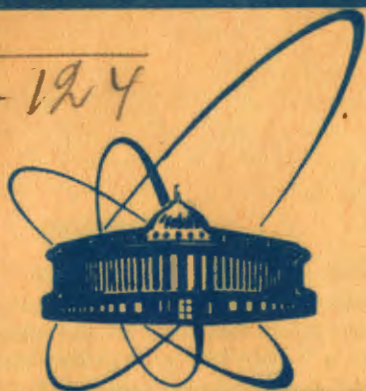


82-351

ЖЗ. 43.

B-124



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

10-82-351

В.А.Вагов, В.А.Владимиров, О.И.Елизаров,
Г.П.Жуков, В.Н.Замрий, Г.Н.Зимин,
И.М.Саламатин, В.М.Северьянов, Г.А.Сухомлинов,
В.Г.Тишин, В.Д.Шibaев

**МНОГОМАШИННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЛНФ -
ПРОТОТИП СЕТИ ЭВМ
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

1982

ВВЕДЕНИЕ

Измерительный центр Лаборатории нейтронной физики /ИЦ ЛНФ/ предназначен для проведения широкого круга исследований на ядерных импульсных реакторах периодического действия на быстрых нейтронах ИБР-30^{1/1} и ИБР-2^{1/2}.

Основные направления работ на импульсных реакторах в области ядерной физики и физики конденсированных сред:

- нейтронная спектроскопия с использованием резонансных нейтронов;
- исследования с поляризованными нейтронами и ядрами;
- изучение альфа-распада компаунд-состояний ядер;
- проблемы ультрахолодных нейтронов;
- исследования конденсированных сред методом неупругого рассеяния нейтронов;
- дифракция нейтронов методом времени пролета;
- малоугловое рассеяние нейтронов по методу времени пролета;
- прикладные работы;
- задачи измерения статических и динамических параметров базовых установок.

Это в значительной мере определяет круг требований к экспериментальному оборудованию и аппаратуре ИЦ ЛНФ. Сооружение мощного реактора ИБР-2, генерирующего высокоинтенсивные импульсные потоки нейтронов, стимулировало создание нового комплекса оборудования ИЦ ЛНФ.

Реактор ИБР-2, имеющий 14 нейтронных пучков, выведенных в 2 экспериментальных зала и измерительные павильоны, позволяет проводить более 14 экспериментов одновременно, причем измерения длятся от нескольких суток до нескольких недель. Высокая интенсивность и импульсный характер нейтронного потока обуславливают дополнительные требования к электронному оборудованию. Расстояние от детекторов ядерного излучения до измерительного центра достигает 1,5 км.

Измерительный центр должен принимать и обрабатывать информацию от установок ИБР-30, работающего в бустерном режиме с линейным ускорителем ЛУЗ-40, и ИБР-2, бустерный режим работы которого проектируется осуществить при помощи сооружаемого мощного линейного индукционного ускорителя ЛИУ-30.

ОБЪЕДИНЕНА

ЯДЕРНОЙ

ФИЗИКИ

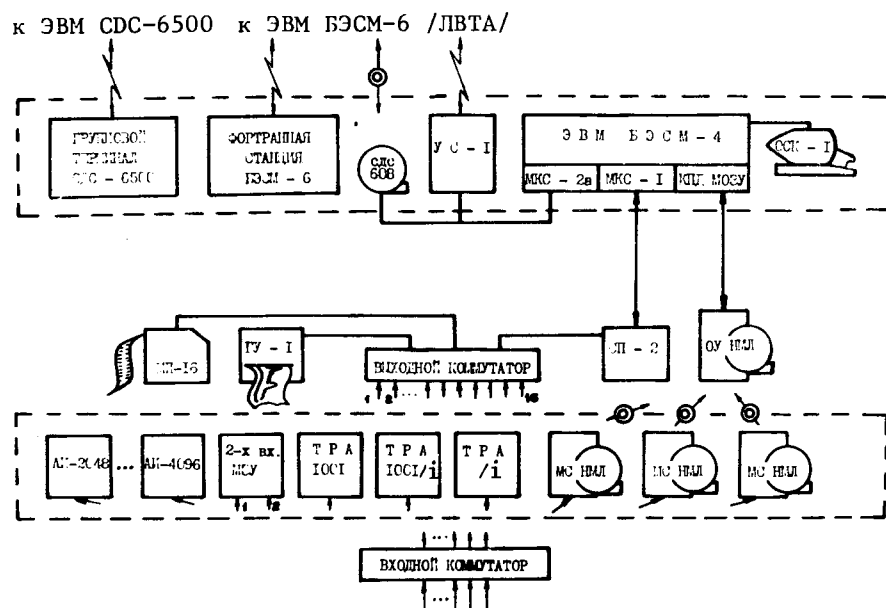


Рис. 1. Структурная схема измерительного центра ЛНФ по состоянию на 1972 год.

Все это потребовало пересмотра структуры и состава электронной аппаратуры измерительного центра ИБР-30^{/3,4/}. Измерительный центр, схема которого по состоянию на 1972 год показана на рис. 1, был построен на основе специализированных измерительно-накопительных систем, обеспечивающих отбор, аналого-цифровое преобразование и накопление цифровых данных в оперативной памяти емкостью 4К 16-разрядных слов, и централизованного комплекса входных устройств ИЦ^{/5/}. К этому времени в состав ИЦ входили 10 одномерных анализаторов на базе серийных устройств АИ-2048 и АИ-4096, 2-входный анализатор на базе быстрой ферритовой памяти^{/6/}, 3 системы отбора и накопления многомерных спектрометрических данных на магнитных лентах^{/7,8,9/}. Входной коммутатор центра позволял перераспределять сигналы детекторной аппаратуры, установленной на пучках ИБР-30, в соответствии с распределением накопительных систем между физическими задачами.

Накопленные массивы экспериментальных данных для документирования или обработки передавались через выходной коммутатор^{/10/} на комплекс выходных устройств ИЦ, который обеспечивал централизованный вывод данных из анализаторов на быстродейст-

вующие устройства цифрпечати^{/11,12/}, графопостроитель, а через устройство связи^{/13/} - на ЭВМ БЭСМ-4.

С целью автоматизации длительного процесса сортировки многомерной информации на магнитной ленте к ЭВМ БЭСМ-4 было подключено устройство отбора.

