

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К-262

10-80-375

КАРПЕНКО

Николай Николаевич

ОБРАБОТКА ДАННЫХ
В НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ
ИТЭФ И ОИЯИ
НА УСТАНОВКАХ С БЕСФИЛЬМОВЫМИ
КООРДИНАТНЫМИ ДЕТЕКТОРАМИ

Специальность 01.01.10 - математическое
обеспечение вычислительных машин и систем

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1980

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

член-корреспондент АН СССР
профессор

ГОВОРУН
Николай Николаевич

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

ИВАНЧЕНКО
Иосиф Моисеевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

ЗАИКИН
Петр Никанорович

кандидат физико-математических наук

БУКАТ
Георгий Михайлович

Ведущая организация: Институт физики высоких энергий,
г. Серпухов.

Автореферат разослан "10" ОКТАБРЯ 1980 г.
Защита диссертации состоится "14" НОЯБРЯ 1980 г.
в 10.30 часов на заседании Специализированного совета Д047.01.04
при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ,
г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

З.М. Иванченко

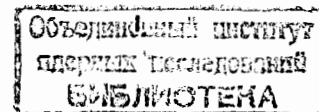
Актуальность проблемы. Экспериментальные исследования в области физики высоких энергий характеризуются постоянным совершенствованием как основных базовых установок-ускорителей, так и детектирующей и регистрирующей аппаратуры. Развитие в данной области связано с усложнением оборудования и возрастанием потока экспериментальной информации. Уникальность установок и проведение на них новых экспериментов обуславливает создание и новых систем обработки данных с целью эффективного оперативного контроля работы оборудования и получения конечных результатов исследований.

В экспериментах ядерной физики одним из основных является метод траекторных измерений. Первоначально экспериментальные исследования проводились по этой методике с использованием пузырьковых камер. Для съема информации в таких установках применяется метод фотографирования. Появление бесфильмовых детекторов привело к дальнейшему расширению экспериментов с использованием методики траекторных измерений. Бесфильмовые спектрометры, включающие сцинтилляционные и черенковские счетчики, проволочные искровые, дрейфовые и многонитяные пропорциональные камеры, используются все шире в экспериментах благодаря высокому временному и пространственному разрешению, а также съему данных в цифровой форме.

Возможность регистрации данных в форме, пригодной для непосредственной передачи в ЭВМ, позволяет при наличии соответствующего программного обеспечения сокращать этап настройки аппаратуры и контролировать оборудование в реальном масштабе времени проведения экспериментов.

Большой объем измеряемых событий в этих экспериментах определяет высокий уровень автоматизации всех этапов обработки, включая этап опознавания геометрических образов - совокупности траекторий частиц, относящихся к событию.

Создание математического обеспечения для уникальных комплексов, какими являются установки с бесфильмовыми детекторами для проведения экспериментов в области физики высоких энергий, является



актуальной проблемой, решение которой требует специальных исследований и разработок новых алгоритмов и программ с целью учета особенностей изучаемых физических процессов и состава аппаратуры конкретной установки.

Цель работы. I. Создать математическое обеспечение для моделирования работы установок и обработки данных, полученных на ускорителе ИТЭФ (г. Москва) в цикле экспериментов по исследованию рассеяния поляризованных протонов на ядрах, включающее:

- а) разработку и реализацию алгоритмов моделирования работы экспериментальной аппаратуры, проведение исследований с целью оптимизации установок и алгоритмов обработки;
- б) создание программ для определения характеристик установок (параметры перехода в единую систему координат, эффективность искровых камер, пространственное разрешение, эффективность установки и др.);
- в) разработку и реализацию алгоритмов автоматического опознавания событий и их классификации;
- г) создание программ определения геометрических и кинематических параметров событий;
- д) разработку алгоритмов и создание программ для статистической обработки данных и получения конечных физических результатов.

2. Разработать алгоритмы и программное обеспечение обработки данных для настройки и контроля бесфильмовой части магнитного искрового спектрометра МИС ОИЯИ.

