

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

M 801

13-88-431

МОРОЗОВ

УДК 539.1.07

Анатолий Николаевич

**СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА СПЕКТРОМЕТРЕ БИС-2**

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Дубна 1988

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединённого института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

ЛИХАЧЁВ
Михаил Фёдорович

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

ГУСЬКОВ
Борис Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

ГОЛУТВИН
Игорь Анатольевич

кандидат технических наук
младший научный сотрудник

ТРЕБЕНЮК
Виктор Матвеевич

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт
физики высоких энергий, Серпухов.

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1988 г.
в _____ час. на заседании специализированного Совета Д-047.01.02
при Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных
исследований, Дубна, Московская область, конференц-зал ЛВЭ ОИЯИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разслан " _____ " _____ 1988 г.

Учёный секретарь
специализированного Совета

М.Ф. Лихачёв

М.Ф. Лихачёв

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Данная работа основана на материалах исследований и результатах разработок, выполненных автором в 1972-1985 гг. в ЛВЭ ОИЯИ. Она посвящена созданию и использованию электроники регистрации и считывания данных с пропорциональных камер, разработке и созданию систем сбора данных в экспериментах по поиску и изучению очарованных частиц и узких барионных резонансов на серпуховском ускорителе, выполненных с помощью спектрометра БИС-2.

Актуальность работ. Поиск очарованных частиц и узких барионных резонансов в адрон-адронных взаимодействиях является актуальной физической задачей. Для обеспечения конкурентоспособности и приоритетности научных данных требуется набор большого объема экспериментальной информации.

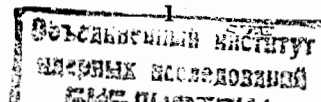
Цель работы - обеспечить получение экспериментальных данных на спектрометре БИС-2. Для достижения этой цели были спроектированы, созданы и реализованы две системы сбора данных спектрометра.

Научная новизна данной диссертационной работы состоит в разработке, создании и внедрении в спектрометр БИС-2 систем сбора данных, имеющих следующие новые характерные особенности:

- распределение задач сбора, накопления, обработки данных, контроля и тестирования аппаратуры и детекторов между несколькими ЭВМ;
- использование универсальной ЭВМ ЕС-1040 в реальном времени;
- применение аппаратуры в стандарте КАМАК в объеме около 50 крейтов;
- регистрация информации с 10 тыс. сигнальных проволок пропорциональных камер и 200 элементов других детекторов, включая спектрометрическую информацию;
- модульная структура организации управления и синхронизации;
- передача в ЭВМ только значимой информации.

Автор защищает

1. Анализ методов повышения производительности систем сбора данных.
2. Разработку и применение в спектрометре БИС-2 аппаратуры регистрации, поиска и кодирования информации с пропорциональных камер.



3. Разработку, создание и развитие автоматизированного стенда на основе ЭВМ ТРА-1001i для исследования характеристик пропорциональных камер с регистрирующей аппаратурой, а также методику этих исследований.

4. Разработку, создание и внедрение в спектрометр БИС-2 аппаратных комплексов систем сбора данных с несколькими ЭВМ.

5. Разработку, создание и применение в спектрометре БИС-2 устройств сопряжения экспериментальной аппаратуры с ЭВМ, устройств сжатия информации с пропорциональных камер и программируемых треновых процессоров для отбора событий.

Практическая ценность работы состоит в том, что внедрение систем сбора данных в спектрометр БИС-2 обеспечило регистрацию около 70 млн. взаимодействий нейтронов с ядрами водорода, углерода, алюминия и меди. В результате Сотрудничеством БИС-2 были получены новые данные о рождении странных и очарованных барионов, обнаружен новый барионный резонанс $N(1960)$, получено указание на существование новых странного и нестранного бариониев.

Апробация: основные результаты работы обсуждались на научно-методических семинарах ЛВЭ ОИЯИ, рабочих совещаниях по экспериментам на спектрометре БИС-2, опубликованы в советских журналах и сообщениях ОИЯИ.

