

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С-313

10-80-744

СЕННЕР
Александр Евгеньевич

СВРК

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ
В РЯДЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ОИЯИ**

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.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук

ИВАНЧЕНКО
Иосиф Моисеевич.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

ИВАННИКОВ
Виктор Петрович,

кандидат физико-математических наук

КАМИНСКИЙ
Леонид Георгиевич.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

АН СССР Ленинградский институт ядерной физики им.В.П.Константинова.

Автореферат разослан "___" "___" 1980 г.

Защита диссертации состоится "___" "___" 198 г.
в "___" 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

119
901404-80

Актуальность проблемы. Одной из основных современных методик проведения экспериментальных исследований в области физики высоких энергий является электронная методика. Создаваемые в ее рамках экспериментальные системы включают детектирующую и измерительную аппаратуру (экспериментальная установка) и оснащенную соответствующим математическим обеспечением ЭВМ, работающую в режиме непосредственной связи с установкой в реальном масштабе времени. На ЭВМ возлагается решение задач управления оборудованием, сбора, накопления и обработки генерируемых установкой данных, контроля эксперимента.

Совершенствование ускорительной техники, разработка широкого набора новых электронных детектирующих средств и программно-управляемых аппаратных компонентов обеспечили возможность создания крупных высокоавтоматизированных экспериментальных установок. Реализация этой потенциальной возможности связана с возрастанием роли ЭВМ и соответствующего математического обеспечения.

Сбор данных – одна из основных задач, решаемых ЭВМ на этапе измерений. Состав, организация и режимы функционирования аппаратных средств регистрации и передачи данных существенно отличаются для различных экспериментальных систем. Временные характеристики информационных потоков и количество данных варьируются в широком диапазоне. Особенности логико-информационных возможностей и архитектуры применяемых вычислительных систем обуславливают различие ограничений, накладываемых на программную подсистему сбора данных. Совокупность отмеченных факторов вызывает необходимость обоснованного выбора метода решения и нередко требует создания оригинальных алгоритмов, обеспечивающих эффективное решение задачи сбора данных.

Многокомпонентность уникальных установок, малое время протекания изучаемых процессов, значительный поток экспериментальных данных и сложность алгоритмов управления определяют необходимость высокого уровня автоматизации функционирования экспериментальной системы. Этим объясняется актуальность создания на базе ЭВМ современных систем автоматического управления экспериментальными установками.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Исследовательский характер работ обуславливает необходимость активного влияния физика на ход эксперимента. Поэтому важной задачей является разработка математического обеспечения эффективного оперативного взаимодействия экспериментатора с комплексом программ.

Таким образом, создание математического обеспечения экспериментальных систем, применяемых в области физики высоких энергий, является многоплановой актуальной проблемой, решение которой требует специальных исследований и разработки новых алгоритмов.

Цель работ, составивших диссертацию, заключалась в разработке и реализации средств математического обеспечения реального масштаба времени для ряда уникальных экспериментальных установок ОИЯИ^{/1-4,30/}, работающих на синхрофазотроне ОИЯИ и синхротроне ИФВЭ (г.Серпухов). Требование эффективного функционирования экспериментальных систем привело к необходимости решения задач оптимизации организации комплекса программ и разработке ряда функциональных алгоритмов, обеспечивающих сбор экспериментальных данных и управление прохождением различных процессов при работе установки на этапе измерений.

Научная новизна. Из множества решаемых ЭВМ задач выделено подмножество, инвариантное к частным требованиям конкретных экспериментальных систем. Решение данного подмножества задач обеспечивается разработанными и созданными компонентами базовых комплексов программ реального времени для ЭВМ типа HP-21жж и ЭВМ ЕС-1040. Базовые комплексы программ ориентированы на широкий класс экспериментальных установок, работающих на линии с ЭВМ определенного типа, оснащенной системным программным обеспечением. Адаптация базового комплекса программ к алгоритмам конкретной экспериментальной системы обеспечивается за счет генерируемости и параметрической настраиваемости составляющих его модулей.