3. Разработать и создать комплекс программ реального времени, обеспечивающих автоматизированное измерение полей магнитов и определение характеристик каналов совпадения для детекторов установки БИС, используемой в экспериментах по поиску новых частиц на протонном синхротроне ИФВЭ (г. Серпухов).

4. Создать математическое обеспечение для оперативного контроля работы бесфильмовых спектрометров БИС и БИС-2 ОИЯИ (г. Дубна).

Научная новизна. Разработаны алгоритмы и создана система программ, обеспечивающая моделирование установки и все этапы автоматической обработки данных, регистрируемых спектрометром из

бесфильмовых искровых камер в поляризационных экспериментах. Новизна этой работы не исчерпывается комплексным подходом к решению разнородных задач в рамках единой системы. В процессе выполнения этой работы были построены алгоритмы распознавания и классификации событий, отличающиеся высокой эффективностью.

Определен полный набор значимых параметров, характеризующих работу бесфильмовых искровых камер МИС ОИЯИ, и разработаны алгоритмы их определения. Предложена новая методика определения точности координатных детекторов.

Разработан комплекс программ контроля и диагностики ошибок основных звеньев бесфильмового спектрометра БИС-2. Оригинальность полученных решений была обусловлена, в частности, многокомпонентностью установки (при регистрации траекторий использовалось более 6000 регистрирующих каналов пропорциональных камер) и длительностью непрерывной работы установки. Впервые успешно разработанная методика контроля детекторов в условиях применения ЭВМ ЕС-1040 на линии с экспериментальной установкой представляет особый интерес для последующих экспериментов на синхротроне ИФВЭ и синхрофазотроне ОИЯИ.

Реализация и практическая ценность. Исследования и разработки, посвященные проблемам обработки данных с целью контроля экспериментов и получения физических результатов, были завершены созданием комплексов программ, успешно применяемых в экспериментах на ускорителях ИТЭФ, ИФВЭ и ОИЯИ.

С помощью созданной автором системы автоматической обработки данных поляризационных экспериментов было изучено рассеяние поляризованных протонов в неисследованном ранее диапазоне импульсов на ядрах углерода, определены дифференциальные сечения и азимутальная асимметрия, получены оценки поляризации^{/1,3,17-19/}.

Комплекс программ^{/2/} оперативного контроля бесфильмового спектрометра БИС успешно использовался в цикле экспериментов, целью которых являлся поиск новых частиц^{/15/}. Обработка данных позволила оценить верхние границы парциальных сечений для образования очарованных частиц^{/4/}, получить ряд других физических результатов^{/16/}.

Созданная на ЭВМ ЕС-1040 система программ^{/5/} используется с начала 1978 года для контроля нового бесфильмового спектрометра с пропорциональными камерами на ускорителе ИФВЭ.

Программы реального времени^{/6,7/}, разработанные автором, успешно использовались при измерении полей магнитов и съема характеристик каналов совпадений для детекторов на этапах наладки и пуска установки БИС.

Программное обеспечение создано в рамках модульного принципа программирования. Многие подпрограммы имеют самостоятельное значение и могут использоваться для распознавания прямолинейных траекторий^{/9/}, представления информации в графической форме^{/11,12/}, статистической обработки данных^{/9,10/}.

Алгоритмы и принципы создания программ могут быть интересны как для специалистов, занимающихся обработкой экспериментальных данных, так и для системных программистов.

Объем работы. Диссертация представлена на 131 листе и состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. В диссертации обобщены основные результаты, полученные за последние 8 лет.

Программное обеспечение реализовано на автокоде, ФОРТРАНе и ПЛ/I на ЭВМ второго и третьего поколений.

Основу диссертации составляют проведенные автором исследования и разработки, реализованные в виде системы программ для обработки данных поляризационных экспериментов^{/1,3,17-19/} и программного обеспечения экспресс-обработки информации для настройки и контроля спектрометров с бесфильмовыми искровыми и пропорциональными камерами^{/2,5-14/}.