Структура диссертации: диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечается актуальность, новизна, практическая ценность и структура диссертационной работы, указывается вклад автора и дается краткое содержание ее по главам.

В первой главе рассмотрены: выбор структуры систем сбора данных, способы сопряжения аппаратуры физических установок с ЭВМ, методы повышения производительности систем сбора данных.

В этой связи рассматриваются способы построения систем сбора данных экспериментальных установок на основе стандарта КАМАК, этапы развития стандарта КАМАК и его модификаций для построения однокрейтных и многокрейтных систем сбора данных. Кратко приведены характеристики новых стандартов для построения аппаратуры физических установок-ФАСТБАС и VME.

Рассмотрены также способы сопряжения аппаратуры в стандарте КАМАК, размещенной в десятках крейтов, с ЭВМ.

Рассмотрены способы повышения производительности систем сбора данных: а) распределение между несколькими ЭВМ задач сбора, накопления, обработки данных, контроля и тестирования аппаратуры и детекторов; б) повышение быстродействия; в) применение устройств сжатия информации; г) применение процессоров для отбора событий.

По способу считывания информации из ветвей КАМАК рассматриваются два типа систем сбора данных: с последовательным считыванием (сначала считывается информация из первой ветви, затем из второй и т.д.) и параллельным считыванием (информация считывается во всех ветвях одновременно). Приведены расчетные соотношения для времени считывания информации с регистрирующей аппаратуры и передачи ее в ЭВМ. Полученные соотношения дают возможность найти более оптимальные варианты построения систем сбора данных.

Рассмотрены способы применения процессоров на втором уровне отбора событий. Результат применения процессоров на втором уровне отбора событий определяется величиной K_y - коэффициентом увеличения скорости набора полезной информации. Численное значение величины K_y зависит от характера проводимых экспериментов.

Отмечается, что при создании и развитии спектрометра БИС-2 можно выделить два этапа и соответственно две базовые конфигурации установки, предназначенные для выполнения определенных научных программ. На первом этапе были выполнены эксперименты по поиску очарованных частиц, а на втором этапе - по изучению очарованных частиц и узких барионных резонансов. Соответственно были созданы две системы сбора данных. Вторая система сбора данных была создана в результате исследования и развития первой системы с целью повышения ее производительности.

Вторая глава посвящена созданию и исследованию двух аппаратурных систем, предназначенных для регистрации, поиска и кодирования информации с пропорциональных камер.

Отмечается, что с момента применения пропорциональных камер в экспериментальной физике существует два способа размещения регистрирующей аппаратуры пропорциональных камер: в крейтах КАМАК и непосредственно на камерах. Приведены преимущества и недостатки обоих способов.

Рассматриваемые аппаратурные системы иллюстрируют два указанных способа размещения регистрирующей аппаратуры. Одна из систем, размещенная в крейте КАМАК^I, состоит из 20 канальных блоков регистрации, контроллера и блока ИЛИ, сигналы с которого поступают на быструю электронику для участия в выработке сигнала запуска установки. Данная аппаратура была разработана для создания многокрейтных систем. В объеме

200 каналов, размещенных в одном крейте, она применялась в ранее действующем спектрометре БИС-1, а затем - в спектрометре БИС-2 для регистрации и считывания информации с двух пропорциональных камер. Время подготовки очередного слова данных для передачи его из регистрирующей аппаратуры в ЭВМ составляло около 300 нс.

Другая система регистрации размещена непосредственно на камерах^{/2/}. Рассмотрена работа этой системы и подробно описываются устройство и принцип действия блока, разработанного для поиска и кодирования данных - ПКУ^{/3/}. Блок размещен в крейте со стандартным контроллером КАМАК. Аппаратура в объеме 700 каналов регистрации для двух пропорциональных камер применялась в спектрометре БИС-2. Время подготовки очередного слова данных с помощью блока ПКУ для передачи его в ЭВМ составляло в среднем 1,4 мкс.

