

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

13-96-474

На правах рукописи  
УДК 681.518.3

E-721

**ЕРМАКОВ**  
Владимир Афанасьевич

**МОДУЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
НА БАЗЕ ЭВМ  
ДЛЯ ВРЕМЯПРОЛЕТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

**Специальность: 01.04.01 — техника  
физического эксперимента, физика приборов,  
автоматизация физических исследований**

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

Дубна 1996

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка  
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник

Левчановский Ф.В.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,  
профессор

Попов В. Д.

кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник

Чурин И. Н.

Ведущая организация:

ГНЦ "ИЯИ РАН", г.Москва.

Защита состоится "12" марта 1997 года на заседании  
диссертационного совета Д 047.01.05. при Лаборатории нейтронной физики  
им. И.М. Франка и Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова  
Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московская  
область.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "16" января 1997 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Попеко А.Г.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ. В Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, в  
исследовательских центрах мира, имеющих нейтронные источники активно  
ведутся исследования в области физики конденсированных сред, ядерных  
реакций в том числе:

— изучение нейтронно-оптических явлений при дифракции нейтронов  
на совершенных и упругодеформированных кристаллах по времяпролетной  
методике;

— измерения угловых распределений упругого рассеяния нейтронов  
ядрами в области энергий  $1 \div 200$  КэВ;

— исследование резонансной структуры нейтронных сечений  
радиационного захвата и деления различных изотопов;

— изучение механизма ядерных реакций с передачей нескольких  
нуклонов и для исследования различных каналов распада их продуктов;

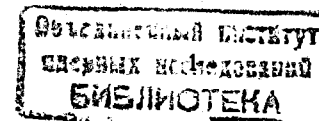
— исследуются реакции  $(n,p)$ ,  $(n,\alpha)$  на стабильных и радиоактивных  
изотопах, изучение свойств высоковозбужденных состояний ядер.

В ряде случаев это предъявляет повышенные требования как к системам  
управления экспериментальной установкой и условиям проведения  
эксперимента, так и к системам накопления спектрометрической  
информации. В частности, требует увеличения производительности и  
емкости систем регистрации.

В ряде ядерно-физических исследований с ростом количества  
регистрируемых параметров актуальна задача разработки аппаратных  
средств для предварительной цифровой фильтрации спектрометрической  
информации.

Для повышения эффективности работы экспериментальной установки  
актуальной является задача совершенствования структурной схемы системы  
автоматизации спектрометра.

Ввиду того, что эксперименты в ЛНФ ОИЯИ ведутся с помощью  
импульсных источников нейтронов, пиковая нагрузка на входах  
измерительных систем намного превышает среднюю нагрузку, поэтому



очень важной задачей является нахождение оптимальной структуры и параметров системы.

Целью работы являлась разработка аппаратных средств, обеспечивающих:

- модульную систему для накопления спектрометрической информации в стандарте КАМАК с дополнительной "Внешней магистралью";
- управление различными гониометрами, поворотными платформами, устройствами смены образцов, юстируемыми коллиматорами и другими исполнительными механизмами в составе нейтронных дифрактометров;
- предварительный аппаратный отбор спектрометрической информации.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- создана модульная система для накопления спектрометрической информации в стандарте КАМАК с дополнительной "Внешней магистралью", с помощью которой реализованы следующие новые возможности по сравнению со стандартом КАМАК: организована работа нескольких модулей для совместной обработки информации, созданы независимо работающие группы модулей с помощью внешней шины для организации параллельных процессов и обеспечена быстродействующая (до 15Мбайт/сек) прямая передача информации между модулями.

На базе модульной системы создан ряд систем накопления данных для нейтронных спектрометров, использующих методику многомерного спектроскопического анализа;

- разработано семейство оригинальных буферных запоминающих устройств для регистрации спектрометрической информации от большого количества детекторов;
- разработан контроллер организации многомерного анализа для событий имеющих, до восьми параметров;
- впервые разработан блок цифровой фильтрации для двух телескопов (ExdE), позволяющий вести накопление в восьми локусах по каждому телескопу или два двухмерных спектра с разрядностью 14 бит по обоим параметрам;
- разработан блок управления физической установкой для контроля и управления исполнительными механизмами спектрометров.

