

где $A=A(N)$ — массив описания грани, $N/6$ ребер;
 N — длина массива A ;
 $VH=VH(3)$ — вектор нормали к грани A ;
 $V=V(3)$ — вектор смещения грани;
 $B=B(M)$ — массив, в который будет помещено описание набора граней призмы;
 M — общая длина массива B в словах;
 K — число граней в B .

Построение осуществляется с использованием подпрограммы $SP3\theta 22$.
Ограничение: $(VH, V) \neq \emptyset$, т.е. вектор смещения не параллелен плоскости грани.

Подпрограмма $SP3\theta 32$ предназначена для построения многогранника конуса по заданной грани — основанию и точке.

Обращение:

CALL SP3\theta 32(A, N, VH, V, B, K, M)

где $V=V(3)$ — точка — вершина конуса, она не должна лежать в плоскости грани.

Остальные параметры имеют те же значения, что и в подпрограмме $SP3\theta 31$.

Построение осуществляется с использованием подпрограммы $SP3\theta 23$.

Подпрограмма $SP3\theta 33$ предназначена для построения многогранника вращения по заданной грани, оси вращения и углу.

Обращение:

CALL SP3\theta 33(A, N, VH, V1, V2, AL, L, B, K, M)

где $V1=V1(3), V2=V2(3)$ — точки, определяющие ось вращения — прямую, проходящую через пик, $V1 \neq V2$.

AL — угол вращения, заданный в радианах;

L — число частей, на которые разбивается угол для аппроксимации тела вращения многогранником.

Остальные параметры имеют те же значения, что и в подпрограммах $SP3\theta 31, SP3\theta 32$.

Построение осуществляется с использованием подпрограммы $SP3\theta 25$.

Ограничение: ось вращения не должна быть перпендикулярна плоскости грани. Вращение осуществляется против часовой стрелки, если смотреть из точки $V2$ в точку $V1$ при $AL > \emptyset$ и наоборот, при $AL < \emptyset$. Если $AL \geq 2\pi$, строится полное тело вращения. Максимальное значение параметра M и значение параметра K вычисляются по формулам:

$SP3\theta 31: K=N/6+2, M=2(N+1)+25 * N/6;$

$SP3\theta 32: K=N/6+1, M=(N+1)+19 * N/6;$

$SP3\theta 33: AL < 2\pi, K=N/6 * L+2, M=2(N+1)+25 * L * N/6;$

$SP3\theta 33: AL \geq 2\pi, K=N/6 * L, M=25 * L * N/6.$

Используя описанные подпрограммы, можно строить объекты очень широкого класса.

Для удобства работы с комплектом SP написаны три подпрограммы, являющиеся частным случаем вышеописанных и предназначенные для построения специальных многогранников.

Подпрограмма SP3051 предназначена для построения многогранника — параллелепипеда.

Обращение:

CALL SP3051(V, X, Y, B, K, M)

где V=V(3) — вектор смещения, V=V(3)≠0;

X, Y — координаты точки на плоскости XY;

B=B(M), K, M — те же, что и в подпрограммах SP3031, SP3032.

Строится многогранник, как показано на рис. 19. Переменные K и M равны 6 и 150, соответственно.

Подпрограмма SP3052 предназначена для построения многогранника — цилиндрическая оболочка.

Обращение:

CALL SP3052(V, R1, R2, N, B, K, M)

где V=V(3) — вектор смещения, V=V(3)≠0;

R1, R2 — значения внутреннего и внешнего радиусов основания, R2 > R1 > 0;

N — число частей, на которые разбивается окружность основания при ее аппроксимации многоугольником;

B=B(M), K, M — те же, что и в подпрограммах SP3031, SP3032, SP3051.

Строится многогранник, как показано на рис. 19. Если R1=0, отверстия нет. Переменные K и M вычисляются по формулам:

R1=0: K=N+2, M=2(6N+1)+25*N;

R1≠0: K=2N+2, M=2(12N+1)+50*N.

Подпрограмма SP3053 предназначена для построения многогранника — конусная оболочка.

Обращение:

CALL SP3053(V, R1, R2, N, B, K, M)

где V=V(3) — вершины конуса, V=V(3)≠0.

R1, R2, N, B(M), K, M — те же, что и в SP3031, SP3032, SP3051, SP3052.

Строится многогранник, как показано на рис. 19. Если R1=0, полости нет. Переменные K и M вычисляются по формулам:

R1=0: K=N+1; M=6N+1+19N;

R1≠0: K=2N+1; M=12N+1+38N.

