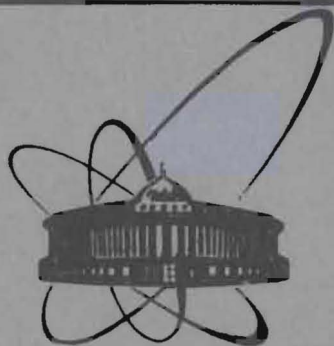


85-161



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

13-85-161

В.А.Ермаков, Г.Н.Зимин, В.М.Назаров,  
Т.М.Островная, С.С.Павлов, В.М.Северьянов,  
Т.Д.Хрыкина, В.К.Широков

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ  
ДЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА  
И РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ИБР-2

Направлено в "Приборы и техника эксперимента"

1985

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений работ, проводимых на высокопоточном импульсе реактора ИБР-2, являются прикладные исследования, для которых введены в строй биофизический канал /БФК/ и установка "Регата" /1/.

На БФК проводится элементный анализ в чистых пучках тепловых нейтронов по мгновенным реакциям  $(n, \alpha)$ ,  $(n, \gamma)$  и  $(n, p)$ . Пучки быстрых нейтронов этого канала планируется использовать для импульсного радиолитического анализа жидкостей и твердых тел.

На установке "Регата" осуществляются активационный анализ и радиационные исследования.

Для проведения названных экспериментов в ЛНФ создан измерительный модуль на базе микро-ЭВМ MERA-60-30, который в комплексе с БФК и установкой "Регата" обеспечивает:

- перемещение образцов в зоны облучения реактора ИБР-2 и возвращение их после облучения в проботекку установки "Регата";
- управление измерительной аппаратурой и задание исходных параметров эксперимента с клавиатуры пультовых терминалов ЭВМ;
- одновременное накопление спектрометрической информации по четырем автономным накопительным каналам;
- программируемое управление измерительной аппаратурой и установкой "Регата", используемых для активационного анализа;
- предварительную обработку информации.

## 1. ФИЗИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

Физическая аппаратура размещена в экспериментальных помещениях реактора ИБР-2 и связана с измерительным модулем /ИМ/, установленным в измерительно-вычислительном центре ЛНФ /2/, линией связи, обеспечивающей передачу спектрометрической информации и сигналов управления между ними на расстояние до 1 км.

Физическая аппаратура /рис.1/ состоит из четырех независимых измерительных трактов. Два тракта с каналами облучения 1, установкой "Регата" 6 и ее измерительными позициями 9, 10 используются для активационного анализа. В качестве детекторов применяются  $\text{Ge(Li)}$ -детекторы и электроника к ним - стандартные спектрометрические линейки 12, 14. Установка 6 связана с ИМ интерфейсом 7, обеспечивающим автоматическое перемещение облученных образцов из проботекки установки "Регата" на измерительную позицию 9 и обратно по командам ЭВМ.

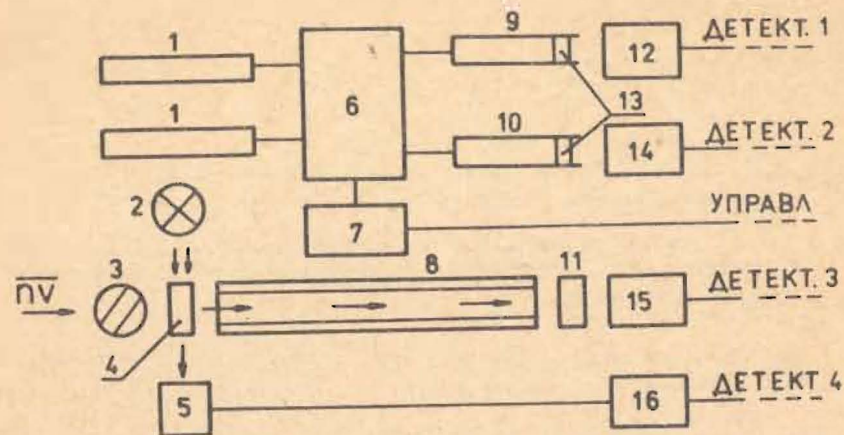


Рис.1. 1 - каналы облучения образцов около активной зоны реактора; 2 - импульсный источник света; 3 - прерыватель пучка нейтронов; 4, 11, 13 - анализируемые образцы; 5 - импульсный спектрофотометр; 6 - установка "Регата", 7 - интерфейс установки "Регата"; 8 - зеркальный нейтронный канал; 9, 10 - измерительные позиции; 12, 14, 15, 16 - детекторы и их электроника.

