

3331

Экз. чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 3331



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

З.В. Лысенко, Й. Томик, В.Р. Трубников

ОСЦИЛЛОГРАФ СО СВЕТОВЫМ КАРАНДАШОМ
ДЛЯ МАШИНОЙ ОБРАБОТКИ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

1967.

10 - 3331

З.В. Лысенко, И. Томик, В.Р. Трубников

**ОСЦИЛЛОГРАФ СО СВЕТОВЫМ КАРАНДАШОМ
ДЛЯ МАШИННОЙ ОБРАБОТКИ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

В в е д е н и е

Характерной особенностью техники ядерной спектроскопии является непрерывное улучшение разрешения спектрометрического тракта. Стремление повысить эффективность проводимых измерений, эффективность труда экспериментатора привело к использованию сложных комплексов оборудования, часто включающих и цифровые вычислительные машины (ЦВМ). Однако нередко наряду с использованием таких комплексов, обладающих большими потенциальными возможностями при накоплении и обработке информации, применяется традиционная методика обработки и накопления данных. Это является существенным тормозом в росте производительности труда экспериментатора.

В настоящее время еще не существует ни оптимального варианта состава оборудования для того или иного вида измерений, ни установившейся методики проведения измерений с использованием ЦВМ. Известно несколько работ, посвященных этим вопросам /1,2,3/. По существу авторы этих работ заняты решением вопроса - в какой мере и на каких этапах нужно автоматизировать накопление и обработку информации и какую часть этого процесса можно оставить человеку с его опытом и интуицией. Такое разделение функций уже намечилось, и оно предполагает наличие оперативного устройства связи человека с ЦВМ. Одним из удобных средств связи в этих случаях является устройство визуального представления информации (осциллограф) в сочетании со световым карандашом (СК) /4/.

Очевидно, что эта связь должна быть обеспечена определенным языком,

выражающим какое-то необходимое количество операций, связанных с накоплением и обработкой результатов определенного эксперимента /13/. Поскольку не существует стандартного языка обработки физической информации, приходится для каждого типа измерений разрабатывать специальные наборы выражений и несложную грамматику. Иначе говоря, каждое обращение оператора к ЦВМ интерпретируется в рамках конкретной программы и сразу выполняется. Обращение к ЦВМ в рамках разработанного комплекса выражений возможно либо через осциллограф, либо через пульт машины, либо через телетайп /4,5/.

Обращение к ЦВМ через осциллограф возможно благодаря дискретности изображения выводимой информации (в виде точек) и наличию светового карандаша, реагирующего на вспышку во время подсветки отдельной указанной точки. В большинстве случаев получаемое изображение должно служить средством взаимодействия оператора с ЦВМ и только должно точно отображать количественное содержание. Это оправдано тем, что в принятой системе спектрометрическая информация сохраняется в своей первоначальной форме независимо от изменений, претерпеваемых ею в ходе образования изображения того или иного вида.

Данная работа посвящена вопросам подключения осциллографа со световым карандашом к ЦВМ, осуществления режима выведения информации из памяти ЦВМ на осциллограф, взаимодействия ЦВМ и осциллографа по сигналам от светового карандаша и программирования, обеспечивающего работу системы при накоплении и обработке спектрометрической информации. В качестве дополнительных условий предполагалось, что ЦВМ "Минск-2" входит в комплекс оборудования измерительного центра, и осциллограф с СК обслуживает экспериментатора, находящегося непосредственно у пульта машины.

Осциллограф со световым карандашом

Осциллограф, как устройство визуального представления, должен обеспечивать обычные индикационные функции, т.е. позволять выводить спектрометрическую информацию в любом из известных видов изображений (график, растр и изометрия). Как устройство связи оператора с ЦВМ он должен позволять выделение любого элемента изображения с помощью СК.

С точки зрения представления спектрометрической информации осциллограф должен воспроизводить изображение, состоящее из нескольких тысяч точек. Хорошее качество изображения при таком количестве точек можно получить на экране большой электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) с длительным послесвечением при частоте повторения кадров около 10 гц. При максимальной для данной машины скорости выведения (40 кгц) время установления в приводе отклоняющей системы не должно превышать 10 мксек. Спектральная характеристика свечения экрана в момент подсветки должна соответствовать спектральной характеристике чувствительного элемента, заключенного в световом карандаше. Поскольку в принятом варианте СК был применен фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), то наиболее подходящей со всех точек зрения оказалась ЭЛТ типа 31ЛО33В. Отклонение по горизонтали (X) и вертикали (Y) обеспечивается ламповыми усилителями постоянного тока. Схема балансная. Коэффициент усиления каждого канала - 400. Время нарастания меньше чем 5 мксек. Выходное напряжение - 300 в.

Для преобразования цифровой информации в аналоговую служат 12-разрядные цифроаналоговые преобразователи (ЦАП). Они выполнены на транзисторах, работающих в ключевом режиме. Время установления ЦАП меньше, чем 3 мксек. Максимальное выходное напряжение + 2,5 в.

В световом карандаше использован ФЭУ-60 ($d = 15$ мм), заключенный в светонепрозрачный кожух ($d = 22$ мм) с конической насадкой, имеющей осевое коллимационное отверстие ($d = 0,5$ мм). Вместе с ФЭУ внутри кожуха смонтирован делитель напряжения. Сигнал снимается с анода ФЭУ. На кожухе снаружи укреплен кнопка однократности действия СК. Карандаш связан с блоком осциллографа гибким четырехжильным экранированным кабелем в общей оболочке диаметром 5 мм.

Схема управления обеспечивает синхронизацию осциллографа с источником информации, подсветку, ее модуляцию, формирование и стробирование импульсов от СК.

Полупроводниковые схемы выполнены на стандартных кассетах (120 x 240) с использованием ячеек, разработанных в отделе радиоэлектроники ЛНФ ОИЯИ.

На рис.1 показана полная структура схемы осциллографа. Назначение некоторых блоков будет описано при рассмотрении режимов вывода данных.

На рис.2 показан общий вид осциллографа со световым карандашом.

Вычислительная машина

В данном разделе характеристики имеющейся ЦВМ будут рассмотрены с точки зрения возможности вывода информации на устройство визуального представления и обеспечения их взаимодействия по сигналам от светового карандаша.

Из опубликованных работ /6,7/ известно, что осциллограф со световым карандашом подключается к ЦВМ либо непосредственно через канал "вход-выход", либо через специальное буферное запоминающее устройство. Взаимодействие по сигналам от СК обеспечивается системой прерывания, используемой ЦВМ. Обмен информацией ведется параллельным кодом.

