



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

4606/2-81

7/9-81
10-81-359 +

А.У.Абдурахимов, С.Г.Бадалян, Н.А.Буздавина,
В.В.Глаголев, Н.Н.Говорун, В.С.Гоман,
А.Дирнер, Т.И.Забой, В.Г.Иванов, А.П.Кретов,
Л.И.Лепилова, В.П.Миролюбов, В.В.Первушов,
Т.А.Стриж, И.И.Шелонцев, Г.В.Шестакова

СИСТЕМА
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
ДЛЯ α p -ЭКСПЕРИМЕНТА НА ЭВМ CDC-6500

1981

Оснащение Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ высокопроизводительными автоматами /1-3/ для обмена камерных фотографий привело к существенному повышению мощности центра обработки фильмовой информации.

Значительное увеличение числа измеряемых событий потребовало повышения уровня автоматизации процесса анализа данных измерений и, в первую очередь, сокращения затрат ручного труда на разбор и анализ результатов счета. В связи с этим были начаты работы по созданию автоматизированных систем математической обработки фильмовой информации, в которых основная работа по анализу результатов вычислений и ведению "архива" эксперимента производится с помощью специальных программ.

Настоящее сообщение посвящено общему описанию такой системы для однометровой жидководородной пузырьковой камеры ОИЯИ /4/, экспонируемой в пучке ядер гелия (α р -эксперимент).

§ I. Методика обработки фильмовой информации

Организация процесса обработки фильмовой информации в α р -эксперименте показана на рис. I.

На подготовительном этапе отбираются фотоленки, которые будут обрабатываться в ОИЯИ, и составляется временный каталог.

Назначение каталога - фиксировать результаты прохождения каждого обрабатываемого события через различные этапы процесса анализа, начиная с просмотра и кончая записью на ленты суммарных результатов (ЛСР).

Обработка данных, как обычно, начинается с просмотра фотоленок, в ходе которого находятся стереокадры с исследуемыми событиями. Результаты просмотра фиксируются на специальных бланках, а затем переносятся на перфокарты для последующего ввода в ЭЕМ и анализа.

После завершения просмотра и составления полного списка всех найденных событий временный каталог преобразуется в постоянный.

Измерения фотопленок производятся на сканирующем автомате типа НРД и полуавтоматах ^{15/}. Результаты сканирования стереоснимков обрабатываются по соответствующей цепочке программы и записываются на магнитные ленты в форме HZGEOM -массивов ^{16/}. В связи с тем, что при измерении событий на полуавтоматах не предусмотрена маркировка обрабатываемых элементов буквенно-цифровыми символами, необходимыми для их опознавания геометрическими программами системы "Гидра", эти данные обрабатываются программой TINPUT ^{17/}. Таким образом, на вход системы поступает информация на магнитных лентах в стандартной форме (HZGEOM-или PRGEOM -массивы).

Информация с магнитных лент копируется на магнитный диск, а в каталоге фиксируются поступившие события и тип измерительного прибора.

Опыт работы с магнитными лентами на ЭВМ CDC-6500 показал, что считывание исходных данных целесообразно проводить с диска и на него же записывать промежуточные результаты счета в форме перманентных файлов ^{18/}. На заключительном этапе эти файлы объединяются в один, который копируется на магнитную ленту. Для обеспечения сохранности полученных результатов делается копия ленты, а затем уничтожаются уже не нужные более файлы.

Для того, чтобы избежать потерь времени на анализ данных, содержащих большое количество ошибок, в системе имеется специальный пакет программ ^{19/}, позволяющий ценою небольших затрат времени ЭВМ проверять качество поступающей информации. Программы пакета предназначены для вычисления погрешностей измерения элементов событий на стереоснимках, оценки числа хорошо измеренных событий и т.п. Результаты проверки выдаются на печать, и после их анализа массив измеренных событий поступает на дальнейшую обработку либо бракуется, и тогда фотопленки направляются на повторные измерения.

