

A-139



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

5584 / 2-79

7/1-80

P10 - 12694

А.У.Абдурахимов, С.Г.Бадалян, А.Дирнер,
В.Г.Иванов, В.Н.Пенев

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБМЕРА
КАМЕРНЫХ ФОТОГРАФИЙ

1979

P10 - 12694

А.У.Абдурахимов, С.Г.Бадалян, А.Дирнер,
В.Г.Иванов, В.Н.Пенев

**МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБМЕРА
КАМЕРНЫХ ФОТОГРАФИЙ**

Абдурахимов А.У. и др.

P10 - 12694

Методика контроля систем обработки फिल्मовой информации по результатам обмера камерных фотографий

Описывается методика контроля измерительных систем по результатам обмера камерных фотографий. На основе анализа параметров треков событий, полученных в α -эксперименте, найдены критерии для оценки совпадения результатов двух независимых измерений. Исходными данными являются координаты треков с камерных снимков или результаты кинематической идентификации обмеренных событий. В качестве критериев надежности результатов измерений одних и тех же событий используются погрешности обмера вершин и точек треков, разности между пространственными координатами вершин и параметров треков событий при двукратных измерениях последних, а также вероятности идентификации различных каналов реакций, значения χ^2 и недостающих масс. Созданное для контроля специализированное программное обеспечение позволяет ценою небольших затрат машинного времени (2-5 мин) получить полную информацию о качестве измерений и возможности их использования в экспериментальных исследованиях.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Abdurakhimov A.U. et al.

P10 - 12694

Methods of Control for Data Processing Systems over Results of Chamber Films Measurements

Methods of control for data processing systems over the results of chamber films measurement are described. On the basis of analysis of parameters of event tracks, obtained in α experiment, criteria are found to estimate coincidence of results of two independent measurements. Initial data for control are coordinates of tracks from chamber films or kinematic identification of events measured. As criteria for estimating the reliability of the results of the same events errors are used at measurement of track vertexes and points, differences between vertex space coordinates and event track parameters at double measurements of latter and probabilities of identification of reaction various channels, χ^2 values and missing masses. A specialized control software permits to obtain in a short computer time (2-5 min) data on the quality of measurements and possibility of their usage in experimental investigations.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Technique and Automation, JINR

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

В связи с проводимыми в Объединенном институте ядерных исследований работами по созданию и развитию систем обработки फिल्मовой информации на базе сканирующих автоматов типа НРД и спиральный измеритель /1,2/ была разработана методика проверки работы этих систем по результатам обмера камерных фотографий и создано соответствующее программное обеспечение. На основе анализа двукратных измерений тысячи событий, полученных в αp -эксперименте, найдены критерии для оценки совпадения результатов двух независимых измерений камерных фотографий.

Настоящее сообщение посвящено изложению результатов этих работ.

§ 1. Критерии для оценки качества результатов обмера камерных фотографий

Современные системы обработки फिल्मовой информации предназначены для анализа сотен тысяч событий в год и являются большими и сложными комплексами просмотрово-измерительных устройств, электронно-вычислительных машин и специализированных программных систем /1-5/.

Надежная работа таких систем невозможна без эффективных средств контроля на каждом этапе процесса обработки, начиная с просмотра и кончая анализом получаемых физических результатов /6/.

Для получения критериев, позволяющих оценивать качество обмера камерных фотографий, рассмотрим методику обработки результатов измерений, начиная с этапа геометрической реконструкции событий /3,4/.

Исходными данными для восстановления пространственной картины события являются измерения на его стереоснимках координаты

опорных (реперных) точек снимков и проекций вершин и треков событий. По этим данным вычисляются пространственные координаты вершин события и параметры выходящих из них треков.

