

1241/2-78

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



13/III - 78

Ц 845

K-238

10 - 11155

А.А.Карлов, В.А.Сенченко

ПРОГРАММЫ КАЛИБРОВКИ
МОНИТОРНОГО СКАНИРУЮЩЕГО АВТОМАТА
АЭЛТ-2/160

II. Программа FIT для нахождения коэффициентов
калибровочных преобразований

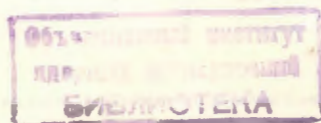
1978

10 - 11155

А.А.Карлов, В.А.Сенченко

**ПРОГРАММЫ КАЛИБРОВКИ
МОНИТОРНОГО СКАНИРУЮЩЕГО АВТОМАТА
АЭЛТ-2/160**

**II. Программа FIT для нахождения коэффициентов
калибровочных преобразований**



Карлов А.А., Сенченко В.А.

10 - 11155

Программы калибровки мониторингового сканирующего автомата АЭЛТ-2/160. II. Программа FIT для нахождения коэффициентов калибровочных преобразований

Описана программы FIT, фиксирующая результаты измерений крестов калибровочной решетки мониторингового сканирующего автомата АЭЛТ-2/160. Программа определяет коэффициенты калибровочных преобразований, связывающих нелинейную систему координат ЭЛТ с идеальной (паспортной) системой координат калибровочной решетки.

Программа написана на языке ФОРТРАН для ЭВМ CDC-6500.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Karlov A.A., Senchenko V.A.

10 - 11155

Program for Calibrating AELT-2/160 Scanning Device.
II. FIT Program for Defining Coefficients of Calibration Transformations

The FIT program is described for fitting measurement results of cross centres at the calibration grid of the AELT-2/160 scanning device. The program defines coefficients of calibration transformations which connect non-linear coordinate system of CRT with an ideal (passport) coordinate system of the calibration grid. The program is written in FORTRAN language for the CDC-6500 computer.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automatization JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

I. Назначение

Программа FIT фиксирует данные о центрах крестов калибровочной решетки автомата АЭЛТ-2/160 методом наименьших квадратов, используя полиномы пятой степени от двух переменных. Программа реализована на языке ФОРТРАН для ЭВМ CDC-6500 ОИЯИ.

В основу программы FIT положены процедуры, аналогичные тем, которые используются для калибровки в системе ЭРАЗМ ЦЕРНа /1/. При таком подходе эффективно используются существующие стандартные подпрограммы из библиотеки программ ЦЕРНа, поставленной на ЭВМ CDC-6500 ОИЯИ. Особенности организации работы сканирующего автомата АЭЛТ-2/160 в условиях ОИЯИ потребовали создания ряда специальных программ, обеспечивающих проведение процедуры калибровки в комплексе при существующих средствах (аппаратурных и программных).

Результатом работы программы FIT являются массивы коэффициентов $\{u, v, i\}$ полиномов, которые позволяют представлять результаты измерений на автомате в системе координат решетки (X, Y) по формулам (прямое преобразование):

$$\begin{aligned}
 x &= P(u, v), \\
 y &= Q(u, v), \\
 P(u, v) &= \sum_{j=0}^5 \sum_{i=0}^j p_{\lfloor \frac{j(j+1)}{2} + i \rfloor} \cdot u^i \cdot v^{j-i} = p_0 + p_1 \cdot u + p_2 \cdot v + \dots + p_{20} \cdot v^5, \\
 Q(u, v) &= \sum_{j=0}^5 \sum_{i=0}^j q_{\lfloor \frac{j(j+1)}{2} + i \rfloor} \cdot u^i \cdot v^{j-i} = q_0 + q_1 \cdot u + q_2 \cdot v + \dots + q_{20} \cdot v^5,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

u, v - измеренные на автомате координаты отдельной точки.

Кроме того, программа **FIT** позволяет вычислять массивы коэффициентов p'_i, q'_i для полиномов, осуществляющих обратное преобразование по формулам:

$$\begin{aligned}
 u &= P'(x, y), \\
 v &= Q'(x, y), \\
 P'(x, y) &= \sum_{j=0}^5 \sum_{i=0}^j p'_{\lfloor \frac{j(j+1)}{2} + i \rfloor} \cdot x^i \cdot y^{j-i} = p'_0 + p'_1 \cdot x + p'_2 \cdot y + \dots + p'_{20} \cdot y^5, \\
 Q'(x, y) &= \sum_{j=0}^5 \sum_{i=0}^j q'_{\lfloor \frac{j(j+1)}{2} + i \rfloor} \cdot x^i \cdot y^{j-i} = q'_0 + q'_1 \cdot x + q'_2 \cdot y + \dots + q'_{20} \cdot y^5.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

x, y - координаты отдельной точки на решетке (в идеальной прямоугольной системе координат).