Восстановление пространственной картины измеренных событий и их кинематическая идентификация производится с помощью программы ГЕОКИН ^{8/}. С помощью этой программы осуществляется также предварительный отбор результатов счета, в ходе которого из дальнейшего рассмотрения исключаются события, не удовлетворяющие заданным критериям отбора. Вследствие этого объем поступающей информации сокращается в 2-3 раза. Для выбора данных на ЛСР программа ГЕОКИН выдает специальные карты отбора для каждой из гипотез, прошедшей предварительные испытания. Эти карты выдаются на каждую фитированную гипотезу, т.е. тогда, когда в собы-

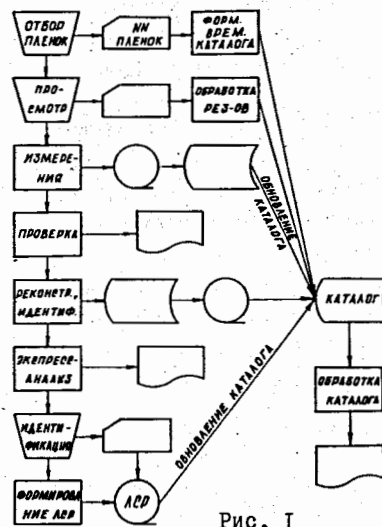


Рис. 1

тии либо нет нейтральных частиц (4c-fit), либо есть одна (1c-fit). События с двумя или большим числом нейтральных частиц относятся к классу нефитированных. Для них на каждое событие выдается одна карта отбора. С помощью этих карт нефитированные события выбираются из результатов счета по программе ГЕОКИН. На каждую нефитированную гипотезу с помощью специального варианта программы SLICE формируются новые карты отбора (trace-карты). На них для каждой гипотезы указываются значения масс всех вторичных частиц события.

Что касается забракованных программой событий, то на каждое из них выдается карта перемера, на которой наряду с номером события указывается код обнаруженной ошибки.

Для проверки достоверности получаемых данных имеется специальный пакет программ для экспресс-анализа результатов реконструкции и идентификации ^{10/}.

Наиболее трудоемким с точки зрения затрат ручного труда является процесс идентификации событий. Это связано с тем, что кинематическая идентификация дает, как правило, неоднозначный результат. Поэтому для выделения наиболее вероятных гипотез приходится привлекать дополнительные критерии или ужесточать те, которые уже использовались программой ГЕОКИН. В ряде случаев удается идентифицировать события, сравнивая наблюдаемую на снимках ионизацию с вычисленной.

Исходными данными для формирования лент суммарных результатов являются выходные файлы программы ГЕОКИН и карты отбора, указывающие программе SLICE ^{11/} гипотезы, которые нужно переписывать. В ходе формирования ЛСР производится вычисление ряда дополнительных величин.

Такова в общих чертах методика обработки данных ЛР-эксперимента.

§ 2. Математическое обеспечение системы обработки данных ЛР-эксперимента

Математическое обеспечение системы обработки данных ЛР-эксперимента на ЭВМ CDC-6500 состоит из следующих элементов ^{7-12/}:

- Пакета программ для создания, ведения и обновления каталога обрабатываемых событий.
- Программы обработки результатов просмотра.
- Пакета программ для проверки результатов измерений камерных фотографий.
- Программы преобразования результатов обмера стереоснимков на полуавтоматах ОИИИ во входной формат геометрической программы (ТИПРУТ). Что касается программ предварительной обработки результатов сканирования стереоснимков на НРД, то они являются одним из элементов этой измерительной системы и поэтому в данной работе не рассматриваются.
- Программы реконструкции и идентификации событий (ГЕОКИН).
- Пакета программ для экспресс-анализа результатов реконструкции и идентификации событий.
- Программы формирования лент суммарных результатов.
- Программ моделирования различных этапов камерного эксперимента.
- Программы сравнения результатов двух независимых измерений одних и тех же событий, обчисленных по программе ГЕОКИН.
- Программ для работы с перманентными файлами на диске, копирования файлов на ленты и т.п.

Рассматриваемая система математического обеспечения Δp -эксперимента является одной из частей имеющегося в ОИИИ обширного комплекса программ обработки фильмовой информации /13/.

Этот комплекс состоит в основном из прикладных программ системы "Гидра" и организован следующим образом (см. рис.2).

Базой программного комплекса являются тексты основных модулей геометрии, кинематики, редактора структур данных и пакета моделирования системы "Гидра" /14/.

Все изменения и дополнения к текстам базовых рам-файлов , включая новые модули, которые учитывают специфические особенности метровой камеры и Δp -эксперимента, также оформлены в виде специальных рам-файлов , получивших в литературе название рам-файлов пользователя.

Сборка текстов программ в форме, пригодной для трансляции, производится с помощью программы УРАТЧНУ.

Для обеспечения пользователям возможности самостоятельно получать требующиеся программы и вести по ним обсчет данных создана специальная система генерации /15/, задания которой составляются на специализированном входном языке.

