

Б-242

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 3406



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

А.И. Барановский, В.А. Владимиров, Ф. Дуда,
Б.Е. Журавлев, Г.И. Забиякин, З.В. Лысенко,
В.И. Приходько, В.Г. Тишин, Й. Томик,
В.Р. Трубников, В.Д. Шibaев

МНОГОТРАКТОВЫЙ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
НА ОСНОВЕ ЭВМ "МИНСК-2"

1967.

10 - 3406

5268/3 ч.
А.И. Барановский, В.А. Владимиров, Ф. Дуда,
Б.Е. Журавлев, Г.И. Забиякин, З.В. Лысенко,
В.И. Приходько, В.Г. Тишин, Й. Томик,
В.Р. Трубников, В.Д. Шibaев

МНОГОТРАКТОВЫЙ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
НА ОСНОВЕ ЭВМ "МИНСК-2"

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Быстрое и разностороннее внедрение электронных вычислительных машин (ЭВМ) в экспериментальную методику обуславливается усложнением физического эксперимента и увеличением объема получаемой информации, которая не может быть зачастую переработана без применения ЭВМ. Наряду с проведением достаточно разнообразной и сложной математической обработки регистрируемых данных ЭВМ, имеющая канал приема цифровых данных, способна выполнить основные функции спектрометрической регистрирующей аппаратуры. Включение ЭВМ непосредственно в комплекс приборов физического эксперимента может обеспечить тесный и разносторонний "контакт" между физиком-экспериментатором и аппаратурой эксперимента, давая наглядное представление о результатах измерений. Помимо выполнения функций физической экспериментальной аппаратуры, ЭВМ может осуществить ряд других операций по управлению реактором, ускорителем и другими экспериментальными установками, проводить оптимизацию опыта и режимов работы основных установок и т.д.

Основные требования к вычислительной машине, входящей в комплекс регистрирующего оборудования, необходимо рассматривать с позиций обеспечения основных функций проведения физических измерений. При этом необходимо иметь в виду относительно небольшие ЭВМ, поскольку использование быстродействующих машин с большой памятью, с развитой системой команд и прерыванием, с многопрограммной работой и т.д.

может, естественно, обеспечить задачи регистрации, но связано с большими затратами и практически не может в настоящее время быть осуществлено для массовых экспериментов в рамках одной физической лаборатории.

Требования к ЭВМ при многотрактových спектрометрических измерениях

При проведении нескольких независимых спектрометрических измерений с использованием одной ЭВМ основные функции машины (регистрация, обработка и обеспечение "контакта" с экспериментатором) должны быть распространены на каждый из измерительных трактов.

Возможность применения ЭВМ для регистрации информации, поступающей по нескольким трактам, определяется прежде всего её быстродействием и объемом памяти. Если функционируют k трактов со средней интенсивностью событий по каждому из них N_i , то суммарный поток информации на цифровом входе машины, являющийся суперпозицией простейших потоков, может быть оценен как $\sum_1^k N_i$. Поступающая с такой интенсивностью цифровая информация должна быть в простейшем случае рассортирована по каналам спектра каждого из N_i трактов (интегрирующий режим работы), либо записана без поканальной сортировки в блоки памяти ЭВМ (неинтегрирующий режим работы).

Быстродействие, которое требуется от машины для проведения операций регистрации, зависит от суммарного потока информации и от того, насколько этот поток, в результате предварительного преобразования, удастся приблизить к равномерному во времени.

Другим определяющим фактором работы ЭВМ при проведении многотрактových измерений является объем памяти используемой машины. В общем случае объем памяти машины должен обеспечить накопление регистрируемых данных по всем трактам. Иначе говоря, число ячеек памяти машины, отводимых под регистрацию данных, должно быть равно суммарному числу регистрируемых каналов. Методы регистрации, когда производится накопление информации по отдельным участкам многоканального спектра, требуют, естественно, меньшего объема памяти. Однако методы выборочной регистрации, в том числе и ассоциативный режим, являются частным случаем спектрометрических измерений и не всегда могут быть использованы.

Многомерные измерения с записью событий на магнитную ленту (запись кодов без проведения поканальной сортировки) не вызывает принципиальных затруднений, так как емкость бобины с магнитной лентой у универсальных ЭВМ бывает обычно достаточна для решения задач многомерных спектрометрических измерений.