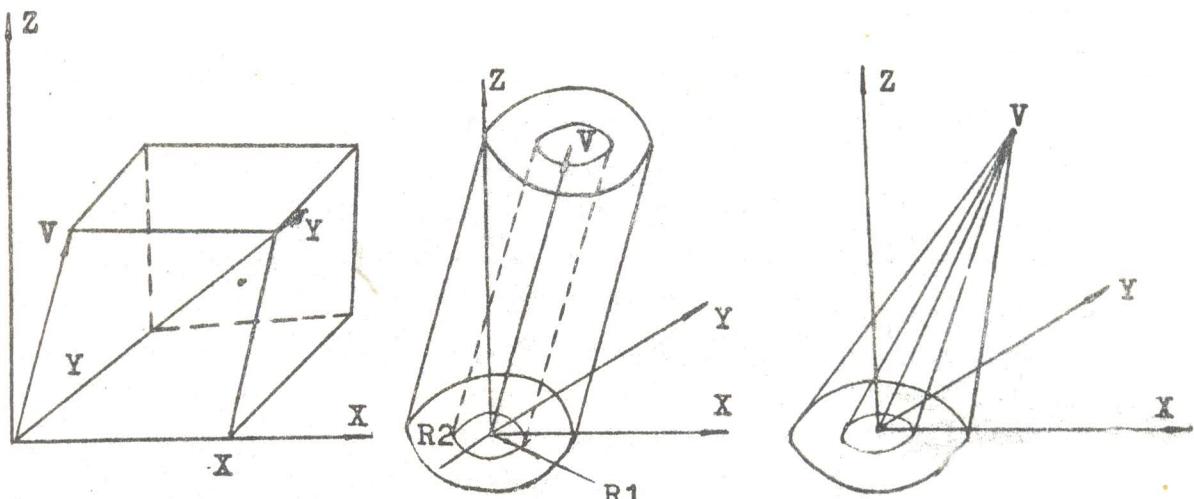


Рис. 19. Построение параллелепипеда, цилиндра и конуса

2.2.11.4. Преобразование сдвига, поворота и масштабирования

В комплекте SP имеются четыре подпрограммы, предназначенные для реализации аффинных преобразований набора граней. Они описаны с использованием подпрограмм SP3501, SP3502 и MC186, представленных в п. 2.2.14 и реализующих аффинные преобразования, но с массивами пространственных точек.

Подпрограмма SP3505 предназначена для сдвига набора граней на вектор.

Обращение:

```
CALL SP3505(A, K, X, Y, Z)
```

где A – массив, содержащий описание набора граней;

K – число граней в массиве A;

X, Y, Z – параметры сдвига по осям XYZ, соответственно.

Подпрограмма SP3506 предназначена для масштабирования набора граней.

Обращение:

```
CALL SP3506(A, K, X, Y, Z)
```

где A, K – те же, что и в SP3505;

X, Y, Z – коэффициенты масштабирования по осям XYZ, соответственно.

Подпрограмма SP3507 предназначена для поворота набора граней вокруг заданной оси на заданный угол.

Обращение:

```
CALL SP3507(A, K, X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2, CA, SA)
```

где A, K – те же, что и в SP3505, SP3506;

X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2 – координаты двух точек, определяющих ось вращения;

CA, SA – параметры угла поворота, $CA = \cos(\alpha)$, $SA = \sin(\alpha)$, где α – угол поворота.

Вращение осуществляется против часовой стрелки, если смотреть из точки (X2, Y2, Z2) на точку (X1, Y1, Z1).

Подпрограмма **SP3508** предназначена для сложного преобразования набора граней.

Обращение:

CALL SP3508(A, K, V1, V2, V3, V4)

где A, K - те же, что и в **SP3505** ÷ **SP3507**;

V1=V1(3), V2=V2(3) - две точки, определяющие начальный отрезок;

V3=V3(3), V4=V4(3) - две точки, определяющие конечный отрезок.

Ограничение: **V1≠V2** и **V3≠V4**.

Преобразование заключается в последовательном проведении следующих трех простых преобразований:

1) сдвиг набора граней на вектор **(V3-V4)**;

2) поворот набора граней относительно точки **V3** на угол, равный углу между векторами **(V4-V3)** и **(V2-V1)**, вокруг оси, определяемой вектором **[(V2-V1) * (V4-V3)]**;

3) равномерное масштабирование по осям набора граней относительно точки **V3**.

Смысл преобразования состоит в том, что если рассматривать набор граней A, K и отрезок **(V1, V2)** как единое целое, то преобразование переводит отрезок **(V1, V2)** в отрезок **(V3, V4)** описанным выше способом. Таких преобразований может быть много, но подпрограмма выполняет их в последовательности, описанной выше.

2.2.11.5. Теоретико-множественные операции над многогранниками

В комплекте **SP** имеются три программы, реализующие теоретико-множественные операции над многогранниками. Все они при работе используют подпрограммы **SP3380** ÷ **SP3389**, которые по существу и реализуют эти операции. Они описываются в п. 2.2.14.

Названные подпрограммы имеют одни и те же параметры:

A - массив, содержащий описание набора граней первого многогранника;

N - число граней в массиве A;

B - массив, содержащий описание набора граней второго многогранника;

M - число граней в массиве B;

C - массив, в который будет помещено описание набора граней многогранника + результата операции;

L - число граней в массиве C;

LO - переменная, в которую перед обращением к подпрограммам должна быть записана предоставляемая пользователем длина массива C в словах; после обращения эта переменная содержит общую длину массива-результата в словах или ее значение < 0, если предоставляемой длины не хватило.

При работе подпрограммы дискретизируют исходные многогранники с помощью подпрограммы **SP3381**. Внутри подпрограммы **SP3385** используется рабочий массив длиной 600 слов, в котором копится сечение многогранника плоскостью, т.е предполагается, что сечение содержит не более 100 ребер.

Во время работы подпрограмм осуществляется вычисление общей длины массива граней по числу граней и наоборот. Эти вычисления осуществляются подпрограммами SP3388, SP3389 и могут быть использованы самостоятельно.

Подпрограмма SP3391 предназначена для пересечения двух многогранников.