В третьей главе обсуждается цель создания спектрометра БИС-2, рассматривается создание автоматизированного стенда на основе ЭВМ ТРА-1001i для исследования характеристик пропорциональных камер и регистрирующей аппаратуры, а также рассматривается создание аппаратурного комплекса первой системы сбора данных и ее характеристики.

В экспериментах на установке БИС-1 очарованных частиц не наблюдалось. Были получены лишь верхние оценки парциальных сечений их рождения. Для существенного увеличения экспериментальной информации была создана новая экспериментальная установка - спектрометр БИС-2, который размещался на канале нейтронов 4И серпуховского ускорителя.

Блок-схема спектрометра БИС-2 (I-я базовая конфигурация) показана на рис. 1. В состав спектрометра входили: магнит СП-40, 11 пропорциональных камер (PC) - около 6 тыс. сигнальных проводов, годоскоп Н1 из 14 сцинтилляционных счетчиков, двухплечевой годоскоп черенковских счетчиков полного поглощения из 140 модулей, которые сгруппированы в два "плеча" С1 и С2 по 70 модулей в каждом и расположены симметрично относительно оси пучка спектрометра; детектор мюонов - два годоскопа сцинтилляционных счетчиков Н2 и Н3, разделенных железными поглотителями; нейтронный монитор (МО) - три сцинтилляционных счетчика, после первого из них был помещен алюминиевый поглотитель толщиной 3,24 г/см². Небольшая примесь (около 2%) заряженных частиц в пучке нейтронов исключалась с помощью счетчика антисовпадений (А).

Электроника спектрометра, выполненная в стандарте КАМАК, занимала около 35 крейтов.

Для исследования характеристик пропорциональных камер и регистрирующей аппаратуры был создан автоматизированный стенд на основе ЭВМ ТРА-1001i^{/2/}, на котором, кроме того, была проверена и настроена практически вся электроника спектрометра.

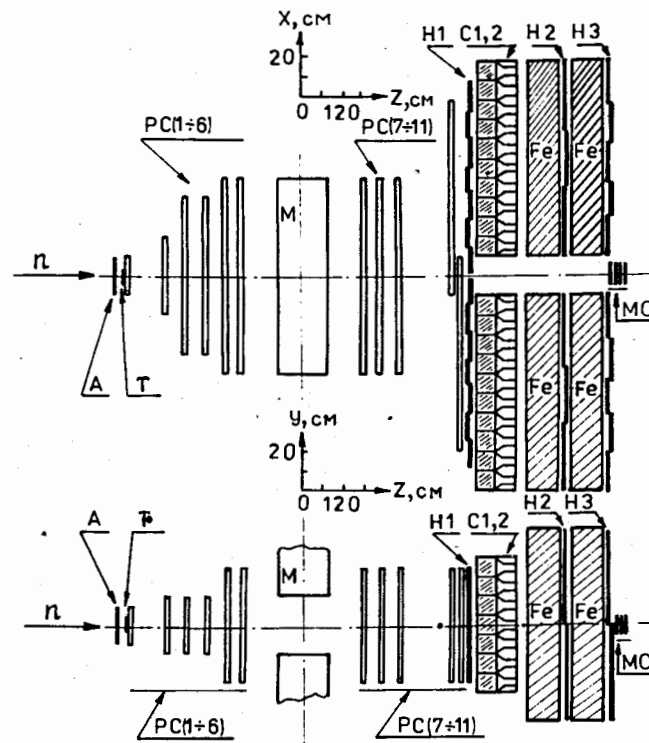


Рис.1 Блок-схема спектрометра БИС-2 (I-я базовая конфигурация).

Структурная схема аппаратурного комплекса I-й системы сбора данных показана на рис.2. Аппаратурный комплекс включал следующие системы: запуска установки, регистрации данных с детекторов, считывания информации с регистрирующей аппаратуры и передачи их в ЭВМ, управления и синхронизации, тестирования и настройки аппаратуры и детекторов.