Предложен оригинальный алгоритм переменной дисциплины диспетчеризации прохождения основных программ, исключающий задержку получения статистически обеспеченных результатов оперативного контроля установки. В качестве критерия смены дисциплины диспетчеризации выбран необходимый темп обработки данных.

Разработан и исследован новый алгоритм организации выборочной обработки информации. Сравнительный анализ результатов, полученных при математическом моделировании работы традиционного и нового алгоритмов, свидетельствует о том, что новый алгоритм позволяет в 1,2-1,5 раза повысить темп обработки экспериментальных данных. Это, соответственно, увеличивает реактивность подсистемы оперативного контроля качества функционирования установки.

Разработаны оригинальные алгоритмы автоматического управления совместным прохождением различных режимов функционирования экспериментальных систем БИС, БИС-1 и ФОТОН^{/10-12/}.

Особое внимание уделялось эффективному использованию пучка ускорителя. Алгоритмы обеспечивают гибкий аппарат смены режимов функционирования установки и позволяют оперативно управлять заявками на работу во вспомогательных режимах за счет варьирования значений выделяемых квантов времени, приоритетов и ряда других параметров. Общность заложенных в алгоритмах принципов определяет возможность применения их в других экспериментальных системах для организации эффективной совместной работы различных режимов функционирования установки.

Проведен анализ параметров функции, описывающей эффективность подсистемы сбора данных. На основе полученных результатов анализа созданы новые алгоритмы сбора данных, предназначенные для обслуживания высокоинтенсивных потоков экспериментальной информации.

Впервые на ЭВМ ЕС-1040 разработана методика решения задач сбора экспериментальных данных и управления функционированием многокомпонентного бесфильмового спектрометра. Полученные в ходе выполнения этих работ результаты представляют особый интерес при разработке математического обеспечения реального времени для экспериментальных установок, работающих в режиме непосредственной связи с ЭВМ ЕС-1040.

Реализация и практическая ценность. Результаты проделанных исследований и разработанные средства математического обеспечения реального времени нашли применение в целом ряде уникальных экспериментальных систем^{/2,5-9/}, характеризующихся различными режимами функционирования, разнообразным составом аппаратуры регистрации и передачи данных, качественно различными величинами информационных потоков.

Комплекс программ, созданный для установки ФОТОН^{/5,13-16/}, обеспечил возможность исследований радиационных распадов резонансов. На установке проведено изучение дифференциального сечения η -мезона и кумулятивного рождения α - и η -мезонов на ядрах^{/17/}.

Разработан комплекс программ для методических исследований новых детекторов, позволивший провести испытания и настройку системы дрейфовых камер в условиях рабочей эксплуатации^{/2,18/}.

Созданные автором элементы математического обеспечения экспериментальной установки БИС-1^{/10/} использовались при проведении цикла исследований, позволивших оценить верхние границы парциальных сечений образования "очарованных частиц"^{/19/} и получить ряд других физических результатов^{/20,21/}.

Для ЭВМ ЕС-1040 в рамках операционных систем ДОС ЕС и ОС ЕС реализованы компоненты математического обеспечения реального времени для установок БИС-II, КРИСТАЛЛ и ДИСК^{6-9, 22-23/}. В течение двух последних лет с помощью созданных программ на установке БИС-II накоплено более 12 миллионов стереомагнитографий, обрабатываемых в настоящее время на ЦВК ОИЯИ и в ряде зарубежных научных центров.

Компоненты математического обеспечения установки КРИСТАЛЛ использовались при проведении исследований, в которых впервые в мире экспериментально доказана возможность управления траекториями заряженных частиц с помощью монокристалла^{24/}.

Созданные автором диссертации программные средства экспериментальной системы ДИСК используются в настоящее время для изучения процессов кумулятивного рождения частиц.

