

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

C 16

13-88-534

УДК 539.1.075

**САЛАМАТИН
Александр Васильевич**

**АППАРАТУРА В СТАНДАРТЕ КАМАК
ДЛЯ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ**

**Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц**

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

Дубна 1988

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор

А.Н.Синаев

Официальные оппоненты:

доктор технических наук
кандидат технических наук

В.М.Цупко-Ситников

А.А.Марков

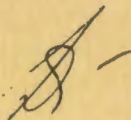
Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт ядерных
исследований АН УССР, Киев

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 198__ г.
в _____ час на заседании Специализированного совета Д-047.01.03
при Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, г. Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " _____ " _____ 198__ г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь
Специализированного совета
доктор физико-технических наук



Д.А.Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью настоящей работы является проектирование и создание электронной аппаратуры в стандарте КАМАК, обеспечивающей эффективное накопление и первичную обработку информации, получаемой при прецизионной спектроскопии излучений радионуклидов. Работа проводилась в Лаборатории ядерных проблем с 1980 по 1987 год.

Актуальность темы диссертации определяется тем, что в современных прецизионных спектрометрах излучений радионуклидов необходимо регистрировать большие объемы информации с высокой эффективностью. Для этого требуется разработка автоматизированных электронных систем, в которых используются последние достижения в области БИС, микроЭВМ и стандартизации аппаратуры.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Предложена структура модульного многоканального анализатора в стандарте КАМАК. На основе этой структуры разработано три типа многоканальных анализаторов, которые могут функционировать в крейте совместно с другими модулями. Во время регистрации данных и наблюдения спектра контроллер крейта не используется, что увеличивает быстродействие анализатора и освобождает магистраль крейта для выполнения других задач. Модульная структура позволяет путем простого изменения состава аппаратуры осуществлять регистрацию данных от различного числа преобразователей, увеличивать объем памяти, создавать как автономные анализаторы, так и системы, работающие совместно с ЭВМ. Разработанные анализаторы являются первыми в мире приборами подобного типа.

- На основе разработанной структуры создана оригинальная однокрейдная система накопления многомерной информации с предварительным отбором полезных событий, использующая модуль цифровых окон и анализатор в стандарте КАМАК. Система обеспечивает высокую эффективность регистрации событий и имеет удобные средства для настройки спектрометрических узлов.

- Разработана модульная структура системы, предназначенной для проведения многомерных измерений с регистрацией всех событий. Созданная на ее основе аппаратура, включающая буферный накопитель и многоканальный анализатор, позволяет с высокой эффективностью вести измерения с помощью микроЭВМ, имеющих небольшую производительность. При использовании в качестве микроЭВМ интеллектуального контроллера крейта, вся аппаратура накопления размещается в одном крейте, что делает установку с подобными характеристиками уникальной в СССР.

- На основе разработанной аппаратуры создан ряд компактных автоматизированных спектрометров для экспериментов по прецизионной спектрометрии излучений радионуклидов.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанная аппаратура нашла широкое применение в исследованиях, проводимых в лабораториях ОИЯИ, других институтах Советского Союза и стран-участниц ОИЯИ (НРБ, ЧССР, СРВ, КНР). Разработанные модули обеспечены необходимой документацией, на основе которой организовано их серийное изготовление в Опытном производстве ОИЯИ, а также на Предприятии по изготовлению приборов для научных исследований при Софийском университете.

К маю 1988 г. было изготовлено более 300 блоков 14 наименований.

Основные результаты работы обсуждались на научно-методических семинарах Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и Лаборатории ядерных моментов ИЯФ АН УзССР, докладывались на международных симпозиумах по ядерной электронике (Братислава, 1983 г.; Дубна, 1985 г.) на Всесоюзном симпозиуме по автоматизации исследований в ядерной физике и смежных областях (Тбилиси, 1984 г.), на Всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Киев, 1982 г.; Москва, 1983 г.; Ленинград, 1984 г.), опубликованы в научных журналах и в виде сообщений ОИЯИ.

Публикации. Материалы, вошедшие в диссертацию, опубликованы в 22 научных работах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения. Она содержит 160 страниц текста, 5 таблиц, 46 рисунков и список литературы из 117 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена описанию электронной аппаратуры накопления информации, используемой в современных экспериментах по ядерной

спектроскопии. В начале главы определяются задачи, стоящие перед такой аппаратурой. Приводятся основные функции многоканальных анализаторов и режимы накопления информации. При рассмотрении методов накопления информации в спектрометрах многомерного анализа сравниваются системы с регистрацией только предварительно отобранных полезных событий и системы с регистрацией всех поступающих событий.