Работа системы запуска основана на использовании годоскопических элементов пропорциональных камер, сцинтилляционных годоскопов и мажоритарной логики. Эта система осуществляла отбор как одночастичных, так и многочастичных событий.

Регистрирующая аппаратура занимала 13 крейтов, образующих две

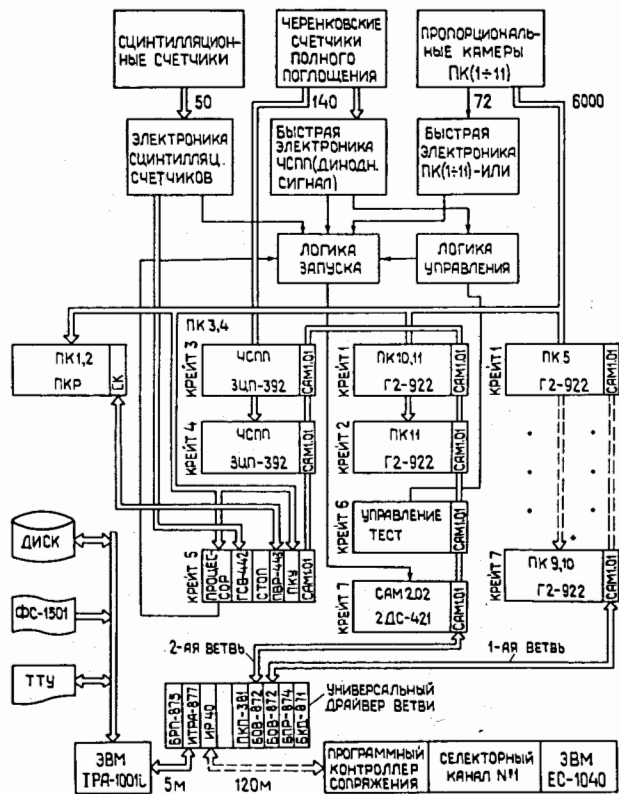


Рис.2 Структурная схема I-й системы сбора данных спектрометра БИС-2.

ветви КАМАК, и была разделена на 5 групп, данные с которых считывались в ЭВМ ЕС-1040 отдельными массивами.

В системе сбора данных использовались две ЭВМ: ТРА-1001i - для наладки, тестирования аппаратуры и детекторов и ЕС-1040 - для приема, накопления и обработки данных. Считывание информации с регистрирующей аппаратуры и управление аппаратурой производились с помощью программ, размещенных в оперативной памяти канала ЭВМ ЕС-1040.

Для связи аппаратуры КАМАК с ЭВМ ЕС-1040 и ТРА-1001i применялся универсальный драйвер ветви. В качестве контроллера крейта использо-

вался стандартный контроллер типа А-1 производства ВНР. Универсальный драйвер ветви посредством интерфейса ИР40^{4/} был связан с программным контроллером сопряжения, который через стандартную связь подключался к I-му селекторному каналу ЭВМ ЕС-1040.

В системе синхронизации и управления использована блочная структура, которая позволила гибко и оперативно менять организацию считывания данных с регистрирующей аппаратуры и передачи их в ЭВМ.

Для более детального исследования и выбора режимов работы узлов спектрометра использовалась система тестирования и наладки аппаратуры и детекторов^{5/}.

Считывание информации с регистрирующей аппаратуры и передача ее в ЭВМ производились в блочном режиме с помощью автоматических устройств. Управление их работой осуществлялось программно с помощью ЭВМ ЕС-1040. Информация с пропорциональных камер, составляющая основной объем информации с установки, считывалась в ЭВМ только со сработавших каналов, доля которых составляла около 2% от всех каналов пропорциональных камер.

Приведены временная диаграмма и алгоритм работы установки. Определена величина мертвого времени установки. В конце главы приведены характеристики системы сбора данных.

