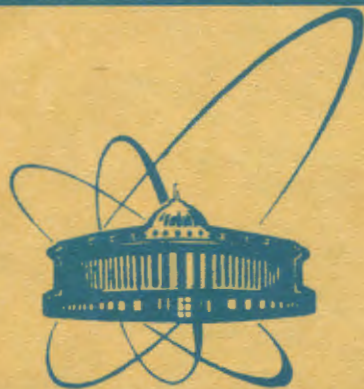


80-826



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Ц 8481 + Ц 840 в

P10-80-826

1652 / 1-81

В.А.Вагов, Г.П.Жуков, Е.П.Козлова,
М.Л.Коробченко, Ю.Намсрай, Ю.М.Останевич,
А.С.Савватеев, И.М.Саламатин, А.П.Сиротин

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ СПЕКТРОМЕТРА
МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ НЕЙТРОНОВ
НА ИМПУЛЬСНОМ РЕАКТОРЕ ИБР

1980

1. ВВЕДЕНИЕ

Одним из быстро развивающихся методов исследования структуры конденсированных сред является малоугловое рассеяние тепловых и холодных нейтронов. В ходе подготовки программ исследований на мощном импульсном реакторе ИБР-2^{1/} было показано^{2/}, что исследование малоуглового рассеяния на импульсных источниках нейтронов может быть эффективно реализовано с большой светосилой и сравнительно простыми техническими средствами. Простые оценки, базирующиеся на экспериментальных исследованиях на макете установки малоуглового рассеяния, показывают, что типичные времена экспозиции на реакторе ИБР-2 могут составлять несколько минут, а полнота эксперимента требует экспозиции нескольких исследуемых образцов в тождественных или, по возможности, близких условиях. Кроме того, принятая компоновка экспериментального оборудования позволяет за одну экспозицию создать большой массив информации /до 8К байт для каждого образца/. Совокупность всех факторов - быстродействие и светосила экспериментального оборудования, достаточно сложная программа работы оборудования во время экспозиции, большой поток экспериментальной информации, необходимость создания массива сопутствующих данных, описывающих условия каждой экспозиции, и, наконец, естественное желание обеспечить скорость дальнейшей обработки полученной информации, по порядку величины сопоставимую со скоростью накопления, - предопределила решение о создании измерительного модуля установки малоуглового рассеяния на базе малой ЭВМ.

Описываемая в данной работе версия оборудования и программно-го обеспечения является первым шагом на пути создания полной системы обеспечения малоугловых экспериментов и решает основные задачи: накопление данных, управление экспериментальной аппаратурой, хранение накопленных результатов и их вывод в информационную сеть измерительного центра лаборатории. На этом этапе, естественно, от решения целого ряда менее существенных задач пришлось отказаться. Описываемая система удовлетворительно выдержала этап опытной эксплуатации и в настоящее время используется для физических исследований.

Все оборудование, входящее в состав установки, целесообразно разделить на две части: физическую аппаратуру и аппаратуру измерительного модуля. К первой части относятся узлы и устрой-

Основой измерительной системы является универсальная малая ЭВМ с объемом ОЗУ 28К, программно совместимая с ЭВМ серии PDP-11, что позволяет в дальнейшем использовать данный модуль в качестве локальной системы измерительного центра Лаборатории нейтронной физики.

В комплект ЭВМ входят стандартные внешние устройства: перфоратор, фотосчитыватель, печатающее устройство. Кроме того, было выполнено подключение дисплея VT-340, что позволяет пользователю более оперативно осуществлять связь с измерительными модулями. Скорость вывода на VT-340 составляет 500 знаков/с. Обеспечена возможность использования в качестве внешних запоминающих устройств накопителя на магнитном диске типа ИЗОТ-1370 и накопителя на магнитной ленте типа ЕС-5012. Связь вычислительной машины с крейтом КАМАК осуществляется через крейт-контроллер отечественного производства КК-16, аналогичный по своим параметрам контроллеру NE-9030^{4/}.