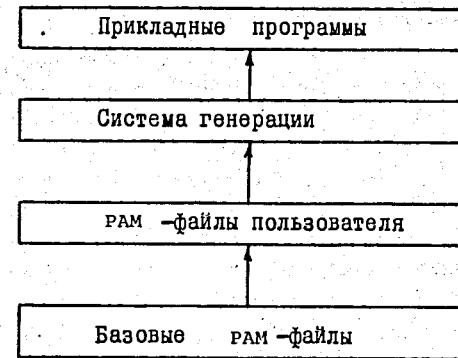


Рис. 2

Такая организация системы позволяет достаточно просто вести как обмен программами между всеми участниками сотрудничества, так и работы по их развитию и усовершенствованию небольшими силами, экономно использовать ресурсы внешней памяти ЭВМ CDC-6500 и обеспечивает широкому кругу пользователей доступ к имеющимся программам.

Использование съемного дискового пакета для хранения исходных данных и результатов счета позволило практически устранить потери времени ЭВМ и обеспечить эффективное использование ее центральных процессоров.

Поскольку часть элементов системы была описана в предыдущих работах, то далее будут рассмотрены принципы организации каталога, программа обработки результатов просмотра и подсистема моделирования.

§ 3. Принципы построения каталога обрабатываемых событий

Каталог обрабатываемых событий является основным организующим элементом системы. В нем фиксируются результаты прохождения каждым событием следующих этапов процесса обработки:

- Просмотр.
- Измерения.
- Обсчет по программе ГЕОКИН.
- Передача событий на повторные измерения.
- Запись на ЛСР.

Поскольку назначение каталога - хранить и накапливать информацию о статусе каждого обрабатываемого события, то он организован в виде перманентного файла и записан на съемный дисковый пакет, выделенный для хранения и записи информации, получаемой в Δp -эксперименте.

Для обеспечения минимальных затрат времени ЭВМ на работу с этим файлом он организован в виде перманентного файла прямого доступа, в котором события группируются по номерам фотоплёнок. Причем для событий с одной фотоплёнки отводится один рекорд файла. Такая организация обеспечивает быстрый поиск искомым событий. Так, например, время, которое тратится ЭВМ на нахождение одного события, в самом неблагоприятном случае составляет около 0,01 с.

Организация каталога на диске, предназначенном для хранения исходных данных и промежуточных результатов счета, не позволила нам применить традиционную систему типа INDEX, в которой для хранения информации о статусе каждого события требуется несколько десятков слов /16/.

В нашем случае на каждое событие в каталоге отводится три слова, в которых содержится следующая информация:

- 1-е слово: номер события.
- 2-е слово: топология события, метка и координаты главной вершины,
- 3-е слово: текущее состояние события (статусное слово).

Номер события включает в себя номер рулона фотоплёнки (NROLL), номер стереокадра на плёнке (NFRAME) и номер события на стереокадре (IVXN) и вычисляется по следующей формуле:

$$NROLL \times 10^5 + NFRAME \times 10 + IVXN$$

Содержащаяся во втором слове информация упакована следующим образом:

- 1-6 разряды: топология события,
- 7-12 разряды: метка главной вершины события или его порядковый номер на стереокадре,
- 13-59 разряды отведены для записи координат главной вершины события.

Текущее состояние события фиксируется в статусных разрядах третьего слова, информация о назначении которых приведена в табл. I.

Создание и ведение каталога обрабатываемых событий производится с помощью специального пакета программ, предназначенных для решения следующих задач:

- Создания каталога.
- Заполнения каталога информацией.
- Вычеркивания "лишних" событий.
- Сброса файла на ленту и его последующего восстановления на диске.
- Выдачи на печать общей статистики обрабатываемых событий.
- Печати списка перемеряемых событий.
- Печати кодов ошибок для перемеряемых событий.
- Печати паспортов фотоплёнок.

Таблица I

№ разряда*	Хранимый результат
I	Первый просмотр
2	Второй просмотр
3	Третий просмотр
5	Измерено на НРД
6	Измерено на полуавтоматах
7	Измерено на СИ
8	Первое измерение
9	Второе измерение
10	Третье измерение
11	Результат ГЕОКИНА - fit
12	Результат ГЕОКИНА - nofit
13	Результат ГЕОКИНА перемер
14	Неизмеримое событие
15	ЛСР фитированных событий
16	ЛСР нефитированных событий
17	Обсчет велся на CDC-6500
18	Непучковое событие
19	Обсчет велся на ЕС-1040
20	После просмотра
21	После измерений
22	После ГЕОКИНА (удачный результат)
23	Направлено на перемер
24	Переписано на ЛСР
3I-40	RQ -условие для первого измерения
4I-50	RQ -условие для второго измерения
5I-60	RQ -условие для третьего измерения

*Разряды с 25 по 30 пока свободны.