Обращение:

CALL SP3391(A, N, B, M, C, L, LC)

В массив С помещается многогранник, являющийся теоретико-множественным пересечением двух исходных.

Подпрограмма SP3392 предназначена для объединения двух многогранников.

Обращение:

CALL SP3392(A, N, B, M, C, L, LC)

В массив С помещается многогранник, являющийся теоретико-множественным объединением двух исходных.

Подпрограмма SP3393 предназначена для получения разности двух многогранников.

Обращение:

CALL SP3393(A, N, B, M, C, L, LC)

В массив С помещается многогранник, являющийся результатом теоретико-множественного вычитания многогранника В из многогранника А.

2.2.11.6. Сечение многогранника плоскостью

Сечение многогранника плоскостью осуществляется с помощью подпрограммы SP3390. Плоскость всегда считается параллельной плоскости XY декартовой системы XYZ. Для получения сечения другой плоскостью необходимо предварительно преобразовать многогранник. Результатом сечения является грань, нормаль к которой соответствует вектору $(0,0,-1)$.

Обращение:

CALL SP3390(A, N, R, C, LC)

где A - массив, содержащий описание набора граней;

N - число граней в массиве A;

R - параметр плоскости сечения, задаваемой уравнением Z=R;

C - массив, в который будет помещено описание набора ребер (граней);

LC - общая длина массива С в словах.

Перед обращением предполагается, что в LC находится длина массива С, заданная пользователем. После обращения, если $LC > \emptyset$, то LC - длина массива С - результата сечения; если $LC < \emptyset$, то заданной пользователем длины массива не хватило.

2.2.12. Проектирование многогранников на плоскость

2.2.12.1. Общие сведения

Для построения проекций пространственных объектов и их визуализации в комплекте SP имеется две подпрограммы. Одна из них работает с явно заданным многогранником, т.е. с массивом граней, вторая - с параметрически заданным набором граней. Обе программы осуществляют построение и визуализацию проекций объектов с удалением невидимых частей граней. В обеих программах проектирование осуществляется параллельно вектору $(0,0,-1)$ на плоскость XY декартовой системы XYZ. Визуализация осуществляется с помощью подпрограммы SP2015, описанной в п. 2.2.14. Предполагается, что проекция находится в положительном квадранте плоскости XY.

2.2.12.2. Проектирование на плоскость явно заданного многогранника

Проектирование и визуализация осуществляется с помощью подпрограммы SP3395.

Обращение:

CALL SP3395(A,N)

где A - массив, содержащий описание набора граней;

N - число граней в массиве A.

При работе подпрограмма использует рабочие массивы, в которые переписываются проекции двух анализируемых граней. Они таковы, что максимальная видимая часть каждой грани должна иметь границу, состоящую не более, чем из 125 ребер.

2.2.12.3. Проектирование на плоскость параметрически заданного многогранника

Параметрически заданный многогранник представляет собой произвольный набор параметрически заданных поверхностей. Каждая поверхность задается следующим образом:

$$\bar{r}_i(s,t) = \bar{F}_i(s,t)$$

где $\bar{r}_i(s,t)$ - радиус-вектор точки i -й поверхности, определяемой точкой (s,t) параметрического квадрата $[\emptyset, 1] \times [\emptyset, 1]$, т.е. $(s,t) \in [\emptyset, 1] \times [\emptyset, 1]$. При проектировании на плоскость и изображении на параметрическом квадрате строится сетка, и поверхность моделируется набором четырехугольных граней. Вершины грани являются образами вершин ячейки сетки при отображении \bar{F}_i . Предполагается, что вершины грани лежат в одной плоскости с точностью ~ 0.001 абсолютно го значения функции по каждой координате. Аппроксимация поверхности показана на рис. 20.

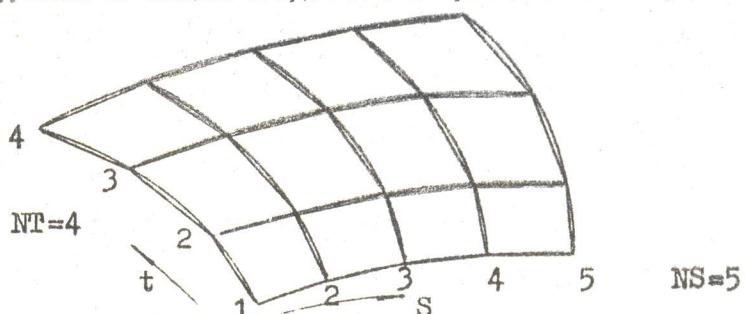


Рис. 20. Аппроксимация поверхности

Разбиение параметрического квадрата для каждой поверхности одно и то же и определяется параметрами подпрограммы **NS, NT**. Число граней, на которое разбивается каждая поверхность, будет

$$(NS - 1) * (NT - 1).$$

Для описываемых далее подпрограмм несущественно, ограничивает ли набор поверхностей область пространства или нет. Просто считается, что каждая поверхность "непрозрачна", и изображается только то, что видно.

Отсюда следует, что изображаемые поверхности могут пересекаться.

Подпрограмма **SP3399** предназначена для изображения проекции параметрически заданного набора поверхностей.

Обращение:

CALL SP3399(K, NS, NT)

где **K** — число изображаемых поверхностей;

NS, NT — параметры разбиения параметрического квадрата (как было описано ранее).

