

3533847.00026-02 33 01

$N_{K2}$  - целый параметр,  $N_{K2}=1$  означает, что направления кривой  $K2$  и оси поверхности совпадают,  $N_{K2}=-1$  - означает, что они не совпадают;

$F$  - вещественное число, угол максимального поворота образующей (в градусах);

$N$  - целый параметр,  $N=1$  означает, что внешняя нормаль направлена от оси,  $N=-1$  - нормаль направлена к оси.

Результат:

$KIEL(10)=0$ : поверхность вращения построена; ее имя -  $K1$ ;

$KIEL(10) \neq 0$ : поверхность вращения не построена (например, по причине отсутствия места в архиве).

Любая точка поверхности характеризуется двумя параметрами  $u$  и  $v$ , изменяющимися от 0 до 1. Если  $v$  зафиксировать, а  $u$  менять от 0 до 1, то получим окружность (или ее часть) в плоскости, ортогональной оси вращения. Если зафиксировать  $u$ , а изменять  $v$  от 0 до 1, то получим одну из образующих поверхности вращения. Точка на поверхности может быть получена обращением к подпрограмме  $MC125$  или к подпрограмме  $MC126$ , описанной в подразд. 2.5. Параметры этих подпрограмм совпадают, но  $MC126$  вычисляет точку только на поверхности типа 35.

### 2.3.2. Поверхность постоянного сечения

Пусть заданы плоские кривые  $K1$  и  $K2$ . Предположим, что плоскость кривой  $K1$  ортогональна касательной к кривой  $K2$  в ее начальной точке. Тогда поверхностью постоянного сечения  $K1$  с осью  $K2$  назовем поверхность, образованную перемещением кривой  $K1$  вдоль оси  $K2$  таким образом, чтобы плоскость кривой  $K1$ , поворачиваясь, оставалась ортогональной касательной к кривой  $K2$ . Через  $PNV$  обозначим вектор нормали к плоскости кривой  $K2$ . Если  $K2$  - прямолинейный отрезок, то  $PNV$  - любой ортогональный ему вектор. Криволинейная ось  $K2$  должна иметь непрерывные производные до второго порядка включительно, а кривая  $K1$  при перемещении не должна выходить из  $O(K2)$ , определенного в п. 2.3.1.

На рис. 7 и 8 изображены поверхности постоянного сечения с прямолинейной и криволинейной осями (или образующими).

Поверхность постоянного сечения  
с осью (образующей)

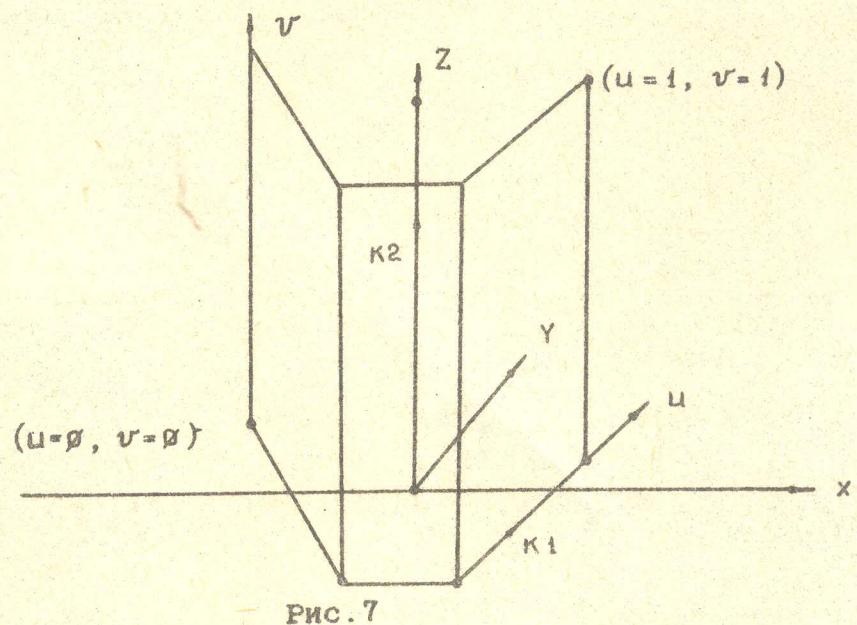


Рис. 7

Поверхность постоянного сечения  
с образующей осью

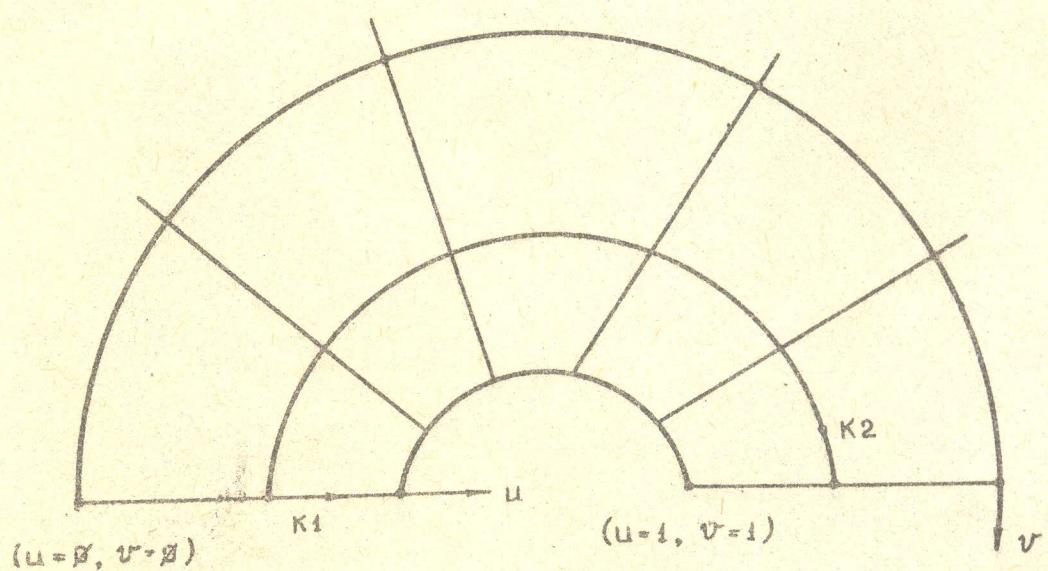


Рис. 8

Пополнение комплекта подпрограмм осуществляется по схеме, описанной в п.2.3.1. Но в этом случае массив информационной части объекта (был выбран тип 36) содержит кроме имен кривых, их направлений и вектора PNV еще 9 чисел. Координаты начальной точки оси K2, значение производной от кривой K2 в начальной точке и их векторное произведение. Эти 9 чисел вычисляются подпрограммой MC3031. В свою очередь подпрограмма MC3031 обращается к подпрограмме MC3036, описанной в подразд.2.6. Следовательно, перед вычислением ее площади, момента инерции и центра масс необходимо подготовить данные о поверхности, обратившись к MC3031.

