

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

И-20

13-82-462

ИВАНОВ

Андрей Борисович

**РАЗРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ
РЕГИСТРИРУЮЩИХ СИСТЕМ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК
НА ОСНОВЕ МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ДЕТЕКТОРОВ**

Специальность: 01.04.01. - экспериментальная физика

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

Дубна 1982

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований.

Научный руководитель
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

Ю. В. Заневский

Официальные оппоненты :
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Ю. К. Акимов

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

В. А. Сенько

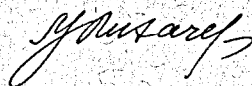
Ведущее научно-исследовательское учреждение : Ленинградский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова АН СССР.

Защита диссертации состоится "9" *сентября* 1982 года
в " " часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.02.
при Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "6" *августа* 1982 года.

Учёный секретарь
Специализированного совета



М. Ф. Лихачёв

Актуальность проблемы. Для современной экспериментальной ядерной физики характерна ориентация на преобладающее использование многопроволочных детекторов при решении широкого круга задач, связанных с получением пространственных характеристик исследуемых процессов. Высокое быстродействие и координатная точность, широкий спектр регистрируемых излучений, разнообразие методов использования, относительная простота изготовления – всё это позволяет создавать детектирующие системы любой сложности и конфигурации. Получение координатной информации с многопроволочных детекторов осуществляется с помощью электронной регистрирующей аппаратуры, представляющей собой совокупность средств измерения, управления, контроля, внутри- и внешнесистемной связи, а также вычислительных средств. Структура и функциональное построение электронных регистрирующих систем определяются методикой получения позиционной информации. Широкое применение получили параллельные системы с индивидуальными каналами регистрации на каждой проволочке детектора, отличающиеся высоким быстродействием, но значительным объёмом и стоимостью аппаратуры. В этой связи следует выделить параллельно-последовательные системы с время-измерительной аппаратурой, основанные на конверсии с помощью линий задержки позиционной параллельной информации с детектора в пропорциональные временные интервалы. В системах такого рода в принципе может быть получена более высокая координатная точность при существенном уменьшении объёма и стоимости электроники. Эффективно использование автоматизированных регистрирующих систем в экспериментальных установках на основе пропорциональных камер с электромагнитными линиями задержки для медико-биологических исследований. Поэтому проблема создания параллельно-последовательных регистрирующих систем сбора и обработки информации с многопроволочных детекторов является весьма актуальной.

Цель работы состояла в совершенствовании методов организации электронных систем сбора и автоматизированной обработки информации с многопроволочных позиционно-чувствительных детекторов и создании параллельно-последовательных электронных систем на основе многофункциональной модульной аппаратуры для экспериментов в области физики высоких энергий, биологии и медицины. Решение поставленной задачи предусматривало также экспериментальное исследование характеристик разработанных систем.

Новизна работы. Проведены анализ функционального построения систем и классификация методов считывания и обработки данных с многопроволочных детекторов на основе способа представления координатной информации. Результаты анализа нашли применение при создании разработанных электронных систем.

ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

При создании автоматизированных систем сбора и обработки информации с многопроволочных детекторов, предназначенных для фундаментальных и прикладных исследований, решён комплекс вопросов, относящихся к разработке и реализации алгоритмов управления, отбора, считывания и представления данных. Разработан и создан набор функциональных модулей КАМАК, составивших аппаратную основу рассматриваемых систем. Гибкое логическое построение и применение оригинальных схемных решений позволили создать аппаратуру, превосходящую в ряде случаев по своим характеристикам аналогичные разработки, описанные в литературе.

Предложен и реализован аналоговый метод регистрации информации с пропорциональных камер в многоканальной системе диагностики пучка с длительностью сброса $\sim 10^{-8}$ с на ускорителе ИФВЭ (Серпухов). При этом обеспечивается высокая точность измерений и идентичность параметров измерительных каналов.

Впервые разработана и исследована качественно новая автоматизированная система для экспресс-анализа тонкослойных радиохроматограмм, позволявшая значительно ускорить проведение исследований в молекулярной биологии. Работа защищена авторским свидетельством /17/.

Создан и экспериментально исследован прецизионный измерительный тракт считывания информации с пропорциональных камер с электромагнитными линиями задержки, при помощи которого достигнуто рекордное пространственное разрешение ~ 40 мкм (σ).

