

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Ю. Д. Прокошкин, А. А. Кондашов, Парциально-волновой анализ реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ при импульсе 38 ГэВ/с в интервале масс до 1.9 ГэВ, *Докл. РАН*, 1994, том 336, номер 5, 613–616

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.80

6 февраля 2025 г., 23:04:55



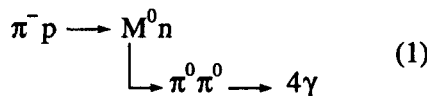
УДК 539.12

ПАРЦИАЛЬНО-ВОЛНОВОЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИИ $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 38 ГЭВ/с В ИНТЕРВАЛЕ МАСС ДО 1.9 ГЭВ

© 1994 г. Академик Ю. Д. Прокошкин, А. А. Кондашов

Поступило 03.11.93 г.

Целью настоящей работы* являлось исследование $\pi^0\pi^0$ -системы, образующейся в зарядообменной реакции



при импульсе пучка π^- -мезонов 38 ГЭВ/с. Ранее эта реакция изучалась в ряде работ [1, 2], однако ни в одной из них парциально-волновой анализ (ПВА) не проводился. Кейсоном и др. [3] был выполнен ПВА $\pi^0\pi^0$ -системы, образующейся в симметричной π^+p -реакции при импульсе 8 ГЭВ/с, идущей с образованием Δ^{++} -изобары. В этой работе было сообщено о наблюдении в D_0 -волне** нового резонанса в районе 1.8 ГЭВ, который образуется путем доминирующего однопионного обмена (ОРЕ) и сравним по интенсивности с $f_2(1270)$ -мезоном. Однако в других работах, посвященных изучению $\pi\pi$ -систем, этот резонанс не наблюдался.

Настоящий эксперимент выполнен Сотрудничеством ГАМС*** на 70Г-эВ ускорителе ИФВЭ с целью детального парциально-волнового анализа реакции (1). Одновременно уточнено сечение образования $f_2(1270)$ -мезона в этой реакции.

Для регистрации четырех γ -квантов в конечном состоянии реакции (1) использовался годоскопический многофотонный спектрометр ГАМС-2000. Аппаратура, условия измерения, методика калиб-

ровки детектора и процедура геометрической реконструкции событий описаны ранее [5].

В ходе месячного сеанса измерений (1984 г.) зарегистрировано более 1.5 млн. $\pi^0\pi^0$ -событий, что позволило детально исследовать реакцию (1). Анализ такого количества событий сопряжен с большими экспериментальными трудностями, поскольку даже малые искажения, возникающие при регистрации γ -квантов в спектрометре, восстановлении их координат и энергий, а также при расчете эффективности, сказываются на результатах ПВА.

При отборе событий с целью подавления фона, связанного с большой загрузкой центральных счетчиков ГАМС-2000, требовалось, чтобы минимальное расстояние точки попадания γ -кванта в ГАМС от оси пучка было больше 45 мм. Введение порога для энергии каждого γ -кванта (0.6 ГЭВ) позволило исключить фон, возникающий из-за того, что чувствительная программа реконструкции иногда находит ложный низкоэнергичный γ -квант [5]. Суммарное энерговыделение γ -квантов в ГАМС было ограничено интервалом $\pm 12\%$ от энергии пучка.

Сепарация процесса (1) от других возможных каналов с четырьмя γ -квантами в конечном состоянии ($\pi^0\eta$, $\eta\eta$, $\pi^0\eta'$, $\eta\eta'$) была проведена на основе кинематического анализа (ЗС-фит, фиксированы массы нейтрона отдачи и двух мезонов). Отбирались события с лучшим χ^2 для канала $\pi^0\pi^0$ ($\chi^2 < 8.3$, уровень достоверности 96%). Для дальнейшего подавления фона на этой стадии обработки были введены два дополнительных отбора. Во-первых, исключались резко асимметричные распады: были отброшены события с $\cos\theta_\gamma > 0.9$, где θ_γ — полярный угол распада π^0 -мезона в системе его спиральности. Во-вторых, налагалось требование $\cos\theta_{GJ} < 0.85$, где θ_{GJ} — угол Готтфрида-Джексона. Чтобы усилить вклад ОРЕ, было введено ограничение на квадрат переданного 4-импульса ($-t < 0.2$ (ГЭВ/с)²). Фон в отобранных $\pi^0\pi^0$ -событиях практически отсутствует.