На примере многоканального анализатора рассматриваются основные узлы систем регистрации спектрометрической информации - преобразователи сигналов в код, накопители данных, устройства визуального представления содержимого памяти накопителя и интерфейсы связи с внешними устройствами.

Далее делается анализ способов накопления и наблюдения спектрометрической информации. Для этого все узлы спектрометров разделяются на специализированные и системные (общего назначения) устройства. Обсуждается распределение функций между специализированными и системными устройствами при регистрации событий. Рассматривается роль буферных накопителей данных, показаны преимущества устройств с буферными накопителями по сравнению с системами, регистрирующими данные по прерыванию программы центрального процессора ЭВМ и по каналу прямого доступа к основной памяти системы.

Систематизируются структуры современных многоканальных анализаторов, выпускаемых в научных центрах и зарубежными фирмами. По исходным элементам, на основе которых проектируются анализаторы, все структуры разделены на четыре группы: анализаторы, проектируемые на основе отдельных интегральных микросхем; анализаторы, проектируемые с использованием универсальных плат вычислительной техники (одноплатные ЭВМ); анализаторы, создаваемые путем подключения специализированных модулей к шинам информационно-измерительных систем (КАМАК, VME); и анализаторы, создаваемые путем подключения специализированных модулей к универсальным ЭВМ, в частности, к персональным компьютерам. Особое внимание уделяется приборам третьей и четвертой групп, для которых показаны преимущества использования буферных накопителей. Сравниваются варианты расположения буферных накопителей в корпусе ПЭВМ и в отдельном конструктиве. Характеристика структур многоканальных анализаторов дается с точки зрения эффективности регистрации событий, удобства использования в автоматизированных системах, аппаратных затрат и объема работ, выполняемых при проектировании.

При обсуждении систем многомерного анализа с предварительным отбором полезных событий показаны преимущества использования отбора цифровыми окнами по сравнению с применением аналоговых методов.

При рассмотрении систем многомерного анализа с регистрацией всех событий обсуждаются два варианта формирования массива данных, записываемых на магнитную ленту. В одном из них формирование массива производится в ОЗУ ЭВМ, обычно с помощью контроллера прямого доступа к памяти. В другом массив формируется в буферном накопителе без участия системной шины и центрального процессора ЭВМ, управляющей экспериментом. Показано, что как и при накоплении спектров в многоканальных анализаторах, использование буферных накопителей обеспечивает наиболее высокую скорость регистрации, снижает загрузку системных устройств спектрометра, что позволяет использовать в эксперименте микроЭВМ, имеющие небольшую производительность.

В конце первой главы приводится расчет предельных загрузочных характеристик для аппаратуры накопления спектрометров многомерного анализа.

Во второй главе описывается разработанная нами структура модульного многоканального анализатора, предназначенного для накопления одномерных спектров, и созданная в соответствии с этой структурой система модулей в стандарте КАМАК, которая позволяет простым изменением состава аппаратуры создавать анализаторы разных типов.

Одним из основных узлов анализатора является накопитель, который состоит из двух модулей — модуль управления памятью и сама память. Разработано три типа модулей управления памятью.

Два из них производят инкрементирование содержимого ячейки памяти (канала) по адресу, соответствующему входному коду. Такой режим регистрации может использоваться для измерения амплитудного или временного распределений поступающих сигналов. Модуль КЛ 018 предназначен для работы с памятью, оперирующей с 16-разрядными словами и содержащей до 16К ячеек. Модуль КЛ 019 предназначен для работы с памятью, оперирующей с 24-разрядными словами и содержащей до 32К ячеек.

Третий модуль управления памятью производит запись входных данных в последовательные ячейки памяти или суммирование этих данных с прежним содержанием соответствующих ячеек. Такие режимы регистрации могут использоваться для исследования интенсивности импульсов, меняющейся во времени (так называемый счетный, или мультискейлерный анализатор). Разработанный модуль КЛ 014 предназначен для оперирования с 16-разрядными словами и позволяет регистрировать данные от 16 счетчиков.