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что созданные аппаратные средства и электронные системы считывания и обработки информации с многопроволочных детекторов в составе уникальных экспериментальных установок позволили решить ряд актуальных задач, как в области физики высоких энергий, так и в других областях науки.

Комплекс регистрирующей аппаратуры искровых камер в составе черенковского масс-спектрометра "ФОТОН" обеспечил возможность изучения радиационных распадов резонансов, дифференциального сечения ρ -мезона^{*} и кумулятивного рождения π^0 и ρ -мезонов на ядрах^{**}.

С помощью созданной установки диагностики пучка произведена отладка магнитооптической системы формирования и транспортировки сепарированного пучка заряженных частиц на канале ускорителя ИФВЭ (Серпухов)^{***}. Установка использовалась в течение ряда лет при исследованиях на жидководородной камере ОИЯИ "Лидмила".

* / Аствацатуров Р.Г. и др. ЯФ, Т.27, вып.2, 1978, с.401
** / Аствацатуров Р.Г. и др. ОИЯИ, РИ-81-125, Дубна, 1981
*** / Губриенко К.И. и др. Препринт ИФВЭ, ОП74-55, Серпухов, 1974.

На основе метода регистрации информации с пропорциональных камер, обеспечивающего высокую координатную точность, и разработанной электронной аппаратуры созданы автоматизированные установки для исследований в области молекулярной биологии ("УРАН") и медицинской диагностики с использованием пучка тяжёлых ионов.

Аппаратурная база созданных систем, методика их построения и опыт эксплуатации могут быть применены при разработке новых установок с многопроволочными детекторами.

Апробация работы и публикации. Результаты проведенной работы докладывались на совещании по методике пропорциональных камер (Дубна, 1973 г.), II симпозиуме по ядерной электронике (Италия, 1975 г.), Международном совещании по методике проволочных камер (Дубна, 1975 г.), III Международном совещании по пропорциональным и дрейфовым камерам (Дубна, 1978 г.), III совещании по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач (Дубна, 1978 г.) и были опубликованы в препринтах и сообщениях ОИЯИ, журналах и трудах конференций /1-16/.

Структура диссертации отвечает избранной теме и содержанию. Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения, содержит 139 страниц текста, 55 страниц иллюстраций, 4 таблицы и библиографический список литературы из 234 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обсуждается актуальность проблемы, научная и практическая ценность работы. Кратко изложено то новое, что, по мнению автора, вносится в избранную проблему.

В первой главе, обзорной, сформулированы основные свойства систем регистрации информации с многопроволочных детекторов, представляющих собой многоканальные измерительно-вычислительные электронные системы, работающие "на линии" с ЭВМ и оперирующие мощными информационными потоками; определён функциональный состав аппаратуры. Рассмотрены основные характеристики многопроволочных позиционно-чувствительных детекторов и систематизированы методы представления координатной информации, которая может быть выражена позицией сигнальной нити детектора, временным интервалом или распределением заряда, наведённого на проволочных электродах детектора. Метод представления информации взят за основу анализа построения функциональных элементов электронных систем регистрации и обработки данных. Приводится краткий обзор наиболее распространённых методов считывания с детекторов, а

также сформулированы требования, предъявляемые к электронной аппаратуре считывания, кодирования и отбора событий с учётом особенностей, определяемых методом представления информации.

Часть главы посвящена рассмотрению особенностей построения электронной аппаратуры, управления и представления данных. Значительное внимание уделено вопросам организации связи ЭВМ с комплексом электронной аппаратуры. Результаты анализа методов функционального построения систем в целом и их элементов нашли применение при создании разработанных электронных систем считывания и обработки координатной информации.

