19

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
Институт теоретической и
экспериментальной физики

FERMILAB
JUN 1 2 1997
LIBRARY

10 -97

Ешин Ю.Д.,Виноградов В.В.,Егоров О.К.,Колганова Э.Д.,Колесников В.В.,
Першина О.В.,Пожарова Е.А.,Силаев В.И.,Скородько Т.Ю.,
Смирнитский В.А., Шаманов В.В.

ITEP-10-97

АНАЛИЗ НЕЙТРИННЫХ СОБЫТИЙ ЭКСПЕРИМЕНТА WA-95 В ЯДЕРНОЙ ФОТОЭМУЛЬСИИ, НАЙДЕННЫХ В ИТЭФ

Fermilab Library
0 1160 0044997 9

Москва 1997

УДК 539.I.073 М-I6

АНАЛИЗ НЕЙТРИННЫХ СОБЫТИЙ ЭКСПЕРИМЕНТА WA-95 В ЯДЕРНОЙ ФОТОЭМУЛЬСИИ, НАЙДЕННЫХ В ИТЭФ: Препринт ИТЭФ I0-97/

Ю.Д.Алешин,В.В.Виноградов,О.К.Егоров и др. - М., I997 -20с.

Представлены первые результаты поиска вершин взаимодействий в ядерной фотоэмульсии, используемой в качестве мишени и вершинного детектора коллаборацией CHORUS .Эксперимент WA-95 (CERN) посвящен поиску нейтринных осцилляций в пучке мюонных нейтрино .

The first results for searching vtrtex interaction to nuclear fotoemulsion used in the quality target and the vertex detector to experiment WA-95 (CERN) , for search of the oscilation in beam ν_μ are presented.

Рис. - I5, список лит. - 3 наим.

© Институт теоретической и экспериментальной физики, I997

Введение

В ИТЭФ обрабатываются события нейтрино-ядерных взаимодействий, полученные в эмульсионных камерах после облучения их в нейтринном пучке ускорителя SPS эксперимента WA-95 [1]. В шести мини-модулях с эмульсией, общим обьемом 116*174*28 мм^3, из модуля 44 [2] был проведен поиск вершин нейтринных взаимодействий. Поиск вершин проводился путем обратного про-слеживания по трекам, найденным в эмульсии, по предсказаниям трекера [1].

Из 110 предсказаний было найдено 64 взаимодействия, вызванных нейтральными частицами. На рис.1 показано суммарное распределение этих событий по слоям вдоль нейтринного пучка. (Каждая камера состояла из 35 двухсторонних фотоэмульсионных слоев.) На нем видно, что события распределены достаточно равномерно по эмульсионным слоям.

Типичная картина регистрации нейтринного события в спектрометре эксперимента WA-95 показана на рис.2.

Среди найденных событий имеется 5 случаев конверсии энергичных гамма-квантов в e+e- пары. Оставшиеся 59 случаев имеют в своей топологии от 1 до 17 релятивистских частиц при различном сопровождении медленными частицами.Детально процедура измерения и характеристики автоматизированного микроскопа МАС-1 описаны в [2].

Для всех 59 событий было выполнено прослеживание вторичных треков, выходящих из звезды, на предмет поиска распадов заряженных короткоживущих частиц.

Эмульсионные камеры экспонировались в пучке мюонных нейтрино, поэтому при поиске распадов путем прослеживания вдоль следов вторичных заряженных частиц в нейтринных взаимодействиях, ожидается, в основном, наблюдение распадов заряженных очарованных частиц (мезонов и барионов). Каждый трек релятивистской частицы прослеживался от вершины взаимодействия в пяти эмульсионных слоях, что составляло наблюдаемую распадную длину 4,0-4,5 мм. В результате было визуально обнаружено 3 случая с изломами на треках вторичных заряженных частиц. В этих 3-х событиях были проведены измерения пространственных координат точек на вторичных релятивистских треках . На рис.3, 4 и 5 по измеренным координатам построены проекции этих треков на одну из плоскостей. Один случай имеет большое расхождение измеренных углов треков заряженных частиц с данными, полученными из трекера.

Анализ треков, зафиксированных в мюонном спектрометре, дает полную информацию об идентификации частиц только для 45 событий из найденных нами 59 событий . В 35 случаях было установлено одиночное рождение мюонов, что позволило получить отношение числа событий с

нейтральным током к числу событий с заряженным током R(n). В таблице1 приведены эти данные:

Таблица 1. Характеристики найденных событий по данным мюонного спектрометра

Число найденных событий	Число нейтринных событий		Число событий с мюоном N(cc)	Число событий без мюонов N(nc)	R(n) данная работа	R(n) [3]
	всего	с иден тифик				
64	59	45	35	10	0,28±0,04	0,29±0,01

Импульсное распределение мюонов, вылетающих из вершин с нейтринными взаимодействиями показано на рис.6, а углы их вылета в системе координат,принятой в коллаборации, приведены на рис.7. Из этого распределения видно, что при средней энергии нейтрино в пучке $\langle E_\nu \rangle =$ 27 ГэВ, средний импульс мюонов в событиях N(cc) оказался равным : $\langle P_\nu \rangle =$ 14,7 ГэВ/с. На рис.8 приведено распределение числа мюонов по $P_\perp$ (перпендикулярной к пучку составляющей их импульсов) для реакции:

$$\nu + N \rightarrow \mu^- + X \quad , \qquad (1)$$

для которой оказалось, что средняя величина перпендикулярной компоненты импульса мюонов равна $\langle P_\perp \rangle = 1{,}9$ ГэВ/с.