Третий измерительный тракт используется для элементного анализа по мгновенным реакциям захвата тепловых нейтронов  $(n, \alpha)$ ,  $(n, \gamma)$  и  $(n, p)$ . Образец 11 этого тракта в процессе измерений находится в пучке нейтронов, выводимых из реактора с помощью искривленного зеркального нейтронного канала 8. В качестве детекторов 15 используются  $\text{Ge(Li)}$  или кремниевые детекторы.

Четвертый тракт предназначен для экспериментов по импульсному радиолитическому анализу жидкостей и твердых тел. Он состоит из прерывателя пучка нейтронов 3, импульсного источника света 2, исследуемого образца 4 и спектрофотометра 5, сигнал с которого поступает в блок детекторной электроники 16, состоящий из ФЭУ и спектрометрического усилителя.

## 2. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

### а. Общие сведения

Организирующим узлом модуля, блок-схема которого приводится на рис.2, является микро-ЭВМ MERA-60-30, оснащенная пультовыми терминалами /алфавитно-цифровым дисплеем, матричной печатью/ и флоппи-дискетом, которые используются для управления аппаратурой модуля, для вывода и хранения информации. К ЭВМ посредством крейт-контроллеров ККВ подключены два крейта КАМАК, образующие ветви КАМ 1 и КАМ 2.



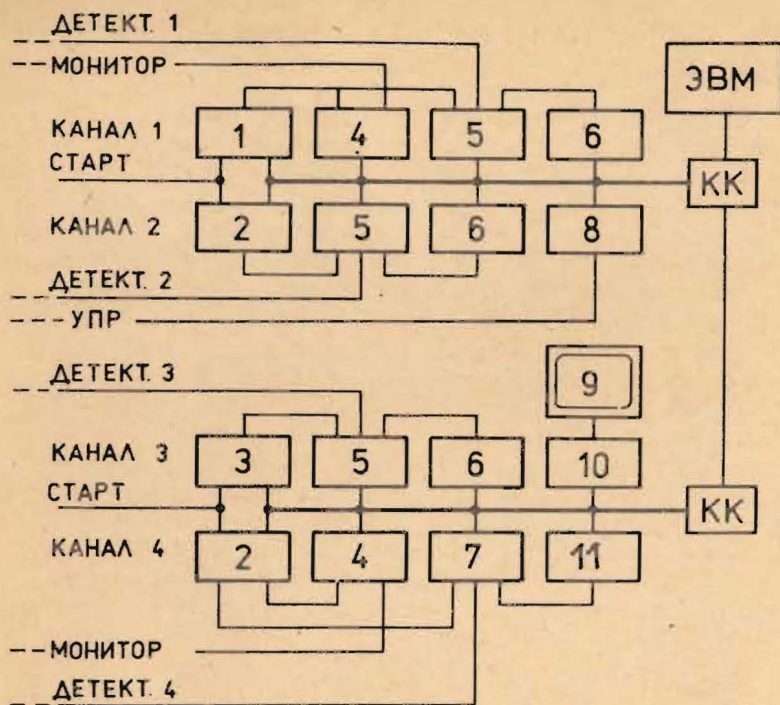


Рис.2. 1 - блок временных окон; 2,3 - временной преобразователь; 4 - счетчик-монитор; 5 - аналого-цифровой преобразователь; 6, 11 - запоминающие устройства; 7 - устройство измерения формы сигнала; 8 - блок управления физической установкой; 9, 10 - точечный дисплей и его драйвер.

Состав оборудования, размещенного в этих крейтах, организация связей в совокупности с программным обеспечением позволяют одновременно организовать работу четырех накопительных каналов /НК/-КАНАЛ 1 - КАНАЛ 4, управляемых одной ЭВМ<sup>1/2/</sup>.