Вторая глава диссертации посвящена созданию электронной системы регистрации координатной информации с проволочных искровых камер черенковского масс-спектрометра "ФОТОН"/1-6/. Обсуждаются вопросы разработки и реализации алгоритма управления структурно сложной параллельно-последовательной системы, в которой совмещены процессы измерения и обработки значительных информационных массивов, а передача данных в ЭВМ осуществляется в условиях строго лимитированного временного ресурса. Алгоритм управления обеспечивает гибкую реализацию различных режимов функционирования регистрирующей электроники. Подробно рассматривается предложенная автором методика контроля аппаратуры установки, предусматривающая два режима контроля: непрерывного и периодического. Особое внимание уделено организации считывания на основе применения разработанного высокоавтоматизированного программируемого контроллера каркаса, осуществляющего процесс передачи данных в ЭВМ в соответствии с сигналами запроса. Подробно рассмотрена аппаратная база установки, разработанная автором, включающая функциональные модули управления, синхронизации, кодирования временных интервалов, систему динамической памяти, контроллер каркаса и электронику тестирования оборудования. В заключительных разделах главы дано краткое описание построения системы программного обеспечения установки и приведены некоторые характеристики регистрирующей электроники. Электронной системой регистрации информации обеспечивается приём, кодирование и передача в ЭВМ данных с 32 двухкоординатных проволочных магнитострикционных искровых камер размером $920 \times 920 \text{ мм}^2$ при числе искр на каждую камеру 10. Объём передаваемой информации составляет 642 шестнадцатиразрядных слова, из которых 640 – рабочих, 2 – контрольных. Скорость передачи данных при считывании составляет $6 \cdot 10^5$ байт/с.

Функциональная схема электронной аппаратуры регистрации информации с искровых камер спектрометра представлена на рис.1.

Общность заложенных принципов аппаратного построения при реа-

лизации алгоритма управления определила возможность успешного применения созданной аппаратуры в различных методических исследованиях, выполненных на синхрофазотроне ОИЯИ. Так, в 1976 г. впервые в СССР проведено исследование системы дрейфовых камер^{*/}, а в 1978 г. – эксперименты по ионной радиографии^{**/}.

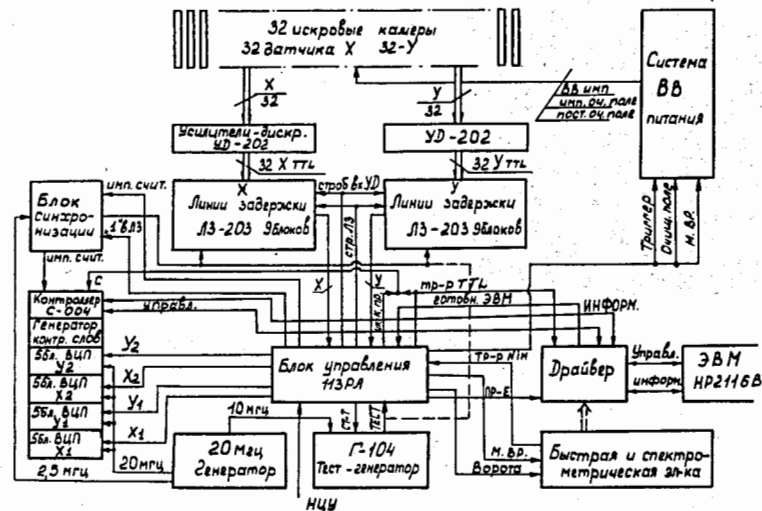


Рис.1. Функциональная схема регистрирующей аппаратуры искровых камер.

Третья глава диссертации посвящена вопросам разработки и создания электронной аппаратуры системы диагностики сепарированного пучка жидководородной камеры "Людмила" /8,11+15/, выполненной на основе пропорциональных камер. Электронная аппаратура установки позволяет получать профиль пучка частиц (длительность сброса пучка $\sim 10 \text{ нс}$) в различных точках канала ускорителя при координатной точности

$\sigma_{x,y} = 0,45 \text{ мм}$ и обеспечивает функционирование установки в режиме автоматической реализации процессов измерения и представления информации. Аппаратура представляет собой многоканальную автоматизированную систему обработки аналоговой информации с пропорциональных камер. Число каналов измерения – 48, точность измерения (блоками аналого-цифрового преобразования) – 0,4%. Динамический диапазон регистрируемых сигналов – 256. Аппаратура представления информации позволяет индицировать профиль пучка на экранном дисплее (рис.2),

*/ Chernenko S.P. et al. Nucl. Instr. and Meth. 138, 1976, 105.

**/ Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, Р13-11872, Дубна, 1978.

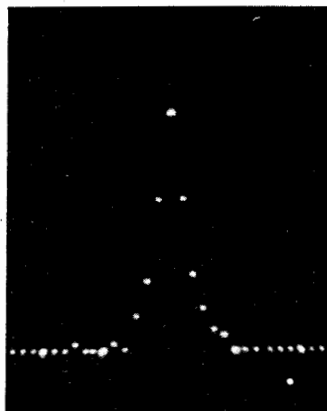


Рис.2. Профиль пучка π -мезонов по У-координате, полученный на канале ускорителя ИФВЭ. Расстояние между точками 1,5 мм.