Одним из основных требований к ЭВМ, которое может быть определяющим при решении вопросов о включении вычислительной машины в систему многотрактных спектрометрических измерений, является требование проведения математической обработки как текущей (во время регистрации), так и окончательной, а также обеспечение более тесного "контакта" с экспериментатором на основе представления результатов оперативной обработки экспериментальной информации. Особое значение в случае многотрактных спектрометрических измерений приобретает режим визуального представления информации и работы со "световым карандашом". На основании приведенных выше требований к параметрам вычислительной машины можно ожидать, что использование одной ЭВМ для обеспечения нескольких спектрометрических измерительных трактов натолкнется на трудности, связанные прежде всего с необходимостью иметь ЭВМ с высоким быстродействием, большим объемом памяти и, наконец, обеспечивающую многопрограммную работу. В противном случае только операции регистрации при повышенных интенсивностях могут занять большую часть времени работы машины. Очевидно, что занятость ЭВМ только операциями накопления поступающей информации делает нецелесообразным её использование в многотрактных измерительных комплексах. Однако необходимо отметить, что универсальная ЭВМ, даже не имеющая многопрограммного режима, может справиться с текущей, а зачастую и конечной, обработкой экспериментальной спектрометрической информации, если эта информация уже предварительно накоплена в виде массивов чисел. Современные малые и средние ЭВМ имеют, как правило, относительно большое быстродействие, так что одна машина может обеспечить обработку предварительно накопленной и рассортированной информации для нескольких спектрометрических трактов.

Структурная схема и основные спектрометрические характери-
ки многотрактового спектрометрического центра на базе
ЭВМ с прямым обращением к МОЗУ

С учетом рассматриваемых требований можно поставить вопрос о такой структурной схеме многотрактового измерительно-обрабатывающего центра, которая смогла бы обеспечить разделение функций предварительного накопления информации и ее последующей обработки. Специфика построения этой системы, автоматизирующей сбор и обработку экспериментальных данных, заключается в том, что в ее состав будут входить устройства регистрации экспериментальной информации, органически связанные с ЭВМ, в создании программ обработки экспериментальных данных, а также в разработке управляющей программы, согласующей работу отдельных программ и отдельных узлов системы.

В качестве накопительного блока для спектрометрических трактов может использоваться один из блоков оперативной памяти (МОЗУ) ЭВМ (рис.1), дополненный возможностями прямого внешнего обращения к регистру адреса (РА). Этому же МОЗУ следует придать функции, свойственные анализаторным МОЗУ, т.е. операцию записи по заданному адресу числа, увеличенного на единицу по сравнению с числом, ранее хранимым в этой ячейке (операция "+1").

Режим регистрации спектрометрической информации в общих чертах осуществляется следующим образом. Коды, характеризующие исследуемые события, поступают по кодовым шинам на регистр адреса (РА) МОЗУ. Далее производится операция добавления единицы в выбранную ячейку МОЗУ. Для этого число из выбранной ячейки выносится на регистр (R_{+1}), где оно увеличивается на единицу, результат заносится в МОЗУ по тому же адресу. Фиксированная программа этих операций, выполняемая независимо от операций машины, позволяет свести время поканальной сортировки практически к времени обращения к оперативной памяти.

Наряду с операцией сортировки, специфичной для спектрометрических задач, должны выполняться и другие операции, обеспечивающие вывод накопленных данных из МОЗУ на внешние устройства или в другие блоки ЭВМ. Всем этим операциям должна быть приписана определенная приоритетность обращения к МОЗУ.

Наиболее высокий приоритет целесообразно закрепить за каналом регистрации экспериментальной информации, поскольку статистический характер поступления этой информации требует высокого быстродействия по входу (малое мертвое время) и не допускает произвольно большого времени ожидания из-за возможных потерь информации. Обращение ЭВМ к МОЗУ может допускать большое время ожидания, поскольку это связано лишь с некоторым увеличением времени работы ЭВМ и принципиально не вызывает потерь информации.

Скорость системы регистрации при нескольких входах и одном общем устройстве памяти зависит как от времени обращения к МОЗУ, количества входных каналов, так и от условий передачи кодов из блоков промежуточной памяти в МОЗУ.

