

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ -
ОЭИПК

И Ф В Э
ОЭИПК 77-78

Ю.А. Белокопытов

МЕТОД УТОЧНЕНИЯ
КООРДИНАТ ВЕРШИНЫ СОБЫТИЯ
ПРИ ОБРАБОТКЕ СНИМКОВ С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР

Серпухов 1977

Ю.А. Белокопытов

**МЕТОД УТОЧНЕНИЯ
КООДИНАТ ВЕРШИНЫ СОБЫТИЯ
ПРИ ОБРАБОТКЕ СНИМКОВ С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР**

Аннотация

Белокопытса Ю.А.

Метод уточнения координат вершины события при обработке снимков с пузырьковых камер.
Серпухов, 1977.

16 стр. с рис. (ИФВЭ ОЭИПК 77-78).

Библиогр. 5.

Предлагается метод восстановления координат вершины событий в пузырьковых камерах с использованием измерений треков. Приведена оценка эффективности использования метода в процедуре обработки снимков с камеры "Мирабель" в ИФВЭ.

Abstract

Belokopytov Yu. A.

Method of Vertex Fitting in Bubble Chamber Picture Processing. Serpukhov, 1977.

p. 16. (INEP 77-78).

Refs. 5.

A method of vertex fit using track measurements for spatial reconstruction in bubble chambers is presented. Some results of testing the method efficiency for NPD measurements of Mirabelle pictures at INEP are discussed.

1. В В Е Д Е Н И Е

При измерениях снимков с пузырьковых камер с помощью автомата НРД /1,5/ и использовании геометрической программы (ГП) ГИД-РА-геометрия /3/ возникает проблема надежного определения координат вершины события. Специфика использования НРД в ИФВЭ для обработки снимков с пузырьковой камеры "Мирабель" такова, что координаты вершин взаимодействий не могут быть измерены с достаточной точностью в результате сканирования и фильтрации, и для восстановления пространственных координат в ГП используются параметры вершин, получаемые на стадии предварительных измерений. Однако точность предварительных измерений вершины оказывается недостаточной для эффективной работы ГП и программы кинематического анализа, что особенно сильно сказывается при выделении 4с-фит каналов реакций.

В настоящей работе предлагается простой метод уточнения предварительных измерений координат вершины, использующий информацию, содержащуюся в измерениях треков, позволяющий повысить эффективность системы обработки снимков с камеры "Мирабель" и улучшить кинематические характеристики событий.

2. ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Будем искать вершину взаимодействия как точку пересечения всех измеренных в этой вершине треков. Рассмотрим проекции треков на плоскость пленки в некоторой окрестности вершины, такой, что треки в ней можно хорошо описать кривой второго порядка (окружностью или параболой).

Для определения кривизны ρ и угла вылета трека ϕ в точке взаимодействия воспользуемся процедурой, описанной в работе [2]. Перейдем в локальную систему координат x, y с началом в (X_v, Y_v) и осью x , проходящей через измеренную точку, лежащую на расстоянии $L_1 > L$ от начала координат (рис. 1). Здесь X_v, Y_v - предполагаемые координаты вершины, полученные на стадии предварительных измерений, L - длина, оптимальная для определения параметров трека.

Затем, аппроксимируя измерения трека параболой $y = A_0 + \phi x + \frac{1}{2}\rho x^2$ в локальной системе координат, получаем оценки кривизны и угла вылета трека. В качестве вершины взаимодействия на плоскости фотоснимка предлагается взять "точку пересечения" всех таких парабол, полученную методом наименьших квадратов (МНК) с учетом предварительного измерения вершины. Так как прямое решение задачи о пересечении n кривых второго порядка является достаточно сложным, воспользуемся итерационной процедурой. Для этого линеаризуем задачу и на каждом шаге итераций будем рассматривать "пересечение" касательных к трекам $AX + BY + C = 0$. Такое допущение вполне приемлемо, так как $\frac{1}{\rho} \gg L$. Коэффициенты A, B, C определяются так, чтобы касательные проходили через точку трека, ближайшую к вершине, а их уравнение являлось нормальным уравнением прямой, т.е. $A^2 + B^2 = 1$. Тогда оценкой вершины будет точка (X, Y) , дающая минимум функционалу

$$Q_{TR} = \{AX + BY + C\}_1^T \cdot G_{TR,ij}^{-1} \cdot \{AX + BY + C\}_j,$$

где A_i, B_i, C_i - параметры касательной к i -му треку. В качестве ковариационной матрицы $\langle (A_i X + B_i Y + C_i)(A_j X + B_j Y + C_j) \rangle$ используем диагональную матрицу $G_{TR_{ij}} = S_i \cdot \delta_{ij}$, где S_i - среднеквадратичное отклонение, полученное при аппроксимации параболы трека $r_i^{1/2}$, δ_{ij} - символ Кронеккера.

