

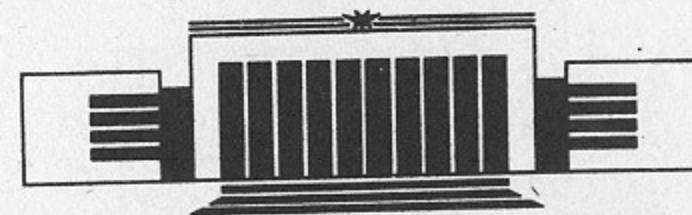


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

Н.А. Мезенцев, В.Ф. Пиндюрин

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
В ИЯФ СО АН СССР

ПРЕПРИНТ 87-107



НОВОСИБИРСК

Н.А.Мезенцев, В.Ф.Пиндюрин

А Н Н О Т А Ц И Я

Автоматизация экспериментов, проводимых на пучках синхротронного излучения в Институте ядерной физики СО АН СССР, имеет весьма существенное, а в некоторых работах, и определяющее значение в исследованиях. В данной работе описываются основные принципы и возможности как существующих, так и планируемых в ближайшем будущем систем автоматизации исследований с использованием синхротронного излучения. Рассматриваются вопросы используемого аппаратурного и программного обеспечений этих систем автоматизации.

ВВЕДЕНИЕ

Принципиальная возможность получения в работах на синхротронном излучении (СИ) большого количества информации за малый промежуток времени может быть реализована только при наличии адекватной физической аппаратуры /1/. Получаемые в экспериментах данные, как правило, требуют дополнительной и, часто, весьма сложной обработки для извлечения из них требуемой полезной информации. Специфика работы с пучками синхротронного излучения требует также во многих случаях дистанционного управления и контроля состояния различных элементов экспериментальных станций из-за их размещения внутри радиационнозащищенных, либо вакуумных объемов. Перечисленные причины обусловили широкое развитие автоматизации исследований, проводимых на синхротронном излучении. Автоматизация экспериментов на СИ началась почти сразу с развертыванием таких исследований в ИЯФ СО АН СССР (1974 год).

В значительной степени этому процессу способствовал весьма высокий уровень автоматизации крупных физических установок, достигнутый в то время в Институте. Развитые для ускорительных установок принципы и средства автоматизации в основном удовлетворяли и экспериментам на СИ.

Необходимые средства автоматизации экспериментов включают в себя:

- ЭВМ и периферийное оборудование, обеспечивающее работу с ними;
- электронную аппаратуру для сопряжения ЭВМ с внешними устройствами на экспериментальных станциях;
- системное и пользовательское программное обеспечение.

В ИЯФ используется два типа разнородных по архитектуре электронно-вычислительных машин - ЭВМ типа "Одра" и ЭВМ типа "Электроника". Электронная аппаратура сопряжения компьютеров с внешними устройствами на экспериментальных станциях одинакова в обоих случаях и выполнена в стандарте КАМАК.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЭВМ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Первые автоматизированные эксперименты, использующие СИ накопителя ВЭЩ-3, проводились на ЭВМ типа "Одра" /2/. Значительно позже (1982 г.) автоматизация экспериментов на пучках

СИ накопителя ВЭШ-2М началась на базе ЭВМ "Электроника". Многолетний опыт использования таких ЭВМ в ИЯФ показал, что оба типа ЭВМ вполне пригодны для автоматизации экспериментов на СИ, хотя каждая из этих систем имеет определенные преимущества и недостатки.

Из-за сильно отличающихся архитектуры ЭВМ "Одра" и "Электроника" и соответствующего программного обеспечения рассмотрим принципы автоматизации СИ-экспериментов на этих машинах отдельно. Назовем их условно линией "Одр" и линией "Электроника".

Линия "Одр"

ЭВМ серии "Одра-1300" (производство ПНР) являются функциональными аналогами английских машин серии ICL - 1900. Это 24-х разрядные машины. Первоначально для автоматизации экспериментов на СИ использовалась "Одра-1325". Эта машина 3-го поколения имеет 32 кслов оперативной памяти и быстродействие 50-80 тысяч операций в секунду. В дальнейшем "Одра-1325" была заменена на более высокопроизводительную "Одра-1305" с оперативной памятью 64 кслов и быстродействием 250-400 тыс. операций в секунду. Машина обслуживала одновременно 4 экспериментальные станции, что приводило к существенным неудобствам и ограничениям в работе.

В 1983 году в ИЯФ был разработан автономный крейт-контроллер "Одренок", программно совместимый с ЭВМ серии "Одра", а в следующем году уже 6 "Одрят" использовались для автоматизации экспериментов на синхротронном излучении из накопителя ВЭШ-4.

"Одренок" выполнен в виде 2М КАМАК модуля, который вставляется на позицию контроллера крейта /3/. В нем реализована полная система команд ЭВМ серии "Одра-1300". Оперативная память "Одренка" составляет 32 или 64 к (в зависимости от использованных микросхем) 24-х разрядных слов. Его производительность на операциях с фиксированной запятой - около 300 000 операций /с, на операциях с плавающей запятой - 0,3 + 0,5 от производительности "Одры-1305". Дополнительно в "Одренке" реализована система команд для работы с КАМАК-ом. Команда генерации КАМАК - цикла выполняется за 3 мкс, так что максимальная скорость обмена с магистралью КАМАК в режиме передачи массива составляет 300 000 24-х разрядных слов/с.

Все "Одрята" через систему связи диспетчера подключались к ЭВМ "Одра-1305", из которой и проводилась их начальная загрузка. Типичная структурная схема крейта "Одренка" изображена на рис.1. Кроме собственно "Одренка" крейт включает в себя ряд интерфейсных и других модулей, что фактически делает такой крейт микро-ЭВМ. Связной модуль позволяет подключить "Одренок" к "Одре-1305". Для подключения к "Одренку" до 4-х одновременно работающих терминалов (Т) используется терминальный модуль (интерфейс V24). К этому же модулю может подключаться цифро-печатающее устройство (ЦПУ) DZM-180. Модули "Диспетчер связи" (4 выхода) и "Регистр пинтов" (16 входов) /4/ обеспечивают подключение до 4-х удаленных крейтов с крейт-контроллерами последовательной связи типа КО601 или СС-24. Автономность работы "Одренка" (после начальной загрузки) достигается установкой модуля электронного диска - ЗУ на I28 к 24-х разрядных слов.

Сложившаяся к середине 1985 года структурная схема автоматизации экспериментов на СИ показана на рис.2. В основном крейты "Одрят" (EXAFS, элементный анализ, дифракционное кино) размещались в специальном помещении - мини-ВЦ. Непосредственно на экспериментальных станциях в бункере СИ ВЭШ-4 располагались удаленные крейты для обслуживания аппаратуры станций и терминалы, которые соединялись с соответствующими крейтами "Одрят" через систему кабельных коммуникаций.

Для обработки данных, отладки программ и аппаратуры в лабораторных помещениях были организованы дополнительные рабочие места. Аппаратура этих мест подключалась к "Одрят", которые обслуживали соответствующие экспериментальные станции.