Построение поверхности постоянного сечения K1 с осью K2 осуществляется подпрограммой MC3640.

Обращение:

CALL MC3640(KI,K1,Nk<sub>1</sub>,K2,Nk<sub>2</sub>,PNV)

где KI - идентификатор, имя объекта, начальное значение KI=0;

K1 - идентификатор, имя плоской кривой-сечения поверхности;

Nk<sub>1</sub> - целый параметр; Nk<sub>1</sub>=1 означает, что направления кривой K1 и сечения совпадают, Nk<sub>1</sub>=-1 означает, что они не совпадают;

K2 - идентификатор, имя плоской кривой-оси (образующей) поверхности;

Nk<sub>2</sub> - целый параметр; Nk<sub>2</sub>=1 означает, что направления кривой K2 и оси совпадают, Nk<sub>2</sub>=-1 означает, что они не совпадают;

PNV=PNV(3) - вещественный массив; вектор ортогональный к плоскости кривой K2.

Результат:

KIEL(10)=0: поверхность постоянного сечения построена, ее имя KI;

KIEL(10)!=0: поверхность постоянного сечения не построена (например, по причине отсутствия места в архиве).

Точка на поверхности постоянного сечения определяется подпрограммой MC127(KI,u,v,R), описанной в подразд. 2.5. Пользователь должен считать ее служебной, так как подпрограмма MC125 вычисляет точку на любой поверхности, построенной средствами описанного комплекта подпрограмм.

#### 2.4. Программы вычисления некоторых характеристик кривых, поверхностей и тел

При решении определенного класса задач приходится вычислять длины, площади, объемы, центры масс и моменты инерции рассматриваемых объектов. Часть этих задач может быть приближенно решена с помощью подпрограмм описываемого комплекта. Во-первых, в подпрограммах предполагается, что кривые, поверхности и тела однородны, с плотностью равной единице. Это означает, например, что масса поверхности равна ее площади, а масса тела равна его объему. Во-вторых, кривые, участки или наборы участков поверхности описаны средствами описываемого комплекта подпрограмм. В-третьих, описанием тела является описание его поверхности, как набора участков поверхностей без самопересечений. Нарушение этого условия может привести к изменению вычисляемых характеристик. Так, например, если набор поверхностей описывает два пересекающихся тела, то плотность в области пересечения удвоится. Сформулированное условие аналогично распространяется на кривые и поверхности.

3533847.00026-02 33 01

Приближенность вычислений обусловлена тем, что реально кривая  $R(u)$ ,  $u \in (0,1)$  заменяется набором отрезков  $(R(ui), R(ui+1))$ ,  $ui=i/(N-1)$ ,  $i=0, \dots, N-1$ . Участок поверхности  $R(u,v)$  заменяется набором треугольников с "катетами"  $(R(ui,uj), R(ui,vj+1))$  и  $(R(ui,vj), R(ui+1,vj))$ , где  $vj=j/(M-1)$ ,  $j=0, \dots, M-1$ . То есть каждый участок заменяется на совокупность из  $2*(N-1)*(M-1)$  треугольников.

Приближенное вычисление массы (длины), центра масс и момента инерции кривой относительно оси OZ реализуется подпрограммой MC210.

Обращение:

```
CALL MC210(KI,S1,S2,N,R0,R1,R2)
```

где KI - идентификатор, имя кривой;

S1 - вещественный параметр, S1=1. - центр масс вычислять,

S1=0. - центр масс не вычислять;

S2 - вещественный параметр, S2=1. - момент инерции вычислять,

S2=0. - момент инерции не вычислять;

N - целое число, N>1 определяет (N-1) отрезков, которыми приближается кривая;

R0 - вещественный параметр, результат - масса кривой;

R1=R1(3) - вещественный массив, результат - центр масс кривой;

R2 - вещественный параметр, результат - момент инерции кривой относительно оси OZ.

Результат:

KIEL(10)=0: R0,R1(3),R2 вычислены;

KIEL(10)!=0: ошибка в задании кривой.

Приближенное вычисление массы, центра масс и момента инерции относительно оси OZ поверхности или тела реализуется подпрограммой MC200.

Обращение:

```
CALL MC200(KI,S0,S1,S2,N,M,R0,R1,R2)
```

где KI - идентификатор, имя участка поверхности или набора участков поверхности;

S0 - вещественный параметр, S0=0. - KI рассматривается как поверхность; S0=1. - KI рассматривается как тело;

S1 - вещественный параметр, S1=0. - центр масс KI не считать, S1=1. - центр масс KI считать;

S2 - вещественный параметр, S2=0. - момент инерции KI не считать, S2=1. - момент инерции KI считать;

N - целое число, N>1 определяет разбиение на (N-1) отрезков по переменной и каждого участка поверхности;

M - целое число, M>1 определяет разбиение на (M-1) отрезков по переменной  $v$  каждого участка поверхности; таким образом, каждый участок поверхности приближается  $2*(N-1)*(M-1)$  плоскими треугольниками;

R0 - вещественный параметр, результат - масса поверхности или тела KI;

R1=R1(3) - вещественный массив, результат - координаты центра масс поверхности или тела KI;

R2 - вещественный параметр, результат - момент инерции поверхности или тела KI.

Результат:

KIEL(10)=0: R0,R1,R2 вычислены;  
 KIEL(10)!=0: ошибка в задании KI.

Подпрограмма MC200 обращается к служебной подпрограмме MC201, описание которой дано в комментариях к тексту подпрограммы. Для передачи внутренних параметров используется COMMON-блок с именем CHI, размером 11 слов.

Если требуется вычислить момент инерции объекта относительно произвольной оси, то достаточно определить сдвиг и поворот объекта так, чтобы заданная ось в результате совпала с осью OZ, вычислить момент инерции и при необходимости выполнить обратные преобразования над объектом.

## 2.5. Программы преобразования объектов к приближенному линейному представлению

Описываемые в этом подразделе программы предназначены для преобразования кривых, участков поверхностей и наборов участков поверхностей к линейному представлению, удобному для их визуализации с использованием подпрограмм компоненты ГОТ.