Разработанные унифицированные компоненты математического обеспечения применялись при проведении работ по радиографии на пучке ионов гелия^{25/} и используются при создании комплексов программ других экспериментальных систем.

Основная часть работ выполнена на ЭВМ ЕС-1040 и малой ЭВМ третьего поколения типа НР-21жж. В качестве языков программирования выбраны автокоды и ФОРТРАН-4.

Отдельные пакеты прикладных программ (ППП) имеют самостоятельное значение и могут применяться в различных системах обработки информации. К таким ППП относятся, например, пакеты программ статистической обработки и представления результатов, реализованные для малых ЭВМ третьего поколения^{13, 26/}.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. В диссертации обобщены основные результаты, полученные автором за последние девять лет. Основу диссертации составляют исследования и разработки средств математического обеспечения реального времени для экспериментов, проводимых на современных ускорителях на основе электронной методики.

Содержание работы. Во введении отмечается значительное усложнение задач, решаемых в области экспериментальной физики высоких энергий, перечисляются связанные с этим характерные тенденции развития экспериментальных систем, обосновывается актуальность представляемой тематики. Приводится краткая формулировка цели работ, отмечается их научная новизна и практическая ценность, указывается вклад автора диссертации. Дается краткое содержание диссертации по главам.

В первой главе рассматриваются особенности современных экспериментальных установок и обсуждаются задачи, решаемые их математическим обеспечением реального времени. Определяется принадлежность комплекса программ к классу сложных систем и с этих позиций обсуждаются предъявляемые к нему требования.

Проводится сравнительный анализ ряда существующих в настоящее время в ОИЯИ и других научных центрах крупных экспериментальных систем. Дается описание систем, разработка математического обеспечения которых составила материал диссертации.

На основе приведенных данных делается вывод о том, что разработка обсуждаемого математического обеспечения проводилась для экспериментальных систем, характеристики и параметры которых сравнимы с соответствующими величинами известных крупных экспериментальных систем других научных центров, а в ряде случаев и превосходят их. Например, объем экспериментальных данных, генерируемых в течение отдельного сброса пучка ускорителя, составляет для этих установок несколько десятков килобайтов, а в экспериментальной системе КРИСТАЛЛ достигает 130 Кбайтов. Регистрирующая аппаратура установки ФОТОН размещена в 7 крейтах КАМАК, а в БИС-II для этой цели используется 14 крейтов, объединенных в две ветви. Установки БИС и БИС-I характеризуются развитой системой управления с помощью ЭВМ режимами работы экспериментального оборудования, а установка ФОТОН, имеющая пять существенно различных режимов функционирования, является в этом смысле уникальной.

Во второй главе рассмотрены вопросы структуры и организации математического обеспечения систем реального времени в экспериментальной физике высоких энергий. Описана проведенная декомпозиция математического обеспечения по функциональным признакам на ряд основных программ. Обсуждается выбор эффективной дисциплины диспетчеризации прохождения основных программ. Существование различных режимов функционирования установки определяет необходимость реализации различных дисциплин диспетчеризации, адекватных доминантным критериям эффективности.

Обоснована целесообразность организации прохождения основных программ согласно дисциплине обслуживания с относительными приоритетами при работе системы в наладочном режиме. В рабочем режиме эффективное функционирование системы достигается при обслуживании заявок на выполнение основных программ алгоритмом диспетчеризации с абсолютными приоритетами.

Рассмотрен случай невысокой загрузки центрального процессора решением задач сбора и накопления экспериментальных данных. Показано, что при этих условиях в рамках последнего из упомянутых алгоритмов достигается достаточно высокая эффективность функционирования экспериментальной системы и в наладочном режиме. Проведено рассмотрение работы комплекса программ в случае высокой загрузки центрального процессора обслуживанием основных программ высокого приоритета. Оптимизация функционирования системы в этом случае обеспечена за счет разработанной переменной дисциплины диспетчеризации обслуживания заявок на выполнение основных программ. Результаты проведенных исследований использовались при разработке комплексов программ для установок БИС-I, ФОТОН, БИС-II, КРИСТАЛЛ, ДИСК и установки для методических исследований новых детекторов (ДК).