Для того, чтобы координаты вершин и параметры треков событий определялись с требуемой точностью, погрешности измерения проекций реперов, вершин и треков событий не должны превышать допуски, задаваемые в соответствующих программах. Поэтому в программы геометрической реконструкции событий, как правило, включают специальные тесты для проверки данных измерений, и если последние не удовлетворяют им, то соответствующие события исключаются из дальнейшего рассмотрения. В качестве тестов на этапе восстановления пространственной картины событий используются разности между заданными и измеренными значениями координат реперных крестов, разбросы измеренных на проекциях треков точек относительно аппроксимирующих их окружностей или проекций пространственных кривых, подогнанных под измеренные точки с учетом потерь энергии и топографии магнитного поля, а также параметры итерационных процессов. Эти тесты получили название геометрических ^{14/}.

На следующем этапе для каждого рассматриваемого события выделяется наиболее вероятная гипотеза. Здесь под гипотезой понимается присвоение конкретных значений масс трекам события. Для этого с помощью специальных программ проверяется соответствие параметров треков рассматриваемым гипотезам. В качестве критериев для отбора гипотез используются значения χ^2 и недостающих масс ^{17/}. Поскольку при больших энергиях кинематическая идентификация, как правило, не позволяет получить однозначный результат, для решения этой задачи привлекаются данные об ионизации треков. Достоверность результатов идентификации в основном оценивается по параметрам распределений экспериментальных значений χ^2 для отдельных реакций и их согласию с теоретическими величинами.

На заключительном этапе обработки создаются ленты суммарных результатов, на которые отбираются только те гипотезы, которые удовлетворяют задаваемым экспериментаторами условиям.

Накапливаемые на лентах суммарных результатов данные проверяются с помощью разнообразных физических тестов. К ним относятся распределения и средние значения недостающих масс для идентифицированных каналов реакций, распределения эффективных масс различных комбинаций частиц и ряд других распределений, позволяющих установить отсутствие систематических ошибок в результатах эксперимента.

Достоверность вычисляемых величин и отсутствие систематических смещений в значениях параметров треков также проверяется по так называемым "пуллам", под которыми понимаются величины, вычисляемые по следующей формуле /6,8/:

$$P = \frac{\alpha_{\text{изм.}} - \alpha_{\text{подогн.}}}{\sqrt{\sigma_{\text{изм.}}^2 - \sigma_{\text{подогн.}}^2}}$$

Здесь $\alpha_{\text{изм.}}$ и $\alpha_{\text{подогн.}}$ - измеренный и подогнанный методом наименьших квадратов параметр трека ($1/\rho, \lambda, \varphi$), а $\sigma_{\text{изм.}}$ и $\sigma_{\text{подогн.}}$ - ошибки этих величин.

При правильно вычисляемых ошибках и отсутствии систематических смещений в значениях параметров распределения "пуллов" должны иметь нормальную форму с центром около нуля и среднеквадратичным отклонением, равным единице.

Одной из важных характеристик измерительной системы является доля измеренных событий, отвергаемых в процессе геометрической реконструкции или кинематической идентификации. Эта характеристика зависит от ряда факторов, в том числе и от характера самой измерительной системы, и меняется в довольно широких пределах; от 5 до 50% /3,4,9/.

На начальных этапах ввода в эксплуатацию измерительных систем достоверность получаемых данных оценивается по результатам сравнения измерений, проведенных при использовании этой системы, с аналогичными измерениями, сделанными с помощью другой системы. Для этого несколько десятков или сот одних и тех же событий измеряется дважды: один раз - на вводимой в эксплуатацию системе, а второй - на уже проверенной. Последней, как правило, является полуавтоматические измерительные устройства. Сравнение результатов этих измерений позволяет проверить работу новой системы с минимальными затратами ресурсов.

§ 2. Методика проверки результатов обмера элементов событий на стереоснимках

Как уже отмечалось, на каждом стереоснимке события измеряются следующие элементы:

- координаты реперных точек,
- координаты изображений характерных точек (вершин),
- координаты точек на проекциях треков.

Поскольку координаты реперных точек снимков используются для вычисления коэффициентов преобразования результатов измерений из координатной системы измерительного прибора в координатную систему камеры, то они должны измеряться с минимальными погрешностями.

Коэффициенты преобразования вычисляются по заданным и измеренным значениям координат реперов, которые связаны между собой следующими выражениями:

$$\begin{aligned} X_i &= \alpha_1 + \alpha_3 \cdot x_i + \alpha_5 \cdot y_i, \\ Y_i &= \alpha_2 + \alpha_4 \cdot x_i + \alpha_6 \cdot y_i. \end{aligned}$$

Здесь X_i и Y_i — заданные для данного снимка значения координат i -ой реперной точки в координатной системе камеры,

x_i и y_i — измеренные на снимке координаты i -ой реперной точки в координатной системе измерительного прибора,

α_k ($k=1, 2, \dots, 6$) — коэффициенты преобразования.

Коэффициенты α_k вычисляются методом наименьших квадратов. Для этого на каждом снимке необходимо измерять не менее четырех реперов.

Реперные точки снимка считаются хорошо измеренными, если выполняются следующие условия:

- разности между заданными и измеренными значениями координат после перевода последних в координатную систему камеры не превышают заданных величин.
- величина K , характеризующая разность усадки фотопленки в продольном и поперечном направлениях, также не превышает указанного допуска:

$$K = \left[\frac{(|\alpha_3| - |\alpha_6|)^2 + (|\alpha_4| - |\alpha_5|)^2}{|\alpha_3 \cdot \alpha_6|^2 + |\alpha_4 \cdot \alpha_5|^2} \right]^{1/2}.$$

Для оценки качества обмера реперных крестов по величинам отклонения измеренных значений их координат от заданных и значениям параметра K с помощью специальных программ строятся гистограммы этих величин. Имеющиеся программы позволяют строить следующие гистограммы:

- смещений измеренных значений координат реперов относительно их эталонных значений в плоскости камеры для всех реперных точек на всех снимках,
- то же самое для каждого репера на всех снимках,
- то же самое для каждого репера на каждом снимке,
- величин K для каждого обмеренного снимка.

Анализ этих распределений позволяет получать данные как о суммарных погрешностях, имеющих место при измерениях реперных точек, так и о точностях обмера отдельных реперов.

Для проверки качества измерений изображений вершин события вычисляются расстояния между каждой вершиной и проекциями выходящих из нее треков. Для этого через измеренные на проекции трека точки методом наименьших квадратов проводится окружность, которая затем экстраполируется в область вершины и вычисляется минимальное расстояние между проекцией трека и изображением вершины. Значения этих расстояний гистографируются, что позволяет затем сравнить полученное распределение с распределениями измеренных на проекциях треков точек с помощью аппроксимирующих их окружностей.

Качество обмера проекций треков проверяется по разбросу измеренных точек относительно подогаданных под них окружностей, расстояниям первых измеренных на проекциях треков точек от соответствующей вершины и расстоянием между парами последовательных измерений треков. Для этого все указанные величины гистографируются и вычисляются их средние и среднеквадратичные значения. Сравнение полученных распределений с аналогичными распределениями, полученными для измерений, проведенных на полуавтоматах, позволяет обнаруживать грубые ошибки в исходных данных для реконструкции событий.

Для проверки правильности работы измерительной системы строятся распределения кривизны пучковых треков на каждом из обмеренных снимков. Поскольку радиусы кривизны пучковых треков велики, то эти распределения являются достаточно хорошим тестом для выявления небольших, но систематических смещений в измеряемых координатах.

Таким образом, анализ получаемых с помощью специальных программ /Ю/ распределений указанных выше величин и сравнение их с соответствующими распределениями, полученными для измере-

ний, которые были проведены на уже отлаженных устройствах, например полуавтоматах, позволяет с минимальными затратами машинного времени оценить пригодность результатов измерений для дальнейшего анализа.

§ 3. Анализ результатов кинематической идентификации

Поскольку анализ получаемых в ходе эксперимента физических величин, накопленных на лентах суммарных результатов, производится на заключительном этапе обработки, когда массовый обсчет данных уже завершен, то для оперативной проверки получаемых данных целесообразно иметь специальный набор программ.

В нашем случае для экспресс-анализа результатов кинематической идентификации был создан специальный пакет программ /II/, с помощью которых можно исследовать распределения следующих величин:

- пространственных координат первичных вершин и точек остановок,
- параметров пучковых треков (значения импульсов и углов в точке входа в камеру и точке взаимодействия, длина, среднее значение магнитного поля на траектории),
- подогнанных значений параметров пучка,
- вероятностей, значений χ^2 , недостающих масс и их ошибок,
- "пуллов" для параметров пучковых и вторичных треков.

Анализ этих распределений позволяет оценить достоверность получаемых физических результатов и их пригодность для проводимых исследований.

Исходными данными для этого пакета программ являются результаты кинематической идентификации, записанные на магнитные ленты или диски.

Программы пакета характеризуются относительно небольшими размерами и быстродействием. Так, например, объем оперативной памяти ЭВМ CDC-6500, требующийся для работы этих программ, - около 30 тыс. слов, а время центрального процессора, затрачиваемое на анализ тысячи событий, - около минуты.

Небольшие размеры программ пакета в сочетании с небольшими затратами времени ЭВМ позволяют использовать эти программы не только в пакетном, но и интерактивном режимах.

§ 4. Методика сравнения результатов двух независимых измерений одних и тех же событий

Как уже отмечалось, одним из эффективных методов проверки правильности работы измерительной системы является сравнение результатов проведенных на ней измерений с результатами обмера этих же событий на уже проверенной системе. В качестве последней обычно выбираются полуавтоматические приборы, надежность работы которых не вызывает сомнений.

Сравнение результатов двух независимых измерений одних и тех же событий обычно производится после их геометрической реконструкции и кинематической идентификации. В качестве критериев для сравнения используются разности в значениях параметров треков пучковых и вторичных частиц, отношения этих разностей к ошибкам, распределения вероятностей и величин χ^2 для идентифицированных реакций, распределения недостающих масс и их ошибок.

Из-за ошибок, допускаемых в процессе измерений, результаты обмера одних и тех же событий могут отличаться не только по параметрам отдельных треков, но и по результатам кинематической идентификации. Поэтому сравнение целесообразно производить на массивах данных в несколько десятков, а то и сот событий.

Исходными данными для сравнения в нашем случае являются результаты геометрической реконструкции и кинематической идентификации событий, полученные с помощью программы ГЕОКИН. Эти данные хранятся в двух файлах, один из которых является основным, а второй – вспомогательным.

Поиск одних и тех же событий производится в следующей последовательности:

- берется первое событие с основного файла, находится его номер и ищется событие с таким же номером на вспомогательном файле;
- для событий с одинаковыми номерами проверяется совпадение топологии;
- если топологии сравниваемых событий совпадают, вычисляются разности пространственных координат вершин $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$;
- для событий, в которых пространственные координаты вершин совпадают в пределах заданных допусков, находятся одни и те же треки и вычисляются разности между значениями их параметров, длин и ряд других величин;

- если разности между значениями параметров треков не выходят за заданные границы, события считаются совпадающими и для них находятся и запоминаются следующие величины:
 - вероятности и значения χ^2 для идентифицированных каналов реакций,
 - квадраты недостающих масс и их ошибки.

При идентификации одних и тех же треков для каждой рассматриваемой пары вычисляются следующие величины:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{L_1 - L_2}{\text{AMAX}(L_1, L_2)},$$

$$\Delta P = P_1 - P_2,$$

$$\Delta \lambda = \lambda_1 - \lambda_2,$$

$$\Delta \varphi = \varphi_1 - \varphi_2,$$

$$z(P) = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{\sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2}},$$

$$z(\lambda) = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\sqrt{\sigma_{\lambda_1}^2 + \sigma_{\lambda_2}^2}},$$

$$z(\varphi) = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\sqrt{\sigma_{\varphi_1}^2 + \sigma_{\varphi_2}^2}},$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{P_1 - P_2}{\text{AMAX}(P_1, P_2)},$$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\text{AMAX}(\lambda_1, \lambda_2)},$$

$$\frac{\Delta \varphi}{\varphi} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\text{AMAX}(\varphi_1, \varphi_2)}.$$

Здесь

L - длина трека,

P - импульс,

λ и φ - глубинный и азимутальный углы,

σ - ошибка в значении параметра,

AMAX - максимальное значение одного из указанных параметров.

Треки считаются совпадающими, если разности между значениями их параметров и величины указанных выше функций не выйдут за заданные пределы.

Поскольку значения параметров пучковых треков отличаются незначительно, то для них не вычисляются значения трех последних функций.

Для проведения сравнения результатов реконструкции двукратных измерений в сжатые сроки была создана специальная программа. Результаты счета выдаются на печать в виде таблиц и гистограмм указанных выше величин (разностей и значений указанных выше функций).

При сравнении вычисляются средние (\bar{x}) и среднеквадратичные (x_{RMS}) значения исследуемых величин по следующим формулам $/I2/$:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x/N$$
$$x_{RMS}^2 = \sum_{i=1}^N x^2/N - \bar{x}^2$$

Кроме того, вычисляются и гистографируются разности между ошибками параметров треков, строятся зависимости импульсов вторичных частиц основного файла от импульсов этих же частиц вспомогательного и значений χ^2 для 4С - fit реакций.

Программа позволяет за несколько минут машинного времени провести сравнение результатов двух измерений по нескольким десяткам параметров и получить для событий с совпадающими параметрами треков распределения недостающих масс, вероятностей и χ^2 для идентифицированных реакций.

§ 5. Процедура подбора констант для сравнения двух независимых измерений

Из-за различного рода ошибок, имеющих место в процессе обмера камерных фотографий, практически невозможно добиться точного совпадения параметров треков, которые вычисляются по результатам двух независимых измерений, даже в том случае, когда они производятся на одних и тех же приборах. Так, например, в работе ^{/9/} приводятся данные о разбросе значений χ^2 для событий, многократно измерявшихся на полуавтоматах и HPD. Поэтому для проведения сравнений результатов измерений на СИ-1 и полу-

автоматах необходимо было определить пределы, в которых могут меняться разности в значениях параметров одних и тех же треков, измеренных независимо два раза.

Для решения этой задачи на полуавтоматах были проведены двукратные измерения тысячи событий, полученных в αp - эксперименте, которые затем были обчислены по программе ГЕОКИН.

На первом этапе вычислялись разности пространственных координат вершин и параметров треков с совпадающими метками в событиях с одинаковыми номерами и топологией. Изучение распределений этих величин позволило установить ориентировочные значения пределов, за которые не должны выходить разности между координатами двух измерений вершин и треков событий. После этого были вторично вычислены средние и среднеквадратичные значения исследуемых разностей, если они не выходили за заданные границы. Анализ этих данных позволил установить критерии отбора одних и тех же треков двукратно измеренных событий и получить величины, характеризующие совпадение двух независимых результатов обмера камерных фотографий, знание которых необходимо для проверки работы спирального измерителя.

Результаты этих вычислений приведены в таблицах I-3.

Таблица I

Разности в значениях пространственных координат вершин

	По меткам		По меткам с тестами			По тестам		
	\bar{x}	x_{RMS}	Допуск	\bar{x}	x_{RMS}	Допуск	\bar{x}	x_{RMS}
	МКМ.	МКМ.	МКМ	МКМ	МКМ	МКМ	МКМ	МКМ
Δx	-14	145	393	-12	124	757	-8	113
Δy	7	56	115	0,6	47	197	2	49
Δz	-12	321	703	-0,6	264	2108	10	297

Таблица 2

Разности в значениях параметров пучковых треков

	По меткам		По меткам с тестами			По тестам		
	\bar{x}	xRMS	Допуск	\bar{x}	xRMS	Допуск	\bar{x}	xRMS
ΔP	3	92	249	1	85	340	2	80
$\Delta \lambda$	0,3	2,0	5,4	0,1	1,8	5,9	-0,04	1,6
$\Delta \varphi$	0,04	0,64	1,4	0,01	1,44	1,4	0,02	0,36
$z(P)$	1,6	40	92	0,6	32	130	0,8	31
$z(\lambda)$	5,9	62	174	1,5	59	237	-1,7	60
$z(\varphi)$	4,3	50	136	2,9	44	164	2,1	41

Здесь и далее ΔP - в МэВ, $\Delta \lambda$ и $\Delta \varphi$ - в миллирадианах, а значения остальных величин - в процентах.

Таблица 3

Разности в значениях параметров вторичных треков

	По меткам		По меткам с тестами			По тестам		
	\bar{x}	xRMS	Допуск	\bar{x}	xRMS	Допуск	\bar{x}	xRMS
ΔP	1	70	207	-5	61	500	-0,8	76
$\Delta \lambda$	-0,8	23	21,3	0,02	3,3	15	-0,05	2,7
$\Delta \varphi$	0,07	2,1	6,2	-0,2	1,8	5,8	0,03	1,3
$z(P)$	2	39	113	0,3	40	184	-1,4	41
$z(\lambda)$	3	53	157	1,3	55	264	-1,1	56
$z(\varphi)$	-2	46	132	0,6	48	205	2,5	47
$\Delta P/P$	-0,04	17	16	-0,1	2,6	7,5	-0,04	2,0
$\Delta \lambda/\lambda$	0,6	19	42	-0,3	13	59,3	-0,02	13,6
$\Delta \varphi/\varphi$	0,8	18	17	-0,4	8,0	20,4	0,17	4,9

Из приведенных в этих таблицах данных видно, что средние значения разностей импульсов составляют всего лишь несколько МэВ, а углов - доли миллирадиан. Данные о разностях между параметрами треков с совпадающими метками получены на основе сравнения 323 событий, по меткам и тестам - на основе сравнения 501 события, а окончательные данные по всей статистике - на основе 1039

событий. Указанные в таблицах допуски подбирались на основе анализа причин, по которым программа сравнения браковала события. На заключительном этапе доля событий, совпадающих по всем сравниваемым критериям, составляет 70%. Из оставшихся 68 событий (6%) отличались по результатам реконструкции, т.е. были восстановлены по результатам первого измерения и отброшены по результатам второго или наоборот. Что касается остальных, то в них наблюдалось несовпадение одного или нескольких из сравниваемых параметров.

В таблице 4 приведены средние значения вероятностей величин χ^2 и квадратов недостающих масс (MM^2) для 1C-fit и 4C-fit событий с совпадающими параметрами треков.

Таблица 4

	Первое измерение		Второе измерение	
	1C-fit	4C-fit	1C-fit	4C-fit
P	0,41	0,40	0,40	0,41
χ^2	1,66	5,25	1,63	5,22
MM^2	0,60	-0,0181	0,59	-0,0183

Эти результаты получены на основе анализа 1051 1C-fit гипотезы и 243 - 4Cfit гипотез.

Заключение

Рассмотренная в работе методика используется в настоящее время для анализа работы измерительной системы на базе СИ-1.

Поскольку на этой установке в основном идет обмен стереоснимков с метровой водородной камеры, полученных в лучке α -частиц, представляется целесообразным привести также и данные о погрешностях измерения реперных точек, радиусах кривизны пучковых треков в плоскостях снимков, числе событий, отвергаемых в процессе реконструкции и т.п., которые будут полезны при проведении методического эксперимента на СИ-1. Эти данные, полученные путем двукратных измерений на полуавтоматах, приведены в таблицах 5-7.

Таблица 5

Разности между заданными и измеренными значениями координат реперов в плоскости пленки (в микронах)

Номер снимка	Первое измерение			Второе измерение		
	Число реперов	\bar{x}	xRMS	Число реперов	\bar{x}	xRMS
1	1092	5,6	3,3	1068	5,3	3,1
2	1152	4,3	3,3	1148	4,7	3,4
3	980	4,7	2,8	964	5,8	4,0
4	332	4,2	2,7	352	5,0	4,3

Таблица 6

Значения параметра K (см. § 2)

Номер снимка	Первое измерение			Второе измерение		
	Число снимков	\bar{x}	xRMS	Число снимков	\bar{x}	xRMS
1	273	$0.5 \cdot 10^{-6}$	$0.4 \cdot 10^{-6}$	267	$0.7 \cdot 10^{-6}$	$0.5 \cdot 10^{-6}$
2	288	$0.4 \cdot 10^{-6}$	$0.5 \cdot 10^{-6}$	287	$0.4 \cdot 10^{-6}$	$0.6 \cdot 10^{-6}$
3	245	$0.8 \cdot 10^{-6}$	$0.8 \cdot 10^{-6}$	241	$1.0 \cdot 10^{-6}$	$1.0 \cdot 10^{-6}$
4	83	$0.4 \cdot 10^{-6}$	$0.6 \cdot 10^{-6}$	88	$0.6 \cdot 10^{-6}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$

Доля событий, в которых восстанавливаются все треки обмеренных событий, составляет 96–97%, из которых 8–9% отбрасываются из-за отклонений параметров пучковых треков от заданных значений. Таким образом, число событий, записываемых на ленту результатов, составляет 87–88%, среди которых четвертая часть 4с-fit события.

Изложенная в работе методика проверки результатов обмера камерных фотографий позволяет ценою небольших затрат машинного времени (2–5 минут на ЭВМ CDC-6500) производить полную и объективную проверку результатов измерений и оценивать возможность их использования в физических экспериментах.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Н.Н.Говоруну, В.В.Глаголеву, В.М.Котову и В.Н.Лигаеву за полезные обсуждения.

Таблица 7

Результаты анализа измерений

	Первое измерение		Второе измерение	
	\bar{X}	χ^2_{MS}	\bar{X}	χ^2_{MS}
Разброс измерений на треках точек	$-0,4 \cdot 10^{-3}$ мкм	8 мкм	$-0,4 \cdot 10^{-3}$ мкм	8 мкм
Расстояние вершины от треков	-0,9 мкм	13 мкм	-1,3 мкм	14 мкм
Расстояние между вершиной и I-ой точкой трека	0,97 см	0,40 см	1,0 см	0,43 см
Расстояние между двумя послед. вим.	1,95 см	0,71 см	1,89 см	0,70 см
Кривизна на I-ом сч.	$0,001505 \text{ см}^{-1}$	$0,000168 \text{ см}^{-1}$	$0,001499 \text{ см}^{-1}$	$0,000158 \text{ см}^{-1}$
" 2-ом сч.	$0,001548 \text{ см}^{-1}$	$0,000130 \text{ см}^{-1}$	$0,001550 \text{ см}^{-1}$	$0,000171 \text{ см}^{-1}$
" 3-ем сч.	$0,001582 \text{ см}^{-1}$	$0,000131 \text{ см}^{-1}$	$0,001579 \text{ см}^{-1}$	$0,000141 \text{ см}^{-1}$
" 4-ом сч.	$0,001522 \text{ см}^{-1}$	$0,000147 \text{ см}^{-1}$	$0,001524 \text{ см}^{-1}$	$0,000123 \text{ см}^{-1}$

Литература

1. Алмазов В.Я. и др. ОИЯИ, 10-4513, Дубна, 1969.
2. Котов В.М. и др. ОИЯИ, 10-7939, Дубна, 1974.
3. Villemeoes P. Data Processing in Bubble Chamber Experiments, CERN 71-6, Geneva, 1971.
4. Blair W.M.R. Automation in the Measurement of Bubble Chamber Film. Methods in subnuclear physics, v.4, part 3. New York, 1970.
5. Burkhard J. The Spiral Reader - 1966. Programming for flying spot devices. CERN 65-11, Geneva, 1965.
6. Frenkiel P. et al. Planning of an Experiment on an HPD and Reliability of the System. Methods in subnuclear Physics, v.4, part 3, New York, 1970.
7. Боляков В.А. ОИЯИ, I-4853, Дубна, 1969;
Атаян М.Р., Саитов И.С. ОИЯИ, I3-6086, Дубна, 1969.
8. Вальтер М. и др. ОИЯИ, I-7153, Дубна, 1973.
9. Howie J.M. Experience with the CERN Haze program. CERN, 65 - 11, p.127, Geneva, 1965.
10. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, P10-12096, Дубна, 1978.
11. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, P10-12606, Дубна, 1979.
12. Hydra System Manual, Creating and Plotting of Histograms. CERN, Geneva, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 июля 1979 года.