Кривая преобразуется в массив отрезков-звеньев ломаной, вершины которой являются точками, лежащими на кривой. Значения параметров, им соответствующих, образуют равномерное разбиение параметрического интервала  $[0, 1]$ . На участке поверхности выбирается семейство кривых, являющихся образом равномерной сетки на параметрическом квадрате  $[0, 1] \times [0, 1]$ , каждая из кривых приближается ломаной. Для набора участков поверхностей независимо приближаются все входящие в него участки. Такое приближение выполняют подпрограммы MC159, MC156 и MC158. Результатом их работы является массив координат вершин отрезков, т.е. последовательность шестерок чисел в одномерном массиве.

Подпрограмма MCFFF осуществляет преобразование объекта типа 50 - набор участков поверхностей в объект типа 4 - табличное представление набора участков поверхностей. Это представление описано в подразд. 2.1 настоящего документа. На рис.9 приведен пример линеаризации участка поверхности.

Пример линеаризации участка поверхности

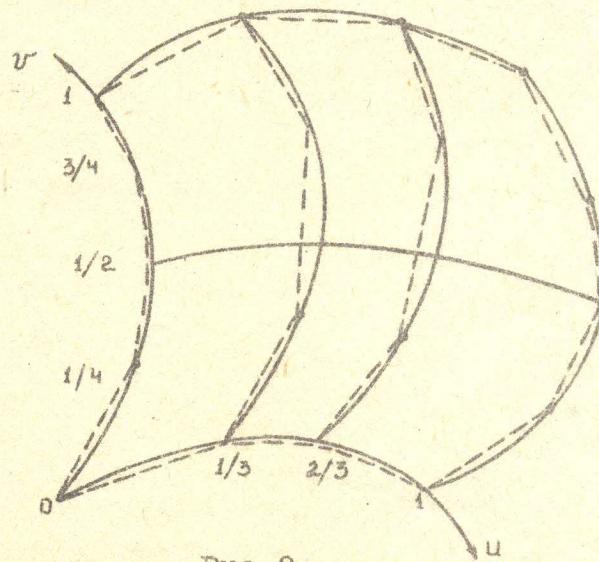


Рис.9

Сплошной линией (см.рис.9) изображено семейство кривых, соответствующее разбиению параметрического квадрата  $[0,1] \times [0,1]$  с параметрами  $N=4$ ,  $M=3$ , т.е. четыре кривые типа  $u=\text{CONST}$  и три кривые типа  $v=\text{CONST}$ . Первая группа кривых приближается с параметром  $N1=5$  (по четыре отрезка на кривую) и вторая группа кривых - с параметром  $N1=4$  (по три отрезка на кривую). Результирующий набор отрезков изображен пунктиром.

Подпрограмма MC159 предназначена для формирования массива координат концов отрезков, приближающих заданную кривую.

Обращение:

```
CALL MC159(KI,N,A,NA)
```

где KI - идентификатор объекта, имя кривой;

N - целое число, параметр разбиения - число точек на кривой;  
 $A=A(NA)$  - вещественный массив, в который будут записаны координаты концов отрезков;

NA - целая переменная, содержащая значение длины массива A (перед обращением). После работы подпрограммы в нее запишется значение длины использованной части массива A, т.е.  $6*(N-1)$ .

Результат:

KIEL(10)=0: массив A сформирован, NA - число занятых слов в массиве A;

KIEL(10)!=0: ошибка в данных, NA=0.

Подпрограмма MC156 предназначена для формирования массива координат концов отрезков, приближающих заданный участок поверхности.

Обращение:

```
CALL MC156(KI,N,M,N1,M1,A,NA)
```

где KI - идентификатор объекта, имя участка поверхности;

M,N - параметры разбиения параметрического квадрата по u и v (см.рис.9), число кривых  $u=\text{CONST}(N>=2)$  и  $v=\text{CONST}(M>=2)$ ;

N1,M1 - параметры разбиения параметрических интервалов кривых (см.рис.9) для кривых  $u=\text{CONST}(N1>=2)$  и  $v=\text{CONST}(M1>=2)$ ;

$A=A(NA)$  - вещественный массив, в который будут записаны координаты концов отрезков;

NA - целая переменная, содержащая значение длины массива A; после работы подпрограммы в нее запишется значение длины использованной части массива A, т.е.  $6*[N*(N1-1)+M*(M1-1)]$ .

Результат:

KIEL(10)=0: массив A сформирован, NA - число занятых слов в массиве A;

KIEL(10)!=0: ошибка в данных, NA=0.

Используется служебная подпрограмма MC157, описанная в подразд.2.6..

Подпрограмма MC158 предназначена для формирования массива координат концов отрезков, приближающих заданный набор участков поверхностей.

Обращение:

```
CALL MC158(KI,N,M,N1,M1,A,NA)
```

где KI - идентификатор объекта, имя набора участков поверхностей;  
 N,M,N1,M1 - параметры разбиения, определяющие семейство приближающих отрезков для каждого участка (см. выше описание MC156 и рис.9);

A=A(NA) - вещественный массив, в который будут записаны координаты концов отрезков;

NA - целая переменная, содержащая значение длины массива A, после работы подпрограммы в нее записывается значение длины использованной части массива A, т.е.  $6*K*[N*(N1-1)+M*(M1-1)]$ , где K - число участков в наборе KI.

Результат:

KIEL(10)=0: массив A сформирован, NA - число занятых слов массива A;

KIEL(10)!=0: ошибка в данных, NA=0.

Подпрограмма MCFFF предназначена для формирования объекта типа 4 - набор таблиц по заданному объекту типа 50 - набор участков поверхностей.

Обращение:

CALL MCFFF(KI,KJ,N,M)

где KI - идентификатор объекта, имя исходного набора участков поверхностей;

KJ - идентификатор объекта, имя создаваемого (если KJ=0) или достраиваемого (тип KJ равен 4) набора таблиц;

N,M - параметры разбиения параметрического квадрата  $[0,1] \times [0,1]$  для каждого участка поверхности, входящего в набор.

Результат:

KIEL(10)=0: объект KJ сформирован или достроен;

KIEL(10)!=0: программа не проработала, KJ не изменяется, т.е. либо объект KJ не создан, либо достройки не произошло (например, нет памяти в архиве или неверные параметры обращения).

## 2.6. Описание служебных подпрограмм для работы с кривыми и поверхностями

В этом подразделе дано описание служебных подпрограмм, используемых основными подпрограммами комплекта. Эти подпрограммы могут быть использованы при пополнении описываемого комплекта КП.

