

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗУУ.1Г

Д-687

14/IV-75

P5 - 8560

Л.Дорж, В.Г.Иванов, В.А.Степаненко

1394 / 2-75

МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ СОБЫТИЙ  
В ТРЕКОВОЙ КАМЕРЕ С ВНУТРЕННЕЙ МИШЕНЬЮ

**1975**

P5 - 8560

Л.Дорж, В.Г.Иванов, В.А.Степаненко

МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ СОБЫТИЙ  
В ТРЕКОВОЙ КАМЕРЕ С ВНУТРЕННЕЙ МИШЕНЬЮ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Создание стримерных камер с внутренними жидководородными или твердыми мишенями /1,2/ потребовало разработки методики реконструкции событий с невидимыми вершинами, находящимися внутри фотографируемого объема установки. Здесь под невидимыми вершинами понимаются те точки взаимодействия налетающих частиц с веществом мишени, которые не видны на стереоснимках соответствующих событий.

Данная работа посвящена описанию методики решения этой задачи, основанной на вычислении "координат изображений" невидимой вершины как точки пересечения проекций треков на всех стереоснимках события. Дальнейшая реконструкция события производится по обычной схеме, используемой для восстановления пространственной картины событий /3/ в жидководородных или других трековых камерах. Проверка этой методики на реальных событиях с камеры "ЛЮДМИЛА" показала, что она дает хорошие результаты для мишеней различных размеров, вплоть до 10-15 см.

## § I. Постановка задачи

На рис. I приведено схематическое изображение трековой камеры с внутренней мишенью.

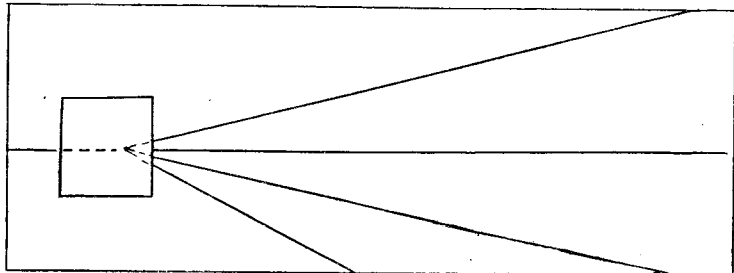


Рис. I

В отличие от обычных трековых камер, где взаимодействия налетающих частиц наблюдаются в газе или жидкости, в камере с внутренней мишенью на снимках события не видна точка взаимодействия налетающей частицы с ядрами мишени, а также попадающие в нее траектории заряженных частиц. Если мишень находится на некотором расстоянии от начала фотографируемого объема камеры, то на снимках также фиксируются начала траекторий пучковых частиц.

Таким образом, для реконструкции вершины события нужно найти точку пересечения выходящих из нее пространственных треков или их проекций на стереоснимках.

При восстановлении пространственной картины событий, регистрируемых в камерах с внутренней мишенью, целесообразно вычислять "координаты проекций" невидимых вершин на начальном этапе процесса реконструкции. В этом случае вершина сначала восстанавливается как меченая точка, и дальнейшая реконструкция идет по хорошо отработанной схеме, используемой в геометрических программах для обычных

трековых камер, включая идентификацию изображений одних и тех же треков события.

Исходными данными для вычисления "координат изображения" невидимой вершины на различных снимках события являются параметры окружностей, проводимых методом наименьших квадратов через измеренные на проекциях треков точки.

Вычисление пространственных координат вершины как точки пересечения пространственных треков требует значительной переделки традиционных геометрических программ, что при относительно небольших размерах мишени вряд ли является целесообразным.

Поэтому реконструкция событий в трековых камерах с внутренней мишенью следует производить в следующей последовательности:

- Вычисление "координат изображений" невидимой точки на всех стереоснимках события.
- Реконструкция невидимой и видимых вершин события в пространстве.
- Проверка качества обмера проекций треков с учетом соответствующих вершин и вычисления исходных данных для идентификации проекций.
- Идентификация проекций треков ( TRACK-MATCH ), в ходе которой программа находит изображения одних и тех же треков, выходящих из заданной вершины.
- Реконструкция треков события и определение их параметров с учетом потерь энергии и топографии магнитного поля.
- Уточнение координат невидимой вершины по ее приближенным значениям и параметрам выходящих из нее треков.

В связи с тем, что все указанные этапы процесса реконструкции, за исключением первого, достаточно подробно описаны в ряде работ /3/, перейдем теперь к рассмотрению процедуры вычисления "координат изображений" невидимой вершины на отдельных стереоснимках события.

