

Объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
Дубна

3640/83

18/4-83

P13-83-215

В.В.Голиков, В.А.Ермаков, В.Н.Замрий,  
Г.Н.Зимин, В.И.Лушиков, А.Б.Роганов,  
В.М.Северьянов, Б.Н.Соловьев, А.С.Щелев

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ КАНАЛА УХН  
РЕАКТОРА ИБР-2 НА БАЗЕ МИКРО-ЭВМ

Направлено в Оргкомитет XI Международного  
симпозиума по ядерной электронике,  
6-13 сентября 1983 г., Братислава, ЧССР.

1983



В 1968 г. группой Ф.Л.Шапиро<sup>1/1</sup> были успешно осуществлены эксперименты по получению очень медленных нейтронов с энергией  $E \leq 10^{-7}$  эВ. С этого момента как в СССР, так и за рубежом начались интенсивные работы по исследованию свойств таких нейтронов и применению их в различных физических экспериментах. Из-за чрезвычайно низкой эффективной температуры  $\sim 10^{-3}$  К полученные нейтроны были названы ультрахолодными /УХН/.

Интерес к УХН возник главным образом в связи с их способностью испытывать полное отражение от ряда материалов при любых углах падения. Это свойство УХН позволяет хранить нейтронный газ в замкнутых сосудах в течение продолжительного периода времени. Возможность хранения нейтронного газа открывает путь существенно-го повышения времени пребывания нейтронов в измерительных установках, предназначенных для определения фундаментальных характеристик нейтрона /электрический дипольный момент, период полураспада, электрический заряд/. Увеличение времени пребывания нейтронов в замкнутых сосудах должно привести к значительному улучшению точности результатов по определению или верхней оценке этих характеристик.

Малая интенсивность УХН и большая продолжительность накопления данных обусловили требования автоматизации экспериментов с применением управляющей ЭВМ<sup>1/2/</sup>.

Для реализации некоторых из указанных экспериментов на импульсном реакторе ИБР-2 созданы канал УХН, обеспечивающий получение и транспортировку их от замедлителя реактора до экспериментальных установок<sup>1/3/</sup>, и измерительный модуль на базе крейта КАМАК и микро-ЭВМ, используемой для управления ходом эксперимента, накопления и обработки информации.

Описываемый модуль обеспечивает:

- управление аппаратурой и задание исходных параметров эксперимента с клавиатуры терминальных устройств ЭВМ;
- автономное накопление спектрометрической информации во внешнем запоминающем устройстве;
- программируемое управление экспериментом и измерение его параметров.

Используемая аппаратура состоит из следующих основных узлов: детекторный канал с автономным накопителем, аппаратура управления и контроля параметров физической установки.

Блок-схема модуля приведена на рис.1.



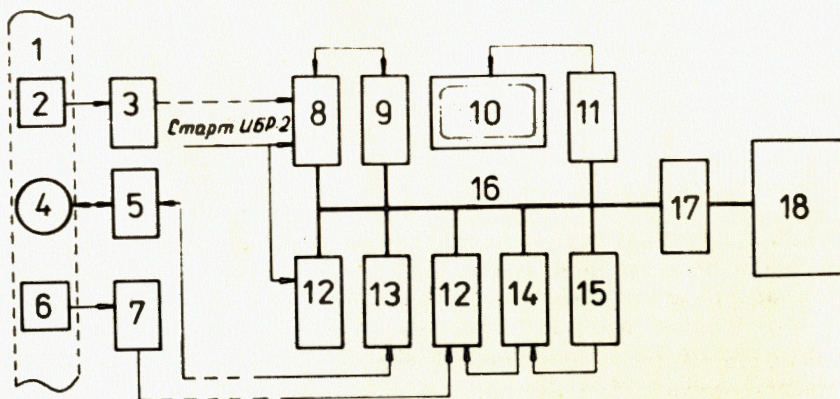


Рис.1. Блок-схема измерительного модуля. 1 - нейтронный канал УХН; 2 - детектор нейтронов; 3 - детекторная электроника; 4 - заслонка /шторка/ канала УХН с электро-механическим приводом 5; 6 - датчики температуры и вакуума, 7 - преобразователь сигналов датчиков в частоту, 8 - временной кодировщик, 9 - запоминающее устройство, 10 - монитор дисплея, 11 - драйвер дисплея, 12 - счетчики импульсов, 13 - блок управления приводом шторки, 14 - счетчик с предустановкой, 15 - генератор, 16 - магистраль КАМАК, 17 - контроллер связи с ЭВМ, 18 - ЭВМ.