Поиск изломов на треках заряженных частиц.

Поиск кандидатов на распады короткоживущих частиц проводился визуально. А при их нахождении, проводилось измерение углов треков, выходящих из вершины события (координаты трека измерялись на поверхности эмульсии и вблизи пластика, а затем использовались при вычислени пространственных углов трека.) Обнаружение каких-либо нерегулярностей на треках (поиск изменения производной в точке на треке), которые в дальнейшем можно рассматривать как кандидаты на распад короткоживущих частиц, связано прежде всего с методическими особенностями как самого прибора МАС-1, так и с качеством используемой эмульсии. Поэтому вначале на микроскопе МАС-1 были промерены отдельные штрихи обьект- микрометра с шагом 10мкм расположение которых известнос точностью лучше 1 мкм.Эти измерения, выполненные

при положении штрихов объект-микрометра вдоль координат X и У, показаны на рис.9 и 10. Для сравнения с измерением объект-микрометра на рис.11 и 12 приведены измерения разности координат точек входа и выхода одного и того же трека, выполненные в первом слое эмульсии вблизи пластика и повторенные 30 раз. Из этих данных видно, что измерительный микроскоп МАС-1 имеет высокую точность отсчета координат и небольшой разброс координат при многократных повторных измерениях. Если же построить разности измеренных координат точек входа и выхода одного трека вблизи пластика для всех 35 слоев (см. рис.13 и 14), то при сравнении с рис.11 и 12 можно увидеть больший разброс от среднего значения, вероятно, за счет дисторсии в эмульсии. Все данные, приведенные на рис.9-14, важны при измерении углов треков и вычислении их ошибок в эмульсии.

Затем нами был испробован метод поиска изломов на треках заряженных частиц в эмульсии, вылетающих из вершины нейтринных взаимодействий, путем определения параметра "промашки", вычисленного по разности измеренных координат отдельных кусков треков относительно координат вершины события, т.е.:

$$X(pr)_i = \frac{Z_i}{\Delta Z_{ik}} \cdot (X_i - X_k) - Xb \ , \qquad (2)$$

$$Y(pr)_i = \frac{Z_i}{\Delta Z_{ik}} \cdot (y_i - y_k) - Yb \ . \qquad (3)$$

Если определить ошибки измерений в координатах вершины следующим образом :

$$\Delta Xb_i = \frac{Z_i}{\Delta Z_{ik}} \cdot 2 \cdot \sigma_x \quad \text{и} \quad \Delta Yb_i = \frac{Z_i}{\Delta Z_{ik}} \cdot 2 \cdot \sigma_y \ , \qquad (4)$$

то относительные координаты "промашки " можно выразить через соответствующие величины R:

$$R_x = \frac{X(pr)_i}{\Delta Xb_i} \quad \text{и} \quad R_y = \frac{Y(pr)_i}{\Delta Xb_i} \ . \qquad (5)$$

Принятые обозначения в (2)÷(5)

Xb, Yb , Zb -координаты вершины;

Xb_i, Yb_i -координаты вершины, полученные путем измерения удаленных точек i и k на треке в процессе прослеживания (см.рис.15);

$X(pr)_i$, $Y(pr)_i$ -проекции величины промашки, соответственно, на плоскость XZ и YZ ;

ΔXb_i , ΔYb_i -величины ошибок в координатах вычисленнной вершины; σ_x и σ_y - ошибки измерений координат.

Как оказалось, данные по "промашке" , для измеренных величин R_x и R_y, не сильно отличаются между собой для разных треков, но только в одном и том же слое или на пластике. С переходом в другой слой наблюдается заметное расхождение этих значений. Отсюда следует, что при прослеживании трека из слоя в слой, параметр промашки не является достаточным критерием для выявления изломов. Основная проблема состоит в том, что ошибки, возникающие при стыковке трека во время перехода из слоя в слой по координатам, достигают десятков мкм, что с увеличением длины трека приводит к нарастанию ошибок в параметре промашки.

Разброс средних значений R_x и R_y , вычисленных для одной звезды, состоящей из 10 треков, по измеренным точкам, расположенным вблизи пластика, в 4-эмульсионных слоях, приведен в таблице 2:

Таблица 2. Разброс средних значений "промашек" для 4 соседних пластин

Номер пластины	$< R_x >$	$< R_y >$
1	-24±3	15,5±1,5
2	-11,3±1,5	13,5±1,3
3	-110±10	40±4
4	1,6±0,2	0,8±0,1

Таким образом, необходимой процедурой при анализе искомых треков на наличие в них изломов может служить сравнение с треками, от проходящих мюонов на данном участке эмульсии. Такая операция, во-первых, приводит к учету искажений треков в эмульсии, а во-вторых, определяет различие искажений между эмульсионными слоями.

Анализ найденных изломов на треках заряженных частиц.

Изломы на треках в трех событиях, которые мы наблюдали, скорее всего, следует отнести к кандидатам на распад заряженных D-мезонов, с учетом топологии событий и длин их до распада. Вероятность того, что это есть взаимодействия обычных адронов, намного меньше [1]. В таблице 3 представлены данные этих событий.