Обсуждается решение задачи организации выборочной обработки экспериментальной информации. Разработанный автором новый алгоритм, основанный на использовании принципов способа доступа с очередями, по сравнению с традиционным^{2,3/} обеспечил более высокую степень загрузки программ обработки. Анализ данных, полученных с помощью математического моделирования методом Монте-Карло, позволяет сделать вывод о том, что новый алгоритм уменьшает время получения статистически обеспеченных результатов в реальном масштабе времени.

Рассмотрена проблема унификации обсуждаемого математического обеспечения. Предложена и обоснована целесообразность ее решения в рамках концепции базового комплекса программ (БКП). Возможность оптимизации комплекса программ для конкретной установки обеспечивается выбором единой схемы функционирования БКП, реализованной в виде общей информационной базы, с которой работают алгоритмы решения частных задач.

В третьей главе обсуждаются вопросы разработки математического обеспечения управления экспериментальной системой, функционирующей в режиме измерений.

Рассматривается задача автоматического управления многорежимными экспериментальными системами. При разработке соответствующих алгоритмов для установок БИС и БИС-I большое внимание уделялось совместному удовлетворению альтернативных требований эффективного использования пучка ускорителя и эффективного контроля качества работы тестируемой аппаратуры. Компромиссное решение обеспечено за счет определения периода повторения вспомогательного режима (ВР) как функции качества работы тестируемой аппаратуры.

Рассмотрены и обоснованы разработанные автором алгоритмы автоматического управления установкой ФОТОН, являющейся уникальной по коли-

честву и разнообразию режимов функционирования. Каждый из четырех ВР, обеспечивающий измерение параметров известных процессов и решение самостоятельной функциональной задачи, является вместе с тем фрагментом единой системы контроля 90-канального мозаичного черенковского спектрометра. Проведен анализ рационального выбора дисциплины обслуживания заявок на выполнение вспомогательных режимов. В качестве доминантного критерия эффективности принималась необходимая для систем реального времени достаточно высокая скорость обслуживания заявок на получение результатов в ВР. Описывается реализованная программная возможность оперативной модификации параметров алгоритмов, обеспечивающая гибкий аппарат оперативного управления работой в ВР, вплоть до изменения дисциплины обслуживания заявок на их выполнение.

Обсуждаются созданные в рамках базовых комплексов программ ЭЕМ НР-2Гж и ЕС-1040 диалоговые мониторы, обеспечивающие общее управление диалоговым процессом, управление выводом сообщений, анализ команд экспериментатора и унифицированные программные средства выполнения этих команд. Приводится алгоритм, предоставляющий гибкие возможности оперативного управления обслуживанием сообщений, генерируемых комплексом программ.

Четвертая глава посвящается вопросам разработки подсистем сбора экспериментальных данных. Установка рассматривается как некоторый абонент, посылающий в ЭЕМ сообщения, обслуживаемые программами подсистемы сбора данных. Разработана иерархическая система критериев эффективности алгоритмов этих программ. Основным критерием эффективности описан аналитической функцией (коэффициентом готовности (K)), определяющей вероятность обслуживания сообщения средствами подсистемы сбора данных. Выделены и проанализированы параметры комплекса, влияющие на значение коэффициента готовности. Предложены методы оптимизации подсистемы сбора данных.

Для экспериментальных систем ФОТОН и ДК полученные результаты исследований определили необходимость разработки алгоритмов, основанных на создании параметрически настраиваемого программного драйвера, обслуживающего при однократном запуске несколько заявок. Проведен сравнительный анализ эффективности новых и применявшихся ранее алгоритмов при работе подсистем сбора данных в условиях пиковых нагрузок. Результаты анализа показали, что в случае работы установки ФОТОН во вспомогательных режимах значение коэффициента готовности возрастает с $K=0,46$ до $K=0,82$. Для установки ДК эта величина повышается приблизительно в 1,5 раза.

