

Ц8406

В-19

197/ин-42

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

10 - 6469

Дубна

2414/2-72



И.М.Василевский, Н.Н.Говорун, В.Г.Иванов,
З.М.Иванченко

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С 5-МЕТРОВОГО
МАГНИТНОГО ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА

1972

10 - 6469

И.М.Василевский, Н.Н.Говорун, В.Г.Иванов,
З.М.Иванченко

ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С 5-МЕТРОВОГО
МАГНИТНОГО ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Пятиметровый магнитный искровой спектрометр /I/ является универсальной установкой, предназначенной для исследования взаимодействий частиц высоких энергий.

В настоящее время спектрометр монтируется на пучке отрицательных частиц протонного синхротрона Института физики высоких энергий. С помощью этой установки планируется проведение широкого комплекса исследований и, в первую очередь, когерентного рождения пионов π^- -мезонами с импульсами в интервале 25-40 Гэв/с на различных ядрах.

В связи с этим в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации на базе имеющейся просмотрово-измерительной аппаратуры создается система обработки данных с МИС-5 и соответствующее математическое обеспечение.

Данная работа посвящена рассмотрению общих вопросов организации этой системы, структуре ее математического обеспечения, назначению отдельных программ и организации связи между различными элементами системы.

Схема установки

Конструкция и технические характеристики пятиметрового магнитного искрового спектрометра, создаваемого в Объединенном институте ядерных исследований, подробно рассмотрены в работе /1/.

Установка состоит из электромагнита СП-136, искровых камер, размещенных в зазоре этого электромагнита, оптической системы съема информации, мишени, системы управления и отбора регистрируемых событий.

На рис.1 и 2 представлена оптическая схема спектрометра. Фотографирование искровых камер производится через щели верхней бабки электромагнита десятью фотообъективами типа "Орто-Наир". Фокусное расстояние объектива 200 мм, масштаб фотографирования для средней плоскости установки - 1:45. Изображения треков события и реперных крестов с помощью систем плоских зеркал проектируются на две перфорированные фотопленки шириной 35 мм, образуя две стереопроекции рабочего объема установки. Каждая стереопроекция (рис.3) состоит из пяти отдельных снимков, расположенных на одном кадре один за другим и фиксирующих соответствующие части фотографируемого объема установки. База фотографирования (с учетом зеркал) - 2800 мм. Оптические оси объективов параллельны.

Для восстановления пространственной картины событий на стереопроекциях имеются реперные кресты, позволяющие объединять координаты точек треков, измеряемых на разных снимках стереопроекций. Для уточнения значений импульсов пучковых частиц, падающих на мишень, в установке имеется система из восьми проволочных искровых камер. Данные с этих камер будут вводиться в малую ЭВМ, и после соответствующей обработки записываться на магнитную ленту. Кроме того, они выводятся на ламповые регистры и фотографируются вместе с искровыми камерами. Зафиксированная на фотопленках информация о параметрах трека располагается на стереопроекциях не данного события, а следующего.

Для управления работой спектрометра и фотографирования событий заданной топологии имеется специальная система запуска регистрирующей аппаратуры установки.

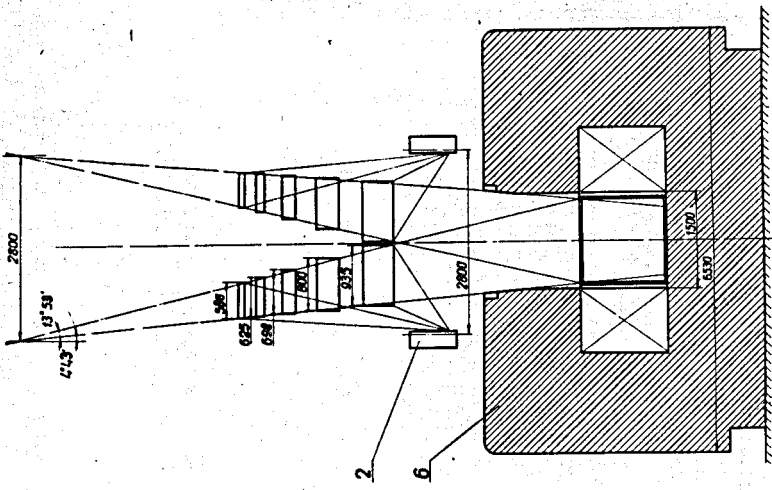


Рис. 2.