Подпрограмма MC111 предназначена для определения интервала, содержащего заданное значение параметра.

Обращение:

CALL MC111(A,N,M,U,I)

где A - одномерный вещественный массив длины  $N*(M+1)$ ;

N - целое число, N-1 - количество интервалов  $(U_i, U_{i+1})$ ,  
 $i=1, \dots, N-1, U_i = A(1+(i-1)*(M+1))$ ;

M - целое число, определяет длину массива A;

U - вещественное число, значение заданного параметра;

I - целое число, результат - определяет интервал  $[U_i, U_{i+1}]$  ЭУ.

Подпрограмма MC112 предназначена для вычисления координат точки на отрезке.

Обращение:

3533847.00026-02 33 01

## CALL MC112(A,U,R)

где  $A=A(8)$  - вещественный массив,  $A=(U_1, R_1, U_2, R_2)$ ;  
 $U$  - вещественный параметр,  $U_1 \leq U < U_2$ ;  
 $R=R(3)$  - вещественный массив; результат -  $R=[(U-U_1)*R_2+(U_2-U)*R_1]/(U_2-U)$ .

Подпрограмма MC113 предназначена для вычисления значения производной в точке на отрезке.  
Обращение:

## CALL MC113(A,U,R)

где  $A=A(8)$  - вещественный массив;  
 $U$  - вещественный параметр,  $A$  и  $U$  определяются аналогично MC112;

$R=R(3)$  - вещественный массив, результат:  $R=(R_2-R_1)/(U_2-U_1)$ .

Подпрограмма MC121 предназначена для определения заданной кривой KI по значению параметра  $W \in (0,1)$ : адреса KA начального и адреса KNA конечного значений параметра кривой, адреса KIA начала интервала, которому принадлежит  $U=(U_2-U_1)*W+U_1$ .

Обращение:

## CALL MC121(KI,W,M,KA,KIA,KNA,U)

где KI - целое число, имя кривой;

$W$  - вещественное число,  $W \in (0,1)$ , параметр кривой;

M - целое число, M=3, если тип 10, M=6, если тип 20;

KA - целое число, результат, адрес начального значения параметра кривой;

KIA - целое число, результат, адрес начала интервала параметра кривой;

KNA - целое число, результат, адрес конечного значения параметра кривой;

U - целое число, результат.

Подпрограмма MC122 предназначена для вычисления координат точки на кубическом отрезке.

Обращение:

## CALL MC122(A,U,R)

где  $A=A(14)$  - вещественный массив;

$A=(U_1, R(U_1), U_2, R(U_2), R'(U_2))$ ;

U - параметр точки;  $U_1 \leq U < U_2$ ;

$R=R(3)$  - вещественный массив, результат:  $R=R(U)$ .

Подпрограмма MC123 предназначена для вычисления производной по параметру на кубическом отрезке.

Обращение:

## CALL MC123(A,U,R)

где  $A=A(14)$  - массив, задающий отрезок;

U - заданный параметр точки,  $U_1 \leq U < U_2$ ;

$R=R(3)$  - вещественный массив, вычисленный результат.

Подпрограмма MC124 предназначена для вычисления координат точки на границе участка поверхности типа 30 или 40.

Обращение:

## CALL MC124(A,N,U,R)

где A - одномерный вещественный массив;  
 A(N) - имя граничной кривой,  
 A(N+1) - направление кривой;  
 N - целое число, длина массива A;  
 U - вещественный параметр;  
 R=R(3) - результат.

Подпрограмма MC126 предназначена для вычисления координат точки на участке поверхности вращения по заданным значениям параметров из  $[0,1] \times [0,1]$ .

Обращение:

## CALL MC126(KI,U,V,R)

где KI - идентификатор объекта, имя участка поверхности вращения (тип объекта 35);

U,V - параметры, определяющие точку на поверхности вида F(U,V) (из квадрата  $[0,1] \times [0,1]$ );

R=R(3) - массив, в который запишутся координаты искомой точки.

Результат:

KIEL(10)=0: координаты точки вычислены;  
 KIEL(10)!=0: ошибка в данных.

Подпрограмма MC127 предназначена для вычисления координат точки на участке поверхности постоянного сечения по заданным значениям параметров из  $[0,1] \times [0,1]$ .

Обращение:

## CALL MC127(KI,U,V,R)

где KI - идентификатор объекта, имя участка поверхности постоянного сечения (тип объекта 36);

U,V - параметры, определяющие точку на поверхности вида F(U,V) (из квадрата  $[0,1] \times [0,1]$ );

R=R(3) - массив, в который запишутся координаты искомой точки.

Результат:

KIEL(10)=0: координаты точки вычислены;  
 KIEL(10)!=0: ошибка в данных.

Подпрограмма MC3036 предназначена для подготовки участка поверхности постоянного сечения к работе.

Обращение:

## CALL MC3036(KI)

где KI - идентификатор объекта, имя участка поверхности постоянного сечения (тип объекта 38).

Результат:

KIEL(10)=0: вычислены рабочие величины и участок поверхности подготовлен к дальнейшей работе;

KIEL(10)!=0: ошибка в данных.

Подпрограмма MC157 предназначена для вычисления группы отрезков координатной кривой на участке поверхности.

Обращение:

## CALL MC157(KI,M1,N1,u,K,L,A)

3533847.00026-02 33 01

где KI - имя участка поверхности;

M1 - шаг изменения параметра;

N1 - количество точек на кривой, которые вычисляются;

u - фиксированный параметр, определяющий кривую на участке поверхности;

K - целое число, определяет какой из параметров фиксирован, если участок представлен в виде  $R(u, v)$ ;

L - целое число, определяет направление кривой L=0 - от 0 до 1, иначе - наоборот);

A - одномерный массив, в который записываются последовательно отрезки кривой,  $A=(X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2, \dots, X_m, Y_m, Z_m, X_1, Y_1, Z_1)$ ,  $M1=N1-1$ .

Подпрограмма MC186 предназначена для поворота точек вокруг оси.

Обращение:

```
CALL MC186(A, N, X0, Y0, Z0, X1, Y1, Z1, CA, SA)
```

где A=A(N) - массив N/3 точек ( $X_i, Y_i, Z_i$ ),  $i=1, N/3$ ;

N - длина массива A;

X0, Y0, Z0 - вещественные числа, координаты начала луча;

X1, Y1, Z1 - вещественные числа, координаты конца луча, вокруг которого против часовой стрелки (если смотреть из последней точки в начало луча) поворачиваются точки массива A; результат записывается в этот же массив A;

CA, SA - косинус и синус угла поворота.