Эта подпрограмма при своей работе использует только одну подпрограмму, удающую заданную поверхность, **SP3398**, которая описывается далее. В процессе работы к этой подпрограмме происходит обращение в цикле. Общее число обращений равно $(K * (NS) * (NT - 1))$, поэтому для конкретного класса поверхностей эта подпрограмма может быть написана пользователем самостоятельно, с учетом особенностей изображаемых поверхностей, с целью сокращения общего времени работы **SP3399**.

Подпрограмма **SP3398** предназначена для выбора очередной грани поверхности.

Обращение:

CALL SP3398(A, N, V, I, J)

где **A(N)** — массив, в который помещается описание **N/6** ребер выбранной грани;

N — длина массива **A**;

V=V(3) — вектор внешней нормали к грани; насчитывается в подпрограмме;

I — номер поверхности, у которой выбирается грань, $1 \leq I \leq K$;

J — номер выбираемой грани на **I**-поверхности.

Ориентация грани в массиве **A** (направление ее ребер) должна быть такова, чтобы вектор внутренней нормали (вектор площади) имел отрицательную координату по оси **Z**. Вычисляемый вектор внешней нормали (**V**), обратный к вектору площади, имеет, следовательно, положительную координату по оси **Z**. При самостоятельном написании этой подпрограммы все это следует учитывать.

Эта подпрограмма вычисляет четырехреберную грань (**N=24**) по функции, данной пользователем, и параметрам, передаваемым ей через общий блок из **SP3399**. Структура общего блока:

COMMON |SP9901| NS, NT, HS, HT

где **NS, NT** — значения параметров из подпрограммы **SP3399**;

HS=1./(NS-1), HT=1./(NT-1) вычисляются также в **SP3399** и передаются в данную подпрограмму.

Во время своей работы подпрограмма **SP3398** обращается к подпрограмме **FFF**, которая насчитывает очередную точку поверхности по значениям параметров. Обращение имеет следующий вид:

CALL FFF(I, S, T, X, Y, Z)

где I - номер поверхности, $1 \leq I \leq K$;

S, T - параметрические координаты точки поверхности

$S, T \in [\emptyset, 1] * [\emptyset, 1]$;

(X, Y, Z) - вектор точки на поверхности, вычисляемый в **FFF**.

2.2.13. Вычисление некоторых характеристик многоугольников и многогранников

В подпрограммах, предназначенных для вычисления габаритов, длин, площадей, объемов, центров инерции и моментов инерции многоугольников и многогранников, предполагается, что многоугольники и многогранники моделируют однородное тело с плотностью, равной единице. Некоторые характеристики имеют смысл для незамкнутых наборов ребер и граней, т.е. для кривых и поверхностей. Структуры заданий наборов граней и ребер описаны в п. 2.2.10 и п. 2.2.11.

Вычисление габаритов набора точек на плоскости и, следовательно, многоугольника осуществляется подпрограммой **SP2011**.

Обращение:

CALL SP2011(A, N, DX, UX, DY, UY, I)

где A=A(N) - массив координат $N/2$ точек плоскости;

N - длина массива A;

DX, UX - минимальное и максимальное значение габаритов по X, вычисляются;

DY, UY - минимальное и максимальное значение габаритов по Y, вычисляются;

I - признак:

I = \emptyset - начальные значения DX, UX, DY, UY, заносятся;

I = 1 - предполагается, что DX, UX, DY, UY уже имеют начальные значения.

Вычисление габаритов набора точек в пространстве и, следовательно, грани осуществляется подпрограммой **SP3011**.

Обращение:

CALL SP3011(A, N, DX, UX, DY, UY, DZ, UZ, I)

где A=A(N) - массив координат $N/3$ точек пространства;

N - длина массива A;

DX, UX - минимальное и максимальное значение габаритов по X, вычисляются;

DY, UY - минимальное и максимальное значение габаритов по Y, вычисляются;

DZ, UZ - минимальное и максимальное значение габаритов по Z, вычисляются;

I - признак:

I = 0 - начальные значения DX, UX, DY, UY, DZ, UZ, заносятся;

I = 1 - предполагается, что DX, UX, DY, UY, DZ, UZ уже заданы.

Вычисление габаритов набора граней и, следовательно, многогранника, осуществляется подпрограммой SP3600.

Обращение:

CALL SP3600(A, K, DX, UX, DY, UY, DZ, UZ)

где A - массив, содержащий описание набора граней;

K - число граней в массиве A;

DX, UX, DY, UY, DZ, UZ - те же, что и в SP2011, SP3011.

Вычисление длины набора ребер на плоскости и, следовательно, периметра многоугольника осуществляется подпрограммой SP2601.

Обращение:

CALL SP2601(A, N, DL)

где A(N) - массив плоских N/4 ребер;

N - длина массива A;

DL - длина ребер.

Вычисление длины набора ребер в пространстве и, следовательно, периметра грани осуществляется подпрограммой SP3601.

Обращение:

CALL SP3601(A, N, DL)

где A=A(N) - массив пространственных N/6 ребер;

N - длина массива A;

DL - общая длина ребер.

Вычисление центра инерции (тяжести) набора ребер на плоскости и, следовательно, многоугольника осуществляется подпрограммой SP2602.

Обращение:

CALL SP2602(A, N, X, Y)

где A=A(N) - массив N/4 ребер на плоскости;

N - длина массива A;

X, Y - координаты точки центра инерции.