Практическая ценность работы состоит в том, что на основе разработанных автором электронных блоков и при его непосредственном участии созданы действующие измерительные системы для:

- изучения нейтронно-оптических явлений при дифракции нейтронов на совершенных и упругодеформированных кристаллах по времяпролетной методике (ДИФРАН, ИБР-2);
- изучения взаимодействия ультрахолодных нейтронов со сплошными и диспергированными магнитными и немагнитными веществами, а также измерения фундаментальных характеристик нейтрона /электрический дипольный момент, период полураспада, электрический заряд/ (УХН, ИБР-2);
- элементного анализа в чистых пучках тепловых нейтронов по мгновенным реакциям  $(n, \alpha)$ ,  $(n, \gamma)$  и  $(n, p)$ , импульсного радиолиза жидкостей и твердых тел. (установка для элементного анализа и радиационных исследований, ИБР-2);
- измерения угловых распределений упругого рассеяния нейтронов ядрами в области энергий 1-200 кэВ (установка для измерения дифференциальных сечений рассеяния нейтронов ядрами на реакторе ИБР-30);
- исследования резонансной структуры нейтронных сечений радиационного захвата и деления различных изотопов (установка для измерения нейтронных сечений и множественности излучений при взаимодействии нейтронов с ядрами. ИБР-30);
- изучения механизма ядерных реакций с передачей нескольких нуклонов для исследования продуктов разных каналов распада (измерительная система в стандарте КАМАК для многопараметровых экспериментов в ИЯФ ЧСАН, Ржеж; система "Поиск" ИБР-30 и ИБР-2);
- исследования реакции  $(n, p)$ ,  $(n, \alpha)$  на стабильных и радиоактивных изотопах с помощью ионизационной камеры с двумя сетками. (ИБР-30, реактор ВВР-М С-Петербургского института ядерных исследований в Гатчине).

Кроме этих спектрометров, разработанные автором системы накопления спектрометрической информации, управления

исполнительными механизмами используются в ряде других спектрометров на реакторах ИБР-2 и ИБР-30: МУР, КДСОГ, ФДВР, ДН-2 и ДВР, ОХН, КДСОГМ. С помощью этих измерительных систем на указанных спектрометрах проведен ряд интересных исследований и получены новые физические результаты.

**Апробация.** Основные результаты диссертационной работы опубликованы в виде сообщений и препринтов ОИЯИ, журнальных статей, докладывались на семинарах ЛНФ и ИЯФ Ржеж, представлялись на X (Дрезден, 1980г), на XI Братислава, Чехословакия, 1983г, XII (Дубна, 1985г, Российская федерация) и XV (Варшава, 1992г, Польша) Международных симпозиумах по ядерной электронике.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 93 страницах, включая 40 рисунков и 2 таблицы. Список литературы содержит 100 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе были рассмотрены основные методы и их аппаратная реализация для построения систем накопления данных в экспериментальных установках ЛНФ ОИЯИ.

1. Создана модульная система для накопления спектрометрической информации в стандарте КАМАК с дополнительной "Внешней магистралью", с помощью которой реализованы следующие новые возможности по сравнению со стандартом КАМАК:

- организована работа нескольких модулей для совместной обработки информации;
- созданы независимо работающие группы модулей для организации параллельных процессов обработки данных;
- обеспечена быстродействующая (до 15 Мбайт/сек) прямая передача информации между модулями.

2. Автором разработан ряд оперативных запоминающих устройств (ОЗУ) используемых как модули памяти анализаторов, а так же как буферные запоминающие устройства. К их числу относятся: ОЗУ 4Кх24 бита, ОЗУ

16Кх24 бита, ОЗУ 32Кх16 бит, спектрометрические запоминающие устройства повышенной емкости.

При разработке этих устройств решены следующие задачи:

- прием данных, поступающих с внешней магистрали или магистрали КАМАК, и +1 в регистр адреса устройства;
- выдача накопленных данных на внешнюю магистраль или магистраль КАМАК;
- выдача накопленных данных на внешнюю магистраль или магистраль КАМАК и +1 в регистр адреса устройства;
- организация режима накопления спектрометрической информации, то есть чтение данных по выставленному адресу, +1 (либо суммирование с числом N) к полученным данным и запись по старому адресу модифицированных данных.