2. Возможности

На основании входных данных, находящихся на магнитной ленте (результаты измерений центров крестов калибровочной решетки на БЭСМ-4) и управляющей информации, которая указывает режимы работы программы и задается в специальном файле на диске, программа **FIT** позволяет:

- провести распечатку входных данных (результатов измерения центров крестов на БЭСМ-4);
- представить коэффициенты прямого и обратного преобразования в виде таблиц на печати и (или) файла на диске (два рекорда);
- выдать на печать координаты центров крестов после устранения дисторсионных искажений с помощью полиномов (в системе координат решетки, когда начало координат расположено в центре решетки);

- выдать на печать модули векторов, остаточных ошибок по полю (для каждого креста), а также значения среднеквадратичных ошибок по X, Y, R и максимальной ошибки по полю;

- представить в виде гистограмм и таблиц информацию о распределении остаточных ошибок по полю (по X, Y и R).

Дополнительно, в программе **FIT** предусмотрена возможность чтения входных данных о центрах крестов из БЭСМ-4 автомата АЭЛТ-2/160 по линии связи СДС-6500+БЭСМ-4.

3. Ресурсы

Общий объем оперативной памяти ЭВМ СДС-6500, необходимый для работы программы **FIT** (вместе со всеми вспомогательными и библиотечными подпрограммами) в настоящий момент составляет около 40 000₈.

Для работы программы необходим также один 9-дорожечный магнитофон (или одно ленточное направление при работе с линией связи). Заказ этого ресурса осуществляется с помощью соответствующей управляющей карты СДС.

Кроме того, для перезаписи информации, задающей режим работы программы **FIT**, и записи результатов счета (коэффициентов прямого и обратного преобразований) требуется выделение на дисковой памяти двух файлов общей длиной не более 5PRU. Удовлетворение заявки на этот ресурс производится операционной системой СДС автоматически.

Будучи записана в форме абсолютного модуля на перманентный файл, программа **FIT** вместе со своими вспомогательными и библиотечными подпрограммами занимает в настоящее время 223PRU.

Загрузка абсолютного модуля программы **FIT** требует около 0,2 с. центрального процессора.

Время счета по программе **FIT** (время центрального процессора) составляет около 13 с.

Полная распечатка результатов работы программы **FIT** включает около 250 строк печати (4 страницы).

4. Структура программы

При работе программы **FIT** используется ряд подпрограмм, ко-

торые связаны с основной программой так, как это показано на рис. 1.

Программа **FIT** обращается к следующим файлам: TAPE1 = DATA, TAPE2 = OUTPUT, TAPE3, TAPE4. При этом в файлах DATA и TAPE4 находятся исходные данные, а OUTPUT и TAPE3 - результаты.

Программа **FIT** получает исходные данные о центрах крестов из файла DATA и с помощью подпрограммы **W4860** распаковывает их из сплошной последовательности битов 48-разрядных слов в отдельные 60-разрядные слова CDC. Затем выполняется преобразование чисел БЭСМ-4 в числа CDC-6500 подпрограммой **BSMDCD**. После контроля полученных чисел на попадание в заданный диапазон формируются параметры для работы библиотечной подпрограммы **LINSQ**.

Подпрограмма **LINSQ** реализует основной алгоритм программы **FIT** по вычислению коэффициентов калибровочных преобразований методом наименьших квадратов, обращаясь, в свою очередь, к подпрограммам **FCN** (вычисление значения вектора функций разложения в данной точке), **LINEQ2** (решение совместимой системы линейных уравнений с двойной точностью), **MATIN2** (обращение матрицы с двойной точностью), **Q** (нахождение суммы квадратов).

После четырехкратного вызова подпрограммы **LINSQ** для нахождения коэффициентов (p_1, l, lq_1) , (p_1', l, lq_1') соответственно выполняется общая проверка с помощью подпрограммы-функции **P** путем вычисления для каждого креста значения полинома пятой степени от 2 переменных с полученными коэффициентами методом Горнера.

Цель этой проверки состоит в том, чтобы:

- 1) определить остаточные ошибки путем сравнения вычисленных и идеальных (т.е. паспортных) координат центров измеренных крестов, что позволяет оценить качество измерений;
- 2) убедиться в правильности записи полученных коэффициентов в файл TAPE3 на диске (за счет того, что подпрограмма-функция при проверке использует информацию из этого файла).

Выдача результатов работы программы **FIT** на печать и (или) запись их в файл на диске производится в соответствии со значением управляющих констант в файле TAPE4.