Для учета предварительных измерений вершины используем следующую процедуру. В качестве начального приближения координат вершины возьмем усредненные с помощью МНК значения измерений со всех проекций. Это можно сделать, восстановив пространственные координаты вершины и спроектировав полученные координаты на плоскость фотопленки. Полученные значения X_v, Y_v на каждой проекции используются в качестве нулевого приближения и для оценки ϕ, ρ треков.

Заметим, что при отсутствии измерений вершины оценки пространственных координат можно получить из грубой оценки координат на проекции, минимизируя Q_{TR} . Причем для оценки ϕ и ρ тогда следует брать первую измеренную точку трека в качестве координат точки взаимодействия.

Учет измеренных координат вершины дает функционал

$$Q_{vx} = |X - X_v, Y - Y_v| \cdot G_{vx}^{-1} \cdot |X - X_v, Y - Y_v|^T,$$

где X, Y - искомые координаты. Для получения ковариационной матрицы G_{vx} используем тот факт, что точность измерения вершины оператором зависит от максимального угла раскрытия "конуса треков".

Пусть $\phi' = \min(\phi_1, \dots, \phi_n)$; $\phi'' = \max(\phi_1, \dots, \phi_n)$, где n - число выходящих из вершины треков. Перенесем начало координат в вершину взаимодействия и повернем оси координат на угол $\theta = \frac{\phi' + \phi''}{2}$.

Тогда в этой системе координат $\delta_x \sim \frac{\epsilon}{\cos \frac{\phi'' - \phi'}{2}}$; $\delta_y \sim \frac{\epsilon}{\sin \frac{\phi'' - \phi'}{2}}$,

где ϵ - приборная ошибка измерений вершины. Переходя в первоначальную систему координат, получаем:

$$G_{vx_{1,1}} = \delta_x^2 \cos^2 \theta + \delta_y^2 \sin^2 \theta ,$$

$$G_{vx_{1,2}} = (\delta_y^2 - \delta_x^2) \sin \theta \cdot \cos \theta ,$$

$$G_{vx_{2,2}} = \delta_x^2 \sin^2 \theta + \delta_y^2 \cos^2 \theta .$$

Таким образом, необходимо найти $\min (Q_{vX}, Q_{TR}) = \min (a \cdot Q_{vX} + Q_{TR})$, где a — относительная ценность предварительных измерений вершины. Например, для $a = 1$ ищем точку (X, Y) , дающую минимум функционалу $Q = Q_{vX} + Q_{TR}$. Полученные значения X, Y используем в качестве следующего приближения до выполнения условия сходимости $\Delta X^2 + \Delta Y^2 < \text{const}$, где $\Delta X, \Delta Y$ — изменение координат вершины на одном шаге итерации.

Таким образом, в результате фита вершины мы получаем

— уточненные значения координат вершины на каждой проекции, необходимые для восстановления ее пространственных координат^{*};

— уточненные значения параметров треков на проекции (ϕ, ρ , координаты первой точки трека), необходимые для построения пространственных кандидатов треков и окончательного фита кинематических параметров треков.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Для проверки качества и эффективности предлагаемого метода использовались данные, полученные в $K^+ p$ -эксперименте при 32 ГэВ/с на камере "Мирабель" и измеренные с помощью просмотрно-измерительного комплекса ИФВЭ^{1/}.

Для проверки несмещенности оценок в предлагаемом методе были использованы сделанные на полуавтоматах "Адам+Ева" полные измерения событий, в которых для имитации измерений **HPD** (где плохо измеря-

^{*} После вычисления кинематических параметров треков в ГП положение вершины уточняется еще раз.