получать цифровые характеристики точек профиля пучка с помощью цифрового печатающего устройства или лампового дисплея. Аппаратурой управления обеспечиваются различные режимы работы, выбираемые пользователем, и, в том числе, режим накопления и усреднения результатов по нескольким циклам измерения.

Последующие разделы главы посвящены особенностям методики измерения аналоговых сигналов с многопроводных детекторов в автономной системе, состоящим в том, что на основе использования цифровых методов формирования аналоговых опорных сигналов достигнута высокая однородность параметров измерительных каналов, в том числе – по значению "пьедесталов". Существенно уменьшены температурная погрешность и интегральная нелинейность.

Далее рассматривается набор функциональных модулей, разработанных автором, входящих в состав системы и включающих блоки управления и синхронизации, кодирования и представления информации. Функции управления осуществляются двумя блоками – одноплатным контроллером каркаса, аппаратно осуществляющим автосканирование по адресам и субадресам, а также блоком синхронизации, с помощью которого пользователем задаются различные режимы работы установки. В последующих разделах рассмотрены функциональные схемы, логика работы и некоторые технические данные блоков кодирования и представления информации.

Четвёртая глава посвящена созданию электронной аппаратуры экспериментальных установок, в которых в качестве позиционно-чувствительного детектора использованы пропорциональные камеры с электромагнитными линиями задержки (ЛЗ). Относительно простые методы построения

и аппаратурной реализации таких систем позволяют успешно использовать их в различных областях науки и, в частности, в медико-биологических исследованиях. В первом разделе главы рассмотрены вопросы методики считывания информации с пропорциональных камер с помощью электромагнитных линий задержки^{14,16/}. Проведен анализ факторов, определяющих координатную точность; рассмотрены методы экспериментальной оценки погрешностей, вносимых электроникой считывания. Результаты анализа учтены при создании прецизионного регистрирующего тракта, обеспечивающего высокое пространственное разрешение. Приведены принципиальные схемы малошумящего усилителя сигналов и дискриминатора нуля. Теоретически показано и экспериментально проверено, что параметры усилителя обеспечивают значительное улучшение отношения сигнал/шум для реальных сигналов с детектора, что, в конечном счёте, позволяет получить высокое пространственное разрешение (рис.3).

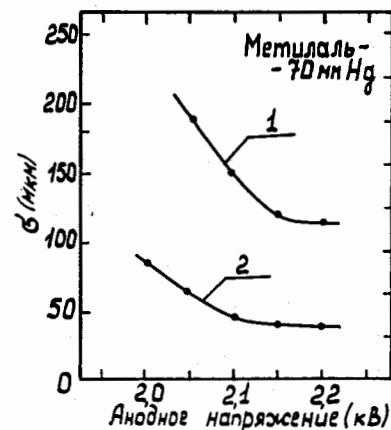


Рис.3. Пространственное разрешение пропорциональной камеры с ЛЗ, полученное с помощью электроники прецизионного тракта считывания. Камера облучалась источником альфа-частиц ^{241}Am . 1 – стартовым импульсом служит анодный сигнал; 2 – информация снимается с двух концов ЛЗ.

В третьем разделе главы рассмотрена электронная аппаратура качественно новой установки для экспресс-анализа тонкослойных радиохроматограмм ("УРАН")^{7,12,13/}, предназначенной для исследований в области молекулярной биологии. Электронной аппаратурой выполняются функции локализации областей радиохроматограммы, содержащей радиоактивные изотопы ^3H , ^{14}C , ^{32}P ; идентификация изотопа; определения активности области, ограниченной контуром "зоны интереса". Информация представляется с помощью телевизионного монитора и цифрового печатающего устройства. Чувствительность установки позволяет локализовать области хроматограммы с минимальной активностью 5 пикокиюри. Пространственное разрешение 1+2 мм для ^3H , 5 мм для ^{14}C и 12 мм для ^{32}P .