Содержание работы. Во введении обосновывается актуальность темы, сформулированы общие задачи по обработке данных с бесфильмовых спектрометров на всех этапах проведения эксперимента. Приводится краткое содержание диссертации по главам.

В первой главе диссертации приводятся необходимые при разработке программного обеспечения сведения о составе экспериментальных комплексов, используемых ЭВМ; даются характеристики некоторых детекторов как основных источников информации о событиях; обсуждаются задачи обработки данных.

Современный экспериментальный комплекс включает ускоритель частиц, регистрирующую и передающую аппаратуру, устройства управления (связи) и ЭВМ.

Математическое обеспечение разрабатывалось для экспериментов, проводимых на ускорителях ИТЭФ и ИФВЭ. В этих экспериментах применялись бесфильмовые искровые камеры с магнитоотрицательным

съемом данных (БИС и установки ИТЭФ), проволочные искровые камеры с памятью на ферритовых кольцах (бесфильмовая часть МИС) и многонитяные пропорциональные камеры (установка БИС-2). В работе приводятся основные характеристики этих детекторов. Описывается конфигурация ЭВМ БЭСМ-3М, ЕС-1040 и М-220М, которые использовались для сбора, контроля и окончательной обработки данных. Рассматриваются основные задачи обработки данных на различных этапах проведения экспериментов.

Для оптимизации параметров установок и отладки алгоритмов обработки применяются моделирующие программы. С помощью численного моделирования можно получить также ответ на вопрос о возможности проведения эксперимента на данной аппаратуре.

Вопросы моделирования поляризационных экспериментов в ИТЭФ рассматриваются в начале второй главы. Методом Монте-Карло конструировалось необходимое число событий с учетом геометрии установки, многократного рассеяния, точности и эффективности искровых камер при заданном фоне, азимутальном и полярном углах рассеяния в мишени. Последующая обработка генерируемой информации позволяла подобрать критерии отбора событий, оптимизировать алгоритмы обработки и параметры установки с целью увеличения доли "полезных" событий без ухудшения точности их характеристик.

Далее рассматривается программное обеспечение для настройки экспериментального оборудования и снятия необходимых характеристик.

На этапе наладки установки БИС на У-70 (ИФВЭ) проводилось измерение карт магнитных полей различных типов магнитов^{/6/}. Информация с датчика Холла, который с равномерным шагом перемещался в рабочем объеме магнита, поступала в ЭВМ, где она обрабатывалась с целью контроля. В случае удачного измерения серии информация записывалась на магнитную ленту, в противном случае измерение повторялось. Результаты обработки выводились автоматически на печать в случае сбоя либо по требованию оператора.

Измерение характеристик каналов совпадений (вычисление эффективности при данных задержках) для годоскопических счетчиков установки БИС проводилось в автоматическом режиме на линии с ЭВМ БЭСМ-3М. Величина задержки изменялась в определенном диапазоне с заданным шагом. Информация о срабатывании счетчиков переда-

валась в ЭВМ для обработки. Для подбора задержек строились статистические распределения, характеризующие зависимость эффективности работы счетчиков от величины задержки.

При разработке программного обеспечения для бесфильмовой части магнитного искрового спектрометра МИС ОИЯИ основное внимание уделялось выработке состава значимых параметров-характеристик работы системы ферритовых искровых камер^{/8/}.

Обработка данных включает форматный контроль информации, преобразование систем координат отдельных камер в общую систему, представление события на АЦПУ в графической форме, опознавание треков, координатный и трековый контроль системы камер, локализацию неисправностей. При этом определялись такие важные характеристики камер, как эффективность и точность.

Испытания аппаратуры, ее наладка и определения различных характеристик проводились на ускорителе ИФВЭ (г.Серпухов). Установка работала на линии с ЭВМ БЭСМ-3М.

В третьей главе описывается математическое обеспечение для экспресс-обработки данных, получаемых на установках БИС и БИС-2 ОИЯИ, ориентированных на поиск новых частиц. Рассматриваются особенности контроля экспериментальной информации для каждой установки. Приводится состав основного оборудования этих спектрометров и их логико-информационные возможности.

