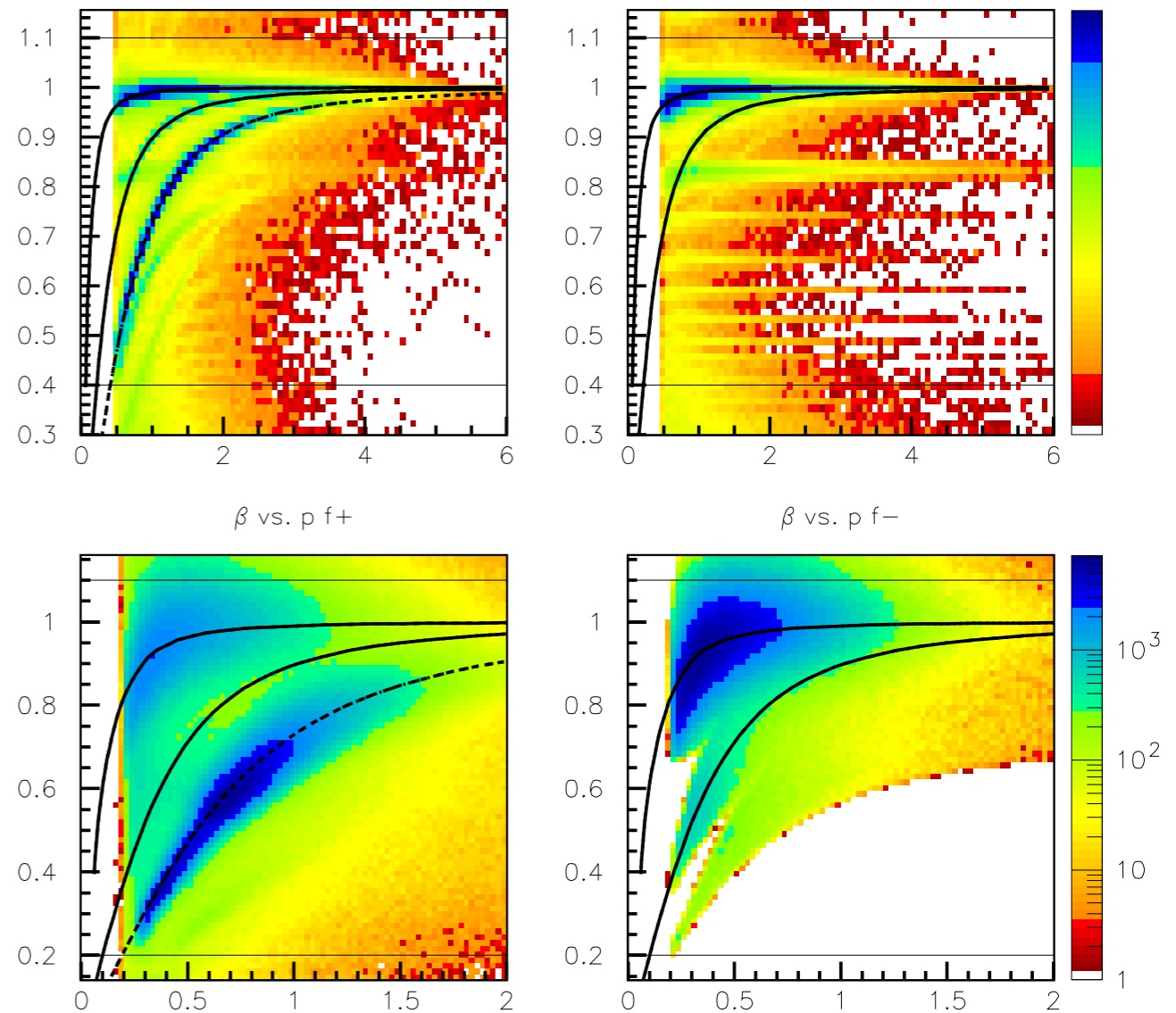
Параметризация стандартного отбора по (E_{tot}) в 3.5 сигма

- $-3,5\sigma$: $p_0 + \frac{p_1 \cdot x}{1000} + \frac{p_2 \cdot x^2}{1000}$
- $+3,5\sigma$: $p'_0 + \frac{p'_1 \cdot x}{1000} + \frac{p'_2 \cdot x^2}{1000}$

параметры секторы	p0	p1	p2	p0'	p1'	p2'
S1	0,145	21,6	-1,81	0,321	-4,58	-0,086
S2	0,134	23,0	-1,07	0,300	4,18	-0,650
S3	0,145	21,1	-1,66	0,309	-0,712	-0,322
S4	0,152	16,1	-1,27	0,322	-8,78	0,434
S5	0,141	21,0	-1,74	0,308	-2,01	-0,211
S6	0,141	21,52	-1,70	0,306	-0,253	-0,328