Обсуждаются разработанные алгоритмы сбора высокоинтенсивных потоков экспериментальных данных для установок, работающих в режиме

непосредственной связи с ЭВМ ЕС-1040. Алгоритмы отличаются рациональным согласованным использованием возможностей коммуникационных процессоров ЭВМ, передающей аппаратуры и системы КАМАК. Для установок ДИСК и КРИСТАЛЛ обоснована целесообразность сбора информации, генерируемой в течение отдельного сброса пучка, в рамках единой программы канала. Описаны реализованные подсистемы сбора данных для установки ДИСК и установки КРИСТАЛЛ в эксперименте по исследованию эффекта излучения e^+ и e^- при каналировании.

Рассмотрен алгоритм сбора данных для установки БИС-II, отличительной особенностью которого является активное управление процессом опроса источников информации, расположенных в ~600 регистрах КАМАК. Большое количество регистрирующей аппаратуры, необходимость использования различных режимов чтения в системе КАМАК и статистический характер объема сообщения определили сложную логику опроса источников информации в алгоритме. Программы, реализующие алгоритм, обеспечивают контроль качества работы регистрирующей и измерительной аппаратуры, достоверную локализацию отказов этой аппаратуры, эффективное использование ресурса оперативной памяти и оформление данных в виде односвязной списочной структуры. Последнее существенно упрощает дальнейшее оперирование данными.

Заключение. Успешное функционирование рассматриваемых экспериментальных систем подтверждает правильность выбора использовавшихся в комплексах программ концепций и алгоритмов и корректность их реализации. Предложенные алгоритмы и принципы разработки математического обеспечения использовались при создании других экспериментальных систем^{29, 30}, применяются в настоящее время и могут использоваться при реализации новых комплексов программ. Основные результаты представленных в диссертации работ могут быть сформулированы следующим образом:

I. Для ЭВМ третьего поколения типа НР-2Иж создан базовый комплекс программ реального времени. На его основе разработаны и реализованы:

а. Многофункциональный комплекс программ для установки ФОТОН. Реализация ряда оригинальных алгоритмов и обоснованная организация комплекса обеспечили требуемый темп сбора данных, эффективное взаимодействие экспериментатора с комплексом программ, гибкое оперативное управление экспериментальной системой, высокий уровень ее автоматизации.

б. Комплекс программ для установки, созданной для методических исследований новых детекторов, с помощью которого в реальном масштабе времени опробован ряд новых алгоритмов и получены оценки основных характеристик испытываемых детекторов.

2. Разработаны алгоритмы автоматического управления многорежимными экспериментальными системами, обеспечивающие эффективное совместное прохождение различных режимов функционирования. Осуществлена программная реализация этих алгоритмов в комплексах программ для установок БИС, БИС-I и ФОТОН. Алгоритмы представляют самостоятельный интерес и могут использоваться в математическом обеспечении новых многорежимных экспериментальных систем.

3. Разработан алгоритм переменной дисциплины диспетчеризации прохождения основных программ, обеспечивающий высокий темп обработки информации в реальном масштабе времени. Применение алгоритма целесообразно в случае относительно высокой загрузки центрального процессора работой программ комплекса, имеющих более высокий приоритет, чем группа программ обработки данных. Алгоритм реализован в комплексе программ для установки БИС-I.

4. Для ЭВМ ЕС-1040 разработаны компоненты базового комплекса программ реального времени, решающие задачи параллельного прохождения, связи по информации и синхронизации функционирования основных программ. В рамках этих работ создан диалоговый монитор, предоставляющий возможность активного управления диалоговым процессом. Данные средства математического обеспечения применялись при создании комплексов программ для установок БИС-II, ДИСК и КРИСТАЛЛ. В настоящее время базовый комплекс программ используется для создания математического обеспечения других экспериментов.