ется начальный участок трека) были отброшены измеренные точки на расстоянии $1,3 \pm 1,0$ см от вершины в пространстве камеры. На рис. 2 приведены распределения отклонений вычисленных координат вершины от измеренных. Видно, что в пределах статистической ошибки оценки координат вершины являются несмещенными.

Для проверки эффективности использования метода были проведены сравнения результатов обработки ~ 4700 событий (первичных взаимодействий и V^0 -частиц) с использованием и без использования процедуры предварительного уточнения вершины.

3.1. Результаты геометрической реконструкции

Введение процедуры уточнения координат вершины позволило уменьшить число забракованных по результатам ГП событий с 750 до 660, из них первичных - с 598 до 512. При этом улучшилось распределение нормированной остаточной суммы квадратов отклонений измерений от фитируемой кривой (рис. 3.), число "раздвоений" вершины уменьшилось с 36 до 15, среднее число проекций, использованных для восстановления трека, увеличилось с 4,3 до 4,4.

3.2. Результаты кинематического анализа

Использование уточнения вершины позволило улучшить кинематические характеристики событий и увеличить количество однозначно идентифицированных кинематической программой каналов реакций. В таблицах 1 и 2 показано уменьшение количества неоднозначностей, возникающих в программе GRIND^{/4/} при идентификации упругих взаимодействий, V^0 -частиц и γ -квантов.

На рис. 4. приведены распределения величины $M^2 - M_0^2$ для однозначно идентифицированных γ -квантов, K^0 -мезонов, Λ -гиперонов, где M - масса нейтральной частицы, вычисленная по результатам ГП, M_0 - табличное значение массы частицы. Видно, что распределения становятся уже и симметричнее для всех частиц, а средние значения ближе к нулю.

Т а б л и ц а 1

Количество событий, однозначно идентифицированных программой кинематического анализа **GRIND**

	Упругие 4с-фит события	γ -кванты	K^0 -мезоны	$\Lambda, \bar{\Lambda}$ -гипероны
Без уточнения вершины	443	969	428	63
С уточнением вершины	507	997	433	70

Т а б л и ц а 2

Количество событий, неоднозначно идентифицированных программой кинематического анализа **GRIND**

	γ/K^0	γ/Λ и $\gamma/\bar{\Lambda}$	K^0/Λ и $K^0/\bar{\Lambda}$
Без уточнения вершины	5	39	28
С уточнением вершины	3	35	29

3.3. Идентифицированные события упругого рассеяния K^+ -мезонов на протонах

На рис. 5 приведены распределения по χ^2 и вероятности гипотезы упругого рассеяния с уточнением вершины и без него. На рис. 6 приведены распределения небалансов трех компонент вектора импульса:

$$U_x = \sum_{i=1}^n P_x^i, \quad U_y = \sum_{i=1}^n P_y^i, \quad U_z = \sum_{i=1}^n P_z^i,$$

где P_x^i , P_y^i , P_z^i — компоненты вектора импульса частиц, определенные в ГП. На рис. 7 приведены распределения для MM^2 -квадратов недостающей массы всего события (a) и квадратов недостающей массы к протону. Видно, что в результате предварительного уточнения координат вершины кинематические характеристики событий для гипотезы упругого рассеяния значительно улучшаются. Распределения по χ^2 и вероятности упругой гипотезы становятся ближе к теоретическим распределениям, а небалансы уменьшаются.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый метод уточнения координат вершины реализован в виде специального процессора в геометрической программе и используется в процедуре обработки снимков с камеры "Мирабель" в K^+ p-экспериментах при 32 ГэВ/с.

Из приведенного выше анализа видно, что описанный метод позволил уменьшить систематические искажения кинематических характеристик событий и повысить эффективность работы системы обработки с использованием HPD.

Следует отметить, что аналогичный метод может быть использован и для других типов измерительных приборов при обработке снимков с больших пузырьковых камер.