При построении гистограмм и таблиц распределения ошибок используется библиотечная подпрограмма **WHISTO**.

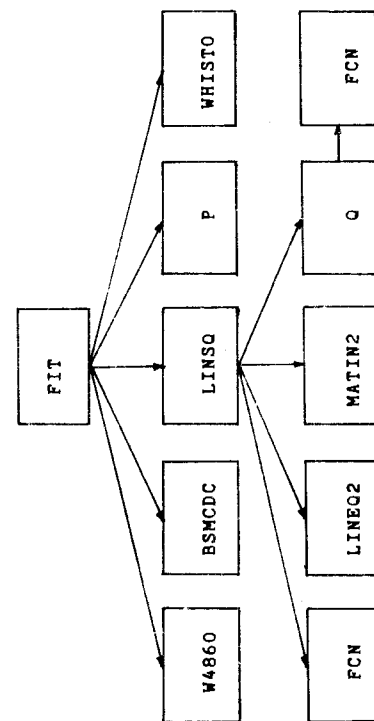


Рис. 1. Структура программы **FIT**

5. Процедура использования

Для работы с программой **FIT** необходимо подготовить исходные данные - файлы **DATA** и **TARE4**.

DATA - файл на 9-дорожечной магнитной ленте, записанный на БЭСМ-4 автомата АЭЛТ-2/160 в стандарте **ISO** с плотностью 800 бит/дюйм в свободном формате (**L** - формат **SDC**). Он содержит 445 48-разрядных слов (45 разрядов БЭСМ-4 и 3 дополнительных нулевых младших разряда).

Первые 5 слов содержат информацию о дате создания файла, следующие 220 слов представляют собой **X**-координаты центров измеренных крестов, затем расположены 220 слов - **Y** -координаты.

TARE4 - файл, который до загрузки программы обычно копируется с файла **INPUT** . Он содержит семь констант: первые шесть - в формате **I1** , седьмая - в формате **A10**. Значения констант пояснены в таблице **I** (приложение **I**).

Доступ к программе **FIT** осуществляется на уровне языка управления заданием операционной системы **NOS/BE** . Пример последовательности управляющих карт приведен в приложении 2. После окончания работы программы **FIT** будут получены файлы **OUTPUT** и **TARE3** согласно значениям, заказанным для управляющих констант на файле **TARE4**. Структура файла **OUTPUT** после выдачи его на листинг очевидна.

TARE3 - файл, состоящий из 3 записей:

первый записей содержит дату создания файла **DATA** (2 слова **SDC**) и дату счета по программе **FIT** (еще 2 слова), т.е. всего - 4 слова **SDC**;

второй и третий записей содержат соответственно коэффициенты прямых (p_i, q_i) и обратных (p_i', q_i') калибровочных преобразований и состоят из 42 слов **SDC** каждый. Если прямое калибровочное преобразование записано в виде (I) , то коэффициенты в записях расположены в последовательности:

$p_0 \cdot p_1 \cdot p_2 \dots p_{20} \cdot q_0 \cdot q_1 \dots q_{20}$ - во 2-м записей
и $p_0' \cdot p_1' \cdot p_2' \dots p_{20}' \cdot q_0' \cdot q_1' \dots q_{20}'$ - в 3-м записей.

Во многих случаях использования программы **FIT** требуется организация многократного счета по этой программе при фиксированном наборе управляющих констант (файл **TARE4**). Чтобы избежать необходимости наличия в последовательности управляющих карт ЭВМ **SDC-6500** соответствующего числа карт загрузки инициализации счета программы **FIT** , предусмотрена служебная программа **CYCLE1**, которая была написана на языке **COMPASS** и которая обеспечивает возврат системного указателя управляющих карт на одну позицию назад. Количество прогонов программы **FIT** ограничено лимитами времени или печати (в **JOB** -карте), либо числом файлов входных данных на магнитной ленте. Программа **CYCLE1** становится физически доступна после исполнения, например, управляющей карты:

ATTACH, CYCLE1, AELT, ID=LCTA, CY=2, MR=1.

Многократность счета по программе **FIT** достигается путем расположения карты "**CYCLE1**." после карты "**FIT**." в последовательности управляющих карт (см. пример в приложении 3).

Аналогично может быть организовано многократное использование группы управляющих карт.

6. Диагностика

Если исходные данные не попадают в сегменты [0,140] для **X** и [0,70] для **Y** , печатается сообщение **DATA ARE OUT OF RANGE**. Возможны также диагностические сообщения, выдаваемые библиотеками подпрограммами **LINSQ, LINEQ2, MATIN2, WHISTO** ^{3,4/}. Все типы сообщений свидетельствуют об ошибках в исходных данных, не считая диагностических сообщений **NOS/BE** (например, "**PARITY ERROR**" - в случае ошибки чтения или записи при работе с внешней памятью).