Для накопителя разработаны три типа модулей памяти на основе ОЗУ статического типа. Модуль КЛ 020 содержит 4К 16-разрядных слов, четыре модуля могут работать совместно, образуя память 16К 16-разрядных слов. Модуль КЛ 025 содержит 8К 16-разрядных слов, два модуля могут работать совместно, образуя память 16К 16-разрядных слов. Модуль

КЛ 024 содержит 4К 24-разрядных слов, восемь модулей могут работать совместно, образуя память емкостью 32К 24-разрядных слов. Модули КЛ 024 и КЛ 025 имеют возможность сохранять содержимое памяти при отключении питания.

С помощью специально разработанного модуля для настройки накопителей произведено измерение их загрузочных характеристик.

Разработанная система модулей позволяет создавать как автономные анализаторы, так и устройства, взаимодействующие с универсальными ЭВМ. В последнем случае накопитель, находящийся в кюйте КАМАК, по отношению к ЭВМ выполняет роль буферного накопителя.

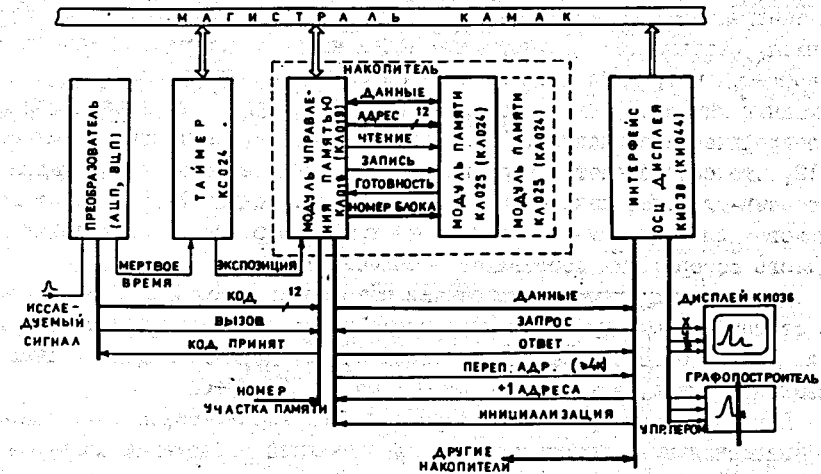


Рис. 1. Автономный анализатор в стандарте КАМАК.

В автономном анализаторе (рис. 1) к накопителю через внешний разъем подключается специализированный интерфейс дисплея. В зависимости от емкости канала накопителя используются модуль КЛ 038 — для накопителей с емкостью канала 2^{16} или модуль КЛ 044 — для накопителей с емкостью канала 2^{24} . Управление работой анализатора и манипуляции с изображаемым спектром производятся переключателями, расположенными на передних панелях накопителя и интерфейса. Оба интерфейса могут отображать содержимое памяти накопителя на осциллографическом дисплее или на графопостроителе. Интерфейсы обеспечивают полное изображение спектра, содержащего 4096 каналов, либо его фрагментов по 128, 256 и т.д. каналов. Для наглядности изображения всего диапазона содержимого кана-

лов по оси Y , кроме десяти линейных масштабов, имеется возможность вывода в логарифмическом масштабе. С помощью подвижного маркера можно вывести на цифровые индикаторы параметры элементов спектра (номер канала, его содержимое), а также разметить интересующие экспериментатора участки. После описания работы модулей КИ 038 и КИ 044 приводятся оригинальные схемы узлов цифрового логарифмического преобразования и преобразователя двоичных кодов в двоично-десятичный. Особенностью этих схем являются высокое быстродействие и незначительные аппаратные затраты.

В анализаторе, работающем совместно с ЭВМ, функции управления накоплением и наблюдения спектров возлагаются на ЭВМ. Поскольку регистрация данных производится без участия ЭВМ, то скорость накопления данных не зависит от ее производительности. Изображение спектра в таких анализаторах может строиться или на дисплее ЭВМ, или на экране дисплея, связанного с магистралью КАМАК через интерфейс. В качестве интерфейсов могут использоваться либо имеющиеся интерфейсы для телевизионных дисплеев, либо интерфейс КИ 046, разработанный нами для осциллографического дисплея. Этот модуль имеет буферную память емкостью $8K \times 12$, что освобождает ЭВМ от непрерывных циклов регенерации кадра и обеспечивает более качественное изображение. Модуль КИ 046 может использоваться и для вывода спектра на графопостроитель. Разрешение выводимого изображения составляет 4096×4096 точек.

Для задания времени экспозиции разработан таймер КС 024, в котором отсчет экспозиции может производиться по реальному или живому времени. Модуль обеспечивает циклический отсчет двух последовательных интервалов времени, в диапазоне от 0,1 мс до 114 суток.