Реальное быстродействие каналов связи с удаленными крейтами составляло $0,5 + 1$ мс/слово. Поэтому в экспериментах по медицинской диагностике, где требовался более быстрый обмен данными (~ 100 кслов/с), крейт "Одренка" размещался непосредственно на экспериментальной станции, и КАМАК - модули с большим потоком данных устанавливались в этот же крейт.

В качестве накопителя информации с длительным хранением к ЭВМ "Одра-1305" был подключен магнитный барабан (НМБ) DISCMOM DM 0,8 с емкостью 256 к 24-х разрядных слов. Кроме того, "Одра-1305" через архивную ЭВМ имела доступ к центральным накопителям на магнитных дисках (НМД) ЕС-5052 и к линейке накопителей на магнитных лентах (НМЛ) РТ-3.

Существующая операционная система (ОС) /5, 6/ обеспечивала возможность начальной загрузки "Одрят" с магнитного барабана и поддерживала одновременную работу всех "Одрят" в реальном времени как с их электронными дисками, так и с магнитным барабаном.

Логическим продолжением линии "Одра" была замена центральной ЭВМ "Одра-1305" на центральную микро-ЭВМ "Одренок" с подключенным к нему диском большой емкости "Винчестер" (27,5 Мбайт) /7/. Модифицированная структурная схема сети с типичными структурными единицами приведена на рис.3.

Через блок "Диспетчер связи" центрального "Одренка" и блоки системы последовательной связи диспетчера (магистральные станции S7, S6) /8/ к нему подключается сеть периферийных "Одрят" (до 16-ти штук). Центральный "Одренок" выполняет функции коммутатора, обеспечивающего начальную загрузку всех "Одрят" с магнитного диска и предоставляющего возможность для обмена данными между любым периферийным "Одренком" и магнитным диском.

Для обмена информацией с другими аналогичными центрами предполагается к одному периферийному "Одренку-1" подключить накопители на магнитных лентах типа "СМ-5300" и дисководы для гибких магнитных дисков. В настоящее время разрабатывается также связь центров на "Одрятах" с архивом Институтского ВЦ. При необходимости возможна также постановка НМЛ "СМ - 5300" на любой периферийный "Одренок".

В настоящее время в ИЯФ успешно действует несколько систем "Одрят" с подобной конфигурацией сети, в том числе и в лаборатории СИ. Ведутся работы по отладке системы более быстрой связи между центральным и периферийными "Одрятами" и по повышению вычислительной мощности "Одрят".

Специфика использования ЭВМ "Одра" для автоматизации крупных физических установок определила своеобразие и уникальность программного обеспечения. Существующее программное обеспечение полностью разработано в ИЯФ /5,6/. Основные цели, которые преследовались при разработке этого программного обеспечения, состояли в простоте использования системы, оперативности подготовки и сборки программ, многопрограммности работы в ЭВМ, возможности работы с большим количеством внешних устройств.

Основы существующего программного обеспечения были заложены в 1975-1976 годах. С тех пор программное обеспечение непрерывно развивалось и совершенствовалось, но основные прин-

ципы его построения остались неизменными и в настоящее время. Условно программное обеспечение можно разделить на несколько компонент:

- собственно операционная система (ОС);
- набор программ общего пользования, работающих под операционной системой, но которые по своему характеру можно отнести к системным;
- библиотеки подпрограмм;
- пользовательские программы.

Операционная система /5, 7/ обеспечивает многопрограммную (в настоящее время до 10 программ) работу ЭВМ с динамическим распределением оперативной памяти между программами. Распределение процессорного времени между программами осуществляется в соответствии с их приоритетами.

Функцией операционной системы является организация файловой системы на носителях информации для хранения ^{программ} и данных. ОС поддерживает взаимодействие между центральной и периферийными ЭВМ и обеспечивает доступ к общим внешним устройствам (НМБ, НМД, НМЛ и т.д.). Взаимодействие пользователя с операционной системой осуществляется с помощью набора директив (около 20), задаваемых с терминала (возможно задание директив и из программы пользователя). К таким директивам относятся вывод информации о распределении оперативной памяти и состоянии находящихся в памяти программ, загрузка программы с диска в оперативную память или ее уничтожение, запуск программы и т.д.. Существенно, что объем оперативной памяти, занимаемой ОС во всех ее модификациях, составляет ≤ 10 кслов.

К основным программам общего пользования (системным) относятся редактор текстов; транслятор, консолидатор и загрузчик (система компиляции); редактор библиотек; программы работы с дисками и магнитофонами; программа обмена файлами между периферийной и центральной ЭВМ.

Редактор текстов позволяет вводить текст с терминала, выполнять редактирование, записывать текст в файл на электронный диск, магнитный барабан, либо диск "Винчестер". Редактирование производится в оперативной памяти ЭВМ и может выполняться либо непосредственно внутри строк, либо на уровне команд редактора.

Для написания пользовательских программ используется разработанный в ИЯФ язык программирования высокого уровня — *TRAN* /9/. Язык напоминает упрощенный вариант языка ФОРТРАН с возможностями побитовой работы со словами.

Приготовление готовой программы производится аналогично системе трансляции и компиляции с языка ФОРТРАН /6,9/. Время приготовления (трансляция, сборка и загрузка в оперативную память) программы размером в ~500 строк на "Одренке" при работе с электронным диском занимает ~15 секунд.

Редактор библиотек позволяет создавать библиотеки подпрограмм, вставлять в библиотеку новые подпрограммы или удалять ненужные, выполнять просмотр библиотеки и т.д..

Операционная система поддерживает весьма простую файловую систему. Все файлы, содержащиеся на электронном диске "Одренка" или на магнитном барабане, общедоступны во всех режимах работы (создание, удаление, запись/чтение) со всех терминалов, подключенных к данному "Одренку".

В конфигурации сети рис.3 магнитный диск "Винчестер" программно разбивается на набор директорий с типичными объемами директорий 200–300 кслов. За каждым периферийным "Одренком" закрепляется одна или несколько таких директорий с доступом во всех модах. Незакрепленные за "Одренком" директории доступны только в моде чтения.

Для работы с файлами на электронном диске "Одренка" или на магнитном барабане используется специальная сервисная программа. Программа позволяет выводить информацию о всех имеющихся файлах, создавать, удалять, копировать файл, делать компрессию носителя и т.д..

Для обмена файлами между электронным диском "Одренка" и магнитным барабаном (рис.2) или диском (рис.3) существует сервисная программа, позволяющая проводить как обмен единичными файлами, так и загрузку электронного диска набором файлов по заранее заказанному списку.

Запись и чтение файлов на магнитные ленты выполняется отдельной программой. Возможны режимы записи/чтения как отдельных файлов, так и всего содержимого барабана или диска.

Программное обеспечение включает в себя богатый набор библиотек различных подпрограмм. В языке *TRAN* не используются универсальные и громоздкие форматные операторы ввода/вывода

типа ФОРТРАН-овских *READ/WRITE*. Вместо них написаны пакеты подпрограмм для работы с терминалами (в диалоговом режиме), барабанами и дисками, магнитными лентами, различными внешними устройствами, которые подшиваются к программе только в случае прямого обращения. Написано большое число подпрограмм для работы с КАМАК — аппаратурой, например, пакеты для работы с цветным графическим дисплеем, с блоками УЩД2 и ИШАК и т.д.. Существует и хорошая библиотека научных подпрограмм. Кроме того, каждый пользователь может писать свои подпрограммы и заводить свои собственные библиотеки.

