

## ПРОВЕРКА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ РАССЕЯННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ДЕТЕКТОРА КЕДР НА СОБЫТИЯХ ДВУХФОТОННОГО РОЖДЕНИЯ МЮОННЫХ ПАР

*О. Л. Резанова* \* от имени коллаборации КЕДР

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера, Новосибирск, Россия  
Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Отобранные по центральной части детектора КЕДР события  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \mu^+\mu^-$  использовались для проверки энергетической калибровки системы регистрации рассеянных электронов детектора и определения эффективности регистрации одного и двух рассеянных электронов в зависимости от энергии виртуальных фотонов.

Two-photon events  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \mu^+\mu^-$  selected with the central part of the KEDR detector were used for Tagging System energy calibration check and for single- and double-tag efficiency determination.

PACS: 12.38.Qk; 13.66.De; 29.30.-h; 29.90.+r

### ВВЕДЕНИЕ

Детектор КЕДР [1] — это универсальный магнитный детектор, спроектированный для изучения  $c$ -,  $b$ -кварков и двухфотонной физики и работающий на  $e^+e^-$ -коллайдере ВЭПП-4М [2]. Входящие в программу исследований эксперименты по изучению двухфотонных процессов  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + X$ , которые идут через канал  $\gamma^*\gamma^* \rightarrow X$ , представляют значительный интерес наряду с процессами однофотонной аннигиляции. Частицы, излучившие фотоны, называют рассеянными электронами (РЭ).

Детектор оснащен системой регистрации рассеянных электронов (СРРЭ), представляющей собой фокусирующий магнитный спектрометр. Одно из плеч системы показано на рис. 1. Потерявшие часть энергии РЭ отклоняются от равновесной орбиты поворотными магнитами. Частицы с одинаковой энергией попадают в определенную точку на кривой фокусировки независимо от угла вылета. Разрешение будет наилучшим вблизи точки фокусировки. Для

---

\*E-mail: O.L.Rezanova@inp.nsk.su

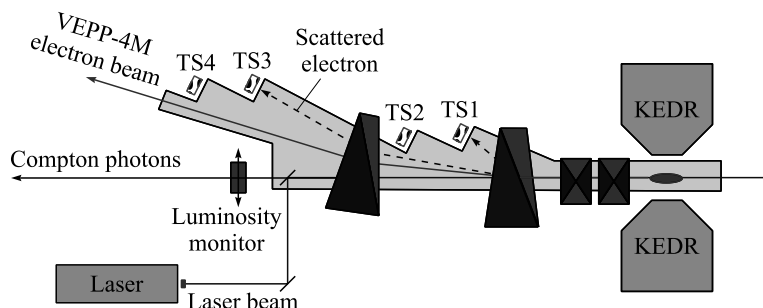


Рис. 1. Электронное плечо СРРЭ

оптимизации разрешения система разбита на четыре модуля, которые установлены с каждой из сторон детектора на удалении 9–17 м от места встречи.

Основные задачи КЕДР по двухфотонной физике — измерение сечений  $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-$ ,  $\gamma\gamma \rightarrow K^+K^-$  при малых инвариантных массах  $\lesssim 1$  ГэВ в области, недоступной для эксперимента Belle, и полного сечения  $\gamma\gamma \rightarrow$  адроны, измерение которого возможно только с регистрацией двух рассеянных электронов.

### ПРОВЕРКА ХАРАКТЕРИСТИК СРРЭ

Координата регистрации рассеянного электрона  $x$  связана с его энергией  $E$  соотношением  $x = A(E_b/E) + B$ ,  $E = E_b - \omega$ , где  $\omega$  — энергия фотона,  $E_b$  — энергия пучка. Константы  $A$  и  $B$  определяются в процессе калибровки СРРЭ по процессам однократного тормозного излучения и обратного комптоновского рассеяния. Энергия фотона определяется специальным калориметром.

Проверка калибровки проводилась по событиям  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \mu^+\mu^-$ . Использовались около  $4 \text{ пб}^{-1}$  данных, набранных в заходе 2006–2007 гг. на энергии 1777 МэВ. Отобранные события включают  $\gamma\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-$  (86,7%),  $\pi^+\pi^-$  (6%),  $e^+e^-$  (0,6%),  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$  (2%) и фон на остаточном газе (4,7%), который оценивался по событиям с разведенными пучками. На рис. 2 приведены спектры инвариантных масс для отобранных событий и распределение по аcopланарности для моделирования и эксперимента. Число событий, наблюдаемых в эксперименте, составляет  $3014 \pm 56$  (стат.)  $\pm 83$  (сист.), при моделировании такому же интегралу светимости соответствуют 3185 событий. Наблюдается удовлетворительное согласие эксперимента с моделированием.

Проверка калибровки СРРЭ по событиям  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \mu^+\mu^-$  проводилась путем сравнения энергии РЭ, определенной независимо по центральной части, и зарегистрированной в СРРЭ. На рис. 3 показаны разности этих энер-

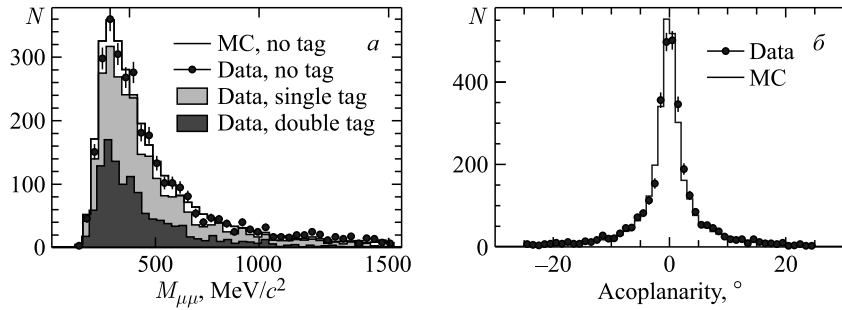


Рис. 2. а) Наблюдаемые спектры по инвариантной массе двух частиц для событий моделирования и эксперимента без регистрации рассеянных электронов (no tag) и для эксперимента с регистрацией одного и двух рассеянных электронов (single и double tag); б) акопланарность

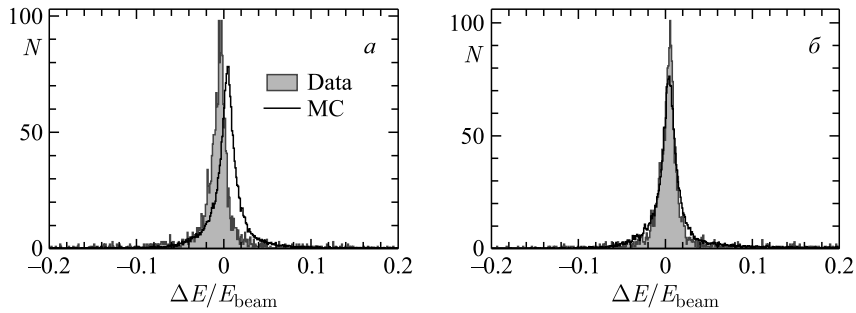


Рис. 3.  $\Delta E/E_{beam}$ . а)  $e^-$ -сторона; б)  $e^+$ -сторона

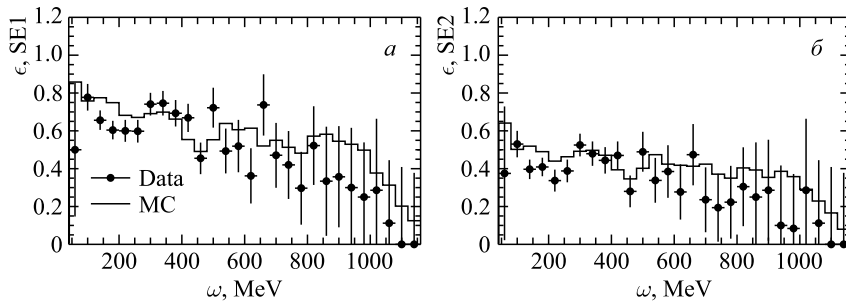


Рис. 4. Эффективность регистрации одного (а) и двух (б) РЭ,  $e^-$ -сторона

гий, отнесенные к энергии пучка,  $\Delta E/E_{beam}$  для  $e^-$ - и  $e^+$ -сторон детектора. С электронной стороны ошибка в калибровке достигает 1%. О новой системе калибровки рассказывается в докладе [3].

На рис. 4 показаны эффективности регистрации одного и двух рассеянных электронов в зависимости от энергии виртуальных фотонов. При малых энергиях виртуальных фотонов согласие с моделированием удовлетворительное. При больших энергиях наблюдается расхождение, требуется внесение поправок в моделирование для улучшения согласия.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

События  $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \mu^+\mu^-$  использованы для проверки калибровки СРРЭ и эффективности регистрации РЭ. Достигнутая точность калибровки составляет примерно 1%. Ведется работа по улучшению моделирования эффективности регистрации РЭ. Работа выполняется при частичной поддержке РФФИ, грант № 15-02-09016-а (2015–2017).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anashin V. V. et al. (KEDR Collab.). The KEDR Detector // Phys. Part. Nucl. 2013. V. 44, No. 4. P. 657–702.
2. Blinov V. E. et al. The Status of VEPP-4 // Phys. Part. Nucl. Lett. 2014. V. 11, No. 5. P. 620–631.
3. Каминский В. В., Жилич В. Н., Мучной Н. Ю. Калибровка энергетической шкалы системы регистрации рассеянных электронов детектора КЕДР // Тр. Междунар. сессии-конф. Секции ядерной физики ОФН РАН, ОИЯИ, Дубна, 12–15 апр. 2016 г. ЭЧАЯ. 2018. Т. 49, вып. 1. С. 85–90.