Функциональная схема электроники изображена на рис. 4. Особенностью созданной установки является аппаратная реализация алгоритма управления, отбора и переработки информации. Хорошая координатная точность при малом числе каналов обеспечивается использованием линий задержки при считывании информации с детектора и применением разработанного автором прецизионного тракта считывания. На рис. 5. показано изображение тестовой радиохроматограммы, выведенное на телевизионный монитор.

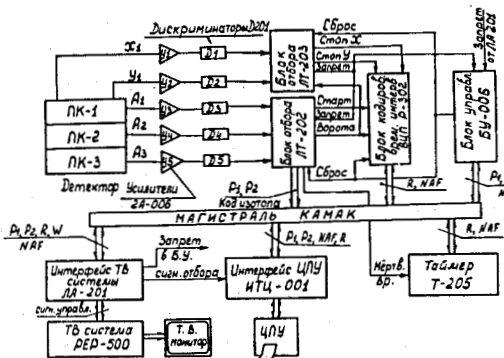


Рис. 4. Функциональная схема электронной аппаратуры установки "УРАН". ПК1-ПК3 - пропорциональные камеры. У1 - У5 - малошумящие усилители 2А-006. Д1 - Д5 - дискриминаторы нуля Д201

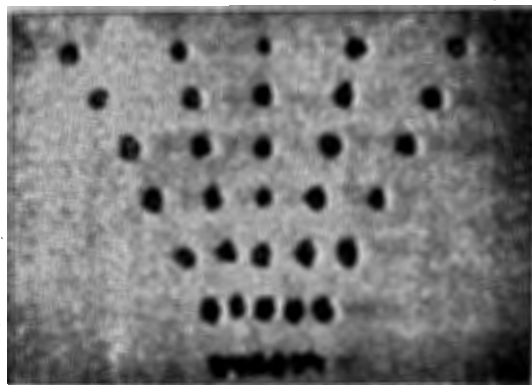


Рис. 5. Изображение радиоактивных пятен тестовых радиохроматограмм ^{32}P . Снимок с ТВ экрана. Диаметр пятен 2+3 мм. Минимальное расстояние между границами пятен 1 мм.

Четвёртый раздел главы посвящён созданию и исследованию параметров экспериментальной установки для ионной радиографии объектов ^{14}C . Обсуждаются физические основы ионной радиографии методом остаточного пробега. Отмечены причины, обуславливающие перспективность использования метода в медицинской диагностике. Приведено описание экспериментальной установки и функционального построения созданной электронной аппаратуры (рис. 6), работающей "на линии" с ЭВМ HP2116-B. Рассмотрены

алгоритм и аппаратура быстрого отбора событий и особенности построения аппаратуры связи экспериментальной установки с ЭВМ, обеспечивающие высокую скорость набора статистики.

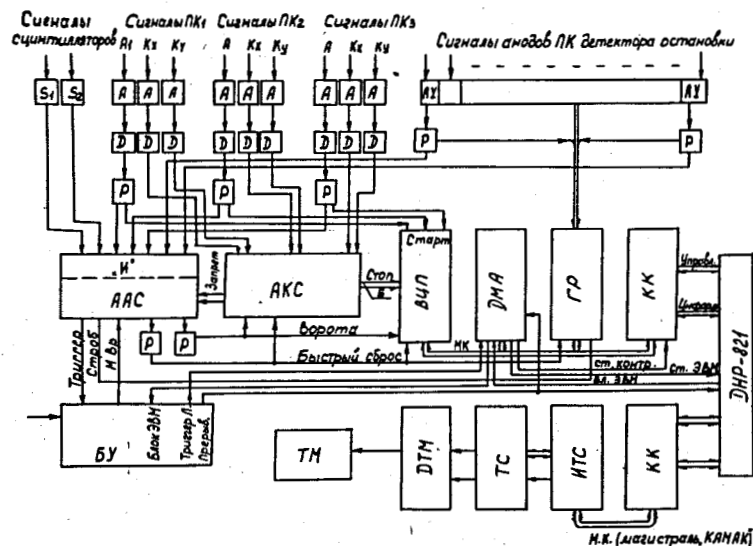


Рис. 6. Функциональная схема электронной аппаратуры экспериментальной установки для ионной радиографии. S_1, S_2 - формирователи; А - усилитель; Д - дискриминатор нуля; Р -размножитель быстрый; А_у - усилители анодных сигналов детектора останковки; ААС - блок анализа анодных сигналов; АКС - блок анализа катодных сигналов; БУ - блок управления; ВЦП - преобразователи время-цифра; ДМА - блок, вырабатывающий сигналы синхронизации в режиме КЦД; ГР - годоскопический регистр; КК - контроллер каркаса КАМАК; ИТС - интерфейс телевизионной системы; ТС - телевизионная система; ДТМ - драйвер телевизионного монитора; ТМ - телевизионный монитор; ДНР-821 - драйвер ветви ЭВМ HP2116B.