3. Рассмотрены методы отбора информации в физическом эксперименте;
- определены характеристики блока цифровой фильтрации (рис.1.13);
  - + накопление двухмерных спектров от двух телескопов во внешнее ОЗУ;
  - + накопление одномерных спектров, сортированных по локусам для каждого телескопа во внешнем ОЗУ;
  - + фильтрацию, ранее записанной в виде списка событий, информации.

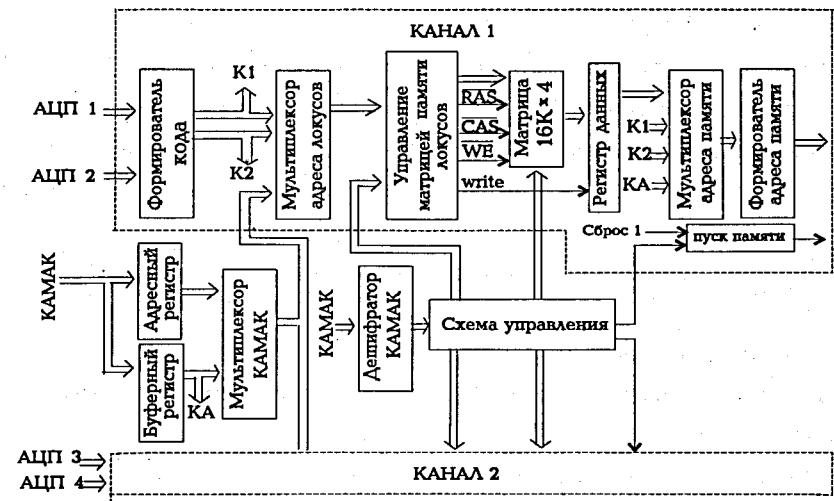


Рис. 1.13 Блок — схема БЦФ

#### 4. Основные задачи управления ходом эксперимента:

- необходимостью одновременного управления, контроля и наблюдения параметров нескольких подсистем спектрометра;
- возможность как независимого, так и синхронизированного управления подсистемами спектрометра;
- управление экспериментом выполняться автоматически по заранее заданной программе или в интерактивном режиме;
- представлен регистровый блок управления физической установкой на расстоянии до 1 км в экспериментальных залах реакторов ИБР–2 и ИБР–30 ЛНФ.

Во второй главе представлена комплексная автоматизация спектрометров с использованием ЭВМ типа СМ и персонального компьютера совместно с электронной аппаратурой в стандарте КАМАК и полученные результаты подтверждают правильность выбора автором архитектуры для построения систем автоматизации нейтронно – спектрометрических измерений.

Разработанные автором аппаратные средства для накопительных систем и автоматизации контроля и управления исполнительными механизмами и параметрами экспериментальной установки органично вошли в состав представленных в данной главе спектрометров.

Установка ДИФРАН расположена на канале 1 реактора ИБР–2. Она используется для изучения нейтронно – оптических явлений при дифракции нейтронов на совершенных и упругодеформированных кристаллах по времяпролетной методике. На установке ДИФРАН можно проводить измерения как по схеме двухкристального, так и однокристального спектрометра отраженного пучка нейтронов кристаллом.

Электронная аппаратура спектрометра выполняет следующие основные функции:

- накопление и хранение данных;
- предварительную контрольную обработку полученных данных и их визуализацию;
- управление экспериментальной аппаратурой;
- мониторинг эксперимента.

Спектрометр ДИФРАН позволил полностью автоматизировать процесс физических измерений на дифрактометре.

Одно из направлений работ, проводимых на импульсном реакторе ИБР–2, являются прикладные исследования, проводимые на биофизическом канале /БФК/ и установке "Регата" показанные на рис. 2.5.



Рис.2.5 Физическая аппаратура модуля элементного анализа и радиационных исследований на ИБР–2.

Физическая аппаратура размещена в экспериментальных помещениях реактора ИБР–2 и связана с измерительным модулем, установленным в измерительно – вычислительном центре ЛНФ, линией связи, обеспечивающей передачу спектрометрической информации и сигналов управления между ними.