Вычисление центра инерции (тяжести) набора ребер в пространстве и, следовательно, грани осуществляется подпрограммой SP3017.

Обращение:

CALL SP3017(A, N, V)

где A=A(N) - массив N/6 ребер в пространстве;

N - длина массива A;

V=V(3) - точка центра инерции.

Вычисление центра инерции набора граней и, следовательно, многогранника осуществляется подпрограммой **SP3602**.

Обращение:

CALL SP3602(A,K,V)

где **A** — массив, содержащий описание набора граней;

K — число граней в массиве **A**;

V=V(3) — точка центра инерции.

Вычисление площади многоугольника на плоскости, заданного набором ребер, осуществляется подпрограммой **SP2603**.

Обращение:

CALL SP2603(A,N,S)

где **A=A(N)** — массив направленных плоских **N/4** ребер;

N — длина массива **A**;

S — площадь многоугольника.

Вычисление площади грани, заданной набором ребер, осуществляется подпрограммой **SP3018**.

Обращение:

CALL SP3018(A,N,S)

где **A=A(N)** — массив пространственных **N/6** ребер;

N — длина массива **A**;

S — площадь грани.

Вычисление площади набора граней и, следовательно, площади поверхности многогранника, осуществляется подпрограммой **SP3603**.

Обращение:

CALL SP3603(A,K,S)

где **A** — массив, содержащий описание набора граней;

K — число граней в массиве **A**;

S — площадь поверхности.

Вычисление объема многогранника, заданного набором граней, осуществляется подпрограммой **SP3604**.

Обращение:

CALL SP3604(A,K,RV)

где **A** — массив, содержащий описание граней;

K — число граней в массиве **A**;

RV — объем многогранника.

Моменты инерции рассчитываются относительно оси, задаваемой вектором **V0** и проходящей через начало координат. Подпрограммы работают только с пространственными объектами, поскольку плоские являются частным случаем.

Вычисление момента инерции набора ребер осуществляется подпрограммой **SP3605**.

Обращение:

CALL SP3605(A,N,VØ,RJ,I)

где A=A(N) - массив пространственных N/6 ребер;

N - длина массива A;

VØ=VØ(3) - вектор, определяющий ось вращения;

RJ - момент инерции;

I - признак:

I=Ø - считается момент инерции набора ребер как набора "стержней";

I=1 - считается момент инерции грани "пластинки", заданной набором ребер.

Вычисление момента инерции набора граней осуществляется подпрограммой SP3606.

Обращение:

CALL SP3606(A,K,VØ,RJ,I)

где A - массив, содержащий описание набора граней;

K - число граней в массиве A;

VØ=VØ(3) - вектор, определяющий ось вращения;

RJ - момент инерции;

I - признак:

I=Ø - считается момент инерции набора граней как "пластинок", т.е. поверхности;

I=1 - считается момент инерции тела - многогранника, заданного набором граней.

2.2.14. Служебные подпрограммы

Здесь приведены подпрограммы комплекта SP, которые использовались в описанных ранее подпрограммах. Некоторые из них имеют четко определенное функциональное назначение и поэтому вполне могут быть использованы самостоятельно.

Подпрограмма SPØØØØ предназначена для распечатки массива, описывающего многогранник, на АШПУ.

Обращение:

CALL SPØØØØ(A)

где A - массив, описывающий многогранник;

A = 1 - общая длина массива;

A = 2 - число граней в A;

A = 3 - описание граней.

Подпрограмма SPØØØ1 предназначена для слияния массивов.

Обращение:

CALL SP0001(A,N,B,M)

где A(N) - исходный массив;

N - длина массива A;

B(M) - дописываемый массив;

M - длина массива B.

После работы в массив A начиная с N + 1 элемента дописывается массив B.
При выходе $N=N+M$.

Подпрограмма SP0002 предназначена для дублирования массива (сдвиг вверх).

Обращение:

CALL SP0002(A,N,B)

где A=A(N) - исходный массив;

N - длина массива A;

B - массив, в который начиная с первого элемента записывается массив A. Перепись идет в следующем порядке элементов:
1, 2, ..., N.

Подпрограмма SP0003 предназначена для дублирования массива (сдвиг вниз).

Обращение:

CALL SP0003(A,N,B)

где A=A(N) - исходный массив;

N - длина массива A;

B - результирующий массив.

SP0003 делает то же, что и SP0002, но перепись элементов идет в следующем порядке: N, N-1, ..., 1.

Подпрограмма SP2014 предназначена для отрисовки набора ребер плоскости через подпрограмму TRAD, СМОГ.

Обращение:

CALL SP2014(A,N)

где A=A(N) - отрисовываемый набор N/4 ребер.

При отрисовке минимизируется некоторым образом пустой пробег пера.

Подпрограмма SP2015 предназначена для отрисовки ломаной или набора ребер с помощью подпрограммы TRAD СМОГ.

Обращение:

CALL SP2015(A,N,I)

где A и N имеют то же значение, что и в подпрограмме SP2014.

I - признак: I = 0 - A(N) - ломаная;

I = 1 - A(N) - набор N/4 ребер.

Подпрограмма **SP2016** предназначена для отрисовки проекции ($Z=0$) грани.

Обращение:

CALL SP2016(A, N)

где **A(N)** - набор пространственных $N/6$ ребер;

N - длина массива A - число ребер.

Отрисовывается проекция ребер на плоскость XY с помощью подпрограммы **TRAD CMOF**.