В крейте КАМАК расположены следующие блоки:

CPU - счетчик 2x24, связанный с детектором пропускания и используемый для мониторинга потока нейтронов на входе физической установки;

TGE- тактовый генератор 7254^{5/};

BFR- блок, служащий для формирования и дешифрации детекторной информации. Номер детектора считывается с линий А, В и С, а стробирующий сигнал - с линии Σ;

BK5 - временной кодировщик^{5/}, обеспечивающий разбиение временного интервала между стартами реактора нужным образом и инициирование сигналов КС /канальная серия/ и В0 /временное окно/, используемых в других блоках крейта;

SC1, SC2 - детекторные счетчики /два идентичных блока 4x8/, работающие в многосчетчиковом режиме. Каждый счетчик реализует два состояния: режим накопления и режим вывода информации. Смена состояний осуществляется импульсами КС, поступающими от блока BK-5. Регистрация информации от детектора аппаратно разрешена только во время В0 от BK-5;

BFZ - формирователь запросов, выставляющий сигнал L по окончании сигнала В0;

BUPO - регистр ввода-вывода^{11/}, осуществляющий связь с исполнительными механизмами перемещения образца и положения фильтра и содержащий информацию о текущем состоянии экспериментальной установки. Этот блок также вырабатывает сигналы L по завершении операции перемещения образца в рабочее положение и при возникновении аварийной ситуации;

COM - блок связи /7264^{5/} /, служащий для передачи накопленных спектров в ЭВМ PDP-11/70 и другие устройства измерительного центра;

DIS - интерфейс дисплея и блок преобразования "Цифра-Аналог", обеспечивающие вывод спектров на экран точечного дисплея.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ

3.1. Общее описание

Для реализации эксперимента на описанном оборудовании создана прикладная операционная система MUR. Монитор этой системы вызывается как задача в рамках операционной системы

```
1 /CORE 26KW
2 /GET RESUME,SUSPND,DOWN,TYFUN,TYCTRL,SET,UNSET,ERRRES
3 /GET CLRB,CLRV,OFMUR,DEFSP,SCALEY,SCALEX,KILLSF
4 /GET TRANS,DRVUPO,CYCLE,ODT,Q,QECHO,WRITE,READ,IORT
5 /GET FSPEC,ASK,CHECK,LOADB,SM,MOVE,STOPW,DECI,INCI
6 /IV AUTO=0,MCUR,MMIN=100,SMAX=1000,CHOK=0,MV,ST=-2
7 /D IV M=OD,NCYC=OD
8 /IV TSC=12000,TBS=30,CHAN=60
9 /IB 8*SM2BT%(256W),8*SM1DT%(256W)
10 /IB SPECT1(127776V,2048W),SPECT2(137776V,2048W)
11 /IB SAVE(127776V,4096W),SPECTR(4096W),IN(36W)
12 /IB REGIS(2048W),SAMPLS(74W),CURSAM(4W)
13 /FIELD*256W 1 RK:(SPECTR.000=4096W)
14 /FIELD*256W 2 RK:(OLD*SPECTR.000=4096W)
15 /IB FILE(1:4096W),FILEIN(2:4096W)
16 /DATA SAMPLS=1,3*0,"SPECT1",6*0,2,1,2*0,"SPECT2",6*0,-1
17 /DATA IN=? NAME:SPECTR.001 DATA:28-NOV-80 TIME:15:30:21'
18 /EVENT Q,EXP,READY,STARTM,READ
19 /LET BKS=5,SC1=6,SC2=7,CPU=11
20 /LET BFZ=10,BUPO1=18,BUPO2=16,BFR=9,TGE=21,DIS=20
21 /SUBSYS RUN,T:NE/RES
22 /DEVICE Q,FR=5,AV=170V,VECTOR=1-23=170V
23 /HCASE BKS:BKS,SC1,SC2 DO CHOK(REGIS)
24 /HCASE BFZ:BFZ,CPU,BKS DO MONITR(M,MCUR,ST,MMIN,SMAX,EXP,/*
25 CHOK,TBS)
26 /HCASE CPU:CPU,TGE,BUPO1 DO CONTRL(CHOK,TBS)
27 /HCASE BUPO2:BUPO1,BUPO2,CPU DO INTRUP(CHOK,SAMPLS,CURSAM)
28 /ATTACH BFR TO FORMER
29 /SUBSYS SHOW,T:NE/RES
30 /ATTACH DIS TO DISPLY
31 /ENDH
32 /CASE EXP DO CYCLE(M,SAMPLS,REGIS,CURSAM,AUTO,NCYC,EXP)
33 /CASE CURSAM DO DRVUPO(CHOK,CURSAM,READY,AUTO,TSC)
34 /CASE READY DO QECHO(IN,MMIN,CHAN,ST,CHOK,SAMPLS,MCUR,NCYC,/*
35 REGIS),CHECK(AUTO,READY,SAVE,SPECTR),RUN,DOWN(READY)
36 /CASE Q DO QECHO(IN,MMIN,CHAN,ST,CHOK,SAMPLS,MCUR,NCYC,/*
37 REGIS),DOWN(Q)
38 /CASE STARTM DO CLRB(SPECT1,SPECT2),CLRV(AUTO,NCYC),/*
39 CLRB(SAVE),OFMUR(SAMPLS),RUN,DOWN(STARTM)
40 /CASE SPECTR DO FSPEC(1,IN,1),IORT("WRITE",SPECTR,FILE)
41 /CASE FILE DO IORT("CLOSE",1),INCI(IN),DOWN(FILE)
42 /CASE READ DO DECI(IN),FSPEC(2,IN,0),IORT("READ",FILEIN,/*
43 SPECTR),IORT("CLOSE",2),DOWN(SPECTR),DOWN(READ)
44 /HIERARCHY SPECTR->FILE,EXP->CURSAM,CURSAM->READY
45 /END
```