Использование в измерительном центре ЭВМ БЭСМ-4, в значительной степени модифицированной и расширенной /каналы связи МКС-1, МКС-2а, КДП МОЗУ, более совершенные выходные устройства и накопители на магнитных лентах^{/15/}, позволило на протяжении многих лет обеспечивать накопление и архивизацию экспериментальных данных, предварительную обработку с использованием осциллографа со световым карандашом^{/16/}, передачу результатов для дальнейшей обработки на больших ЭВМ ОИЯИ /с использованием кабельной линии связи или переноса магнитных лент/. Прием и обработка накапливаемой информации в ИЦ обеспечивались достаточно развитой программной системой ПОФИ-2^{/18-22/}.

В процессе развития ИЦ начиная с 1961 года большое внимание уделялось осуществлению непосредственной связи многоканальных анализаторов с удаленной ЭВМ или ее накопителем и "приближению" мощностей центрального вычислительного комплекса ОИЯИ к ИЦ ЛНФ^{/23-26/}. Впервые двухсторонняя связь ИЦ ЛНФ с удаленной ЭВМ была осуществлена с помощью системы связи с ЭВМ "Минск-2"^{/17,24/}.

Существенным шагом стало использование выполненной на базе ЭВМ ТРА-1001 фортранной станции^{/27/} для связи с удаленной ЭВМ БЭСМ-6. На смену этой системе в ИЦ ЛНФ поступило устройство типа WATCH TERMINAL, обеспечивающее передачу программ, трансляцию и работу программ на удаленной ЭВМ CDC-6500 и возврат результатов в ИЦ ЛНФ.

С каждым годом становились очевидными и недостатки, присущие узкоспециализированным измерительно-накопительным системам ИЦ. Для эффективного проведения измерений, помимо накопления данных, необходима контрольная информация о ходе и условиях набора статистических данных, а в ряде случаев - и управление физической установкой. Дистанционное управление экспериментом ранее было возможно лишь с помощью специализированных пультов. Существенное повышение уровня автоматизации эксперимента достигнуто после включения первых малых ЭВМ типа ТРА-1001 в состав экспериментального оборудования и решения ряда вопросов автоматизации измерения, связи и управления физическим экспериментом^{/28-32/}.

Усложнение задач, решаемых в ИЦ ЛНФ, обусловило необходимость замены ЭВМ БЭСМ-4 на более совершенную центральную ЭВМ. Ограниченные возможности этой однопрограммной машины приводили к возникновению очереди пользователей и затрудняли установление приоритета при обработке задач, препятствовали

осуществлению оперативной двухсторонней связи с несколькими удаленными объектами и тем самым затрудняли развитие методов использования ЭВМ в ИЦ.

ПЕРЕХОДНАЯ СТРУКТУРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

Подготовка к созданию измерительного центра ИБР-2 началась в 1972 году. В результате анализа вариантов применения в качестве базовой машины измерительного модуля ЭВМ разных типов выбраны ЭВМ типа PDP-11³³. Это семейство ЭВМ основано на использовании единого канала, к которому могут подключаться процессоры разной производительности, устройства внешней памяти, устройства ввода/вывода и интерфейсы. Все ЭВМ типа PDP-11 программно совместимы "снизу до верху". Кроме того, учитывалось, что ЭВМ, аналогичные PDP-11, разрабатываются и готовятся к серийному выпуску в странах СЭВ. В 1975 г. приобретены ЭВМ PDP-11/20 и первые образцы аналогичных отечественных ЭВМ М-400 и "Электроника-100/16И"³⁴. Последние имели в своем составе процессор, ОЗУ 8к 16-разрядных слов, консольный терминал и перфоленточное устройство ввода/вывода. В состав ЭВМ PDP-11/20, кроме того, входили внешние памяти на магнитном диске с фиксированными головками, на магнитной ленте и на гибких магнитных дисках, а также широкая печать матричного типа, интерфейсы, ОЗУ 20К x 16 разрядов. Программное обеспечение PDP-11/20 состояло из перфоленточного программного обеспечения и дисковой операционной системы реального времени RT-11.

На базе этих ЭВМ был выполнен ряд методических разработок³⁵⁻³⁷.

Приобретение и запуск в 1979 году ЭВМ PDP-11/70 - центральной ЭВМ измерительного центра, а также малых ЭВМ СМ-3, микро-ЭВМ "Электроника-60" и МЭРА-60/30³⁸/1979-1981 гг./ ускорило работы по созданию измерительного центра ИБР-2.

PDP-11/70 - самая мощная ЭВМ семейства PDP-11, производительность которой достигает 800 тыс. опер./с. Имея 16-разрядный процессор, она позволяет адресовать до 4 мегабайт оперативной памяти. Развитая система прерываний, широкий выбор периферийных устройств, в том числе диски большой емкости, мощная операционная система IAS, допускающая одновременную работу многих пользователей в режиме разделения времени, обслуживание нескольких потоков пакетной обработки и работу программ в реальном масштабе времени, делают ее наиболее подходящей ЭВМ для использования в качестве центральной в многомашинном измерительном центре.

В состав имеющейся PDP-11/70 входят центральный процессор, процессор чисел с плавающей запятой, быстрая промежуточная па-

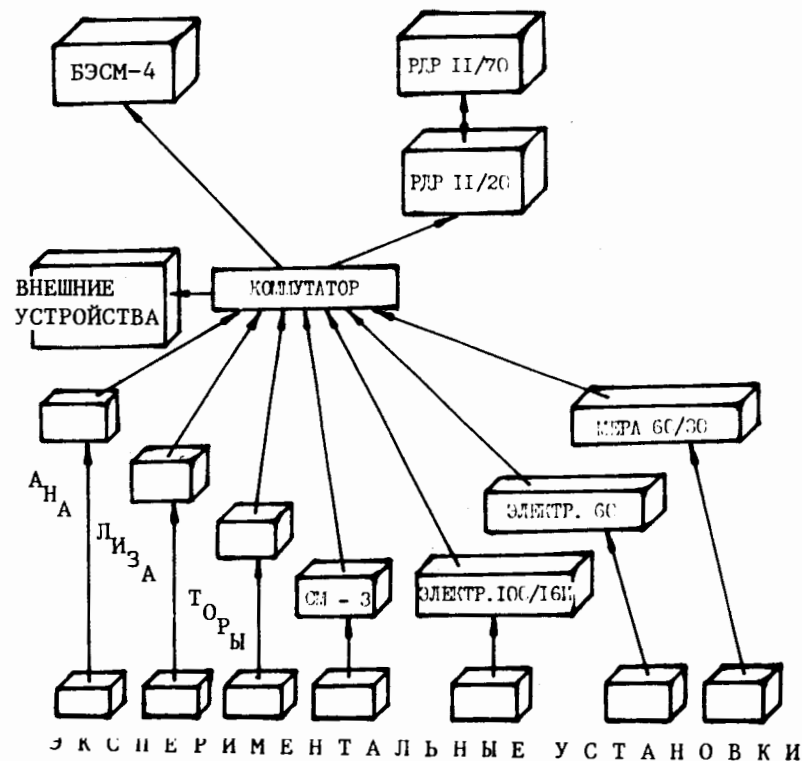


Рис.2. Переходная структура измерительного центра.