Большие возможности, предоставляемые существующим программным обеспечением, высокая оперативность и простота при работе с ним, быстрая обучаемость работе сделали описанное обеспечение популярным и распространенным в ИЯФ.

У описанной выше системы существует ряд недостатков, которые особенно остро проявляются при наличии большого числа пользователей из других организаций. К таким недостаткам можно отнести слабую защищенность файлов, уникальность языка *TRAN* и т.д..

Конкретные пользовательские программы по обслуживанию экспериментальных станций и обработке данных составляются и отлаживаются самими пользователями.

Линия "Электроник"

ЭВМ серии "Электроника" являются функциональными аналогами машин PDP фирмы DEC. Это 16-ти разрядные машины. Начало использования "Электроник" для автоматизации экспериментов на СИ относится к 1982 году. Сложившаяся к середине 1985 года конфигурация ЭВМ показана на рис.4.

Как и в системе с "Одрами" имеется центральная ЭВМ "Электроника-100/25", к которой подключено 4 магнитных диска ИЗОТ-1370 по 2,5 Мбайт каждый. Через архивную ЭВМ центральная машина имеет доступ к накопителям на магнитных лентах. К центральной ЭВМ радиально через линии последовательной связи подключается 5 экспериментальных станций, базирующихся на микро-ЭВМ "Электроника-60М". Все периферийные устройства (терминал, ЦПУ, крейты и т.д.) на экспериментальных станциях под-

ключаются к "Электронике-60М". Существующая в ИЯФ аппаратура и системное обеспечение предоставляют возможность работы с терминала любой экспериментальной станции как с собственной "Электроникой-60М", так и с "Электроникой-100/25" /10/.

Стандартно используемая оперативная память "Электроники-100/25" составляет 128 к 16-и разрядных слов, "Электроники-60М" - 28 кслов. Быстродействие "Электроники-100/25" порядка быстродействия "Одры-1305", "Электроника-60М" - в 3-4 раза медленнее. Скорость обмена (программная) по линиям связи составляет около 4 кбайт/с.

Обычный набор аппаратуры большинства экспериментальных станций включает в себя терминал, графическое выводное устройство DZM-180 и несколько КАМАК-крейтов. На станции рентгеновской микроскопии и микрофотографии, где требуется большой объем вычислений при обработке изображений, к "Электронике-60М" дополнительно были подключены специализированный матричный процессор МТ-70 и электронный диск "Электроника-256 К" на 256 кслов. Матричный процессор имеет фиксированный набор (32) процедур для действий с массивами (свертка, преобразование Фурье, сложение и умножение матриц и т.д.), имеет собственную память на 32 кслов. Быстродействие процессора на арифметических операциях (сложение, умножение) составляет ~2 мкс/слово, скорость обмена с памятью "Электроники-60М" ~2,5 мкс/слово. Такая конфигурация аппаратуры существенно увеличивает реальное быстродействие при работе с большими массивами данных и может эффективно использоваться и на других экспериментальных станциях (дифракционное кино, топография и т.д.).

Описанная конфигурация "Электроник" успешно функционирует в настоящее время, обслуживая эксперименты на накопителе ВЭП-2М.

Дальнейшее развитие сети "Электроник" планируется вести несколько по другому принципу (рис.5). В качестве центральной ЭВМ предполагается использовать "Электронику-60М", функции которой будут состоять в обеспечении доступа из периферийных ЭВМ к накопителям информации на магнитных дисках большой емкости (типа "Винчестер"), на гибких магнитных дисках и на магнитных лентах, а в дальнейшем и к архиву Институтского ВЦ.

Конфигурация аппаратуры на экспериментальных станциях

останется без изменений, но вместо "Электроники-60М" предполагается использование "Электроники-МС1211". Экспериментальная станция рентгеновской микрофотографии уже работает с такой машиной. По быстродействию "Электроника-МС1211" сравнима с "Электроникой-100/25", оперативная память машины может быть доведена до 4 Мбайт.

На ЭВМ типа "Электроника" в работах на СИ используются стандартные операционные системы RSX-II. Центральная ЭВМ "Электроника-100/25" (рис.4) работает под системой RSX-IIМ - известной многопользовательской системой реального времени с мощной файловой системой. Работа программ в периферийных микро-ЭВМ "Электроника-60М" до недавнего времени проводилась под более простой ОС RSX-II_S. Стандартное системное обеспечение было несколько модифицировано в ИЯФ /10/.

Были введены средства межпрограммного обмена между программами в центральной и периферийных ЭВМ, возможности загрузки программ в "Электронику-60М" с дисков центральной ЭВМ, обеспечен доступ к файлам центральной ЭВМ из программ в периферийных машинах. Была также реализована возможность работы с терминала периферийной машины как непосредственно с периферийной ЭВМ, так и с центральной "Электроникой-100/25".

Модифицированная ОС RSX-II_S занимает 10 кслов оперативной памяти, оставляя под программы пользователя 18 кслов, и обеспечивает многопрограммность в периферийных ЭВМ. Имеется также возможность работы программ в "Электронике-60М" без операционной системы (*stand alone*), что позволяет освободить под пользовательские программы дополнительно 10 кслов памяти.

В качестве языка высокого уровня для написания пользовательских программ используется ФОРТРАН-IV. Подготовка, трансляция и сборка программ выполняются в ЭВМ "Электроника-100/25", откуда собранная программа может быть загружена в "Электронику-60М". Для работы с терминалом, с магнитными дисками центральной ЭВМ, с КАМАК - аппаратурой написаны пакеты подпрограмм. Имеется и библиотека научных подпрограмм.

В планируемой конфигурации сети (рис.5) в качестве операционной системы в периферийных ЭВМ "Электроника-МС1211" предполагается использовать более простую по сравнению с RSX-II операционную систему RT-II или ей аналогичную.

ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА И АППАРАТУРА СОПРЯЖЕНИЯ ЭВМ С ЭЛЕМЕНТАМИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

В качестве терминалов в экспериментах на СИ получили распространение алфавитно-цифровые дисплеи типов *VIDEOTON-340* или *ЕС 7168*, *MERA 7953* (*СМ 7209*), Электроника *15-ИЭ-00-013-01*, а также дисплеи с сенсорной клавиатурой разработки ИЯФ /11/. Все эти терминалы поддерживаются существующими операционными системами. В качестве ЦПУ в работах на СИ используется единственное устройство *DZM-180*. Переделка этих устройств в Институте делает возможным их использование и в графическом режиме. Подключение терминалов и ЦПУ к ЭВМ производится либо через систему последовательной связи ("Одры") /8/, либо через стандартный интерфейс *V24* ("Одрята" и "Электроники").

Вся аппаратура сопряжения ЭВМ с элементами экспериментальных станций выполняется в стандарте КАМАК. Это дает единообразие используемой аппаратуры и соответствующего программного обеспечения для работы с ней, упрощает замену неисправных блоков, позволяет легко модернизировать экспериментальные станции. За редкими исключениями используемые на станциях СИ КАМАК-блоки разработаны в ИЯФ. К настоящему времени в Институте разработано большое количество (~ 100) различных типов КАМАК-блоков. По аппаратуре сопряжения разные экспериментальные станции отличаются фактически только различными наборами таких блоков. Типичный набор КАМАК - блоков (модулей), наиболее широко используемых на экспериментальных станциях СИ, показан на рис.6.