Таблица 3. Кандидаты событий на распады $D^{\pm}$-мезонов

п/п	Номер события	Номер камеры	Номер слоя с вершиной взаимодействия	Длина трека до распада мкм	Наличие мюона в вершине
1	1875-0676	47	1D	336	—
2	1272-1925	54	33B	23	да
3	1365-3234	41	15	850	да

Если остановиться на предположении о том, что найденные нами 3 события с изломами на треках относятся к распадам D-мезонов, то сечение их рождения в пучке нейтрино имеет вид [3]:

$$\sigma(\nu + N \to \mu^- + h_c) = \frac{G_S^2}{\pi}\cdot(\sin^2\vartheta_c \cdot (d(x) + u(x) + 2\cdot\cos^2\vartheta_c \cdot s(x)),$$

где: ϑ_c - угол Кабибо, равный 13 °;

G_S^2 - квадрат константы Ферми.

Полное сечение взаимодействия нейтрино (заряженный ток) есть:

$$\sigma(\nu + N \to \mu^- + h) = \frac{G_S^2}{2\pi} \cdot ((Q+S) + \frac{1}{3}(\bar{Q}-\bar{S})) \approx \frac{G_S^2}{\pi}\cdot 0{,}22 .$$

Отсюда можно получить долю образования очарованных частиц, относительно рождения обычных адронов:

$$\frac{\sigma(\nu N \to \mu h_c)}{\sigma(\nu N \to \mu h)} = \sin^2 \vartheta_c + \frac{2S}{U+D} \approx 0{,}1 \ .$$

Кроме того, следует учесть эффективности регистрации короткоживущих частиц в фотоэмульсии:

1) эффективность наблюдений изломов на треке за счет наличия минимальной
и максимальной ненаблюдаемых длин распада короткоживущих частиц:

$$K_1 = e^{-\frac{ct_{min}}{c\tau}} - e^{-\frac{ct_{max}}{c\tau}}$$

$c\tau$ (D) = 317 мкм, ct_{min} = 10 мкм, ct_{max} = 4 мм ;

2) эффективность регистрации за счет различных мод распада очарованных частиц:

$$\nu + N \to D^{\mp}(\Lambda_c) + X$$

$|\ \ |\text{---}\to 3^*$

$|\text{-------}\to 1^*$ однолучевой распад $K_2 = 0{,}9$;

$|$

$|\text{------}\to 3^*$ трехлучевой распад $K_2 = 0{,}3$;

3) эффективность регистрации из-за невидимых малых углов распада в моде 1^*:

$$K_3 = e^{-\frac{p_{min}^{\perp}}{p}} - e^{-\frac{p_{max}^{\perp}}{p}} \qquad (K_3 = 1 \div 0{,}37) \ .$$

Итак, из найденных нами 59 нейтриннных взаимодействий , можно получить оценку числа ожидаемых очарованных частиц ,используя сечения рождения и эффективности регистрации короткоживущих частиц и сравнить с найденными у нас. Результаты сравнения приведены в таблице 4.

Таблица 4. Сравнение расчетных и экспериментальных значений числа кандидатов на распады очарованных частиц.

Расчетные значения числа событий					Эксперементальные значения		
Всего	С учетом топологии		С учетом эффективн.				
Nc	Nc(1*)	Nc(3*)	Nc(1*)	Nc(3*)	Nc	Nc(1*)	Nc(3*)
6	4,5	1,5	2,2	0.75	3	3	0

В заключение авторы работы выражают благодарность В.Д., Хованскому за поддержку работ на установке МАС-1, М.В. Данилову и В.С. Кафтанову за внимание и интерес к работе.

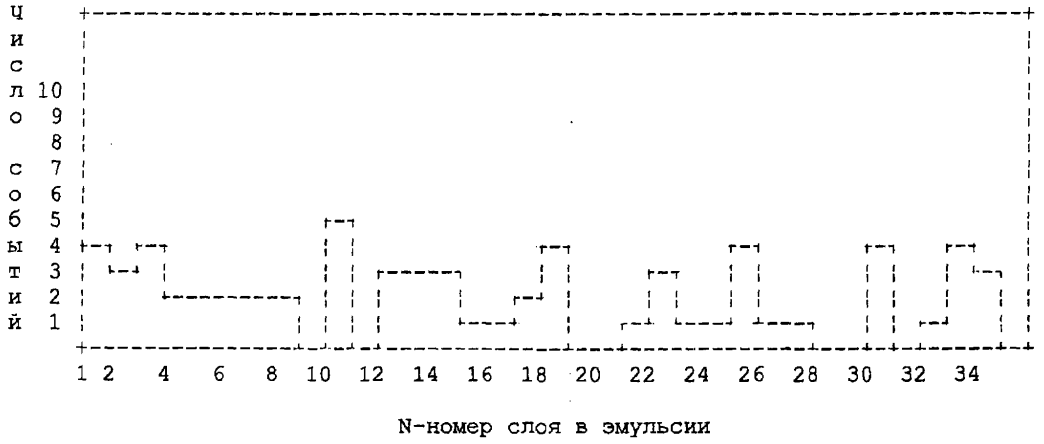


Рис.1. Распределение нейтринных событий по слоям ядерной фотоэмульсии вдоль нейтринного пучка.