Приведено краткое описание программного обеспечения эксперимента. Изображение исследуемого объекта (фантома), создаваемое путём математической обработки полученных данных и содержащее информацию о геометрии объекта и его плотности, представлялось на экране цветного телевизионного дисплея. Рассмотрены принципы функционального и логического построения разработанной электронной аппаратуры представления информации, отличающейся высоким уровнем автоматизации. С помощью созданной аппаратуры на пучке ионов гелия синхрофазотрона ЛВЭ

ОИЯИ проведены исследования метода ионной радиографии объектов, в ходе которых получено рекордное разрешение по плотности (0,08%) при пространственном разрешении около 2 мм. Поглощённая доза составляет около 1 мрад^{*}.

В заключении приведены основные выводы диссертационной работы.

1. Проведён анализ методов считывания координатной информации с многопроволочных детекторов и функционального построения электронных систем регистрации. Рассмотрены достоинства и недостатки существующих методов в отношении основных характеристик. Отмечена перспективность использования электромагнитных линий задержки при считывании с пропорциональных камер для получения высокого пространственного разрешения при минимальном объёме электроники.

2. Разработан и создан набор функциональных модулей, предназначенных для использования в системах сбора и обработки данных с многопроволочных детекторов. Созданные электронные модули, включая блоки кодирования, динамической памяти, контроля, считывания и представления информации, позволяют автоматизировать процессы сбора и передачи данных в ЭВМ. Разработаны специализированные устройства управления, с помощью которых осуществляется взаимодействие функциональных блоков системы сбора данных и мобильная перестройка режимов работы аппаратуры. Гибкое логическое построение и ряд современных схемных решений позволили получить параметры аппаратуры эквивалентные, а в ряде случаев превосходящие аналогичные характеристики блоков, описанных в литературе.

3. На основе разработанной электронной аппаратуры создана система регистрации информации с 32 искровых двухкоординатных камер черенковского масс-спектрометра "ФОТОН", который являлся к моменту создания крупнейшей в СССР установкой подобного типа. При создании электронной системы установки предложены и реализованы алгоритм управления функциональными блоками, методы контроля аппаратуры и передачи данных в ЭВМ. С помощью созданной аппаратуры в составе спектрометра получены важные физические результаты по исследованию дифференциального сечения рождения ρ -мезонов при 3,3 и 4,75 ГэВ/с и проведён ряд методических экспериментов.

4. Впервые в СССР создана, исследована и успешно использовалась при настройке сепарированного пучка антипротонов для жидководородной камеры ОИЯИ "Лидмла" на ускорителе ИФЭЗ (Серпухов) электронная аппаратура системы диагностики пучка, включающая ряд измерительных и логических блоков, а также аппаратуру представления информации. С помощью созданной электроники осуществлялся автоматизированный

*/Анисимов Ю.С. и др. ОИЯИ, Р13-11872, Дубна, 1978.

процесс сбора, обработки и представления информации с пропорциональных камер при быстром сбросе пучка (10^{-8} нс).

5. Для считывания координатной информации с пропорциональных камер с электромагнитными линиями задержки разработан и создан прецизионный тракт, обеспечивающий высокую точность измерений. Разработанный для этих целей малошумящий усилитель и дискриминатор нуля составили основу измерительной аппаратуры ряда установок, используемых для методических и прикладных исследований. С помощью созданного регистрирующего тракта достигнуто пространственное разрешение 40 мкм (6').

6. При создании оригинальной установки "УРАН", предназначенной для исследований в области молекулярной биологии, предложены и реализованы функциональное построение электронной аппаратуры, метод отбора событий и идентификации изотопов. Разработан и создан блок анализа цифровой информации, выполняющий функции отбора событий по критериям соответствия установленной "зоны интереса" и кода изотопа. Установка "УРАН" успешно используется для исследования биологически активных веществ, меченных радиоактивными изотопами в Межфакультетской проблемной лаборатории биоорганической химии и молекулярной биологии МГУ /7/.