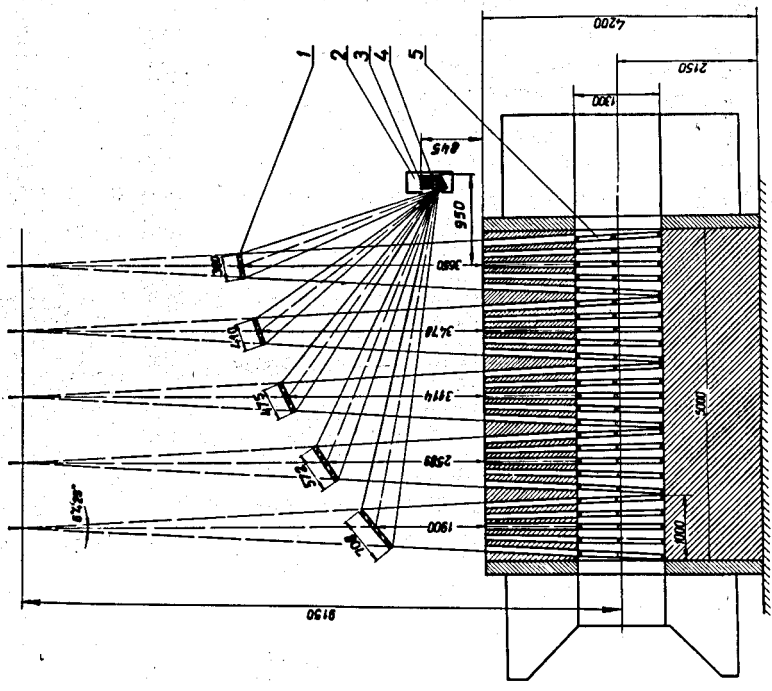


Рис. 1.