5. Для ряда уникальных электронных установок ОИЯИ, работающих в режиме непосредственной связи с ЭВМ ЕС-1040, созданы подсистемы сбора информации. Обоснованная в каждом случае целесообразность реализации соответствующих алгоритмов позволила разработать подсистемы сбора данных, удовлетворяющие предъявляемым им высоким требованиям, и оптимизировать использование ресурсов ЭВМ.

6. Разработан и внедрен в ряде комплексов программ новый алгоритм организации выборочной обработки информации, обеспечивающий сравнительно с традиционным более высокую скорость получения статистически обеспеченных результатов оперативного контроля в реальном масштабе времени.

Апробация. Основные результаты диссертации опубликованы в работах¹⁻²⁹ и доложены на Советании по программированию и математическим методам решения физических задач (Дубна, 1973), Международной школе по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях (Ташкент, 1974), I Всесоюзном советании по автоматизации научных исследований в ядерной физике (Киев, 1976), XII Всесоюзной школе по автоматизации на-

учных исследований (Бакуриани, 1978), II Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике (Алма-Ата, 1978), семинарах Лаборатории вычислительной техники и автоматизации и Лаборатории высоких энергий (ОИЯИ, Дубна).

Публикации, положенные в основу диссертации:

1. Г. Айхнер и др. Бесфильмовый спектрометр БИС-П и его физические характеристики. ОИЯИ, I-80-644, Дубна, 1980.
2. Н.Н. Говорун и др. Исследование системы дрейфовых камер на синхрофазотроне ОИЯИ. ОИЯИ, P13-9349, Дубна, 1975.
3. С.А. Аверичев и др. Девяностоканальный черенковский масс-спектрометр электронов и гамма-квантов высоких энергий. ОИЯИ, I-II482, Дубна, 1978.
4. А.С. Водопьянов и др. Спектрометр для исследования каналирования протонов E=8,4 ГэВ в монокристаллах. ОИЯИ, P13-80225, Дубна, 1980.
5. И.М. Иванченко, А.Е. Сеннер. Общая организация системы управляющих программ для установки ФОТОН. Материалы международной школы по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях, Ташкент, 1974, ОИЯИ, Д10, II-8450, Дубна, 1974.
6. В.К. Балашов и др. Некоторые аспекты системы сбора информации и контроля бесфильмового спектрометра на базе ЕС-1040. ОИЯИ, IO-II357, Дубна, 1978.
7. В.И. Дорогов и др. Математическое обеспечение установки КРИСТАЛЛ. Часть I. Руководство по работе на ЭВМ ЕС-1040 с комплексом программ КРИСТАЛЛ. ОИЯИ, B1-10-12698, Дубна, 1979.
8. Н.Н. Говорун и др. Математическое обеспечение установки КРИСТАЛЛ. Часть II. Организация комплекса программ реального времени. ОИЯИ, P10-12968, Дубна, 1980.
9. Г. Айхнер и др. Организация чтения и контроля информации при работе спектрометра БИС-П на линии с ЭВМ ЕС-1040. ОИЯИ, IO-80-434, Дубна, 1980.
10. Н.Н. Говорун и др. Математическое обеспечение бесфильмового искрового спектрометра, работающего на линии с ЭВМ в эксперименте по поиску очарованных частиц. ОИЯИ, B1-10-9754, Дубна, 1976.
11. А.С. Вовенко и др. Программа контроля аппаратуры и накопления информации в экспериментах с K^0 -мезонами высоких энергий. ОИЯИ, P10-7460, Дубна, 1973.