Поскольку в комплексе измерительного центра предполагалось использовать ЦВМ "Минск-2", ниже будут перечислены ее наиболее интересные в данном случае характеристики. Это универсальная цифровая вычислительная машина среднего быстродействия (5000 операций в сек). Система счисления - двоичная. Длина слова - 37 разрядов. Форма представления чисел - с плавающей и фиксированной запятой. Емкость оперативного запоминающего устройства - 8192 слова (у данного экземпляра). Время обращения к памяти - 24 мксек. В схеме данной машины имеется очень важная доработка, выполненная сотрудниками ВЦ ОИЯИ, - схема прерывания для работы с тремя внешними объектами. Ее структура подобна системе прерывания машины для работы со своими стандартными устройствами /8/.

Из приведенных характеристик видно, что по своему быстродействию, объему оперативной памяти и при наличии системы прерывания данная ЦВМ почти полностью удовлетворяет условиям визуализации цифровой информации. Основным недостатком является отсутствие универсального канала "вход-выход", что существенно осложняет проблему подключения осциллографа к ЦВМ. Принципиальным решением проблемы была бы организация такого канала, однако это выходит за рамки поставленной задачи.

Самым простым решением оказалось подключение осциллографа к регистру вывода (РВ), через который происходит передача информации из МОЗУ ма-

шины на ее внешние устройства /14/. В виде, удобном для использования в осциллографе, информация поступает на РВ в режиме выведения на печать. Коды выводятся на РВ параллельно по 37 разрядов ("0" - "8,5 в" и "1" - "0 в"). Такое подключение осциллографа к машине позволяет рассматривать его как одно из внешних устройств ЦВМ. Эта точка зрения имеет большое значение при рассмотрении двух осуществленных вариантов совместной работы осциллографа и ЦВМ. Так, в первом варианте осциллограф работает как внешнее устройство машины, вместо печати, а взаимодействие по сигналам от СК обеспечивается системой прерывания для работы с внешними объектами. Во втором варианте осциллограф является дополнительным внешним устройством машины, а взаимодействие осуществляется по специальному каналу для сигналов от СК.

Режимы совместной работы

Первый вариант совместной работы ЦВМ и осциллографа с СК поясняется упрощенной блок-схемой, показанной на рис.3а. Слева на схеме расположен осциллограф с СК, а справа - ЦВМ "Мяньск-2". На схеме специально выделены те элементы этих двух основных устройств, связь между которыми обеспечивает возможность их совместной работы. Стрелкой "XYZ" обозначены цепи (36 каналов) передачи информации с РВ ЦВМ на ЦАП осциллографа. Стрелкой "знак" обозначен канал управления уровнем подсветки (уровень подсветки определяется состоянием знакового разряда РВ при передаче каждого отдельного слова). Сигнал синхронизации поступает в СУ осциллографа из ЦУ машины. Поскольку осциллограф в этом варианте во время работы включен вместо печати (печать должна быть выключена), то импульс "конец операции" поступает в ЦУ машины из СУ осциллографа. Сигналы со светового карандаша после формирования в СУ поступают по одному из каналов связи с внешними объектами в схему прерывания.

Режим выведения данных на осциллограф подобен выведению данных на печать. Разница заключается в необходимости периодического повторения выведения указанного массива чисел для регенерации картины на экране осциллографа.

Скорость выведения отдельной точки определяется программой выведения, которая выглядит следующим образом:

$k+0$	$-10 N$	$c+0$	i
$k+1$	$-60 Ni$	1400	$a_N^* - 1$
$k+2$	$-20 Ni$	$k+1$	$c+0$
$k+3$	$-30 N$	$k+0$	0000
где	$c+0$	$n-1$	0000 0001

Здесь a_N^* - начальный адрес выводимого массива чисел и
 n - количество чисел в массиве.

Время выведения отдельной точки складывается из времени выполнения команд "-60" и "-20", что составляет 200 мксек. Естественно, что сигнал конца операции должен поступать в ЦУ машины до окончания команды $k+2$. Таким образом в этом варианте с удовлетворительным качеством можно вывести массивы до 1000 чисел.

Прерывание по сигналам от СК обеспечено существующей схемой прерывания. Эта схема по сигналу от СК передает управление в фиксированную ячейку при наличии разрешения прерывания по данному каналу. После выполнения программы прерывания обеспечивается возврат к прерванной программе.

К достоинствам первого варианта совместной работы следует отнести такие его качества как использование стандартного режима выведения и стандартной системы прерывания по сигналам от СК, возможность использования нескольких каналов прерывания, и все это - без каких-либо переделок в схеме машины, кроме подключения каналов связи.

Очевидным неудобством является несовместимость работы осциллографа и печати. Низкая скорость выведения препятствует визуализации больших массивов информации, однако, она вполне приемлема при выведении малых (128 или 256 слов) массивов, с которыми обычно имеют дело при обработке спектрометрической информации.

Во втором варианте совместной работы осциллограф со световым карандашом выступает как дополнительное внешнее устройство машины. Блок-схема

варианта показана на рис.36. Данная схема отличается от предыдущей наличием в ЦВМ специальной схемы доработки, обеспечивающей работу новой операции "выведение на осциллограф" и взаимодействие между ЦВМ и осциллографом по сигналам по СК. Описание схемы приведено в приложении.

Команда "выведение на осциллограф" использует один из свободных кодов операций обращения к внешним устройствам и записывается следующим образом: "-67 Ni 1400 a*_Н". Эта команда - групповая. По ней через РВ может быть выведен любой массив чисел, начиная с адреса a*_Н. Конец массива задается импульсом конца операции, вырабатываемым 12 - разрядным счетчиком в СУ осциллографа.

Взаимодействие по сигналам от СК возможно лишь во время выполнения операции "-67". В схеме управления (СУ) осциллографа с помощью "однократности" (Т на рис.1) и клапана КФ₁, управляющего пропусканием синхроимпульсов на клапан КФ₂, обеспечивается однократная посылка импульса от СК в канал прерывания. Кнопка однократности действия СК (КН) находится на корпусе карандаша снаружи. Реакция ЦВМ на сигнал от СК специально программируется.

Элементарная программа совместной работы во втором варианте выглядит следующим образом:

k+0	-67 Ni	1400	a* _Н
k+1	-30 N	k+0	P0000
k+2	-1500	0000	a ₂
k+3	-30 N	a ₁	a ₂

В этой программе обеспечивается периодическая регенерация изображения (k+1), взаимодействие карандаша и ЦВМ по сигналам от СК (k+2) и передача управления на начало программы прерывания (k+3). Групповой характер операции вывода позволил сократить время на выведение одного слова до 24-х мксек, т.е. с хорошим качеством можно получать изображение, состоящее из четырех тысяч точек.