Подпрограмма MC191 предназначена для выделения памяти под дубль объекта.

Обращение:

```
CALL MC191(KI, KD)
```

где KI - имя объекта;

KD - имя объекта, выделенного под дубль KI; тип KD совпадает с типом KI, но в KD больше информации нет, только выделена память.

## 2.7. Векторная алгебра

Все рассматриваемые в компоненте БП объекты базируются на точках (векторах), поэтому основой для их преобразований являются операции векторной алгебры. Здесь будут описаны подпрограммы, реализующие эти операции.

### 2.7.1. Векторная алгебра на плоскости

Точка на плоскости представляется в виде массива из двух элементов ее координат. В этом пункте идентификаторами A, B, C будут обозначаться точки, т.е. двухэлементные массивы. При этом координаты точки A будут A(1) и A(2) и т.д. Если точка не совпадает с началом координат, то рассматриваемые ниже операции могут быть интерпретированы как операции над векторами.

Подпрограмма SP2001 предназначена для масштабирования вектора.

Обращение:

3533847.00026-02 33 01

## CALL SP2001(A,X,Y,C)

где А - массив, задающий вектор на плоскости;  
 X, Y - коэффициенты масштабирования по координатным осям;  
 С - массив, определяющий вектор-результат. С может совпадать с А.

Подпрограмма SP2002 предназначена для сложения векторов.  
 Обращение:

## CALL SP2002(A,X,Y,C)

где А - массив, задающий исходный вектор;  
 X, Y - координаты прибавляемого вектора;  
 С - массив, определяющий вектор-результат. С может совпадать с А.

Подпрограмма SP2003 предназначена для вращения точки вокруг данного центра на данный угол.  
 Обращение:

## CALL SP2003(A,X,Y,RS,RC,C)

где А - массив, задающий вращаемую точку;  
 X, Y - координаты центра вращения;  
 RS, RC - величины, равные, соответственно, синусу и косинусу угла поворота;  
 С - массив, определяющий точку-результат. С может совпадать с А.

Подпрограмма SP2004 предназначена для отражения точки в данную прямую.

Обращение:

## CALL SP2004(A,X,Y,C)

где А - массив, задающий отражаемый вектор;  
 X, Y - координаты точки, определяющей вместе с точкой (0,0) прямую, относительно которой происходит отражение;  
 С - массив, определяющий точку-результат. С может совпадать с А.

Если X=0 и Y=0, то строится точка (-A(1), -A(2)), т.е. происходит отражение от начала координат или, что одно и то же, - поворот на 180 градусов вокруг начала координат.

Подпрограмма SP2005 предназначена для нахождения вектора, перпендикулярного к данному вектору.  
 Обращение:

## CALL SP2005(A,C)

где А - массив, задающий исходный вектор;  
 С - массив, определяющий вектор-результат, перпендикулярный к А. С может совпадать с А. Длины векторов А и С совпадают. Перпендикуляр строится таким образом, что угол поворота от С к А равен 90 градусам при отсчете против часовой стрелки в правой декартовой системе координат.

Подпрограмма SP2006 предназначена для вычисления скалярного произведения двух векторов.  
 Обращение:

## CALL SP2006(A,B,R)

где A,B - массивы, задающие два вектора;

R - скалярное произведение векторов A и B.

Подпрограмма SP2007 предназначена для вычисления суммы абсолютных величин компонент вектора.

Обращение:

## CALL SP2007(A,R)

где A - массив, задающий вектор;

R - сумма абсолютных величин его компонент.

Подпрограмма SP2008 предназначена для нахождения максимальной по модулю компоненты вектора.

Обращение:

## CALL SP2008(A,R)

где A - массив, задающий вектор;

R - значение максимальной по модулю компоненты.

Подпрограмма SP2009 предназначена для вычисления длины вектора.

Обращение:

## CALL SP2009(A,R)

где A - массив, задающий вектор;

R - вычисленное значение его длины.

Подпрограмма SP2010 предназначена для вычисления косинуса и синуса угла между векторами.

Обращение:

## CALL SP2010(A,B,RS,RC)

где A,B - массивы, задающие два вектора;

RS,RC - вычисленные значения синуса (RS) и косинуса (RC) угла между векторами (от B к A против часовой стрелки).

Подпрограмма-функция ATAN1 предназначена для вычисления величины угла между осью OX и заданным вектором.

Обращение:

## AL=ATAN1(X,Y)

где AL - значение, вырабатываемое подпрограммой-функцией - угол от оси OX до вектора в радианах.

X,Y - параметры, задающие координаты вектора из точки (0,0) до точки (X,Y);

Если X=Y=0., то  $AL=\pi/2$ . В отличие от стандартной функции ATAN, эта подпрограмма-функция вычисляет угол в диапазоне (0,  $2\pi$ ).

3533847.00026-02 33 01

### 2.7.2. Векторная алгебра в пространстве

Точки (векторы) задаются в правой декартовой системе координат, определяемой тройкой векторов  $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ , т.е.  $\mathbf{K} = [\mathbf{i} * \mathbf{j}]$ . В этом пункте идентификаторами А, В, С будут обозначаться точки (векторы), т.е. трехэлементные массивы, содержащие их координаты. При этом координаты точки А будут обозначаться А(1), А(2), А(3), координаты точки В - В(1), В(2), В(3) и т.д.

Подпрограмма SP3001 предназначена для масштабирования вектора.

Обращение:

CALL SP3001 (A,X,Y,Z,C)

где А - массив, задающий вектор;

X, Y, Z - коэффициенты масштабирования по осям;

С - массив, в который будет помещено описание вектора-результата. А может совпадать с С.

Подпрограмма SP3002 предназначена для сложения векторов (перенос точки).

Обращение:

CALL SP3002 (A,X,Y,Z,C)

где А - массив, задающий первый вектор (или начальную точку);

X, Y, Z - координаты вектора переноса;

С - массив, в который будет помещено описание вектора-результата (или координаты перенесенной точки). А может совпадать с С.

Подпрограмма SP3003 предназначена для вращения вектора вокруг оси.

Обращение:

CALL SP3003(A,B,RS,RC,C)

где А - массив, задающий вращаемый вектор;

В - массив, задающий вектор, который определяет ось вращения, проходящую через точку (0,0,0);

RS, RC - значения синуса (RS) и косинуса (RC) угла поворота. Угол отсчитывается против часовой стрелки, если смотреть из конца вектора В;

С - массив, в который помещаются координаты вектора-результата. С может совпадать с А.