Каждый такой НК оснащен входными устройствами: временным 2 или 3, амплитудным 5, цифровыми преобразователями, автономным запоминающим устройством /ЗУ/ - 6 или 11, а также сервисными блоками, используемыми для управления физической аппаратурой 8, мониторинга информации 4 и пр.

Эти блоки могут поочередно взаимодействовать с магистралью КАМАК - режим "КАМАК" или между собой /по непосредственным связям/ - режим "Измерение".

В режиме "КАМАК" осуществляются операции с аппаратурой по ветвям КАМ 1 и КАМ 2 магистралей, а именно: установка блоков в требуемые состояния, вывод информации из ЗУ для представления ее на экране точечного дисплея 9, пультовых терминалах или хранения на магнитном диске и т.д.

В режиме "Измерение" организуется накопление спектрометрической информации в каждом НК без участия ЭВМ. Это достигается прямыми связями входных блоков с автономными ЗУ.

Использование таких связей позволяет сократить время регистрации в НК до 1-2 мкс на событие в зависимости от типов входных блоков и ЗУ, организовать несколько экспериментов на одной ЭВМ и эффективно использовать ее для целей управления.

#### б/ Описание измерительно-накопительных каналов

Аппаратура 1-3 каналов обеспечивает накопление амплитудных /во временном окне/ или временных спектров.

В амплитудных измерениях используются АЦП<sup>3/</sup> на 4096 каналов со средним временем преобразования 16 мкс и дифференциальной нелинейностью 1%.

Выделение требуемой части этих спектров осуществляется с помощью временных преобразователей ВК5<sup>4/</sup> или ВКП-4<sup>5/</sup>, обеспечивающих временную развертку до 4096 каналов с регулируемым числом каналов, их шириной и задержкой временной развертки относительно стартового импульса реактора.

В качестве накопителей применяются ЗУ<sup>6,7/</sup> емкостью 4К, 16Кx24 бит и временем обращения 1-2 мкс, а для мониторинга входной информации используются двоично-десятичные счетчики КС014<sup>8/</sup>.

В отличие от 1 и 3 каналов, управление которыми осуществляется в режиме диалога с ЭВМ, ход измерений во 2 канале автоматически управляем: аппаратура этого канала осуществляет последовательное накопление амплитудных спектров /до 32/ от облученных образцов, помещенных до начала измерений в проботку установки "Регата".

Для реализации этих функций создан интерфейс /блок-схема которого приведена на рис.3/, сопрягающий установку "Регата" с блоком управления физической установкой - БУФУ<sup>9/</sup>. Связь этого интерфейса с пневмотранспортной установкой "Регата" /ПТУ/ осуществляется через преобразователи уровней 1, а с блоком БУФУ - через передатчики и приемники линии связи 7. Основные операции управления ходом эксперимента осуществляются в следующей последовательности: в зависимости от состояния датчиков ПТУ, в качестве которых используются фотодатчики ФД и концевые выключатели КВ, формирователь 2 вырабатывает сигнал "Готовность" ПТУ к перемещению контейнера с облученным образцом. По этому сигналу ЭВМ генерирует сигнал "Выбор", который транслируется блоком БУФУ в линию связи ПТУ. При появлении сигнала "Выбор" запускается схема выбора образца из проботки 3, которая в определенной последовательности управляет пневматическими и механическими приводами ПТУ, обеспечивая извлечение образца из проботки и перемещение его к детектору. После того, как перемещение образца к детектору произведено, эта схема вырабатывает сигнал "Ответ",