Рис. 2. Текст описания прикладной системы MUR на языке САНПО.

общего назначения RT-11 V2B¹⁶ и, при загрузке в оперативную память, монополизирует все ресурсы. Система MUR предназначена для автоматического выполнения заданного числа циклов однотипных измерений требуемой продолжительности со списком образцов при двух возможных положениях фильтра. Для устранения возможного влияния лфтов в механических узлах устройства перемещения образцы приводятся в рабочую позицию при определенном направлении подхода.

В составе прикладной системы включены специальные средства для автоматического выполнения программы эксперимента. Помимо этого система включает средства для обеспечения взаимодействия с оператором, подсистему для обработки аварийных ситуаций, средства для комплексной отладки, программы тестирования оборудования и другие.

В каждом измерении регистрируются восемь спектров /гистограмм/ емкостью по 256 каналов. Регистрация ведется в многосчетчиковом режиме по программному каналу. Ширина временного канала изменяется аппаратно. Помимо спектров для каждого образца регистрируется сумма отсчетов монитора. Специальная программа контролирует мощность реактора по числу отсчетов монитора за одну "вспышку" реактора. В случаях, когда мощность меньше указанной экспериментатором пороговой величины, регистрация спектров программно блокируется до момента восстановления мощности.

На рис. 2 приведен текст описания прикладной системы MUR на языке САНПО^{17.8}. Этот текст содержит описание двух подсистем: RUN /инструкция 21-28/ и SHOW /29-31/.

3.2. Подсистема RUN

Подсистема RUN скомпонована из пяти программных модулей /CHOK, MONITR, CONTRL, INTRUP и FORMER / и работает с 4 активными и одним пассивным каналами. Под каналом мы подразумеваем совокупность электронных блоков, которые в текущий момент времени обслуживаются одним программным модулем. Эта подсистема проверяет выполнение условий регистрации, контролирует состояние оборудования и регистрирует экспериментальные данные. При регистрации данных подсистема формирует в буфере REGIS 2x8 гистограмм /256-канальных спектров/, соответствующих восьми детекторам и двум образцам. Помимо этого в переменных ST и M накапливаются отсчеты вспышек реактора и мониторинговые отсчеты соответственно.

3.2.1. Управление подсистемой RUN

Управление состоянием оборудования и программного обеспечения осуществляется четырьмя приказами. По приказу SET ("RUN") подсистема RUN выполняет обнуление буфера регистрации REGIS и перемещение первого образца и фильтра в исходную позицию для измерения. Эти операции выполняются в модулях CHOK и INTRUP соответственно.

По приказу RESUME ("RUN") обнуляются регистры детекторных счетчиков /модуль CHOK /, регистры счетчиков монитора и переменные ST и M, а также разрешается работа блока BFZ по сигналу окончания временного окна /модуль MONITR /; включается таймер для контроля интервалов между стартовыми сигналами реактора /модуль CONTRL /; разрешается работа блока BFR /модуль FORMER /. После этого приказа начинают работать каналы BFZ (BFZ, CPU, BK5) и CPU (CPU, TGE, BUPO1). Запросы прерывания от этих каналов инициируют программы MONITR и CONTRL соответственно.