мя ассоциативного типа, оперативная память емкостью 256 килобайт, два накопителя на магнитных дисках со съемными пакетами по 88 мегабайт, АЦПУ, НМЛ с плотностью записи 800 и 1600 бит на дюйм, консольный терминал LA-36 и 5 дисплейных терминалов VT-52.

Условия создания нового измерительного центра /на площадях старого, без прекращения измерений на реакторе ИБР-30/ определили особенности переходной структуры /рис.2/, при которой сохраняется возможность работы старых измерительно-накопительных систем на базе анализаторов типа АИ-4096 и малых ЭВМ типа ТРА в сочетании с новыми системами на базе ЭВМ СМ-3, "Электроника-60", МЭРА-60/30.

Все мини-ЭВМ оснащены разработанными в ЛНФ блоками связи, выполненными в стандарте КАМАК, обеспечивающими передачу экспериментальной информации из ОЗУ ЭВМ измерительных модулей в ЭВМ БЭСМ-4. Кроме этого, разработан канал передачи этой же инфор-

магии в ЭВМ PDP-11/20, которая через последовательные интерфейсы связана с PDP-11/70. Пересылка экспериментальных данных из анализаторов и мини-ЭВМ на PDP-11/70 обеспечивается с промежуточной буферизацией на диске PDP-11/20.

Программное обеспечение связи PDP-11/20 с анализаторами и мини-ЭВМ^{/48/} выполнено таким образом, что последние выступают как одно виртуальное устройство с файловой структурой в операционной системе RT-11, причем каждому анализатору или мини-ЭВМ соответствует свой файл на этом виртуальном устройстве. Такое решение позволило использовать для пересылки файлов стандартные средства операционной системы RT-11. До 1981 г. время передачи массива 4К 16-разрядных слов из анализатора в PDP-11/20 /0,5 мин/ и далее в PDP-11/70 /порядка 1,5 мин/ с учетом ручных операций на пульте анализатора и терминалах ЭВМ в среднем достигало 5±15 мин. Возможность передачи одних и тех же экспериментальных данных на обе ЭВМ позволила "плавнo" перейти на новую структуру и исключить необходимость переноса информации с БЭСМ-4 на PDP-11/70.

Переходная структура ИЦ дала возможность отработать ряд элементов новой, более развитой структуры: созданы каналы для накопления спектрометрической информации на малых ЭВМ, разработан ряд устройств и программ для автоматизации экспериментов, сформулированы подходы к построению систем обработки и архивизации, развита терминальная сеть центральной ЭВМ.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ИЦ

Возможности использования в составе измерительных модулей современных ЭВМ, а также автономных ЗУ емкостью от 4К до 32К и более позволяют существенно пересмотреть структуру измерительных модулей и перейти на более высокий уровень организации физических измерений. Если в старой структуре ИЦ основную долю составляют одномерные временные измерения, то в новой ситуации практически все экспериментальные установки работают в многомерном режиме измерений. Для физических экспериментов по изучению структуры и свойств кристаллов и биологических объектов основными типами организации измерений являются: 1/ время - номер детектора^{/39/} и 2/ время - номер детектора + многосчетчиковый режим^{/40,68/}; для ядерно-физических экспериментов: время - номер детектора; время - амплитуда^{/41/}; время - амплитуда - номер детектора^{/42/}. Эти тенденции к усложнению методики эксперимента при новых возможностях отражаются также на развитии детекторной электроники и входных устройств измерительных модулей. Применение в экспериментах многонитяных камер^{/43/} потребовало создания многотрактовых спектрометрических

устройств^{/44,45/}. Для двухкоординатного позиционно-чувствительного нейтронного детектора /32x32 нити/ создана детекторная аппаратура, имеющая в своем составе 65 спектрометрических трактов, выполненных в основном на интегральных схемах^{/45/}. Дальнейшее развитие получили кодирующие блоки входных устройств: временные и амплитудные кодировщики.

Появление новой элементной базы позволило уменьшить габариты и повысить надежность временных кодировщиков, не снижая их характеристик, а в ряде случаев при их существенном улучшении.

Необходимость автоматизации эксперимента привела к разработке временных кодировщиков с программным управлением. Эти блоки содержат небольшие ЗУ, хранящие информацию о количестве временных окон, выбранных в них ширинах каналов, шаге задержки и количестве таких шагов перед каждой группой каналов. Число окон - не более 16. Расширение исследуемого энергетического диапазона при способе кодирования с постоянной шириной канала приводит к увеличению объема запоминающего устройства, что в ряде случаев затруднительно. Поэтому в ряде экспериментов^{/47/} используются временные кодировщики с переменной шириной канала^{/48/}. Закон изменения ширины канала (r) может быть любой: линейный ($r \sim t$), квадратичный $/r \sim t^2$, спектр с постоянным шагом по скорости нейтрона/, кубичный $/r \sim t^3$, постоянный шаг по энергии нейтрона/. В первых кодировщиках постоянная шкала переводится в переменную схемным путем, что с усложнением закона изменения ширины канала приводит к значительному усложнению схемы кодировщика и загромождению выбранной шкалы. Поэтому разработаны блоки, содержащие ЗУ, в которых предварительно записываются все значения ширин каналов кодировщика в порядке их использования. Это позволяет путем изменения информации в ЗУ ВК иметь выбранный заранее закон изменения ширины каналов, значения которых предварительно с достаточной точностью рассчитываются на ЭВМ. Для амплитудных измерений в составе входных устройств многомерного анализа разработаны и используются два типа амплитудных кодировщиков: на 1024 канала /АК-1024/^{/49/} и на 4096 каналов /АК-4096/^{/50/}. Особенностью измерений на импульсных источниках нейтронов является большая интенсивность потока частиц в импульсах мощности при сравнительно небольшой средней интенсивности. Большое "мертвое" время кодирующих устройств, используемых в таких измерениях, может привести не только к просчетам, но и к искажениям временных спектров. Это потребовало создания амплитудных кодировщиков с малым временем преобразования^{/51/}. Сейчас в многомерных измерениях используется разработанный в ЛНФ амплитудный кодировщик на 4096 каналов с временем преобразования 20±30 мкс, что достигается путем нелинейного двухступенчатого кодирования амплитуды во временной интер-

