

сообщения
Объединенного
Института
Ядерных
Исследований
Дубна

1607 / 2-80

7/4-80

P11 - 12989

Н.В.Барашенкова, А.А.Карлов, В.А.Сенченко

ПРОГРАММЫ КАЛИБРОВКИ
МОНИТОРНОГО СКАНИРУЮЩЕГО АВТОМАТА
АЗЛТ-2/160

1. Программа **CENTER** для сканирования,
опознавания и определения координат
центров крестов калибровочной решетки

1980

1. ВВЕДЕНИЕ

Разработаны 2 программы калибровки мониторингового сканирующего автомата АЭЛТ-2/160

а/ программа CENTER, предназначенная для сканирования, опознавания крестов калибровочной решетки и определения их центров; эта программа написана для ЭВМ БЭСМ-4, которая является управляющей машиной для автомата АЭЛТ-2/160 и функционирует в реальном масштабе времени на линии с автоматом;

б/ программа FIT^{1/2/}, обеспечивающая нахождение коэффициентов калибровочных преобразований на основании результатов работы программы CENTER; программа FIT поставлена на ЭВМ CDC-6500 и использует данные, полученные программой CENTER. Эти данные могут находиться на магнитной ленте, диске или могут быть переданы по каналу связи ЭВМ CDC-6500 с БЭСМ-4.

В данной работе рассматриваются возможности, общая структура, требования к ресурсам и процедура использования программы CENTER.

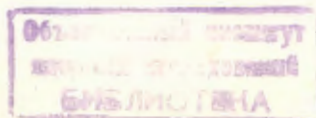
Для написания CENTER использовался ФОРТРАН Ф-20^{1/3/} и АВТОКОД БМ-4^{1/4/}.

2. НАЗНАЧЕНИЕ

Программа CENTER предназначена для измерения множества крестов на калибровочной решетке и нахождения координат их центров. При выборе алгоритмов программы CENTER использовался опыт создания измерительной системы ЭРАЗМ ЦЕРНа^{1/3/}. Однако специфика автомата АЭЛТ-2/160 и применение для него в качестве управляющей машины ЭВМ БЭСМ-4 существенно повлияли на выбор структуры программы CENTER.

Работая в реальном масштабе времени с автоматом АЭЛТ-2/160, программа CENTER измеряет координаты точек на калибровочной решетке. Эти координаты далее являются исходными данными для вычислений координат центров крестов и их ошибок $\{U_1, V_1, \sigma_1\}$ в нелинейной системе координат ЭЛТ. Этот массив затем используется программой FIT на ЭВМ CDC-6500 для определения коэффициентов калибровочных преобразований.

Результат однократного измерения всех крестов, записанный на МЛ, представляет собой рекорд длиной 1340 слов БЭСМ-4 /8040 байтов/, из них последовательно 20 слов /120 байтов/ - паспорт калибровки, 220 слов /1320 байтов/ - X-координаты центров крестов, 220 слов - Y-координаты, 220 слов - ошибки определения центров крестов, 220 слов - значение оптимальных уровней дискриминации по полю, 220 слов - значения тангенсов



плеч крестов направления "северо-восток", 220 слов - значения тангенсов плеч крестов направления "северо-запад". Запись производится в стандарте ISO с плотностью 800 бит/дюйм. 45 разрядов слова БЭСМ-4 размещены в старших 48 разрядах последовательности из 6 байтов, 3 младших разряда - нули.

3. ВОЗМОЖНОСТИ

Программа CENTER в процессе своей работы предусматривает выдачу промежуточных результатов с целью получения подробной информации о ходе измерений. На печать и дисплей выводится содержимое буфера с результатами сканирования одним слайсом, осуществляется печать таблицы гистограммирования при опознавании плеч крестов, печать координат "мастер-точек" для каждого плеча крестов и выдача результатов измерений на дисплей-монитор с целью визуального контроля. Следует отметить, что сам факт нормальной работы программы CENTER дает право считать удовлетворительной работу автомата в целом. В некоторых случаях при нарушении нормального функционирования автомата программа CENTER может помочь в установлении причин неполадок, т.е. частично выполняет функции теста для аппаратуры АЭЛТ-2/160.

Результаты измерений координат центров крестов и их ошибки могут быть затем записаны в виде массива на магнитную ленту, распечатаны на АЦПУ и /или/ переданы по каналу связи на ЭВМ CDC-6500.

В программе CENTER предусмотрено два режима работы: режим настройки и основной режим. Режим настройки используется для первого грубого нахождения центров крестов /например, после длительного перерыва в работе/, а также для снятия карты уровней дискриминации. Другой, основной режим, использует данные, полученные в режиме настройки, для точного определения координат центров крестов со случайным обходом крестов и уже известными уровнями дискриминации.