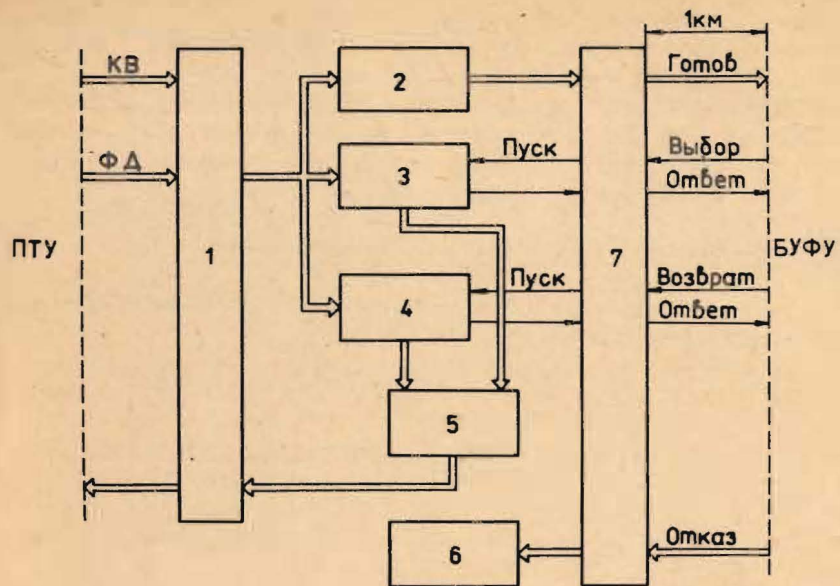


Рис.3. 1 - преобразователь уровня; 2 - формирователь сигналов готовности; 3 - схема выбора образца из проботек; 4 - схема возврата образца в проботек; 5 - схема ИЛИ; 6 - схема индикации типа отказа; 7 - приемники и передатчики сигналов в линию; КВ - концевые выключатели; ФД - фотодатчики.

по которому ЭВМ запускает измерения на заданное экспериментатором время, в течение которого ведется накопление информации. По окончании заданного времени измерения останавливаются и, при наличии сигнала готовности ПТУ к возврату образца в проботек, от ЭВМ поступает сигнал "Возврат", запускающий схему возврата образца в проботек 4. С окончанием транспортировки образца эта схема формирует сигналы "Ответ" и "Готовность" выбора следующего образца из проботек, после чего накопленная информация записывается на диск. Далее описанный выше цикл повторяется для очередного образца.

В случае отказа ПТУ выполнить какую-либо транспортную операцию ЭВМ по результатам анализа ответных сигналов ПТУ выставляет на соответствующих шинах линии связи сигналы "Отказ", которые включают звуковую сигнализацию, а схема индикации 6 указывает на тип произошедшего отказа: "Нет готовности ПТУ к перемещению", "Образец не перемещен к детектору". "Образец не возвращен в проботек". В этих случаях управление экспериментом приостанавливается, а с устранением неисправности продолжается с прерванной операции.

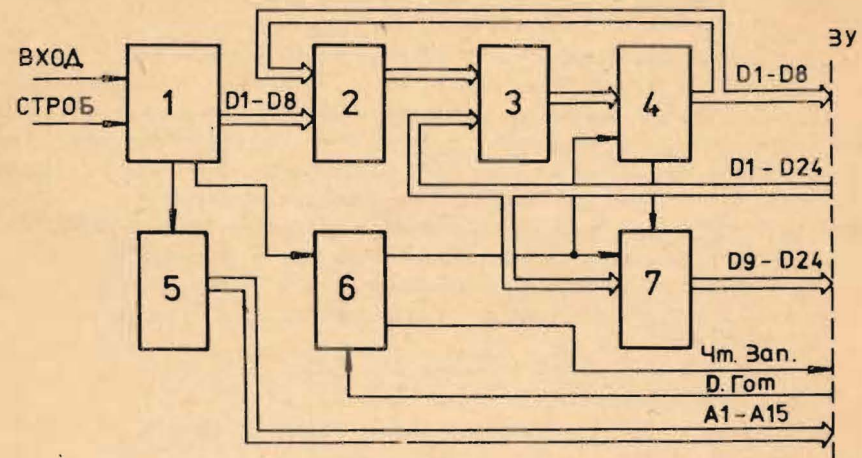


Рис.4. 1 - аналого-цифровой преобразователь; 2 - сумматор; 3 - схема ИЛИ; 4 - регистр данных младшего байта; 5 - регистр адреса; 6 - схема управления; 7 - регистр данных старших байтов.

Оборудование 4 канала осуществляет измерение формы плавно-меняющегося сигнала по дискретным значениям его амплитуды с интервалом  $T$ .

Для проведения таких измерений разработан входной блок /рис.4/, содержащий быстродействующий АЦП  $10^4$ , сумматор и логику управления. Интервалы  $T/T = 4 \cdot 2^n$  мкс, где  $n = 0, 1, 2, 4$  задаются импульсами "Строб", по которым АЦП 1 формирует 8-разрядный код, соответствующий на данный момент  $T$  амплитуде исследуемого сигнала.