## § 2. Методика вычисления "координат изображений" невидимых вершин на стереоснимках события

Для нахождения "проекций" невидимой вершины на стереоснимках события как точек пересечения соответствующих изображений треков необходимо из всех проекций треков события отобрать те, которые принадлежат восстанавливаемой вершине и удовлетворяют заданным критериям отбора. После этого вычисление искомым координат производится в следующей последовательности:

- Через измерения на каждой отобранной проекции трека точки методом наименьших квадратов проводится окружность, и вычисляются ее параметры (радиус кривизны и его ошибка, стрела прогиба и т.п.), а также расстояние первой точки от подогнанной кривой, тангенс угла, образуемого касательной к траектории с осью Y-ов, и т.п.

Так как параметры плохо измеренных или сильно искривленных проекций могут внести большие ошибки в значения искомым координат, то на этом этапе проводятся дополнительные проверки и из дальнейшего рассмотрения исключаются проекции треков, для которых радиус кривизны определен с ошибкой, большей заданного допуска. Если же проекция трека сильно искривлена и стрела прогиба превышает заданный допуск, то программа пытается выделить начальную часть проекции, кривизна которой не выходит за границы заданного предела. Для этого последовательно отбрасываются последние точки проекции до тех пор,

пока значение стрелы прогиба не станет меньше заданного предела или число оставшихся на проекции точек окажется равным двум.

- Координаты изображений невидимой вершины вычисляются с помощью метода наименьших квадратов - как координаты точки пересечения касательных к подогнанным траекториям проекций треков в их начальных точках.

Если погрешности определения искомым координат превышают заданный допуск, то процедура поиска вершины повторяется, начиная с подгонки измерений под окружность. В этом случае в качестве первой точки изображения трека берется проекция найденной вершины на траекторию подогнанной окружности. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность, либо число итераций не выйдет за заданный предел. Обычно итерационный процесс сходится на одной или двух итерациях. В тех случаях, когда итерационный процесс не сходится на заданном числе итераций, вершина считается не восстановленной и событие исключается из дальнейшего рассмотрения.

В связи с тем, что проекции пучковых треков на небольших длинах можно достаточно точно описывать прямыми линиями, на которых и должно лежать изображение искомой вершины, то ошибка одной из двух определяемых координат может быть уменьшена за счет повышения веса пучкового трека (см. таблицу 4).

Такова в общих чертах процедура вычисления "координат изображений" невидимых вершин.

Для использования рассмотренной методики в геометрических программах модульной структуры /3/ соответствующие подпрограммы были оформлены в виде программного модуля VERF(VERTEX ON FILM) в соответствии с требованиями системы ГИДРА /4/.

§ 3. Результаты испытаний методики на событиях  
с камеры "ЛЮДМИЛА"

Проверка описываемой методики проводилась на событиях с камеры "ЛЮДМИЛА", так как в этом случае можно сравнивать результаты реконструкции, полученные непосредственно из результатов измерений и с помощью модуля VERF. Для этого была составлена специальная геометрическая программа, в которой из исходных для реконструкции данных исключались измерения вершины события и прилегающих к ней первых точек треков, включая пучковый. Полученные данные сравнивались с результатами реконструкции событий по всем измеренным точкам, включая вершины. Для исследования влияния длины мишени на точность реконструкции вершины события и параметров выходящих из нее треков вычисления производились при разном числе отброшенных измерений.

Результаты проверки методики показаны в таблицах I-5.

В таблице I приведены разности между измеренными и вычисленными значениями "координат изображений" невидимой вершины на снимках события, пересчитанные в верхнюю плоскость фотографируемого объема камеры для различных расстояний между первичным и вторичными треками события. В первом столбце указано число лучей в событии.

В таблицах 2 и 3 приведены разности между вычисленными и измеренными значениями пространственных координат вершин, восстановленных как меченные точки соответственно до и после уточнения координат вершины по параметрам выходящих из нее треков. Эти данные показывают, что на длине  $\leq 10$  см рассмотренная методика дает хорошие результаты.

Что касается разностей в значениях параметров треков, то они значительно меньше соответствующих ошибок, как это видно на примере (см. табл. 5) определения импульсов вылетающих частиц в вершине взаимодействия.

Рассмотренная в работе методика предназначена для реконструкции многочучевых событий в трековых камерах с внутренней мишенью и дает хорошие результаты для длин последних вплоть до 10-12 см.

Подпрограммы, предназначенные для вычисления "координат изображений" невидимой вершины, оформлены в виде стандартного модуля системы ГИДРА и могут быть использованы в геометрических программах модульной структуры.