В программе CENTER широко используется функциональная клавиатура автомата АЭЛТ-2/160, что открывает широкие возможности для выбора режима работы и организации диалога с программой.

4. МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ ЦЕНТРОВ КРЕСТОВ

Плечи крестов аппроксимируются методом наименьших квадратов с помощью линейных функций:

$$y = a_1 x + b_1, \quad /1/$$

$$y = a_2 x + b_2. \quad /2/$$

При вычислении центров крестов координаты, которые расположены на расстоянии ближе 300 мкм от центра креста, не используются.

Вычисляются дисперсии измерения координат для каждого плеча

$$\sigma_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i^{(1)} - A_1 X_i^{(1)} - B_1)^2}{N-1}, \quad \sigma_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i^{(2)} - A_2 X_i^{(2)} - B_2)^2}{N-1},$$

где $(x_i^{(1)}, y_i^{(1)})$, $(x_i^{(2)}, y_i^{(2)})$ - координаты точек на плечах 1-го и 2-го креста соответственно; A_1, A_2, B_1, B_2 - оценки для коэффициентов a_1, a_2, b_1, b_2 . Кроме того, находятся значения дисперсий коэффициентов $\sigma_{A_1}^2, \sigma_{A_2}^2, \sigma_{B_1}^2, \sigma_{B_2}^2$ и корреляционные моменты $R_{A_1 B_1}, R_{A_2 B_2}$. Из системы /1/, /2/ координаты центра креста определяются следующим образом:

$$X_C = f(A_1, A_2, B_1, B_2) = \frac{B_2 - B_1}{A_1 - A_2},$$

$$Y_C = g(A_1, A_2, B_1, B_2) = \frac{A_1 \cdot B_2 - B_1 \cdot A_2}{A_1 - A_2},$$

откуда в линейном приближении имеем:

$$\sigma_{X_C}^2 = \frac{(B_2 - B_1)^2}{(A_1 - A_2)^4} (\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2) + \frac{1}{(A_2 - A_1)^2} (\sigma_{B_1}^2 + \sigma_{B_2}^2) + 2 \frac{B_2 - B_1}{(A_1 - A_2)^3} (R_{A_1 B_1} + R_{A_2 B_2}),$$

$$\sigma_{Y_C}^2 = \frac{(B_2 - B_1)^2}{(A_1 - A_2)^4} (A_2^2 \sigma_{A_1}^2 + A_1^2 \sigma_{A_2}^2) + \frac{1}{(A_2 - A_1)^2} (A_2^2 \sigma_{B_1}^2 + A_1^2 \sigma_{B_2}^2) + 2 \frac{B_2 - B_1}{(A_1 - A_2)^3} (A_2^2 R_{A_1 B_1} + A_1^2 R_{A_2 B_2}).$$

Величины $\sigma_{X_C}^2$ и $\sigma_{Y_C}^2$ для отдельного креста являются достаточно строгим критерием, позволяющим оценить качество измерения центра данного креста. Как правило, при измерении крестов решетки на автомате АЭЛТ-2/160 величины $\sigma_{X_C}^2$ и $\sigma_{Y_C}^2$

составляют десятые доли микрона, что указывает на хорошую достоверность полученных координат центров крестов.

5. ЛОГИКА РАБОТЫ

Логическая блок-схема программы CENTER приведена на рис. 1.

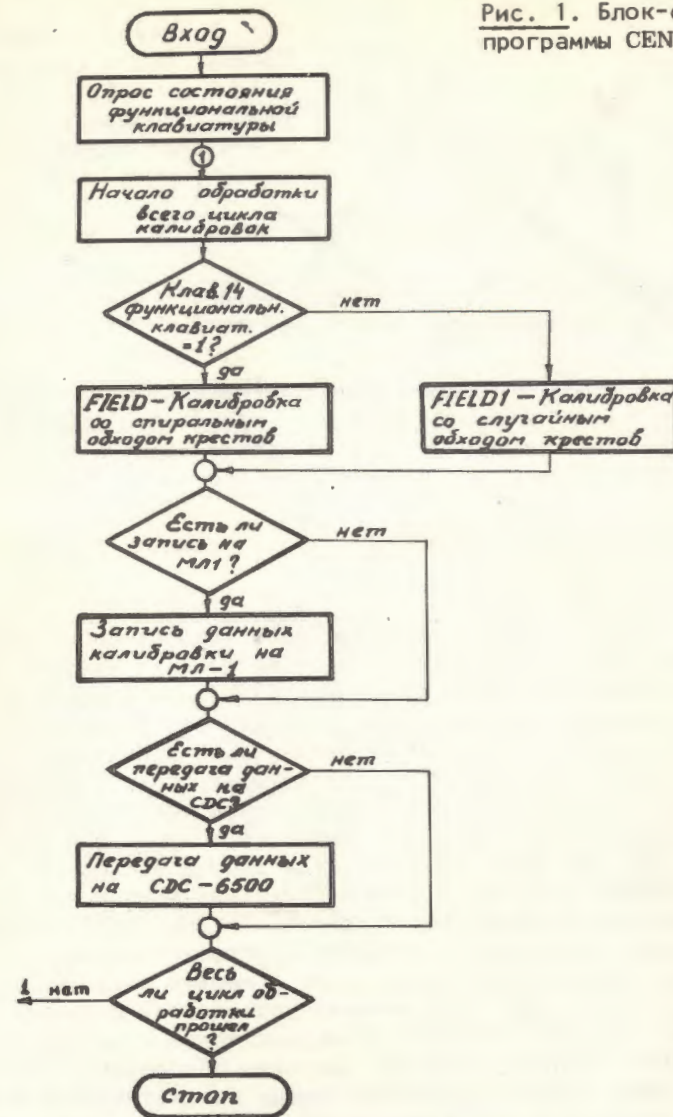
В начале работы программа выводит на экран алфавитно-цифрового дисплея краткую таблицу-инструкцию об использовании программы, после чего оператор должен задать режим ее работы с помощью функциональной клавиатуры и ввести с алфавитно-цифровой клавиатуры паспорт калибровки /имя оператора, дату и т.д./.