Для проведения этих экспериментов в ЛНФ создан измерительный модуль (рис.2.6) на базе ЭВМ, который в комплексе с БФК и установкой "Регата" обеспечивает:

— перемещение образцов в зоны облучения реактора ИБР-2 и возвращение их после облучения в проботеку установки "Регата";

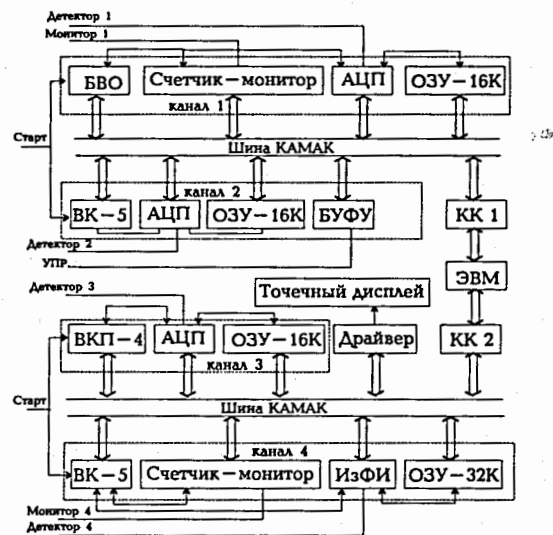


Рис. 2.6 Блок-схема модуля активационного анализа.

— управление измерительной аппаратурой и задание исходных параметров эксперимента с клавиатуры пультового терминала ЭВМ;

— одновременное накопление спектрометрической информации по четырем автономным накопительным каналам;

— программируемое управление измерительной аппаратурой и установкой "Регата", используемых для активационного анализа;

— предварительную обработку информации.

Автоматизация установки "Регата" позволила более эффективно использовать время проведения эксперимента.

С помощью модуля для элементного анализа и радиационных исследований произведены измерения характеристик нейтронных пучков канала БФК и "Регата", осуществлен многоэлементный (10 ÷ 15 элементов смотри рис.2.20) активационный анализ более 2000 образцов.

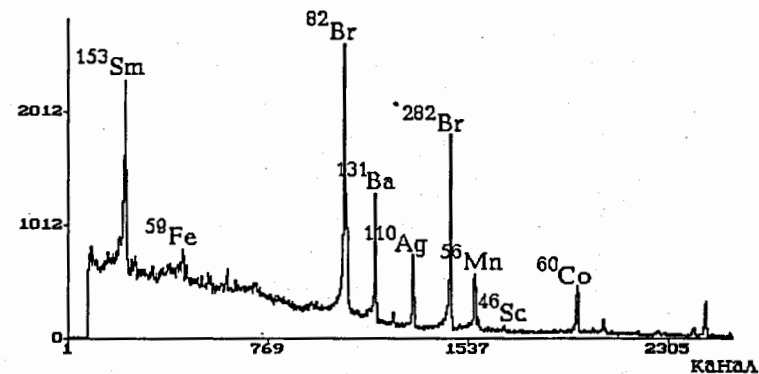


Рис. 2.20 Амплитудный спектр при активационном анализе.

В ЛНФ ОИЯИ проводятся измерения угловых распределений упругого рассеяния нейтронов ядрами в области энергий 1÷200 КэВ.

Аппаратура и программное обеспечение модуля позволяет решать следующие задачи:

— интерактивное управление измерительными каналами или полностью автоматическое управление ходом эксперимента с выдачей протокола измерений;

— вывод информации на точечный дисплей;

— вывод требуемой информации на дисплейный терминал или принтер;

— передачу накопленной информации на центральный процессор.

Интерес к УХН возник главным образом в связи с их способностью испытывать полное отражение от ряда материалов при любых углах падения.

Малая интенсивность УХН и большая продолжительность накопления данных обусловили специфические требования к системе автоматизации.

На импульсном реакторе ИБР-2 был создан канал УХН, обеспечивающий получение ультрахолодных нейтронов и их транспортировку от замедлителя реактора до экспериментальных установок, и измерительный модуль.

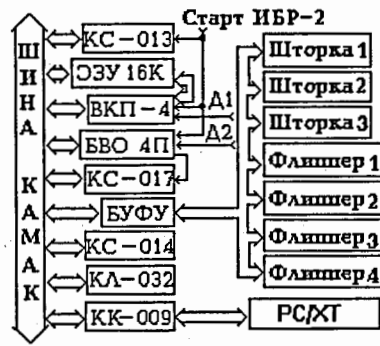


Рис. 2.11 Блок-схема измерительного модуля УХН.