Подпрограмма SP3004 предназначена для вычисления координат векторного произведения.

Обращение:

CALL SP3004(A,B,C)

где А, В - массивы, задающие два перемножаемых вектора;

С - массив, в который помещаются координаты вектора-результата. С может совпадать с А.

Подпрограмма SP3005 предназначена для вычисления координат вектора, перпендикулярного к прямой.

Обращение:

3533847.00026-02 33 01

## CALL SP3005(A,X,Y,Z,C)

где A - массив, задающий вектор, который определяет прямую, проходящую через точку (0,0,0);

X,Y,Z - координаты точки;

C - массив, в который будут помещены координаты вектора, перпендикулярного к прямой и лежащего в плоскости, определяемой точкой (X,Y,Z) и прямой. Вектор C ориентирован так, что если к нему добавить вектор (X,Y,Z), то получится точка, лежащая на прямой ((0,0,0),A). С может совпадать с A.

Подпрограмма SP3006 предназначена для вычисления скалярного произведения двух векторов.

Обращение:

## CALL SP3006(A,B,R)

где A,B - массивы, задающие два вектора;

R - значение их скалярного произведения.

Подпрограмма SP3007 предназначена для вычисления суммы абсолютных величин координат вектора.

Обращение:

## CALL SP3007(A,R)

где A - массив, задающий вектор;

R - значение суммы абсолютных величин его координат.

Подпрограмма SP3008 предназначена для вычисления максимальной по модулю координаты вектора.

Обращение:

## CALL SP3008(A,R)

где A - массив, задающий вектор;

R - значение максимальной по модулю координаты вектора.

Подпрограмма SP3009 предназначена для вычисления длины вектора.

Обращение:

## CALL SP3009(A,R)

где A - массив, задающий вектор;

R - длина вектора.

Подпрограмма SP3010 предназначена для вычисления косинуса и синуса угла между векторами.

Обращение:

## CALL SP3010(A,B,RS,RC)

где A,B - массивы, задающие два вектора;

RS,RC - значения синуса (RS) и косинуса (RC) угла между ними.

## 2.8. Элементы плоских кривых

Для удобства описания пространственных объектов в компоненте БП предусмотрены программы для описания и обработки плоских кривых. Под кривой мы понимаем набор элементов или элементарных кривых. Каждая элементарная кривая - это связная кривая на плоскости без самопересечения, заданная в локальной системе координат через примитивы форм. Таким образом, элементарная кривая определяется локальным базисом на плоскости и набором примитивов, заданных в этом базисе. Примитивами являются ориентированные дуги эллипса, окружности, параболы, гиперболы и многозвенная ломаная.

В описываемом компоненте предоставляются средства задания элементарных кривых, преобразования их в ломаные и группирование в составные кривые. Предполагается, что с помощью кривых будет описана граница области на плоскости, которая затем может быть преобразована в многоугольник (набор ребер) и использована для описания пространственных объектов.

Как уже отмечалось, кривые представлены одномерными массивами, размещенными в оперативной памяти. Далее описывается структура представления кривых и подпрограммы работы с ними.

### 2.8.1. Структура элементов и кривых

Как уже отмечалось выше, кривые состоят из элементов, а элемент, в свою очередь, из примитивов. Опишем предварительно примитивы и их каноническое представление.

#### 2.8.1.1. Структура примитивов

В компоненте БП выделены следующие примитивы: дуга окружности, эллипса, параболы, гиперболы и ломаная. Каждый примитив задается массивом слов. Первое слово массива - тип примитива, а остальные - его параметры.

1) Дуга окружности данного радиуса с центром в начале координат. Тип - 5. Параметры: R - радиус;  $\alpha$  - угол, определяющий начальную точку дуги;  $\beta$  - угол, задающий величину дуги. Структура массива: 5, R,  $\alpha$ ,  $\beta$  - всего 5 слов. Уравнение окружности:  $X^2 + Y^2 = R^2$ .

2) Дуга эллипса с фокусами на одной из координатных осей и центром в начале координат. Тип - 6. Параметры: A - полуось X; B - полуось Y;  $\alpha$  - угол, определяющий начальную точку;  $\beta$  - угол, задающий величину дуги. Структура массива: 6, A, B,  $\alpha$ ,  $\beta$  - всего 5 слов. Уравнение эллипса:  $X^2/A^2 + Y^2/B^2 = 1$ .

3) Дуга параболы, проходящей через начало координат, для которой ось OY есть ось симметрии. Тип - 7. Параметры: P - параметр из уравнения;  $\alpha$  - угол, определяющий начальную точку дуги;  $\beta$  - угол, задающий величину дуги. Структура массива: 7, P,  $\alpha$ ,  $\beta$  - всего 5 слов. Уравнение параболы:  $Y = P \cdot X^2$ .

4) Дуга гиперболы с центром в начале координат и для которой биссектрисы координатных углов суть оси симметрии. Тип - 8. Параметры: P - параметр из уравнения;  $\alpha$  - угол, определяющий начальную точку дуги;  $\beta$  - угол, задающий величину дуги. Структура массива: 8, P,  $\alpha$ ,  $\beta$  - всего 5 слов. Уравнение гиперболы  $Y = P/X$ ; рассматривается только положительная ветвь гиперболы.

3533847.00026-02 33 01

Во всех описанных выше примитивах "—" означает незадействованное слово массива, задающего примитив.

5) Ломаная линия. Тип - 9. Параметры: N - длина массива параметров; X1, Y1, X2, Y2 и т.д. - координаты точек ломаной. Структура массива: 9, N, X1, Y1, ..., X(N-1)/2, Y(N-1)/2 - всего N+1 слов.

Во всех примитивах типов 5-8 углы задаются в радианах. Конечная точка дуги определяется углом  $\alpha + \beta$ . Правила отсчета угла показаны на рис. 10 - 11. Угол  $\beta$  отсчитывается от радиуса угла  $\alpha$  против часовой стрелки, если  $\beta > 0$ , и по часовой стрелке, если  $\beta < 0$ .