С помощью рассмотренной системы сбора данных на спектрометре БИС-2 было зарегистрировано около II млн. взаимодействий и получены следующие основные результаты: наблюдается рождение очарованных барионов Λ_c^+ , распадающихся по каналам $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p^+ p^-$; $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 p^+ p^-$. Полученные результаты являлись первыми статистически обеспеченными данными о прямом рождении очарованных частиц в адронных взаимодействиях вблизи порога рождения.

В четвертой главе рассмотрена система сбора данных спектрометра БИС-2, предназначенная для проведения экспериментов по исследованию очарованных частиц и узких барионных резонансов на серпуховском ускорителе (второй этап исследований). Вторая система сбора данных создавалась как развитие первой системы с целью повышения ее производительности. Блок-схема спектрометра БИС-2, действовавшего в этих экспериментах, представлена на рис.3. В состав спектрометра дополнительно были включены 4 пропорциональных камеры (PC) - около 4 тыс. сигнальных проводов; сцинтилляционный годоскоп H2 и усовершенствованный годоскоп H1; система счетчиков окружения мишени (COM); многоканальные пороговые черенковские счетчики C1 и C2 для идентификации пионов, каонов и протонов. Исключен из установки детектор мюонов.

Электроника спектрометра, выполненная в стандарте КАМАК, занимала около 50 крейтов. Регистрирующая аппаратура в объеме 20 крейтов размещалась в трех параллельных ветвях КАМАК^{6/}.

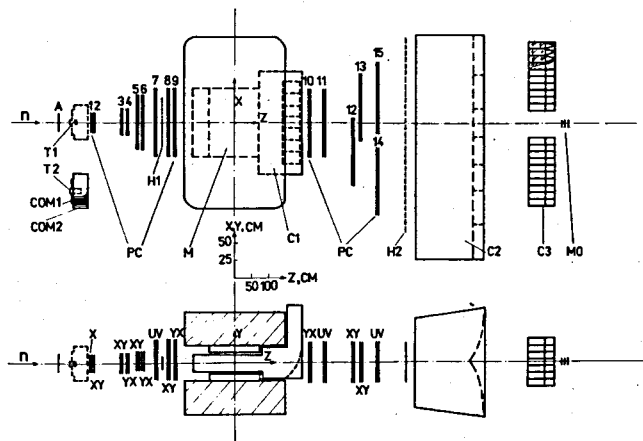


Рис.3 Блок-схема спектрометра БИС-2 (2-я базовая конфигурация).

Для повышения производительности системы сбора данных была создана многомашинная вычислительная система^{/6/}, включающая три ЭВМ: ЕС-1040, ТРА-1001i и графическую систему ТЕКТРОНИКС 4051 со встроенной микро-ЭВМ, работающая как единый комплекс (рис.4); созданы устройства сопряжения универсального драйвера ветви с ЭВМ ЕС-1040^{/8/}, устройства сжатия информации^{/8/} и программируемые трековые процессоры^{/7/}.

Функции между ЭВМ были распределены следующим образом:

- ЭВМ ТРА-1001i осуществляла управление считыванием данных с регистрирующей аппаратуры, паспортизацию данных, передаваемых в ЭВМ ЕС-1040, вывод информации на терминальные устройства в домике экспериментатора, управление процессом обмена данными с ЭВМ ЕС-1040, анализ работы трековых процессоров ПР1 и ПР2^{/7/};
- ЭВМ ЕС-1040 осуществляла прием, накопление и обработку массивов экспериментальных данных, формирование файлов для терминалов в домике экспериментатора;
- графическая система осуществляла тестирование узлов установки и визуализацию графической информации.