Таблица I. Значение управляющих констант

Константа	Значение	Результат
K1	0	- файл DATA получается по каналу связи CDC-6500+БЭСМ-4
	≠0	- файл DATA получается с 9-дорожечной МЛ
K3	≠0	- печать координат центров крестов в системе координат решетки после устранения дисторсионных искажений полиномами
	0	- нет печати
K2	≠0	- печать координат центров крестов в системе координат автомата
	0	- нет печати
K4	≠0	- печать модулей векторов остаточных ошибок по полю
	0	- нет печати
K5	≠0	- печать среднеквадратичных ошибок по X, Y, R и МАКСИМАЛЬНОЙ ОШИБКИ по ПОЛЮ
	0	- нет печати
K6	> I	- печать гистограмм распределения ошибок по X, Y и R
	I	- печать гистограммы распределения ошибок по R (по полю)
	0	- нет печати
K7	PRINT	- печать коэффициентов калибровочных преобразований
	WRITE	- запись коэффициентов калибровочных преобразований на TAPE3
	PRINTWRITE	- действует как PRINT и WRITE одновременно

Пример последовательности управляющих карт для
однократного счета по программе FIT

```
JOB, T20, CM60000, NT1.
ACCOUNT ( .... )
REDUCE.
REQUEST (DATA, NT, HD, L, VSN = .... )
ATTACH, FIT, AELT, ID=LCTA, MR=1.
MAP (OFF)
COPYCF (INPUT, TAPE4)
FIT.
```

/карта конца рекода
карта с управляющими константами
/карта конца файла

Примечание: Предполагается, что программа хранится на
перманентном файле AELT.

Приложение 3

Пример последовательности управляющих карт для случая многократного счета по программе FIT.

```
JOB, T200, CM60000, NT1.
ACCOUNT (... )
REDUCE .
REQUEST (DATA, NT, HD, L, VSN= ...)
ATTACH, FIT, AELT, ID=LCTA, MR=1.
ATTACH, CYCLE 1, SYSAELT, ID=LCTA, CY=2, MR=1.
MAP (OFF)
COPYCF (INPUT, TAPE4
FIT.
CYCLE1.
```

/карта конца рекорда
карта с управляющими константами в формате(614, A10)
/карта конца файла

Приложение 4.

Текст программы FIT на языке
FORTRAN Extended/5/ .

```
PROGRAM FIT (DATA=0,OUTPUT,TAPE3,TAPE4=179,
*TAPE1=DATA,TAPE2=OUTPUT)
COMMON /AR/DAT1,DAT2,D1,D2,AR(661)
DIMENSION RD(500)
DIMENSION W(220),DA(220),DR(220)
DIMENSION CX(21),CY(21),CX*(21),CY*(21)
DIMENSION X(220,2),Y(220,2),U(11,20,2),V(11,20,2)
DIMENSION K(2,220),RH(440)
DIMENSION XA(220),YA(220),XM(220),YM(220)
DIMENSION TITLE(20)
DOUBLE PRECISION H(21,22)
EQUIVALENCE (DAT1,RC(1))
EQUIVALENCE (XA(1),Y(1,1)),(YA(1),Y(1,2))
EQUIVALENCE (XM(1),X(1,1)),(YM(1),X(1,2))
EQUIVALENCE (R(1,1),RH(1))
EQUIVALENCE (AR(1),Y(1,1)),(X(1,1),U(1,1,1))
*,(Y(1,1),V(1,1,1))
DATA L/352/
DATA TITLE/10L NUMBER OF,10L POINTS/1,1L N
*,7*1L ,10L RESIDUAL ,5*1L /
REWIND 4
77 READ (4,77)K1,K2,K3,K4,K5,K6,K7
FORMAT(611,A10)
D1=DATE(0UM)
D2=TIME(0UM)
PRINT 139,DA11,DAT2,D1,D2
BUFFER IN (1,1) (RD(1),RD(360))
IF(UNIT(1))9,20000,20000
9 CONTINUE
IF(K1.EQ.0)100,101
100 CONTINUE
DO 1313 I=1,440
1313 AR(I)=SHIFT(AR(I),0<,R(I+440),4)
GO TO 11
101 CONTINUE
IF(K1.EQ.5)99,11
99 CONTINUE
CALL W4860(AR,L)
11 CONTINUE
CALL G5M00C(AR,440)
IF(K2.EQ.0)120 TO 12
PRINT 202,((Y(1,J),I=1,220),J=1,2)
12 CONTINUE
DO 1 J=1,20
DO 1 I=1,11
U(I,J,1)=6.*J-6.
U(I,J,2)=6.*I-36.
```