Подпрограмма **SP2401** предназначена для разбиения отрезка многоугольником и выбора элементов разбиения (реализует основной алгоритм теоретико-множественных операций на плоскости).

Обращение:

CALL SP2401(A, N, XY, S, M)

где **A** - массив ребер на плоскости;

N - число ребер в массиве A;

XY=XY(4) - отрезок, который разбивается;

S - массив, содержащий выбранные отрезки разбиения;

M - число отрезков - ребер в массиве S.

Предполагается, что перед обращением массивы A и XY дискретизованы с помощью подпрограммы **SP2403**. Признаки выбора отрезков разбиения (внутренние, внешние, совпадающие по направлению граничные, не совпадающие по направлению граничные) устанавливаются в **SP2402**, которая обращается к данной подпрограмме, и передаются ей через общий блок **SP9902**.

Подпрограмма **SP2402** предназначена для реализации теоретико-множественных операций.

Обращение:

CALL SP2402(A, N, B, M, S, K, I)

где **A, B** - массивы ребер, задающие исходные многоугольники;

N, M - число ребер в массивах A, B, соответственно;

S - массив ребер результата теоретико-множественной операции;

K - перед обращением: заданная пользователем длина массива S после обращения; если $K < 0$, то длины S недостаточны; если $K \geq 0$, то K - число ребер в S;

I - тип операции:

I=1 - пересечение;

I=2 - объединение;

I=3 - вычитание B из A;

I=4 - ребра A и их части, не лежащие в B.

Подпрограмма обращается к **SP2403** для дискретизации многоугольников (при этом переменные N и M могут изменяться), устанавливает признаки выбора отрезков в зависимости от операции и обращается (в цикле) к **SP2401**.

Подпрограмма **SP2403** предназначена для дискретизации массива ребер.

Обращение:

CALL SP2403(A,N)

где **A** - массив ребер;

N - переменная, содержащая число ребер в **A**; после обращения ее значение может измениться.

Подпрограмма устанавливает константы дискретизации - параметры сетки, на которую пересчитываются координаты концов ребер в общий блок **SP9902**, дискретизирует ребра и выбрасывает ребра, длина которых стала \emptyset , затем подправляет значение **N**.

Структура общего блока:

COMMON /SP9902/ EE,ER,ET,C(5)

где **EE** - величина шага сетки дискретизации, $EE=1./ER$;

ER - величина, обратная шагу сетки, $ER=1024$; эта величина должна быть степенью 2 для корректной работы **SP2401**;

ET=0.5 * EE - рабочая константа;

C(5) - массив признаков выбора отрезков разбиения:

C(1) = 1. - выбирать лежащие внутри;

C(1) = -1. - выбирать лежащие вне;

C(2) = 1., C(3) = -1. - совпадающие по направлению рассматривать как внутренние;

C(2) = -1, C(3) = 1 - совпадающие по направлению рассматривать как внешние;

C(4) = 1., C(5) = -1 - не совпадающие по направлению рассматривать как внутренние;

C(4) = -1., C(5) = 1 - не совпадающие по направлению рассматривать как внешние.

Подпрограмма **SP3015** предназначена для нормировки вектора.

Обращение:

CALL SP3015(V,V1)

где **V=V(3)** - исходный вектор;

V1=V1(3) - нормированный вектор.

Если **V=V1**, нормировка осуществляется по формуле:

$$\| V \| = \| V \| / \| V \|_{\infty} \quad \| V \|_{\infty}$$

где $\| V \| = \max(|V_1|)$.

Если $\| V \|_{\infty} = \emptyset$, нормировка не производится.

Подпрограмма **SP3014** предназначена для определения нормали к грани.

Обращение:

CALL SP3014(A,N,X,Y,Z)

где **A=A(N)** - массив пространственных $N/6$ ребер;

N - длина массива A - число ребер;
X, Y, Z - координаты вектора нормали.
 Вектор нормали не нормируется.
 Подпрограмма **SP3020** предназначена для смещения ребра по вектору.
 Обращение:
 CALL **SP3020(A,B,M,V)**
 где **A=A(6)** - массив, задающий координаты концов ребра
 (**X1,Y1,Z1,X2,Y2,Z2**);
B=B(M) - результирующая ломаная;
M=15 ;
V=V(3) - вектор смещения.
 Направление ребер четырехзвенной ломаной соответствует направлению ребра A.

Подпрограмма **SP3021** предназначена для построения ломаной по ребру и точке.

Обращение:

 CALL **SP3021(A,B,M,V)**

где **A=A(6)** - массив, задающий координаты концов ребра
 (**X1,Y1,Z1,X2,Y2,Z2**);
B=B(M) - результирующая ломаная (**M = 12**);
V=V(3) - массив координат точки.

Направление ребер трехзвенной ломаной соответствует направлению ребра A.

Подпрограмма **SP3024** предназначена для создания четырехугольной грани, полученной поворотом ребра.