Передача кодов в МОЗУ осуществляется через коммутатор, который опрашивает (периодически или по другому закону) предшествующие ему блоки на наличие информации. Порядок передачи данных через коммутатор, который бы определялся порядком поступления событий со стороны спектрометрических трактов, в подобных многотрактовых системах вряд ли применим из-за недопустимости взаимного влияния трактов на процессы регистрации. Закон, определяющий прием цифровой информации в блок основной памяти по каждому из трактов регистрации, желательно фиксировать с тем, чтобы он не зависел ни от изменений загрузок, ни от включения или изменения условий эксперимента в соседних трактах ^{/3,4/}. В связи с этим весьма целесообразно фиксировать период опроса входа каждого тракта и тем самым задавать общее быстродействие тракта регистрации. В зависимости от ожидаемой загрузки может устанавливаться различная частота опроса каждого спектрометрического тракта.

Е м к о с т ь п а м я т и р е г и с т р и р у ю щ е г о М О З У .
Число каналов специализированного анализатора обычно фиксируется и определяется количеством ячеек МОЗУ. Зачастую измерения проводятся не с максимальным числом каналов, а используется лишь часть МОЗУ. Такое "недоиспользование"

МОЗУ наиболее разительно при проведении нескольких экспериментов одновременно. Применение для нескольких экспериментов общего блока МОЗУ позволяет производить разбиение его емкости на отдельные части в соот-

ветствии с требованиями, которые диктуются особенностями отдельных экспериментов. Однако реализация такого крайнего случая связана со значительными усложнениями адресного регистра МОЗУ, прежде всего за счет обеспечения нужных в этом случае коммутаций. Компромиссом между жесткой фиксацией числа каналов и произвольным разбиением МОЗУ может быть разбиение с определенным модулем.

Основными устройствами вывода данных в измерительном центре с ЭВМ становятся устройства вывода самой вычислительной машины. Арсенал этих устройств возрастает, появляются новые возможности представления экспериментальной информации, которые из-за относительной сложности не могли быть включены ни в отдельный анализатор, ни в систему измерительного центра с автономными МОЗУ. К таким устройствам можно отнести, например, широкую буквоцифровую печать (типа АЦПУ-128), осциллографические блоки с управлением от "светового карандаша" и др.

Включение ЭВМ непосредственно в регистрирующую аппаратуру практически снимает проблему передачи информации из регистрирующих в обрабатывающие системы через промежуточные носители информации или специальные системы связи. Обмен информацией между регистрирующим МОЗУ и другими блоками машины является одной из программ работы ЭВМ. Помимо центрального осциллографа со "световым карандашом", подсоединенного к ЭВМ, в системе многотрактового измерительного центра должны быть предусмотрены также каналы представления информации, регистрируемой в МОЗУ. В силу индивидуальных особенностей экспериментов важно, чтобы эти каналы работали и давали возможность наблюдать информацию каждого измерительного тракта. Подобные осциллографические индикаторы могут являться фактически выносными пультами контроля и ограниченного управления процессом измерения.

Наряду с выводом регистрируемой информации через выходные устройства самой ЭВМ в измерительном центре с достаточно большим числом трактов регистрации желательно иметь и второй канал вывода, способный работать автономно от ЭВМ. Это диктуется соображениями надежности, а также тем обстоятельством, что в целом ряде спектрометрических измерений, особенно предварительных и калибрационных, достаточно визуальная оценка результатов и документальное подтверждение в цифровом виде.

Блок-схема многотрактового спектрометрического
измерительного центра с вычислительной машиной "Минск"

На рис.2 представлен комплекс оборудования многотрактового измерительного центра. Основой центра является вычислительная машина "Минск-2", которая имеет два блока МОЗУ на 4096 чисел каждое, 4 блока накопителей на магнитной ленте (НМЛ), арифметическое и центральное устройства и устройства ввода-вывода. Вычислительная машина оперирует с числами, представленными в виде параллельных 37-разрядных двоичных кодов, в которых один разряд отводится для записи знака числа. Представление чисел в ЭВМ возможно с фиксированной и плавающей запятой. Время обращения к МОЗУ составляет 24 мксек. Основной цикл машины состоит из 5 тактов общей длительностью 120 мксек. Среднее быстродействие ЭВМ - 5 тыс. операций в секунду.