С приходом импульса "Строб" АЦП начинает преобразование и одновременно с этим в адресном регистре 5, работающем в счетном режиме, устанавливается адрес  $A1-A15$ , определяющий ячейку запоминающего устройства /ЗУ/, из которой по сигналам схемы управления 6 осуществляется чтение данных, и затем их запись в регистр данных блока. Запись младшего байта считанных данных  $D1-D8$  производится через схему ИЛИ 3 в регистр 4, старших байтов  $D9-D24$  в регистр 7. Эти регистры связаны цепью переноса, образуют общий регистр данных.

С окончанием преобразования АЦП его код поступает на сумматор 2, где суммируется с данными  $D1-D8$ , хранящимися в регистре 4. Затем схема управления 6 инициирует цикл записи ЗУ, и результат суммирования заносится в выбранную ячейку памяти. С приходом очередного строба описанный процесс повторяется.

Цикл регистрации одного события составляет 4 мкс.



### 3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основой программного обеспечения измерительного модуля является программа FORUM (FORe Users Measurements), позволяющая на одной ЭВМ одновременно организовать четыре независимых эксперимента. Эта программа явилась результатом развития широко используемой в ИЦ ЛНФ ОИЯИ программы DUM (Dual Memory)<sup>9/</sup>, обеспечивающей одновременное проведение двух экспериментов.

Последовательное управление каждым экспериментом и предварительная обработка накопленной информации могут производиться в режиме диалога с пультового терминала ЭВМ, либо из управляющего файла, содержащего программу эксперимента на языке команд программы FORUM.

Программа FORUM включает все возможности программы DUM и дополнительно позволяет:

- выбирать канал накопления информации /один из четырех/;
- запускать измерение на определенное время;
- приостанавливать накопление информации с возможностью его продолжения на время, оставшееся до завершения экспозиции;
- указывать имя файла, в который будут записаны накопленные данные по окончании измерения;
- наблюдать накопление информации на экране точечного дисплея в ходе измерения;
- запускать последовательность команд, составляющих программу эксперимента, из внешнего файла с возможностью использования оператора цикла;
- суммировать два файла данных в заданных пределах с занесением суммы во второй файл;
- выполнять команды NAF в первом и втором крейтах.

Одновременно программа позволяет автоматизировать ход эксперимента канала активационного анализа, обеспечивая:

- автоматическое управление пневмотранспортной установкой "Регата" /ПТУ/ и контроль правильности ее работы;
- последовательное накопление спектров /до 32/ и сохранение их на диске;
- экспресс-обработку гамма-спектров с выдачей данных об элементном составе образцов.

Перед началом работы в автоматическом режиме на диске формируется общий паспорт для группы образцов /до 32/. В паспорте содержится информация о количестве образцов, продолжительности облучения и времени его окончания /для каждого образца/, а также времени измерения.

По старту программы первый образец из проботки перемещается к детектору, его перемещение контролируется по ответным сигналам от физической аппаратуры. После перемещения образца к детектору дается старт измерений на время, заданное пользователем. По истечении этого времени измерения останавливаются, и накопленная ин-

формация записывается на диск. Паспорт, соответствующий данному измерению, содержит в имени специальную метку, позволяющую отличить файл паспорта от файла спектра. Когда измерения ведутся циклически /например, для различных образцов/, то имена файлов спектров и паспортов модифицируются, чтобы их можно было отличить друг от друга. Время начала и окончания измерения заносится в личный паспорт образца, где также хранится информация о времени конца облучения и его продолжительности, а также вес образца в граммах. Эта информация используется в дальнейшем для экспресс-обработки данных эксперимента.

В случае сбоя ПТУ на пультовом терминале печатаются сообщения об ошибках: "Нет готовности к перемещению", "Образец не перемещен к детектору" или "Образец не возвращен в проботку", а также выставляется соответствующий аварийный сигнал, поступающий на установку "Регата". При указанных отказах ЭВМ переходит в режим ожидания отсутствующего сигнала ПТУ.