7. Создана быстродействующая электронная система регистрации информации с пропорциональных камер экспериментальной установки для ионной радиографии, с помощью которой впервые в СССР проведены эксперименты по радиографии объектов на синхрофазотроне ОИЯИ и получено высокое разрешение по плотности (0,08%) при пространственном разрешении 2×2 мм². Электронная система включает аппаратуру считывания сигналов с детекторов, отбора событий, передачи данных в ЭВМ и представления информации.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах /1-16/:

1. Заневский Ю.В., Иванов А.Б. и др. Регистрирующая электронная аппаратура для системы проволочных, искровых и пропорциональных камер экспериментальной установки "ФОТОН", ОИЯИ, И3-8691, Дубна, 1975.

2. Заневский Ю.В., Иванов А.Б. и др. Семикрептная система в стандарте КАМАК на линии с ЭВМ HP 2116 в кн.: Международный симпозиум по ядерной электронике, 8-й, Дубна, 1975, ОИЯИ, Д13-9287, 1975, с.356.

3. Заневский Ю.В., Иванов А.Б., Черненко С.П. Четырёхканальный блок магнитоотрицательной динамической памяти, ОИЯИ, И3-10409, Дубна, 1977.

4. Заневский Ю.В., Иванов А.Б., Михайлова М.Н., Черненко С.П.

Система динамической памяти для магнитоотрижционных искровых камер установки "ФОТОН", ОИЯИ, I3-10411, Дубна, 1977.

5. Аверичев С.А., Иванов А.Б. и др. Десятиканальный черенковский масс-спектрометр электронов и гамма-квантов высоких энергий (установка "ФОТОН"), ПТЭ, №4, 1979, 57.

6. Иванов А.Б., Черненко С.П. Блоки электронной регистрирующей аппаратуры модифицированной системы многопроволочных магнитоотрижционных искровых камер установки "ФОТОН", ОИЯИ, I3-80-418, Дубна, 1980.

7. Иванов А.Б. и др. Авторское свидетельство СССР № 624162 от 24.01.77. Бюлл. ОИПОТЗ, 1978, №34, с.139.

8. Заневский Ю.В., Иванов А.Б., Филатова Н.А., Черненко С.П. Дисплей системы диагностики пучка, ОИЯИ, I-7450, Дубна, 1973.

9. Заневский Ю.В., Иванов А.Б., Филатова Н.А., Черненко С.П. Шестиканальный аналого-цифровой преобразователь, ОИЯИ, I-7451, Дубна, 1973.

10. Заневский Ю.В., Иванов А.Б., Филатова Н.А., Черненко С.П. Блок синхронизации и контроллер системы диагностики пучка, ОИЯИ, I-7452, Дубна, 1973.

11. Иванов А.Б., Черненко С.П. Блок цифрочести системы диагностики пучка. ОИЯИ, I3-8094, Дубна, 1974.

12. Анисимов Ю.С., Заневский Ю.В., Иванов А.Б., Черненко С.П. Электронная система регистрации обработки и визуализации информации установки для радионуклидного анализа тонкослойных хроматограмм, ОИЯИ, I8-II346, Дубна, 1978.

13. Анисимов Ю.С. Иванов А.Б. и др. Пропорциональные камеры для анализа хроматограмм и электрофореграмм. В кн. "Международное совещание по пропорциональным камерам, 3-е, Дубна, 1978. ОИЯИ, Д13-II807, 1978, с.245.

14. Анисимов Ю.С., Иванов А.Б. и др. Экспериментальная установка для ионной радиографии. Часть I (Аппаратура), ОИЯИ, I3-80-414, Дубна, 1980.

15. Chernenko S.P., Ivanov A.B. et al. Diagnostic System of a Beam in Analogue Mode Using Proportional Chambers. Nucl. Instr. and Meth., II, 1974, 597.

16. Головатик В.М., Заневский Ю.В., Иванов А.Б. и др. Пропорциональная камера низкого давления с высоким пространственным разрешением. ОИЯИ, P13-10422, Дубна, 1977.

Nucl. Instr. and Meth., 145, 1977, 437.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 июня 1982 года.