Таким образом, положительными качествами второго варианта совместной работы являются большая (максимально возможная для данной ЦВМ) скорость выведения и использование осциллографа с СК как дополнительного внешнего устройства вычислительной машины.

К недостаткам можно отнести нестандартный возврат к прерванной программе и невозможность задавать величину выводимого массива программным путем.

Из рассмотрения обоих вариантов видно, что, несмотря на различия в способах организации режима вывода, и в том и другом варианте используется один и тот же канал передачи информации (РВ) и неизменным остается принцип использования светового карандаша (прерывание режима вывода). Оба приведенных варианта почти равноценны по своим возможностям, однако направления использования каждого из них станут более очевидными после знакомства с методом подготовки информации для получения нужного вида изображения и со структурой программ предварительной обработки конкретной спектрометрической информации.

Подготовка информации

На экране осциллографа изображается экспериментальная и служебная информация. Служебной названа любая дополнительная информация, которая облегчает понимание, оценку и обработку экспериментальной информации. Это оси координат, масштабные сетки, поясняющие и управляющие символы и т.п. Независимо от типа выводимая информация должна быть расположена в машинном слове так, чтобы определенные ее части соответствовали координатам точки на экране осциллографа. Кроме того в слове должны содержаться вспомогательные признаки отличия одного типа информации от другого, а также признак управления яркостью элементов выводимого изображения. Место указанных частей слова определено тем, что первые 12 разрядов машинного слова подключены к ЦАП-Х; а следующие 12 - к ЦАП-У. Знаковый разряд управляет модулятором яркости изображения.

Для каждого вида изображения характерна своя, специальная структура расположения информации в машинном слове (т.е. "формат изображения"). Ниже будут рассмотрены форматы изображения вида график, растр и изометрия.

В виде графиков изображается информация, полученная в амплитудных и временных измерениях, а также при сечении многомерной информации плоскост-

тами XZ и YZ (рис.4а). Обычно график связывает номер канала с числом зарегистрированных в нем событий. Номер канала, таким образом, должен соответствовать координате X , а его содержание — координате Y для каждой точки графика. Поскольку амплитудные или временные спектры представляются последовательностью чисел, отображающих содержание каждого канала (т.е. Y каждой точки графика), то номера каналов отображают текущее значение координаты X .

Положение координатного кода в пределах отведенного для него участка разрядной сетки определяет масштаб получаемого изображения. В принятой системе масштаб задается программным путем. Иначе говоря, положение младших разрядов кодов X и Y не фиксировано. Знаковый разряд управляет яркостью изображения. Тремя последними разрядами кодируется тип информации. Существенно, что содержанием этих разрядов определяется реакция машины на сигналы от СК. Формат изображения вида "график" показан на рис.5а.

В виде раstra изображается многомерная информация. В простейшем случае при числе параметров, равном двум, событие кодируется по двум осям (X и Y). В результате измерения получают последовательность комбинаций из трех чисел XYZ . Первые две координаты определяют положение точки в плоскости изображения (в растре), а третья — путем яркостной или, например, цветной кодировки выражает количество событий в этой точке.

В принятой системе максимальное число точек в растре — 4096. Поэтому при рациональном подходе к заданию разрядности по осям X и Y , при данной длине машинного слова был принят формат изображения вида "растр", показанный на рис. 5б.

Для отображения содержания координаты Z на растре используется двухуровневая яркостная модуляция по способу, описанному в работе /8/. Получаемое при этом изображение (рис.4б) наряду с информацией о кривизне в любой точке достаточно ясно отображает рельеф исследуемой поверхности.

Одним из привлекательных видов визуального представления поверхностей второго порядка с помощью осциллографа является изометрическое изображение. Получение изометрического изображения сводится к линейной трансформации координат. В принятой системе такая трансформация производится программным путем. Формат изображения вида "изометрия" показан на рис.5в.

Коэффициенты k_1 и k_2 - угловые координаты точки на верхней полусфере, из которой рассматривается полученное изображение /9/. Изометрическое изображение, полученное таким способом в данной системе, показано на рис.4в.

Таким образом, подготовка информации для получения изображения любого вида сводится к образованию одного из описанных выше форматов. При этом первичная информация может быть искажена (например, при образовании формата изометрии), однако, при программировании всегда обеспечивается ее восстановление.

Программирование

Главной особенностью использования данной системы является совместная работа человека и ЦВМ. Чтобы реализовать огромные вычислительные возможности машины и опыт экспериментатора, их воздействие должно быть обеспечено каким-то подходящим языком^{x)}. Он должен позволять человеку, обладающему минимальными операторскими навыками, обращаться к ЦВМ при выполнении определенной задачи и получать от нее ответы в понятной (обусловленной) форме. Созданию специального языка для обработки физической информации уделяется большое внимание. Однако рассмотрение этого вопроса в общем виде не входит в задачу данной работы.

Исследование описанной выше системы и ее применение в конкретном эксперименте привело к разработке определенного, узко специализированного языка. Она велась по мере разработки и исследования возможностей всей системы, включая и оператора. В результате был выделен некоторый набор выражений, кодирующих наиболее употребительные операции. Ниже приведен список этих выражений:

^{x)} Такие термины как "язык", "выражение", "операция" и "грамматика" в данной работе употребляются в известном смысле условно, хотя, в сущности, они используются для описания системы общения человека с ЦВМ посредством осциллографа со световым карандашом.

1. Считывание экспериментальных данных с МЛ (два числа в одном машинном слове).
2. Считывание экспериментальных данных с МЛ (одно число в одном машинном слове).
3. Считывание экспериментальных данных с автономного МОЗУ (одно число в машинном слове).
4. Считывание экспериментальных данных с перфоленты.
5. "Разгонка" для случая содержания двух чисел в одном машинном слове.
6. Образование формата графика.
7. Образование формата раstra.
8. Образование формата изометрии.
9. Выведение на осциллограф.
10. Выведение на печать с поканальной нумерацией.
11. Выведение на МЛ.
12. Выведение на перфоратор.
13. Задание большей яркости изображения.
14. Задание меньшей яркости изображения.
15. Передача управления по набору.
16. Отыскивание Y_{\max} (или Z_{\max}) на заданном участке.
17. Сглаживание статистики по заданному закону.
18. Сечение по раstrу интегральное плоскостью XU .
19. Сечение по раstrу дифференциальное плоскостями XU с заданным интервалом.
20. Периодическое сечение по раstrу плоскостями XU с заданным шагом (чередование яркости в зонах).
21. Сечение по раstrу плоскостью YZ , проходящей через указанную точку.
22. Сечение по раstrу плоскостью YZ , проходящей через указанную точку.
23. Сечение по раstrу по произвольно указанной СК траектории.
24. Присвоение большей яркости указанной точки.
25. Присвоение меньшей яркости указанной точки.
26. Исправление указанной точки по принятому правилу.
27. Выведение участка заданной длины, начиная с указанной точки.
28. Печать параметров (номер канала и его содержание) указанной точки.
29. Обработка площади пика по определенным правилам.