Описано устройство и принцип работы интерфейсов ИР40-1 и ИР40-2,

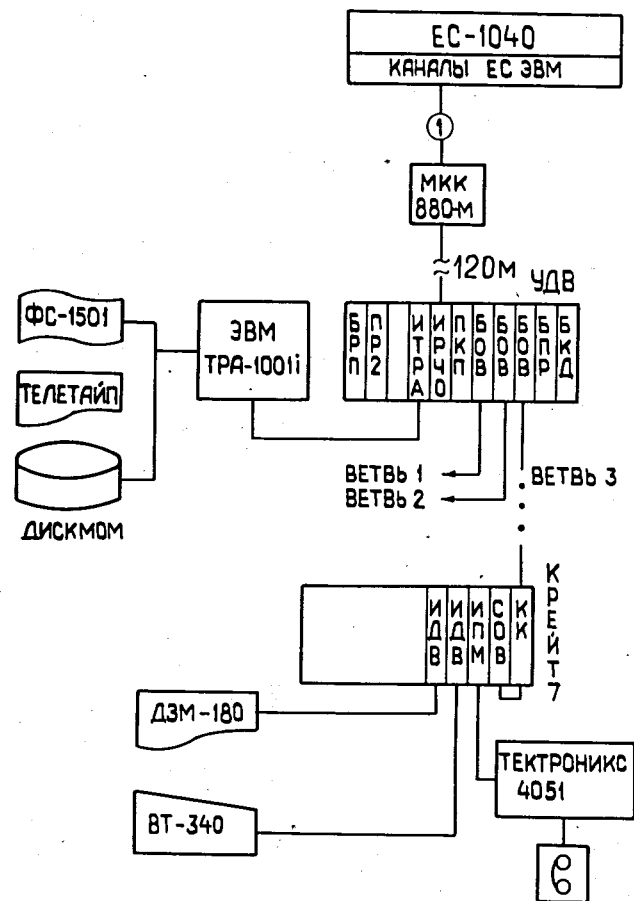


Рис.4 Блок-схема многомашинной вычислительной системы. УДВ-универсальный драйвер ветви; МКК-880М-микропрограммный контроллер.

разработанных для организации многомашинной вычислительной системы^{/6/}. Применение интерфейса ИР40-2 также позволило в 2,25 раза сжать информацию с пропорциональных камер по сравнению с использованием интерфейса ИР40^{/4/} в первой системе сбора данных.

Рассмотрено устройство, принцип работы и применение программируемых трековых процессоров ПР1 и ПР2 на втором уровне отбора событий. Проанализирована работа этих процессоров и приведены их характеристики.

Рассмотрена организация работы системы сбора данных в целом. Приведены временная диаграмма и алгоритмы работы системы сбора данных.

Отмечается, что информация, зарегистрированная в одном событии, считывалась с регистрирующей аппаратуры в виде четырех массивов переменной длины, но в ЭВМ ЕС-1040 она передавалась в виде одного массива. Таким образом, во второй системе сбора данных была устранена наибольшая по величине составляющая мертвого времени установки - время реакции ЭВМ ЕС-1040 на запрос по окончании передачи в эту ЭВМ очередного массива данных.

В конце главы приведены характеристики обеих систем сбора данных (таблица I).

Таблица I.

№	Наименование параметров	1-я система сбора данных	2-я система сбора данных
1	Число каналов пропорциональных камер	6 000	10 000
2	Время считывания информации в одном событии с регистрирующей аппаратуры и передачи ее в ЭВМ ЕС-1040, мс	13 - 15	3
3	Длина события, байт	530	370
4	Количество событий, записанных на магнитную ленту в одном цикле ускорителя, шт. с процессором ПР2 без процессора	- 70	240 320
5	Длина массива данных, записанных на магнитную ленту в одном цикле ускорителя, Кбайт	37	90 - 120
6	Число событий, информация о которых записана на I магнитную ленту, тыс. шт.	35	50 - 55

Из сравнения характеристик видно, что несмотря на увеличение числа каналов пропорциональных камер почти вдвое, благодаря сжатию ин-

формации длина события уменьшилась в 1,4 раза и во столько же раз увеличилось число событий, записываемых на одну магнитную ленту. Применение малой ЭВМ для управления считыванием данных с регистрирующей аппаратуры позволило сократить время считывания данных с регистрирующей аппаратуры и передачи их в ЭВМ ЕС-1040 примерно в 4,5 раза.