Отметим, что для подсистем, работающих с экспериментальным оборудованием, приказы вида RESUME ("SNAME") и SNAME эквивалентны. В нашем случае вместо приказа RESUME ("RUN") можно использовать приказ RUN. Приказом SUSPND ("RUN") останавливается работа каналов BK5 (BK5, SC1, SC2); BFZ (BFZ, CPU, BK5) и CPU (CPU, TGE, BUPO1) модулями MONITR и CONTRL. Приказ UNSET ("RUN") приводит подсистему RUN в начальное состояние.

Назначение отдельных каналов и алгоритм их обслуживания следующие:

3.2.2. Программный модуль CHOK инициируется по запросу прерывания от канала BK5 (BK5, SC1, SC2). CHOK считывает код /0÷255/ из регистра кодировщика BK5 и интерпретирует его как один из адресов временного спектра первого детектора, затем программа считывает число из счетчика импульсов первого детектора /буфер REGIS / и суммирует с содержимым ячейки памяти по этому адресу. После этого к адресу добавляется число 256 и по новому значению выбирается содержимое ячейки оперативного запоминающего устройства /ОЗУ/, к которому добавляется число из счетчика импульсов второго детектора. Эта операция выполняется для всех восьми детекторов.

Для каждого детектора выделяется два счетчика: когда один из них ведет счет импульсов от детектора в текущем временном канале, второй может выдать содержимое /число импульсов, посчитанное в предыдущем канале/ для суммирования. В следующий промежуток времени счетчики меняются функциями. Все эти операции для восьми детекторов, а также вход и выход из прерывания необходимо выполнить за время, равное минимальной ширине

временного канала, то есть за 250 мкс. Поэтому операции проверки выполнения условий продолжения регистрации экспериментальных данных были вынесены в другой модуль. Работа данного канала разрешается при соответствующих условиях программой MONITR.

3.2.3. Программный модуль MONITR, обслуживающий канал BFZ (BFZ, CPU, BK5), получив управление по запросу прерывания от BFZ, останавливает таймер, читает отсчеты монитора из CPU(A(1)) и заносит в MCUR. Если MCUR \geq MMIN, то программа останавливает регистрацию до тех пор, пока не будет выполнено условие MCUR \geq MMIN. При выполнении этого условия программа вычисляет сумму $M := M + MCUR$ и переходит к проверке выполнения условия окончания экспозиции экспонируемого образца. Если ST \leq SMAX, то MONITR разрешает работу канала BK5 (BK5, SC1, SC2) и тем самым продолжает ввод данных. При выполнении условия ST = SMAX программа останавливает ввод данных и присваивает значение EXP := TRUE для инициации обработки накопленных данных. В случаях MCUR \geq MMIN или ST \leq SMAX заново включается таймер на интервал времени, определяемый значением переменной TBS.

3.2.4. Программный модуль CONTRL иницируется переполнением счетчика с предустановкой CPU /канал CPU: CPU, TGE, BUPO1 /. Модуль интерпретирует причину прерывания и выдает диагностическое сообщение. Причинами могут быть отсутствие стартового импульса от реактора или сигнал окончания интервала времени, в течение которого должна была завершиться смена исследуемого образца. В первом случае печатается сообщение, предупреждающее о приостановке регистрации. Текст этого сообщения приведен в строке 1 приложения 1. Во втором случае печатается сообщение /строка 2 приложения 1/ и делается до 10 попыток, чтобы завершить операцию. Если неудачны все эти попытки, то объявляется фатальная ошибка.

3.2.5. Программный модуль INTRUP обслуживает запросы прерывания от блока управления сменой образцов /канал BUPO2 : BUPO1, BUPO2, CPU /. Запросы вырабатываются в зависимости от режима работы устройства по двум причинам:

Режим	Причина запроса
1. Перемещение образца в рабочую позицию	Завершена операция перемещения образца
2. Слежение за положением образца в рабочей позиции	Образец самопроизвольно сместился из рабочей позиции или произошел обрыв линии

Программа расшифровывает причину обращения. В первом случае система получает разрешение продолжать работу. Во втором /аварийном/ случае печатается диагностическое сообщение. Тексты сообщений приведены в строках 3, 4, 5 приложения 1.

3.3. Подсистема SHOW

Данная подсистема обеспечивает генерацию изображения /гистограмм/ на экране точечного дисплея. Подсистема подключается к прикладной системе /и начинает работать/ по приказам SET, RESUME. Убрать изображение или отключить подсистему можно приказами SUSPND и UNSET. Для управления изображением на экране дисплея введены необходимые приказы.

3.4. Программы обработки данных в автоматическом и интерактивном режимах

Схемы автоматической обработки данных /включая и операции смены образцов/ описаны инструкциями в строках 32-45 на рис. 2.

Опишем назначение некоторых стандартных программ /СП/, упомянутых в этих инструкциях, а также программ, включенных в систему для выполнения операций в интерактивном режиме /строки 2-5 на рис. 2/.

СП CYCLE используется в процессе накопления данных. Она инициируется автоматически после окончания экспозиции исследуемого образца. Эта СП заносит результаты регистрации данных для образца в буфера для накопления спектров, при этом суммирует соответствующие спектры / $SPECT_i := SPECT_i + REGIS.$ где i - номер текущего образца/, отсчеты монитора и увеличивает счетчик числа экспозиций данного образца на единицу. Помимо этого программа CYCLE из списка описаний образцов в буфере SAMPLS выбирает описание следующего образца, заносит его в буфер CURSAM и вырабатывает сигнал для инициирования программы, управляющей перемещением образцов в рабочую позицию. После того как программа CYCLE исчерпает весь список образцов в буфере SAMPLS, она увеличивает на единицу счетчик циклов NCYC и начинает новый цикл по списку образцов с начала буфера.

СП DRVUPO управляет перемещением в рабочую позицию образца, описанного в буфере CURSAM тремя параметрами: номером образца /1÷6/, направлением подхода к рабочей позиции /слева или справа/ и положением фильтра /поднят или опущен/. После завершения операции смены образца программа присваивает значение $READY:=TRUE$, автоматически запускает регистрацию с новым образцом /процесс, описанный в строках 34, 35/.

СП Q и QESHO написаны для вывода по запросу оператора на его терминал таблицы, описывающей состояние системы MUR. Таблица печатается по приказу W(N) и содержит:

- 1/ пороговое значение MMIN;
- 2/ для каждого образца /номер образца в столбце S / печатается сумма отсчетов монитора (MONITR); число стартовых импульсов от реактора (START); содержимое N-го канала спектра для каждого детектора (DET-1... DET-8);
- 3/ информацию о текущем (CURRENT) и предшествовавшем состоянии подсистемы RUN /возможные состояния этой подсистемы перечислены в приложении 2/;
- 4/ номер экспонируемого образца;
- 5/ текущие отсчеты монитора за одну вспышку реактора;
- 6/ порядковый номер исполняемого цикла измерения образцов.

СП TRANS передает накопленные спектры в информационную сеть измерительного центра.

СП STOPW использовалась для остановки регистрации данных после завершения текущего цикла по образцам.

Остальные программы имеют меньшее значение либо использование их скрыто от пользователя.

3.5. Параметризация системы MUR

Параметризация системы MUR обеспечена с помощью нескольких переменных и буферов, которые определяют продолжительность экспозиции (SMAX), условия регистрации (MMIN), список образцов (SAMPLS) и последовательность их экспозиции. Исходные значения этих параметров могут быть заданы в описании системы на языке САНПО инструкциями присваивания /например, строки 6-8, 16, 17 на рис. 2 /. Помимо этого физик перед началом очередного эксперимента может задавать значения этих параметров с помощью приказа ASK. Соответствующая этому приказу программа ASK, помимо названия эксперимента, даты, времени начала эксперимента, принимает значения параметров в режиме диалога. Первый ее запрос имеет вид: DO YOU WANT TO GIVE VALUES FOR SMAX AND MMIN? Если пользователь ответит Y(YES), то программа запрашивает значения, печатая их названия. Если пользователь ответит N(NO), то программа сразу переходит к следующему вопросу: DO YOU WANT TO DESCRIBE SAMPLES? В том случае, когда пользователь желает составить новый список образцов или дополнить старый новым элементом, программа ведет диалог и получает описания образцов. Как упоминалось выше, каждый образец описывается тремя параметрами: номером образца /программа печатает SAMPL I NUMBER=/, направлением подхода к нему /APPROACH DIRECTION: / и положением фильтра /FILTER

POSITION: /. Помимо этого программа запрашивает название буфера, в котором будет накапливать спектр, соответствующий данному образцу.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная система удовлетворительно выдержала этап опытной эксплуатации и в настоящее время используется для физических исследований. На рис. 3 приведены спектры, полученные в эксперименте с использованием данной системы.

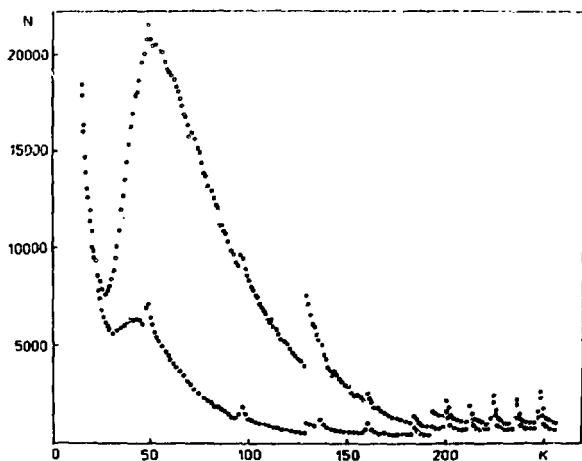


Рис. 3. Экспериментальные спектры, полученные при использовании системы MUR .

За период с января 1979 года программное обеспечение измерительного модуля реализовывалось дважды с различными по составу и логике работы наборами оборудования. Исполнение программного обеспечения средствами комплекса САИПО^{9/} позволило сэкономить затраты на программирование и расширить предоставляемый сервис. Система програми обладает достаточным быстродействием^{10/}, что позволило использовать для регистрации данных программный канал ЭВМ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Тексты диагностических сообщений из прикладных программ и их расшифровка:

1. СТАРТ РЕАКТОРА - ERROR! - прекратились синхроимпульсы от реактора, регистрация данных приостановлена.
2. SAMPLE CHANGE WASN'T PERFORMED! - за заданный интервал времени устройство перемещения образцов не выполнило операцию.
3. CRASH OF COMMUNICATION LINE! - обрыв линии связи.
4. CRASH OF POWER! - обрыв линии подачи электроэнергии.
5. SAMPLE POSITION IS LOST! - образец самопроизвольно сместился из рабочей позиции.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Возможные состояния подсистемы RUN:

- 1) DATA ACQUISITION SYSTEM NOT SETTED
- 2) DATA ACQUISITION SYSTEM SETTED
- 3) DATA ACQUISITION SYSEM ACTIVE
- 4) MONITOR INVALID: WAITING
- 5) SAMPLE EXPOSITION
- 6) SAMPLE CHANGER ACTIVATED
- 7) SAMPLE CHANGED
- 8) SAMPLE CHANGER REFUSED: DEV.ERROR!
- 9) REACTOR START ABSENT: WAITING
- 10) TIME LIMIT SAMPLE CHANGE EXHAUSTED: DEV.ERROR!
- 11) DATA ASQUISITION SYSTEM SUSPENDEED .

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев В.Д. и др. ОИЯИ, P3-10888, Дубна, 1977.
2. Gladkih I. et al. J. of Polym. Sci., Polymer Symposium, 1977, 61, p. 359.
3. Ананьев Б.Н. и др. ОИЯИ, 3-11502, Дубна, 1978.
4. Nuclear Enterprises. SAMAC Catalogue. Bulletin No. 108, June 1977, Printed by PSG Ltd. East Kilbride, Scotland.
5. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 11-8522, Дубна, 1975.
6. RT-11 System Reference Manual. DEC-11-ORPGA-C-D, Maynard, Massachusetts, 1975.
7. Островной А.И., Саламатин И.М. ОИЯИ, P10-80-423, Дубна, 1980.
8. Намсрай Ю. и др. ОИЯИ, P10-80-480, Дубна, 1980.
9. Балука Г. и др. ОИЯИ, P10-12960, Дубна, 1980.
10. Намсрай Ю. и др. ОИЯИ, P10-12206, Дубна, 1979.
11. Салаи Ш. ОИЯИ, 10-10027, Дубна, 1976.