В заключение автор выражает свою благодарность С.В.Клименко, Л.Г.Каминскому за помощь в работе и П.А.Горбунову, В.М.Перевозчикову, А.П.Воробьеву за полезные обсуждения

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.З.Барабашев, П.Ф.Ермолов, А.А.Иванов и др. Сб. "Обработка физической информации", АРУС, Ереван, 1976, стр. 135.
2. Ю.А.Белокопытов, А.П.Воробьев, П.А.Горбунов и др. Препринт ИФВЭ 76-173, Серпухов, 1976.
3. HYDRA Application Manual, CERN, Geneva, 1975.
4. GRIND Manual, CERN, Geneva, 1968.
5. А.А.Боровиков, В.В.Брызгалов, С.А.Гуменюк и др. Препринт ИФВЭ 77-15, Серпухов, 1977.

Рукопись поступила в издательскую группу
23 мая 1977 года.

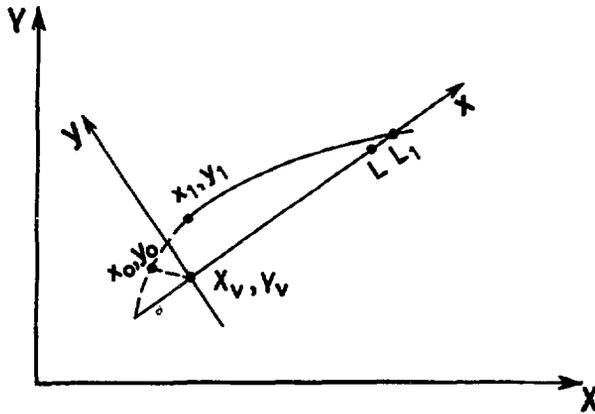


Рис. 1. Система координат для определения параметров трека.

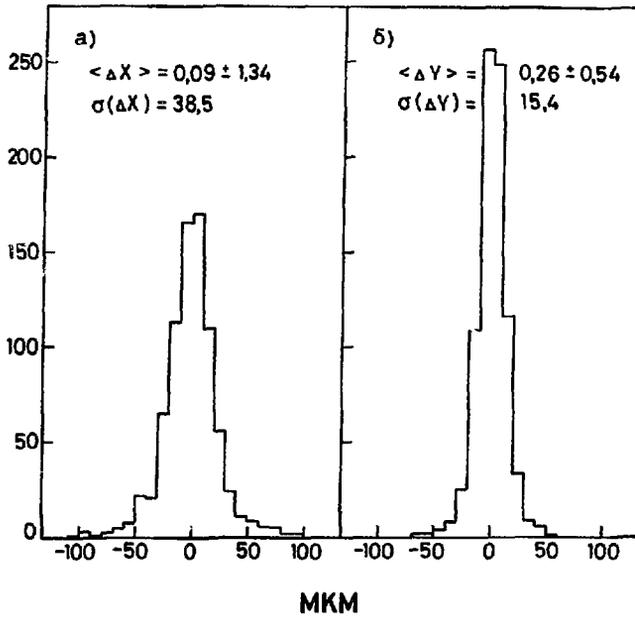


Рис. 2. Гистограмма вычисленного положения вершины от измеренного при вычитании измерения НРД:
а) Δx , б) Δy .