Обязательным элементом такого набора является крейт-контроллер, обеспечивающий взаимодействие ЭВМ с любым модулем в крейте. При работе с "Одрами" и "Одрятами" до последнего времени использовалось два типа контроллеров последовательной связи с ЭВМ-К0601 /12/ и СС-24. Оба контроллера имеют собственные ЗУ (32 и 256 24-х разрядных слов, соответственно) для записи *NAF*-ов и обеспечивают ограниченную организацию быстрого (~ 1,5-3 мкс/команду) межмодульного взаимодействия внутри крейта без участия ЭВМ. В настоящее время в ИЯФ разработан простой контроллер СС-24 без собственного ЗУ.

При работе с ЭВМ "Электроника" в данный момент фактически единственно используемым является простой контроллер с последовательной связью /13/, функционально совместимый с известным контроллером СС-11. На общую шину "Электроники-60М" устанавливается драйвер последовательной связи, обеспечивающий подключение до 6 указанных контроллеров /13/.

Самым распространенным, по-видимому, является модуль "Цветной растровый дисплей ЦДР-2". Модуль обеспечивает отображение на цветном дисплее графической информации в растре размером 256x256 точек, каждая из которых может иметь один из восьми цветов. Устройство имеет аппаратные средства для генерации символов, построения векторов, заполнения прямоугольных областей, сдвигов изображения, побайтового считывания и записи памяти отображения /14/.

В экспериментах на СИ очень широкое применение получили шаговые двигатели различных типов. Практически на любой экспериментальной станции используется от одного-двух до десятка и более таких двигателей. Для управления шаговыми двигателями применяется два типа КАМАК-модулей: УЩД2 и ИШАК. Блок УЩД2 выполняет команды на отработку шаговым двигателем заданного числа шагов в выбранном направлении. От ЭВМ задаются такие параметры движения, как начальная частота шагов (0+5100 Гц), скорость изменения частоты (0+102000 Гц/с), время ускорения/замедления (0+510 мс). Блок ИШАК предназначен для разветвления управления от одного модуля УЩД2 на четыре шаговых двигателя. К одному блоку УЩД2 можно подключить до 10 блоков ИШАК. Модули УЩД2 и ИШАК обеспечивают управление маломощными шаговыми двигателями непосредственно от этих модулей, или мощными двигателями через усилители мощности, выполненные в стандарте "ВИШНЯ" /15/.

При визуальной (например, по рентгенолюминофору) настройке монохроматоров, коллиматоров, образцов весьма удобным является использование модуля "Ручка" с выносимым на удаление от терминала пультом. Выносной пульт включает в себя собственно ручку вращения и набор кнопок, с помощью которых при работе в ЭВМ соответствующей программы можно выбрать нужный шаговый двигатель для управления, оперативно изменять скорость и направление его движения.

Для измерения аналоговых сигналов с усилителей ионизаци-

онных камер и других токовых детекторов, с различных датчиков (положений, температуры и т.д.) широко применяются модули аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и коммутаторов аналоговых сигналов (КАС). Из большого набора разработанных в ИЯФ АЦП наибольшее распространение в экспериментах на СИ получил блок интегрирующего вольтметра Ц0609. Блок обеспечивает погрешность преобразования $\leq 0,005\%$, имеет два диапазона входных напряжений $\pm 8,192$ В и ± 512 мВ, позволяет проводить измерения с временами интегрирования 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 мс. Входное сопротивление блока $>10^9$ Ом /4,16/. В качестве коммутаторов аналоговых сигналов применяется несколько типов КАС с ключами, выполненными как на полупроводниках, так и на герконах, с числом коммутируемых каналов от 16 до 64 /4,16/.

При работе с детекторами квантов в режиме счета широко применяется модуль "Таймер" и различные модули счетчиков. Блок "Таймер" имеет внутренний 16-и разрядный счетчик для обработки задаваемой длительности временного интервала. Период одного разряда может быть установлена на 1, 10, 100 мс или 1 с. Точность отработки временного интервала составляет ± 50 нс /4/. В качестве счетчиков используются три типа модулей: 8-и канальный 16-и разрядный счетчик с максимальной скоростью счета до 6 МГц и входным сопротивлением 50 Ом; 8-и канальный 24-х разрядный счетчик со скоростью счета до 6 МГц и входом TTL; 4-х канальный 24-х разрядный счетчик со скоростью счета до 150 МГц и входным сопротивлением 50 Ом /4/.

Для включения и выключения от ЭВМ различных устройств и систем на экспериментальных станциях (управление рентгеновскими шторками, включение сигнализации о срабатывании концевиков шаговых двигателей и т.д.) используется модуль управляющего регистра (УР) /17/.

Во многих экспериментах требуется быстрое буферное запоминающее устройство (ЗУ). Необходимость в таком устройстве возникает при работе с быстрым измерителем временных интервалов /18/, с блоком амплитудного преобразования /19/ и т.д.. В ИЯФ разработано несколько типов модулей ЗУ, которые широко используются в экспериментах на СИ. Кроме ЗУ I28 К (электронного диска), изображенного на рис.1, большое распространение получили ЗУ на 16 к 16-и разрядных и 64 к 24-х разрядных слов с возможностью записи информации по передней панели и с возмож-

ностью страничной организации памяти /20,21/. Максимальная частота обращений для этих блоков в инкрементном режиме составляет 500 кГц, в буферном режиме - 1 МГц.

Перечисленный набор КАМАК-модулей заведомо не исчерпывает всех типов используемых в экспериментах на СИ блоков. Тем не менее, по нему можно составить представление об уровне и возможностях используемой аппаратуры сопряжения ЭВМ с оборудованием экспериментальных станций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системы автоматизации экспериментов на СИ в ИЯФ в настоящее время вполне удовлетворяют основным требованиям по сбору и обработке данных. Однако, уже сейчас на некоторых экспериментальных станциях существует проблема обработки больших массивов данных. К таким работам относятся медицинская диагностика, рентгеновская микроскопия и микротомография, рентгеновская топография. Наблюдается и тенденция к расширению круга таких работ. Существующие системы автоматизации уже не обеспечивают решение этих задач за разумные времена.

Кажется естественным для этих целей создавать рабочие станции на основе широкого использования специальных быстрых процессоров и специализированных систем вывода массивов информации в удобном для восприятия виде. Однако, в настоящее время еще не выработан общий подход к этой проблеме. Можно ожидать, что в ближайшие годы какие-то варианты решения проблемы будут реализованы.