Установка БИС^{/15/} работала на пучке нейтральных частиц серпуховского ускорителя на линии с ЭВМ БЭСМ-3М. Основными источниками информации были двухкоординатные искровые камеры с магнито-стрикционным съемом данных, пропорциональные камеры и система сцинтилляционных счетчиков.

Разработанное программное обеспечение^{/2/} использовалось с целью получения величин, характеризующих работу экспериментальной аппаратуры и позволяющих контролировать ход эксперимента.

Для каждого элемента системы отбора событий по задаваемой статистической выборке вычисляется относительная частота срабатывания и проверяется принадлежность ее заданному интервалу. Контролировалась также работа функционально объединенных элементов системы первичного отбора событий.

Контроль искровых камер основан на обработке экспериментальной и специальной тестовой информации. Для этой цели, в частности, с каждой группой координат, соответствующих одному

датчику, в ЭВМ вводится значение репера. Для каждого датчика вычисляется среднее значение, стандартное отклонение длины реперного отрезка и уровень ложных реперов (доля случаев, когда репер не попадает в область допустимых значений). Контроль работы датчиков включает также вычисление относительной частоты отсутствия и подсчет числа искр, зафиксированных каждым датчиком.

Особое место среди контролируемых характеристик занимает эффективность и точность. Знание этих характеристик позволяет сделать вывод о качестве работы комплекса, включающего непосредственно искровые камеры, систему газообеспечения и аппаратуру съема информации с камер.

Установка БИС-2^{/15/}, работающая на линии с ЭВМ ЕС-1040, отличается от установки БИС составом аппаратуры и значительно большим числом контролируемых объектов. В состав основных детекторов установки входят пропорциональные камеры (более 6000 каналов регистрации), сцинтилляционные счетчики, а также детектор электронов, состоящий из 140 черенковских счетчиков полного поглощения. Триггерная схема включает в себя специализированный цифровой процессор. Регистрирующая электроника и аппаратура передачи данных выполнена в стандарте КАМАК.

Установка регистрирует многолучевые события, сопровождаемые траекторным и точечным фоном. За один сброс пучка регистрируется до 100 событий (длина одного - до 1 Кбайта).

Уникальность, многокомпонентность установки и большой объем информации предопределили разработку новых алгоритмов и программ контроля оборудования установки.

Основной объем обработки реализован в виде отдельной подзадачи. На этом уровне работают программы визуального представления событий, программы контроля системы избирательного запуска установки, пропорциональных камер, а также черенковских счетчиков.

Большинство параметров, характеризующих работу экспериментальной установки, имеют статистическую природу^{/5/}. Поэтому значительная часть обработки данных сводится к вычислению значений статистических таблиц и вычислению интегральных характеристик распределений. В частности, строятся распределения частоты срабатывания регистрирующих каналов камер, размеров и количества кластеров (подряд сработавшие каналы камеры образуют кластер); определяется эффективность и точность детекторов; строятся

распределения амплитуд и частоты срабатывания модулей черенковского спектрометра; определяются геометрические параметры установки; контролируется работа специализированного процессора.

Созданное программное обеспечение позволяет качественно и оперативно контролировать работу всех основных узлов установки и ход эксперимента в целом.

В четвертой главе описывается комплекс программ обработки данных поляризационных экспериментов на ускорителе ИТЭФ/1,3,17-19. Рассматриваются программы для определения характеристик установок, алгоритмы для полной автоматизации распознавания событий и их классификации, программы определения геометрических и кинематических параметров событий. Описываются программы для статистической обработки данных и получения физических результатов, приводится алгоритм определения параметров теоретической модели для рассеяния поляризованных протонов на ядрах.

Программа геометрической реконструкции и кинематического анализа событий осуществляет автоматический поиск траекторий до и после мишени; вычисляет параметры функций, аппроксимирующих эти траектории; определяет точку рассеяния, полярный и азимутальный углы рассеяния. По совокупности критериев отбирались однострековые события, соответствующие упругим взаимодействиям, а вычисленные параметры записывались на ленту суммарных результатов, которая затем обрабатывалась по программе статистического анализа. Основными результатами программы статистической обработки являются распределения азимутального угла. Количество этих распределений равно числу интервалов, на которые разбивается область изменения полярного угла рассеяния.