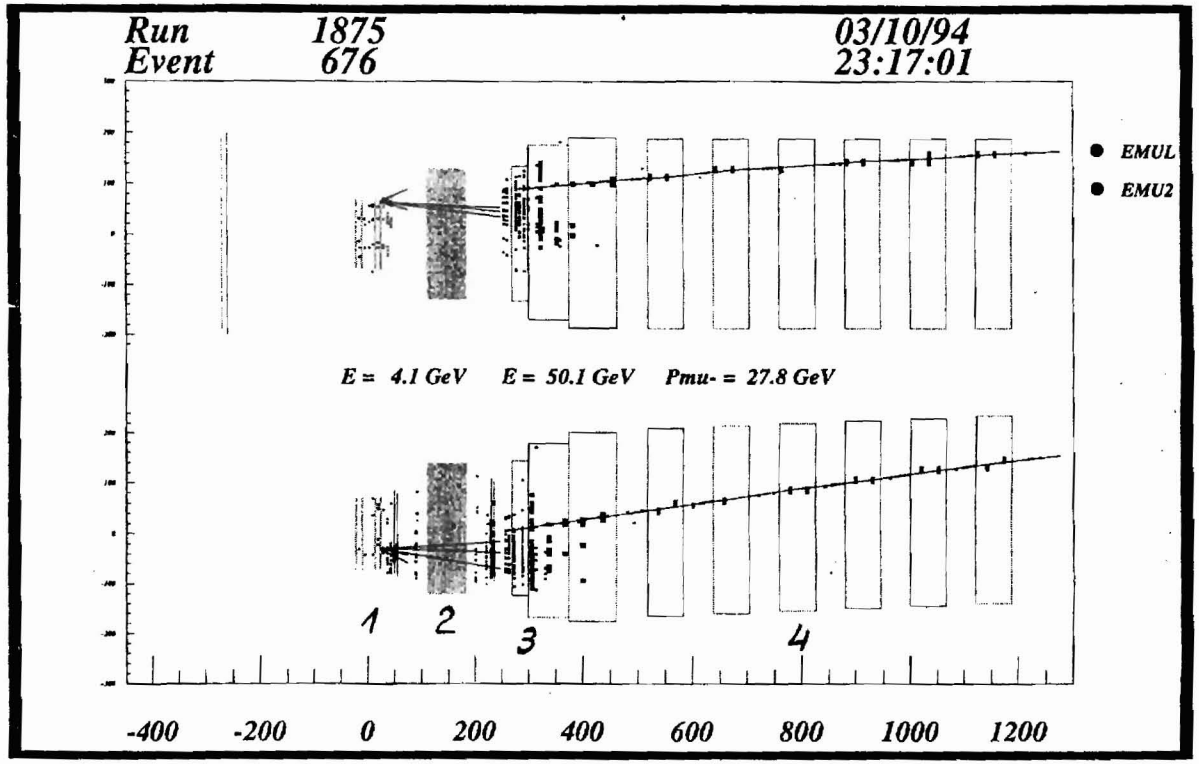


Рис.2. Эскиз картины регистрации нейтринного события в детекторе CHORUS: 1-мишень, 2-магнит, 3-калориметр, 4-мюонный спектрометр

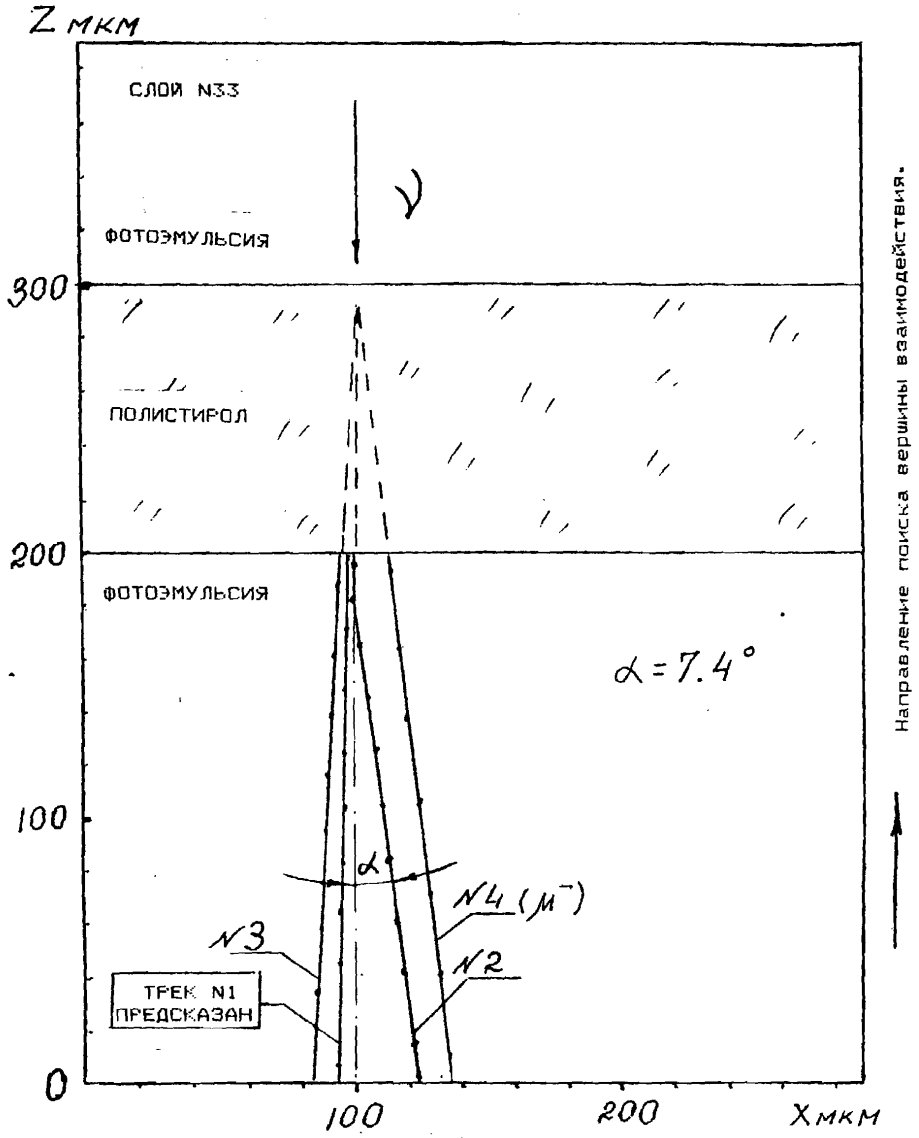


РИС. 3.

