

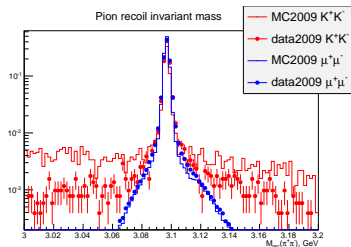
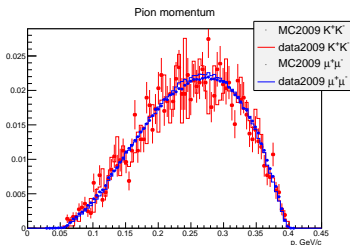
Измерение  
$$\frac{B(J/\psi \rightarrow K^+ K^-)}{B(J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-)}$$
  
с детектором BES-3

Николаев Иван

29 июня 2015 г.

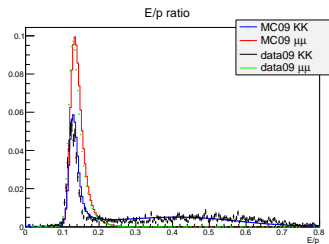
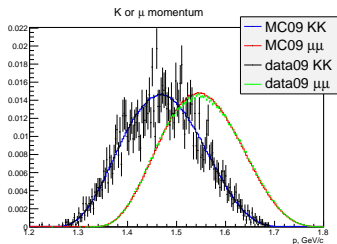


- ① Ровно четыре заряженных трека из места встречи:
  - Число заряженных треков  $N_q = 4$
  - Летят из места встречи:  $|z| < 10$  см,  $r_{xy} < 1$  см.
  - На большие углы:  $|\cos \theta| < 0.8$
- ② Требуем ровно два разнозаряженных кандидата в пионы:
  - $p(\pi^\pm) < 0.45$  ГэВ
  - $3.0 < M_{rec}(\pi^+\pi^-) < 3.2$  ГэВ



### 3 Остальные два разнозаряженных каон или мюон кандадаты:

- $1.0 < p(K^\pm, \mu^\pm) < 2.0$  ГэВ
- $E/p < 0.8$

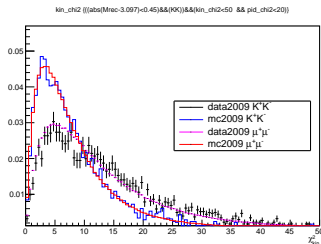
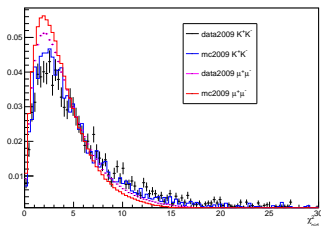


- ④ Кинематическая реконструкция по полному четырёхимпульсу с предварительным уточнением вершины в гипотезе мюонов или каонов.

- $\chi_{kin}^2(KK) < 40$
- $\chi_{kin}^2(\mu\mu) < 40$

- ⑤ Идентификация по  $dE/dx$  и  $TOF$ ;

- $\chi_{pid}^2(pid) = \sum_{track} \chi_{dEdx}^2(pid) + \chi_{TOF}^2(pid)$
- $\chi_{pid}^2(KK) < 20$
- $\chi_{pid}^2(\mu\mu) < 20$



⑥ Разделение  $\mu^+\mu^-$ ,  $K^+K^-$ :Случай  $\mu^+\mu^-$ :

- $\chi_{kin}^2(\mu\mu) < \chi_{kin}^2(KK)$
- $\chi_{pid}^2(\mu\mu) < \chi_{pid}^2(KK)$
- $E/p < 0.8$

Случай  $\mu^+\mu^-$ :

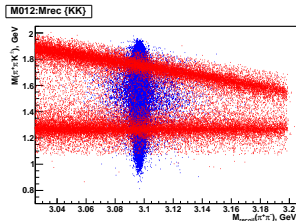
- $\chi_{kin}^2(\mu\mu) < \chi_{kin}^2(KK)$
- $\chi_{pid}^2(\mu\mu) < \chi_{pid}^2(KK)$
- $E/p < 0.26$