Обращение:

 CALL **SP3024(A,B,M,V1,P1,RS,RC,I)**

где **A=A(6)** - массив, задающий координаты концов ребра
 (**X1,Y1,Z1,X2,Y2,Z2**);
B=B(M) - результирующая грань (набор ребер), **M = 24**;
 если ребро касается оси вращения, **M = 18**;
 если ребро лежит на оси вращения, **M = 0**;
V1=V1(3), P1=P1(3) - точка и единичный направляющий вектор, определяющие ось вращения;
RS,RC - параметры угла поворота, **RS=sin(α)**
 RC=cos(α), где **α** - угол поворота, отсчитываемый против часовой стрелки, если смотреть вдоль оси вращения против вектора **P1**;

I - признак:

I > 0 - ориентация ребер соответствует ориентации ребра A;

I < 0 - ориентация изменяется на противоположную.

Подпрограмма **SP3380** предназначена для дискретизации массива пространственных ребер.

Обращение:

CALL SP3380(A, N)

где $A=A(N)$ - массив пространственных $N/6$ ребер;

N - длина массива A , число ребер.

Подпрограмма осуществляет дискретизацию точек - концов ребер. Если после дискретизации ребро стало нулевой длины, оно выбрасывается. Значение N подправляется. Параметры дискретизации (шаг сетки) берутся из общего блока **SP9903**, описываемого далее.

Подпрограмма **SP3381** предназначена для дискретизации набора граней.

Обращение:

CALL SP3381(A, N, KC)

где A - массив, содержащий описание набора граней;

N - число граней в массиве A ;

KC - результирующая общая длина массива A после дискретизации.

Подпрограмма устанавливает в массив $E(3)$ общего блока **SP9903** параметры дискретизации и в цикле обращается к **SP3380**. Устанавливаемые параметры: $E(2) = 1024.$, $E(1) = 1./E(2)$, $E(3) = 0.5.*E(1)$.

Подпрограмма **SP3382** предназначена для "склейки" ребер грани.

Обращение:

CALL SP3382(A, N, K)

где $A=A(N)$ - массив пространственных $N/6$ ребер;

N - длина массива A , число ребер;

K - результирующая общая длина массива A после "склейки".

Смысл "склейки" состоит в следующем: если в массиве A встретились два совпадающих, но противоположно ориентированных ребра, то они оба удаляются (происходит сжатие массива A); если ребра совпадают и одинаково ориентированы, то остается одно из них.

Подпрограмма **SP3383** предназначена для специального координатного преобразования массива ребер (граней).

Обращение:

CALL SP3383(A, N, V, K)

где $A=A(N)$ - массив $N/6$ ребер;

N - длина массива A , число ребер;

$V=V(3)$ - вектор, определяющий преобразование;

K - признак: $K = 1$ - прямое преобразование,
 $K = 2$ - обратное преобразование.

Суть преобразования состоит в следующем. Находится максимальная по модулю компонента вектора V . Пусть ее номер $i (1 \leq i \leq 3)$. Тогда для каждой точки массива A выполняются следующие перестановки координат: $j=i \text{ sign}(V(i))$

K=1, J=1 (X, Y, Z) → (Z, Y, X)	K=2 j=1 (X, Y, Z) → (Z, Y, X)
-1 (X, Y, Z) → (Y, Z, X)	-1 (X, Y, Z) → (Z, X, Y)
2 (X, Y, Z) → (X, Z, Y)	2 (X, Y, Z) → (X, Z, Y)
-2 (X, Y, Z) → (Z, X, Y)	-2 (X, Y, Z) → (Y, Z, X)
3 (X, Y, Z) → (Y, X, Z)	3 (X, Y, Z) → (Y, X, Z)
-3 (X, Y, Z) → (Z, Y, X)	-3 (X, Y, Z) → (X, Y, Z)

Смысл такой перестановки состоит в том, что грань специальным образом "проектируется" на плоскость XY так, чтобы эта проекция была максимальной по площади при условии, что **V** - вектор нормали к грани.

Подпрограмма **SP3384** предназначена для разбиения пространственного отрезка гранью и выбора частей разбиения (аналог **SP2401** для пространства).

Обращение:

CALL SP3384(A, N, XY, S, M)

где **A** - массив пространственных ребер (грань);
N - число ребер в A;
XY=XY(6) - разбиваемый отрезок (ребро);
S - массив, в который помещается набор ребер (частей XY), выбранных по признакам из разбиения ребра XY;
M - число ребер в S.

Предполагается, что массивы A и XY дискретизованы и преобразованы с помощью подпрограммы **SP3383**. Признаки выбора отрезков разбиения такие же, как и в **SP2401**. Они должны быть установлены в общий блок **SP9903** (массив общего блока C(5)) перед обращением к этой подпрограмме.

Подпрограмма **SP3385** предназначена для реализации теоретико-множественной операции над двумя пространственными гранями, лежащими в одной плоскости (аналог **SP2402** в пространстве).

Обращение:

CALL SP3385(A, N, B, M, S, K, I)

где **A, B** - массивы ребер исходных граней;
N, M - число ребер в массивах A, B, соответственно;
S - набор ребер грани - результата теоретико-множественной операции;
K - число ребер в массиве S;
I - тип операции: **I=1** - пересечение;
I=2 - объединение;
I=3 - вычитание грани B из грани A.

Предполагается, что массивы A, B дискретизованы. Подпрограмма обращается в цикле к **SP3384**, устанавливая предварительно признаки выбора отрезков разбиения в массив C(5) общего блока **SP9903**. Признаки те же, что и в **SP2403**.

Подпрограмма **SP3386** предназначена для разбиения грани набором граней.