30. Выведение помеченного интервала в "банк".
31. Сдвиг участка влево на заданную длину.
32. Сдвиг участка вправо на заданную длину.
33. Получение максимального масштаба изображения по оси Y. на заданном интервале ("лупа").
34. Поканальная печать в заданном интервале.
35. Определение центра тяжести пика.

Каждый пункт этого списка является обращением к ЦВМ. При вводе обращения в ЦВМ оператор использует ее пульт управления или СК, а также их комбинацию, соблюдая как определенные правила составления нужной последовательности выражений, так и определенный порядок операций ввода их в ЦВМ. Первое из этих условий предполагает просто логическую осмысленность используемого ряда выражений. Второе - является техническим условием ввода.

Возможность обращения к ЦВМ - это только одна сторона контакта человека и машины /10,11/. Другой, не менее важной, стороной является обеспечение понятной и быстрой (через доли секунды) ответной реакции машины на вводимые обращения. Ответ должен подтверждать правильность действий оператора либо (своевременно) указывать на допущенную им ошибку. Поэтому большое внимание при программировании было уделено способам контроля за действиями оператора и форме выражения результатов этого контроля. Большинство ответных реакций машины запрограммировано в визуальной форме (по изображению на экране осциллографа или по его исчезновению в случае предусмотренных остановов).

Несмотря на простоту принятой системы обращений и ответных реакций оказалось все же невозможным предусмотреть все неправильные действия оператора. Поэтому было решено сократить до минимума количество необходимых действий оператора при вводе обращения в машину. Это достигнуто путем введения специальных служебных символов, выводимых на осциллограф вместе с экспериментальной информацией /4,12/. Они кодируют наиболее употребительные операции. С помощью этих управляющих символов действия оператора при вводе обращения сводятся только к указанию световым карандашом на соответствующий символ на экране осциллографа.

Электронная система и система общения оператора с ЦВМ исследовалась в лабораторных условиях при разработке и в условиях опытной эксплуатации при накоплении и предварительной обработке амплитудных спектров /15/.

Применение системы

Совместная работа осциллографа со световым карандашом и машины "Минск-2" проверялась при обработке амплитудных спектров, полученных в угловых измерениях. В результате отработанная методика обращения с системой была применена при накоплении и предварительной обработке γ -спектров.

Ниже приводится упрощенное описание программы предварительной обработки результатов измерения угловых распределений. Каждая серия измерений (6 амплитудных спектров по 512 каналов) вместе с аппаратными коэффициентами для каждого детектора отперфорирована на ленте в десятичной форме. В данной серии номер детектора однозначно связан с углом.

Целью предварительной обработки являлось получение коэффициентов k_{ϕ} , выражающих отношение площади пиков каждой группы (P_0, P_1, P_2) к площади мониторингового пика, по углам.

Упрощенная блок-схема программы показана на рис.8. После ввода с перфоленты происходит перевод данных из десятичной системы счисления в двоичную, образуется формат изображения-"график" и организуется выведение на осциллограф. При каждом обходе массива анализируется состояние ДЗУ (ключи) и в зависимости от него происходит либо продолжение обхода (регенерация изображения), либо выполняется заданная подпрограмма. Действие СК обеспечивается правой ветвью программы. Например, после указания обрабатываемого участка (в ДЗУ-0000) по ДЗУ 0002 производится обработка указанного участка вплоть до вычисления k_{ϕ} . Результаты обработки выводятся на цифроречать (первая строчка - номер спектра и номер группы, вторая - количество обработанных каналов, третья - площадь пика после вычитания площади фона и четвертая - коэффициент k_{ϕ}) в десятичной системе.

Вся программа занимает 512 ячеек памяти. Испытание программы и всей системы проводилось в лабораторных условиях, т.е. в течение работы велось непрерывное наблюдение за действиями оператора и ему оказывалась необходимая помощь.

Предварительная обработка амплитудных y -спектров проводилась в условиях опытной эксплуатации системы. Опыт, полученный при лабораторных испытаниях, позволил определить и ввести в программу такие изменения, что оператор смог работать по инструкции (самостоятельно). Программа была составлена по следующему заданию.

Исходная информация в виде 4096 - канального спектра вводится в машину и представляется на экране осциллографа в виде графика для первичной оценки. После исправления выпавших точек обрабатываются интересующие экспериментатора пики. Обработка сводится к вычислению площади пика без фона. Функция фона задается путем линейной аппроксимации по граничным значениям фона. Они, в свою очередь, определяются по заданным правилам (например, из усреднения по нескольким точкам). Результаты обработки (границы участка, площадь фона, площадь пика и их разность) выдаются на печать. Кроме того, при необходимости обеспечивается печать параметров указанной точки (обычно - максимум пика) и выведение на экран осциллографа участка нужной длины, начиная с указанной точки. Экспериментальные данные должны храниться на МЛ. Предусматривается вывод данных (спектр) на печать с поканальной нумерацией.

Блок-схема программы показана на рис.7. Эта программа удовлетворяет всем заданным требованиям, начиная с ввода и вывода исходной информации и кончая обработкой и выдачей ее результатов на печать. Пользование программой не предполагает глубоких знаний вычислительной техники, а инструкция достаточно проста для быстрого усвоения любым оператором.

В качестве примера подпрограммы ниже приводится описание подпрограммы организации выведения изображения участка спектра. По этой программе на экран осциллографа выводится участок спектра заданной (по набору с ПУ) длины, начиная с указанной световым карандашом точки, нулевая линия с масштабными точками и управляющие символы. По исполнительной команде (включение ключа 0001 или указание на управляющий символ "участок") с ДЗУ снимается информация о длине массива и проверяется правильность ее задания. Начиная с адреса указанной точки в заданном массиве отыскивается ячейка с максимальным значением $Y(Y_{\max})$. После этого массив пересылается в рабочее поле и производится настройка масштаба по X и Y . Масштаб

по X задается максимальный, а по Y - не больше трех четвертей от максимального. Одна четверть (в верхней части изображения) резервируется для управляющих и служебных символов. Затем организуется весь выводимый массив (служебные и управляющие символы, участок спектра и нулевая линия) и, наконец, его выведение. В течение всего времени выведения данного участка в "банке" сохраняется адрес начала участка, Y_{max} и его адрес и масштабные коэффициенты по X и Y . Обращение к подпрограмме "участок" обеспечивается основной программой на каждую манипуляцию исполнительным органом. Подпрограмма занимает 70 ячеек.