СОБЫТИЕ N 1272-1925, КАМЕРА N 54, ТРЕК ПРЕДСКАЗАНИЯ N 212(6)-АДРОН.

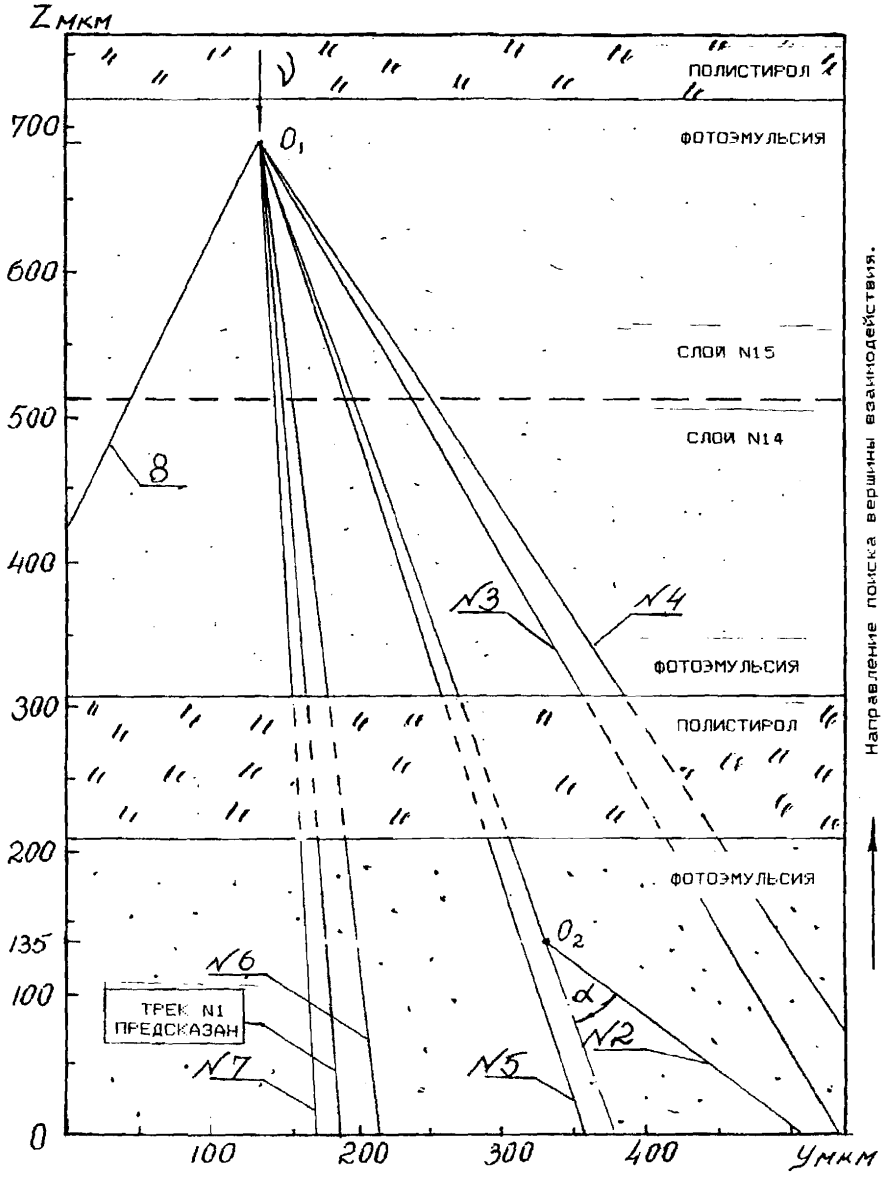


РИС. 4.

СОБЫТИЕ N 1365-3234, КАМЕРА N 41, ТРЕК ПРЕДСКАЗАНИЯ N 170(6)-μ^-.