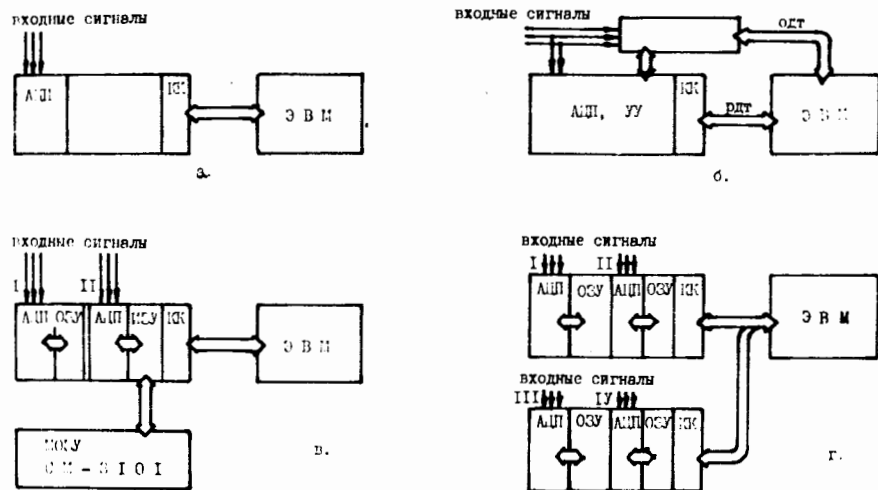


Рис.3. Способы организации накопления спектрометрической информации.

вал /при сравнительно небольшой частоте серии адресного счетчика АК - 10 или 20 МГц/.

Одной из функций аппаратуры измерительного модуля является накопление спектров.

На первом этапе применения ЭВМ /рис.3а/ регистрирующая аппаратура, выполненная в стандарте КАМАК, подключалась к вычислительной машине через контроллер крейта /КК/ по программному каналу. Накопление спектра /операция "+1" по выбранному кодировщику адресу/ осуществляла ЭВМ. На нее же возлагались все остальные функции по обеспечению эксперимента. При этом мертвое время регистрации - около 100 мкс и процессор полностью занят. Такое быстроедействие часто не удовлетворяет требованиям эксперимента. Аппаратно этот вопрос решается использованием канала прямого доступа к памяти ЭВМ и специализированных интерфейсов. Время, необходимое для регистрации одного события в режимах "+1" или "+n", составляет ^{/31,52/} 2 мкс /рис.3б/. Управление физической установкой ведется, как и в предыдущем варианте, по программному каналу. В этом случае процессор загружен не полностью, но занятость канала и ОЗУ затрудняет использование ЭВМ для выполнения дополнительных функций, связанных с ведением эксперимента.

Применение таких систем показало, что накопление спектрометрической информации часто целесообразно выполнять во внешнем /по отношению к ЭВМ/ запоминающем устройстве /ЗУ/. Блоки

памяти на полупроводниковых элементах^{/53/} и ОЗУ СМ-3101 с интерфейсом в стандарте КАМАК^{/54/} позволяют реализовать такую схему регистрации спектров /рис.3в/, которая обеспечивает мертвое время не более 2 мкс и освобождает процессор, ОЗУ и канал ЭВМ от операций накопления спектра.

Характерной особенностью создаваемых измерительных модулей является увеличивающееся число устройств для связи с экспериментально-физической установкой. Такие устройства, называемые устройствами связи с объектом /УСО/, все шире применяются для проведения программно-управляемых измерений, контроля отклонений и изменения значений группы так называемых технологических параметров установки /температура, вакуум, расход жидкости или газа, поток нейтронов и др./ . Измеряемые сигналы поступают от датчиков аналоговых сигналов как низкого, так и высокого уровней, причем измерительные линии подвержены воздействию интенсивных электрических помех. С учетом особенности построения таких измерительных каналов^{/55/} создан базовый комплект блоков КАМАК /нормирующие преобразователи, мультиплексоры аналоговых сигналов низкого и высокого уровней, измерительный аналого-цифровой преобразователь с гальваническим разделением измерительного канала/^{/56,57/} для построения помехоустойчивой аналоговой программно-управляемой подсистемы^{/58/}, удовлетворяющей условиям измерений как статических, так и динамических параметров ядерно-экспериментальных установок. С использованием таких блоков УСО созданы: измерительный модуль для корреляционных и спектральных исследований характеристик реактора ИБР-2^{/59/} на базе ЭВМ PDP-11/20 и модуль для измерений и непрерывного контроля значений импульсных и аналоговых параметров реактора ИБР-30 с использованием ЭВМ MERA-60/30.

Созданный набор блоков КАМАК позволяет компоновать измерительно-управляющие модули для различных экспериментов, проводимых в ИЦ ЛНФ. Дальнейшее развитие структуры модуля связано с появившейся возможностью возложить на малую ЭВМ функции обслуживания нескольких экспериментов /рис.3г/^{/60/}. Однако выход из строя ЭВМ в этом случае приводит к остановке группы экспериментов. Поэтому естественным развитием структуры ИЦ является возможность дублирования ЭВМ для группы экспериментов и развитие сети ЭВМ.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

На программное обеспечение измерительного модуля возлагается выполнение следующих функций:

- регистрация и накопление экспериментальных данных;
- управление экспериментальной установкой;

- предварительная обработка и визуализация данных;
- вывод данных на машинные носители и в информационную сеть ЛНФ;
- взаимодействие с оператором;
- обеспечение диагностики, тестирования, отладки.

Для создания программных систем с таким набором возможностей разработан технологический комплекс программных средств САНПО/81/. В состав комплекса включены:

- язык высокого уровня, предназначенный для описания программного обеспечения измерительного модуля /82,83/;
- компилятор;
- компоновочные программы /81,84/;
- средства управления библиотеками /85,86/;
- библиотеки системных и прикладных программных модулей.

С целью создания систем автоматизации экспериментов разрабатываются программные модули для типичных прикладных операций /гистограммирование, управление сменой или ориентацией образцов, арифметические операции с массивами данных и др./. Такие модули, предварительно отлаженные, заносятся в библиотеки в виде, не зависящем от конфигурации и способа подключения экспериментального оборудования /например, от номеров крейтов и позиций блоков в крейтах/ и конкретной методики эксперимента /адресов и длин массивов данных, числа исследуемых образцов и др./. Программная система для конкретного эксперимента описывается на языке САНПО в терминах, понятных экспериментатору. На основании такого описания служебные программы, используя библиотеки, автоматически создают программную систему, ориентированную на конкретную конфигурацию оборудования и методику эксперимента.