Измерительный модуль УХН обеспечивает:

- управление аппаратурой и задание исходных параметров эксперимента от персональной ЭВМ;
- автономное накопление спектрометрической информации во внешнем запоминающем устройстве;
- программное управление экспериментом.

Методика построения представленных систем позволила на их основе или с использованием элементов этих систем реализовать системы накопления, управления и контроля спектрометров ОХН, КДСОГМ на реакторах ИБР-2 и ИБР-30 Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Представленные в третьей главе системы позволяют проводить многопараметровые измерения. В ней рассмотрены методы построения многомерных систем с использованием двух видов цифровой фильтрации экспериментальных данных. Рассмотрен блок формирования и отбора многомерного события, для создания многомерных измерительных систем. В качестве примера реализации отмеченных выше технических решений описана система регистрации детекторной информации в эксперименте, с использованием двухсекционной ионизационной камеры.

Реакции  $(n,p)$ ,  $(n,\alpha)$  на стабильных и радиоактивных изотопах уже достаточно долгое время систематически исследуются в ЛНФ. В качестве детектора заряженных частиц в исследованиях ядерных реакций  $(n,p)$ ,  $(n,\alpha)$  широко применяются ионизационные камеры различной конструкции.

На рис.3.2 представлен один из возможных вариантов эксперимента, с использованием двухсекционной ионизационной камеры.

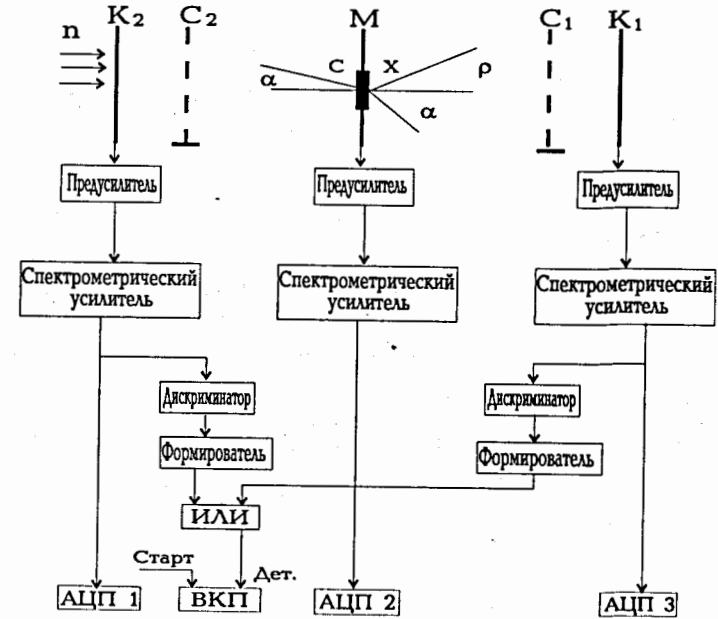


Рис. 3.2 Схема экспериментальной установки с использованием ионизационной камеры.

Система накопления и управления выполнена в стандарте КАМАК (см. рис. 3.3).

Она позволяет работать в следующих режимах:

- 1) регистрация событий каждым выбранным преобразователем в независимом режиме;
- 2) регистрация в режиме совпадений сигналов для выбранных АЦП и ВЦП;

3) регистрация событий двумя независимыми группами заданных кодировщиков, которые внутри группы работают в режиме совпадений;

4) режим, аналогичный третьему, но с антисовпадениями между группами;

5) режим, аналогичный третьему, но при этом один или два преобразователя являются общими для обеих групп. Именно такой режим регистрации необходим для случая, схематически изображенного на рис.3.2.

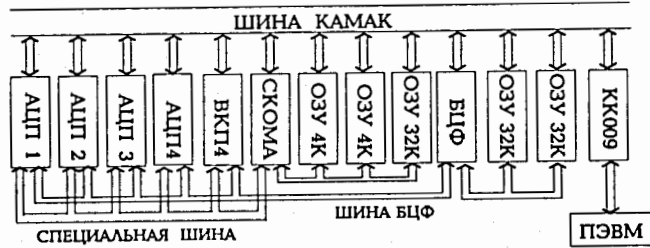


Рис. 3.3 Блок-схема измерительно-накопительного модуля для ионизационной камеры с двумя сетками.