Собственно машина "Минск-2" дополнена блоками МОЗУ (блок 3 и 4), однотипными с используемыми в самой машине. На основе этих МОЗУ организованы два независимых шеститрактовых регистрирующих комплекса для приема, поканальной сортировки и накопления спектрометрической информации /4/. Процесс регистрации происходит независимо от программы работы самой ЭВМ. Информация из регистрирующих блоков может передаваться без прерывания регистрации как в блоки оперативной памяти собственно ЭВМ, так и на автономные внешние устройства вывода.

Помимо спектрометрических трактов регистрирующих МОЗУ, имеется автономный спектрометрический тракт, использующий прямой ввод цифровой информации в машину "Минск-2" /5/.

Блоки аналого-цифрового преобразования и блоки промежуточной памяти в рассматриваемом многотрактовом измерительном центре используются также же, как в ранее описанном центре с автономными МОЗУ /6/.

Проведение многомерного анализа возможно как с использованием магнитной ленты "Минск-2", так и на автономных блоках регистрации на магнитной ленте /7/ с последующей обработкой записанной информации через цифровой вход машины.

К машине "Минск-2" подключен специальный осциллограф, выполненный на электронно-лучевой трубке с большим экраном. Осциллограф снабжен

"световым карандашом", с помощью которого можно управлять работой ЭВМ "Минск-2" в процессе обработки, а также наблюдать в линейной, растровой и изометрической проекциях спектрометрические данные, находящиеся в оперативной памяти машины.

Помимо центрального осциллографа, предусматриваются несколько выносных пультов осциллографов, на которые выводится информация из регистрирующих МОЗУ во время накопления в них информации. Эти пульты могут использоваться в качестве выносных пультов в экспериментальных павильонах или других помещениях. На экраны осциллографов этих пультов выводится информация в виде линейного спектра лишь одного из регистрируемых трактов, к которому относится данный пульт.

Представленная блок-схема спектрометрического измерительного центра разрабатывалась для дальнейшего расширения функционирующего лабораторного измерительного центра (ЛИЦ) ЛНФ за счет введения в его состав комплексов спектрометрических регистрирующих приборов, непосредственно связанных с вычислительной машиной. В настоящее время непосредственно с ЭВМ "Минск-2" работает один из двух блоков регистрирующих МОЗУ и первая группа входных блоков, включающая: коммутатор (входной), распределитель тактов, временные и амплитудный кодирующие устройства, промежуточные памяти. Автономный вывод информации из этих МОЗУ проверялся с использованием комплекса выходных устройств ЛИЦ ЛНФ. Тракт непосредственной регистрации данных включает ЛИЦ на 4096 каналов и используется для амплитудного анализа γ -излучения. Представление накапливаемой информации как в процессе набора, так и при ее обработке осуществлялось на осциллографе с большим экраном. Управление работой ЭВМ в процессе обработки данных проводится по сигналам от "светового карандаша" с использованием ряда программ обработки спектрометрической информации.

Построение многотрактового спектрометрического измерительного центра предусматривает комплексное решение задач накопления экспериментальной информации, обработки ее, вывода и представления результатов измерений и обработки.

Накопление информации в регистрирующих блоках МОЗУ. Каждый из регистрирующих блоков МОЗУ (рис. 3) может принимать цифровую информацию от

8 блоков промежуточной памяти (или блоков аналого-цифрового преобразования при работе без промежуточной памяти). Порядок опроса этих блоков задается коммутатором управляющих сигналов регистрации, который снабжен штекерным коммутационным устройством. С помощью этого устройства задаются периоды опроса каждого из блоков ПП. Поскольку время обращения к МОЗУ составляет примерно 25 мксек, то тактовая частота опроса блоков ПП выбрана равной 40 кГц. Периоды опроса каждого из блоков ПП могут устанавливаться кратными 25 мксек. Нужный период опроса ПП выбирается в соответствии со средней интенсивностью поступающей информации перед началом эксперимента.