Некоторые выводы

Коротко резюмируя изложенный материал, можно сделать некоторые выводы.

1. Структура схемы устройства визуального представления не должна быть сложной и содержать много элементов управления.

Простота схемы осциллографа компенсируется большими возможностями схемы взаимодействующей с ним ЦВМ. Такая структура системы обеспечивает ей значительную оперативность, а большинство действий оператора сводит к элементарным (например, указание световым карандашом одной точки или символа).

Объем доработок в схеме ЦВМ определяется, с одной стороны, широтой поставленных перед системой задач, а с другой, - стоимостью машинного времени. Дело в том, что в опытной эксплуатации оно расходовалось, главным образом, на регенерацию изображения, которая, вообще говоря, могла бы быть осуществлена помимо машины с помощью буферного запоминающего устройства. В таком режиме все обращения к машине занимают около 2% времени регенерации изображения.

2. Опытная эксплуатация показала, что скорость выведения не является основным критерием оценки режима выведения, так как более 90% времени регенерации изображения тратится на выведение небольших массивов (120 - 256 каналов).

С точки зрения взаимодействия важным является удобство системы прерывания для управления машиной и легкость обеспечения работы осциллографа со световым карандашом программным путем. Кроме того, при многоканальной системе прерывания можно значительно расширить и упростить систему обращения оператора к машине.

3. Ход разработки системы показал, что существует тесная связь между технической структурой устройства и содержанием программ, обеспечивающих его работу.

Рациональное распределение функциональной загрузки основных узлов системы привело к перенесению центра тяжести на программное обеспечение ее работы. В результате этого упростилась схема устройства визуального представления и повысилась гибкость управления им, а также создались благоприятные условия для дальнейшего развития системы.

Заключение

За время лабораторных испытаний системы была проверена и показана ее работоспособность. При этом происходил процесс разграничения функций между тремя основными узлами системы (человек - машина - осциллограф со световым карандашом) с целью оптимизации их загрузки в условиях эксплуатации. Несмотря на конкретность поставленной задачи (обработка данных определенного вида измерений) разработка велась из-за важности темы в более широком смысле.

Дело в том, что при подготовке к опытной эксплуатации выяснилось, что основным препятствием в эффективном использовании ЦВМ экспериментаторами является отсутствие непосредственной связи между ними и ЦВМ. В настоящее время наметилась тенденция приблизить ЦВМ к источникам экспериментальной информации. По-видимому, в ее основе лежит стремление увеличить загрузку ЦВМ экспериментальной информацией. Однако это только внешняя сторона дела. Главным в этом вопросе должно являться повышение эффективности обработки поступающей информации. Этому препятствует существующая система математического обеспечения, отрывающая экспериментатора от вычислительной техники.

В ходе опытной эксплуатации подтвердилось предположение, что связь между экспериментатором и ЦВМ должна быть простой и удобной. Это достигается простыми техническими средствами и динамичной системой оперативного математического обеспечения.

Данную работу следует рассматривать не как оптимальное решение этих проблем, а скорее как первый шаг в этом направлении. Важность проведения таких работ заключается не столько в резком повышении скорости оценки и обработки экспериментальных данных, сколько в том, что общение экспериментатора с ЦВМ позволит ему выработать новый подход к постановке задач и явится почвой, на которой возникнет и будет развиваться новая прогрессивная экспериментальная методика.

Приложение

Быстрый вывод на осциллограф

Для осуществления быстрого вывода на осциллограф вводится в машину новая операция "-67". Код операции "-67" выбран из соображений экономичности схемы и максимальной простоты ее осуществления.

Расшифровывается операция (рис.8 - 1) на 4ИМ-21-413-Б5 и через диод подсоединяется к шине "вывод общий". Это дает возможность использовать без дополнительных элементов цепи, работающие при всех операциях "вывод".

Кодируется операция следующим образом:

-67 00 1400 а₂

По сигналу УИ15 на потенциале "Быстрый вывод" (Б.В.рис.8 - 6) на 4СК-12-302-А9 формируется импульс У "1" Т выдачи кода на РК УПП.

УИ16 опрашивает СМ и код 1400 заносится в РК УПП. Этот код в дальнейшем управляет занесением в Р выв. информации с КШЧ в восьмеричном коде. Для управления работой Р выв. из УУ в УПП подается также инвертированный код операции "-67" с 4И-12-214-Б5 (рис.8 - 5). Операция "-67"-групповая. В а₂ команды указывается начальный адрес массива, с которого начинается вывод. Обычным порядком этот адрес по УИ16 передается в РА МОЗУ.

После 1-го такта на потенциале "Вывод общий" в РИЦ устанавливается в "1" триггер 3-го такта. Происходит чтение информации из a_2 МОЗУ в СМ АУ.

В отличие от имеющихся операций типа "Вывод" установка в "О" Р выв. при команде "-67" идет от I_{34} (рис. 8 - 4). Это диктуется условиями работы усилителей в аппаратуре управления осциллографом.

I_{35} -опрос СМ на КШЧ; управление выдачей информации на внешние КШЧ; "вывод общий".

По I_{35} формируется также сигнал "Вывод" в осциллограф. В УПП этот сигнал при команде "-67" не подается. Этим достигается блокировка включения мотора печатающего устройства. Так как "-67" - операция групповая, то 3-й такт повторяется многократно. Для блокировки сброса 3-го такта используется специальный триггер ТУ-21-606, на котором запоминается по I_{15} потенциал "Б.В." (рис. 8 - 2).

Единичное состояние этого триггера блокирует по входу А5 на 4И-21-607-Б5 потенциал, разрешающий по I_{36} сброс триггера 3-го такта. Кроме того, ТУ-21-606-А16 управляет формированием импульса "+1" РА МОЗУ на 2СК-11-617-А9 из I_{36} (рис. 8 - 3).

Таким образом, в каждом вновь повторенном третьем такте из МОЗУ будет читаться код, адрес которого на "1" больше предыдущего. Этот код через СМ и внешние КШЧ принимается в РЧ УПП и хранится там 20 мксек - от I_{35} текущего такта до I_{34} последующего.