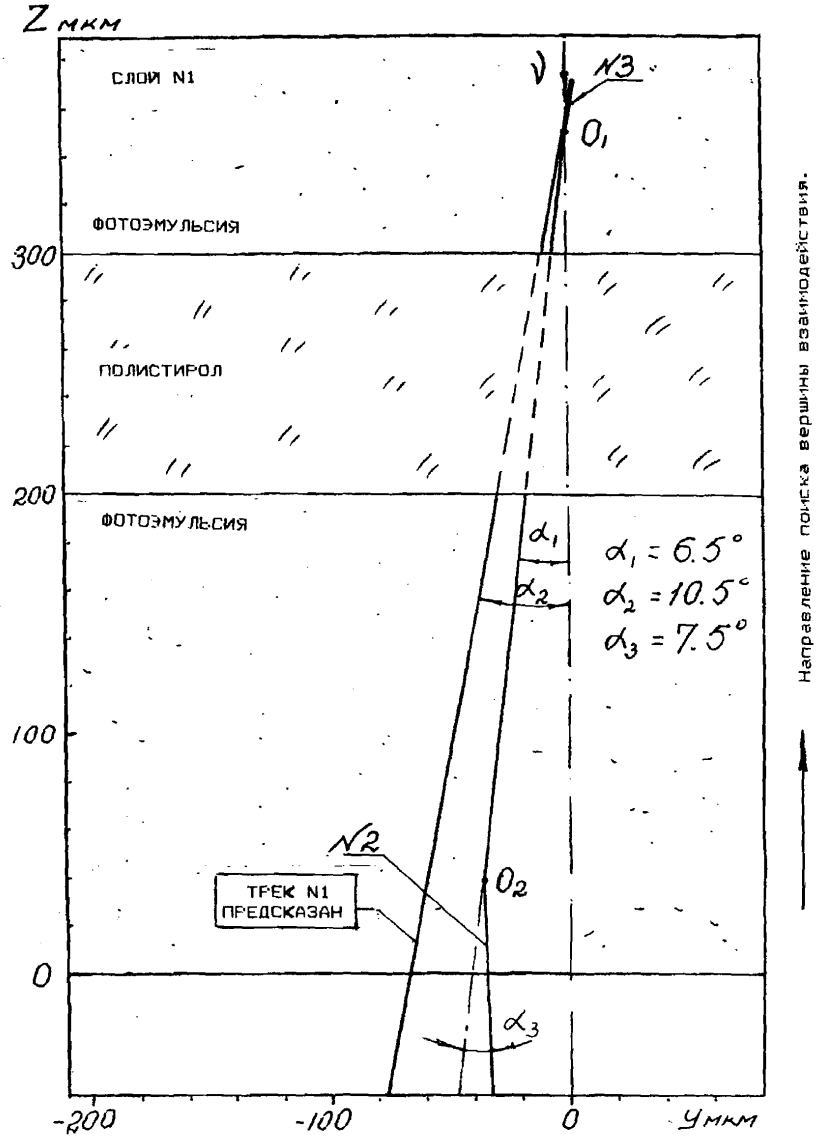


рис. 5

СОБЫТИЕ N 1875-0676, КАМЕРА N 47, ТРЕК ПРЕДСКАЗАНИЯ N 77(8).

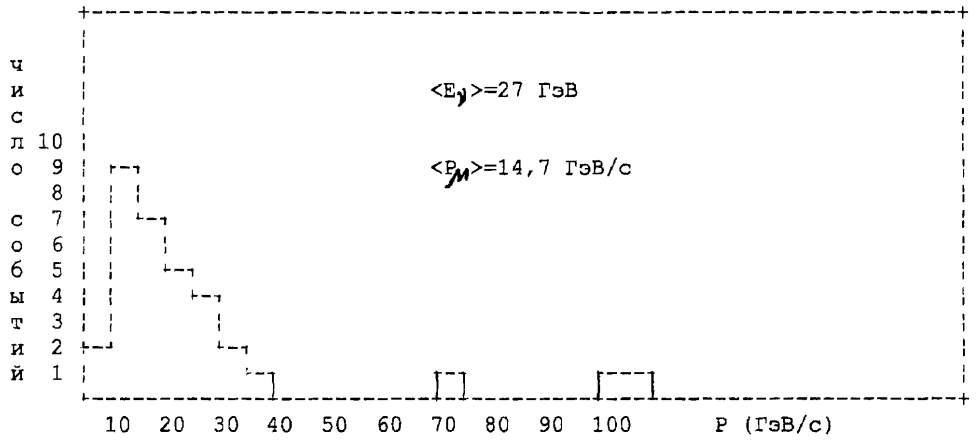


Рис.6. Распределение мюонов по импульсам из нейтринных взаимодействий.

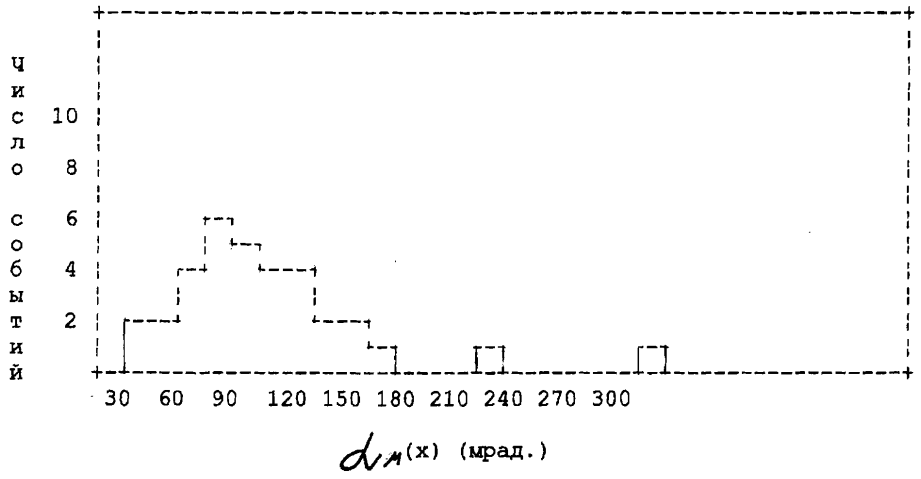


Рис.7. Распределение мюонов по углам вылета из нейтринных взаимодействий относительно направления пучка.