Полученный после фита спектр масс $\pi^0\pi^0$ -системы представлен на рис. 1. В нем четко выделяется $f_2(1270)$ -мезон, а также видно небольшое плечо в области 1.7 ГЭВ (наблюдавшееся и при 230 ГЭВ/с [6]).

* Доклад на V Международной конференции по адронной спектроскопии, Комо, Италия, 1993.

** Здесь и далее использована спектроскопическая классификация работы [4].

*** Сотрудничество ГАМС (эксперимент СЕРП-Е-140, ИФВЭ): С.В. Донсков, А.В. Инякин, В.А. Качанов, А.А. Кондашов, А.В. Кулик, Г.Л. Ландсберг, А.А. Леднев, В.А. Лишин, С.А. Половников, В.А. Поляков, Ю.Д. Прокошкин, С.А. Садовский, В.Д. Самойленко, А.В. Синьговский, В.П. Сугоняев, Г.В. Хаустов, П.М. Шагин, А.В. Штанников (Протвино, Россия); Ф. Бинон, К. Брикман, Ж.-П. Струот (Брюссель, Бельгия); М. Гуанэр, Ж.-П. Пенье, М. Пуле (Анси, Франция); Д. Алди, Е.А. Нап (Лос-Аламос, США); М. Бутмер (Женева, Швейцария).

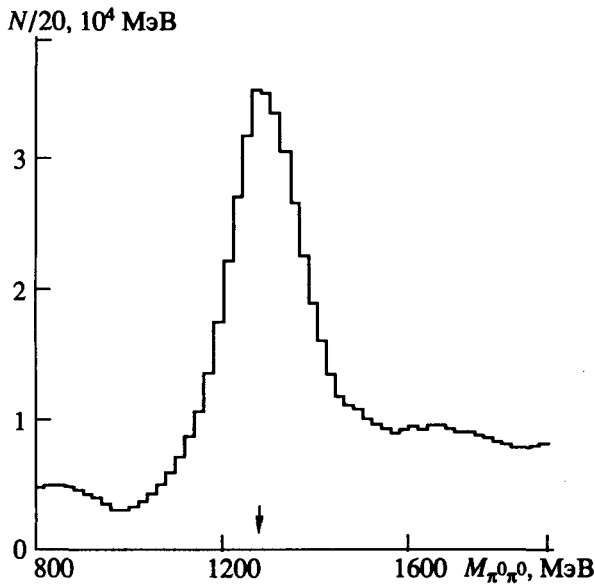


Рис. 1. Спектр масс $\pi^0\pi^0$ -событий (без учета эффективности). Здесь и далее стрелкой показано табличное значение массы $f_2(1270)$ -мезона.

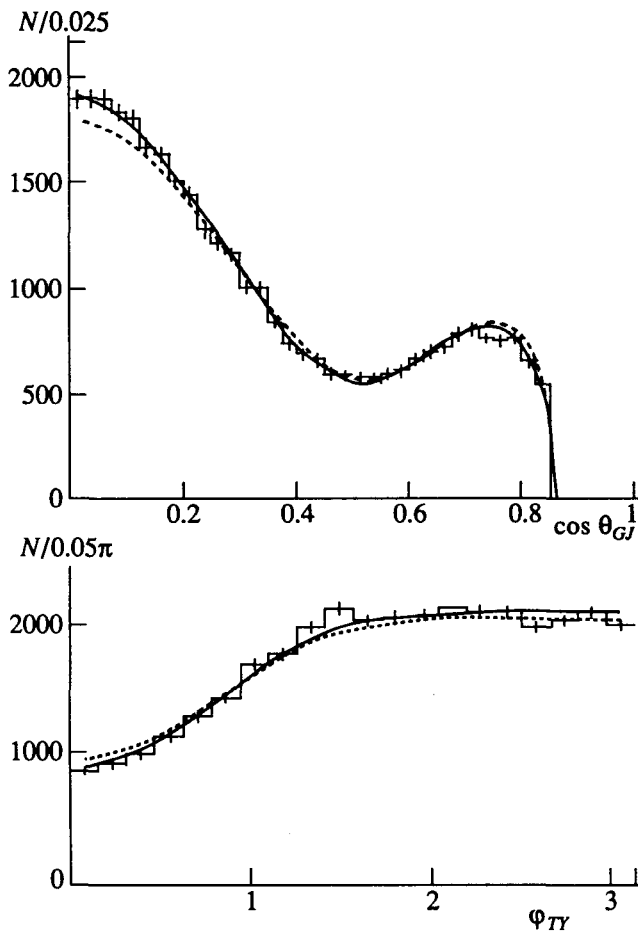


Рис. 2. Фит угловых распределений реакции (1) в одном из 20-МэВ бинов в максимуме $f_2(1270)$ -пика. Сплошной линией показаны угловые распределения, полученные с учетом G_0 -волны, штриховой – без ее учета.