## 1. ДЕТЕКТОРНЫЙ КАНАЛ

Источником УХН может быть замороженный слой водородсодержащего вещества, охлаждаемый до температуры 18-20 К холодным гелием и расположенный внутри нейтронного канала вблизи активной зоны реактора. В качестве детектора нейтронов используется пропорциональный счетчик на основе  $^3\text{He}$ , представляющий собой камеру, наполненную до давления 1500 Тор газовой смесью, в составе которой 98% Ar, 1%  $\text{CO}_2$ , 1%  $^3\text{He}$ .

Сигналы счетчика поступают на предусилитель с большим входным сопротивлением /~ 100 МОм/ и далее на типовой спектрометрический усилитель. Передача детекторных сигналов в измерительный центр ЛНФ осуществляется через промежуточные блоки по коаксиальному кабелю /~ 1 км/.

## 2. АВТОНОМНЫЙ НАКОПИТЕЛЬ

Автономный накопитель состоит из временного кодировщика /4/ и запоминающего устройства /5/. Взаимодействие этих блоков обеспечивается их непосредственными связями. Это позволило освободить

ЭВМ от функций оперативного накопления спектрометрической информации и тем самым обеспечить более эффективное использование ЭВМ для управления экспериментом и обработки информации без прерывания процесса накопления.

В ходе эксперимента накопителем обеспечивается регистрация временных спектров в интервале 200 мс между стартовыми импульсами реактора. Накопленная информация при необходимости может быть представлена на экране дисплея.

## 3. УПРАВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ

Для измерения фона экспериментального зала и фона быстрых нейтронов, распространяющихся по каналу, детектор УХН периодически закрывается полностью отражающим УХН экраном /шторкой/. Перемещение шторки в состояния "Открыто" и "Закрывается" выполняется через равные промежутки времени, задаваемые программно. Это время отсчитывается по числу стартовых импульсов реактора счетчиком КС 017/8/. По истечении заданного времени ЭВМ выдает команду, адресуемую блоку управления физической установкой /БУФУ/ /7/.

Управляющие сигналы из этого блока передаются по линии связи в устройство перемещения шторки /УПШ/ для включения электродвигателя. Перемещение шторки из одного состояния в другое выполняется за ~ 3 с., после чего из УПШ по линии связи поступает ответный сигнал в БУФУ, сообщающий ЭВМ об окончании перемещения.

## 4. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ

Основными параметрами, определяющими стабильную работу канала УХН, является температура источника УХН и уровень вакуума в нейтронном канале.

В качестве датчиков температуры и вакуума используются стандартные термодатчики и ионизационный манометр. Применение преобразователя сигналов датчиков в измеряемую частоту следования импульсов /8/ обеспечивает передачу значений аналоговых сигналов низкого уровня на значительные расстояния в условиях интенсивных помех.

Четырехканальный преобразователь сигналов в частоту /ПЧ/ размещается вблизи установки. Канал измерения параметра включает: датчик аналогового сигнала низкого уровня, нормирующий усилитель, преобразователь сигнала в частоту и формирователь импульсов с изолированным выходом, подключаемый к коаксиальному кабелю.

Выходные импульсы ПЧ передаются в регистрирующие счетчики, установленные в модуле. Входы регистрирующих счетчиков открываются управляющим сигналом, поступающим с таймера /счетчика с предустановкой, который запускается импульсами генератора/. Пе-



риод следования импульсов и интервалы времени измерений в этих блоках устанавливаются программно. По завершении заданного интервала измерений, обычно кратного периоду основной помехи /20 мс/, содержание регистрирующих счетчиков считывается в ЭВМ. В регистрирующей части схемы измерения параметров использованы типовые блоки КАМАК: генератор КВ 005<sup>9/</sup>, двоичный счетчик КС 017 и счетчик с предустановкой КС 013<sup>10/</sup>, имеющий дополнительные вход запуска и выход управляющего сигнала.

## 5. УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОМ

В ходе эксперимента попеременно накапливаются два вида спектров, соответствующих двум положениям шторки /"Открыто", "Закрыто"/. По завершении перемещения шторки в положение "Открыто" /ОШ/ блок УПШ сигнализирует об этом БУФУ и далее - ЭВМ, которая устанавливает продолжительность накопления спектра, временной интервал измерения параметров и запускает измерения. По истечении времени измерения выполняется чтение значений параметров установки. Если значения параметров не выходят за указанные пределы, то накопленная информация суммируется с содержимым участка оперативной памяти, отведенного для хранения данных, регистрируемых в цикле ОШ. Если отклонения параметров превышают заданные пределы, то эксперимент останавливается.

За циклом ОШ следует такой же цикл измерений с закрытой шторкой /цикл ЗШ/, и накопленная информация суммируется с содержимым второго участка оперативной памяти. После выполнения заданного числа парных циклов /ОШ и ЗШ/ осуществляется вычитание спектров и занесение значения параметров вместе с номером измерений в "паспорт" данной серии измерений.