Каждому измерительному тракту отводится определенное поле МОЗУ. Минимальная величина поля - 256, а максимальная - 4096 ячеек МОЗУ. Длина запоминаемого в МОЗУ слова, равная 37 двоичным разрядам, позволяет осуществить в каждом из полей МОЗУ разбиение, в свою очередь, на 2 или 3 "этажа" с 18 или 12 разрядами соответственно в каждом из этажей.

Цифровые коды из блоков промежуточной памяти через коммутатор (входной) поступают на регистр адреса (РА) блока МОЗУ. Адрес канала спектра, по которому должна быть зарегистрирована информация в МОЗУ, определяется 14-разрядным двоичным кодом. 12 разрядов определяют ячейку МОЗУ, два разряда определяют, в какой из этажей должна быть занесена информация. Еще один разряд (15-ый) является служебным и определяет число этажей в данном рабочем поле (нулевой потенциал соответствует 2-этажному разбиению, отрицательный - 3-этажному). После задания адреса ячейки МОЗУ информация из этой ячейки (36 разрядов) выводится на дополнительный "регистр +1". В этом регистре происходит увеличение содержимого соответствующего спектрометрического канала на единицу. Измененное число снова заносится на свое место в ячейку МОЗУ.

Операции регистрации экспериментальной информации, поступающей от блоков ПП, имеют наивысший приоритет. Это обеспечивается блоком распределения тактов обращения к МОЗУ. Запросы на выделение рабочих тактов поступают к этому блоку от всех блоков ПП.

Накопление информации непосредственно в ЭВМ. В некотором случаях может оказаться целесообразным про-

дить накопление поступающей экспериментальной информации непосредственно в вычислительной машине "Минск-2". Коды от АЦП или ПП поступают в данном случае через устройство согласования непосредственно на кодовые шины числа ЭВМ. Дальнейшая организация интегрального накопления поступающих событий может быть выполнена программным путем, либо по специальной операции поканальной сортировки, дополнительно введенной в систему команд "Минск-2". Эта операция, характерная для специализированных спектрометрических устройств, обеспечивает выполнение приема и поканальной сортировки событий за 36 мксек. Хранение накапливаемой информации осуществляется в обоих блоках МОЗУ машины. Машинное слово "Минск-2" длиной 37 разрядов разбивается на группы разрядов - "этажей", в которых записывается информация нескольких экспериментальных каналов. Разбиение слова машины на 2,3 и 4 этажа позволяет при емкости МОЗУ 8 тыс. слов проводить измерения с 16, 24 и 32 тыс. каналов соответственно. Уменьшение емкости каналов регистрации в условиях работы на ЭВМ компенсируется перезаписью информации на магнитную ленту по заполнению каналов. Распределение экспериментальной информации по этажам МОЗУ выполняется схемами устройства согласования.

Программная организация накопления предусматривает 2 режима поканальной сортировки: 1) сортировку каждого поступающего события и 2) групповую сортировку принятых кодов событий. Ввод экспериментальной информации в ЭВМ осуществляется по операции быстрого цифрового ввода, также дополнительно введенной в систему команд "Минск-2". Выполнение операций поканальной сортировки каждого поступающего события позволяет одновременно с регистрацией проводить математическую обработку и коррекцию параметров этого события. Режим групповой сортировки в ряде измерений с импульсным источником событий может оказаться предпочтительней, поскольку операции обработки могут проводиться в паузы между регистрациями. В режиме групповой сортировки время приема одного события составляет в среднем 32 мксек. Оба режима программной организации накопления обеспечивают среднее время регистрации одного события, без учета времени кодирования, около 500 мксек.

Многомерный анализ с использованием НМ/1 машины включает две обособленные операции, предусматривающие раздельное вы-

полнение операций накопления и обработки экспериментальной информации. Запись принимаемой информации на магнитной ленте ведется массивами из 4000 кодов. Время приема такого массива в МОЗУ составляет около 130 мксек, без учета времени кодирования, время перезаписи на магнитную ленту - 1,8 сек. Число каналов многомерного анализа в этом случае практически неограниченно и составляет 2^{36} . Обработка информации, накопленной в эксперименте, ведется по одной из программ рассортировки.