Эффективность регистрации событий реакции (1) определялась методом Монте-Карло с использованием банка реальных фотонных ливней [7]. Параметризация эффективности выполнена методом, предложенным в [8]. Для проведения ПВА события реакции (1) были сгруппированы в бины по 20 МэВ, в каждом из которых заполнялись двумерные гистограммы $[\cos\theta_{GJ}, \Phi_{T\gamma}]$. Значение эффективности велико в районе $\cos\theta_{GJ} = 0$ (70%), при $\cos\theta_{GJ} \rightarrow 1$ она падает до 0. События, лежащие в области с эффективностью ниже 2%, были отброшены.

Каждая гистограмма фитировалась методом максимума правдоподобия. При ПВА учитывались S -, D_0 -, D_- -, D_+ - и G_0 -волны (вклад других волн в изучаемом интервале масс пренебрежимо мал [1]). ПВА проводился в несколько этапов. Вначале фит угловых распределений был выполнен с учетом только S -, D_0 -, D_- и D_+ -волн и найдены два нетривиальных решения, которые согласуются с полученными ранее [9]. Первое решение является нефизическим, поскольку амплитуды D -волн имеют большие значения около порога. Для последующего анализа за основу было взято второе, физическое решение.

Вследствие большой статистической обеспеченности данного эксперимента (на порядок выше, чем в [9]) вклад G_0 -волны становится заметным уже в районе $f_2(1270)$ -мезона за счет интерференции с D_0 -волной. Фит угловых распределений с учетом G_0 -волны, которая была добавлена к физическому решению, проводился в области $\pi^0\pi^0$ -масс до 2.5 ГэВ. При этом в G_0 -волне четко виден $h/f_4(2050)$ -мезон. Квадрат модуля G_0 -амплитуды фитировался релятивистским брейт-вигнеровым резонансом, полученные параметры $f_4(2050)$ -мезона согласуются с табличными [10].

Окончательно амплитуды и фазы S -, D_0 -, D_- и D_+ -волн были определены при значениях $|G_0|^2$, зафиксированных в соответствии с табличными параметрами $f_4(2050)$ -мезона (фаза G_0 -волны была оставлена свободной). Пример фита угловых распределений в одном из массовых бинов в районе $f_2(1270)$ -пика показан на рис. 2. Учет G_0 -волны существенно улучшает фит. В других массовых бинах качество фита аналогично.

Результаты ПВА приведены на рис. 3. В S -волне наблюдается провал около 1 ГэВ, возникающий вследствие деструктивной интерференции $S^*/f_0(975)$ -резонанса с фоном (более отчетливо он виден в [9], где лучше разрешение по массе), и широкая структура в области 1.2 ГэВ (ϵ -мезон).

Во всех D -волнах четко выделяются пики, соответствующие $f_2(1270)$ -мезону. Фазы D_0 - и D_- -волн, измеренные относительно фазы S -волны, испытывают при прохождении $f_2(1270)$ -резонанса характерный скачок. В D_0 -амплитуде наблюдается небольшое плечо в районе 1.7 ГэВ, которое было видно и на рис. 1.