Программа FORUM написана на языке MACRO-11. Для одновременной работы канала в автоматическом режиме и трех каналов в режиме диалога с ЭВМ используется двухзадачный монитор операционной системы RT-11. В область оперативной задачи загружается программа FORUM в переменном формате, выполняющая все действия, необходимые для автоматического режима. Программа, запущенная в фоновой области, обеспечивает диалоговый режим работы.

Для экспресс-обработки спектров, получаемых при активационном анализе, созданы программы: PIKET, AVT, PRI и MAS.

Программа PIKET обрабатывает спектр эталонного образца. Она вычисляет площади указанных экспериментатором пиков, производит их энергетическую калибровку по нескольким точкам и вводит веса элементов, содержащихся в эталонном образце.

При обработке выбранных пиков указывается участок спектра /до 100 каналов/, где предполагается пик. Эта часть спектра вызывается на экран точечного дисплея и после визуального наблюдения спектра указываются: положение максимума пика, его полуширина, количество каналов для определения фона слева и справа от пика. По этим данным формируется эталонный спектр, хранящийся в отдельном файле внешнего носителя.

Используя эталонный спектр и исходные параметры эксперимента, а именно: количество исследуемых образцов, время облучения, измерения и веса образцов, которые формируются программой FORUM, программа AVT обеспечивает автоматическую обработку спектров исследуемых образцов. После того, как спектр набран и записан на внешний носитель, программа AVT производит обработку этого спектра одновременно с накоплением его от следующего образца, и так до тех пор, пока не обработается спектр последнего образца. Эта программа вычисляет площади и ошибки площадей пиков в исследуемых спектрах, по которым вычисляются веса химических элементов по сравнению с содержанием их в эталонном спектре.



После завершения работы программы AVT создается файл результатов, который программой PRI можно вывести, указав имя файла, на экран точечного дисплея, либо на пультовые терминалы ЭВМ.

Для получения оценочных результатов какого-либо единичного измерения, воспользовавшись программой MAS, можно вычислить веса исследуемых химических элементов, для чего необходимо указать данные об эталоне: время облучения и измерения; периоды полураспада, площади и соответствующие им веса элементов.

Программа PIKET, AVT, PRI, MAS написаны на языке FORTRAN IV-PLUS и работают в системе RT-II, как фоновые задачи.

Ввиду ограниченного объема памяти программы AVT, PIKET имеют оверлейную структуру.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью описанной установки, используемой в экспериментах около 1,5 лет, произведены измерения характеристик нейтронных пучков каналов БФК и "Регата", осуществлен многоэлементный /10-15 элементов/ активационный анализ более 2000 образцов.

Авторы выражают благодарность за полезные обсуждения В.А.Вагову, В.А.Владимирову, Г.П.Жукову, В.Г.Тишину, а также благодарят Е.А.Коберидзе, Г.П.Костина, В.В.Старцева за монтаж и настройку отдельных блоков, входящих в состав измерительного модуля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров В.М. и др. В сб.: II Всесоюзное совещание по ядерно-физическим методам анализа и контроля окружающей среды. Рига, 1982, с. 62.
2. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-82-351, Дубна, 1982.
3. Имаев Э.Г. и др. ОИЯИ, P13-3911, Дубна, 1968.
4. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 11-8522, Дубна, 1975.
5. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 10-84-158, Дубна, 1984.
6. Ермаков В.А. и др. ОИЯИ, 13-12718, Дубна, 1979.
7. Ермаков В.А. и др. ОИЯИ, 10-83-194, Дубна, 1983.
8. Журавлев М.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1977.
9. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, P3-82-770, Дубна, 1982.
10. Ишмухаметов М.З. и др. ОИЯИ, 11-12153, Дубна, 1979.
11. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-82-351, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 марта 1985 года.

Ермаков В.А. и др.

13-85-161

Измерительный модуль для элементного анализа и радиационных исследований на ИБР-2

Описана измерительная система на базе микро-ЭВМ для проведения элементного анализа и радиационных исследований на реакторе ИБР-2, обеспечивающая: управление измерительной аппаратурой и задание исходных параметров экспериментов с пультовых терминалов ЭВМ; одновременные накопления спектрметрической информации по четырем автономным накопительным трактам; программируемое управление измерительной аппаратурой и кассетой пневмотранспортной установки емкостью до 32 образцов, используемых для элементного анализа; предварительную обработку информации.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой