

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Ц8482
Б-447

10 - 7429

А.В. Беляев, Г.Н. Буланова, В.М. Котов,
Н.Г. Симонова, Ю.И. Сусов

4370/2-73

ПРОГРАММА **SPREADER** ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ
ДАНЫХ СПИРАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ
НА ЭВМ БЭСМ-6

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 7429

А.В. Беляев, Г.Н. Буланова, В.М. Котов,
Н.Г. Симонова, Ю.И. Сусов

ПРОГРАММА SPREADER ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ
ДАННЫХ СПИРАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ
НА ЭВМ БЭСМ-6

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

I. ВВЕДЕНИЕ

Описывается канал передачи данных спирального измерителя/1/
(СИ):СИ - управляющая ЭВМ - перфолента (п/л) - ЭВМ CDC-1604A
- магнитная лента (м/л) - ЭВМ БЭСМ-6. При работе на CDC-1604A мож-
но получать графическое представление данных для их визуального
контроля. Эти задачи на CDC-1604A выполняются при помощи програм-
мы SPREADER, написанной на языках FORTRAN-63 и CODAP-1. Про-
грамма занимает примерно 4000 слов CDC-1604A; рабочие массивы
- I4500.

2. Основные действия, выполняемые программой SPREADER.

Данные СИ вводятся в CDC-1604A с 8-дорожечной п/л на читаю-
щем устройстве CDC-305. После контроля их качества и переформи-
ровки они выводятся на м/л, совместимую с ИМЛ CDC-608, который
установлен на БЭСМ-6. Для контроля данных предусмотрено следующее:

- Контроль формата п/л. Бракуется п/л с неверным форматом.
- Печать данных п/л, в том числе:
 - 1) паспорт сканирования (или паспорт кадра);
 - 2) данные сканирования СИ.
- Получение графического представления данных на печатающем устройстве CDC-1612 (LP).
- Проверка стабильности отсчетного канала СИ. Проводится по данным, получаемым при сканировании специального тестового кадра.

Для контроля записей, выведенных на м/л, их можно прочесть с м/л, распечатать, получить графическое представление этих данных и провести проверку стабильности отсчетного канала СИ (если это данные тестового кадра).

Графическое представление данных и проверка стабильности отсчетных каналов СИ особенно важны на первых этапах комплексной настройки СИ, которая проводится в настоящее время.

Управление работой программы SPREADER осуществляется оператором с пульта телеайпа (ТТ) CDC-1604A. Минимальная и основная работа программы заключается в переформировании содержимого п/л и записи его на м/л. Однако, после обработки очередного участка п/л (назовем его "рекордом"), можно провести любую из перечисленных ранее проверок качества данных измерения.

Графическое представление данных измерения служит для визуального контроля их качества. Возможно получать графики в разных масштабах. По осям координат откладываются либо полярные переменные (R, θ), либо - декартовы (x, y). Получаемые графики градуируются: для x -, y - и R -осей в мкм, для θ и R -осей - в отсчетах θ и R -счетчиков СИ, ось θ градуируется также в радианах. На графиках различным способом метятся точки различных типов (см. табл. I). Образцы графиков даны на рис. I, 2, 3 и II.

Таблица I

Тип точки	Символы CDC-1612
Центр реперного креста, найденный программным способом	+
Вершины (VERTEX)	V
Точки остановки (STOP POINT)	S
Конечные точки (END POINT)	E
"Отрицательные" точки (NEGATIVE POINT)	N
ANTI-CRUTCH POINT	A
CRUTCH POINT	C
Центр реперного креста (FIDUCIAL),	

Тип точки	Символы CDC-1612
данный в паспорте	F
Контрольные отсчеты СИ (θ -FULL)	T
Границы графиков	B
Данные сканирования	\times или \emptyset или десятичная цифра

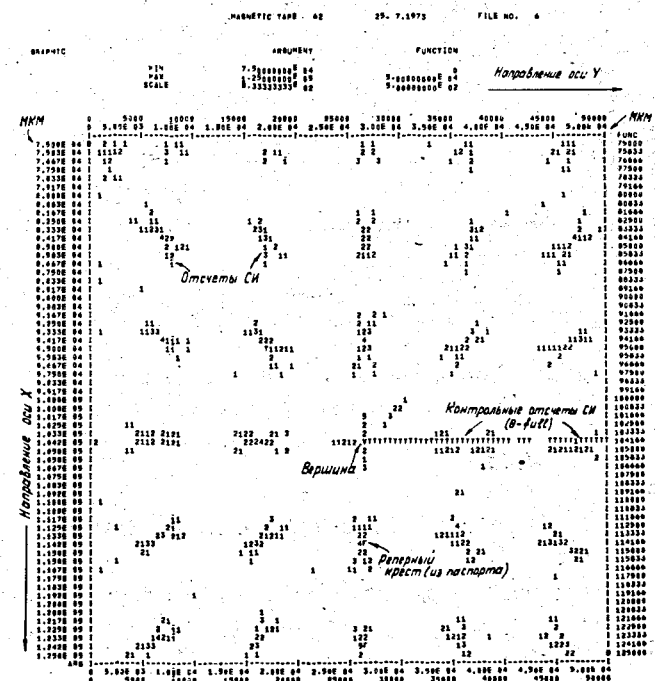


Рис. I. График тестового кадра в декартовых координатах.

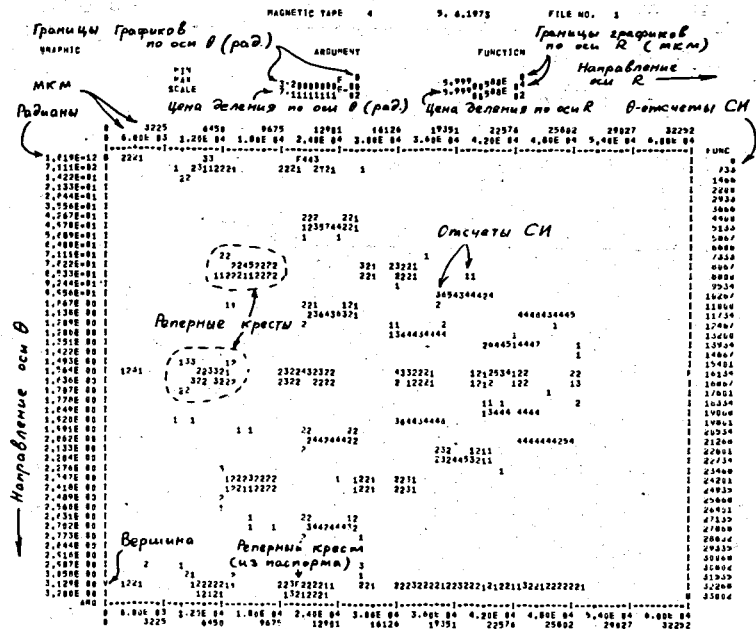


Рис.2. График тестового кадра в полярных координатах (диапазон изменения угловой координаты - от 0 до 3,2 рад.).

3. Описание формата входной перфоленты

8-дорожечная п/л формируется на СИ малой управляющей ЭВМ типа РДР-8 (УЗВМ). Столбцы (разряды) п/л нумеруются способом, указанным на рис.4.

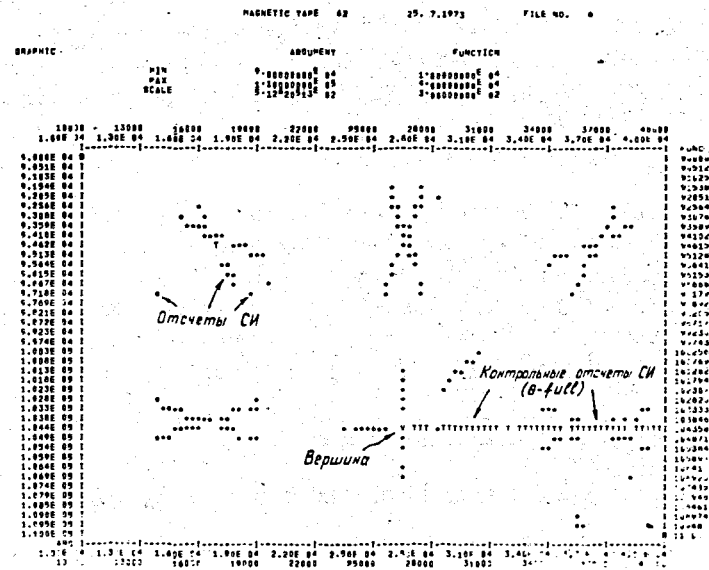


Рис.3. График части тестового кадра в декартовых координатах.