Большое внимание было уделено определению эффективности отдельных камер и установки в целом на основе анализа зарегистрированных случаев рассеяния. Кроме средних эффективностей систем камер до и после мишени, определялись соответствующие эффективности регистрации треков в отдельных угловых интервалах установки (всего более 700 интервалов). Полученные значения эффективностей учитывались при построении угловых распределений случаев рассеяния.

Определение параметров теоретических моделей проводилось методом наименьших квадратов. Для минимизации времени выполнения и сокращения требуемого объема памяти были написаны специальные программы для получения оценок параметров.

Для выявления и учета ложной асимметрии применяется метод автоматического двойного опознавания событий со сменой направления поиска точек, принадлежащих траекториям частиц.

Заключение. При разработке и реализации программ обработки данных в электронных экспериментах получен ряд результатов:

1. Разработаны алгоритмы и созданы программы моделирования экспериментов по исследованию рассеяния поляризованных протонов на ядрах.

2. Создан комплекс программ реального времени, обеспечивающих автоматизированное измерение полей магнитов и определение характеристик каналов совпадений для детекторов установки БИС.

В рамках математического обеспечения реального времени спектрометра БИС созданы программы определения геометрических параметров установки и контроля работы оборудования, решена задача автоматического распознавания событий. Разработаны и реализованы алгоритмы вычисления эффективности и точности искровых камер. Созданы программы графического представления событий.

3. Разработан комплекс программ контроля и диагностики ошибок основных звеньев бесфильмового спектрометра БИС-2 ОИЯИ. Впервые успешно разработанная и реализованная методика контроля детекторов с применением ЭВМ ЕС-1040 на линии с установкой представляет особый интерес для последующих экспериментов на синхротроне ОИЯИ и синхротронах ИФВЭ и ИТЭФ.

4. Определен набор значимых параметров, характеризующих работу бесфильмовых камер МИС ОИЯИ, и разработаны алгоритмы их вычисления. Предложена новая методика определения характеристик координатных детекторов.

5. Создана система программ, обеспечивающая все этапы автоматической обработки данных, регистрируемых спектрометром из бесфильмовых искровых камер в цикле поляризационных экспериментов, проводимых на ускорителе ИТЭФ:

- а) исследованы алгоритмы и реализованы программы автоматического опознавания, геометрической реконструкции и определения кинематических параметров событий;
- б) создано математическое обеспечение для вычисления эффективности регистрирующей аппаратуры, статистической обработки

данных и определения параметров функций, описывающих экспериментальные статистические распределения.

Предложенные эффективные алгоритмы обработки в сочетании с рациональной организацией всей системы математического обеспечения позволили успешно применять созданный комплекс программ на ЭВМ М-220М, обладающей относительно скромной вычислительной мощностью.

Результаты исследований и разработанные алгоритмы нашли дальнейшее применение в математическом обеспечении других экспериментов, в частности, на установках "Кристалл" и ДИСК (ОИЯИ, г.Дубна).

Апробация. Основные результаты диссертации опубликованы в работах ⁷¹⁻¹⁹⁷, доложены на Международной конференции по физике высоких энергий (Тбилиси, 1976), на Европейской международной конференции по физике элементарных частиц (Будапешт, 1976), на Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике (Киев, 1976), на Семинаре по обработке физической информации (Ереван, 1975), на семинарах Лаборатории вычислительной техники и автоматизации, Лаборатории высоких энергий (ОИЯИ, Дубна) и на семинарах Института теоретической и экспериментальной физики (Москва).