В конце главы приводятся варианты схем анализаторов, различающиеся функциональными возможностями, организацией наблюдения спектров и управления работой. В таблицах приводятся характеристики разработанных накопителей и анализаторов, а также аналогичных устройств, выпускаемых зарубежными фирмами. Из сравнения этих характеристик следует, что разработанные нами устройства не уступают современным зарубежным аналогам.

Третья глава посвящена созданию систем в стандарте КАМАК для проведения многомерных измерений. Разработаны структурные схемы и аппаратура систем накопления для спектрометров с регистрацией предварительно отобранных полезных событий и для спектрометров с регистрацией всех поступающих событий.

В начале главы обсуждаются общие принципы организации систем многомерного анализа в стандарте КАМАК. К числу основных принципов, взятых нами за основу при разработке структурных схем, относятся: независимость скорости регистрации данных от производительности используемой

ЭВМ, обеспечение спектрометров средствами для простой настройки аппаратуры, организация надежного контроля за ходом эксперимента.

Системы, накапливающие информацию с предварительным отбором полезных событий, построены на базе созданных нами модуля цифровых окон КИ 022 и многоканального анализатора в стандарте КАМАК. В диссертации описываются два варианта систем с отбором полезных событий — по одному и по двум параметрам (см. рис. 2). В состав систем входят также широко распространенные АЦП. Отобранные события регистрируются в определенных участках памяти анализатора. Можно организовать параллельное накопление до 16 спектров. Границы окон могут быть установлены в диапазоне от 0 до 4095 каналов. Положение и размер окна определяются по форме предварительно накопленных в анализаторе одномерных спектров. Время отбора лежит в пределах от 0,3 до 2 мкс, что составляет единицы процентов от времени преобразования сигналов в АЦП. Величина просчетов в спектрометрах складывается из времени преобразования сигнала в АЦП и проверки кода в модуле КИ 022. На предельных нагрузках аналоговой аппаратуры величина просчетов не превышает 6%.

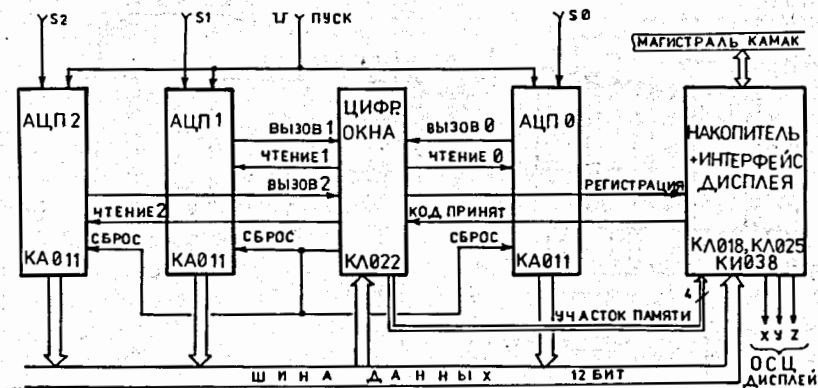


Рис. 2. Система многомерного анализа с предварительным отбором полезных событий по двум параметрам (s_1, s_2).

Разработанные системы обеспечивают удобную настройку аналоговых модулей и установку границ окон, а во время эксперимента позволяют вести наблюдение данных, зарегистрированных в различных участках памяти анализатора, не снижая скорости регистрации. Основными достоинствами описываемых систем по сравнению с используемыми ранее системами, которые выполняли отбор аналоговыми методами, являются высокая точ-

ность и простота эксплуатации, что позволяет увеличивать число одновременно накапливаемых спектров и достичь высокой эффективности регистрации.

В основе работы созданной нами системы, регистрирующей все поступающие события с последующей их записью на магнитную ленту, лежит способ формирования записываемого на ленту массива данных в буферном накопителе без участия ЭВМ (см. рис. 3). Систему можно разделить на пять функциональных узлов: преобразователи, буферный накопитель, контроллер внешней шины данных, автономный многоканальный анализатор и накопитель на магнитной ленте. Первые четыре узла взаимодействуют через внешнюю шину данных. Такая связь в отличие от считывания кодов через магистраль КАМАК позволила достичь более высокой скорости регистрации событий, снизить загрузку контроллера крейта, использовать в спектрометре преобразователи, не имеющие связи с магистралью КАМАК, в том числе устройства, изготовленные в отличном от КАМАК конструктиве. Модуль управления многомерным анализом КЛ 021, выполняющий роль контроллера внешней шины данных, считывает коды с АЦП и формирует в модулях

входят два модуля буферной памяти, работающие поочередно. После заполнения одного из модулей памяти его содержимое через контроллер крейта с помощью интерфейса КИ 031 пересылается в малогабаритный НМЛ СМ 5300.