Выполнение программы продолжается при нажатии клавиш 10 и 11. На этом этапе анализируется значение клавиши 14 функциональной клавиатуры и происходит загрузка программ для обхода крестов по зигзагу /k14=1/, либо псевдослучайным способом /k14=0/. После этого формируются рабочие параметры слайса /направление сканирования, число сканлиний, размер слайса и др./.

Если нажата клавиша 15 функциональной клавиатуры /т.е. K15=1/, то перед рабочим сканированием каждого креста программа автоматически подберет оптимальный для данной области решетки уровень дискриминации. Далее происходит рабочее сканирование очередного креста./см. рис. 2/. После сканирования производится проверка необходимости прервать процесс сканирования крестов и вернуться на начало программы. В случае прерывания этого процесса возможна организация многократного сканирования данного креста, что позволяет осуществлять визуальный контроль результатов измерений по дисплей-монитору.

Затем при необходимости содержимое буфера слайса выводится на печать и /или/ высвечивается на графическом дисплее, после чего вычисляются координаты центра креста. Если центр определен недостаточно точно /что показывает значение величин σ_{xc}^2 и σ_{yc}^2 /, то управление передается блоку программы, обеспечивающему возможность подстройки положения центра креста с помощью функциональной клавиатуры по дисплей-монитору с последующим повторением процесса обработки креста. При удовлетворительной точности определения центра креста формируются координаты центра следующей зоны сканирования и программа переходит к обработке следующего креста по уже описанному способу.

Рис. 1. Блок-схема программы CENTER.



После того как измерен последний крест, происходит анализ обработки результата по положению клавиш функциональной клавиатуры. Результаты работы программы либо печатаются на АЦПУ, либо записываются на МЛ. При полном завершении программы производится запись признака конца файла на МЛ /если

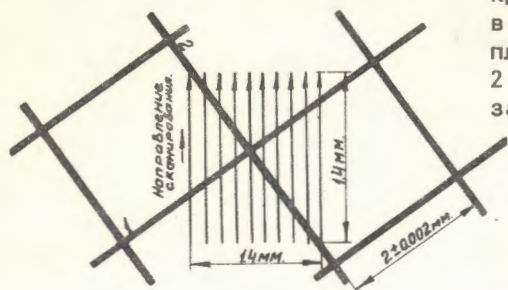


Рис. 2. Схема сканирования креста. Число скан-линий в слайсе - 36; 1 - первое плечо /"северо-восток"/; 2 - второе плечо /"северо-запад"/.

МЛ используется/ и следует выход из программы в операционную систему. В противном случае будет возобновлен процесс измерения крестов, начиная с первого креста решетки.

Подробно процедура использования программы CENTER описана в /8/.

6. СТРУКТУРА

Программа CENTER структурно представляет собой головную программу /собственно программа CENTER/, в которой реализован основной алгоритм процедуры измерения крестов, и ряд подпрограмм, которые выполняют относительно независимые функции. Такой способ структурной организации программы CENTER имеет ряд достоинств /8/, среди которых следует отметить возможность свободного применения языка ФОРТРАН /наряду с АВТОКОДом/ для организации управления аппаратурой автомата АЭЛТ-2/160, при этом гарантируется работа аппаратуры только в разрешенных режимах. Наличие отдельных функциональных подпрограмм обеспечивает также легкость и простоту возможных модификаций программы с целью ее совершенствования.