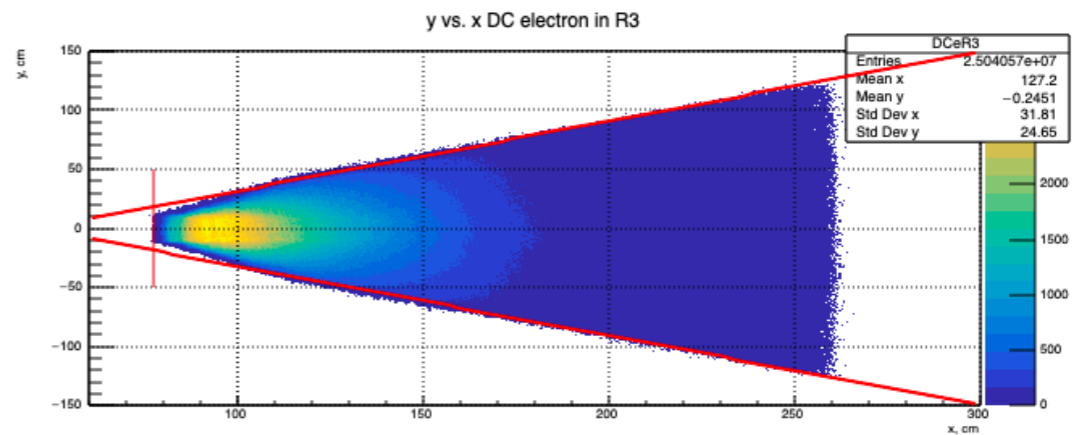
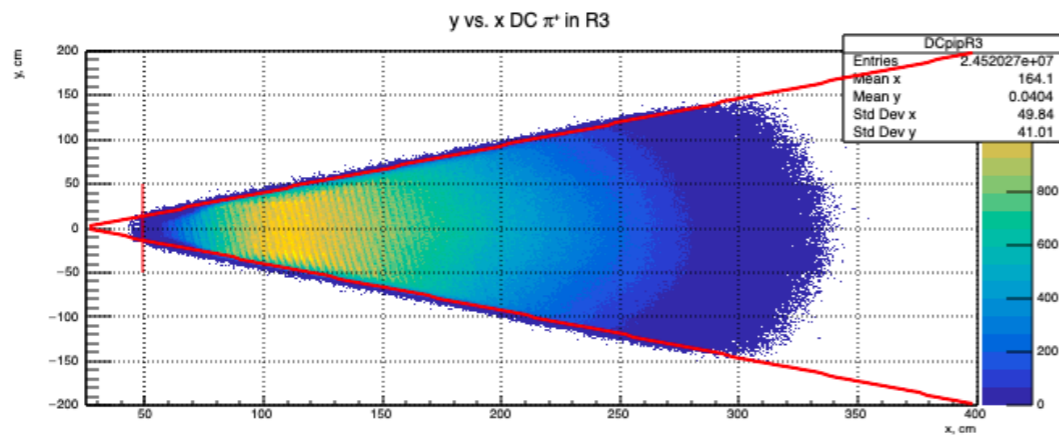
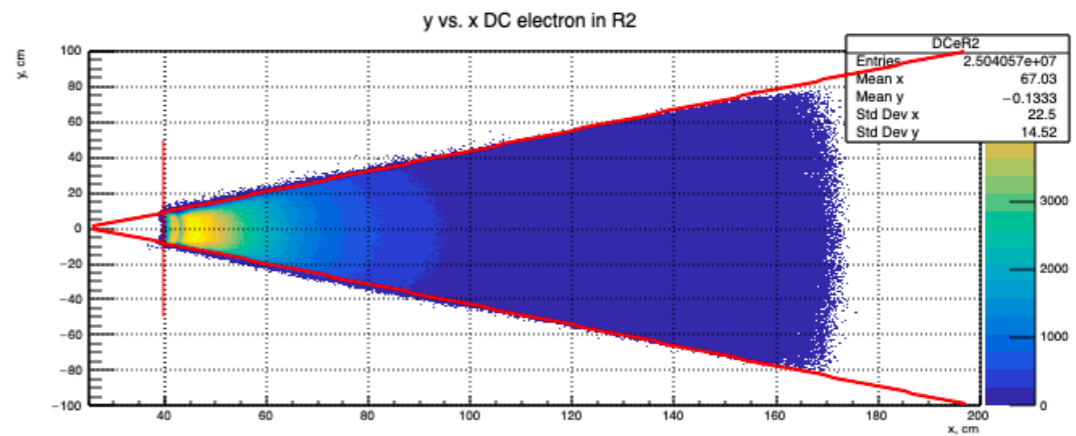
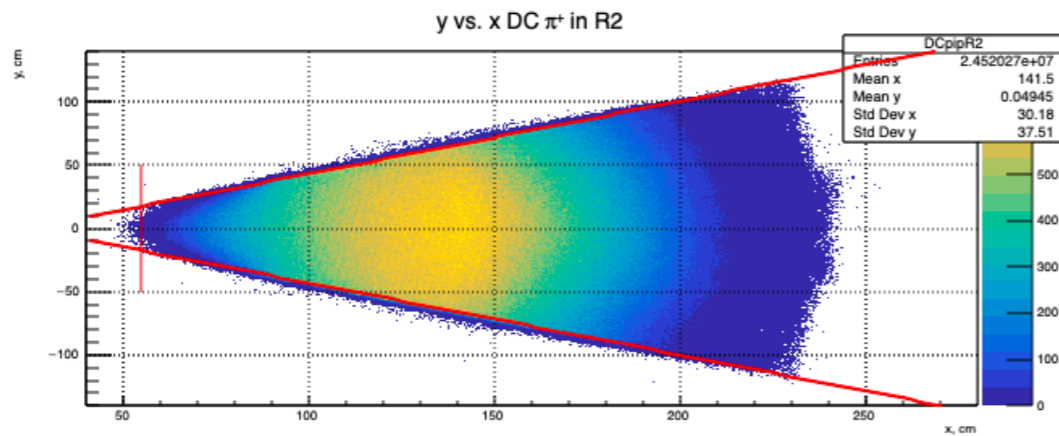
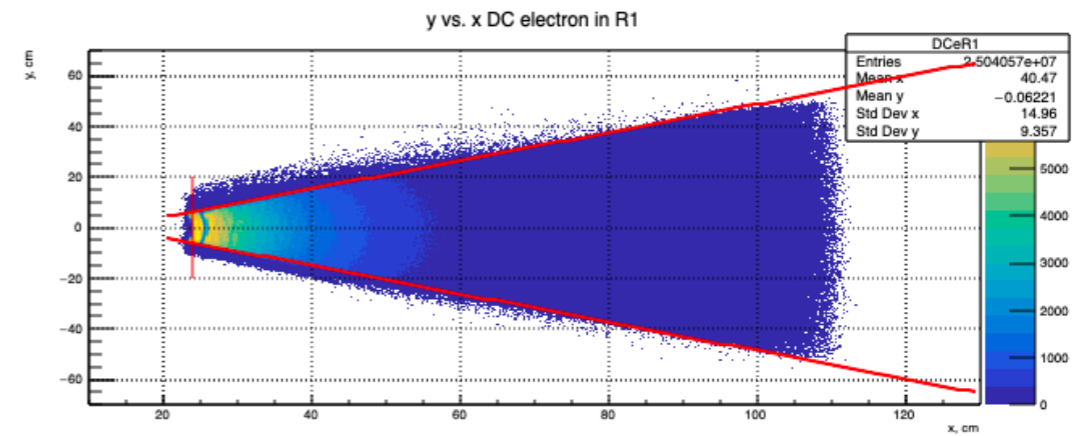
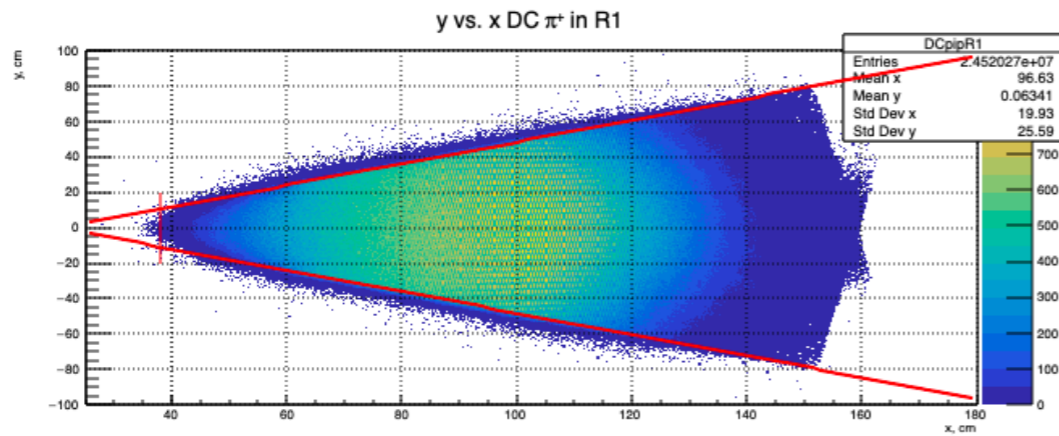
Отборы для адронов

- Стандартные отборы для адронов:
 - импульсы адронов ($p_h \geq 0.4$ ГэВ в FD и $p_h \geq 0.2$ GeV в CD),
 - координата вершины ($-10 \leq v_{Z_h} \leq 2$),
 - β vs. p отбор,
 - геометрические отборы в дрейфовой камере



Распределения β vs. p для положительных (слева) и отрицательных (справа) адронов в FD (сверху) и CD (снизу).

Геометрические отборы в дрейфовой камере



Геометрические отборы в дрейфовой камере

electron/π^-	R1	R2	R3
y <	$0,556 \cdot x - 6,878$	$0,578 \cdot x - 13,898$	$0,591 \cdot x - 27,459$
y >	$-0,56 \cdot x + 7,482$	$-0,577 \cdot x + 14,851$	$-0,588 \cdot x + 26,912$
x >	24,052	39,705	77,755

proton/π^+	R1	R2	R3
y <	$0,610 \cdot x - 12,720$	$0,573 \cdot x - 13,949$	$0,527 \cdot x - 11,998$
y >	$-0,604 \cdot x + 12,159$	$-0,569 \cdot x + 13,891$	$-0,530 \cdot x + 13,372$
x >	38,02	54,88	49,0