Автономный многоканальный анализатор, описанный во второй главе диссертации, включен в состав системы для выполнения большого объема работ при настройке аналоговых модулей спектрометра. Модуль КЛ 021 при настройке позволяет считывать код выбранного АЦП в анализатор без занесения данных в буферный накопитель. С помощью этого же анализатора производится контроль за ходом эксперимента. При таком контроле код АЦП параллельно с записью в буферную память заносится в анализатор, не снижая скорости регистрации многомерных событий. Спектр, зарегистрированный в анализаторе, может использоваться при сортировке информации, записанной на НМЛ. Введение в состав системы автономного анализатора и формирование массива в буферном накопителе значительно упростили требования к ЭВМ, управляющей экспериментом, и позволили использовать в спектрометрах практически любую универсальную микроЭВМ с небольшой производительностью – ПЭВМ, интеллектуальный контроллер крейта. В последнем случае вся аппаратура спектрометра размещается в одном крейте КАМАК.

Скорость регистрации измеряемых событий ограничивается скоростью записи информации на магнитную ленту. В конце главы приводится расчет реально достижимой скорости записи на ленту и способ ее повышения за счет записи в одном информационном блоке нескольких логических записей.

Четвертая глава посвящена описанию экспериментальных установок, которые были созданы с участием автора на основе аппаратуры, представленной в предыдущих главах.

В первом параграфе описывается созданный при нашем участии спектрометр, который измеряет энергетическое распределение излучения радионуклидов с помощью полупроводниковых детекторов. Такие спектрометры получили широкое распространение в экспериментальной практике. В их состав входят многоканальный анализатор, связанный через контроллер крейта с микроЭВМ и набор интерфейсов внешних устройств. Для микроЭВМ в лаборатории написаны программы, которые управляют экспериментом, выполняют предварительную обработку спектров, выдают данные на внешние устройства, а также на более мощные ЭВМ. Структура спектрометра позволяет достаточно просто подключать к анализатору различные ЭВМ, не требуя больших затрат для составления программного обеспечения. Один из таких спектрометров, демонстрировавшийся на ВДНХ СССР в 1986 году, был удостоен медали выставки.

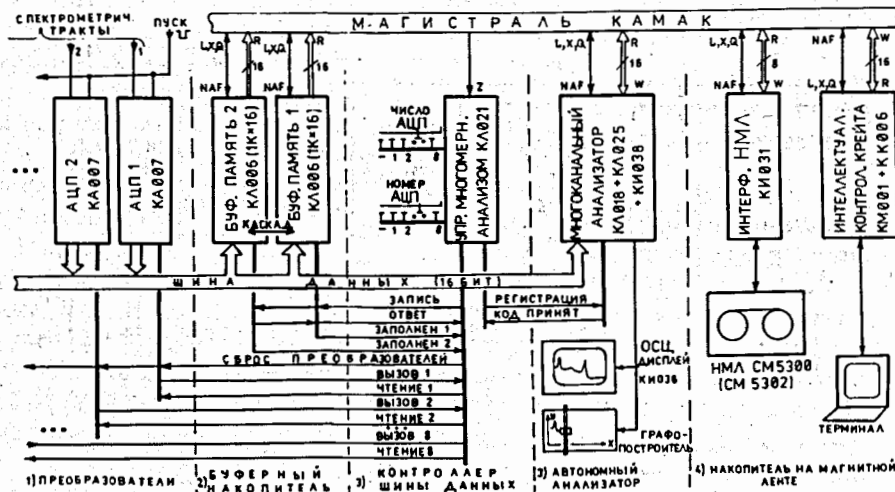


Рис. 3. Система многомерного анализа, регистрирующая все поступающие события в буферном накопителе с последующей записью их на магнитную ленту.