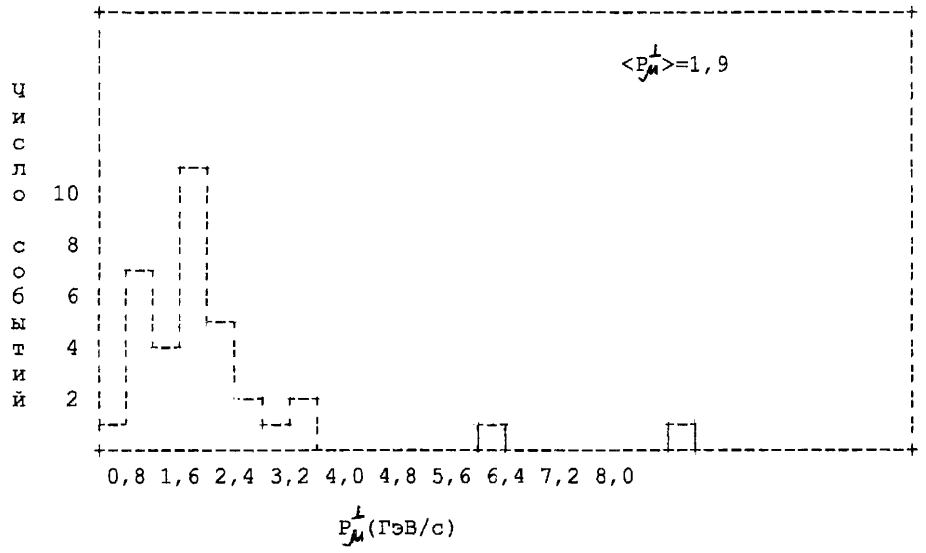


Рис.8. Распределение мюонов по перпендикулярной к пучку составляющей их импульсов.

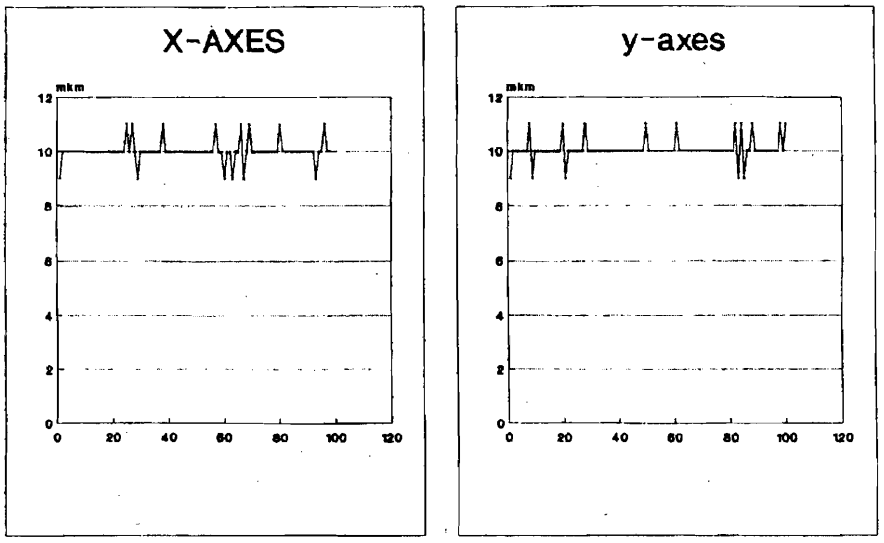
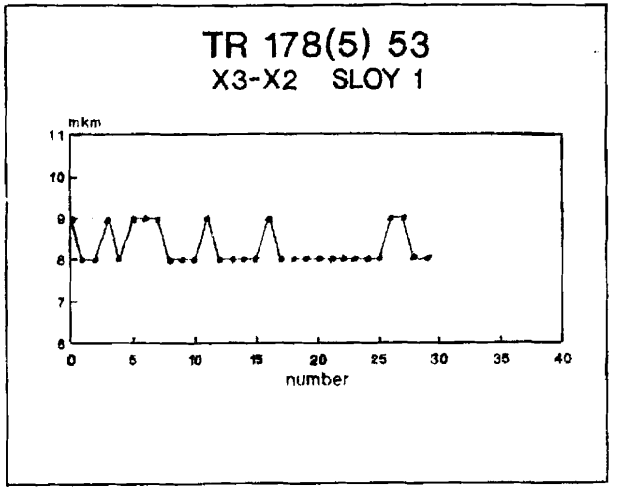


Рис. 9-10. Результаты измерений объект-микрометра по осям X и Y на установке МАС-1.



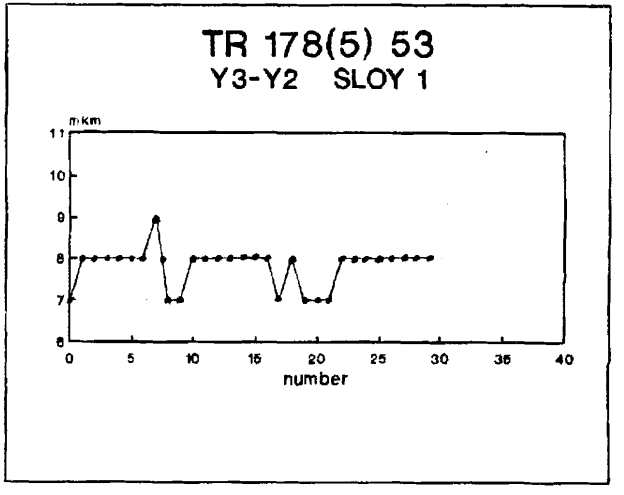
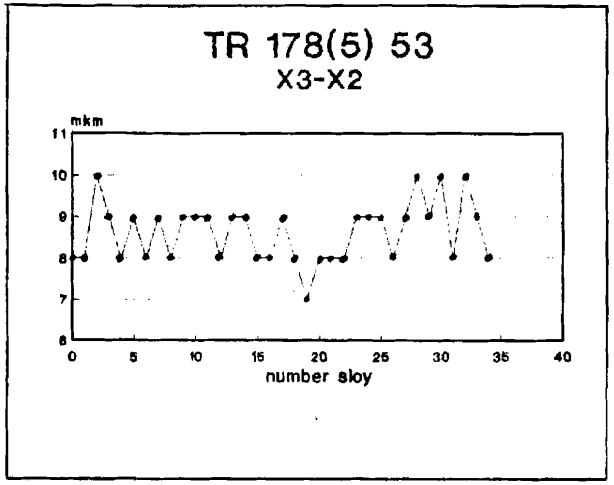