Представление информации в регистрирующем МОЗУ в процессе набора осуществляется на экранах дистанционных пультов осциллографов (ДПО). Информация из МОЗУ на блоки осциллографа выводится последовательно по всем адресам МОЗУ. При этом адреса ячеек, из которых выводится число, задает специальный счетчик. По заданному таким образом через коммутатор (входной) адресу ячейки МОЗУ выводится содержимое ячейки на "регистр +1", но здесь добавления единицы не происходит. Информация через коммутатор (выходной) подается на регистр вывода II, а с него преобразовываясь в отклоняющее напряжение - на вертикальные пластины всех электронно-лучевых трубок. Горизонтальная развертка трубок задается состоянием триггеров счетчика II, которое преобразовывается интерполятором горизонтального отклонения луча в напряжение. Подсвет луча производится лишь у той трубки, которая соответствует измерительному тракту, из которого выводится в данный момент информация. Операции вывода информации из МОЗУ на дистанционные пульта осциллографов имеют низший приоритет.

Представление информации, накапливаемой в ЭВМ, осуществляется на большом индикационном осциллографе. Вывод информации для наблюдения осуществляется, как и в предыдущем случае, в такты работы ЭВМ, свободные от регистрации. Адрес выводимого канала задает счетчик осциллографа, код которого через устройство согласования поступает непосредственно в регистр адреса машины. Код, характеризующий содержание просматриваемого канала, поступает на осциллограф через регистр вывода машины.

Обмен информацией между регистрирующими МОЗУ и ЭВМ. При разработке схемы включения двух регистрирующих МОЗУ в систему ЭВМ учитывалось возможное развитие многотрактового измерительного центра путем замены машины "Минск-2"

более высокопроизводительной ЭВМ, что позволило бы при сохранении созданной регистрирующей системы расширить возможности обработки спектрометрической информации, включая возможность работы нескольких осциллографов со "световым карандашом". Эти соображения определили выбор схемы связи регистрирующих МОЗУ и машины "Минск-2" через специально организованный канал быстрого цифрового ввода в машину. Этот канал обеспечивает групповой ввод данных без нарушения режима набора информации в регистрирующем МОЗУ. Для вывода используются все свободные от приема информации рабочие циклы МОЗУ. При частоте рабочих циклов 40 кгц около 10 тыс. циклов в сек может быть использовано для передачи информации в ЭВМ. При импульсном режиме работы свободных циклов будет еще больше и, следовательно, скорость передачи информации будет возрастать. Операциям обмена выделен 2-й приоритет обращения к МОЗУ.

Устройство согласования (УС) разрешает прохождение кодов на КШЧ машины только при выполнении операции "быстрый цифровой ввод", что обеспечивает возможность работы регистрирующих МОЗУ и ЭВМ по самостоятельным программам.

Обработка экспериментальной информации на вычислительной машине измерительного центра не вызывает особых требований по сравнению с теми, которые обычно предъявляются к универсальным ЭВМ. Возможности обработки определяются прежде всего объемом памяти машины и ее быстродействием. Помимо развитой системы арифметических операций, немаловажным для выполнения различных экспериментальных задач является наличие в ЭВМ развитой системы логических операций. В этом плане операции сложения и вычитания с фиксированной запятой, индексный регистр с автоматической модификацией адреса и другие приемы повышения быстродействия машины при операциях с числами также могут повышать эффективность использования машины при экспериментальных работах.

С целью расширения возможностей обработки спектрометрической информации и для "связи" между оператором и ЭВМ был разработан и подсоединен к машине "Минск-2" специальный осциллограф со "световым карандашом", а также создан определенный минимум программ, обеспечивающих практическое использование этой аппаратуры.

Принцип работы осциллографа со "световым карандашом" основан на том, что при выводе очередной информации из ЭВМ на осциллограф (путем задания координат отклонения луча по осям x и y), в момент подсвета точки на экране можно через специальный светочувствительный датчик ("световой карандаш"), направленный на подсвечиваемую точку, послать в ЭВМ сигнал. Этот сигнал означает, что отмеченная информация представляет для экспериментатора интерес. Далее, задавая программу обработки отмеченной таким образом информации, можно с помощью ЭВМ проводить необходимые операции.