буферной памяти массив данных в виде, удобном для сортировки на ЭВМ. Конструкция модуля КЛ 021 позволяет регистрировать многомерные события, описываемые от 1 до 8 параметрами. В состав буферного накопителя

Во втором параграфе описана созданная с нашим участием установка, которая предназначена для измерения спиральности нейтрино. Измерения проводились на реакторе ВВР-СМ, с помощью полупроводникового детектора объемом 100 см^3 . Эксперимент проведен в два этапа: первый — проверка установки и контрольные измерения; второй — получение физических результатов. Задача эксперимента сводилась к измерению интенсивности гамма-квантов с энергией $963,4 \text{ кэВ}$ при противоположных направлениях магнитного поля. В состав спектрометра вошли микроЭВМ, многоканальный анализатор, память которого состоит из двух участков по 4096 каналов, разработанный специально для данного спектрометра модуль КЛ 103, управляющий процессом измерения, и ряд других модулей, участвующих в контроле и управлении экспериментом. Измеряемый эффект составлял два процента от фона, что потребовало набора большой статистики. Результаты измерения надежно контролировались специально предусмотренными средствами. Эксперимент проводился непрерывно в течение трех месяцев. Окончательная обработка накопленных данных определила результат, который существенно отличается от проводимых ранее измерений, однако хорошо согласуется с теоретическими расчетами.

В третьем параграфе приводится краткое описание созданного с нашим участием спектрометра, предназначенного для определения скоростей миграции ионов горизонтальным зонным электрофорезом в свободных электролитах. Установка собрана на базе многоканального анализатора, регистрирующего данные в режиме последовательной записи. Принцип работы установки состоит в измерении распределения активности вдоль миграционной трубки через определенные промежутки времени. Это осуществляется сканированием активности излучения с помощью спинтилляционного детектора, который перемещается вдоль трубки с постоянной скоростью. Во время эксперимента вся информация накапливается в памяти анализатора, а по окончании — передается в ЭВМ. Для достижения требуемой точности нами был разработан терморегулятор, с помощью которого температура трубки стабилизировалась с точностью $\pm 0,02^\circ\text{C}$. В основе его работы лежит метод пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования, который позволил устранить колебания в контуре регулирования.

В четвертом параграфе описывается созданная при нашем участии система многоканального счетного (мультистейклерного) анализатора, предназначенная для исследования изменений во времени интенсивности импульсов от группы источников. В частности, она использовалась в установке для поиска событий множественной эмиссии задержанных нейтронов на синхрофазотроне ЛВЭ. Разработанная система представляет собой по сути дела многоканальное счетное устройство, в котором для каждого счетчика отводится свой участок памяти накопителя и имеются общие

средства для наблюдения и вывода зарегистрированных данных. В состав системы вошли модули автономного анализатора, реализующие режим последовательного суммирования, и специально разработанный модуль КУ 104, управляющий считыванием данных с группы счетчиков. Число счетчиков может выбираться от 1 до 8, объем участков, отводимых для каждого счетчика, составляет соответственно от 4096 до 512 каналов, максимальная частота входных импульсов 80 МГц .

В конце главы дается краткое описание спектрометра трехмерных амплитудно-временных измерений, созданного с нашим участием. Такие спектрометры предназначены для исследования схем распада радиоактивных нуклидов. Как правило, в них используются два полупроводниковых детектора, размещаемых в одном кристате. Измеряемыми параметрами таких систем являются энергия радиоактивных частиц, регистрируемых обоими детекторами, и интервал времени между их возникновением. В состав спектрометров вошли аналоговые модули фирм ОРТЕК и ПОЛОН, буферный накопитель, интеллектуальный контроллер крейта, НМЛ, многоканальный анализатор и ряд других модулей КАМАК. Максимальная скорость регистрации в спектрометре, которая ограничивается быстродействием НМЛ, составляет 1000 событий в секунду. Такие спектрометры используются в ЛЯП ОИЯИ с 1983 года, за это время в их составе заменялись типа микроЭВМ, создавались различные варианты программного обеспечения. В целом структура спектрометра обеспечила хорошую эффективность регистрации событий, компактность размещения, позволила существенно снизить стоимость оборудования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Проведена систематизация и дан анализ структур, функций и режимов работы современных многоканальных анализаторов и многомерных спектрометров ядерных излучений, а также методов их взаимодействия с ЭВМ.
2. Разработана структура модульного многоканального анализатора. В соответствии с этой структурой созданы 6 типов модулей в стандарте КАМАК. Они позволяют размещать в крейте как автономные устройства, так и устройства, работающие совместно с ЭВМ.
3. Разработано три типа автономных многоканальных анализаторов, различающихся режимом регистрации данных и объемом памяти для накопления информации. Предусмотрено сохранение накопленных данных при выключении питания. Разработанные анализаторы по основным параметрам не уступают зарубежным аналогам.
4. Создана система многомерного анализа ядерных излучений с предварительным отбором полезных событий на базе разработанного модуля

цифровых окон. Отбор событий производится по одному или двум параметрам, причем система может одновременно накапливать до 16 спектров.