БЦФ работает параллельно с набором списочной информации и интегральных спектров в аналитической памяти.

Если блок цифровой фильтрации использовался в режиме набора матрицы, то возможна визуализация как топографической карты (рис. 8а), так и трехмерной картинки (рис. 8б, в).

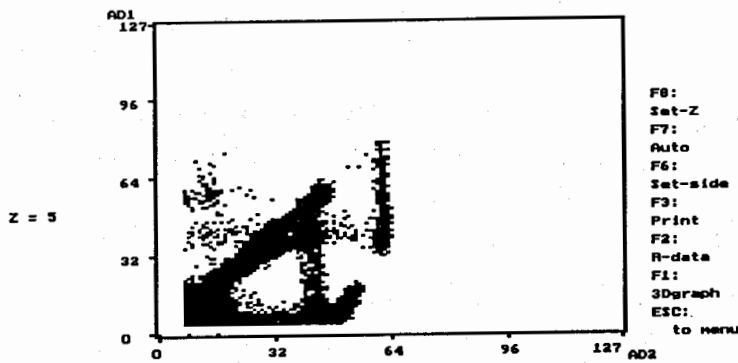


Рис. 3.8а. Топографическая карта матрицы коллектор-мишень С1-секции

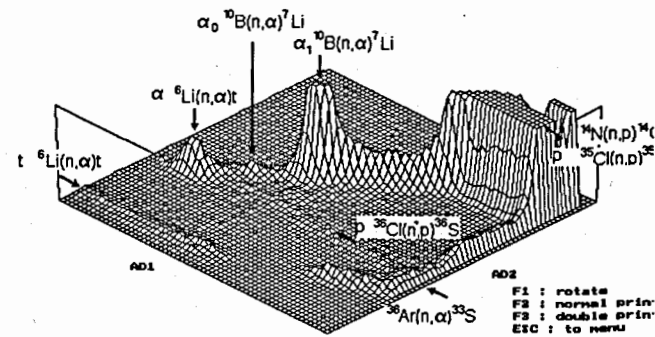


Рис. 3.8б. Трехмерное изображение матрицы коллектор-мишень С1-секции.

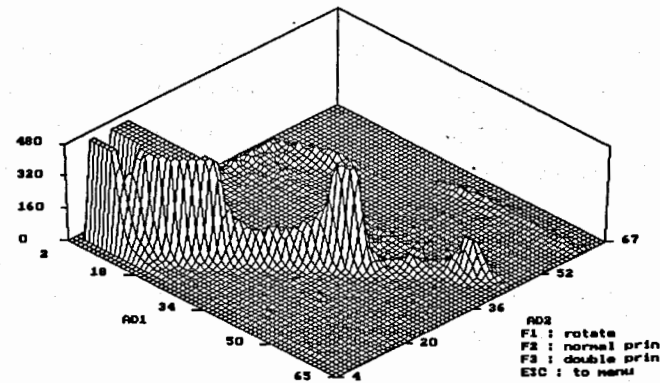


Рис. 3.8в. То же, повернуто на 180°.

Использование разработанных автором аппаратных средств и программного обеспечения позволило эффективно проводить эксперименты, в которых без потерь регистрируются шести-параметровые события с интенсивностью  $8 \times 10^3$  событий, а оперативный контроль одно- и двухпараметровых спектров позволил эффективно использовать рабочее время установок.



## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ.

Основные результаты представленной диссертации заключаются в создании комплекса электронной аппаратуры для управления и контроля условий проведения эксперимента, организации накопления и предварительного отбора спектрометрической информации, управления всем комплексом исполнительных механизмов ряда спектрометров. В результате были решены следующие задачи:

1. Создана модульная система накопления информации в стандарте КАМАК с дополнительной "Внешней магистралью";

2. В диссертации представлены разработанные автором оригинальные аппаратные средства для регистрации многопараметровой спектрометрической информации.

3. Проведенный автором сравнительный анализ методов построения многопараметровых систем накопления спектрометрической информации и сделанные выводы имеют практическую ценность для правильного выбора режима накопления в зависимости от загрузки и количества параметров.