Среди используемых подпрограмм в первую очередь следует выделить группу программ низшего уровня /так называемых базовых/, которые работают непосредственно с аппаратурой АЭЛТ-2/160. Создание базовых программ обусловлено необходимостью иметь удобный интерфейс между математическим обеспечением автомата и его аппаратурой, а также стремлением предотвратить использование аппаратуры в неблагоприятных режимах. К таким подпрограммам относятся подпрограммы работы с функциональной клавиатурой, подпрограммы сканирования, управления уровнем дискриминации, вывода изображений на дисплей и т.п. Все они написаны на языке АВТОКОД.

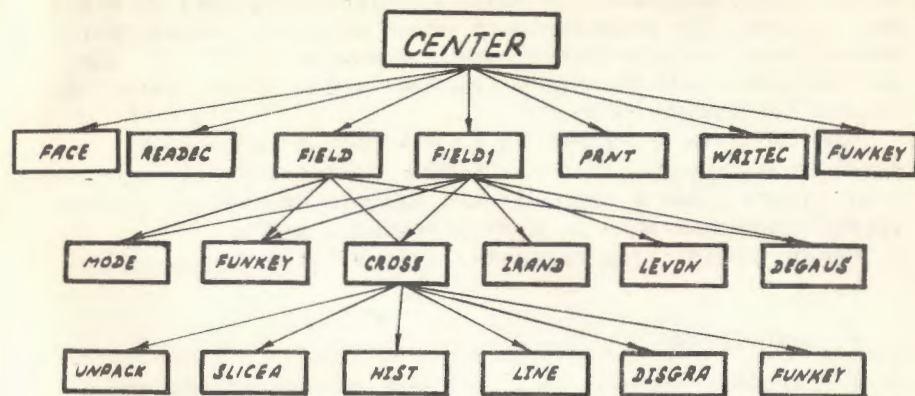


Рис. 3. Структура программы.

Кроме того, предусмотрены отдельные подпрограммы для преобразования чисел из формата АЭЛТ-2/160 в формат БЭСМ-4, фильтрации данных сканирования, построения гистограмм, для реализации М.Н.К. для прямой и др.

Так как общая длина всех подпрограмм превышает объем оперативной памяти БЭСМ-4, с которой работает загрузчик ОС-4/220 (4К), то ряд подпрограмм в процессе работы программы CENTER выполняется в динамическом режиме, в частности подпрограмма, обеспечивающая вывод таблицы-инструкции, ввод паспорта, измерение крестов по зигзагу, измерение крестов псевдослучайным способом, печать результатов и т.п.

7. РЕСУРСЫ

Для работы программы необходимо 2 магнитофона ЕС-5012 /один - для библиотеки программ, используемых CENTER, другой - для чтения и записи данных/, алфавитно-цифровой дисплей ВТ-340, а также аппаратура АЭЛТ-2/160 /блоки сканирования, видеоусилителя, функциональной клавиатуры, дисплея/.

Суммарная длина всех подпрограмм составляет 11317₈ слов БЭСМ-4, поэтому, как было отмечено выше, программа CENTER

осуществляет динамический вызов некоторых подпрограмм верхнего уровня. Для рационального использования динамического режима загрузки все подпрограммы, входящие в CENTER, записаны на магнитный барабан и занимают около 12000₈ слов временной библиотеки на МБ.

Для загрузки программы на БЭСМ-4 требуется около 2 с. Время однократного прогона CENTER в основном режиме составляет около 3 мин и около 13 мин при автоматическом подборе уровней дискриминации во вспомогательном режиме.

Печать результатов программы занимает 2 страницы АЦПУ.

8. ДИАГНОСТИКА

В программе предусмотрен контроль хода обработки данных, полученных при измерении каждого креста. При обнаружении нарушения определенных условий, такого, например, как большой разброс отсчетов, переполнение буфера слайса и т.д., выдается сообщение о возникшей ситуации. Такое сообщение является руководством к устранению причины, нарушившей выполнение принятых условий; в случае неудачи предусматривается проверка качества работы АЭЛТ-2/160 специальными тестами, так как программа CENTER не предназначена для более точной локализации причины отказа.

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам группы АЭЛТ-2/160 за консультации и обсуждения по вопросам использования аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчук М.К. и др. ОИЯИ, Р10-8861, Дубна, 1975.
2. Карлов А.А., Сенченко В.А. ОИЯИ, 10-11155, Дубна, 1978.
3. Баяковский Ю.М. и др. ФОРТРАН для ЭВМ типа М-20, ИПМ АН СССР, 1973.
4. Баяковский Ю.М., Михайлова Т.Н. Автокод для ЭВМ типа М-20, ИМП АН СССР, 1974.
5. Лебедев В.Н. Введение в системы программирования. "Статистика", М., 1975.
6. ERASME Group. Description and Status Report of the ERASME System. CERN, Geneva, 1974.
7. Крамер Г. Математические методы статистики. "Мир", М., 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 декабря 1979 года.