Приведенный здесь обзор систем автоматизации экспериментов на СИ в Институте ядерной физики СО АН СССР может дать общее представление о принципах построения таких систем, используемой аппаратуре и программном обеспечении. Для более детального ознакомления с системами автоматизации, там где это возможно, даны ссылки на соответствующие печатные работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.Н.Кулипанов, А.Н.Скринский. Использование синхротронного излучения: состояние и перспективы. - УФН, 1977, т.122, вып.3, с.369-418.
2. Г.Н.Кулипанов и др., Использование ЭВМ для экспериментов с синхротронным излучением на накопителе ВЭШ-3. - Всесоюзное (I) совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. - Киев, 1976, с.110-112.
3. Г.С.Пискунов, С.В.Тарарышкин. Двадцатичетырехразрядная ЭВМ в стандарте КАМАК. - Автометрия, 1986, № 4, с.32-38.
4. Блоки, выполненные в стандарте КАМАК. Информационный материал. - Новосибирск, 1985. - 82 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР).
5. А.Н.Алешаев и др.. Операционная система ЭВМ "Одра" для управления электрофизическими установками в ИЯФ СО АН СССР. - Новосибирск, 1980. - 49 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР: 80-194).
6. Б.В.Левичев. Системное программное обеспечение управления ускорительно-накопительным комплексом от ЭВМ "Одра" . - II Всесоюзный семинар по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Пленарные доклады. - Новосибирск, 1982, с. 149-157.
7. А.Н.Алешаев и др.. Построение распределенных систем управления крупными электрофизическими установками на базе сетей специализированных микро-ЭВМ в ИЯФ СО АН СССР и их программное обеспечение. - Автометрия, 1986, № 4, с.39-45.
8. В.И.Нифонтов. Организация управления ускорительно-накопительными комплексами в ИЯФ СО АН СССР при помощи ЭВМ. - В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. Материалы конференции. - Новосибирск, 1977, с.154-156.
9. С.Д.Белов. Система компиляции на управляющих машинах комплекса ВЭШ-4. - Работы молодых специалистов, выполненные в ИЯФ СО АН СССР в 1977-1978 годах. - Новосибирск, 1978. - (Отчет/ ИЯФ СО АН СССР).
10. М.В.Бейлин и др.. Системное мат-обеспечение многомашинного комплекса автоматизации физического эксперимента. - Новосибирск, 1982. - 29 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР; 82-72).

11. В.И.Нифонтов и др.. Алфавитно-цифровой дисплей с сенсорной клавиатурой. - Новосибирск, 1982. - 18 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР; 82-151).
12. Г.А.Аксенов и др.. Программируемые контроллеры в системах управления физическим экспериментом в ИЯФ СО АН СССР. - В кн.: Сборник трудов второго Всесоюзного симпозиума по модульным информационно-вычислительным системам. - М., 1980, с.89-93.
13. В.И.Нифонтов и др.. Контроллер и драйвер для организации связи в последовательном виде между ЭВМ "Электроника-60" и крейтами КАМАК. - Новосибирск, 1982. - 25 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР; 82-90).
14. Э.А.Купер и др.. Цветной растровый дисплей ЦДР-2. - Новосибирск, 1984. - 18 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР; 84-112).
15. С.В.Кротов. Блоки управления шаговыми двигателями в стандарте КАМАК. - Новосибирск, 1982. - 12 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР; 82-99).
16. Ю.И.Голубенко и др.. Аппаратура для многоканальных измерений постоянных напряжений. - Автометрия, 1986, № 4, с. 63-72.
17. В.И.Нифонтов и др.. Выводные и вводные регистры в стандарте КАМАК. - Новосибирск, 1982. - 19 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР; 82-77).
18. В.И.Нифонтов и др.. Измеритель временных интервалов для спектроскопических измерений. - Новосибирск, 1982. - 12 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР; 82-75).
19. E.N.Dementyev et al. Fast response amplitude scintillation detector for X-ray synchrotron radiation. - Nuclear Instruments and Methods, 1986, v. A246, № 1/3, p. 549-551.
20. В.И.Нифонтов, В.В.Смирных. Универсальное запоминающее устройство в стандарте КАМАК. - Новосибирск, 1982. - 10 с. - (Препринт/ИЯФ СО АН СССР; 82-76).
21. А.А.Шейнгузихт и др.. Развитие комплекса электронной аппаратуры в стандарте КАМАК для быстрой регистрации рентгенограмм. - Труды VI Всесоюзного совещания по использованию синхротронного излучения СИ-84, Новосибирск, 1984, с.109-111.

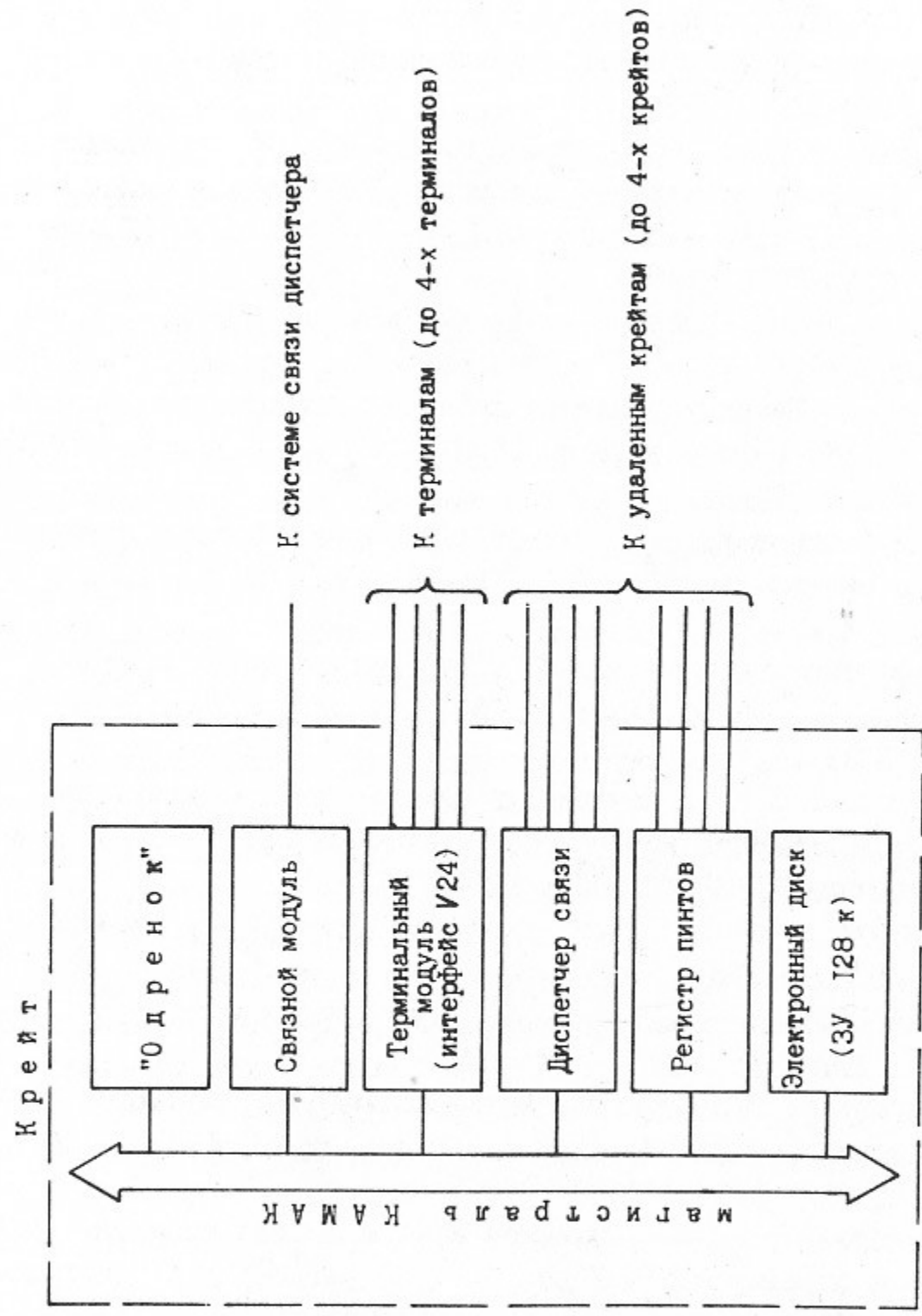


Рис.1. Структурная схема крейта "Одренка".