Рис.11-12. Результаты измерений разности координат точек входа и выхода одного трека в одном слое на пластике



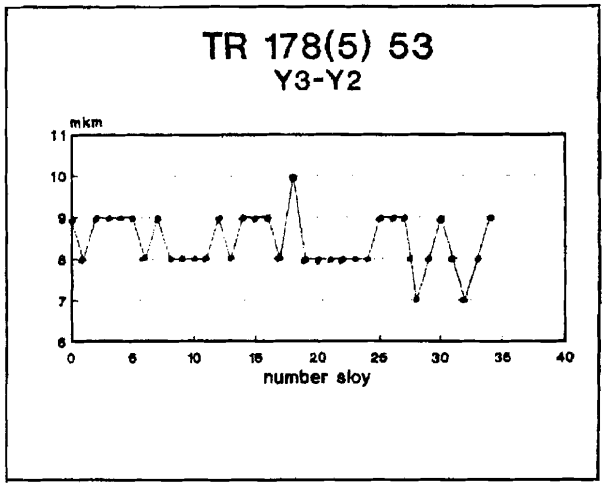


Рис.13-14. Результаты измерений разности координат точек входа и выхода одного трека по всем 35 слоям на пластике

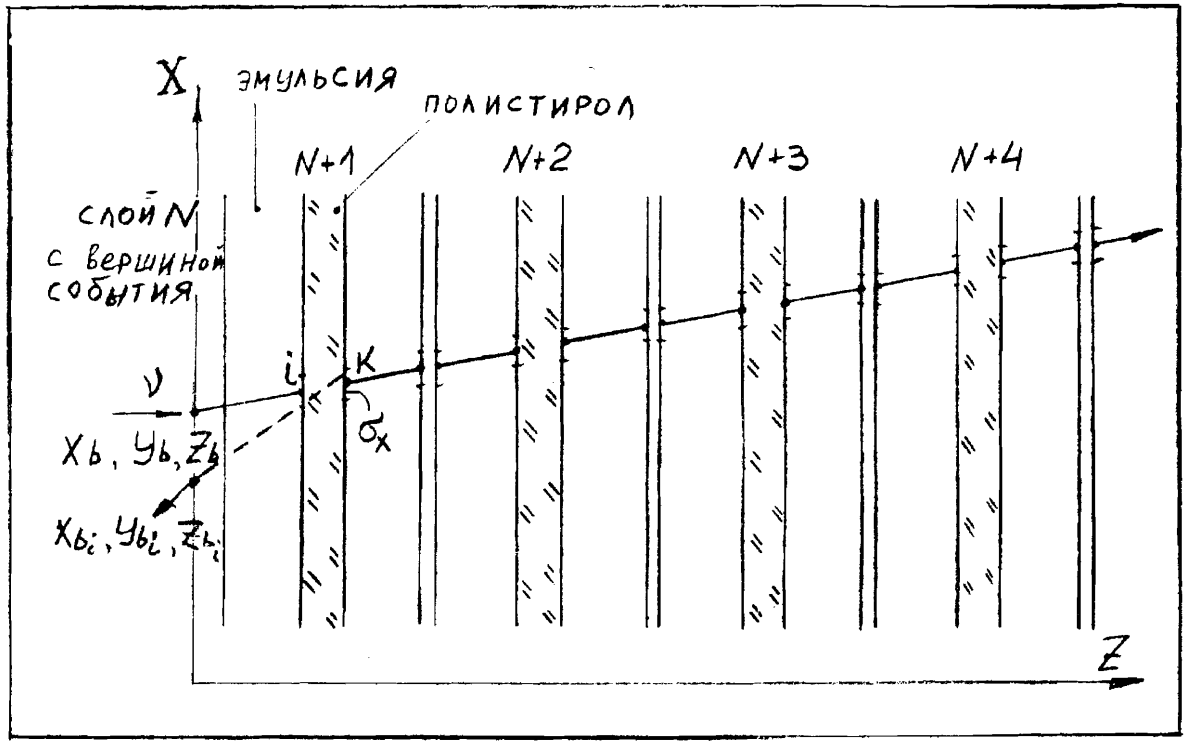


Рис.15. Прослеживание трека по слоям и вычисление параметра промашки

Литература

1. A new search for nu(mu)-->nu(tau) oscillations (CHORUS)-WA-95,CERN SPSC/90-49.
2. Алешин Ю.Д. и др. Поиск нейтринных взаимодействий на установке МАС-1 , М., Препринт ИТЭФ, 1996г. N-23.
3. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки ,М. : Наука,1981г.

Подписано к печати 27.02.97 Формат 60x90 I/I6 Офсетн.печ.
Усл.-печ.л.I,25. Уч.-изд.л.0,9. Тираж I26 экз. Заказ I0.
Индекс 3649

Отпечатано в ИТЭФ, II7259, Москва, Б.Черемушкинская, 25