5. Разработана структура спектрометра многомерного анализа ядерных излучений с регистрацией всех поступающих событий. На основе этой структуры создана аппаратура накопления для трехмерных амплитудно-временных спектрометров, которая размещается в одном крейте КАМАК.

6. На основе описанной в диссертации аппаратуры создан ряд установок, в том числе: установка для измерения спиральности нейтрино, установка для поиска событий множественной эмиссии задержанных нейтронов, установка для измерения подвижности ионов в свободных электролитах и другие. Установки, созданные на основе разработанной аппаратуры, используются также в Институтах физики АН УССР и АН БССР, ИЯФ АН УзССР, Тбилисском и Воронежском университетах, в институтах стран-участниц ОИЯИ - НРБ, ЧССР, КНР, СРВ.

Работы, опубликованные по теме диссертации:

- I. Будзынски М., Кочетов О.И., Лебедев Н.А., Муминов А.И., Саламатин А.В., Саржински Я., Суботович М. У-угловые корреляции в ^{172}Yb . - В кн.: 32-е совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Киев, 1982. "Наука", Л., 1982, с.118.
2. Антихов В.А., Вьонг Дао Ви, Журавлев Н.И., Ле Зон Пхир, Нгуен Мань Занг, Петев П., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Стахин А.А., Чурин И.Н. Цифровые блоки в стандарте КАМАК (выпуск X). - Сообщение ОИЯИ, 10-82-844, Дубна, 1982.
3. Антихов В.А., Аликов Б.А., Бруданин В.Б., Вылов Ц., Журавлев Н.И., Иванов А.И., Петев П., Осипенко Б.П., Покровский В.Н., Рухадзе Н.И., Саламатин А.В., Сандуковский В.Г., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Стахин А.А., Учеваткин И.Ф., Юрковски Я. Спектрометр U^t -совпадения на базе двух Ge (Li)-детекторов. - В кн.: 33-е совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Москва, 1983. "Наука", Л., 1983, с.503.
4. Будзынски М., Кочетов О.И., Лебедев Н.А., Морозов В.А., Муминов А.И., Саламатин А.В., Суботович М., Кшкевич Ю.В. Сверхтонкие магнитные поля на ядрах ^{172}Yb в Fe и Ni. - В кн.: 33-е совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Москва, 1983. "Наука", Л., 1983, с.548.
5. Василев Д., Доберенц В., Журавлев Н.И., Маринов А., Миланов М., Саламатин А.В., Чан Ким Хуанг, Халкин В.А. Схема аппаратной организации и методика обработки результатов при определении скоростей миграции ионов горизонтальным ионным электрофорезом в свобод-

ных электролитах. - Сообщение ОИЯИ, 6-83-209, Дубна, 1983.