Поскольку количество событий, зафиксированных на отдельных фотоплёнках, может изменяться в два-три раза, то на начальном этапе создается временный каталог, в котором для каждой фотоплёнки резервируется рекорд постоянной длины. Длина рекорда в этом случае определяется исходя из максимально возможного числа событий на фотоплёнке. После завершения обработки информации, когда для каждой фотоплёнки известно число найденных событий, временный каталог преобразуется в постоянный. Длины рекордов постоянного каталога определяются исходя из числа событий, найденных на соответствующей фотоплёнке.

§ 4. Краткая характеристика программы SCAN

В ходе просмотра фотоленок отбираются стереокадры, на которых зафиксированы исследуемые случаи взаимодействия. Результаты просмотра фиксируются на специальных бланках, а затем переносятся на перфокарты в следующей последовательности:

- Номер фотоленки - десятичное число, которое может изменяться от I до 999.
- Номер стереокадра на пленке - десятичное число, которое также может изменяться от I до 999.
- Порядковый номер события на кадре (I-4).
- Топология события, под которой в нашем случае понимается число вторичных треков, выходящих из главной вершины события.
Это число не должно быть более 10.
- Число пучковых треков на снимке, если их не более 15. Снимки с числом пучковых треков более пятнадцати не обрабатываются.
- Зона камеры, в которой наблюдается взаимодействие, и номер пучкового трека, образовавшего это взаимодействие. Зоны камеры обозначаются одной из следующих букв: А, В, С, D, E.
- Номер просмотра (I или 2).
- Шифр просмотрщика - две буквы.
- Дополнительная информация, в которой можно указать, что событие нельзя измерить (BAD), или то, что его следует измерять на полуавтомате (PUOS).

Эти данные пробиваются на перфокартах в указанном порядке, после признака карты (S) и отделяются друг от друга запятыми. Знаком конца карты является точка или пробел.

Затем результаты просмотра переписываются с карт на частный диск ЭВМ CDC-6500. В ходе переписки производится проверка вводимой информации. Если на карте обнаруживается ошибка, то такая карта на диск не переписывается, а на печать выдается ее содержимое с указанием порядкового номера неверно пробитой позиции. Содержимое одной карты упаковывается в отдельный рекорд, состоящий из двух слов ЭВМ.

Перед записью результатов просмотра на диск производится упорядочение рекордов по :

- Номеру фотоленки.
- Номеру стереокадра на фотоленке.

- Порядковому номеру события на стереокадре.
- Номеру просмотра.

Эта операция выполняется с помощью подпрограмм системы SORT-MERGE /I7/.

Для редактирования файла с результатами просмотра и исправления обнаруженных на нем ошибок используются карты зачеркивания и исправления.

Карта зачеркивания отличается от карты просмотра только признаком, которым в данном случае является буква D. С ее помощью в файле результатов просмотра можно зачеркнуть соответствующий рекорд.

Карта исправления метится буквой C и предназначена для замены неверно пробитых позиций. При этом предполагается, что номера фотоленки, стереокадра и порядковый номер события на кадре записаны правильно. Для исправления ошибок в номере события соответствующий рекорд следует зачеркнуть и заменить новым.

После записи на файл результатов двух независимых просмотров и устранения обнаруженных ошибок необходимо установить количество событий, найденных каждым просмотрщиком, а также - обоими вместе. Эти данные необходимы для вычисления эффективностей просмотра.

Отождествление событий производится с помощью подпрограмм системы SORT-MERGE /I7/. События считаются идентичными, если у них совпадают номера фотоленок, стереокадров и порядковые номера на кадре, а также топология и зона, в которой наблюдается взаимодействие. Номера пучковых треков, вызвавших взаимодействие, могут отличаться, но не более чем на единицу. Список неотожествленных событий записывается на отдельный файл, а затем печатается. Выдача на печать производится с помощью системной программы FORM.

Таким образом, программа SCAN предназначена для записи результатов просмотра в форме перманентного файла на диск ЭВМ CDC-6500, проверки записываемых результатов, редактирования и расширения соответствующего файла, а также вычисления эффективностей просмотра и ряда других величин.

Широкое использование для решения ряда задач при обработке данных просмотра специальных системных программ позволило ограничиться относительно небольшими размерами программы SCAN, которая занимает в оперативной памяти ЭВМ 37000 восьмеричных слов.

Режимы работы программы задаются специальными управляющими картами.

§ 5. Подсистема моделирования Δp -эксперимента

В процессе подготовки и проведения камерного эксперимента приходится решать большое число разнообразных методических задач.

Одним из эффективных способов их решения является моделирование как всего камерного эксперимента, так и его этапов.

Моделирование камерных экспериментов ведется уже много лет, и для этой цели накоплен достаточно большой комплекс разнообразных программ. Поэтому наша задача заключалась в создании на базе уже имеющихся программных средств единой системы для генерации и последующей обработки искусственных событий по возможности в рамках одной задачи для ЭВМ.

Базой подсистемы являются программные модули системы "Гидра", из которых собираются программы для решения конкретных задач.

На этапе генерации событий для заданной реакции методом Монте-Карло разыгрываются параметры частиц события (импульсы и углы).

Затем разыгрываются координаты главной вершины и вычисляются траектории частиц в рабочем объеме камеры с учетом многократного рассеяния, потерь энергии, магнитного поля и т.п. (моделирование пространственной картины).

Общая организация подсистемы моделирования показана на рис. 3.



Рис. 3

После этого на стереоснимках вычисляются координаты изображений опорных точек, вершин и треков события с учетом параметров оптических сред и измерительных ошибок (проектирование на пленку и варьирование измерений).

Дальнейшая обработка идет по обычной схеме: восстановление пространственной картины, кинематическая идентификация результатов реконструкции и, наконец, вычисление искомых величин.

Для более оперативного решения ряда методических задач имеется возможность непосредственно генерировать ленты суммарных результатов

или исходные данные для кинематической идентификации с учетом реальных возможностей эксперимента и вести их анализ в рамках одной программы. Так, например, при исследовании упругого рассеяния потребовалось построить распределение случаев упругого рассеяния по азимутальному углу с учетом потери событий с ненаблюдаемыми в камере протонами отдачи. На моделирование этой задачи, включая построение соответствующих распределений для 10 тыс. событий, потребовалось около минуты времени работы центрального процессора ЭВМ ссс-6500. Генерация тысячи случаев упругого рассеяния Δ -частиц на протонах и их кинематическая идентификация занимают около 5 мин. Причем эти задачи решались одной программой, собранной из модулей со-пакета и пакета кинематики системы "Гидра".

Такова в самых общих чертах структура и возможности подсистемы моделирования Δ_p -эксперимента.

Заключение

Рассмотренная в работе система используется в течение ряда лет для обработки фильмовой информации, полученной на однометровой жидководородной пузырьковой камере ОИЯИ.

С ее помощью было проведено два эксперимента и начат третий. Всего по программам системы было обчислено более пятидесяти тысяч событий.

Литература

1. Алмазов В.Я. и др. ОИЯИ, IO-4513, Дубна, 1969.
2. Котов В.М. и др. ОИЯИ, IO-7939, Дубна, 1974.
3. Баранчук М.К. и др. ОИЯИ, P10-886I, Дубна, 1975.
4. Вальтер М. и др. ОИЯИ, I-7153, Дубна, 1973.
5. Иванченко Э.М. ОИЯИ, IO-614I, Дубна, 1971.
6. Шигаев В.Н. В кн.: "Материалы Второго всесоюзного семинара по обработке физической информации". ЕрФИ, Ереван, 1978, с.191.
7. Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, IO-6956, Дубна, 1973.
8. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, P10-12474, Дубна, 1979.

9. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, РЮ-12096, Дубна, 1978.
10. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, РЮ-12606, Дубна, 1979.
11. Дорж Л. ОИЯИ, Ю-6470, Дубна, 1972.
12. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, РЮ-12694, Дубна, 1979.
13. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, РЮ-80-657, Дубна, 1980.
14. HYDRA Application Library , CERN, Geneva, 1974.
15. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, РЮ-11911, Дубна, 1978.
16. Letertre C. В кн.: Program Library Track Chamber. CERN, Geneva , 1970.
17. SORT/MERGE VERSION4 AND 1. REFERENCE MANUAL. CDC, CALIFORNIA, MINNEAPOLIS , 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 мая 1981 года.