Выдача информации из МОЗУ будет продолжаться до поступления из СУ осциллографа сигнала "Конец группы" (конец быстрого вывода), который сбрасывает в "О" ТУ-21-606. Сигнал "Конец группы" задержан на 2 мксек относительно I_{35} . Потенциал блокировки снимается "О" ТУ 3-го такта, и I_{36} на потенциале "Вывод общий" у "1" ТУ 1-го такта и у "О" ТУ 3-го такта. Операция оканчивается по потенциалу "Вывод общий".

Кроме описанного режима выполнения и окончания операции имеется еще режим прерывания работы операции сигналом от светового карандаша. Схема показана на рис.7 - 8.

Сигнал светового карандаша подается в машину со схемы управления осциллографа.

Момент времени его появления - $I_{35} + 2$ мксек. По этому сигналу должно кончиться операция Б.В. с запоминанием адреса, стоящего на РА МОЗУ в момент его поступления. (Это адрес последнего выданного из МОЗУ числа).

Исходя из последней функции сигнала в машине он выполняет следующие действия:

1. Останов ЦУ 4И-21-602-Б13, Б14.
2. У "1" ТПР в АУ 12-623-Б10.
3. Подается в цепь задержки на 4 мксек 2КИ-21-601-Б3 для формирования сигнала, аналогичного $I_{кв}$ при операции "Ввод". Этот сигнал дает пуск ЦУ и опрос РА МОЗУ на КШЧ - 4СК-21-504-Б10, А12 на вход 21-301-А12.
4. Дает "Конец группы".

Необходимость последнего сигнала определяется условиями использования этой операции с сигналом прерывания.

5. Вырабатывает сигнал "+1" СчАК -4СК-12-302-Б8, А12.

$k+0$	- 67	00	1400	a_2	
$k+1$	- 35	00	0005	k	("-30", "-20")
$k+2$	- 15	00	0000	a_2	
$k+3$	+ 12	00	0000	$a_2 + 1$	

Команда в $k+1$ - повторение вывода. При прерывании эта команда пропускается и выполняется команда в $k+2$, которая запоминает в a_2 адрес отмеченной на осциллографе точки. При необходимости запоминается также последняя информация, выданная в осциллограф (в адресе $a_2 + 1$ или каком-то ином). Команды в $k+0$, $k+1$, $k+2$ являются необходимым минимумом для использования операции "-67" - вывод на осциллограф. Вся остальная программа определяется целью физического эксперимента.

Последовательность операций

-60

-67

выполняется аналогично последовательности

- 60

- 60

т.е. при занятом регистре вывода происходит останов РИЦ по УИ16 и пуск на выполнение команды И $k.печ.$

Л и т е р а т у р а

1. D.S.Gemmel. An on-line computer system in use with low-energy nuclear physics experiments. Nucl.Instr. and Meth., 46,1967, N1, p.p. 1-15.
2. L.Robinson. Applications of small Computers in nuclear spectroscopy. IEEE Trans. on Nucl.Sc., Febr. 1966, Ns-13, N1.
3. R.E.Chrien: Role of the computer in neutron resonance parameter analysis. BNL-8710, Upton, New York, oct. 23-24, 1964.
4. J.F.Mollenauer. Matching the computer to the man. Nucleonics, v.23, N10, oct. 1965.
5. J.Leng, A.Pearson. Experience with an on-line computer for nuclear physics experiments. Electronique Nucleaire, Paris, 1963, p.519.
6. G.Kruger, G.Dimmler. Multikanal analysis by use of an on-line computer. Electronique Nucleaire, Paris, 1963, p.533.
7. G.Kruger, G.Dimmler. A display system for use with an on-line computer. Automatic acquisition and reduction of nuclear data, Karlsruhe, 1964, p.393.
8. Универсальная цифровая вычислительная машина "Минск-2". Техническое описание". 1963 год.
9. G.C.Best. A display unit for complex data. AERE - R4966, Harwell, Jan. 1966.
10. Electronic information display system. Ed. by J.H.Howard, New York, 1965.
11. J.C.R.Licklider. W.E.Clark. On-line man-computer communication. AFIPS, 1962, p.113.
12. R.Spinrad. Discussion. Autom. acquis. and reduction of nucl.data. Karlsruhe, 1964, p.406.
13. S.Miller. Time-sharing has its share of problems. Electronic News, v.11. whole N559, aug. 24, 1966.
14. Г.И.Забиякин и др. Совместная работа машины "Минск-2" с осциллографом в режиме прерывания от светового карандаша. Доклад на IV симпозиуме по ядерной электронике, Прага, окт.1966г.
15. И.Звольски и др. Предварительная обработка амплитудных γ -спектров на машине "Минск-2" с помощью осциллографа со световым карандашом. Доклад на совещании по структуре ядра и ядерной спектроскопии. Харьков, январь 1967 года.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 мая 1967 года.

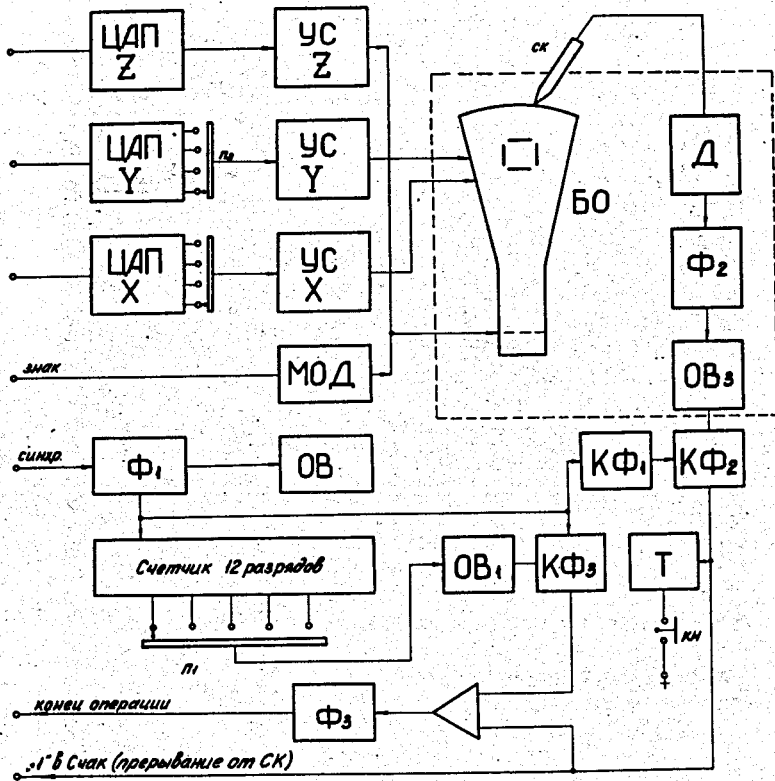


Рис.1. Блок-схема осциллографа со световым карандашом.