Отсчет углов для дуги окружности и эллипса

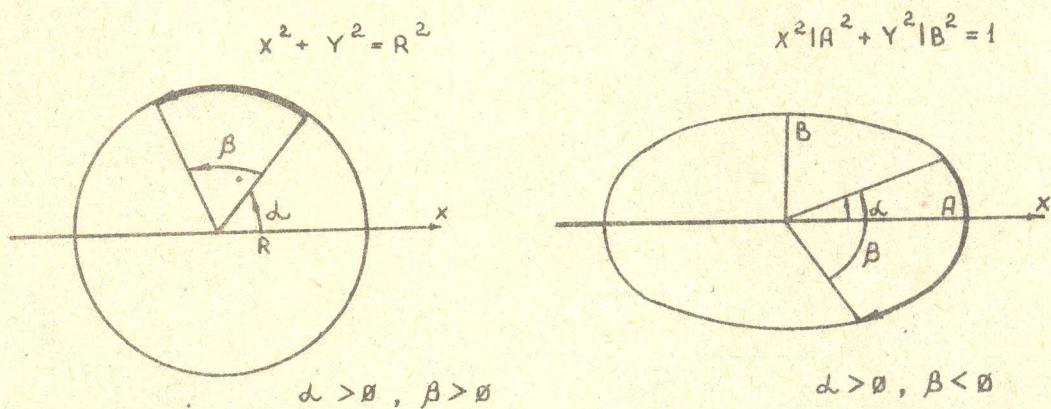


Рис. 10

## Отсчет углов для дуги параболы и гиперболы

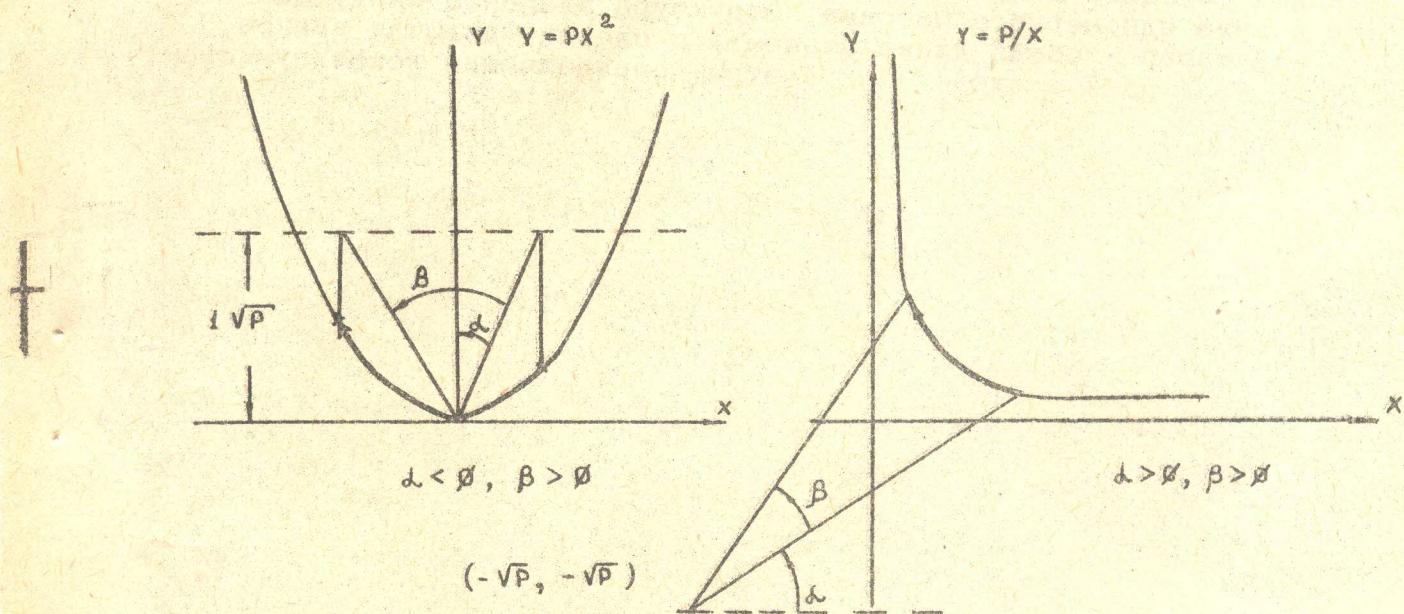


Рис. 11

3533847.00026-02 33 01

Границы изменения углов следующие: окружность -  $(-2\pi \leq \alpha \leq 2\pi, -2\pi \leq \beta \leq 2\pi)$ ; эллипс -  $(-\pi \leq \alpha \leq \pi, -\pi \leq \beta \leq \pi)$ ; парабола -  $(\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2, -\pi/2 \leq \alpha + \beta \leq \pi/2)$ , гипербола -  $(0 < \alpha < \pi/2, 0 < \alpha + \beta < \pi/2)$ . При переориентации примитива происходит замена:  $\alpha' = \alpha + \beta, \beta' = -\beta$ .

Ориентации дуг для изображенных углов (см. рис. 10-11) показаны стрелкой.

Для примитива типа 9 задаются последовательно координаты точек ломаной линии. Ориентация - от начальной точки к конечной. Отрезок - частный случай ломаной. Переориентация очевидна.

### 2.8.1.2. Структура элемента кривой

Как уже упоминалось, элемент кривой - это набор примитивов, заданных в одной локальной системе координат. Элемент представляется в виде одномерного массива. Структура элемента следующая:

1-е слово - общая длина элемента в словах, включая данное; со 2-го по 7-е слово - параметры, определяющие локальную систему координат;

с 8-го по N слово - последовательный набор примитивов, заданных, как было описано выше (N - значение первого слова).

Локальная система координат задается в виде трех точек, определяющих два базисных вектора, т.е. набором из шести чисел X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, Y<sub>3</sub>. Здесь (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>) - начало локальной системы координат, заданное относительно общей системы координат плоскости; (X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>) - точка, являющаяся концом единичного вектора оси X локальной системы координат; точка задана в общей системе координат плоскости; (X<sub>3</sub>, Y<sub>3</sub>) - точка, являющаяся концом единичного вектора оси Y локальной системы координат; она задана также в общей системе координат плоскости.

При афинных преобразованиях элемента, не аппроксимированного ломаной, преобразуются только точки, определяющие базис, т.е. точки, определяющие локальную систему координат X'0'Y'.

Запишем формулы перехода из локальной системы координат в глобальную и наоборот:

$$X = X_1 + X'(X_2 - X_1) + Y'(X_3 - X_1) \quad (1)$$

$$Y = Y_1 + X'(Y_2 - Y_1) + Y'(Y_3 - Y_1) \quad (2)$$

$$X' = (r - r_1, r_2 - r_1) / (r_2 - r_1, r_2 - r_1) \quad (3)$$

$$Y' = (r - r_1, r_3 - r_1) / (r_3 - r_1, r_3 - r_1) \quad (4)$$

где  $r = (X, Y), r_1 = (X_1, Y_1), r_2 = (X_2, Y_2), r_3 = (X_3, Y_3), a(,)$  - скалярное произведение векторов.