12. Н.Н. Говорун, И.М. Иванченко, Н.Н. Карпенко, А.Е. Сеннер. О программном управлении физическими установками. Материалы Всесоюзного семинара по обработке физической информации. ЕрФИ, Ереван 1976.
13. Н.Н. Говорун и др. Накопление информации и контроль оборудования в экспериментах на установке ФОТОН. Материалы Международного совещания по программированию и математическим методам решения физических задач. ОИЯИ, Д10-7707, Дубна, 1974.
14. Ю.В. Заневский и др. Система магнитоотрижонных искровых камер экспериментальной установки ФОТОН. ОИЯИ, P13-8668, Дубна, 1975.
15. В.Л. Пахомов, А.Е. Сеннер. Программы контроля и настройки черенковских спектрометров установки ФОТОН. ОИЯИ, IO-8407, Дубна, 1974.
16. Ю.В. Заневский и др. Система пропорциональных камер экспериментальной установки ФОТОН. ОИЯИ, P13-8283, Дубна, 1974.
17. Р.Г. Аствацатуров и др. Дифференциальное сечение реакции $K^+p \rightarrow \pi^+n$ при импульсе 3,3 ГэВ/с, ЯФ, т.27, вып.2, 1978.
18. Э. Гергеи и др. Математические методы исследования характеристик дрейфовых камер. ОИЯИ, IO-II210, Дубна, 1978.
19. Г. Айхнер и др. Поиск новых частиц, распадающихся на $\Delta(K^0) +$ адроны. ОИЯИ, P1-II516, Дубна, 1978.
20. Г. Айхнер и др. Поиск очарованных частиц в области масс 1,8 - 2,5 ГэВ/с². Материалы Международной конференции по физике высоких энергий. Тбилиси, 1976.
21. Г. Айхнер и др. Поиск очарованных частиц в нейтронном пучке на серпуховском ускорителе. ЯФ, т.29, вып.1, 1979.
22. Г. Айхнер и др. Организация считывания данных бесфильмового спектрометра на линии с ЭВМ ЕС-1040. Материалы Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. ИЯИ АН УССР, Киев, 1976.
23. Н.Н. Говорун, И.М. Иванченко, Н.Н. Карпенко, А.Е. Сеннер. Система сбора информации бесфильмового спектрометра на базе ЭВМ ЕС-1040. Материалы Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Алма-Ата, "Наука", 1978.
24. А.С. Водопьянов и др. Управление траекториями заряженных частиц с помощью изогнутого монокристалла. ЖЭТФ, 1979, т.30, 17.
25. Ю.С. Анисимов и др. Радиография на пучке ионов гелия синхрофазотрона ОИЯИ. P13-II872, Дубна, 1978.

26. И.М.Иванченко, А.Е.Сеннер. Система программ накопления, обработки и представления статистических данных для ЭВМ ЕС-1010. ОИЯИ, В1-10-11711, Дубна, 1978.
27. А.Е.Сеннер, Л.А.Сеннер. Набор библиотечных программ для печатающих устройств машин типа НР-21жж. ОИЯИ, 10-9205, Дубна, 1975.
28. Ю.С.Анисимов и др. Экспериментальная установка для ионной радиографии. Часть II. Математическое обеспечение, результаты. ОИЯИ, 18-80-441, Дубна, 1980.
29. А.Е.Сеннер. Программирование для КАМАК-систем. ОИЯИ, В1-10-11366, Дубна, 1978.

Дополнительная литература

30. Т.В.Аверичев и др. Установка для исследования кумулятивного рождения частиц. (ДИСК). ОИЯИ, 1-11317, Дубна, 1978.
31. В.В.Вишняков и др. Программы сбора и обработки данных с бесфильмовых проволочных камер пятиметрового спектрометра МИС ОИЯИ. ОИЯИ, 10-7966, Дубна, 1974.
32. А.П.Бугорский и др. Общая схема обработки в линию экспериментальных данных на установке НЕЙТРИНО. ИФВЭ-78-94, Серпухов, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 ноября 1980 года.