Рис.2. Общий вид осциллографа со световым карандашом.

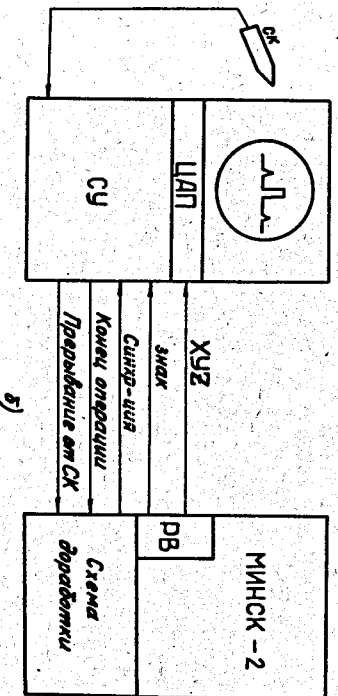
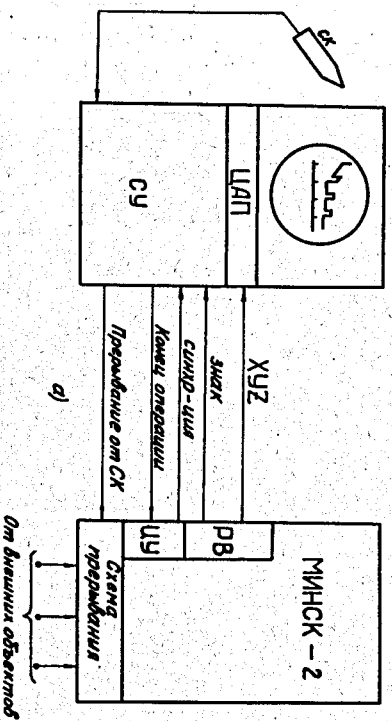


Рис.3. Блок-схема двух вариантов связи осциллографа с ЦВМ.

знак	12 разрядов	16	5	3
<i>управление яркостью</i>	<i>координата X</i>	<i>координата Y</i>	<i>свободные разряды</i>	<i>реакция на СК</i>

знак	9	3	8	16
<i>управление яркостью</i>	<i>координата X</i>	<i>реакция на СК</i>	<i>координата Y</i>	<i>координата Z</i>

знак	9	3	24
<i>управление яркостью</i>	<i>координата X+K₁Z</i>	<i>реакция на СК</i>	<i>координата Y+K₂Z</i>

Рис.4. Формат изображения трех видов:

- а) "график"
- б) "растр"
- в) "изометрия".

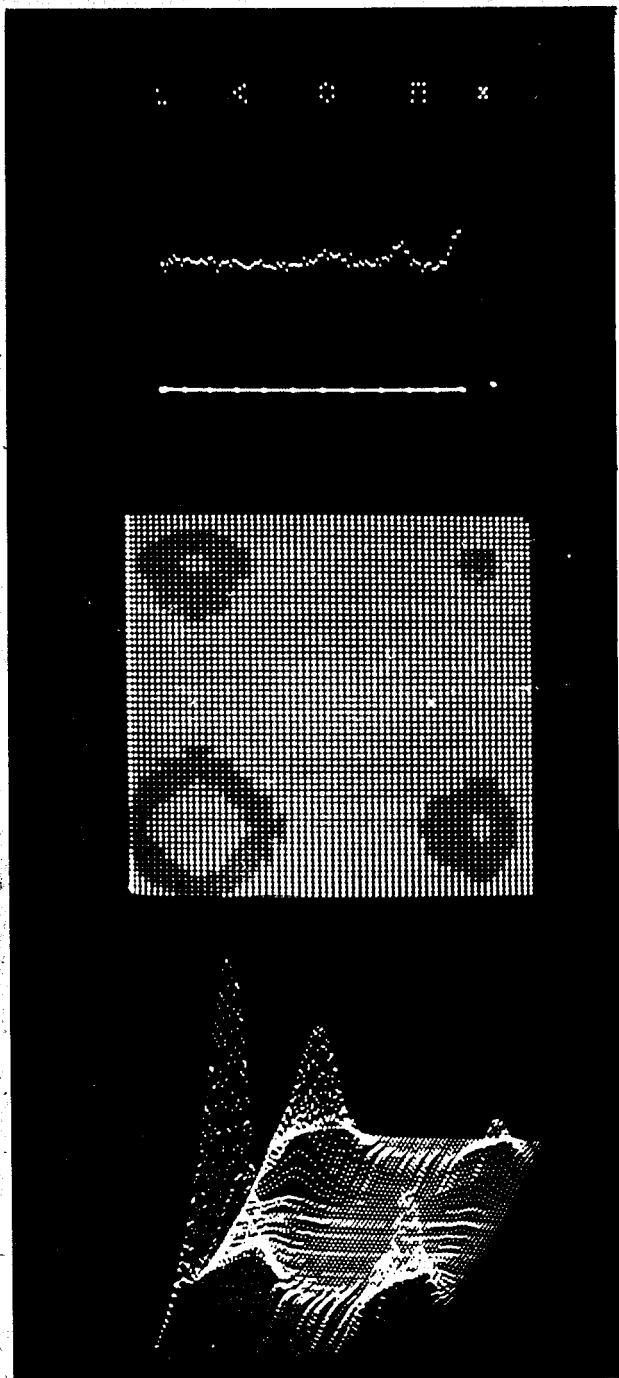


Рис.5. Примеры изображения видов: а) "график"; б) "растр" и в) "изометрия".