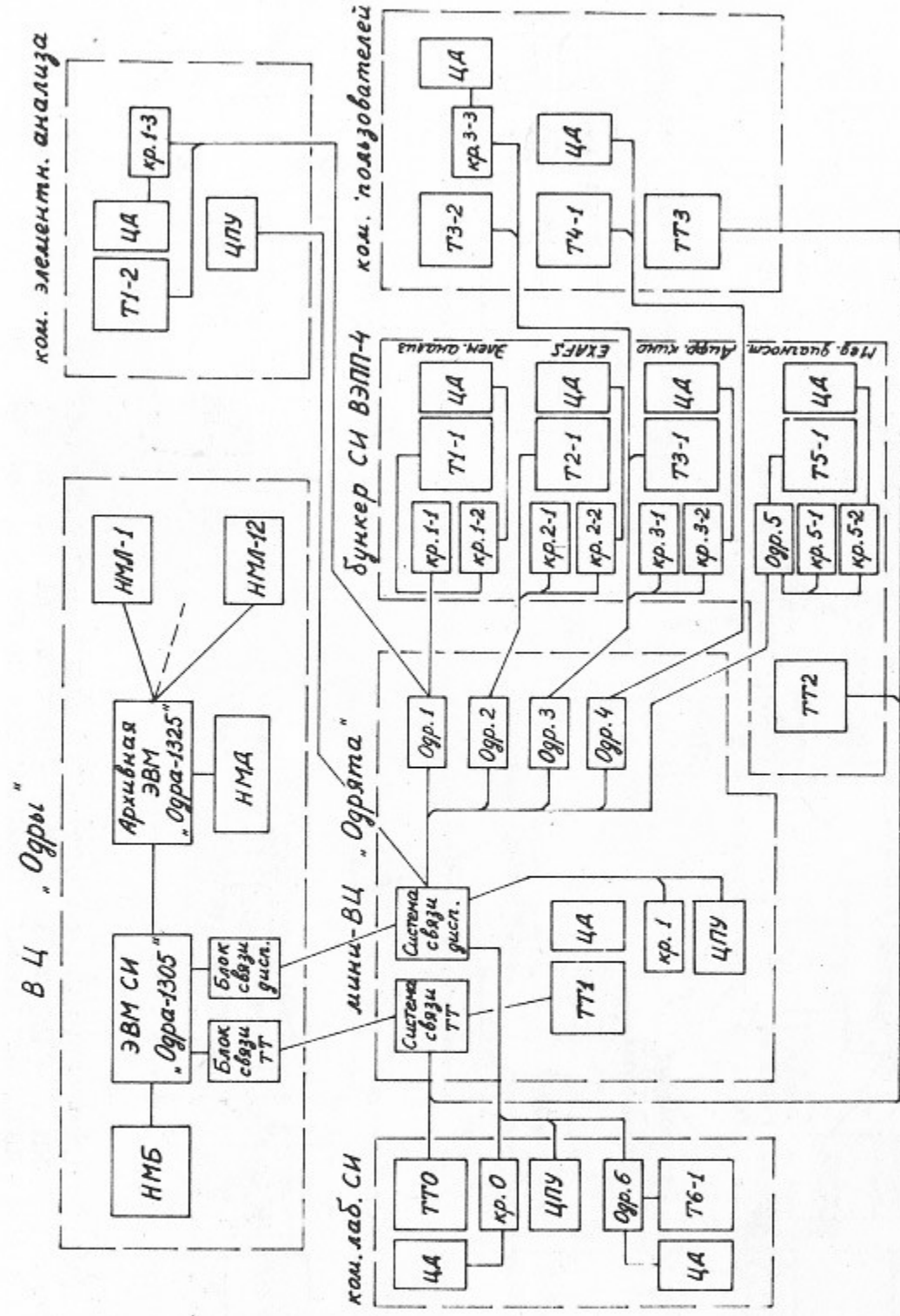


Рис.2. Структурная схема автоматизации экспериментов на СИ на ЭВМ типа "Одра" к середине 1985 года.
 НМБ - накопитель на магнитных барабанах; НМД - накопитель на магнитных лентах; ТТ, Т - терминалы; ЦД - цветной дисплей; ЦПУ - цифровая печатная машина.

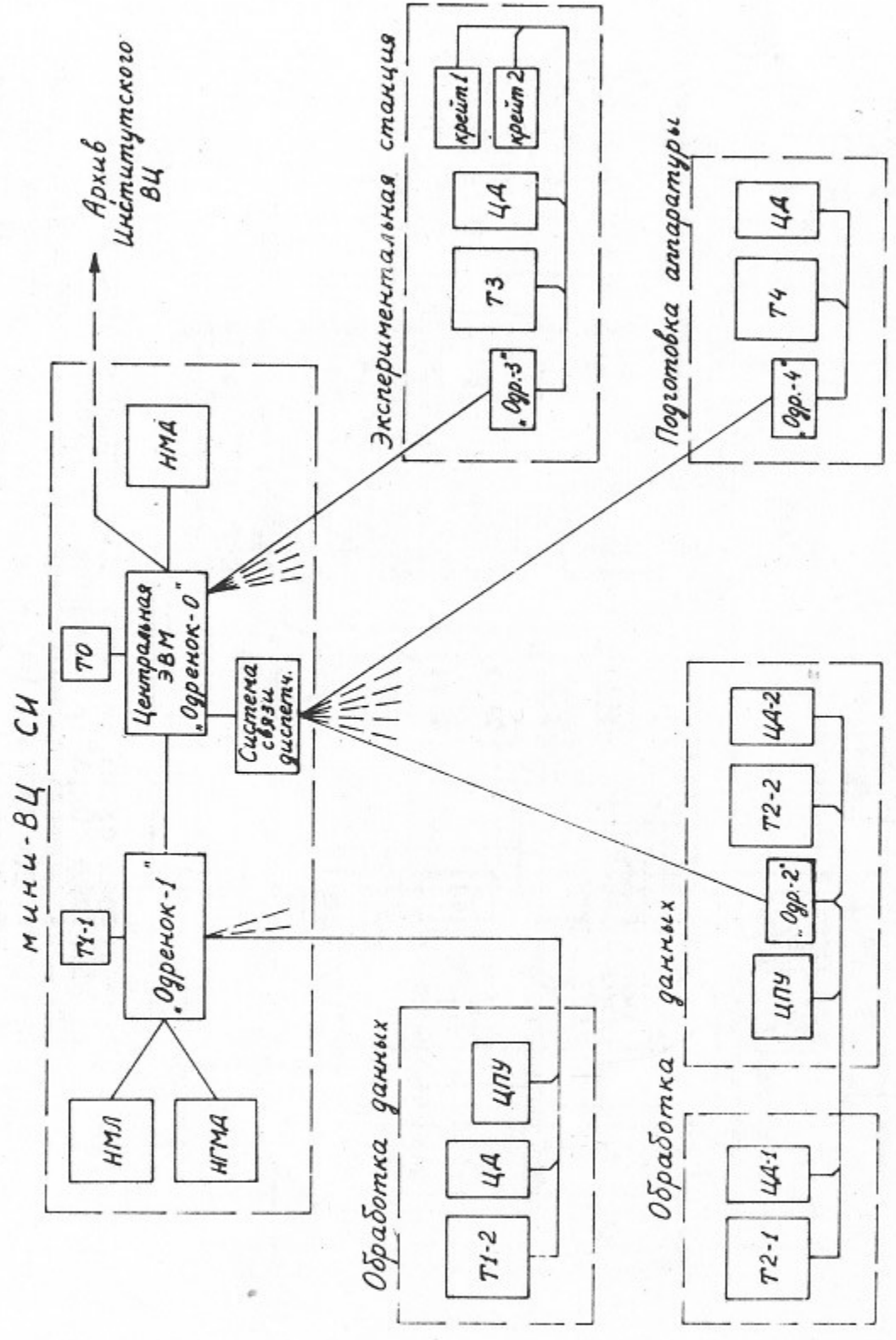


Рис. 3. Существующая структурная схема автоматизации экспериментов на СИ ("Одыата"). НМД - накопитель на гибких магнитных дисках. Остальные обозначения такие же, как на рис. 2.

ВЦ "Электроникки"

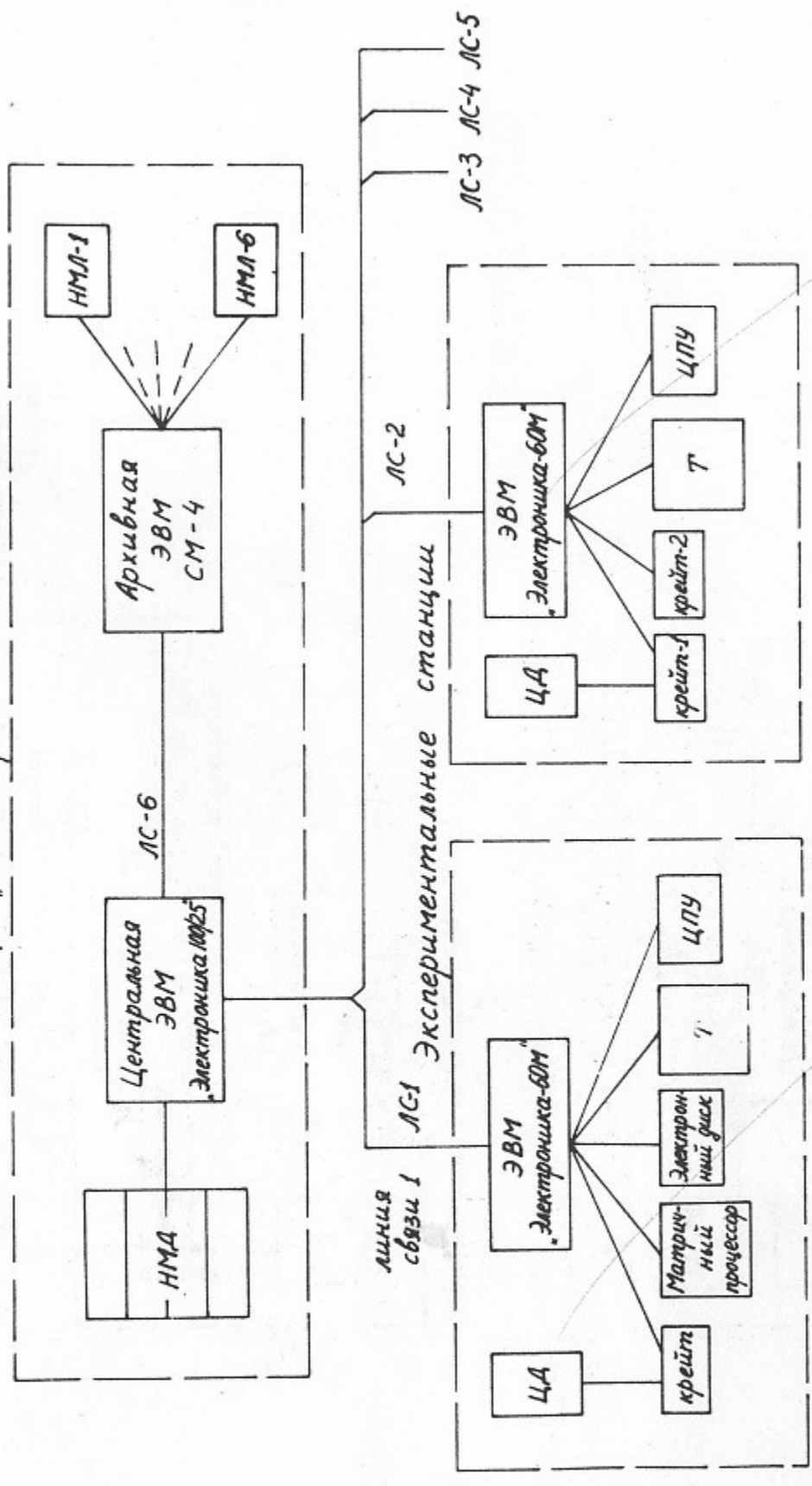


Рис. 4. Структурная схема автоматизации экспериментов на СИ ("Электроникки"). Обозначения такие же, как на рис. 2, 3.