6. Бруданин В.Б., Вылов Ц., Журавлев Н.И., Игнатъев С.В., Медведь С.В., Петев П., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Чурин И.Н. Автоматизация спектрометрических исследований в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. - В кн.: XI Международный симпозиум по ядерной электронике. Братислава, ДПЗ-84-53, 1983. ОИЯИ, Дубна, 1984, с.442.
7. Бруданин В.Б., Вылов Ц., Журавлев Н.И., Иванов В.Н., Покровский В.Н., Рухадзе Н.И., Саламатин А.В., Сандуковский В.Г., Сидоров В.Т., Синаев А.Н. Спектрометр для трехмерных амплитудно-временных измерений. - Сообщение ОИЯИ, 13-83-747, Дубна, 1983.
8. Антихов В.А., Василев Д., Ву Чунг Хьеу, Вьонг Дао Ви, Журавлев Н.И., Краснобородов Б.С., Петев П., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Стахин А.А., Чурин И.Н. Цифровые блоки в стандарте КАМАК. (выпуск XI). - Сообщение ОИЯИ, 10-83-900, Дубна, 1983.
9. Бруданин В.Б., Вылов Ц., Горожанкин В.М., Громов К.Я., Кульджанов И.К., Маринов А., Минкова А., Муминов А.И., Покровский В.Н., Саламатин А.В. Новое измерение спиральности нейтрино из бета-распада $^{152}\text{Eu} \rightarrow ^{152}\text{Sm}$. - В кн.: 34-е совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Алма-Ата, 1984. "Наука", Л., 1984, с.250.
10. Бруданин В.Б., Вылов Ц., Горожанкин В.М., Громов К.Я., Журавлев Н.И., Кульджанов И.К., Лебедев Н.А., Маринов А., Минкова А., Муминов А.И., Покровский В.Н., Ражаббаев Р., Саламатин А.В., Синаев А.Н. Экспериментальная установка для измерения спиральности нейтрино из распада ^{152}Eu . - Сообщение ОИЯИ, Р6-84-148, Дубна, 1984.
11. Бруданин В.Б., Вылов Ц., Горожанкин В.М., Громов К.Я., Кульджанов И.К., Маринов А., Минкова А., Муминов А.И., Покровский В.Н., Ражаббаев Р., Саламатин А.В. Измерение спиральности нейтрино из распада ^{152}Eu с помощью Ge (Li)-детектора. - Сообщение ОИЯИ, Р6-84-149, Дубна, 1984.
12. Василев Д., Ву Чунг Хьеу, Журавлев Н.И., Игнатъев С.В., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Чурин И.Н. Цифровые блоки в стандарте КАМАК (выпуск XII). - Сообщение ОИЯИ, Р10-84-860, Дубна, 1984.
13. Василев Д., Саламатин А.В. Терморегулятор для систем различной теплоемкости и инерционности. - Сообщение ОИЯИ, Р10-85-189, Дубна, 1985.
14. Бутцев В.С., Василев Д., Саламатин А.В., Смирнов В.А., Тумэндэм-бэрал Б., Хачатуря М.Н., Хоролжав Р., Чултэм Д. Спектрометр с

- полупроводниковыми детекторами (ППД) на линии с ЭВМ HP-2116B. - Сообщение ОИЯИ, P1-85-438, Дубна, 1985.
15. Бруданин В.Б., Вылов Ц., Журавлев Н.И., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Чурип И.Н. Электронная аппаратура для автоматизации ядерно-физических исследований в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. - В кн.: Автоматизация исследований в ядерной физике и смежных областях. Материалы III всесоюзного семинара, Тбилиси, 1984, Изд-во ТГУ, 1984, с.13.
 16. Георгиев А., Журавлев Н.И., Неделчев Н., Саламатин А.В., Синаев А.Н. Автономный многоканальный анализатор в стандарте КАМАК с возможностью управления от ЭВМ типа "Электроника-60". - В кн.: XII Международный симпозиум по ядерной электронике, Дубна, Д13-85-793, 1985. ОИЯИ, Дубна, 1985, с.218.
 17. Бруданин В.Б., Василев Д., Вылов Ц., Журавлев Н.И., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Чурип И.Н. Электронная аппаратура для исследований структуры атомного ядра. - В кн.: XII Международный симпозиум по ядерной электронике, Дубна, Д13-85-793, 1985. ОИЯИ, Дубна, 1985, с.71.
 18. Антхков В.А., Василев Д., Журавлев Н.И., Краснобородов Б.С., Опалек Т., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Стахин А.А., Хан Тхек Сук, Чурип И.Н. Цифровые блоки в стандарте КАМАК. (выпуск XIII) - Сообщение ОИЯИ, P10-85-922, Дубна, 1985.
 19. Георгиев А., Журавлев Н.И., Зинов В.Г., Саламатин А.В. Устройство логарифмического представления двоичных чисел в аналоговой форме. - Препринт ОИЯИ, I3-85-24, Дубна, 1985. ПТЭ, 1986, № 3, с.112.
 20. Журавлев Н.И., Саламатин А.В., Синаев А.Н. Многоканальный счетный анализатор. - Сообщение ОИЯИ, P10-86-716, Дубна, 1986.
 21. Антхков В.А., Василев Д., Журавлев Н.И., Опалек Т., Саламатин А.В., Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Стахин А.А., Хан Тхек Сук, Чурип И.Н., Шуравин А.А. - Цифровые блоки в стандарте КАМАК. (выпуск XIV). - Сообщение ОИЯИ, P10-86-854, Дубна, 1986.
 22. Антхков В.А., Георгиев А., Журавлев Н.И., Опалек Т., Саламатин А.В., Синаев А.Н., Хан Тхек Сук. Многоканальный амплитудный анализатор с возможностью работы в автономном режиме и под управлением ЭВМ. - Сообщение ОИЯИ, P10-87-688, Дубна, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 июля 1988 года.