4. Автором разработаны двухпараметровые цифровые фильтры, совместившие двухпараметровую цифровую фильтрацию и функцию запуска регистрации многопараметрового события. Применение устройств цифровой фильтрации в многомерных спектрометрах обеспечивает возможность проведения одного и двухмерного экспресс-анализа накапливаемой информации непосредственно в ходе эксперимента.

5. На основе разработанных автором электронных блоков и при его непосредственном участии созданы действующие измерительные системы:

ДИФРАН, УХН, установка для элементного анализа и радиационных исследований, установка для измерения дифференциальных сечений рассеяния нейтронов ядрами на реакторе ИБР-30, установка для измерения нейтронных сечений и множественности излучений при взаимодействии нейтронов с ядрами, измерительная система в стандарте КАМАК для многопараметровых экспериментов, измерительно-накопительный модуль многопараметрических измерений для ионизационной камеры с двумя сетками.

Кроме этих спектрометров, разработанные автором системы накопления спектрометрической информации, управления исполнительными механизмами используются в ряде других спектрометров на реакторах ИБР-2 и ИБР-30: "Поиск" МУР, ҚДСОГ, ФДВР, ДН-2 и ДВР, ОХН, ҚДСОГМ.

С помощью этих измерительных систем проводится широкий спектр физических исследований на мировом уровне.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Зимин Г.Н., Ермаков В.А. Оперативное запоминающее устройство динамического типа емкостью 4К\*16 бит: Сообщение ОИЯИ, 13-12718, Дубна 1979, 8с.
2. Балуга Г., Васин А.Ю., Жуков Г.П., Зимин Г.Н., Ермаков В.А., Намсрай Ю., Островной А.И., Савватеев А.С., Саламатин И.М., Янковский Г.Я. Система коллективного пользования на базе внешних запоминающих устройств и ЭВМ типа СМ-3: Сообщение ОИЯИ, р10-80-825, Дубна, 1980, 13с.
3. Зимин Г.Н., Ермаков В.А., Намсрай Ю. Спектрометрическая система на базе микро-ЭВМ "Электроника-60": X Международ. симпозиум по ядерной электронике: 1980, Дрезден 10-16 апреля
4. Зимин Г.Н., Ермаков В.А., Коберидзе Е.А. Интерфейс запоминающего устройства СМ 3101 в стандарте КАМАК: Сообщение ОИЯИ, р13-80-591, Дубна, 1982, 7с.
5. Вагов В.А., Зимин Г.Н., Ермаков В.А., Ин-Ок, Николенко В.Г., Попов А.Б., Самосват Г.С.: Измерение дифференциальных сечений нейтронов ядрами на реакторе ИБР-30: Сообщение ОИЯИ, р3-82-770, Дубна, 1982, 7с.
6. Балуга Г., Вайдахадзе Ф., Елизаров О.И., Ермаков В.А., Залески Т., Ишмухаметов М.З., Натканец И., Чивкин В.И. Дистанционное управление с распределенным интеллектом для многодетекторного нейтронного спектрометра ҚДСОГ-2: Intern. Sympos. on Nucl. Electronics, XI. Sep 1983, Bratislava: ABSTYR. Bratislava, 1983 p xl/83