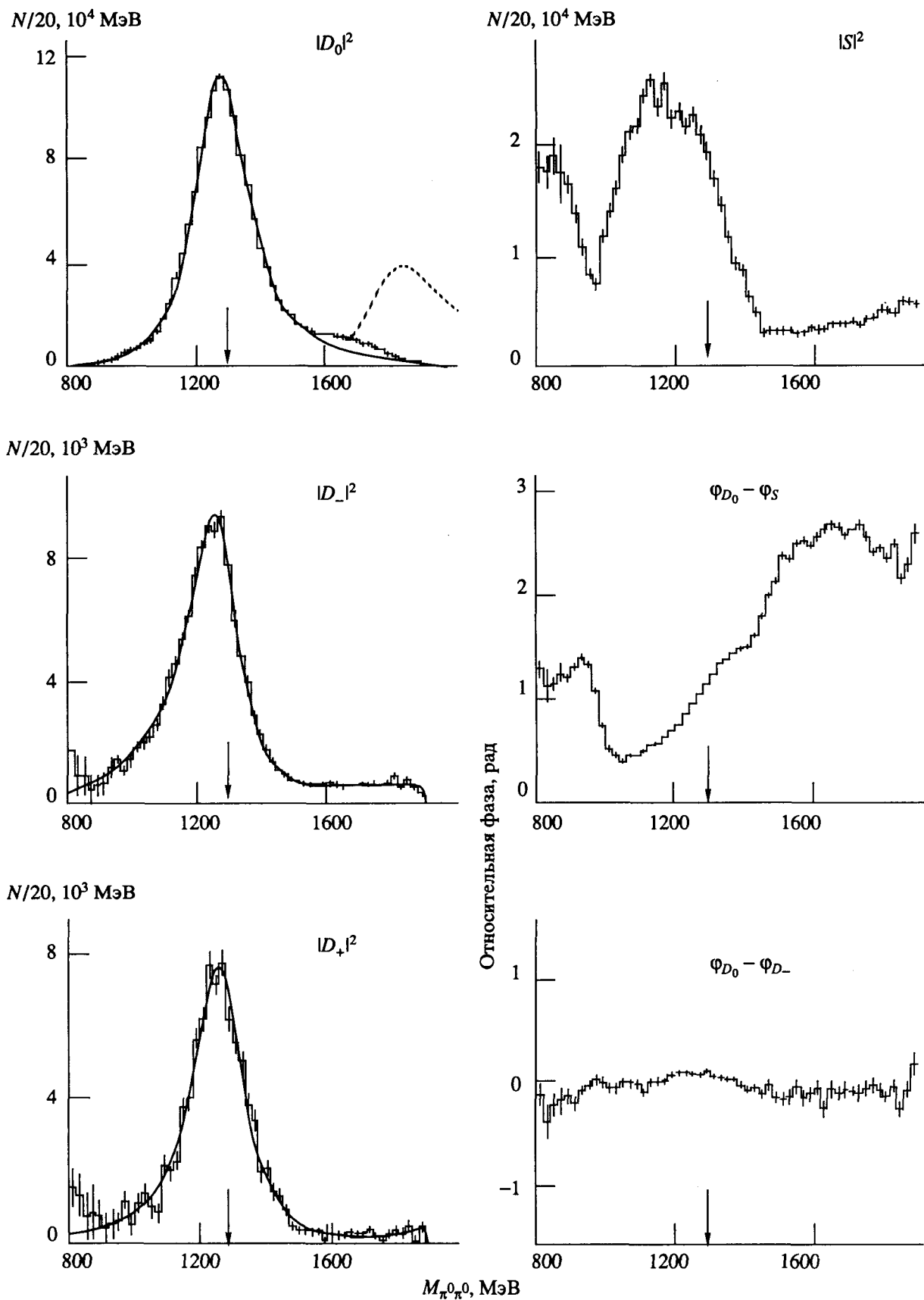


Рис. 3. Квадраты модулей амплитуд S -, D_0 -, D_- - и D_+ -волн и относительные фазы D_0 - и S -волн, D_0 - и D_- -волн, полученные при фиксированном $|G_0|$ (фаза G_0 -волны оставлена свободной). Штриховая линия – ожидаемый вклад $f_2(1810)$ -резонанса [3] (нормировано на $f_2(1270)$).

Наблюдаемое поведение D -волн в районе $f_2(1270)$ -мезона хорошо описывается моделью ОРЕА (с небольшим поглощением) [11]: квадраты модулей амплитуд D_- и D_+ -волн примерно равны между собой, они на порядок меньше $|D_0|^2$; D_0 - и D_- -волны когерентны по фазе (рис. 3).

Важным результатом настоящей работы является отсутствие статистически значимой резонансной структуры в D_0 -волне в области 1.8 ГэВ (рис. 3), что подтверждается также и поведением относительной фазы D_0 - и S -волн, которая в этой области практически постоянна. Получено низкое ограничение на сечение образования $f_2(1810)$ -резонанса:

$$\frac{\sigma(\pi^- p \rightarrow f_2(1810)n) \cdot \text{BR}(f_2(1810) \rightarrow \pi^0 \pi^0)}{\sigma(\pi^- p \rightarrow f_2(1270)n) \cdot \text{BR}(f_2(1270) \rightarrow \pi^0 \pi^0)} < \frac{1}{10}, \quad (2)$$

в то время как в работе [3] отношение сечений, аналогичное (2), составляет 1/2.