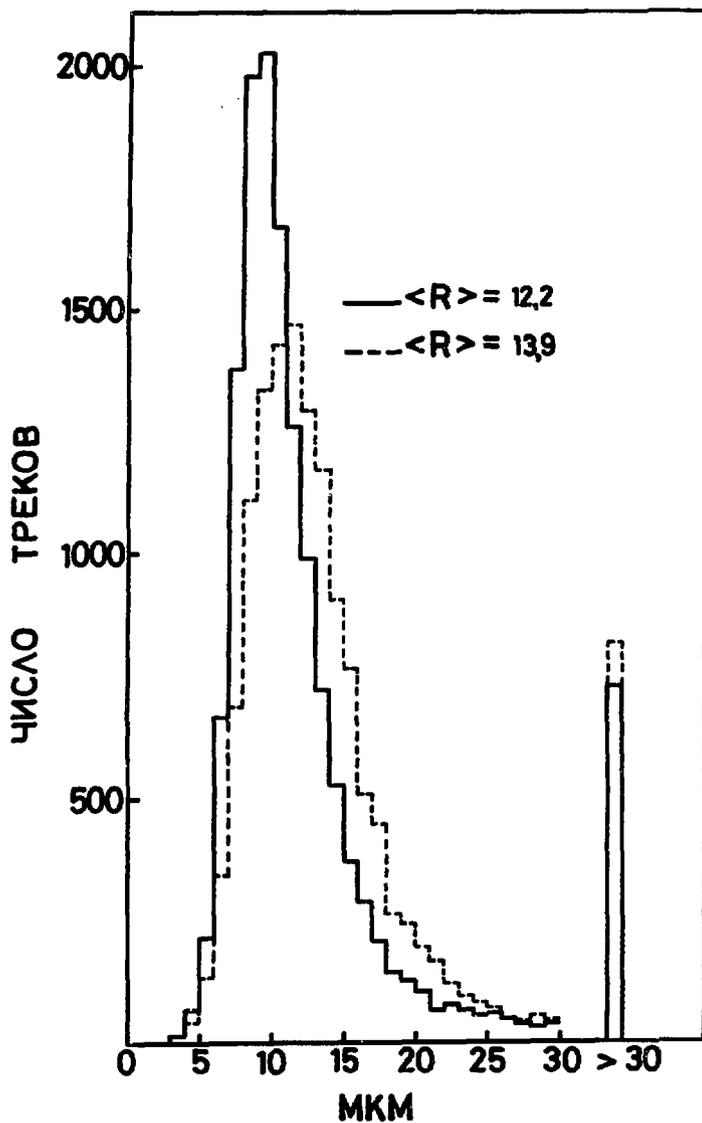


Рис. 3. Распределение нормированной остаточной суммы квадратов отклонений измерений от fitted-кривой при использовании уточнения вершин (сплошная линия) и без него (пунктирная линия).

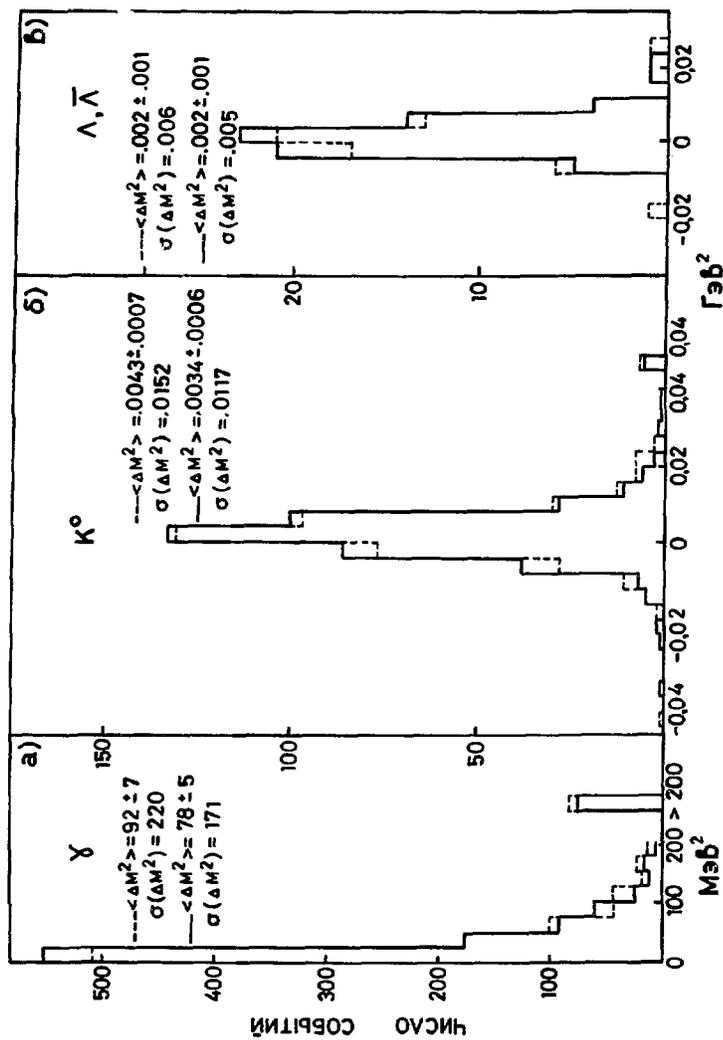


Рис. 4. Распределение по $M^2 - M_0^2$ для V^0 -частиц при использовании уточнения вершины (сплошная линия) и без него (пунктирная линия).