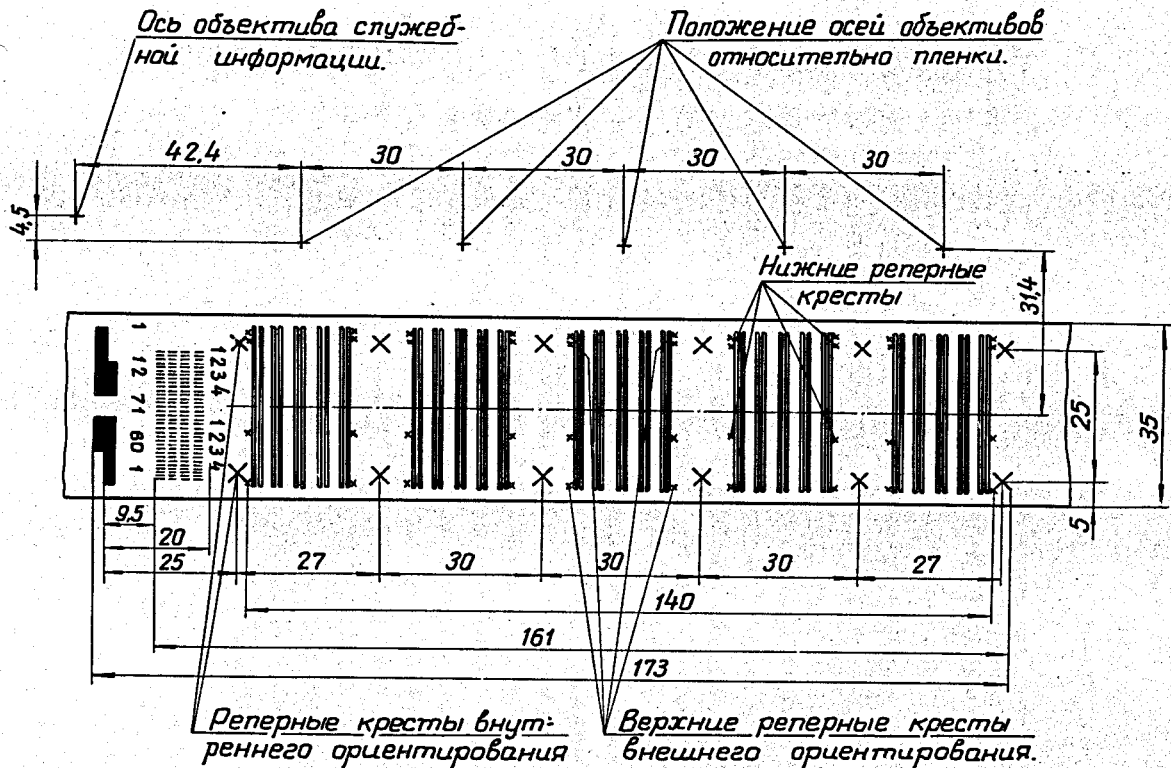


Рис. 3. Размеры фотокадра МИС ОИЯИ.

Организация обработки экспериментальных
данных

Экспериментальные данные, получаемые с помощью 5-метрового спектрометра, фиксируются на фотопленках и магнитных лентах. Основные данные, нужные для реконструкции и идентификации событий, находятся на фотопленках. На магнитные ленты, кроме данных о параметрах пучка, будет также записываться дополнительная информация о событиях, которая будет полезна при их анализе.

В процессе обработки стереофотографий с МИС-5 необходимо решить следующие задачи:

1. Отобрать стереофотографии для измерений.
2. Обмерить отобранные стереоснимки на полуавтоматических или автоматических измерительных устройствах.
3. Восстановить пространственную картину событий и провести их идентификацию.
4. Провести статистический анализ результатов эксперимента.

В настоящее время Лаборатория вычислительной техники и автоматизации располагает большим комплексом просмотрово-измерительной аппаратуры^{/2/}, которая может быть использована для обработки снимков с МИС-5. Это просмотровые и просмотрово-измерительные столы^{/3/}, измерительные системы на базе полуавтоматов^{/4/} и сканирующего автомата типа НРД^{/5/}.

В соответствии с имеющимися возможностями и необходимостью начать обработку данных с МИС-5, в конце 1972 г. предполагается начать обмер стереоснимков на полуавтоматической системе^{/4/}, соответственно для этого приспособленной, одновременно ведя работы по созданию автоматической измерительной системы на базе сканирующего автомата типа НРД.

Т.о., на первом этапе обработку снимков с МИС-5 предполагается проводить в следующей последовательности:

1. Просмотр и отбор по заданным критериям стереопроекции для последующих измерений. В ходе просмотра оператор фиксирует номера событий, которые нужно измерять, тип события, составляет схематический рисунок события с

соответствующими метками, указывает порядок обмера треков на каждой стереопроекции. На просмотрный бланк заносятся данные о параметрах пучкового трека. Для организации просмотра можно использовать просмотрные столы либо систему просмотрно-измерительных столов (БПС-2) на линии с ЭВМ ТРА^{/3/}. Последнее предпочтительнее, т.к. позволит не только контролировать работу операторов, но и значительно увеличить скорость просмотра.

2. Обмер отобранных при просмотре стереопрооекций с помощью полуавтоматической измерительной системы^{/4/}.
3. Обсчет результатов измерений по соответствующим программам на ЭВМ БЭСМ-6 для реконструкции пространственной картины событий, их кинематического и статистического анализа.

В настоящее время в ЛВТА эксплуатируется измерительная система^{/4/} на базе полуавтоматов на линии с БЭСМ-4, которая без изменения аппаратной части может быть использована для обмера снимков с МИС-5. Потребуется лишь изменить и расширить математическое обеспечение этой системы.

Для отобранных в процессе просмотра событий на полуавтоматах будут измеряться координаты реперных точек и точек треков события на каждом стереоснимке. Максимальное количество получаемой при обмере стереоснимков информации определяется числом измеряемых реперов, треков и точек треков, фиксируемых на каждом снимке. В нашем случае максимальное число реперных точек снимка - 12, точек трека на снимке - 10, а число треков в первых экспериментах - 7. Таким образом, максимальное число координатных пар, измеряемых на каждом снимке, - 82, что для одного события (10 снимков) составляет 820 координатных пар.