Заметим, что данные [3] о $f_2(1810)$ -резонансе в $\pi^0 \pi^0$ -системе легли в основу анализа $\pi\pi$ -, $\eta\eta$ - и $K\bar{K}$ -систем [12], отсутствие этого резонанса должно существенно изменить результаты анализа, в том числе и ряд ширин распадов мезонов, внесенных в таблицы [10].

Квадраты модулей амплитуд D_0 -, D_- и D_+ -волн хорошо фитируются релятивистской брейт-вигнеровской кривой с динамической шириной и полиномиальным фоном, с учетом интерференции (она сдвигает максимумы видимых пиков (рис. 3) к меньшим массам). В случае D_0 -волны интервал масс 1.56 - 1.80 ГэВ был исключен из фита. Для каждой D -волны получены значения ширины и массы $f_2(1270)$ -мезона, согласующиеся с табличными, суммарная D -волна описывается резонансом с массой и шириной:

$$\begin{aligned} M &= 1272 \pm 8 \text{ МэВ}, \\ \Gamma &= 192 \pm 5 \text{ МэВ}. \end{aligned} \quad (3)$$

При определении сечения образования $f_2(1270)$ -мезона в реакции (1) число событий в $f_2(1270)$ -пике находилось как площадь под фитирующими кривыми на рис. 3. При этом из кривых, описывающих D_- и D_+ -волны, вычитался небольшой фон (около 5%); фон в D_0 -волне пренебрежимо мал.

Для нормировки сечения образования $f_2(1270)$ -мезона использована реакция $\pi^- p \rightarrow \eta p, \eta \rightarrow \gamma\gamma$. Она хорошо изучена в области 40 ГэВ, значения

ее сечения, измеренные в двух независимых экспериментах [13, 14], совпадают в пределах 5%.

Определены следующие величины $\sigma(\pi^- p \rightarrow f_2 n) \cdot \text{BR}(f_2 \rightarrow 2\pi^0)$ в трех D -волнах: 2.31 ± 0.18 мкбн (D_0), 0.167 ± 0.013 мкбн (D_-) и 0.134 ± 0.010 мкбн (D_+). Нормировка на сечение образования $\pi^0 \pi^0$ -системы в S -волне, измеренное в [9], дает аналогичные результаты. Сечение образования $f_2(1270)$ -мезона получено равным

$$\sigma(\pi^- p \rightarrow f_2 n) = 9.2 \pm 0.8 \text{ мкбн}; \quad (4)$$

здесь учтен $\text{BR}(f_2 \rightarrow 2\pi^0) = 0.283 \pm 0.007$ [10]. Найденное значение согласуется с предыдущими данными [9], оно несколько меньше предсказаний модели ОРЕ [15].

Настоящая работа частично поддержана грантом фонда Сороса, выделенным Американским физическим обществом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бинон Ф. и др. // ЯФ. 1983. Т. 38. С. 1199 - 1204.
2. *Apel W.D. et al.* // Nucl. Phys. 1982. V. B201. P. 197 - 204.
3. *Cason N.M. et al.* // Phys. Rev. 1983. V. D28. P. 1586 - 1600.
4. *Costa G. et al.* // Nucl. Phys. 1980. V. B175. P. 402 - 434.
5. *Алди Д. и др.* // ЯФ. 1989. Т. 49. С. 1021 - 1029.
6. *Boutemour M., Stroot J.P.* Proc. IV Intern. Conf. on Hadron Spectroscopy. College Park, Maryland, 1991. P. 3 - 6.
7. *Садовский С.А.* Препринт ИФВЭ 85-34. Серпухов, 1985. 10 с.
8. *Sadovsky S.A., Kondashov A.A., Samoylenko V.D.* Proc. XXVI Intern. Conf. on High Energy Physics. Dallas, 1992. P. 1791 - 1794.
9. *Sadovsky S.A.* Proc. III Intern. Workshop on Light Quark Meson Spectroscopy. Tsukuba, KEK 92-8, 1992. P. 87 - 100.
10. Particle Data Group // Phys. Rev. 1992. V. D45. P. VII. 28; VII. 47; VII. 66.
11. *Petersen J.L.* Preprint CERN 77 - 04, 1977. 109 p.
12. *Longacre R.S. et al.* // Phys. Lett. 1986. V. B177. P. 223 - 227.
13. *Dahl O. et al.* // Phys. Rev. Lett. 1976. V. 37. P. 80 - 83.
14. *Apel W.D. et al.* // Nucl. Phys. 1979. V. B152. P. 1 - 26.
15. *Ачасов Н.Н., Шестаков Г.Н.* Препринт ТФ-19(189). Новосибирск, 1991. 17 с.