76543 210	Номер строки	Содержание
• • •	K+1	13 ₈
•	K+2	0
•	K+3	0
•	K+4	203 ₈
•	K+5	0
• • • • •	K+6	377 ₈
•	K+7	0

синхродорожка

Рис.4. Представление данных на п/л.

Длина слова УЭВМ равна I_2 двоичным разрядам. Для записи одного слова УЭВМ на п/л отведено две строки, при этом 6 младших разрядов слова помещаются в шести младших разрядах некоторой строки п/л, а следующие 6 старших разрядов слова - в следующей строке. 6-й и 7-й разряды п/л используются исключительно для записи различных контрольных меток.

Данные, полученные на СИ при одном сканировании, представляются в виде:

- 1) числового массива (или массива полярных координат СИ);
- 2) паспорта кадра (или паспорта сканирования).

В указанном порядке эти данные выводятся на п/л. Кроме того, все эти данные состоят из блоков длиной в 256 слов УЭВМ (или $5I_2$ строк п/л). Последний блок отведен для паспорта кадра. В начале каждого блока находится метка - идентификатор его начала.

3.1. Блок числового массива

Метка блока условно представляется следующим образом:

строка	содержание
K+1	377_8
K+2	77_8
K+3	77_8
K+4	77_8
K+5	77_8
K+6	77_8

За меткой следуют две строки п/л, в которые записывается слово УЭВМ, указывающее количество троек чисел $R - \theta - H$, имеющих в данном блоке. Это слово назовем "Слово-счетчик". Здесь R - радиус положения щели СИ, θ - угол положения щели, H - амплитуда сигнала СИ. Если по данным сканирования можно сформировать L числовых блоков ($L > 0$), то в блоках с I-го по $(L-1)$ -й будет находиться 84 тройки чисел $R-\theta-H$, а в L -м блоке - не более 84 троек. Это происходит потому, что на УЭВМ для записи одной такой тройки требуется 3 машинных слова и, следовательно,

6 строк п/л:

$$(5I_2 - 8) / 6 = 84$$

Тройка чисел $R - \theta - H$ записывается в словах УЭВМ так, как показано на рис.5. В старший разряд $(K+3)$ -го слова записывается метка C :

$$C = \begin{cases} 0, & \theta \neq \theta_F \\ 1, & \theta = \theta_F \end{cases}$$

где θ_F - значение угловой координаты сканирующей щели СИ (угол θ_F близок к величине 2π); при таком положении щели СИ выдается контрольная тройка чисел $R-\theta-H$, называемая θ -FULL (или θ_F).

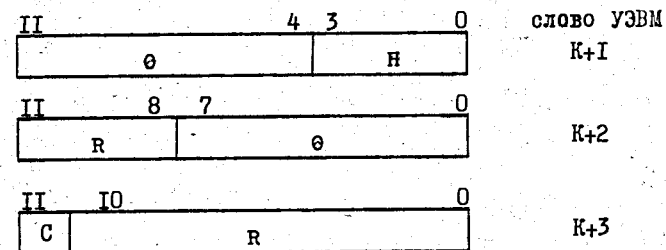


Рис. 5. Представление данных в словах УЭВМ

Каждая тройка $R-\theta-H$ записывается в шести строках п/л как показано на рис.6. Значками "H" указаны разряды п/л, отводимые для H , "T" - для θ , "R" - для R .

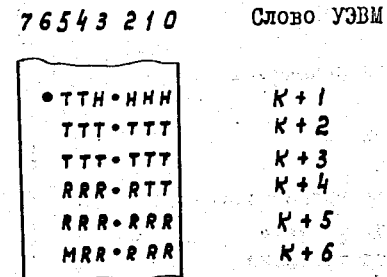


Рис.6. Тройка $R - \theta - H$ на п/л.