В связи с тем, что для небольших длин мишеней рассмотренная методика практически не вносит дополнительных ошибок в результаты реконструкции событий, она также может быть использована для реконструкции событий в обычных трековых камерах в тех случаях, когда измерения вершины события не могут быть произведены с требуемой точностью.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Н.Н.Говорунову за постоянное внимание и помощь в работе, И.М.Граменицкому и Л.А.Тихоновой за предоставление материала для проверки методики и Г.Л.Варденге и Э.О.Оконову за полезные обсуждения.

Таблица 1

Число лучей в событии	Номер снимка	L ≈ 2 см		L ≈ 10 см		L ≈ 20 см	
		ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
		см	см	см	см	см	см
3	I	0,022	0,014	0,036	0,013	0,050	0,010
	2	0,011	0,002	0,012	0,002	0,070	0,000
	3	0,000	0,013	0,002	0,011	0,039	0,025
7	I	0,013	0,017	0,080	0,036	0,087	0,008
	2	0,004	0,003	0,021	0,026	0,109	0,008
	3	0,022	0,002	0,079	0,010	0,233	0,001
9	I	0,021	0,028	0,155	0,048	0,270	0,001
	2	0,007	0,027	0,050	0,040	0,180	0,030
	3	0,017	0,009	0,078	0,011	0,004	0,072
II	I	0,023	0,009	0,093	0,013	0,485	0,008
	2	0,051	0,018	0,155	0,000	0,375	0,014
	3	0,067	0,033	0,104	0,029	0,228	0,026

Таблица 2

Число лучей в событии	L ≈ 2 см			L ≈ 10 см			L ≈ 20 см		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
	см	см	см	см	см	см	см	см	см
3	0,044	0,015	0,029	0,074	0,019	0,014	0,097	0,014	0,002
7	0,005	0,002	0,108	0,050	0,011	0,250	0,176	0,010	0,286
9	0,008	0,021	0,048	0,122	0,017	0,197	0,363	0,012	0,670
II	0,052	0,019	0,012	0,122	0,012	0,134	0,314	0,005	0,826

Таблица 3

Число лучей в событии	L ≈ 2 см			L ≈ 10 см			L ≈ 20 см		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
	см	см	см	см	см	см	см	см	см
3	0,027	0,006	0,019	0,058	0,005	0,014	0,084	0,004	0,141
7	0,008	0,001	0,013	0,050	0,007	0,040	0,155	0,014	0,064
9	0,004	0,004	0,005	0,100	0,004	0,035	0,285	0,010	0,086
II	0,039	0,003	0,001	0,096	0,002	0,019	0,247	0,002	0,075

Таблица 4

№ события	Точность восстановления вершины 3-лучевого события в пространстве L ≈ 5 см.					
	с учетом пучкового трека			без учета пучкового трека		
	ΔX  см	ΔY  см	ΔZ см	ΔX  см	ΔY  см	ΔZ  см
I	0,008	0,001	0,013	0,072	0,011	0,026
2	0,014	0,000	0,051	0,032	0,002	0,033
3	0,000	0,009	0,019	0,005	0,008	0,033
4	0,033	0,004	0,028	0,055	0,005	0,027
5	0,027	0,006	0,047	0,027	0,006	0,051

Таблица 5

№ трека	Точность определения импульса частицы в вершине 7-лучевого события и соответствующие ошибки (ГэВ/см)						Значение импульса и ошибка (ГэВ/см) (без VERF)	
	L ≈ 2 см		L ≈ 10 см		L ≈ 20 см		P	Δ
	Δ P	Δ	Δ P	Δ	Δ P	Δ		
1	0,001	±0,741	-0,113	±0,882	-0,112	±0,884	24,223	±0,740
2	-0,001	±0,001	-0,001	±0,001	-0,001	±0,001	0,498	±0,001
3	0,000	±0,001	0,000	±0,001	0,000	±0,001	1,123	±0,001
4	0,000	±0,007	0,007	±0,007	0,008	±0,007	4,039	±0,007
5	0,001	±0,020	-0,001	±0,023	-0,001	±0,023	3,404	±0,020
6	0,000	±0,001	0,000	±0,001	0,000	±0,001	0,807	±0,001
7	0,003	±0,015	0,007	±0,016	0,015	±0,018	3,877	±0,015

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Х.Аникина и др. ОИЯИ, И3-4527, Дубна, 1969.
2. G.A.VARDENGA et al. INTERNATIONAL CONFERENCE ON INSTRUMENTATION FOR HIGH ENERGY PHYSICS., May 8-12, FRASCATI, ITALY, 1973.
3. Н.А.Буздавина и др. ОИЯИ, ДЮ-8425, Дубна, 1974.
4. HYDRA APPLICATION MANUAL, CERN, GENEVA, 1973 .

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 января 1975 г.