К особенностям программ, созданных в рамках комплекса САНПО, можно отнести следующие:

- обеспечена предельная скорость реакции на запросы прерывания от оборудования КАМАК /30÷70 мкс/ /87,88/;
- реализована логическая адресация блоков КАМАК и возможность динамического изменения адресов с сохранением предельных скоростных характеристик /84/;
- обеспечена преемственность программирования и отладки программных модулей; модули не требуется редактировать при переносе из одной прикладной системы в другую /81,89/;
- используется автоматически работающий механизм динамического распределения памяти /70/;
- программа эксперимента может быть представлена на языке САНПО в виде ряда параллельных процессов /71/.

Помимо комплекса САНПО, дающего средства для генерации для каждого конкретного эксперимента прикладного программного обеспечения из накопленного набора функциональных программных

модулей, развивается другое направление, связанное с созданием проблемно-ориентированного языка высокого уровня, дающего возможность физикам программировать свои эксперименты, оперируя привычными для них понятиями. Это направление предполагает разработку специализированной операционной системы для ЭВМ измерительного модуля, способной, в частности, поддерживать режим мультипрограммирования. Последнее необходимо, во-первых, для организации одновременного выполнения нескольких экспериментов на одном измерительном модуле, во-вторых, для интеграции программного обеспечения измерительного модуля в программное обеспечение сети SONET.

Первым шагом на этом пути явилась разработка простого интерпретатора команд DUM (Dual Memory), позволяющего на одной ЭВМ проводить одновременно два эксперимента. Этот интерпретатор используется в настоящее время на нескольких измерительных модулях для проведения широкого набора экспериментов.

ТЕРМИНАЛЬНАЯ СЕТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭВМ

Удобный интерактивный режим, поддерживаемый операционной системой IAS на терминалах PDP-11/70, является причиной быстрого увеличения количества ее пользователей и расширения сети терминалов центральной ЭВМ. К пяти терминалам VT-52 добавлены пять терминалов типа CM-7209 /производства ПНР/. Для их подключения использованы свободные входы мультиплексора ДН-11, который связывает канал PDP-11/70 с 16 асинхронными последовательными коммуникационными линиями. Входные данные каждой линии аппаратно буферизуются в память 64x8 бит. Обмен данными с ЭВМ осуществляется по каналу прямого доступа.

Программно для каждой линии можно установить режим работы: одну из 14 стандартных скоростей; количество бит в символе - 5÷8 бит; количество стоповых бит - 1; 1,5; 2; способ контроля по четности; режим - дуплекс/полудуплекс. Путем замены интерфейсных плат обеспечивается работа на линию по одному из стандартов: стык С2 ГОСТ 18145-72, "токовая петля" или телеграфный. Одна из групп терминалов использует токовую петлю на 20 мА, а другая - стык С2. Терминалы первой группы вынесены на рабочие места пользователей /до 800 м/ и работают со скоростью 9600 бод. Скорость обмена с терминалами, подключенными с помощью модемов /стык С2/ к ЭВМ через автоматическую телефонную станцию, составляет 1200 бод.

Для обработки графической информации используется комплекс, состоящий из ЭВМ МERA-60-10 и графического дисплея GD-71.

Графический дисплей GD-71 имеет встроенный специализированный процессор, система команд которого позволяет формировать на экране различные элементы изображения /точки, векторы,

дуги и т.п./.. Однако этот спецпроцессор не имеет своей памяти. Дисплей-программа, размещенная в оперативной памяти ЭВМ и доступная спецпроцессору /по каналу прямого доступа/, обеспечивает регенерацию изображения на экране дисплея. ЭВМ формирует дисплей-программу, обрабатывает прерывания от светового пера, функциональной клавиатуры и других источников прерывания GD-71.

Дисплей GD-71 подключен к ЭВМ MERA-60-10, которая связана с ЭВМ PDP-11/70 через один из входов мультиплексора ДН-11. Такое решение позволяет избавиться PDP-11/70 от рутинной работы по обеспечению GD-71. С этой целью разработан необходимый интерфейсный блок, а для связи с PDP-11/70 использовано устройство последовательного обмена /УПО/.

Программное обеспечение на ЭВМ MERA-60-10 эмулирует терминал PDP-11/70, поэтому на консольном терминале MERA-60/10 можно работать так же, как на терминале центральной ЭВМ. Помимо этого, возможен переход в режим обмена, когда по линии связи может передаваться бинарная /не текстовая/ информация. В этом режиме экспериментальные данные, хранящиеся в архиве PDP-11/70, пересылаются для обработки на графическом дисплее, а в противоположную сторону передаются результаты обработки. Можно также пересылать файлы с дисков PDP-11/70 на перфоленту ЭВМ MERA-60-10 и обратно. Это, в частности, позволяет получать перфоленты для рисования изображений на графопостроителе ЕС-5074, который работает в автономном режиме.

Программное обеспечение дисплейно-графического комплекса дает пользователям широкий набор операций по визуализации и обработке спектрометрической информации.

РАЗВИТИЕ СТРУКТУРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА ИБР-2

Переходной структуре ИЦ присущ ряд существенных ограничений, из которых важнейшее - однонаправленность связи измерительных модулей с центральной ЭВМ, что исключает возможность использования "интеллекта" последней для нужд экспериментов, выполняемых на измерительных модулях. Заметно велико время пересылки данных. Это ускорило переход в 1981 г. к структуре, основанной на развитии /рис.4/ двухсторонней связи центральной ЭВМ PDP-11/70 с ЭВМ измерительных модулей, которая осуществляется через мультиплексор, реализованный на ЭВМ CM-4.

Для реализации таких связей разработаны блоки, позволяющие проводить прием и передачу информации последовательным кодом в асинхронном режиме. Обмен осуществляется в дуплексном режиме 8-битовыми байтами с контролем по четности и скоростями до 9600 бод по 4-проводной линии связи с оптронной развязкой на расстоянии до 800 м.