Переориентация элемента состоит в переориентации составляющих его примитивов.

### 2.8.1.3. Структура кривой

Кривая состоит из набора элементов, в частности, один элемент также может являться кривой. Задается кривая одномерным массивом, содержащим описание набора элементов. В силу того, что компонент БП носит базовый характер, в разных подпрограммах кривая может быть представлена как:

- 1) массив элементов и число элементов, описанных в нем;
- 2) 1-е слово - общая длина массива в словах, включая это слово; 2-е слово - число элементов у кривой; с 3-го по N слово -

3533847.00026-02 33 Q1

массив элементов, т.е. последовательно расположенные описания элементов ( $N$  - значение первого слова).

При описании подпрограмм вид задания кривой конкретизируется.

### 2.8.2. Построение элементов и кривых

В компоненте БП имеются подпрограммы для построения некоторых базисных элементов кривых и простейших кривых. В некоторых из них описываемых подпрограмм встречаются параметры  $X, Y, AL$ , которые определяют локальную систему координат элемента. Здесь  $X, Y$  - положение начала локальной системы, а  $AL$  - угол в градусах поворота оси  $X'$  локальной системы относительно оси  $X$  глобальной системы координат. Угол отсчитывается против часовой стрелки, если  $AL > 0$ , и наоборот. В тех подпрограммах, где параметры локальной системы координат отсутствуют, строится "пустое" описание, т.е. строится локальная система координат с параметрами  $(0, 0, 0)$ .

Подпрограмма SP2021 предназначена для описания дуги окружности.

Обращение:

```
CALL SP2021(X, Y, AL, R, AL1, AL2, C)
```

где  $X, Y, AL$  - параметры локальной системы координат;

$R$  - радиус окружности;

$AL1$  - угол в градусах, определяющий начальную точку дуги;

$AL2$  - угол в градусах, определяющий величину дуги; отсчет дуги производится против часовой стрелки, если  $AL > 0$ , и наоборот. Направление - от начальной точки к конечной в соответствии с рис. 12;

$C$  - массив, в который будет помещено описание элемента,  $C(1)=12$ . - общая длина массива.

Подпрограмма SP2022 предназначена для описания дуги эллипса.

Обращение:

```
CALL SP2022(X, Y, AL, A, B, AL1, AL2, C)
```

где  $X, Y, AL$  - параметры локальной системы координат;

$A, B$  - полусоси эллипса, заданного уравнением  $X^2/A^2 + Y^2/B^2 = 1$ ;

$AL1$  - угол в градусах, определяющий начальную точку дуги;

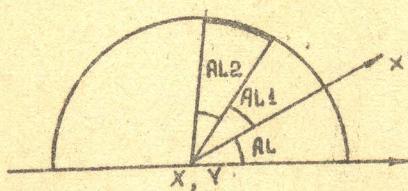
$AL2$  - угол в градусах, определяющий величину дуги;

$C$  - массив, в который будет помещено описание элемента,  $C(1)=12$ . - общая длина массива.

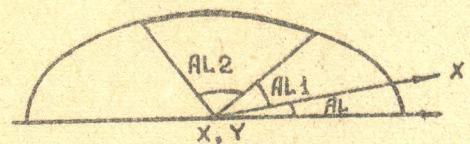
Задание дуги окружности и эллипса

$$X^2 + Y^2 = R^2$$

$$X^2/A^2 + Y^2/B^2 = 1$$



$$AL2 > 0$$



$$AL2 > 0$$

Рис. 12

Подпрограмма SP2023 предназначена для описания дуги параболы.  
Обращение:

CALL SP2023(X, Y, AL, P, XH, DX, C)

где X, Y, AL - параметры локальной системы координат;  
P - параметр параболы, заданной уравнением  $Y=PX^2$ ;  
XH, DX - параметры, определяющие дугу параболы в соответствии с рис. 13; концевые точки дуги соответствуют параметрам XH и XH + DX;

C - массив, в который будет помещено описание элемента;  
C(1)=12. - общая длина массива.

Подпрограмма SP2024 предназначена для описания дуги гиперболы.

Обращение:

CALL SP2024(X, Y, AL, P, XH, DX, C)

где X, Y, AL - параметры локальной системы координат;  
P - параметр гиперболы, заданной уравнением  $Y=P/X$ ;

XH, DX - параметры, определяющие дугу гиперболы в соответствии с рис. 13; начальная точка соответствует XH, конечная - XH+DX. Поскольку рассматривается только положительная ветвь, то должно выполняться условие:  $XH>0, XH+DX>0$ ;

C - массив, в который будет помещено описание элемента,  
C(1)=12. - общая длина массива.

### Задание дуги параболы и гиперболы

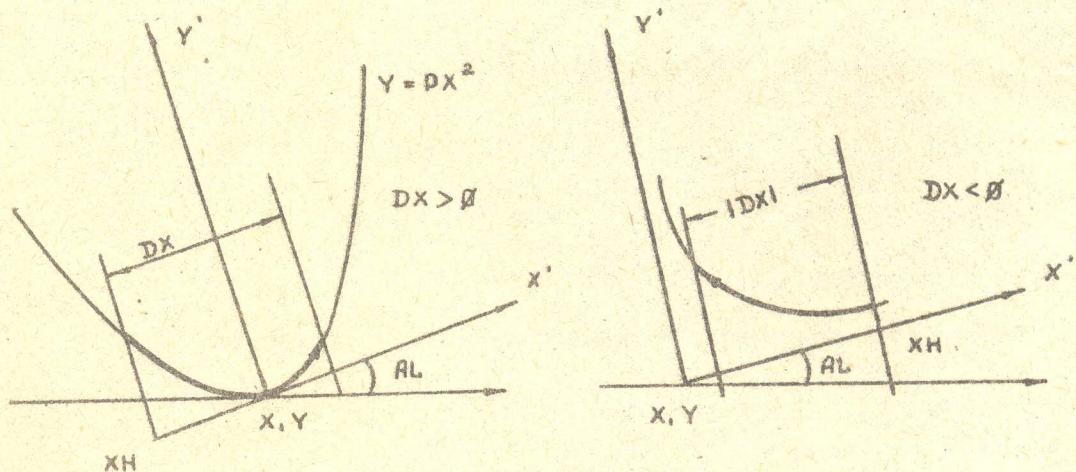


Рис. 13

Подпрограмма SP2030 предназначена для описания ломаной по массиву точек.  
Обращение: