

УДК 539.12

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ И ПОЗИТРОНОВ  
С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КАЛОРИМЕТРА  
УСТАНОВКИ CLAS**

Н.Э. ГЕВОРГЯН<sup>1</sup>, Н.Б. ДАШЯН<sup>1</sup>, Р.Г. ПАРЕМУЗЯН<sup>1</sup>, С.Г. СТЕПАНЯН<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ереванский физический институт им. А.И.Алиханяна, Армения

<sup>2</sup>Национальная лаборатория им. Т.Джефферсона, Ньюпорт Ньюз, США

(Поступила в редакцию 27 января 2010 г.)

Изучена зависимость восприимчивости электромагнитного калориметра установки CLAS от импульсов детектируемых электронов и позитронов. Проведено вычисление этой зависимости и разработан метод ее использования для идентификации  $e^-$  и  $e^+$ . Показано что новый метод отбора  $e^-$  и  $e^+$  улучшает качество идентификации на  $\approx 10\%$ . В работе использованы экспериментальные данные, полученные на установке CLAS линейного ускорителя лаборатории им. Джефферсона (США).

### 1. Введение

Изучение структуры нуклонов – одна из наиболее актуальных задач современной ядерной физики и физики высоких энергий. Последние три десятилетия внутренняя структура нуклонов в основном исследовалась с помощью инклюзивных, глубоко-неупругих лептон-нуклонных рассеяний. Некоторые результаты этих исследований хорошо описываются партонной моделью, основанной на коллинеарном приближении в рамках квантовой хромодинамики. Однако многие аспекты, такие как кварк-кварковые корреляции, распределения поперечных импульсов кварков остаются на сегодняшний день малоизученными. Информацию о кварках можно извлечь из недавно развитой теории обобщенных партонных распределений (Generalized Parton Distributions (GPD)) [1,2]. В работе [3] описан механизм извлечения информации о GPD с помощью времени-подобного комптоновского рассеяния (Timelike Compton Scattering (TCS)), что по сути представляет собой эксклюзивное фоторождение лептонных пар. В связи с этим усовершенствование методики идентификации лептонов очень важно для TCS анализа, так как существует большой фон от фоторождения  $\pi^-\pi^+$  пар. В работе [4] описан механизм идентификации процесса TCS в экспериментальных данных по электророждению на установке CLAS [5] в JLab. В этой работе для идентификации электронов и позитронов использовалась величина  $E/P$  ( $E$  – энергия, выделенная в калориметре,  $P$  – измеренный импульс частицы)

и считалось, что она не зависит от импульса  $P$ . Действительно, прежде чем частицы достигают калориметра, они взаимодействуют с рядом других элементов установки CLAS (например, с дрейфовыми камерами или черенковскими счетчиками) и вследствие этого взаимодействия теряют часть своей энергии. Чем меньше энергия лептона, тем больше потери на взаимодействие. Это означает, что импульс частицы при входе в калориметр меньше, чем он был при рождении в мишени и, следовательно, величина  $E/P$  для малых импульсов должна быть меньше, чем для больших импульсов.

В настоящей работе разработан механизм расчета зависимости величины  $E/P$  от  $P$  и приведен новый метод селекции электронов и позитронов в электромагнитном калориметре установки CLAS.

## 2. Вычисление зависимости $E/P(P)$

В настоящей работе использованы данные, полученные на детекторе CLAS в эксперименте e1-6 по рассеянию высокоэнергичных электронов на водороде. Главной целью эксперимента было исследование электрон-протонного рассеяния в глубоко-неупругом режиме. При наборе данных использован триггер „одиночный электрон“. Триггером первого уровня было совпадение сигналов от электромагнитного калориметра (EC) [6] и черенковского счетчика [7] в каждом секторе установки CLAS. Порог энергии для триггера в калориметре составлял 600–700 МэВ.

Когда электрон (позитрон) высокой энергии попадает в электромагнитный калориметр, он создает электромагнитный ливень. Обычно только часть этого ливня регистрируется. Для калориметра CLAS-а это составляет около 30% от реальной энергии налетающего электрона (позитрона). В тех случаях, когда электрон (позитрон) пересекает калориметр вблизи его краев, часть созданного им ливня может утек за пределы калориметра. Вследствие этого теряется взаимосвязь между энергией налетающего электрона и энергией, выделенной в калориметре. Во избежание подобных случаев были обрезаны те части калориметра, где ливень мог выходить за его пределы. Калориметр CLAS-а имеет треугольную форму и, следовательно, три стороны, обозначенные как U, V, W. На рис.1 приведена двумерная зависимость  $E/P$  от координаты  $VS$  (координаты на стороне V обозначены как  $VS$ ) на V стороне калориметра для отрицательно заряженных частиц ( $e^-$ ). Из рисунка видно, что  $E/P$  резко падает при  $VS > 360$  см. Это происходит из-за того, что часть ливня, индуцируемого частицей, вышла за пределы калориметра (предел по V равен 375 см). Ввиду этого, на координату  $VS$  было наложено обрезание  $VS < 360$  см. Для всех секторов CLAS-а точка обрезания по сторонам U, V и W получилась одинаковой. Используемые значения обрезания  $US$ ,  $VS$  и  $WS$  координат для отрицательно и положительно заряженных частиц приведены в табл.1.

После этих обрезаний процедура расчета зависимости  $E/P(P)$  следующая. Импульсный интервал 0.5–3 ГэВ/с был разделен на равные интервалы по 50 МэВ шириной и для каждого интервала строилось распределение  $E/P$ . Каж-

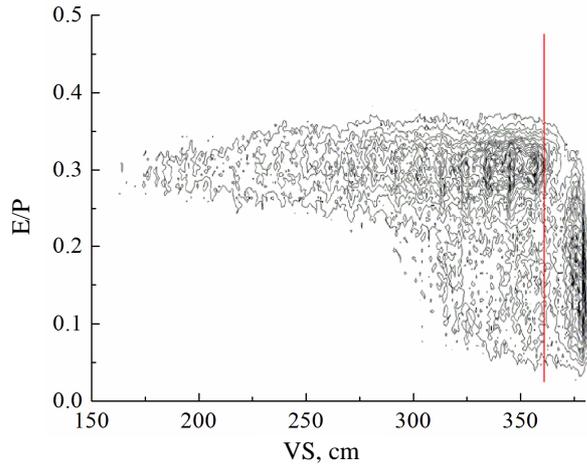


Рис.1. Двумерное распределение  $E/P$  от координаты VS для электронов во втором секторе CLAS-а.

Табл.1. Значения обрезания для координат калориметра US, VS и WS.

	Электроны	Позитроны
US	> 60	< 390
VS	< 360	< 335
WS	< 395	< 380

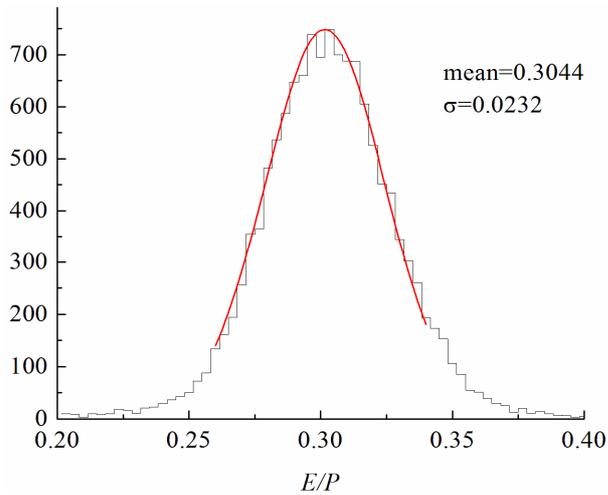


Рис.2. Пример фитирования  $E/P$  распределения.

дое из этих распределений фитировалось гауссовской функцией. Один из результатов фитирования показан на рис.2. На рис.3 треугольниками показана зависимость среднего значения величины  $E/P$  от импульса частицы.

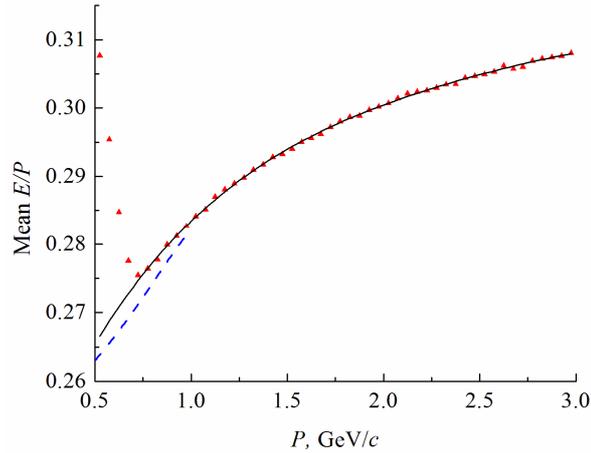


Рис.3. Зависимость среднего значения величины  $E/P$  от импульса частиц.

Как видно из рис.3, для импульсов, меньших, чем 0.7 ГэВ/с,  $E/P$  резко возрастает. Этот эффект связан с флуктуациями энергии ливня вблизи порога триггера. Для того, чтобы триггер открылся, энергия, регистрируемая калориметром, должна быть больше, чем соответствующее энерговыделение электронами с импульсом 600–700 МэВ/с. Однако из-за флуктуаций энергии ливня в пределах 20–30% электроны с меньшими импульсами также могут сгенерировать триггер. Чтобы получить реальное поведение  $E/P$  в области малых импульсов ( $P < 0.7$  ГэВ/с), выбирались события, в которых есть малоэнергетичный электронный сигнал ( $P < 1$  ГэВ/с) и высокоэнергетичный ( $P > 1$  ГэВ/с) позитронный сигнал. В этом случае триггер генерируется позитронами. Для таких электронов по приведенной выше схеме вычислялась зависимость  $E/P(P)$ . Средние значения  $E/P$  фитировались полиномами 3-го порядка, отдельно для высокоэнергетичных (в интервале 0.9–3 ГэВ/с) и малоэнергетичных (в интервале 0.5–1 ГэВ/с) электронов. На рис.3 сплошной линией показан фит высокоэнергетичных электронов, а пунктиром – для малоэнергетичных электронов. Из рисунка видно, что экстраполяция высокоэнергетичного фита с точностью до одного процента совпадает с малоэнергетичным фитом, и величина  $E/P$  между точками  $P = 3$  ГэВ/с и 0.5 ГэВ/с изменяется примерно на 15%. На рис.4 треугольниками показана зависимость энергетического разрешения калориметра от импульса электрона, которая фитировалась функцией  $F = a/\sqrt{x+b}$  (сплошная кривая).

Процедура расчета зависимости  $E/P(P)$  для позитронов почти аналогичная. Они различаются только тем, что отобранные позитроны расположены в области 0.8–2.5 ГэВ/с. Поскольку энергия позитронов больше, чем 0.8 ГэВ, порог триггера не искажает вычисляемые значения  $E/P$ . Отметим также, что, имея зависимости  $E/P$  и  $\sigma$  от энергии  $e^-$  и  $e^+$ , можно переопределить обрезания  $E/P \pm 3\sigma$  новым выражением  $E/P(P) \pm 3\sigma(P)$  для более точного отбора электронов и позитронов в анализе TCS событий.

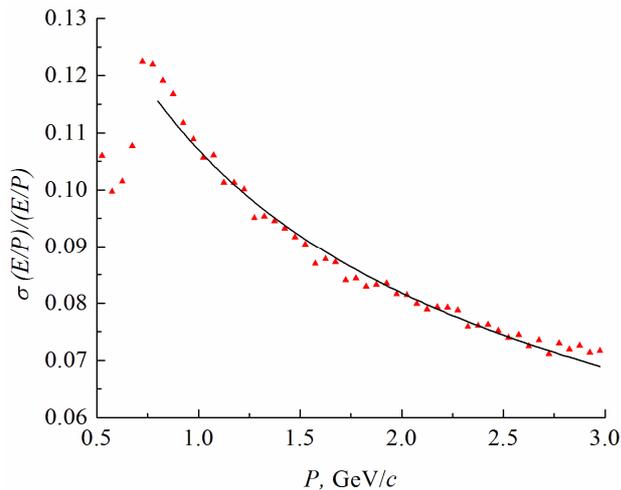


Рис.3. Зависимость среднего значения величины  $E/P$  от импульса частиц.

### 3. Заключение

Результаты проведенного нами анализа показали, что можно улучшить идентификацию электронов и позитронов в эксперименте e1-6 на установке CLAS (JLab) приблизительно на 10%, если учесть зависимость величины  $E/P$  от энергии частицы. Кроме того, наш анализ позволил определить зависимость величины  $\sigma(E/P)$ . Дальнейший анализ фоторождения электрон-позитронных пар в эксперименте e1-6 был проведен с использованием функциональных зависимостей  $E/P(P)$  и  $\sigma(E/P)$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. **X.Ji.** Phys. Rev. Lett., **78**, 610 (1997), Phys. Rev. D, **55**, 7114 (1997).
2. **A.V.Radyushkin.** Phys. Rev. D, **56**, 5524 (1997).
3. **E.R.Berger, M.Diehl, B.Pire.** Phys. Lett. B, **523**, 265 (2001).
4. **Р.Г.Паремузян.** Доклады НАН Армении, **109**, 328 (2009).
5. **В.А.Mecking, G.Adams, S.Ahmad, et al.** NIM A, **503**, 513 (2003).
6. **М.Amarian, G.Asryan, K.Beard, et al.** NIM A, **460**, 239 (2001).
7. **G.Adams, V.Burkert, T.Carstensen, et al.** NIM A, **465**, 414 (2001).

### IMPROVEMENT ON IDENTIFICATION OF $e^-$ AND $e^+$ USING ELECTROMAGNETIC CALORIMETER OF THE CLAS DETECTOR

N.E. GEVORGYAN, N.B. DASHYAN, R.G. PAREMUZYAN, S.G. STEPANYAN

The dependence of the sensitivity of response of the electromagnetic calorimeter of the CLAS detector on momenta of electrons and positrons is studied. Calculations of the dependence of energy deposition in the calorimeter on the momentum are performed and based on obtained results a new method for identification of electrons and positrons using CLAS electromagnetic calorimeter is developed. It is shown that by accounting of that dependence quality of identification of  $e^-$  and  $e^+$  can be improved by about 10%.