Знак "И" указывает положение метки С ; "пробивка" в 6-м разряде (K+I)-й строки есть метка начала тройки R-θ-н . .

3.2. Блок паспорта кадра

Блок паспорта, как и числовой блок, состоит из 256 слов УЗВМ /2/, однако для передачи данных используются пока только первые 128 слов блока. Поэтому в программе SPREADER с п/л читаются только первые 256 строк. Остальные слова в блоке, как резервные, могут быть любыми. Метка блока условно представляется следующим образом:

строка	содержание
K+1	377 ₈
K+2	77 ₈
K+3	0
K+4	0
K+5	77 ₈
K+6	77 ₈

Непосредственно за меткой следуют данные паспорта, указываемые в таблице 2.

Таблица 2.

№ пп	Данные паспорта	Номер первого слова	Количество слов УЗВМ
1	Резерв	4	I
2	Час измерения	5	I
3	Номер СИ	6	I
4	Номер оператора	7	I
5	Год	8	I
6	Месяц	9	I
7	День	10	I
8	Номер эксперимента	11	I
9	Номер события	12	I
10	Номер проекции	13	I
11	Количество вершин	14	I
12	Номер пленки	15	I

Таблица 2 (продолжение).

№ пп	Данные паспорта	Номер первого слова	Количество слов УЗВМ
13	Номер кадра	16	I
14	Номер оператора при предварительном просмотре	17	I
15	Топология	18	I
16	Брак	19	I
17	Количество отсчетов на скане	20	I
18	Количество опорных точек	21	I
19	Декартовы координаты опорных точек	22	72
20	Номер нужной вершины	94	I
21	Декартовы координаты нужной вершины	95	4
22	Количество измеренных реперных крестов	99	I
23	Декартовы координаты реперных крестов	100	24
24	Резерв	124	5

Декартовы координаты (x , y), передаваемые в паспорте, связаны с полярными координатами СИ (R , θ) так, как изображено на рис.7.

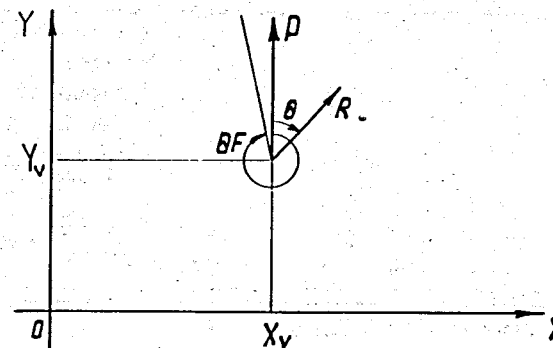


Рис.7. Системы координат СИ.

Для записи пары декартовых координат (X , Y), как видно из таблицы 2, используется 4 слова УЗВМ. Эти координаты располагаются в словах УЗВМ как изображено на рис.8. В шестых разрядах (K+2)-го и (K+4)-го слов находятся, соответственно, признак X -координаты (единица) и признак Y -координаты (нуль). В разрядах, отмеченных как А и В, располагаются величины, смысл которых объяснен в таблице 3.

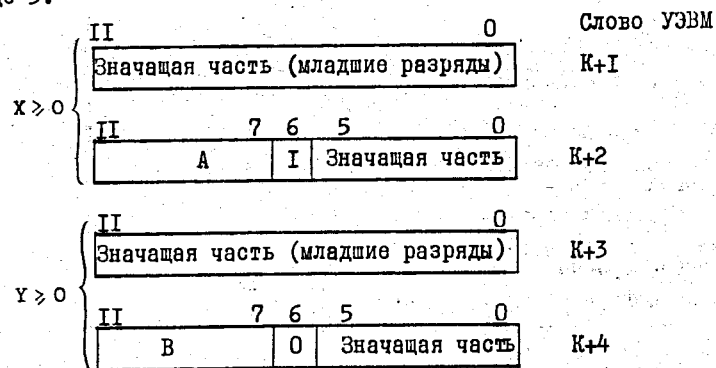


Рис. 8. Декартовы координаты в словах УЗВМ.

Таблица 3.

Содержание А	Содержание В	Тип координаты
Номер креста	0	Крест (FIDUCIAL)
0	1	Вершина (VERTEX)
0	2	Конечная точка (END)
0	3	Точка остановки (STOP)
0	4	"Отрицательная" точка (NEGATIVE)
0	5	ANTI-CRUTCH POINT
0	6	CRUTCH POINT

3.3. Контроль формата перфоленты

3.3.1. Опорными пунктами для программы в рекорде п/л служат метки числовых блоков и метка блока паспорта. Заранее предполагается, что в отдельном рекорде есть хотя бы одна метка числового блока и метка блока паспорта (метка паспорта), удаленная от первой на достаточное расстояние. Анализ содержимого рекорда п/л всегда производится строка за строкой.

3.3.2. Метка блока считается найденной лишь в том случае, когда все шесть строк п/л, отведенные для метки, имеют вид, в точности отвечающий описанному в 3.1. и 3.2.

3.3.3. При считывании очередной тройки чисел требуется (см. рис.6), чтобы в шести соответствующих строчках п/л:

- присутствовала метка начала тройки;
- не были использованы разряды 6-й и 7-й (кроме 7-го в (K+1)-й строке).

В противном случае в данной тройке чисел фиксируется ошибка на п/л. При появлении такой ошибки прекращается прием данной тройки чисел и начинается поиск начала следующей тройки или поиск метки блока, если ошибка была зафиксирована в последней по слову-счетчику тройке блока.

3.3.4. Программой проверяется, чтобы значение каждого слова-счетчика не превышало 84. Иначе бракуется весь данный числовой блок и начинается поиск метки следующего блока.

3.3.5. В силу фиксированной длины рабочего массива, с рекорда п/л считывается не более 2000 троек R-θ-N. После этого начинается поиск метки паспорта.

3.3.6. В блоке паспорта почти все строки п/л читаются без рассмотрения их содержимого. При этом игнорируется содержимое 6-го и 7-го разрядов п/л. Проверяется лишь, чтобы количество крестов и опорных точек, передаваемое в паспорте, было допустимым, иначе весь рекорд п/л бракуется. Заранее предполагается также, что блок паспорта заведомо содержит 256 строк п/л.

3.3.7. Предположим, что некоторый рекорд п/л не забракован по причине, описанной в 3.3.6. Если все же при чтении в нем были найдены некоторые ошибки, то на TT и LP об этом выдаются опре-

деленные сообщения. Считается, что ошибок не было, если после чтения оказались равными три числа:

- количество точек на скане, указанное в паспорте;
- сумма содержимого слов-счетчиков;
- фактически принятое при чтении количество троек R-θ-N.

Если при чтении было обнаружено ошибок, описанных в 3.3.3, больше, чем четверть того количества точек на скане, которое указано в паспорте, или не было принято ни одной тройки R-θ-N, то данный рекорд п/л бракуется и запись на м/л не выводится. На ТТ при этом появляется соответствующее сообщение.

4. Описание формата выходной магнитной ленты

Формат м/л описывается в терминах языка FORTRAN-63 применительно к ЭВМ CDC-1604A. Данные измерения СИ, записанные на п/л в виде нескольких числовых блоков и блока паспорта, помещаются в два целочисленных массива, которые называются INF и LPAS. Массивы имеют длину 2001 и 256 ячеек памяти, соответственно. Они записываются на м/л с применением фортранских операторов

WRITE (MT) LPAS & WRITE (MT) INF

Здесь MT есть логический номер НМЛ CDC-606, запаасаемый в программе.

4.1. Массив с данными сканирования

Массив INF содержит соответствующим образом переформированные данные из числовых блоков п/л. Пусть сканирующая щель совершила при сканировании m полных витков спирали. На каждом J-м

($1 \leq J \leq m$) витке в память УЗВМ было занесено N_J троек R-θ-N ($N_J \geq 0$), не считая контрольных троек, соответствующих θF. Тогда массив INF будет содержать следующие величины:

$$INF(1) = m + \sum_{j=1}^m N_j = K \leq 2000$$

$$INF(I+1) = \theta_I \cdot 2^{15} + R_I \cdot 2^{32} + C_I \cdot 2^{47} \quad (1 \leq I \leq K)$$

$$\left. \begin{array}{l} INF(K+2) \\ \dots\dots\dots \\ INF(2001) \end{array} \right\} - \text{произвольные числа}$$

Здесь $C_I = \begin{cases} 0, & \theta_I \neq \theta F \\ 1, & \theta_I = \theta F \end{cases}$

Слово CDC-1604A, в котором располагается элемент $INF(I)$, $1 \leq I \leq K$, изображено на рис.9.

47	46	32	31	15	14	0
C_I	R_I	θ_I	резерв для I			

Рис.9. Тройка R-θ-N в слове CDC-1604A

4.2. Массив с данными из паспорта

Массив LPAS содержит данные из блока паспорта кадра. Он формируется чрезвычайно просто. Одно слово УЗВМ, соответствующее слову из паспорта кадра, помещается в 12 младших разрядов определенного элемента в массиве LPAS. Старшие разряды элементов массива содержат нули.

5. Преобразование систем координат в программе

На рис.7 изображена связь между двумя системами координат СИ: полярной (R, θ) и декартовой (x, y). Начало полярной системы находится в точке с декартовыми координатами (X_V, Y_V) вершины, передаваемыми в паспорте. Считается, что X_V = Y_V = 0, если количество вершин, измеренных на скане, равно нулю. Направление полярной оси указано буквой P.

Преобразование из полярных координат (R, θ) в декартовы (x, y) проводится следующим образом:

$$\begin{cases} Y = R \cdot \cos\theta + Y_v \\ X = R \cdot \sin\theta + X_v \end{cases}$$

Обратное преобразование:

$$\begin{cases} R = [(x - x_v)^2 + (y - y_v)^2]^{\frac{1}{2}} \\ \theta = \text{Arctg} \frac{x - x_v}{y - y_v} \end{cases}$$

6. Проверка стабильности отсчетного канала СИ

6.1. Тестовый кадр

На рис. 10 изображен участок тестового кадра, по которому проводится проверка стабильности отсчетного канала СИ.

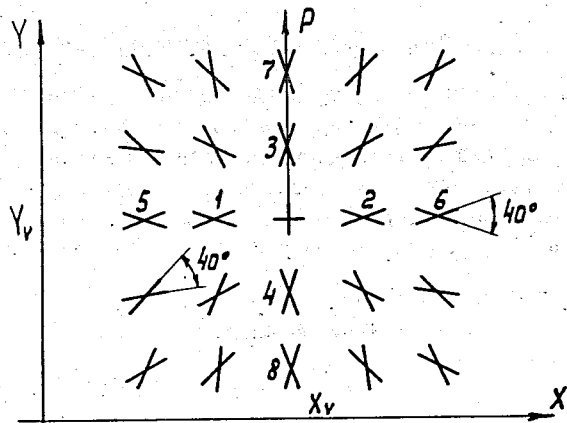


Рис. 10. Участок тестового кадра

Изображенные реперные кресты все имеют угол раствора 40 градусов и "направлены" в центр кадра. Расстояния между крестами по направлениям X и Y с большой точностью кратны 10 мм.

Кресты с номерами 1-8 используются в алгоритме проверки стабильности. Программным путем определяются координаты центров этих восьми крестов. Значения полученных координат используются для уточнения цен отсчетов счетчиков R и θ и для проверки их стабильности.

6.2. Алгоритм поиска центра реперного креста

Идея нахождения координат центра реперного креста заключается в том, что через точки каждого из плечей креста методом наименьших квадратов проводятся прямые. Координаты точки пересечения этих прямых дают центр креста. Схема алгоритма такова:

1) Выделяются из всех данных сканирования точки (X_I, Y_I) , $I = 1, \dots, N$, принадлежащие одному кресту. Такие точки находятся в некоторой области A снимка; положение области A известно заранее. На рис. 11 представлена область A вместе с точками креста, находящимися в ней.

2) Для выделения точек, принадлежащих одному из плечей креста, по координатам X_I, Y_I определяется набор координат T_I в повернутой системе координат (S, T) :

$$T_I = -X_I \cdot \sin(\alpha) + Y_I \cdot \cos(\alpha), \quad (I = 1, \dots, N),$$
 где $\alpha = 20^\circ, -20^\circ, 70^\circ, -70^\circ$ так, чтобы одно из плечей креста было перпендикулярно оси T.

3) Числа T_I , соответствующие точкам с координатами X_I, Y_I , которые принадлежат одному плечу креста, должны при их гистограммировании дать достаточно острый максимум. Проводится гистограммирование чисел T_I . На рис. 12 показано, как проводится гистограммирование для одного из плечей креста. Величины T_{I_j} ($1 \leq I_j \leq N$, $j=1, \dots, K$, $K < N$), попавшие в максимум гистограммы, соответствуют точкам с координатами (x_{I_j}, y_{I_j}) , принадлежащим избранному плечу креста.

4) Через точки с координатами (x_{I_j}, y_{I_j}) методом наименьших квадратов проводится прямая.

5) Решаются уравнения двух прямых; их решение дает координаты (x_C, y_C) центра креста.

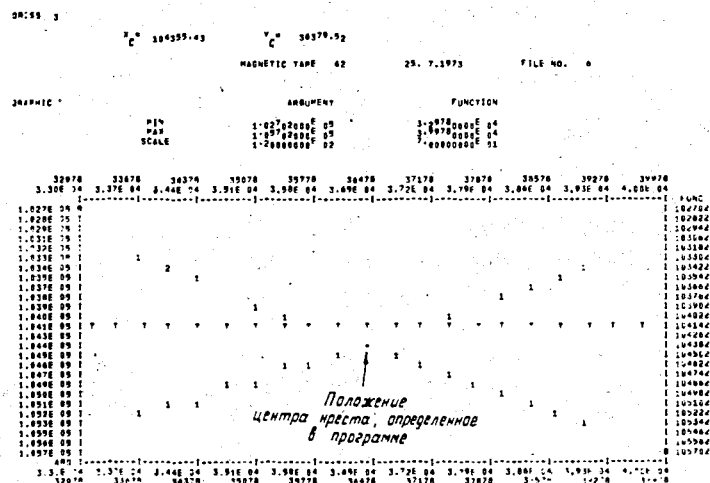


Рис. 11. График области, содержащей 3-й реперный крест, в декартовых координатах

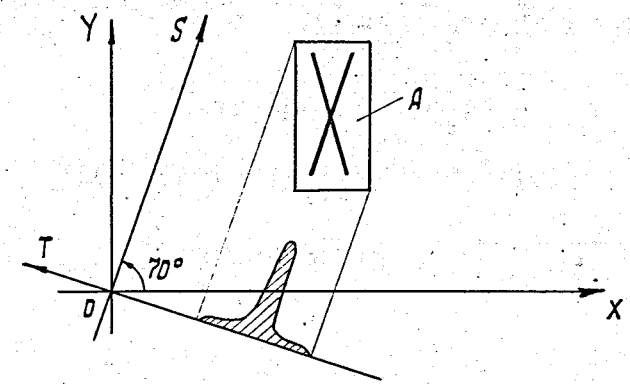


Рис. 12. К поиску центра реперного креста. Плечи креста условно изображены сплошными прямыми.

В заключение благодарим сотрудника ОА С.К.Слепнева и сотрудников ОВМ ЛВТА В.Е.Комолову, Э.М.Косареву, Г.А.Ососкова за полезные консультации и внимание к работе и Л.Е.Зарубину за помощь в оформлении рукописи.

Литература

1. А.Я.Астахов и др. Спиральный измеритель, ОИЯИ, РЮ-4943, Дубна, 1970.
2. Э.М.Косарева и др. Формат и структура массива данных, поступающих со спирального измерителя ОИЯИ. ОИЯИ, Ю-7428, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел 29 августа 1973 года.