# Фоны

- Пучковый
- Космика
- Распады  $\psi(2S)$
- Континуум

Inclusive Monte Carlo 2009,  $KK$ -channel

#	count	final state	decay topology
1	1	$\pi\pi\mu\mu$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-)$
2	2	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow (\bar{K}^*(892)^0 \rightarrow \pi^+K^-)(K_0^*(1430)^0 \rightarrow \pi^-K^+) + c.c.$
3	2	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow (\rho(770)^0 \rightarrow \pi^+\pi^-)K^+K^-$
4	2	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+K^-(K_2^*(1430)^0 \rightarrow \pi^-K^+) + c.c.$
5	14	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow (\bar{K}^*(892)^0 \rightarrow \pi^+K^-)(K_2^*(1430)^0 \rightarrow \pi^-K^+) + c.c.$
6	24	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow (K^*(892)^0 \rightarrow \pi^-K^+)(\bar{K}^*(892)^0 \rightarrow \pi^+K^-)$
7	25	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-K^+K^-$
8	27	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow K^-(K_1(1270)^+ \rightarrow (\rho(770)^0 \rightarrow \pi^+\pi^-)K^+) + c.c.$
9	53	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow K^-(K_1(1270)^+ \rightarrow \pi^+\pi^-K^+) + c.c.$
10	73	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+K^-(K^*(892)^0 \rightarrow \pi^-K^+) + c.c.$
11	112	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow K^-(K_1(1270)^+ \rightarrow \pi^+(K^*(892)^0 \rightarrow \pi^-K^+)) + c.c.$
12	248	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow K^-(K_1(1270)^+ \rightarrow \pi^+(K_0^*(1430)^0 \rightarrow \pi^-K^+)) + c.c.$
13	2801	$\pi\pi KK$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-(J/\psi \rightarrow K^+K^-)$





Inclusive Monte Carlo 2009,  $\mu\mu$ -channel

#	count	final state	decay topology
1	1	$\gamma\pi\pi\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-(J/\psi \rightarrow \gamma(f_2(1270) \rightarrow \pi^+\pi^-))$
2	1	$e e \mu \mu \gamma \gamma \gamma$	$\psi(2S) \rightarrow (\pi_0 \rightarrow e^+e^-\gamma)(\pi_0 \rightarrow \gamma\gamma)(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-)$
3	1	$\mu\mu\mu\mu\gamma$	$\psi(2S) \rightarrow (\eta \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma)(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-)$
4	1	$\pi\pi\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$
5	1	$e e \mu \mu \gamma$	$\psi(2S) \rightarrow (\eta \rightarrow e^+e^-\gamma)(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-)$
6	1	$\gamma\pi\pi\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-(J/\psi \rightarrow \gamma(f_2(2150) \rightarrow \pi^+\pi^-))$
7	2	$\pi\pi\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+(b_1(1235)^- \rightarrow \pi^-(\omega(782) \rightarrow \pi^+\pi^-)) + c.c.$
8	2	$\mu\mu$	$\psi(2S) \rightarrow \mu^+\mu^-$
9	3	$\pi\pi\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^-(a_2(1320)^+ \rightarrow (\rho(770)^0 \rightarrow \pi^+\pi^-)\pi^+) + c.c.$
10	5	$\gamma\pi\pi\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-(J/\psi \rightarrow \gamma(f_4(2050) \rightarrow \pi^+\pi^-))$
11	13	$\pi\pi\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow (\rho(770)^0 \rightarrow \pi^+\pi^-)\pi^+\pi^-$
12	77	$\mu\mu\gamma\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow (\eta \rightarrow \gamma\pi^+\pi^-)(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-)$
13	589	$\pi\pi\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-(J/\psi \rightarrow \pi^+\pi^-)$
14	675597	$\mu\mu\pi\pi$	$\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-(J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-)$

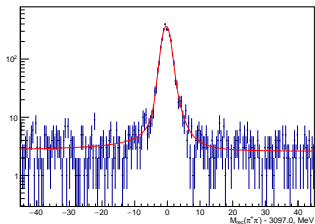
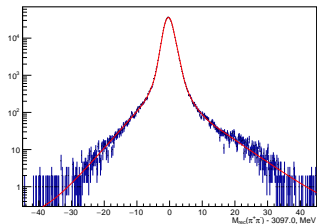
● Доля фона:  $697/675597 = 0.1\%$