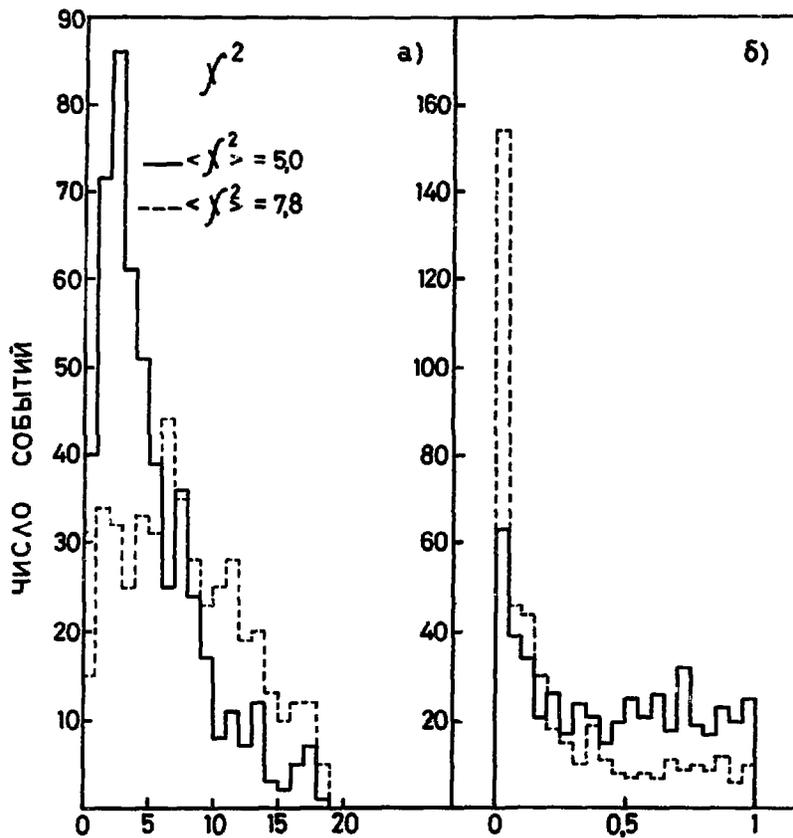


Рис. 5. Распределение χ^2 (а) и вероятностей гипотезы упругого рассеяния для 40-фот событий при использовании уточнения вершины (сплошная линия) и без него (пунктирная линия).