Недостающие и инвариантные массы для реакции



$$MM_X^2 = (p_{\gamma_v} + p_p - (p_{p'} + p_{\pi^+} + p_{\pi^-}))^2,$$

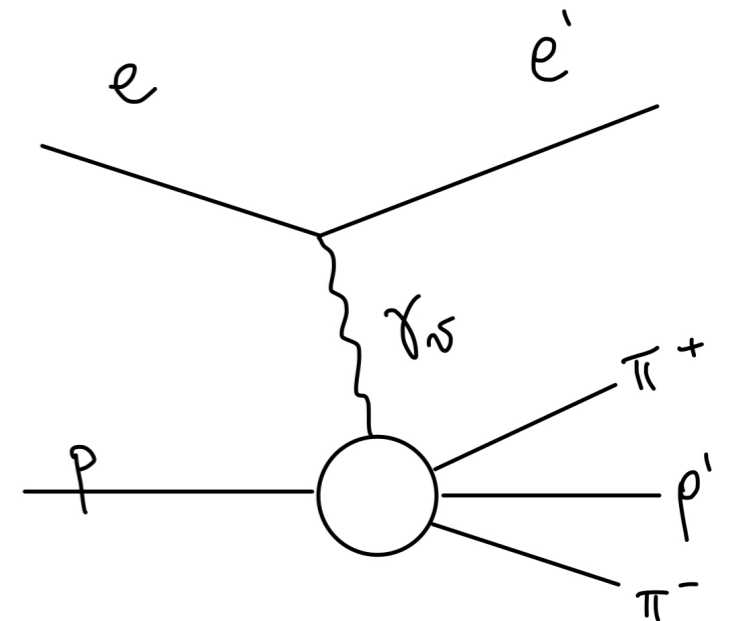
$$MM_{p'}^2 = (p_{\gamma_v} + p_p - (p_{\pi^+} + p_{\pi^-}))^2,$$

$$MM_{\pi^+}^2 = (p_{\gamma_v} + p_p - (p_{p'} + p_{\pi^-}))^2,$$

$$MM_{\pi^-}^2 = (p_{\gamma_v} + p_p - (p_{p'} + p_{\pi^+}))^2,$$

$$M_{\pi^+\pi^-} = \sqrt{(p_{\pi^+} + p_{\pi^-})^2}, \quad M_{\pi^+p'} = \sqrt{(p_{\pi^+} + p_{p'})^2},$$

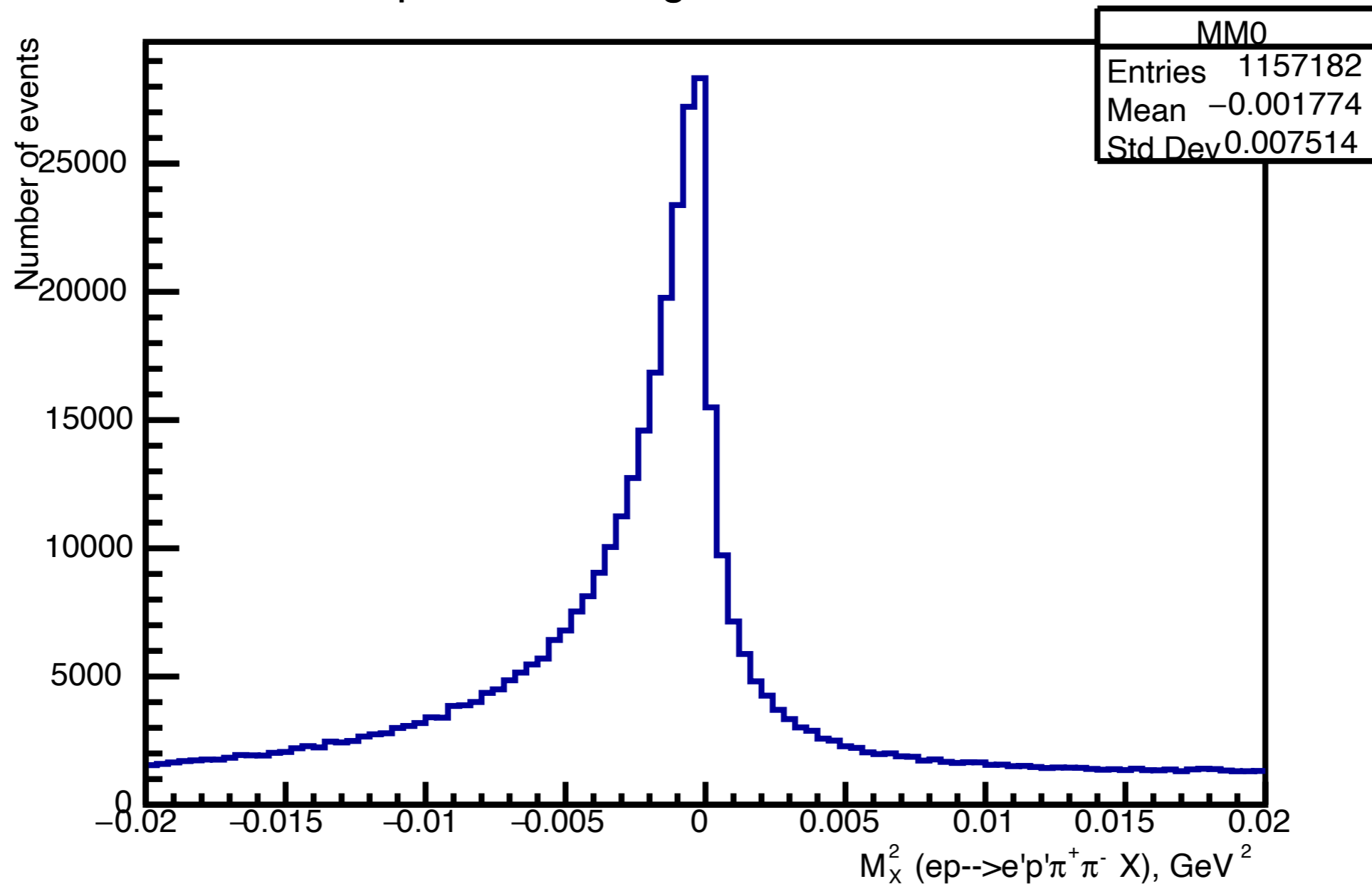
$$M_{\pi^-p'} = \sqrt{(p_{\pi^-} + p_{p'})^2}.$$

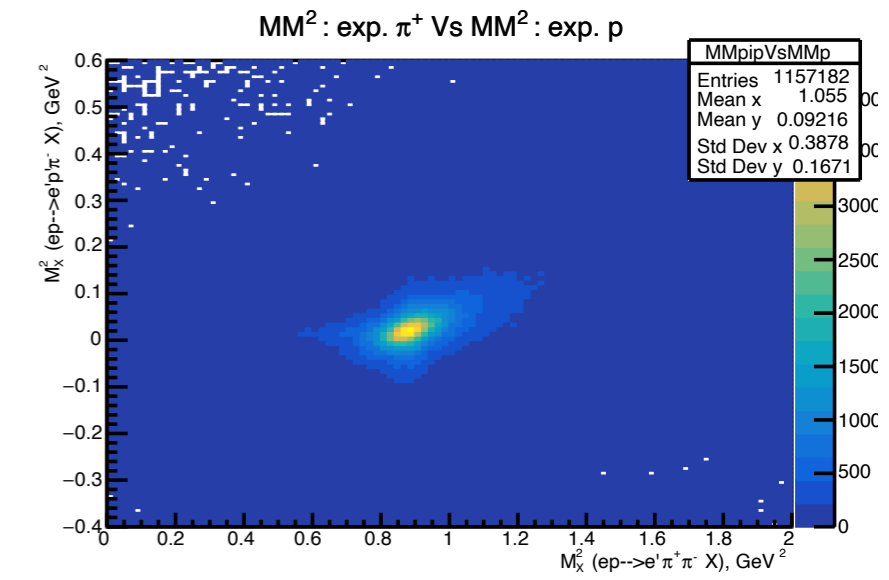
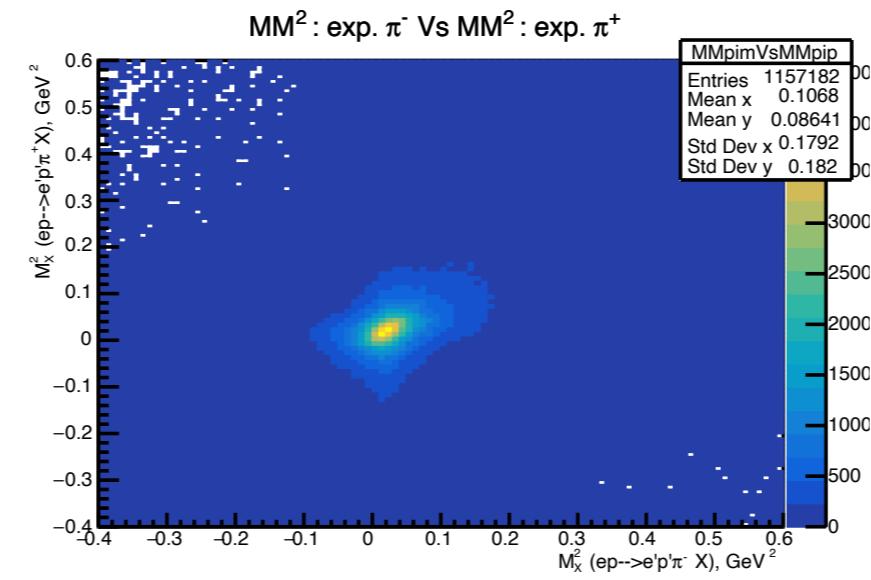
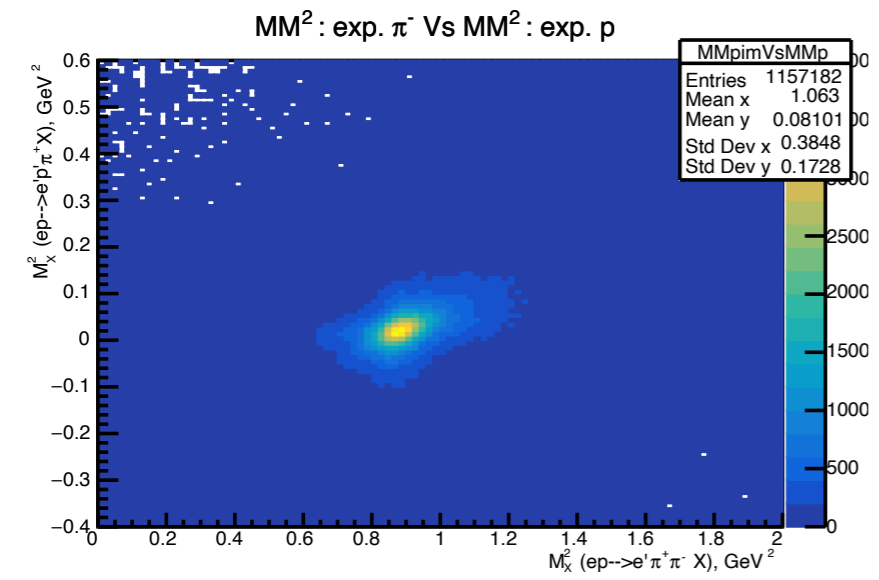
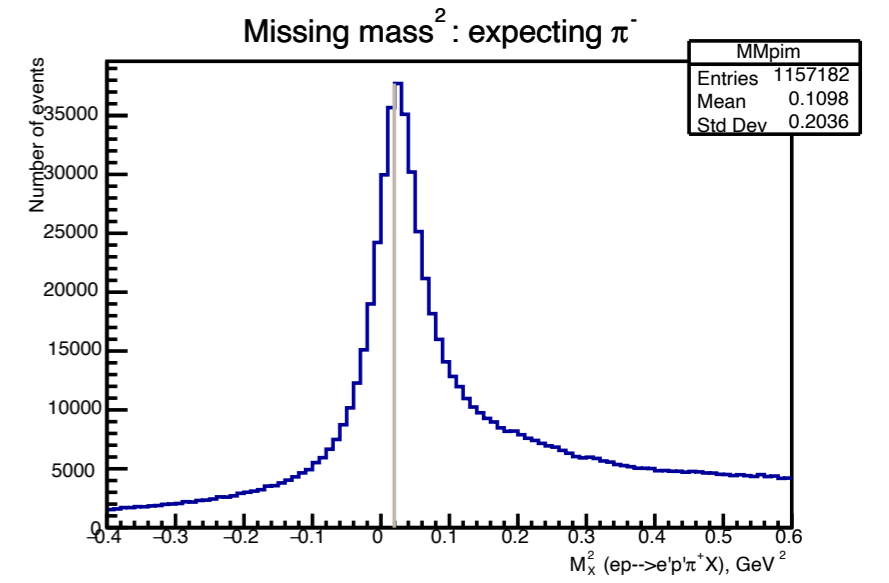
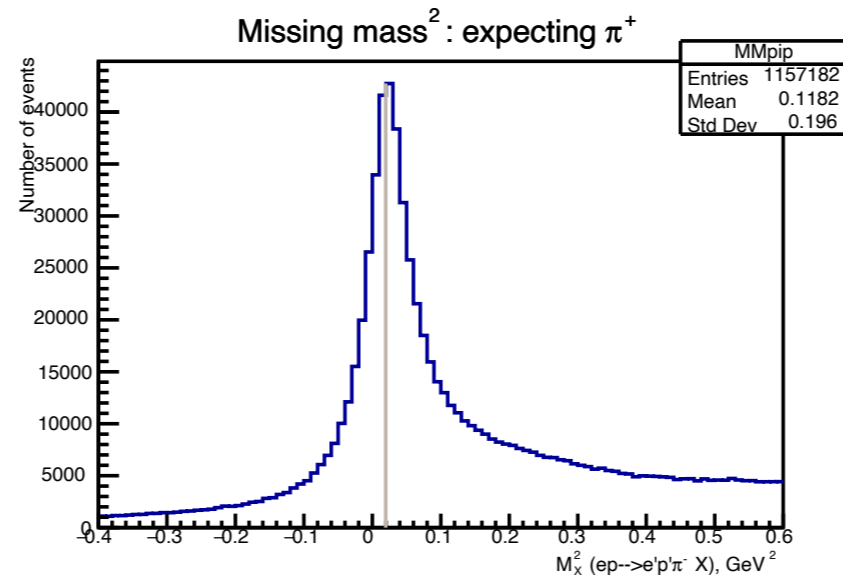
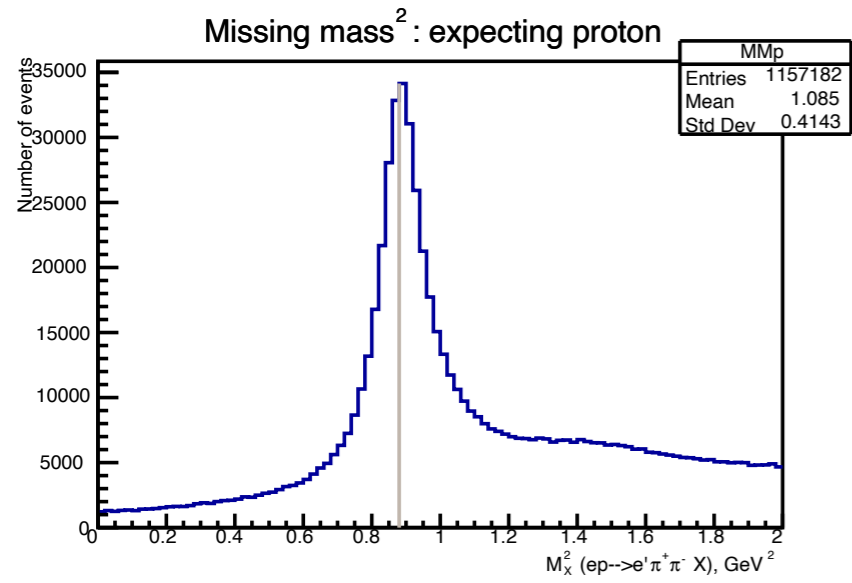
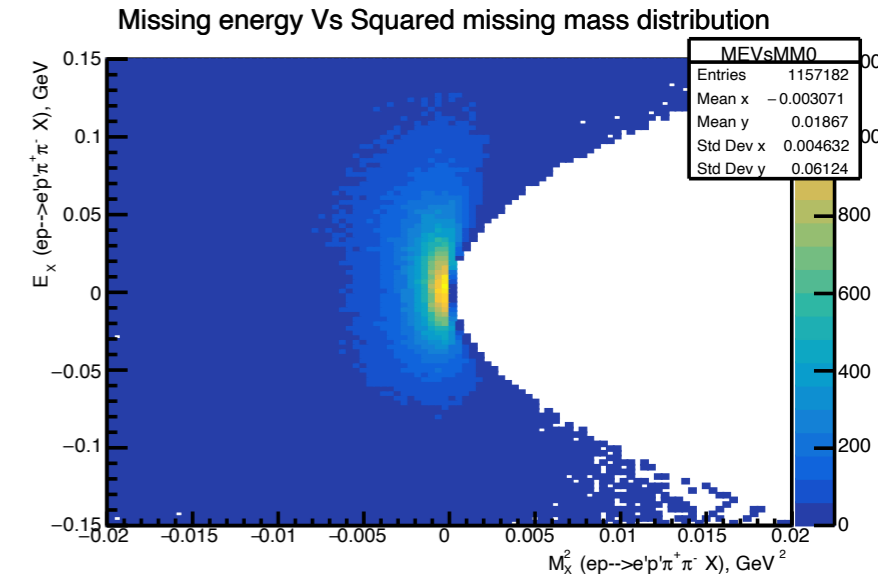
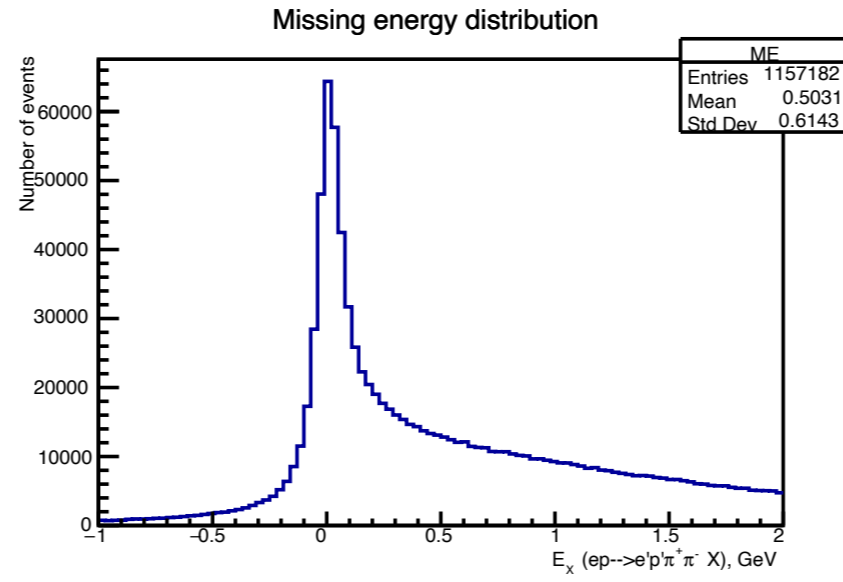
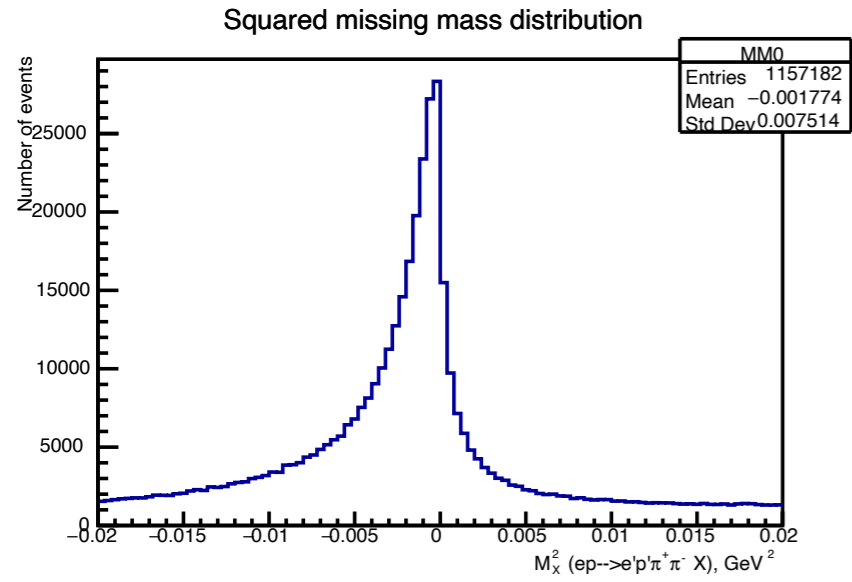


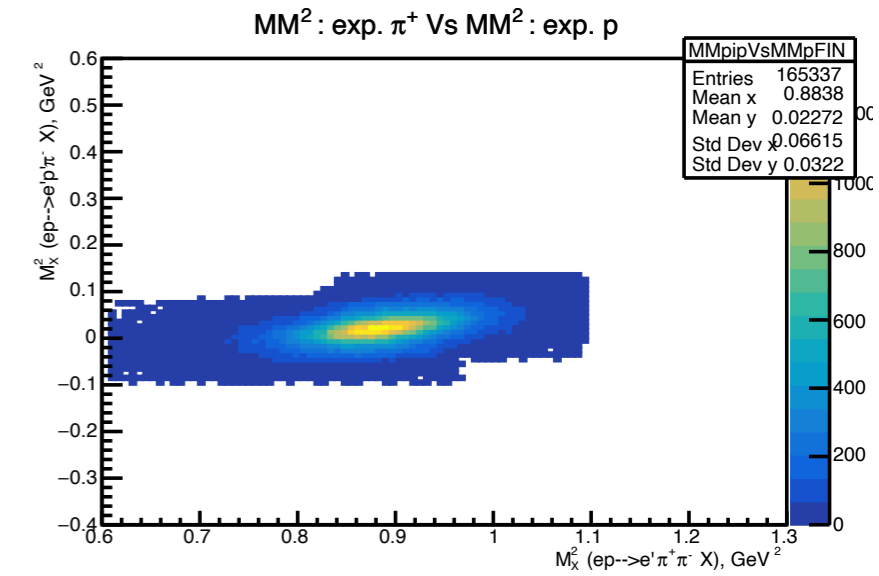
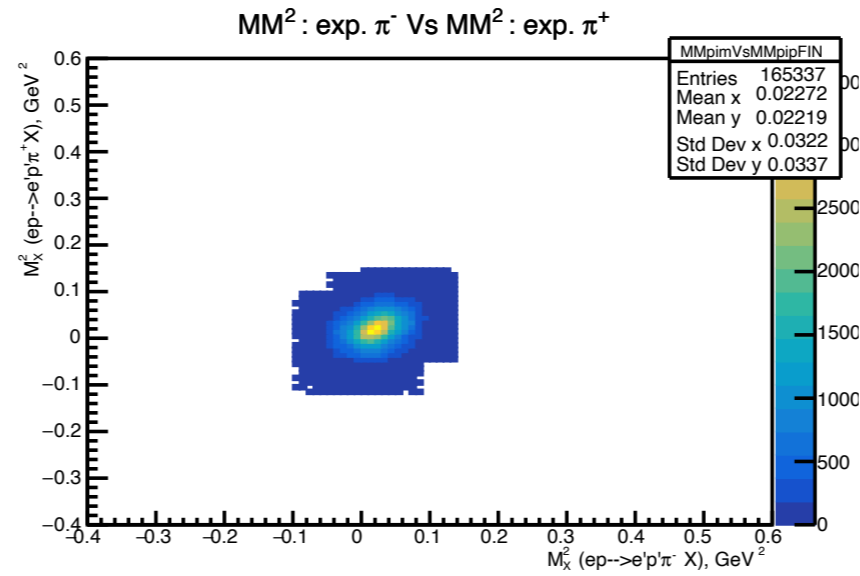
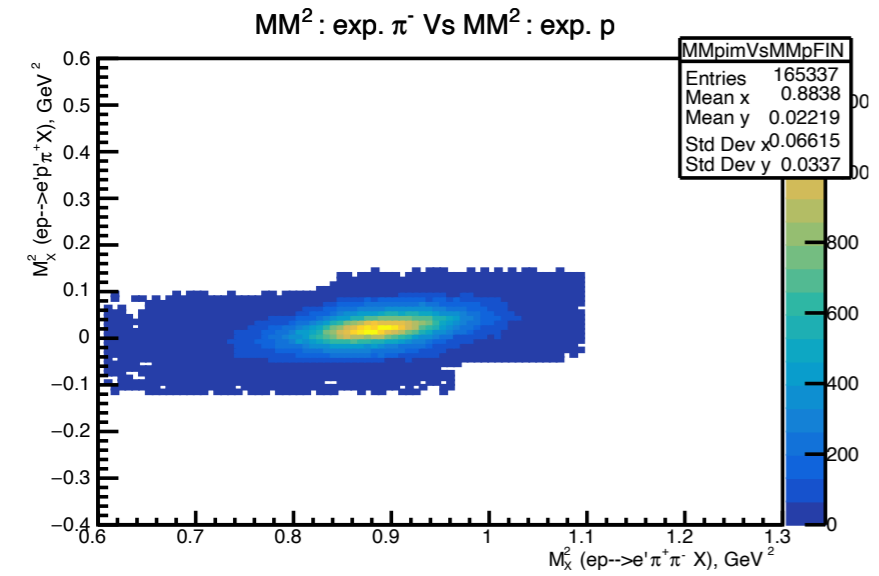
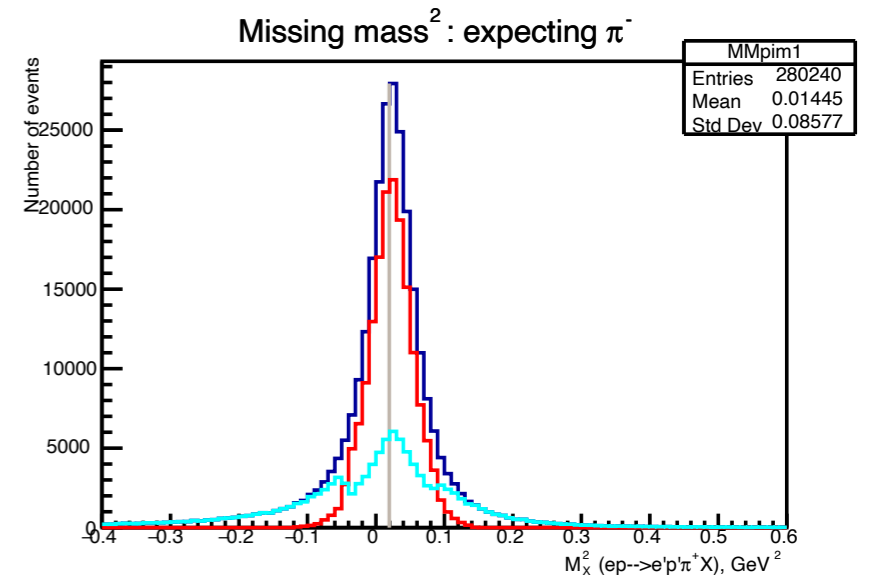
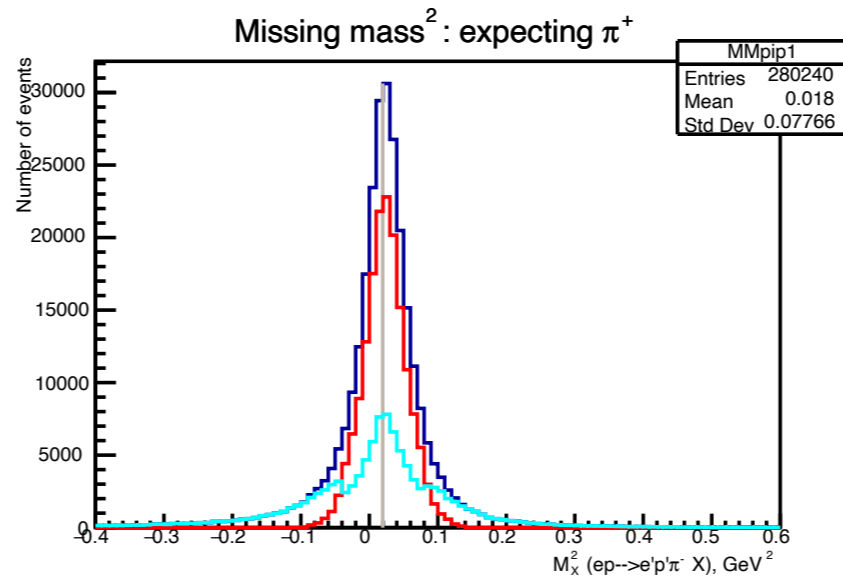
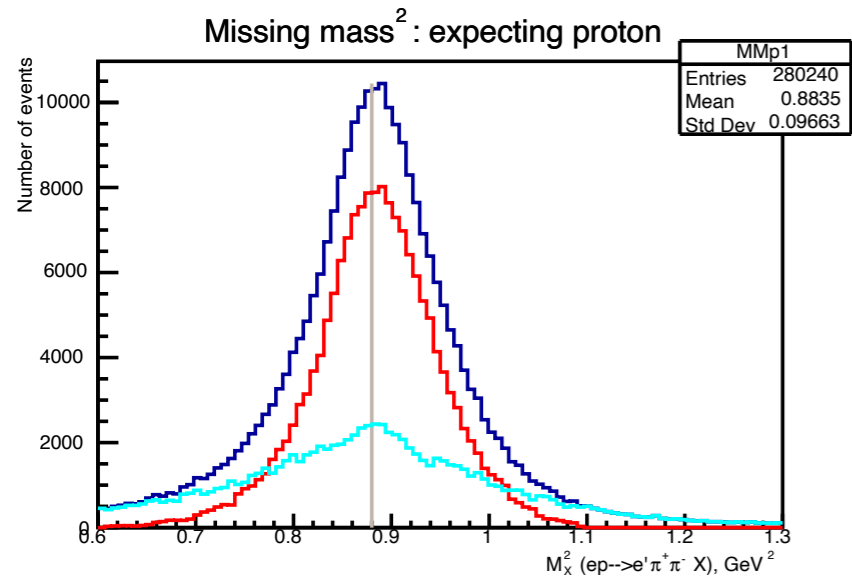
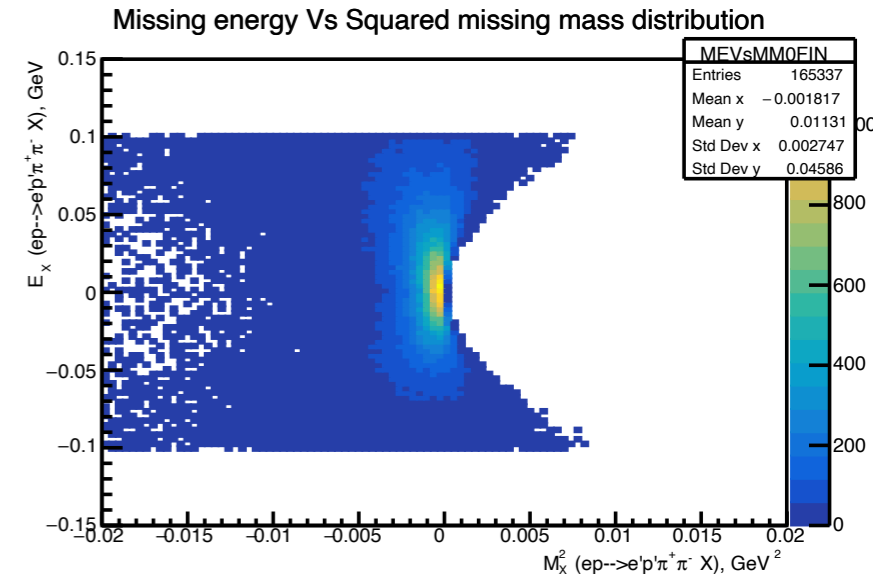
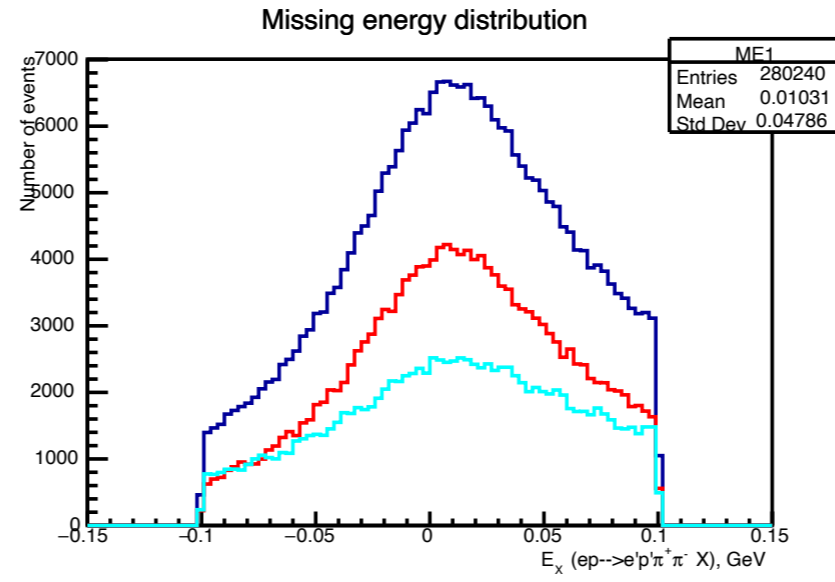
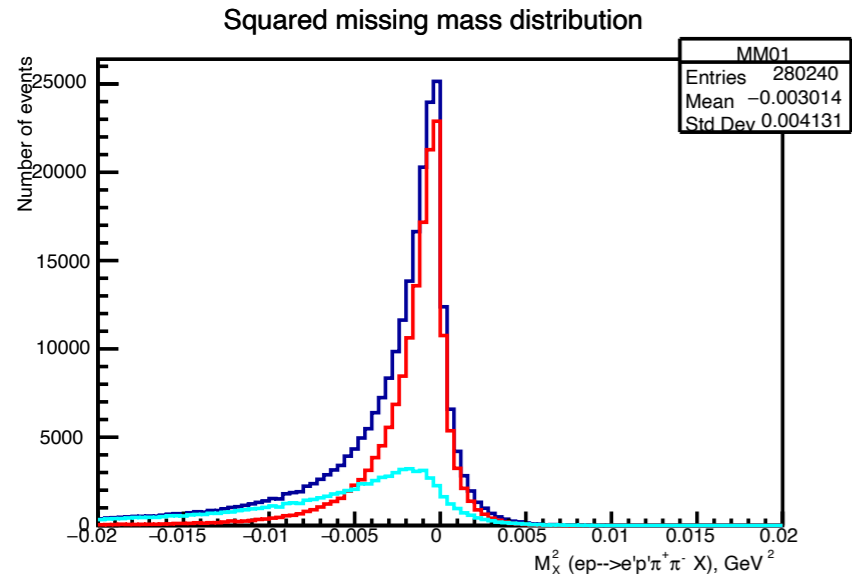
Квадрат недостающей массы