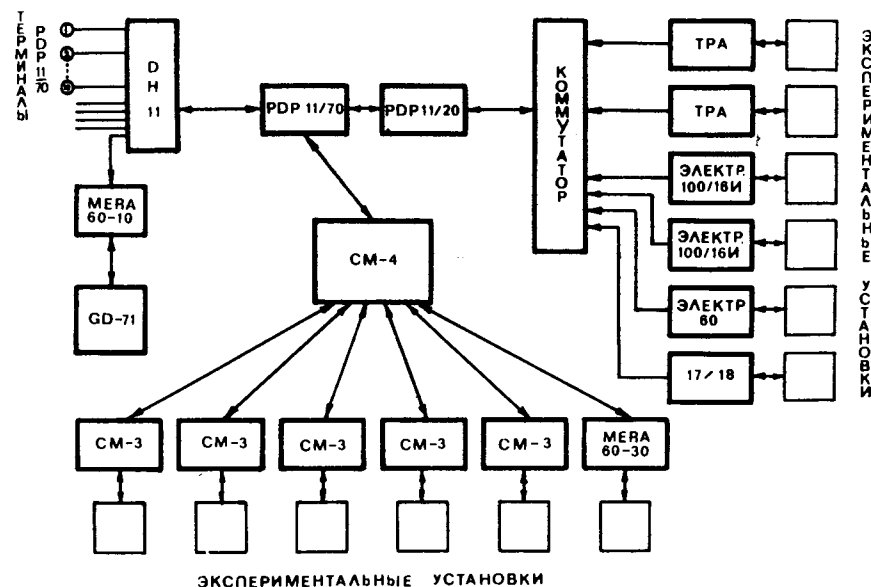


Рис.4. Структурная схема измерительного центра ИБР-2.

Программное обеспечение такой структуры ИЦ развивается в направлении создания сети ЭВМ, ориентированной на задачи автоматизации научных исследований и называемой SONET /сокращение от Scientific Oriented Network /. При этом за основу принята архитектура открытых систем и семиуровневая модель функциональной иерархии, предложенные Международной организацией стандартов ISO /73/. Известные ограничения системы программ DECNET, разработанной фирмой DEC для построения сетей ЭВМ /72/ занимает большой объем оперативной памяти, работает медленно, не имеет транспортного сервиса, не соответствует международным стандартам/, определили отказ от ее использования в ИЦ. Создаваемая система SONET строится как сеть коммутации пакетов. При этом принята ориентация на рекомендацию X.25 /74/. Однако в первой очереди сети SONET сделано лишь некоторое начальное приближение к X.25. Применяемые асинхронные интерфейсы более пригодны для работы с байт-ориентированными протоколами типа DDCMP /фирма DEC /75/, чем с бит-ориентированными протоколами типа HDLC /последний соответствует второму уровню рекомендации X.25/, поэтому нами разработан достаточно простой протокол асинхронного информационного канала ASTRA. В настоящее время реализованы постоянные виртуальные цепи или логические каналы, образующие радиальную структуру, в центре которой находится PDP-11/70, а по краям -

дуги и т.п./.. Однако этот спецпроцессор не имеет своей памяти. Дисплей-программа, размещенная в оперативной памяти ЭВМ и доступная спецпроцессору /по каналу прямого доступа/, обеспечивает регенерацию изображения на экране дисплея. ЭВМ формирует дисплей-программу, обрабатывает прерывания от светового пера, функциональной клавиатуры и других источников прерывания GD-71.

Дисплей GD-71 подключен к ЭВМ MERA-60-10, которая связана с ЭВМ PDP-11/70 через один из входов мультиплексора ДН-11. Такое решение позволяет избавить PDP-11/70 от рутинной работы по обеспечению GD-71. С этой целью разработан необходимый интерфейсный блок, а для связи с PDP-11/70 использовано устройство последовательного обмена /УПО/.

Программное обеспечение на ЭВМ MERA-60-10 эмулирует терминал PDP-11/70, поэтому на консольном терминале MERA-60/10 можно работать так же, как на терминале центральной ЭВМ. Помимо этого, возможен переход в режим обмена, когда по линии связи может передаваться бинарная /не текстовая/ информация. В этом режиме экспериментальные данные, хранящиеся в архиве PDP-11/70, пересылаются для обработки на графическом дисплее, а в противоположную сторону передаются результаты обработки. Можно также пересылать файлы с дисков PDP-11/70 на перфоленту ЭВМ MERA-60-10 и обратно. Это, в частности, позволяет получать перфоленты для рисования изображений на графопостроителе ЕС-5074, который работает в автономном режиме.

Программное обеспечение дисплейно-графического комплекса дает пользователям широкий набор операций по визуализации и обработке спектрометрической информации.

РАЗВИТИЕ СТРУКТУРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА ИБР-2

Переходной структуре ИЦ присущ ряд существенных ограничений, из которых важнейшее - однонаправленность связи измерительных модулей с центральной ЭВМ, что исключает возможность использования "интеллекта" последней для нужд экспериментов, выполняемых на измерительных модулях. Заметно велико время пересылки данных. Это ускорило переход в 1981 г. к структуре, основанной на развитии /рис. 4/ двухсторонней связи центральной ЭВМ PDP-11/70 с ЭВМ измерительных модулей, которая осуществляется через мультиплексор, реализованный на ЭВМ СМ-4.

Для реализации таких связей разработаны блоки, позволяющие проводить прием и передачу информации последовательным кодом в асинхронном режиме. Обмен осуществляется в дуплексном режиме 8-битовыми байтами с контролем по четности и скоростями до 9600 бод по 4-проводной линии связи с оптронной развязкой на расстоянии до 800 м.

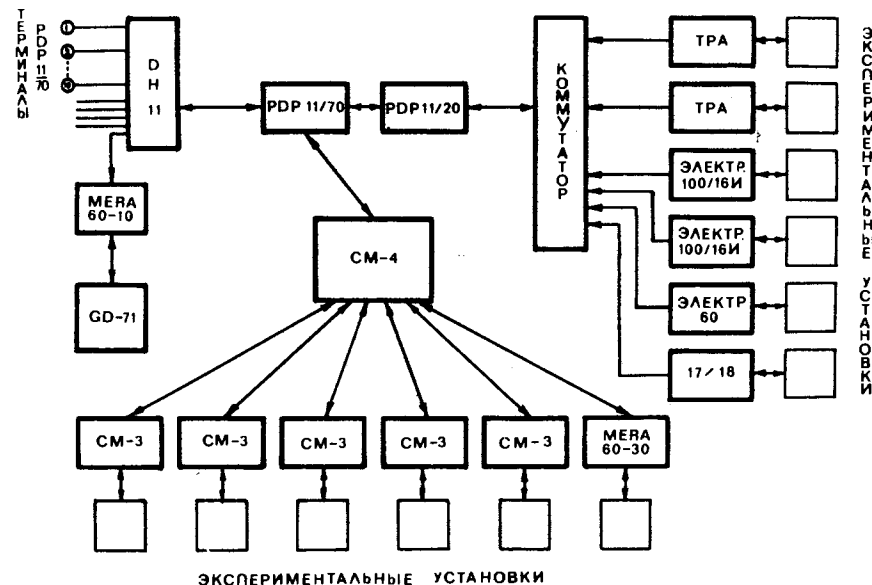


Рис. 4. Структурная схема измерительного центра ИБР-2.