Математическое обеспечение на этапе измерений решает следующие задачи:

- I. Анализ поступающей информации для контроля работы оператора и измерительной аппаратуры. (Контроль качества обмера реперных крестов, проверка качества измерения точек треков, выброс плохо измеренных точек, логический контроль измеренного события).

2. Сборка события из отдельных элементов, формирование и запись на магнитную ленту массива данных о событии для программы геометрической реконструкции. В результате вся информация о событии, находившаяся на различных стереоснимках двух фотопленок, включая параметры пучка, оказывается в одном массиве данных и располагается в нем в следующем порядке:

- идентификатор массива;
- банк события, содержащий следующую информацию: дата экспозиции установки, номер эксперимента, номер события, шифр оператора, номер полуавтомата, число реперов и треков события;
- банк пучкового трека, в котором в закодированной форме содержатся данные о параметрах пучка (импульс, масса, направление и т.д.);
- результаты измерений реперных точек и элементов события на стереоснимке:
 - идентификатор и номер снимка,
 - координаты реперных крестов,
 - координаты треков, снабженных соответствующими метками,
 - признак конца снимка.

После признака конца последнего снимка следует признак конца события.

Для решения этих задач потребуется создание новых программных блоков контроля и обработки принимаемой с полуавтоматов информации. При существующей организации системы возможности оперативного запоминающего устройства исчерпаны полностью. Для введения новых блоков потребуется освободить часть оперативной памяти за счет изменения организации размещения и хранения информации в памяти машины (предполагается ввести динамическое распределение памяти) и за счет размещения блоков программы, реализующих выполнение редко встречающихся директив оператора, во вторичную память. Как показали исследования, необходимый резерв времени центрального процессора имеется.

Новая организация системы снимает ограничения на количество одновременно работающих на линии с ЭВМ приборов и на объем информации, которую оператор посылает в машину. В рамках существующего математического обеспечения /4/ допускается не более 13 полуавтоматов, на треке не более 20 точек и не более 15 треков на стереопроекции.

Для повышения производительности измерительной системы в условиях большого объема служебной информации, которую оператор должен посылать с пульта полуавтомата, необходимо изменить математическое обеспечение таким образом, чтобы допускалось предварительное накопление этой информации перед началом измерения.

Значительное ускорение процесса обработки с МИС-5 может быть достигнуто за счет использования для обмера снимков автоматических измерительных систем /5-7/. Вопросы использования этих установок в системе обработки данных с МИС-5 будут рассмотрены позднее.

Восстановление пространственной картины событий и их идентификация

Программа реконструкции пространственной картины событий с МИС-5 должна решать следующие задачи:

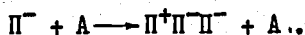
1. Восстановление пространственной картины той части события, которая зафиксирована на стереоснимках.
2. Вычисление параметров каждого трека события в первой измеренной точке.
3. Вычисление координат точки взаимодействия пучкового трека и параметров треков события в этой точке.

После выполнения этих операций следует проверить, исходя из законов сохранения энергии — импульса, удовлетворяют ли параметры данного события заданной гипотезе.

В отличие от систем обработки снимков с пузырьковых камер /9/ в нашем случае целесообразно объединить геометрическую и кинематическую программы в одну.

Это связано с тем, что на стереоснимках фиксируются события определенного типа или их имитирующие, т.к. предварительный отбор фотографируемых событий производится с помощью системы запуска установки. В этом случае задача кинематического анализа значительно упрощается, т.к. требуется лишь проверить удовлетворяют ли параметры треков события заданной гипотезе или нет, а также вычислить величины, необходимые для дальнейшего анализа.

Рассмотрим для примера идентификацию случаев когерентного рождения пионов на ядрах /10/



Случаи когерентного рождения характеризуются тем, что ядро А остается в основном состоянии и переданный ему импульс мал. Т.о., идентификация сводится к выделению событий с малым недостающим импульсом. Очевидно, что для решения этой задачи нет необходимости использовать сложную программу кинематической идентификации /11/, хотя, вообще говоря, остается возможность использования этой программы, созданной для идентификации событий в пузырьковых камерах.