$ep \rightarrow e\pi^+\pi^-p$

Squared missing mass distribution

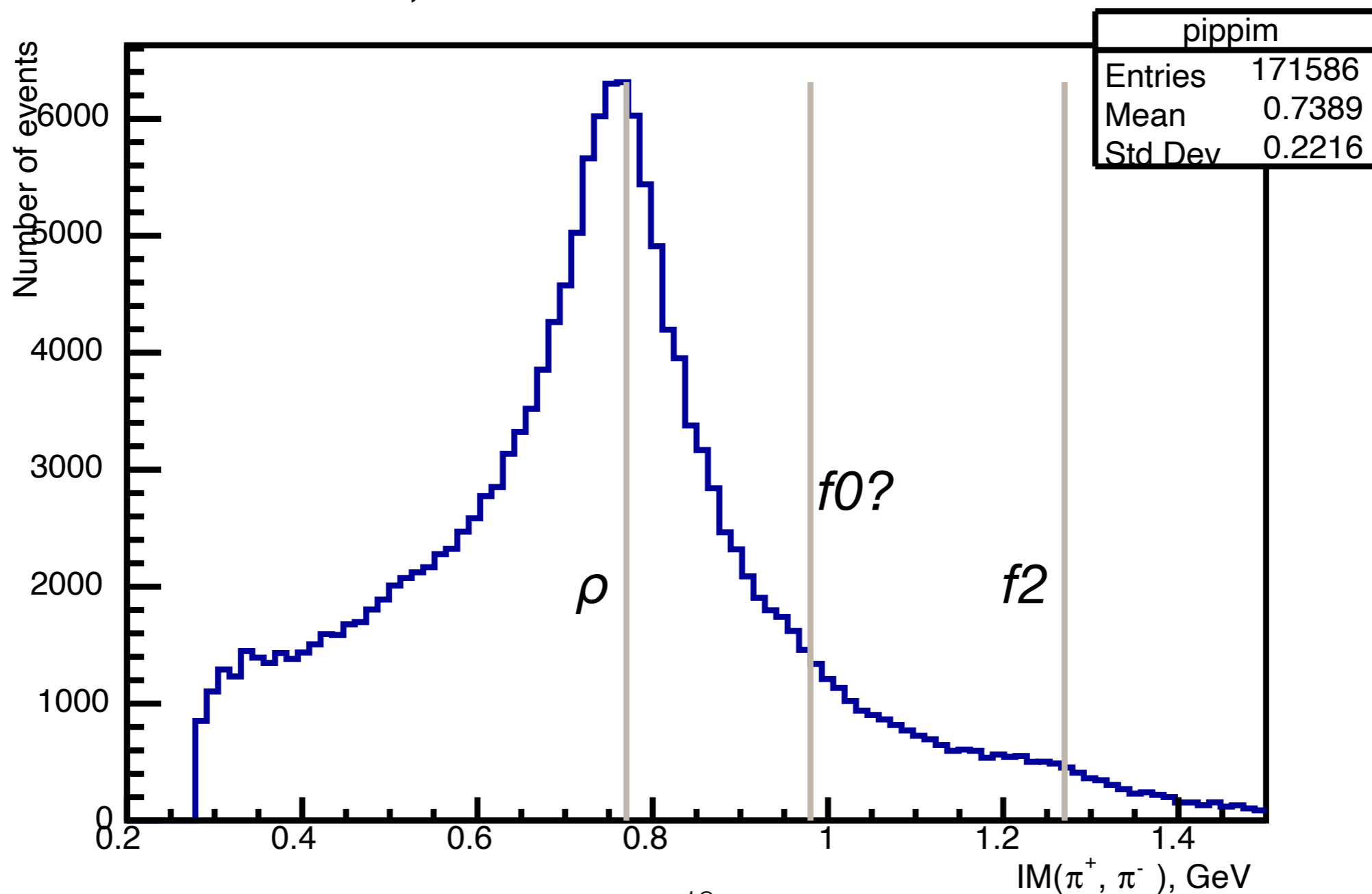






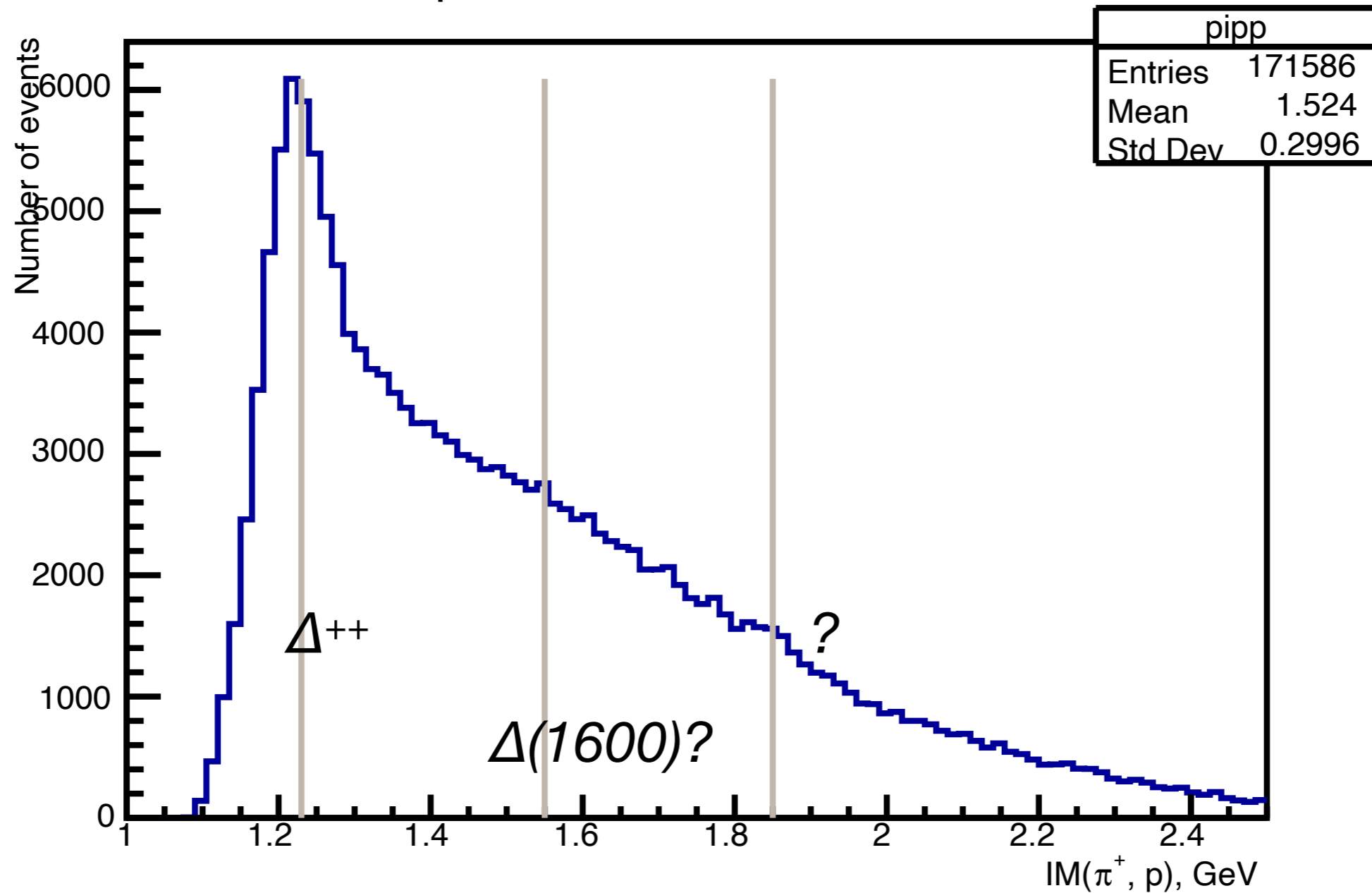
Инвариантная масса пары пионов

π^+, π^- invariant mass distribution



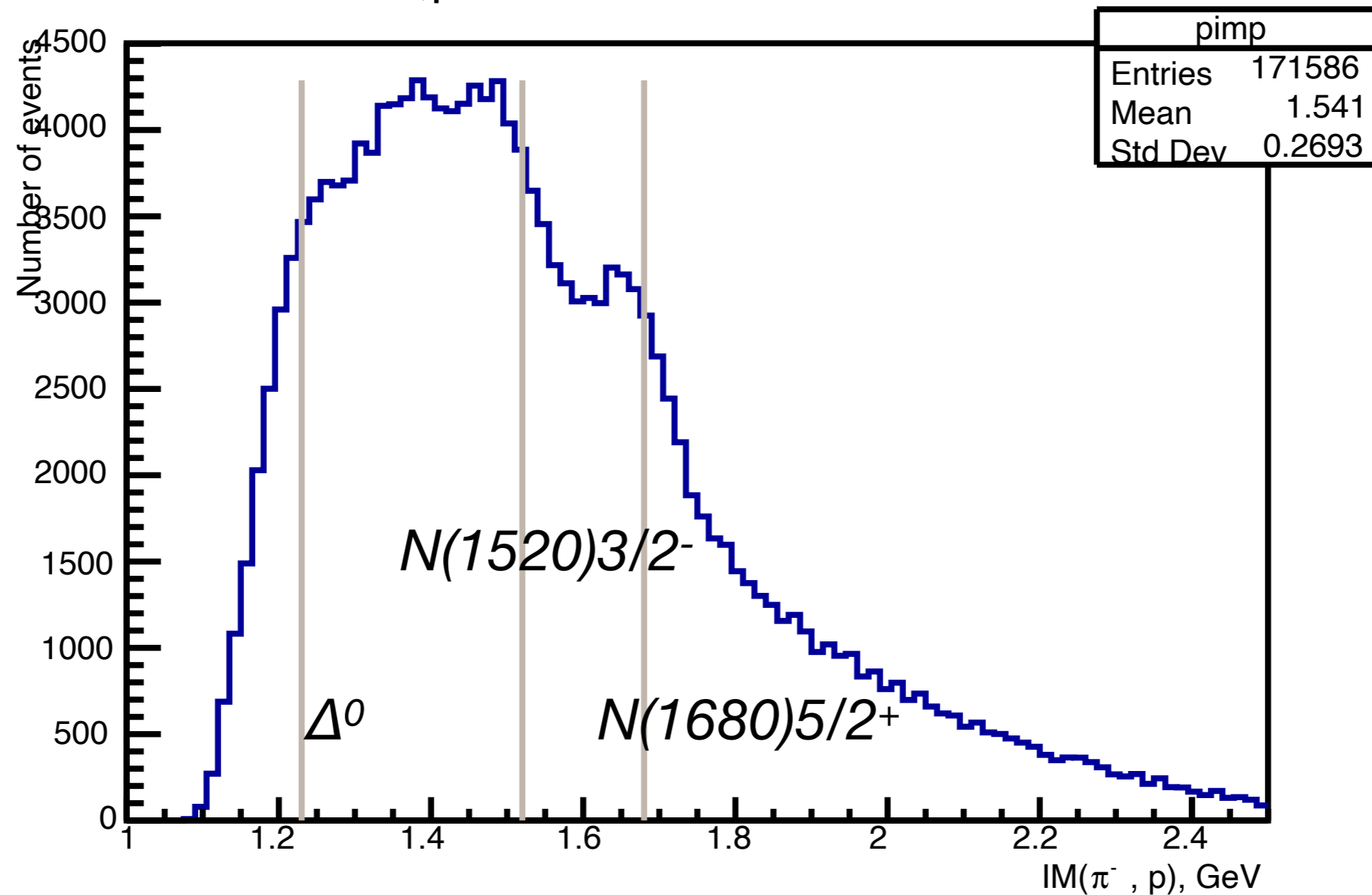
Инвариантная масса $p\pi^+$

π^+ , p invariant mass distribution



Инвариантная масса $\rho\pi^-$

π^- , ρ invariant mass distribution



Выводы и перспективы

- Была сделана обработка по выделению событий двухпионного электророждения из данных CLAS12
- Полученные результаты воспроизводят те, что были получены на детекторе CLAS, а также содержат новую информацию о возможных возбужденных состояниях нуклона, разрешающих способностях CLAS12
- Планируется улучшение существующих и добавление новых критериев отбора, чтобы было возможным получение сечения реакции, интенсивная работа с Монте-Карло моделированием

Спасибо за внимание!