Для вывода больших массивов цифровой информации на машине "Минск-2" была реализована специальная команда быстрого вывода данных на осциллограф, обеспечивающая работу осциллографа со "световым карандашом" как дополнительного внешнего устройства вычислительной машины со скоростью вывода на МОЗУ содержимого одного адреса за 24 мксек. Конец выводимого массива задавался импульсом от счетчика в блоке осциллографа. С помощью переключателя можно задавать длину выводимого массива от 256 до 4096 чисел группами, кратными 256. Ввиду отсутствия на машине "Минск" универсального канала "ввода-вывода", наиболее простым решением оказалось подключение индикационного осциллографа к регистру вывода /РВ/ машины.

Информация на экране может быть представлена в трех видах: в виде линейного спектра (график), многомерного спектра в виде раstra и многомерного спектра в изометрической проекции. Каждому виду изображения соответствует свое расположение информации в разрядной сетке слов машины. Кроме экспериментальных данных, на экран осциллографа могут быть выведены служебные признаки, с помощью которых осуществляется управление работой ЭВМ. Осциллограф и "световой карандаш" должны органически быть включены в комплекс ЭВМ и использоваться совместно с внешними устройствами ЭВМ, устройствами управления и т.д. Это определяет место осциллографа и оператора в комплексе измерительного центра - у пульта (основного или выносного) управления ЭВМ.

Блок осциллографа со "световым карандашом" (рис. 4) был выполнен на основе электронно-лучевой трубки типа 31 ЛО 33В со статическим отклонением. Выбор трубки определился большой величиной экрана, длительным послесвечением, что позволило рабо-

тать с относительно малыми частотами вывода изображения, а также относительно простым электростатическим управлением лучом трубки при произвольном (не растровом) выводе точек. Световой карандаш представляет собой фотоумножитель ФЭУ-81 (диаметром 15 мм), заключенный в светонепроницаемый кожух с конической насадкой, имеющей осевое коллимационное отверстие для прохождения света от изображения на экране трубки на ФЭУ. На внешней стороне кожуха расположена кнопка включения напряжения, обеспечивающая однократную посылку сигнала от светового карандаша в ЭВМ.

Л и т е р а т у р а

1. Г.И.Забякин. Препринт ОИЯИ, 1834, Дубна, 1964; ПТЭ, 1965, №1,5.
2. Материалы конференции Proc. EANDC. Conf. on Automatic Acquisition and Reduction of Nuclear Data, Karlsruhe, July, 1964.
3. Т.Шетет, В.Д.Шибяев. Препринт ОИЯИ, 10-3176, Дубна, 1967.
4. Б.Е.Журавлев, Г.И.Забякин, ПТЭ, 1966, №2, 81.
5. В.А.Владимиров, Ф.Дуда, Г.И.Забякин, З.В.Лысенко и др. Препринт ОИЯИ, 10-3272, Дубна, 1967.
6. Г.П.Жуков, Б.Е.Журавлев, Г.И.Забякин. ПТЭ, 1964, №6,34.
7. Г.П.Жуков, Ш.И.Барилко, Г.И.Забякин и др. Труды У1-й конференции по ядерной радиоэлектронике, т.3, ч.1, М., Атомиздат, 1965, стр.197.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 июня 1967 года

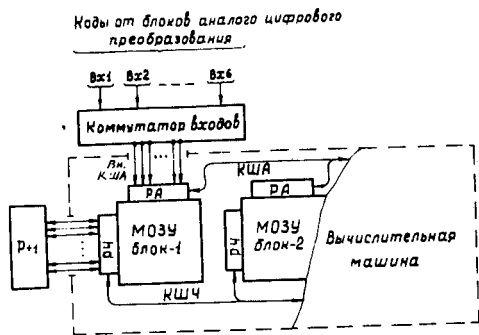


Рис.1. Прямая регистрация экспериментальной информации в МОЗУ ЭВМ.