## 6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основой программного обеспечения /ПО/ модуля является программа DUM, используемая в измерительном центре ЛНФ на ЭВМ типа СМЗ и МERA 60-30<sup>11/</sup>. Эта программа позволяет на одной ЭВМ для двух пользователей реализовать управление ходом эксперимента и независимое накопление информации с использованием двух внешних /по отношению к ЭВМ/ запоминающих устройств /ЗУ/.

Программа DUM представляет собой простой интерпретатор команд, выполненный в виде диспетчера, построенного на основе таблицы команд и набора подпрограмм, реализующих отдельные команды. Последовательность команд, составляющая программу эксперимента, может вводиться пользователем в режиме диалога с терминала ЭВМ непосредственно в ходе эксперимента, либо из косвенного командного файла, в который команды заносятся пользователем до начала измерений.

Команды программы DUM синтаксически просты и позволяют пользователю:

- настроить программу на выбранный канал накопления /выбрать одно из двух внешних ЗУ/;
- очистить ЗУ и запустить накопление;
- приостановить накопление;
- возобновить приостановленное накопление;
- сохранить в файле на диске содержимое выбранного участка ЗУ;
- распечатать содержимое выбранного участка ЗУ или файла в десятичном представлении;
- просмотреть содержимое выбранного участка ЗУ или файла на экране графического дисплея.

Программа DUM построена таким образом, что в нее могут быть легко добавлены новые команды. При создании ПО канала УХН введено несколько команд, отражающих специфику данных измерений. Для накопления спектров при открытой и закрытой шторках выделяются две буферные зоны в оперативной памяти ЭВМ. В каждом цикле измерения для определенного положения шторки информация накапливается в предварительно очищенном поле внешнего ЗУ, причем время экспозиции определяется заданным числом стартовых импульсов реактора. По окончании экспозиции содержимое внешнего ЗУ суммируется с содержимым соответствующей буферной зоны оперативной памяти ЭВМ.

Для организации такого режима введены следующие команды:

- команда, позволяющая очищать внешнее ЗУ и запускать накопление с указанием количества стартовых импульсов реактора, после поступления которых накопление должно быть остановлено;
- команда, дающая возможность организовать циклы /ОШ и ЗШ/ в программе эксперимента с заданием количества их повторений. Команда представляет собой парные синтаксические скобки, указывающие диспетчеру, что все команды, заключенные между этими скобками, должны быть повторены заданное число раз, после чего возможен выход из нее и выполнение других команд, причем в цикл могут включаться любые команды интерпретатора DUM, кроме команды цикла;
- команда управления положением заслонки;
- команда, позволяющая прибавлять содержимое внешнего ЗУ к содержимому буферной зоны оперативной памяти ЭВМ, соответствующей открытому или закрытому положению шторки;
- команда вычитания содержимого одной буферной зоны из содержимого другой;
- команда подсчета поканальной суммы интеграла в заданных пределах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный измерительный модуль за время его эксплуатации /около года/ позволил произвести исследования основных параметров ка-



нала УХН на реакторе ИБР-2, таких, как интенсивность пучка УХН, его временные характеристики, пропускание нейтронновода УХН, а также оптимизацию конвертора-источника УХН.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Луциков В.И. и др. Письма в ЖЭТФ, 1969, 9, вып. 1, с. 40.
2. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-6297, Дубна, 1972.
3. Архипов В.А. и др. В сб.: "IV Международная школа по нейтронной физике". ОИЯИ, ДЗ, 4-82-704, Дубна, 1982, с. 277-291.
4. Барабаш И.П., Шibaев В.Д. ОИЯИ, 11-8522, Дубна, 1975.
5. Ермаков В.А., Зимин Г.Н. ОИЯИ, P13-80-591, Дубна, 1980.
6. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
7. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, P3-82-770, Дубна, 1982.
8. Гуляев В.А., Замрий В.Н. ОИЯИ, P13-81-230, Дубна, 1981.
9. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-105-76, Дубна, 1977.
10. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
11. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-82-351, Дубна, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 апреля 1983 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований



**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Голиков В.В. и др.

P13-83-215

Измерительный модуль канала УХН реактора ИБР-2 на базе микро-ЭВМ

Описана автоматизированная система управления ходом эксперимента, контроля параметров физической установки, накопления и обработки спектрометрической информации на базе крейта КАМАК и микро-ЭВМ MERA 60-30 для проведения исследований основных параметров канала ультрахолодных нейтронов на импульсном реакторе ИБР-2.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Golikov V.V. et al.

P13-83-215

Measuring Module Based on a Microcomputer for the Ultracold Neutrons Channel of the IBR-2 Pulsed Reactor

An automated system based on the MERA-30 microcomputer is described. It has been designed to control experiments, to monitor parameters of physical equipment, to accumulate and process spectrometrical information. The system is intended for studying the basic parameters of ultracold neutrons channel on the IBR-2 pulsed reactor.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.