

## ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА

### $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ С ДЕТЕКТОРОМ КМД-3

*О. А. Коваленко*<sup>1,2,\*</sup> от имени коллаборации КМД-3:  
*А. Н. Амирханов*<sup>1,2</sup>, *А. В. Анисенков*<sup>1,2</sup>, *В. М. Аульченко*<sup>1,2</sup>,  
*Р. Р. Ахметшин*<sup>1,2</sup>, *В. С. Банзаров*<sup>1</sup>, *Н. С. Баштовой*<sup>1</sup>,  
*Д. Е. Беркаев*<sup>1,2</sup>, *А. Е. Бондарь*<sup>1,2</sup>, *А. В. Брагин*<sup>1</sup>,  
*А. И. Воробьев*<sup>1</sup>, *С. Е. Гаязов*<sup>1,2</sup>, *А. А. Гребенюк*<sup>1,2</sup>,  
*С. С. Грибанов*<sup>1,2</sup>, *Д. Н. Григорьев*<sup>1,2,3</sup>, *Д. А. Епифанов*<sup>1,2</sup>,  
*А. Л. Ерофеев*<sup>1,2</sup>, *В. Л. Иванов*<sup>1,2</sup>, *Ф. В. Игнатов*<sup>1</sup>,  
*В. Ф. Казанин*<sup>1,2</sup>, *С. В. Карпов*<sup>1</sup>, *А. С. Касаев*<sup>1</sup>,  
*О. А. Коваленко*<sup>1,2</sup>, *А. Н. Козырев*<sup>1,2,3</sup>, *Е. А. Козырев*<sup>1,2</sup>,  
*И. А. Кооп*<sup>1,3</sup>, *А. А. Коробов*<sup>1,2</sup>, *П. П. Кроковный*<sup>1,2</sup>,  
*А. Е. Кузьменко*<sup>1,2</sup>, *А. С. Кузьмин*<sup>1,2</sup>, *И. Б. Логащенко*<sup>1,2</sup>,  
*П. А. Лукин*<sup>1,2</sup>, *А. П. Лысенко*<sup>1</sup>, *К. Ю. Михайлов*<sup>1,2</sup>,  
*В. С. Охалкин*<sup>1</sup>, *Е. А. Переведенцев*<sup>1,2</sup>, *Ю. Н. Пестов*<sup>1</sup>,  
*А. С. Попов*<sup>1,2</sup>, *Г. П. Разуваев*<sup>1,2</sup>, *Ю. А. Роговский*<sup>1</sup>,  
*А. А. Рубан*<sup>1</sup>, *А. Е. Рыжененков*<sup>1,2</sup>, *Н. М. Рыскулов*<sup>1</sup>,  
*А. Л. Сибиданов*<sup>4</sup>, *Е. П. Солодов*<sup>1,2</sup>, *А. А. Тальшев*<sup>1,2</sup>,  
*В. М. Титов*<sup>1,2</sup>, *Г. В. Федотович*<sup>1,2</sup>, *Ю. М. Шатунов*<sup>1</sup>,  
*Б. А. Шварц*<sup>1,2</sup>, *Д. Б. Шварц*<sup>1,2</sup>, *В. Е. Шебалин*<sup>1,2</sup>,  
*Д. Н. Шемякин*<sup>1,2</sup>, *С. И. Эйдельман*<sup>1,2</sup>, *Л. Б. Эпштейн*<sup>1,2,3</sup>,  
*Ю. В. Юдин*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

<sup>3</sup> Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

<sup>4</sup> Университет Сиднея, Сидней, Австралия

Представлены предварительные результаты по измерению сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  в диапазоне значений энергии 1,05–2 ГэВ в системе центра масс на основе 30 пб<sup>-1</sup> экспериментальных данных, набранных с помощью детектора КМД-3. Получены параметры резонансов  $\omega(1420)$ ,  $\omega(1650)$ .

---

\*E-mail: o.a.kovalenko@inp.nsk.su

We present a preliminary measurement of the  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  cross section in the 1.05–2 GeV center-of-mass energy range using  $30 \text{ pb}^{-1}$  of experimental data, collected with CMD-3 detector. We additionally obtain parameters of  $\omega(1420)$ ,  $\omega(1650)$  resonant states.

PACS: 13.66.Bc; 13.85.Ni; 14.40.Be

## ВВЕДЕНИЕ

Измерение полного сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны, и в частности  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ , необходимо для теоретического расчета значения аномального магнитного момента мюона. Сравнение теоретического и экспериментального значений позволяет провести проверку Стандартной модели. Несмотря на то, что сечение  $e^+e^- \rightarrow 3\pi$  в диапазоне значений энергии 1,05–2 ГэВ в системе центра масс (с.ц.м.) ранее было измерено в нескольких экспериментах [1–4], более точное измерение сечения, а также изучение динамики данного процесса по-прежнему актуально.

В данной работе представлены предварительные результаты измерения сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  в диапазоне значений энергии 1,05–2 ГэВ в с.ц.м. на основе  $30 \text{ пб}^{-1}$  экспериментальных данных, набранных в 46 точках по энергии с детектором КМД-3. Интегральная светимость в каждой точке определяется по процессу электрон-позитронного рассеяния [6]. Измерения выполнены на криогенном магнитном детекторе КМД-3 [5], расположенном на коллайдере ВЭПП-2000 [7] в ИЯФ СО РАН. Детектор имеет трековую систему с хорошим импульсным разрешением заряженных частиц, состоящую из дрейфовой камеры [8] и Z-камеры, а также хорошее разрешение по энергии и координате фотона, что обеспечивается сложным электромагнитным калориметром из трех частей: LXe, CsI, BGO [9, 10].

## 1. ПРОЦЕДУРА ОТБОРА СОБЫТИЙ $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$

Для измерения сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  отбираются события с двумя неколлинеарными противоположно заряженными треками в дрейфовой камере. Кроме этого требуется наличие двух или более фотонов в калориметре. К таким событиям применялась кинематическая реконструкция на основе законов сохранения энергии и импульса в системе. Если в событии больше двух фотонов, выбирается пара, которая обеспечивает наилучший  $\chi^2$  процедуры. Для определения числа событий  $3\pi$  распределение инвариантной массы двух фотонов аппроксимируется функцией, описывающей сигнал и фоновую подложку (рис. 1). Всего в диапазоне значений энергии 1,05–2 ГэВ в с.ц.м. найдено 5664 события процесса.

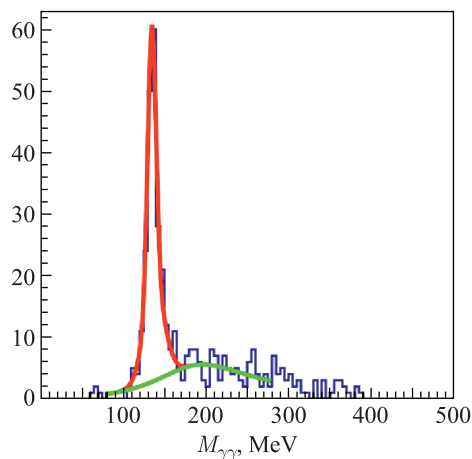


Рис. 1. Типичное распределение инвариантной массы после кинематической реконструкции для лучшей пары фотонов с аппроксимирующей кривой. Виден пик от  $\pi^0$  и фоновая подложка

Эффективность регистрации событий  $3\pi$  была найдена путем моделирования сигнального процесса, полученного методом Монте-Карло, в котором было учтено излучение фотонов начальными частицами. Полученная в результате эффективность реконструкции меняется от 6 до 3% в диапазоне значений энергии от 1,05 до 2 ГэВ.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 2 показано сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ , полученное в данной работе. Основной вклад в систематическую ошибку дает ограничение на полную энергию в событии до реконструкции и учет фона в моделирова-

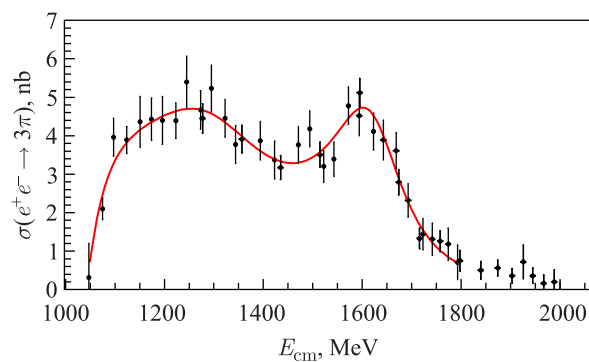


Рис. 2. Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  в диапазоне значений энергии 1,05–2 ГэВ, измеренное на КМД-3, с подгонкой теоретической функцией

**Значения параметров  $\omega(1420)$ - и  $\omega(1650)$ -мезонов, полученных с помощью детекторов ВаВаг, СНД и КМД-3**

Параметр	ВаВаг	СНД	КМД-3
$m_{\omega(1420)}$ , МэВ	$1350 \pm 20 \pm 20$	$1470 \pm 50$	$1451 \pm 70$
$\Gamma_{\omega(1420)}$ , МэВ	$450 \pm 70 \pm 70$	$880 \pm 170$	$888 \pm 656$
$B_{\omega(1420) \rightarrow e^+e^-} - B_{\omega(1420) \rightarrow 3\pi}$	$0,82 \pm 0,05 \pm 0,06$	$0,73 \pm 0,08$	$0,56 \pm 0,08$
$m_{\omega(1650)}$ , МэВ	$1660 \pm 10 \pm 2$	$1680 \pm 10$	$1664 \pm 13$
$\Gamma_{\omega(1650)}$ , МэВ	$230 \pm 30 \pm 20$	$310 \pm 30$	$234 \pm 44$
$B_{\omega(1650) \rightarrow e^+e^-} - B_{\omega(1650) \rightarrow 3\pi}$	$1,3 \pm 0,1 \pm 0,1$	$1,56 \pm 0,23$	$1,27 \pm 0,26$

нии, итоговая систематическая ошибка составляет 7%. Сечение аппроксимировалось в рамках модели векторной доминантности с вкладами  $\phi(1020)$ -,  $\omega(782)$ -,  $\omega(1420)$ -,  $\omega(1650)$ -мезонов. Параметры  $\phi(1020)$ - и  $\omega(782)$ -мезонов были зафиксированы на уровне среднемировых значений, фазы интерференции  $\phi_{\phi(1020)}$ ,  $\phi_{\omega(1420)}$  и  $\phi_{\omega(1650)}$  взяты из работ [12,13]. Параметры  $\omega(1420)$  и  $\omega(1650)$ , определенные из аппроксимации, приведены в таблице в сравнении с параметрами, полученными с помощью детекторов ВаВаг [4] и СНД [3].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительно полученное сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  измерено на основе  $30 \text{ пб}^{-1}$  экспериментальных данных, набранных с помощью детектора КМД-3. Из аппроксимации сечения в рамках модели векторной доминантности с вкладами векторных мезонов  $\phi(1020)$ ,  $\omega(782)$ ,  $\omega(1420)$ ,  $\omega(1650)$  получены массы, ширины и  $B_{e^+e^-} - B_{3\pi}$  для  $\omega(1420)$ -,  $\omega(1650)$ -мезонов.

**Благодарность.** Авторы благодарны коллективу комплекса ВЭПП-2000 за надежную работу коллайдера во время набора данных.

Работа частично поддержана в рамках гранта РФФ № 14-50-00080.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Achasov M. N. et al. (SND Collab.) // Phys. Rev. D. 2002. V. 66. P. 032001.
2. Antonelli A. et al. // Z. Phys. C. 1992. V. 56. P. 15.
3. Aul'chenko V. M. et al. // JETP. 2015. V. 121. P. 27–34.
4. Aubert B. et al. // Phys. Rev. D. 2004. V. 70. P. 072004.
5. Khazin B. I. et al. // Nucl. Phys. B. Proc. Suppl. 2008. V. 181. P. 376–380.
6. Akhmetshin R. R. et al. // JINST. 2014. V. 9. P. C09003.
7. Koop I. A. et al. // Nucl. Phys. B. Proc. Suppl. 2008. V. 181. P. 371–375.
8. Popov A. S. et al. // Nucl. Instr. Meth. A. 2010. V. 623. P. 114–116.

9. *Shebalin V. E. et al.* // Nucl. Instr. Meth. A. 2016. V. 824. P. 710–712.
10. *Aulchenko V. M. et al.* // JINST. 2015. V. 10. P. P10006.
11. *Кураев Э. А., Фадин В. С.* // ЯФ. 1985. Т. 43. С. 733.
12. *Akhmetshin R. R. et al.* // Phys. Lett. B. 2006. V. 642. P. 203–209.
13. *Clegg A. B., Donnachie A.* // Z. Phys. C. 1994. V. 62. P. 455–469.