# Fit to recoil mass: Modified double Crystal Ball function

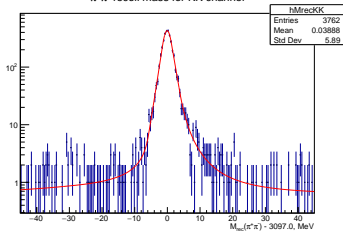
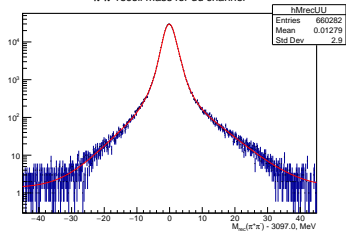
$$f_{CB}(x) = \begin{cases} D_l e^{\kappa_l x}, & -\infty < x < -\gamma_l \\ A_l (B_l - x)^{-n_l}, & -\gamma_l < x < -\alpha_l \\ A_{el} \exp(\alpha_{el} x), & -\alpha_l < x < -\alpha_{el} \\ \exp(-x^2/2), & -\alpha_{el} < x < \alpha_{er} \\ A_{er} \exp(-\alpha_{er} x), & \alpha_{el} < x < \alpha_r \\ A_r (B_r + x)^{-n_r}, & \alpha_r < x < \gamma_r \\ D_r e^{-\kappa_r x}, & x < \infty \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} A_{er,el} &= \exp(\alpha_{er,el}^2/2) \\ B_{r,l} &= n_{r,l}/\alpha_{er,el} - \alpha_{r,l} \\ D_{r,l} &= \frac{A_{r,l} e^{\kappa_{r,l} \gamma_{r,l}}}{(B_{r,l} + \gamma_{r,l})^{n_{r,l}}} \end{aligned} \quad (2)$$

## Mote Carlo 2009

 $\pi^+\pi^-$  recoil mass for KK channel $\pi^+\pi^-$  recoil mass for uu channel

## Data 2009

 $\pi^+\pi^-$  recoil mass for KK channel $\pi^+\pi^-$  recoil mass for uu channel

# Радикационные фотоны

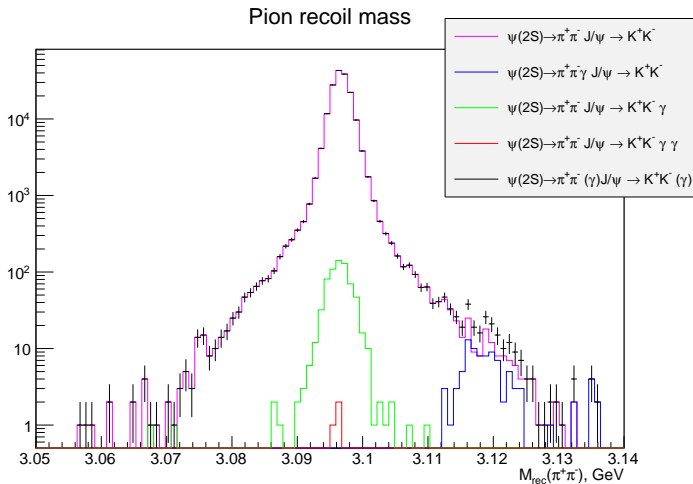


Таблица: Selection result

	Monte Carlo 2009	data 2009
$N_{tot}^{KK}$	3384	3747
$N_{fit}^{KK}$	$2840 \pm 65$	$3586 \pm 60$
$N_{bg}^{KK}$	$544 \pm 23$	$161 \pm 13$
$N_{tot}^{\mu\mu}$	676294	659534
$N_{fit}^{\mu\mu}$	$676294 \pm 822$	$659534 \pm 812$
$N_{bg}^{\mu\mu}$	0	0
$N_{fit}^{KK} / N_{fit}^{\mu\mu}$	$(4.20 \pm 0.09) \times 10^{-3}$	$(5.44 \pm 0.09) \times 10^{-3}$
$\varepsilon_{KK} / \varepsilon_{\mu\mu}$	$1.063 \pm 0.002$	$1.063 \pm 0.002$
$B_{KK} / B_{\mu\mu}(meas)$	$(3.95 \pm 0.09) \times 10^{-3}$	$(5.12 \pm 0.09) \times 10^{-3}$
$B_{KK} / B_{\mu\mu}(set\ in\ MC)$	$4.00 \times 10^{-3}$	
$B_{KK} / B_{\mu\mu}(PDG - 2014)$		$(4.53 \pm 0.29) \times 10^{-3}$
$B_{KK} / B_{\mu\mu}(BES)$		$(5.08 \pm 0.12) \times 10^{-3}$

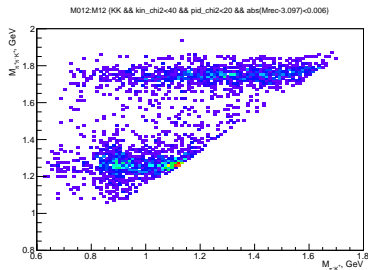
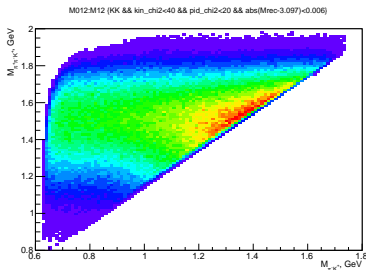


Рис.: Далиц-плот по инвариантной массе  $K\pi\pi$  (ось Y),  $K\pi$  (ось X) для сигнала (слева) и фона от  $K1(1270)$  (справа)

$$dN_{sig} = \epsilon L \sigma_{\psi(2S)} |A(x, y) BW(W)|^2 dW dx dy \quad (3)$$

$$dN_{bg} = \epsilon L \sigma_{\psi(2S)} |B(x, y)|^2 dW dx dy, \quad (4)$$

here  $BW(x)$  is Bright-Wigner function:

$$BW(W) = \frac{M\Gamma}{M^2 - W^2 - iM\Gamma}; \quad (5)$$

$$\begin{aligned} W &= M_{rec} = \sqrt{(P_{\pi^+} + P_{\pi^-})^2}, \\ x &= M_{\pi^+\pi^-K^+} = \sqrt{(P_{\pi^+} + P_{\pi^-} + P_{K^+})^2}, \\ y &= M_{\pi^-K^+} = \sqrt{(P_{\pi^-} + P_{K^+})^2}, \end{aligned} \quad (6)$$

The interference contribution proportional:

$$2|A(x, y)B(x, y)BW(M_{rec})e^{i\phi}|, \quad (7)$$

where  $\phi$  is an appropriate phase difference between two amplitudes.

And number of events:

$$dN_{int} = \epsilon L \sigma_{\psi(2S)} 2 \cos(\phi) |A(x, y) B(x, y)| \frac{M \Gamma}{\sqrt{(M^2 - W^2)^2 + M^2 \Gamma^2}} dW dxdy \quad (8)$$

$$\int_0^\infty \frac{M^2 \Gamma^2}{(M^2 - W^2)^2 + M^2 \Gamma^2} dW = \frac{\pi}{2} \Gamma \quad (9)$$

$$N_{int} = \epsilon L \sigma_{\psi(2S)} 2 \sin(\phi) \Gamma \frac{\pi}{2} \int |A(x, y) B(x, y)| dxdy \quad (10)$$

$$N_{sig} = \epsilon L \sigma_{\psi(2S)} \frac{\pi}{2} \Gamma \int |A(x, y)|^2 dxdy \quad (11)$$

$$N_{bg} = \epsilon L \sigma_{\psi(2S)} \Delta W \int |B(x, y)|^2 dxdy \quad (12)$$

$$\frac{N_{int}}{N_{sig}} = 2 \sin \phi \sqrt{\frac{N_{bg}}{N_{sig}}} \frac{\pi \Gamma}{2 \Delta W} \frac{\int |A(x, y) B(x, y)| dxdy}{\int |A(x, y)|^2 dxdy \int |B(x, y)|^2 dxdy} \quad (13)$$



Using Monte Carlo for background  $\psi(2S) \rightarrow K_1(1270)X \rightarrow \pi^+\pi^-KK$  and for the signal  $\psi(2S) \rightarrow J/\psi\pi^+\pi^- \rightarrow \pi^+\pi^-KK$  one can receive:

$$\frac{\int |A(x, y)B(x, y)| dx dy}{\int |A(x, y)|^2 dx dy \int |B(x, y)|^2 dx dy} \approx 0.5 \quad (14)$$

Then fraction of interference

$$\frac{N_{int}}{N_{sig}} \leq 2 \cdot 0.5 \sqrt{\frac{N_{bg}}{N_{sig}} \frac{\pi\Gamma}{2\Delta W}} \approx 0.006 \quad (15)$$

here  $\Gamma = \Gamma_{J/\psi} = 0.093$  MeV,  $M = M_{J/\psi} = 3097$  MeV,  $N_{bg} = 160$ ,  $N_{sig} = 3586$ ,  $\Delta W = 90$  MeV

# Ближайшие планы

- Обработать 2012 год.
- Обработать континуум на  $2E=3.65$  GeV
- Полное моделирование фона от распадов  $\psi(2S)$
- ISR фон.
- Исследовать систематику в эффективности регистрации.