С помощью второй системы сбора данных на магнитные ленты было записано около 60 млн. нейтрон-ядерных взаимодействий. На основании анализа этих событий Сотрудничеством по экспериментам на установке БИС-2 получены новые данные о рождении очарованных Λ_c^+ , \bar{D} частиц и многокварковых узких барионных резонансов.

Заключение. Основные результаты работы можно сформулировать следующим образом:

1. Проведен анализ методов повышения производительности систем сбора данных физических установок. Получены расчетные соотношения для вычисления их быстродействия, которые полезны для оптимального построения систем сбора данных.

2. Разработана и применена в спектрометре БИС-2 аппаратура регистрации, поиска и кодирования информации с пропорциональных камер, характеризующаяся большим быстродействием.

3. Разработан и создан автоматизированный стенд на основе ЭВМ ТРА-1001 для исследования характеристик пропорциональных камер и регистрирующей аппаратуры.

4. Разработаны, созданы и внедрены в спектрометр БИС-2 аппаратурные комплексы двух систем сбора данных.

5. Разработаны, созданы и применены в системе сбора данных спектрометра устройства сопряжения экспериментальной аппаратуры с ЭВМ, устройства сжатия информации с пропорциональных камер, программируемые трековые процессоры на втором уровне отбора событий.

6. Создание систем сбора данных спектрометра БИС-2 обеспечило выполнение экспериментов на серпуховском ускорителе по поиску, обнаружению и исследованию очарованных частиц и узких резонансов. На магнитные ленты было записано около 70 млн. нейтрон-ядерных взаимодействий.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Бирулев В.К., Григалашвили Т.С.... Морозов А.Н. и др. Конструкция и рабочие характеристики пропорциональной камеры площадью $600 \times 300 \text{ мм}^2$. Сообщение ОИЯИ, I3-70I3, Дубна, 1973, 15 с.
2. Арефьев В.А., Бирулев В.К.... Морозов А.Н. и др. Стенд, методика испытаний аппаратуры и детекторов частиц спектрометра БИС-2. Сообщение ОИЯИ, I3-84-I54, Дубна, 1984, 8 с.

3. Бирулев В.К., Гуськов Б.Н.... Морозов А.Н. и др. Блок считывания и кодирования информации с пропорциональных камер. Сообщение ОИИИ, 13-80-144, Дубна, 1980, 7 с.
4. Айхнер Г., Алеев А.Н.... Морозов А.Н. и др. Организация чтения и контроля информации при работе спектрометра БИС-2 на линии с ЭВМ ЕС-1040. Сообщение ОИИИ, 10-80-434, Дубна, 1980, 12 с.
5. Айхнер Г., Алеев А.Н.... Морозов А.Н. и др. Организация контроля и наладки аппаратуры спектрометра БИС-2 с помощью малой ЭВМ. Сообщение ОИИИ, 10-80-253, Дубна, 1980, 10 с.
6. Алеев А.Н., Арефьев В.А.... Морозов А.Н. и др. Система сбора данных спектрометра БИС-2. Сообщение ОИИИ, П10-87-272, Дубна, 1987, 13 с.
7. Арефьев В.А., Гуськов Б.Н.... Морозов А.Н. и др. Программируемые трековые процессоры в спектрометре БИС-2. Сообщение ОИИИ, 13-86-738, Дубна, 1986, 14 с.
8. Гуськов Б.Н., Кириллов Д.А., Морозов А.Н. Интерфейсы универсального драйвера ветви с ЭВМ ЕС-1040 для организации системы сбора данных бесфильмового спектрометра БИС-2. Препринт ОИИИ, 13-85-499, Дубна, 1985, ПТЭ, 1987, № с. 65.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 июня 1988 года.