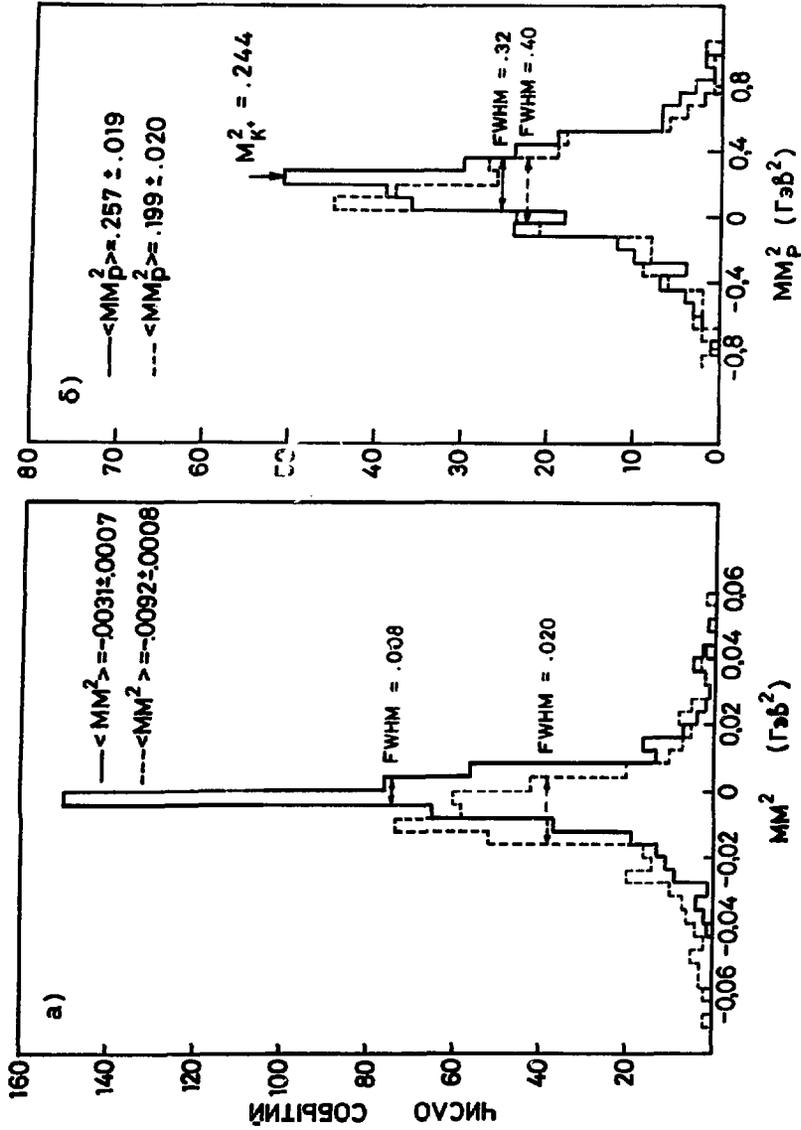


Рис. 6. Распределение квадратов недостающей массы с использованием (сплошная линия) и без использования уточнения вершины (пунктирная линия) для уругов 4с-фит события, б) — квадрат недостающей массы к прогону в уругов 4с-фит события (FWHM — полная ширина распределения на половине высоты).

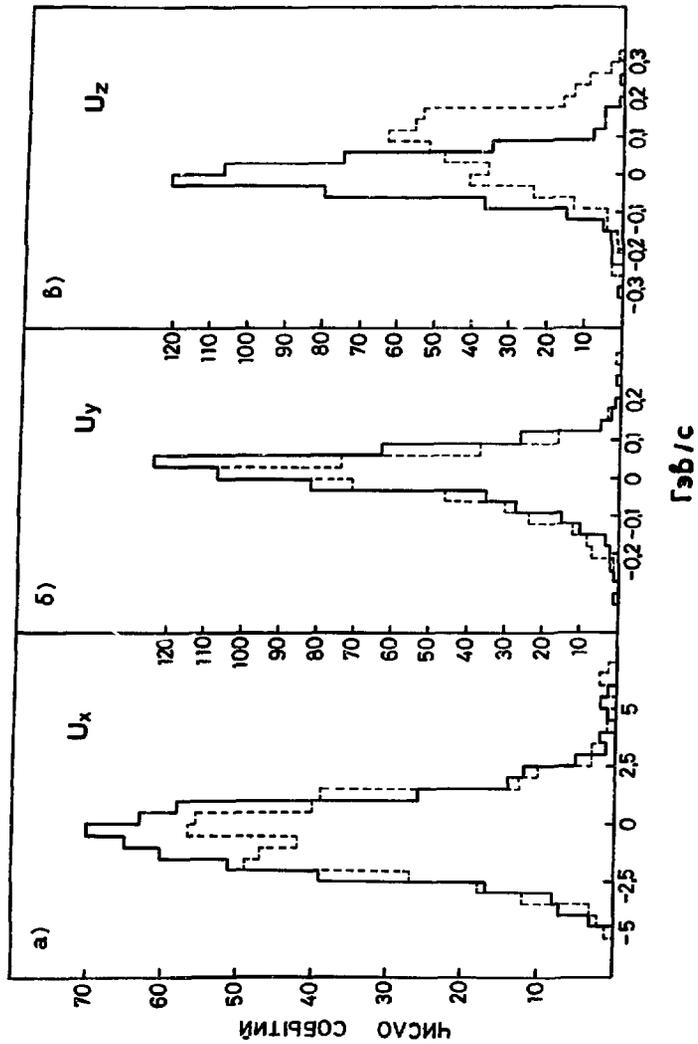


Рис. 7. Распределение небалансов для уругух 40-фит событий при использовании (сплошная линия) и без использования уточнения вершины (пунктирная линия).



Цена 8 коп.

© Институт физики высоких энергий, 1977 г.
Издательская группа И Ф В Э
Заказ 596. Тираж 260. 0,7 уч.-изд.л. Т-07376.
Май 1977. Редактор Н.П. Ямба.