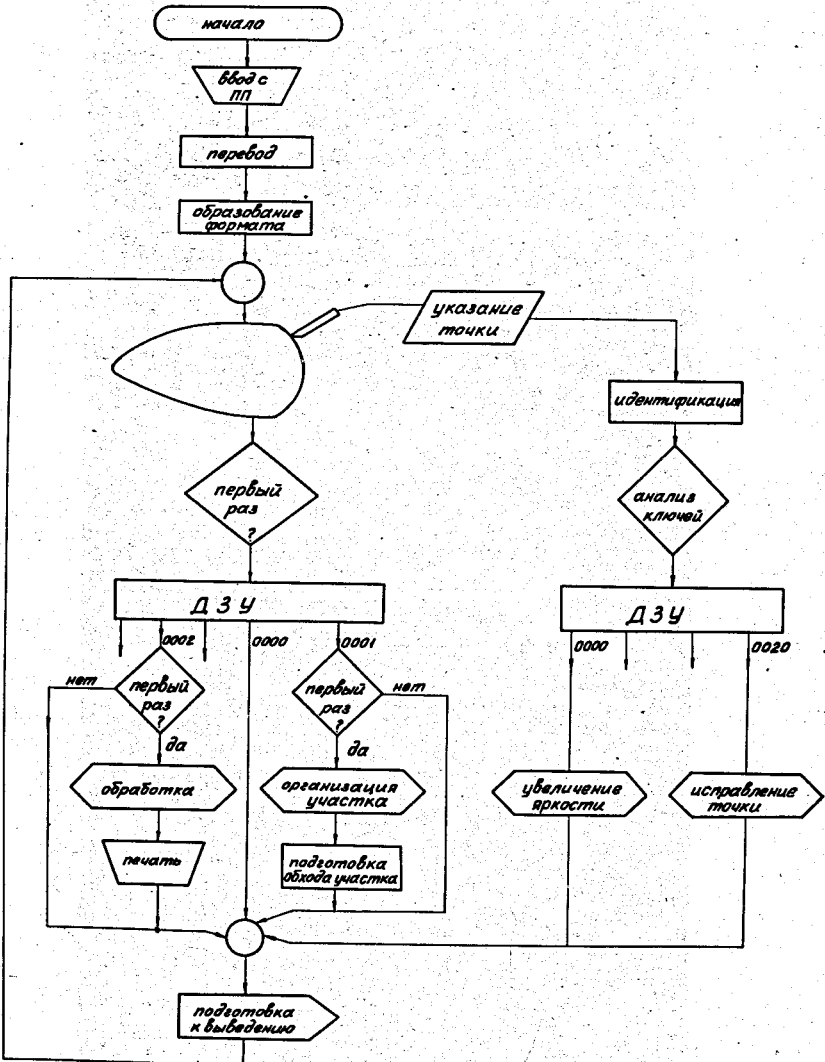


Рис.6. Блок-схема программы обработки спектров, полученных при измерении угловых распределений.

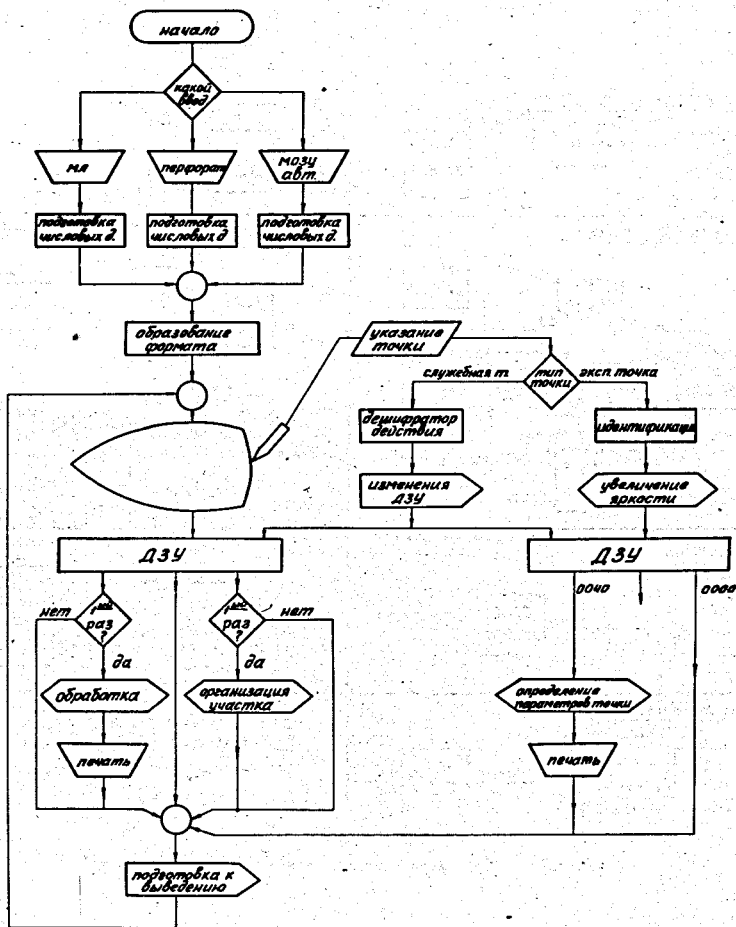
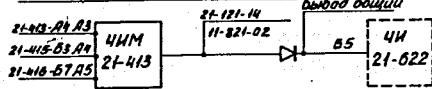
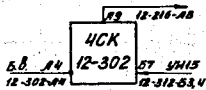


Рис.7. Блок-схема программы обработки амплитудных γ - спектров.

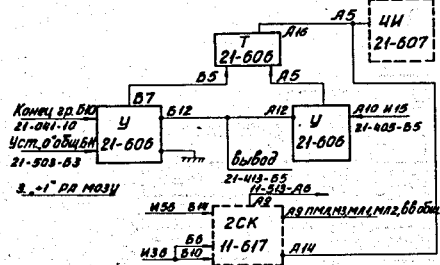
1. Код команды „07“ (быстрый вывод)



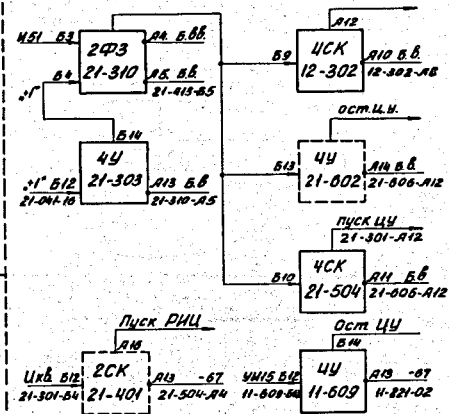
2. Выдача кода на РК УПП



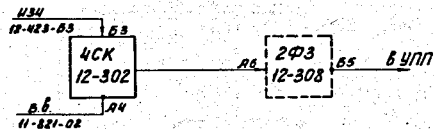
3. Запрет сброса Ш такта.



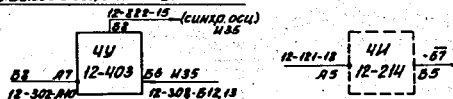
7. 1-й Сч.АК, Ост.ЦУ, ПускЦУ, Ивб (Вывод), Уст.Г ТПР.



4. Уст. в. 0° Р выв.



5. Вывод в осци код Б УПП



Б.Б. - быстрый вывод
Б.Б.Б. - быстрый ввбд

Рис.8. Блок-схема доработок в ЦВМ "Минск-2".