Программное обеспечение такой структуры ИЦ развивается в направлении создания сети ЭВМ, ориентированной на задачи автоматизации научных исследований и называемой SONET /сокращение от Scientific Oriented Network /. При этом за основу принята архитектура открытых систем и семиуровневая модель функциональной иерархии, предложенные Международной организацией стандартов ISO /73/. Известные ограничения системы программ DECNET, разработанной фирмой DEC для построения сетей ЭВМ /72/ занимает большой объем оперативной памяти, работает медленно, не имеет транспортного сервиса, не соответствует международным стандартам/, определили отказ от ее использования в ИЦ. Создаваемая система SONET строится как сеть коммутации пакетов. При этом принята ориентация на рекомендацию X.25 /74/. Однако в первой очереди сети SONET сделано лишь некоторое начальное приближение к X.25. Применяемые асинхронные интерфейсы более пригодны для работы с байт-ориентированными протоколами типа DDCMP /фирма DEC /75/, чем с бит-ориентированными протоколами типа HDLC /последний соответствует второму уровню рекомендации X.25/, поэтому нами разработан достаточно простой протокол асинхронного информационного канала ASTRA. В настоящее время реализованы постоянные виртуальные цепи или логические каналы, образующие радиальную структуру, в центре которой находится PDP-11/70, а по краям -

ЭВМ измерительных модулей /в том числе PDP-11/20/ /. Большинство логических каналов проходит через СМ-4, которая выполняет функции коммутатора пакетов.

В первой очереди SONET создается многопользовательская система архивизации, базирующаяся на использовании дисков большой емкости и магнитных лент центральной ЭВМ. SONET дает возможность пользователю, зарегистрированному в операционной системе IAS на PDP-11/70, иметь доступ к системе архивизации с какого-либо терминала центральной машины или с терминала ЭВМ измерительного модуля, входящего в конфигурацию SONET. Пользователь может просматривать каталог своего архива, помещать в архив любые файлы и извлекать их из него, стирать ненужные файлы в архиве. Для локального пользователя, работающего на PDP-11/70, обмен файлами происходит между рабочим директориумом пользователя и его архивом, для удаленного пользователя - между его архивом и периферийными устройствами ЭВМ того измерительного модуля, с которого он вошел в SONET.

Время пересылки файла длиной 4К 16-разрядных слов с диска ЭВМ измерительного модуля в архив или обратно -14 с. Причем задержка, вносимая коммутатором пакетов СМ-4, незначительна, поскольку буферизация пакета производится в оперативной памяти этой машины, пересылка пакета в линию связи назначения и получение пакета из приемной шины связи совмещены во времени, а собственно время коммутации намного меньше времени пересылки одного пакета между двумя узлами сети.

Для пользователя SONET система архивизации представляет-ся как хранилище информации очень большой емкости, поскольку размещение архивов на дисках и перенос файлов с дисков на магнитные ленты и обратно выполняется системой архивизации без непосредственного участия пользователя.

Таким образом, развитие структуры ИЦ ИБР-2 позволяет решать задачи организации измерений и накопления данных, управления экспериментальной установкой, архивизации накопленных данных, их обработки и т.п. с единых позиций, рассматривая многомашинный измерительный центр ЛНФ как прототип сети ЭВМ для автоматизации научных исследований. Воплощение в жизнь этого подхода проводится поэтапно, в направлении наращивания возможностей сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев А.И. и др. ОИЯИ, P13-10045, Дубна, 1976.
2. Ананьев В.Д. и др. ОИЯИ, P13-10888, Дубна, 1977.
3. Жуков Г.П. и др. ПТЭ, 1964, 6, с.34.
4. Барановский А.И. и др. В сб.: IV симпозиум по радиоэлектронике. ИЯИ ЧСАН, Прага, 1967, с.33.
5. Замрий В.Н. ОИЯИ, 1859, Дубна, 1964; 10-3245, Дубна, 1967.

6. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 10-11112, Дубна, 1977.
7. Жуков Г.П. и др. ОИЯИ, 731, Дубна, 1961.
8. Жуков Г.П. и др. ОИЯИ, 1419, Дубна, 1963.
9. Андросов А.В. и др. В кн.: Конференция по ядерной электронике, 7-я. Атомиздат, М., 1970, с.1, ч.3, с.172.
10. Владимиров В.А., Замрий В.Н. ОИЯИ, 1721, Дубна, 1964.
11. Бубекова Л.П. и др. ОИЯИ, 1250, Дубна, 1963.
12. Владимиров В.А., Замрий В.Н. ПТЭ, 1967, №2, с.117.
13. Вагов В.А., Замрий В.Н. ОИЯИ, 10-5541, Дубна, 1970.
14. Владимиров В.А. и др. ОИЯИ, Д13-6210, Дубна, 1972.
15. Владимиров В.А. и др. ОИЯИ, 11-7797, Дубна, 1974.
16. Владимиров В.А. и др. ОИЯИ, Б2-11-5593, Дубна, 1968.
17. Владимиров В.А. и др. ПТЭ, 1968, 2, с.87.
18. Воробьева Н.Н. и др. ОИЯИ, 11-4655, Дубна, 1969.
19. Злоказов В.Б., Нефедьева Л.С. ОИЯИ, 10-5966, Дубна, 1971.
20. Нефедьева Л.С., Злоказов В.Б. ОИЯИ, Б1-11-6130, Дубна, 1971.
21. Воробьева Н.Н. и др. ОИЯИ, Б1-10-8674, Дубна, 1974.
22. Нефедьева Л.С., Тарасова В.Н. ОИЯИ, Б1-10-10318, Дубна, 1976.
23. Замрий В.Н. ОИЯИ, 10-3033, Дубна, 1966.
24. Забиякин Г.И. и др. ПТЭ, 1968, №2, с.32.
25. Замрий В.Н., Лысенко З.В. ОИЯИ, 10-4703, Дубна, 1969.
26. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-5370, Дубна, 1970.
27. Галактионов В.В. ОИЯИ, 10-5909, Дубна, 1971.
28. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-6297, Дубна, 1972.
29. Жуков Г.П. и др. ОИЯИ, Д13-6210, Дубна, 1972, с.321.
30. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, 10-8190, Дубна, 1974.
31. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, Д13-7616, Дубна, 1974, с.358.
32. Вагов В.А. и др. В кн.: I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Киев, 1976, с.19.
33. PDP-11 Computer Family Products and Service. Digital Equipment Corporation. USA, Jan., 1976.
34. Управляющий вычислительный комплекс М-400 АСВТ-М. Справочный материал. ИНЭУМ, М., 1974.
35. Барабаш И.П. и др. В кн.: I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. ИЯИ АН УССР, Киев, 1976, с.18.
36. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, P10-80-826, Дубна, 1980.
37. Антонов А. и др. В сб.: X Международный симпозиум по ядерной электронике. Россендорф, ZfK-433, 1981, т.1, с.282.
38. Mikula A. Centrum Naukowo-Produkcyjnej Systemow Sterowania. Katowice, Mera-Ster, 1980.
39. Балагуров А.М. и др. ОИЯИ, P10-80-824, Дубна, 1980.
40. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, Д13-9287, Дубна, 1975, с.372.
41. Богдзель А.А. и др. ОИЯИ, Д13-11182, Дубна, 1978.
42. Попов Ю.П. и др. ОИЯИ, Д13-6210, Дубна, 1972, с.361.
43. Балагуров А.М. и др. ОИЯИ, P13-81-858, Дубна, 1981.

44. Антонов А. и др. ОИЯИ, P13-12146, Дубна, 1979.
45. Балагуров А.М. и др. В сб.: X Международный симпозиум по ядерной электронике. Россендорф, ZfK-433, 1981, т.1, с.229.
46. Вагов В.А. и др. В сб.: I Всесоюзный семинар по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. "Дониш", Душанбе, 1980, с.109.
47. Ананьев Б.Н. и др. ОИЯИ, 13-11113, Дубна, 1977.
48. Балагуров А.М. и др. ПТЭ, 1977, №2, с.79.
49. Богдзель А.А. и др. ОИЯИ, 10-8641, Дубна, 1975.
50. Имаев Э.Г. и др. ОИЯИ, P13-3911, Дубна, 1968.
51. Ишмухаметов М.З. и др. ОИЯИ, D13-6210, Дубна, 1972, с.149.
52. Салаи Ш. ОИЯИ, 10-10027, Дубна, 1976.
53. Ермаков В.А., Зимин Г.Н. ОИЯИ, 13-12718, Дубна, 1979.
54. Ермаков В.А. и др. В сб.: X Международный симпозиум по ядерной электронике. Россендорф, ZfK-413, 1980, с.32.
55. Гуляев В.А. и др. ОИЯИ, 10-11926, Дубна, 1978.
56. Гуляев В.А. и др. ОИЯИ, 10-11927, Дубна, 1978.
57. Гуляев В.А. и др. ОИЯИ, 10-11940, Дубна, 1978.
58. Замрий В.Н. ОИЯИ, 11-12041, Дубна, 1978.
59. Гуляев В.А., Замрий В.Н. ОИЯИ, P13-81-230, Дубна, 1981.
60. Балуга Г. и др. ОИЯИ, P10-80-825, Дубна, 1980.
61. Балуга Г. и др. ОИЯИ, P10-12960, Дубна, 1980.
62. Островной А.И. и др. ОИЯИ, P10-80-423, Дубна, 1980.
63. Намсрай Ю. и др. ОИЯИ, P10-80-480, Дубна, 1980.
64. Балуга Г. и др. ОИЯИ, P10-80-743, Дубна, 1980.
65. Балуга Г. и др. ОИЯИ, 10-12546, Дубна, 1979.
66. Балуга Г. и др. ОИЯИ, 10-12545, Дубна, 1979.
67. Намсрай Ю. и др. ОИЯИ, P10-12206, Дубна, 1979.
68. Вагов В.А. и др. ОИЯИ, P10-80-826, Дубна, 1980.
69. Островной А.И. и др. ОИЯИ, P10-80-490, Дубна, 1980.
70. Балуга Г. и др. ОИЯИ, P10-13004, Дубна, 1980.
71. Островной А.И. и др. ОИЯИ, P10-81-342, Дубна, 1981.
72. Richard A.Zoveland. "How DECNET's Communications Software Works. 2. Data Communications". Jan., 1979.
73. Reference Model of Open Systems Interconnection ISO/TC. 97/SC 16 No.227, August, 1979.
74. Draft Revised CCITT Recommendation X.25 "Computer Communication Review". Jan./Apr. 1980, col.10, No.1 and 2.
75. "Digital Data Communications Message Protocol DDCMP. Specification. Version 4.0, 1-March-1978. Digital Equipment Corporation, Maynard, Mass., 01754.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 июня 1982 года.

Вагов В.А. и др. 10-82-351
Многомашинный измерительный центр ЛНФ - прототип сети ЭВМ
для автоматизации научных исследований

Описывается измерительный центр Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, предназначенный для проведения широкого круга экспериментальных исследований на реакторах ИБР-2 и ИБР-30. Показывается развитие структуры измерительного центра, базирующегося на ЭВМ PDP-11/70, SM-4, SM-3, MERA-60-30, "Электроника-100/16И" и аппаратуре КАМАК. Измерительный центр имеет развитую терминальную сеть и соответствующее программное обеспечение. Современная структура измерительного центра позволяет решать задачи организации и накопления данных, управления экспериментальными установками, архивизации накопленных данных, их обработки и т.п. с единых позиций, рассматривая многомашинный измерительный центр ЛНФ как прототип сети ЭВМ для задач автоматизации научных исследований.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Vagov V.A. et al. 10-82-351
The Multicomputer Measurement Centre of the Laboratory of Nuclear Physics - a Prototype of Computer Network for Automation of Scientific Research

The measurement centre of the Laboratory of Nuclear Physics intended for performance of experimental researches of a wide scope on the ИБР-30 and ИБР-2 reactors is described. The development of the structure of the measurement centre based on the PDP-11/70, SM-3, SM-4, MERA-60/30, Electronica-100/16i computers and CAMAC devices is shown. It has a developed terminal network and a corresponding software. The modern structure of the centre permits to solve problems of the same type of measurement organization and data acquisition, control of experimental systems, archivization and processing of acquired data etc. considering the multicomputer measurement centre of LNP as a prototype of computer network for scientific research automation problems.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.