Рассмотрим теперь основные требования к программе реконструкции и идентификации событий для МИС-5 и требуемые для ее работы данные.

1. Программа должна состоять из двух частей: геометрической и кинематической. Причем кинематическая часть программы определяется задачами проводимого эксперимента.
2. При реконструкции событий необходимо учитывать:
 - А. Искажения, обусловленные погрешностями реальной оптической системы установки.
 - В. Возможность изменения реальных координат реперных точек в объеме установки в процессе работы установки из-за нагревания ядра электромагнита.
 - С. Необходимость объединения точек треков, измеряемых на пяти различных стереопарах.
3. При определении параметров треков необходимо учитывать топографию магнитного поля в фотографируемой области.

4. Т.к. мишень находится за пределами рабочего объема установки, координаты точки взаимодействия пучковой частицы (вершины) нужно находить аналитическим путем, с учетом информации о параметрах пучкового трека с проводочных искровых камер и топографии магнитного поля между мишенью и фотографируемым объемом.
5. Для идентификации события потребуются параметры треков в вершине.

Для решения этих задач необходимо задать программе в форме специальных блоков информации /12/ следующие данные:

- I. Параметры оптической системы установки (толщины и показатели преломления сред, через которые производится фотографирование; характеристики фотообъективов; углы, образуемые оптическими осями и поверхностями раздела оптических сред) или таблицы констант для преобразования результатов измерений на фотопленке в фотографируемый объем установки.
- II. Поправочные коэффициенты для каждого из десяти снимков, для учета различного рода искажений, обусловленных деформацией пленки, погрешностями оптики и зеркал.
- III. Топографию магнитного поля в фотографируемом объеме установки.
- IV. Топографию магнитного поля между мишенью и искровыми камерами.
- V. Размеры и координаты мишени.
- VI. Набор разнообразных констант, подбираемых для данного эксперимента (максимально допустимый разброс измеренных точек трека относительно плавной кривой, точность измерения реперных точек и т.п.).
- VII. Критерии отбора фоновых треков.
- VIII. Критерии отбора событий для последующего анализа /12, 13/.

Исходные для реконструкции данные записываются на магнитную ленту после предварительной обработки результатов обмера стереопроекции на полуавтоматических и автоматических установках.

Результаты счета в определенном формате также записываются на магнитную ленту для последующего анализа /14/.

В соответствии с указанным выше, программа реконструкции и идентификации событий с МИС-5 будет состоять из следующих основных частей, предназначенных соответственно для:

- Чтения и записи в соответствующие массивы блоков информации.
- Чтения с магнитной ленты результатов обмера события, расшифровки и записи этих данных в соответствующие массивы.
- Предварительной обработки результатов измерений /15/ (проверка качества обмера реперных точек, учет деформации фотопленки, проверка качества обмера изображений точек треков на стереопроекциях, выброс плохо измеренных точек).
- Вычисления координат реперов в объеме установки и коэффициентов преобразования для пересчета результатов измерений на пленке в плоскость в объеме спектрометра /16/, заданную координатами реперов.
- Вычисления пространственных координат точек треков события по результатам их измерений на стереоснимках.
- Определения параметров трека в первой измеренной точке без учета топографии магнитного поля (нулевое приближение).
- Определения параметров трека в первой измеренной точке с учетом топографии магнитного поля /17,18/.
- Вычисления координат точки взаимодействия пучкового трека и параметров треков события в этой точке.
- Проверки качества реконструкции события и выброса фоновых треков, если они имеются.
- Кинематической идентификации события и вычисления данных, необходимых для дальнейшего анализа события.
- Записи результатов реконструкции и идентификации события на магнитную ленту.

Блок поиска изображений одних и тех же треков на различных стереопроекциях (TRACK - MATCH) /19/ будет включен в программу после обработки и проверки соответствующей методики на реальных событиях.

Эта программа создается на основе геометрической программы /9/, используемой в настоящее время на ЭВМ БЭСМ-6 для обработки данных с жидководородных пузырьковых камер.

По предварительным оценкам, скорость счета событий с МИС-5 будет составлять несколько сотен в час.

Статистический анализ результатов

Статистический анализ экспериментальных данных производится на ЭВМ БЭСМ-6 с помощью программы SUMX /14/. С помощью этой программы можно вычислять средние значения искоемых величин и их ошибки, строить гистограммы, идеограммы, двумерные диаграммы рассеяния, суммировать, умножать, вычитать и делить гистограммы. Программа позволяет проводить вычисления требуемых величин, которых нет в исходных данных. Информация, обрабатываемая этой программой, накапливается на магнитных лентах в ходе эксперимента.

Для подготовки этих магнитных лент, называемых лентами суммарных результатов (ЛСР), имеется специальная программа SLICE /9,13/. Эта программа отбирает по задаваемым ей критериям отбора, информацию об изучаемых событиях с магнитных лент, содержащих данные об идентификации событий, и записывает их в определенном формате на ЛСР.

В нашем случае при исследовании относительно простых событий, как, например, когерентное рождение пионов, результаты идентификации можно писать на магнитную ленту в форме, непосредственно пригодной для статистического анализа.

При исследовании более сложных событий, для анализа которых может потребоваться вычисление большого числа различных величин, можно будет использовать программу SLICE /13/.

Определение параметров оптической системы

В рабочем объеме установки имеются реперные точки, которые фотографируются вместе с треками события.

Каждый объектив "видит" восемь таких реперов, по четыре в каждой плоскости. Причем два репера, расположенные в нижней плоскости, являются общими для двух соседних объективов. Координаты этих реперов определяются заранее, но могут немного "плавать" из-за нагрева ярма электромагнита.

Для восстановления пространственных координат точек треков по их изображениям на двух стереоснимках /17/ необходимо для каждого объектива задать следующие величины:

1. Координаты оптической оси объектива в плоскости пленки.
2. Расстояние между узловой точкой объектива и фотографируемыми искровыми камерами.
3. Угол наклона оптической оси объектива к поверхности каждой искровой камеры.
4. Толщину верхнего стекла искровой камеры.
5. Положение реперных крестов относительно оптической оси объектива.

Для определения этих величин потребуется программа, которая, используя приближенные значения указанных выше параметров и результаты измерений реперных точек в рабочем объеме установки, будет находить нужные для реконструкции параметры оптической системы установки и поправочные коэффициенты для учета дисторсии объективов, наклона фотопленки и т.п.

Обработка результатов измерений магнитного поля в рабочей области установки

При исследовании топографии магнитного поля в рабочей области установки (фотографируемый объем и область между мишенью и искровыми камерами) предполагается измерить его компоненты (H_x , H_y , H_z) в большом числе точек (~ 100 тыс.). Оперативная память ЭВМ БЭСМ-6, которую можно использовать, имеет около 30 тыс. 48-разрядных слов. Из нее для хранения данных о магнитном поле можно отвести несколько тысяч (5-7).

Т.о., необходимо будет значительно сократить объем информации о магнитном поле. Решение этой задачи потребует проведения большой и трудоемкой работы по исследованию влияния способов задания топографии магнитного поля на точность определения параметров треков.

Предполагается использовать для решений этой задачи программу генерации искусственных событий типа WORM2/21/. В этом случае при генерации событий задается имеющаяся топография магнитного поля, а при реконструкции — ее приближенные варианты. Сравнивая получаемые при реконструкции параметры трека с исходными, можно оценить влияние того или иного способа задания магнитного поля на точность реконструкции.

Заключение

Для создания и ввода в эксплуатацию системы обработки фильмовой информации с МИС-5 в короткий срок предполагается в максимальной степени использовать те возможности, которые уже имеются в ЛВТА. Это: измерительная система на базе полуавтоматов и ЭВМ БЭСМ-4^{/4/}, сканирующий автомат типа НРД^{/5/}, просмотрные и просмотрно-измерительные столы^{/3/} и соответствующее математическое обеспечение, система программ обработки данных с жидководородных пузырьковых камер^{/9/}, программа реконструкции событий с МИС-6^{/8/}.

В программе реконструкции и идентификации событий предполагается использовать методику определения параметров треков в неоднородном магнитном поле^{/17/}. Эта методика дает хорошие результаты в пузырьковых камерах^{/18/} и проверяется на снимках с МИС-6.

Алгоритм поиска точек пересечения треков за пределами фотографируемого объема также проверяется на снимках с МИС-6. Для реконструкции пространственных координат искр предполагается использовать процедуру вычисления координат характерных точек, используемую в программе THRESH^{/12/}.

Для определения параметров оптической системы спектрометра, необходимых для реконструкции, потребуется создание программы типа RUTRON^{/12/}, которая должна учитывать наличие общих реперных точек для соседних объективов, а также необходимость объединения в треки искр, измеряемых на различных стереопарах.

В заключение авторы выражают благодарность Ю.А.Будагову, Н.А.Буздавиной, А.Ф.Лукьянцеву, Л.И.Лепиловой, Л.Доржу, А.Г.Заикиной, О.А.Займидороге и Н.Д.Дижусару - за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Анджек, Е.М. Андреев и др.
Препринт ОИЯИ 13-3588, Дубна, 1967 г.
2. N.N.Govorun, V.D.Inkin et al. CERN 70-21.
3. В.Я. Алмазов, А.С. Буров и др.
ПТЭ, № 6, 1969 г.
4. В.В. Ермолаев и др.
Сообщение ОИЯИ 10-5973, Дубна, 1971 г.
Р.В. Малышев.
ОИЯИ, Б1-10-6135, Дубна, 1971 г.
З.М. Иванченко.
Сообщение ОИЯИ, 10-6141, Дубна, 1971 г.
5. В.Я. Алмазов, Ю.Г. Войтенко и др.
Сообщение ОИЯИ 10-4513, Дубна, 1969 г.
И.И. Шелонцев, В.Н. Шигаев.
Сообщение ОИЯИ 10-5824, Дубна, 1971 г.
В.П. Милюткин, В.Н. Шигаев.
Сообщение ОИЯИ 10-5972, Дубна, 1971 г.
6. В.Ф. Борисовский, А.С. Буров и др.
Препринт ОИЯИ, P10-3631, Дубна, 1967 г.
7. А.Я. Астахов, Ю.А. Каржавин и др.
Препринт ОИЯИ P10-4943, Дубна, 1970 г.
8. А.М. Благородов, В.В. Владимирский и др.
Препринт ИТЭФ 521, Москва, 1967 г.
А.В. Болонкин, В.В. Владимирский и др.
Препринт ИТЭФ 752, Москва, 1969 г.

9. Н.А.Буздавина, Н.Н.Говорун и др.
Сообщение ОИЯИ РЮ-5785, Дубна, 1971 г.
10. Н.С.Амаглобели, Ю.А.Будагов и др.
Препринт ОИЯИ I-6050, Дубна, 1971 г.
11. А.Г.Заикина, А.Ф.Лукьянцев.
Сообщение ОИЯИ II-5965, Дубна, 1971 г.
12. Т.С.Program Library 1,2,3, CERN 1968.
13. А.Ф.Лукьянцев, И.С.Сайтов.
Сообщение ОИЯИ РЮ-5210, Дубна, 1970 г.
14. Л.И.Лепилова, А.Ф.Лукьянцев.
Сообщение ОИЯИ II-5963, Дубна, 1971 г.
15. D.M.Howie CERN - DD|DP|66|7
16. P.Negri: Fiducial Marks Reconstruction in
Gargamelle INFN |TC - 67|13
E.S.Gelsema: Large Bubble Chamber Geometry Program
Information Note No27, CERN, 1969.
17. W.G.Moorhead CERN |DD|DP|67|6.
18. V.G.Ivanov, W.G.Moorhead CERN DD|DH|69|12.
19. J.M.Gerard, W.Krischer, D.O.Willianis
CERN DD|DP|68|8 .
20. W.G.Moorhead CERN 60-33, 1960.
21. A.Yule Large Bubble Chamber Geometry Program
Information Note Noll, CERN, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
23 мая 1972 г.