7. Зимин Г.Н., Ермаков В.А. Оперативное запоминающее устройство динамического типа емкостью 16К\*24 бит: Сообщение ОИЯИ, 10—83—194, Дубна, 1983, 3с.
8. Голиков В.В., Замрий В.Н., Зимин Г.Н., Ермаков В.А., Лущиков В.И., Роганов А.Б., Северьянов В.М., Соловьев Б.Н., Щелев А.С. Измерительный модуль канала УХН реактора ИБР—2 на базе микро—ЭВМ: Сообщение ОИЯИ, р13—83—215, Дубна, 1983, 6с.
9. Балука Г., Вайдхадзе Ф., Елизаров О.И., Ермаков В.А., Залески Т., Ишмухаметов М.З., Натканец И., Чивкин В.И. Дистанционно—управляемый анализатор с распределенным интеллектом для нейтронного спектрометра КДСОГ—М: Сообщение ОИЯИ, 11—84—252, Дубна, 1984, 10с.
10. Балука Г., Жуков Г.П., Зимин Г.Н., Ермаков В.А., Поплова А.И., Попов А.Б., Саламатин И.М., Самосват Г.С., Широков В.К. Измерительный модуль расширенного назначения на базе ЭВМ MERA—60 и аппаратуры КАМАК: XII Междунар. симпоз. по ядерной электронике Дубна, 2—6 июля 1985г., — Дубна.
11. Зимин Г.Н., Ермаков В.А., Назаров В.М., Островная Т.М., Павлов С.С., Северьянов В.М., Хрыкина Т.Д., Широков В.К. Измерительный модуль для элементного анализа и радиационных исследований на ИБР—2: Сообщение ОИЯИ, Дубна, 1985, 10с.
12. Александров Ю.А., Андросов А.В., Врана М., Ермаков В.А., Кулда И., Мачехина Т.А., Микула П., Михалец Р.Т., Седлакова Л. Н., Холупа Б. Нейтронный спектрометр ДИФРАН на реакторе ИБР—2 конструкция и параметры: Сообщение ОИЯИ, р3—87—449, Дубна, 1987, 12с.
13. Ермаков В.А., Коберидзе Е.А. Оперативное запоминающее устройство динамического типа емкостью 32К\*16 бит: Сообщение ОИЯИ, р3—88—434, Дубна, 1988, 4с.
14. Георгиев Г.П., Григорьев Ю.В., Замятин Ю.С., Ермаков В.А., Ковтун А.А., Мурадян Г.В., Сираков И.А., Тишин В.Г., Тошков С.А., Хрыкина Т.Д., Янева Н.Б. Установка для измерения нейтронных сечений и множественности излучений при взаимодействии нейтронов с ядрами: Сообщение ОИЯИ, р3—88—55, Дубна, 1988, 12с.

15. Богдзель А.А., Длоугы З., Драски В., Ермаков В.А., Малы Б., Семенов Ю.Б., Тишин В.Г., Челноков А.П., Шванда Я. Измерительная система в стандарте КАМАК для многопараметровых экспериментов: Сообщение ОИЯИ, 13—89—164, Дубна, 1989, 8с.
16. Вагов В.А., Владимиров В.А., Зимин Г.Н., Ермаков В.А., Сиротин А.П. Спектрометрические накопительные запоминающее устройства повышенной емкости: Сообщение ОИЯИ, 13—89—131, Дубна, 1989, 7с.
17. Барабаш И.П., Браньковский Е., Вальтер К., Воронов Ю.Н., Георгиев Д., Журавлева Т.Б., Ермаков В.А., Лазин В.И., Островной А.И., Сиротин А.П. Параметризация управления некоторыми исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок на реакторах ИБР—2, ИБР—30: Сообщение ОИЯИ, 13—89—818, Дубна, 1989, 18с.
18. Ермаков В.А. Блок автоматизации пуска и останова измерительного модуля: Сообщение ОИЯИ, р10—90—36 Дубна, 1990, 6с.
19. Барабаш И.П., Голиков В.В., Ермаков В.А., Кулагин Е.Н., Ляпин Д.И., Соловьев Б.Н., Стрелкова О.М. Измерительный модуль для экспериментов с ультрахолодными нейтронами: Сообщение ОИЯИ, 13—91—274, Дубна, 1991, 6с.
20. Ермаков В.А., Ким Хен До. Блок цифровой фильтрации: Сообщение ОИЯИ, р13—92—112, Дубна, 1992, 8с.
21. Браньковский Е., Ермаков В.А., Сиротин А.П., Челноков М.Л., Широков В.К. Многодетекторная система регистрации и накопления спектрометрической информации на базе запоминающего устройства 64К\*24 бит: Сообщение ОИЯИ, 13—92—120, Дубна, 1992, 8с.
22. Ермаков В.А., Петухова Т.Б., Седлакова Л.Н. Развитие измерительно—вычислительного модуля нейтронного спектрометра ДИФРАН на реакторе ИБР—2: Сообщение ОИЯИ, р13—95—215, Дубна, 1995, 7с.
23. Гледенов Ю.М., Ермаков В.А., Седышев П.В., Седышева М.В., Тишин В.Г. Измерительно—накопительный модуль многопараметрических измерений для ионизационной камеры с двумя сетками: Сообщение ОИЯИ, Дубна, 1995, 15с.

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 декабря 1996 года.