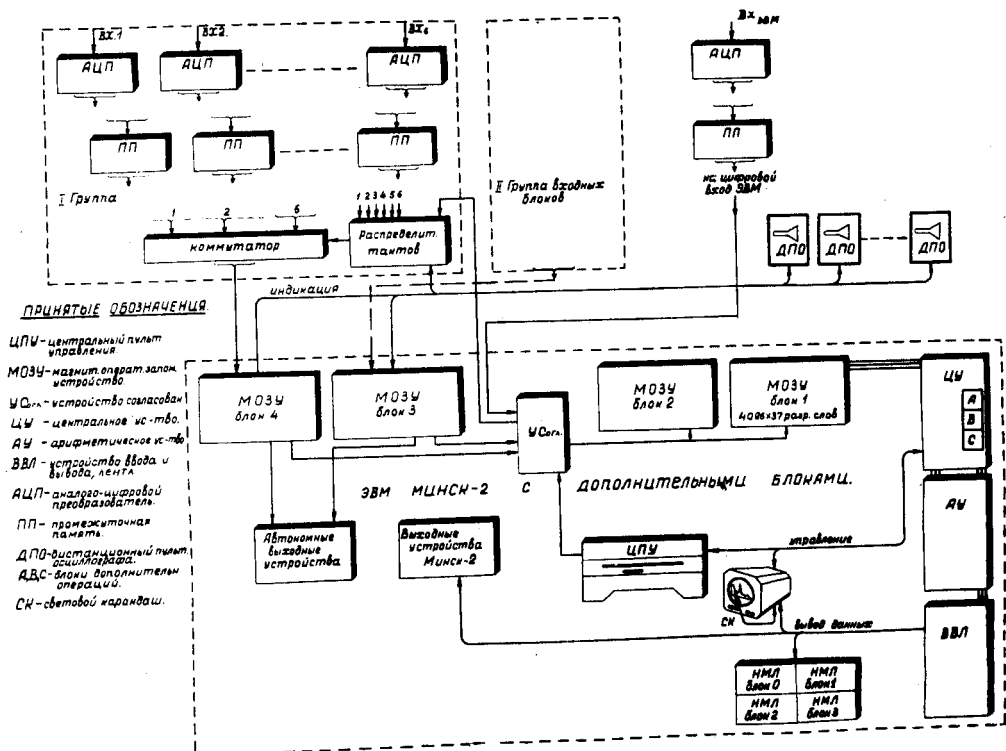


Рис.2. Многокантовый спектрометрический измерительный центр на основе ЭВМ "Минск-2",

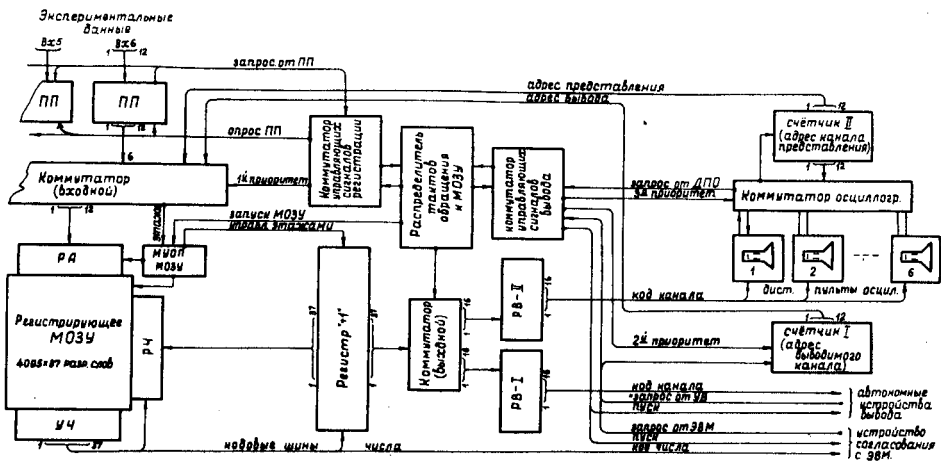


Рис.3. Регистрирующее МЗУ с блоками управления и согласования.

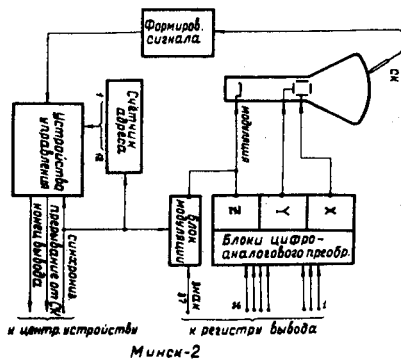


Рис.4. Блок-схема осциллографа со "световым карандашом".