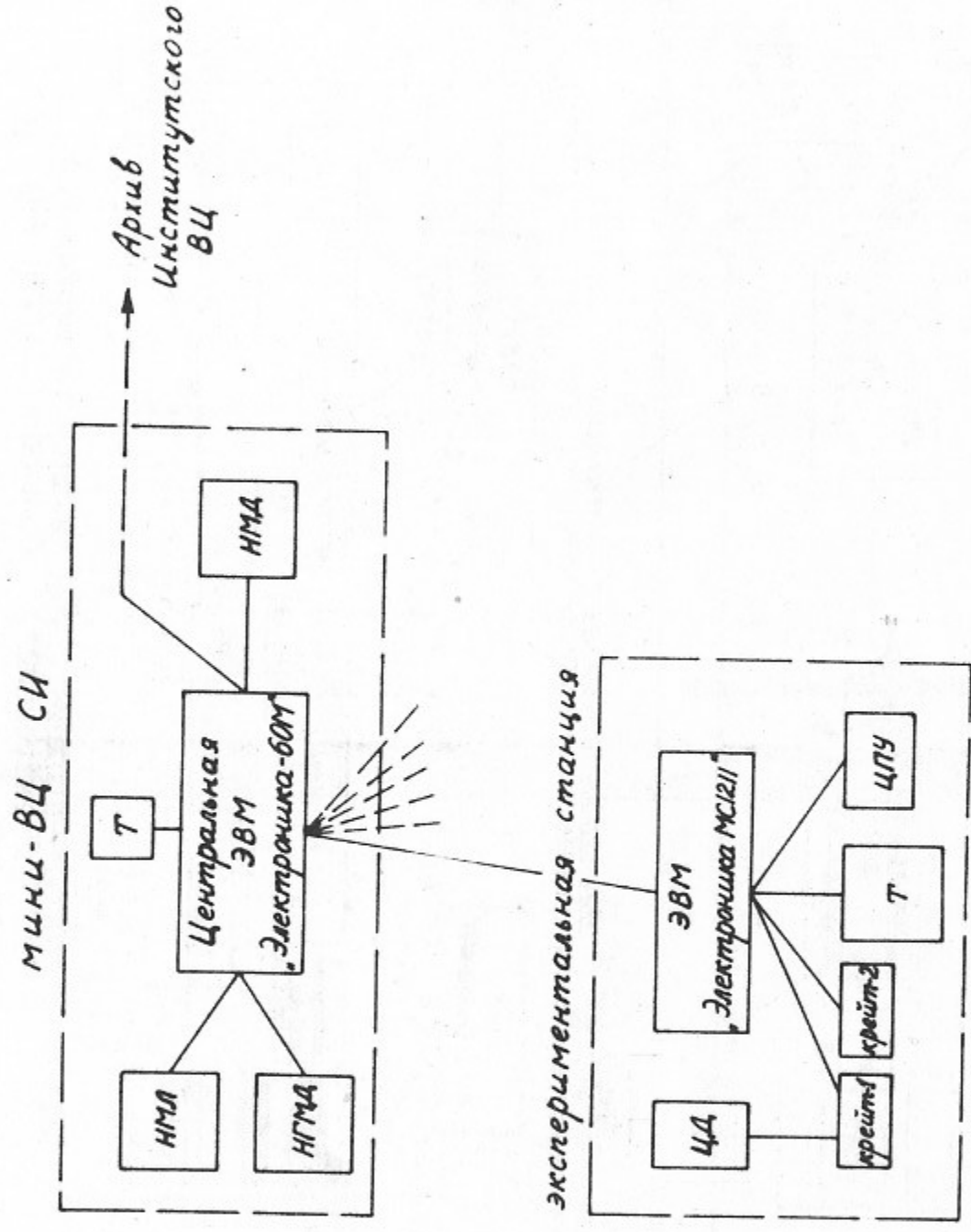


Рис.5. Планируемая структурная схема автоматизации экспериментов на СИ "Электроника". Обозначения такие же, как на рис.2, 3.

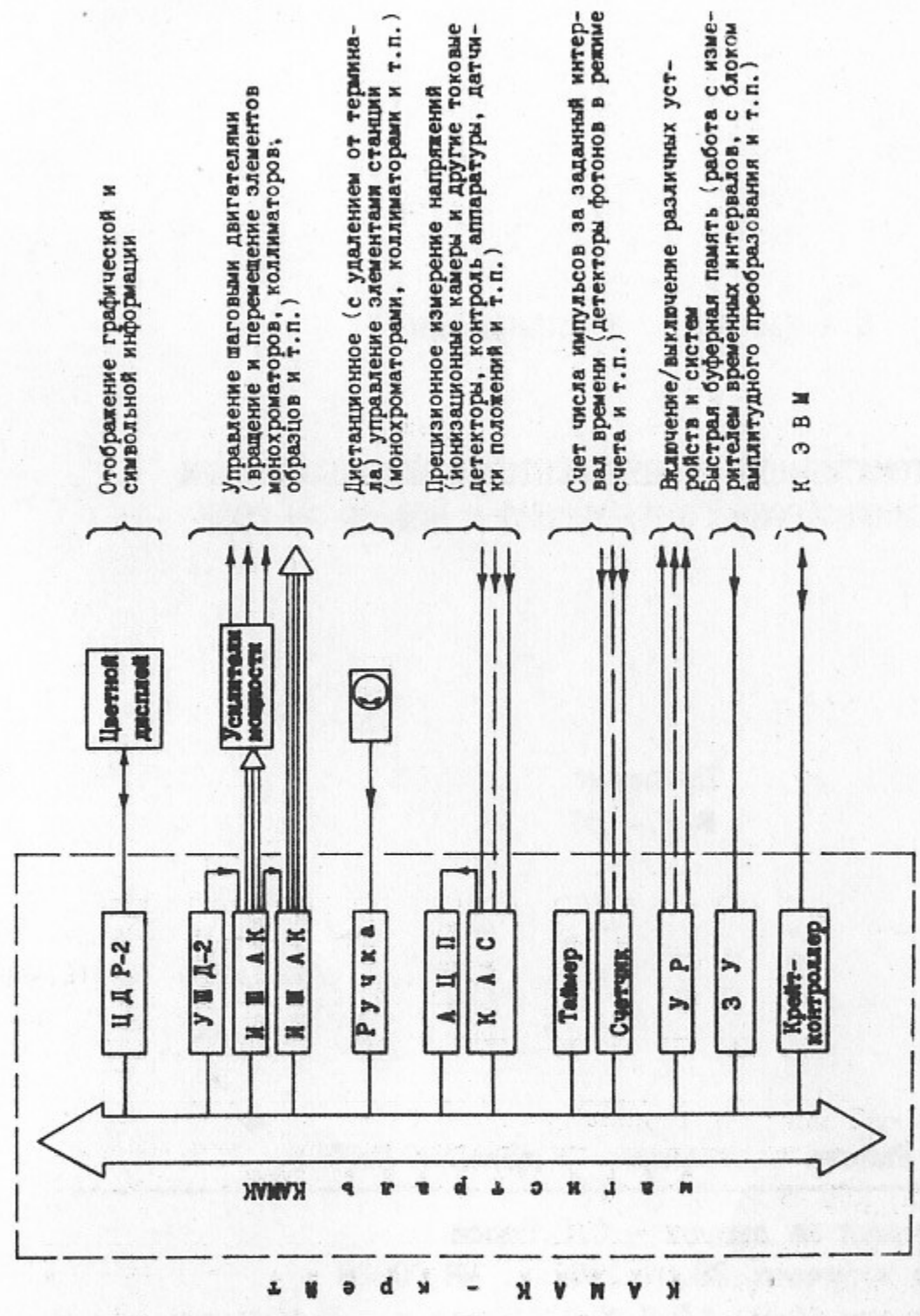


Рис.6. Примерный набор наиболее широко используемых в экспериментах на СИ КАМАК-модулей.

Н.А.Мезенцев, В.Ф.Пиндюрин

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ИЯФ СО АН СССР

Препринт
№ 87-107

Работа поступила - 3 декабря 1987 г.

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов
Подписано к печати 28.07.1987 г. МН 00028
Формат бумаги 60x90 1/16 Усл.л., 7 печ.л., 1,4 учетно-изд.л.
Тираж 250 экз. Бесплатно. Заказ № 107.

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90