Публикации по теме диссертации

1. В.В.Журкин и др. Аппаратура и программное обеспечение эксперимента по рассеянию поляризованных протонов на ядрах. ИТЭФ-82, Москва, 1974.
2. Н.Н.Говорун и др. Математическое обеспечение бесфильмового искрового спектрометра, работающего на линии с ЭВМ БЭСМ-3М в эксперименте по поиску очарованных частиц. ОИЯИ, Б1-10-9754, Дубна, 1976.
3. В.В.Журкин и др. Рассеяние поляризованных протонов с импульсом 2,1 Гэв/с на ядре углерода и приближение "полноты".
а) ИТЭФ-103, Москва, 1973;
б) ЯФ, том 20, выпуск 2, 1974.
4. Г.Айхнер и др. Поиск новых частиц, распадающихся на $\Lambda(K^0)+$ адроны. ОИЯИ, Р1-11516, Дубна, 1978.

5. В.К.Балашов и др. Некоторые аспекты системы сбора информации и контроля бесфильмового спектрометра на базе ЭВМ ЕС-1040. ОИЯИ, 10-11357, Дубна, 1978.
6. Ю.М.Аверьянов и др. Магнитное поле магнитов СП-40А и СП-94. ОИЯИ, БЗ-10-9590, Дубна, 1976.
7. В.К.Бирулев и др. Система наладки и контроля годоскопической части бесфильмового искрового спектрометра (БИС), работающего на линии с ЭВМ БЭСМ-3М. В сб.: I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике (тезисы). ИЯИ АН УССР, Киев, 1976.
8. В.В.Вишняков и др. Программы сбора и обработки данных с бесфильмовых проволочных камер пятиметрового искрового спектрометра МИС ОИЯИ. ОИЯИ, 10-7966, Дубна, 1974.
9. Н.Н.Карпенко, А.С.Чвыров. Подпрограммы построения гистограмм и распознавания прямолинейных треков на ЭВМ ЕС-1040. ОИЯИ, Б1-10-10637, Дубна, 1977.
10. Н.Н.Карпенко и др. Стандартные программы статистической обработки данных и вывода результатов на АЦПУ для ЭВМ БЭСМ-4. ОИЯИ, Б1-10-8978, Дубна, 1975.
11. Н.Н.Карпенко, В.Н.Кузнецов. Организация вывода графического изображения событий, регистрируемых бесфильмовыми установками. ОИЯИ, 10-8992, Дубна, 1975.
12. Н.Н.Карпенко, В.Н.Кузнецов. Стандартные программы вывода изображений событий на АЦПУ. ОИЯИ, Б1-10-8993, Дубна, 1975.
13. И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко и др. Программа контроля работы аппаратуры и накопления информации в эксперименте с K^0 -мезонами высоких энергий. ОИЯИ, Б1-10-5502, Дубна, 1970.
14. Н.Н.Говорун и др. О программном управлении физическими экспериментальными установками. Материалы Семинара по обработке физической информации, 1975. ЕРФИ, Ереван, 1976, стр.59.
15. В.Г.Кривохижин и др. Поиск очарованных частиц. ОИЯИ, Б2-1-9414, Дубна, 1976.
16. Г.Айхнер и др. Поиск очарованных частиц в области масс 1,8-2,5 Гэв/с².
а) Материалы Международной конференции по физике высоких энергий, Тбилиси, 1976. ОИЯИ, Дубна, 1976 (тезисы).
б) Материалы Европейской международной конференции по физике элементарных частиц (тезисы). ЦИФИ ВАН, Будапешт, 1977, стр.49.

17. А.Е.Буклей и др. Аппаратура и программное обеспечение эксперимента по рассеянию поляризованных протонов на водороде и ядрах. ИТЭФ-22, Москва, 1979.
18. В.В.Журкин и др. Асимметрия в суммарном рассеянии поляризованных протонов на ядрах при 2,1 ГэВ/с.
 - а) ИТЭФ-24, Москва, 1979;
 - б) ЯФ, т.30, вып.2 (8), 1979.
19. В.В.Журкин и др. Измерение поляризации в упругом pp-рассеянии при 2,1 ГэВ/с в области малых переданных импульсов.
 - а) ИТЭФ-96, Москва, 1978;
 - б) ЯФ, т.28, вып.5(II), 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 июня 1980 года.