Обращение:

CALL SP3386(A,N,B,C)

где A - массив, содержащий описание набора граней;
N - число граней в массиве A;
B - описание грани, которая "разбивается", B(1) - длина массива B;
C - описание грани - результата разбиения, C(1) - общая длина C. Если C(1) = 0, грань пустая.

Подпрограмма осуществляет пересечение многогранника плоскостью, порожденной гранью B, и затем производит теоретико-множественную операцию с результатом сечения и гранью B. Результат операции записывается в C. Тип операции, а также учет граней, лежащих в плоскости сечения, определяется массивом признаков P(3), которые должны быть установлены перед обращением к этой подпрограмме и переданы ею через общий блок SP9903.

Подпрограмма SP3387 предназначена для реализации теоретико-множественных операций над многогранниками.

Обращение:

CALL SP3387(A,N,B,M,C,L,K)

где A, B - массивы набора граней, описывающие два многогранника;
N, M - число граней в массивах A,B, соответственно;
C - массив набора граней - результата операции;
L - перед обращением: длина массива C, задаваемая пользователем;
после обращения: если L < 0, то длины массива C не хватило;
если L > 0, то число граней в C;
K - тип операции:
 K=1 - пересечение;
 K=2 - объединение;
 K=3 - разность A/B.

Предполагается, что массивы дискретизованы. Подпрограмма устанавливает признаки в массив P(3) общего блока SP9903 и в цикле обращается к SP3386. Структура общего блока SP9903 следующая:

COMMON|SP99031| E(3), C(5), P(5)

где E(3) - параметры дискретизации;

C(5) - признаки выбора отрезков для плоских теоретико-множественных операций;

P(3) - признаки выбора граней;

P(1) = 1. - выбирать части разбиваемой грани, лежащие внутри многогранника;

P(1) = -1. - выбирать части разбиваемой грани, лежащие вне многогранника;

P(2) = 1. - совпадающие по нормали и лежащие в сечении грани рассматривать как внутренние;

P(2) = -1. - те же грани, что и предыдущие, рассматривать как внешние;

$P(3) = 1$. - не совпадающие по нормали, но лежащие в сечении грани рассматривать как внутренние;

$P(3) = -1$. - не совпадающие по нормали, но лежащие в сечении грани рассматривать как внешние.

Подпрограмма **SP3388** предназначена для подсчета числа граней.

Обращение:

CALL SP3388(A, K, N)

где $A=A(N)$ - массив, содержащий описание набора граней;

K - переменная, в которую помещается число граней в $A(N)$;

N - число граней в массиве A .

Подпрограмма **SP3389** предназначена для подсчета общей длины набора граней.

Обращение:

CALL SP3389(A, K, N)

где A - массив, содержащий описание набора граней;

K - число граней в массиве A ;

N - переменная, в которую надо поместить общую длину массива A .

Подпрограмма **SP3501** предназначена для сдвига массива точек на вектор.

Обращение:

CALL SP3501(A, N, X, Y, Z)

где $A=A(N)$ - массив координат пространственных $N/3$ точек;

N - длина массива A ;

X, Y, Z - вектор сдвига.

Подпрограмма **SP3502** предназначена для масштабирования массива пространственных точек.

Обращение:

CALL SP3502(A, N, X, Y, Z)

где $A=A(N)$ - массив координат пространственных $N/3$ точек;

N - длина массива A ;

X, Y, Z - параметры масштабирования по осям ХУ.

Подпрограмма **SP3503** предназначена для поворота массива пространственных точек.

Обращение:

CALL SP3503(A, N, V1, P1, CA, SA)

где $A=A(N)$ - массив координат пространственных $N/3$ точек;

N - длина массива A ;

$V1=V1(3), P1=P1(3)$ - точка и единичный вектор, определяющие ось вращения;

CA, SA - параметры угла поворота, $CA=\cos \alpha$, $SA=\sin \alpha$, где α - угол поворота, отсчитываемый против часовой стрелки, если смотреть вдоль оси вращения на встречу вектору $P1$.

Подпрограмма SP2071 предназначена для преобразования параметров локальной системы координат.

Обращение:

CALL SP2071(X, Y, AL, A, L)

где X, Y, AL - параметры локальной системы координат - исходные, угол в радианах;

A - массив, в который начиная со слова L будут записаны новые параметры этой системы координат, 6 слов;

L - номер свободного слова в массиве A, после обращения L увеличивается на 6.

Подпрограмма записывает в массив A начиная с номера N 6 слов:

$\left. \begin{array}{l} A(L)=X \\ A(L+1)=Y \end{array} \right\}$ начало локальной системы

$\left. \begin{array}{l} A(L+2)=X+\cos\alpha \\ A(L+3)=Y+\sin\alpha \end{array} \right\}$ конец орта абсцисс локальной системы в глобальной

$\left. \begin{array}{l} A(L+4)=X-\sin\alpha \\ A(L+5)=Y+\cos\alpha \end{array} \right\}$ конец орта ординат локальной системы в глобальной

Подпрограмма SP2072 предназначена для записи параметров в массив.

Обращение:

CALL SP2072(N, X1, X2, X3, X4, X5, X6, A, L)

где X1, X2, X3, X4, X5, X6 - задаваемые параметры;

N - число записываемых параметров; если $L \leq 0$, то $L=L+N$, если $N \geq 6$, то $L=L+6$, при этом в массив параметры не записываются;

A - массив, в который начиная с номера L записываются первые N параметров, величина L увеличивается на N.

Подпрограмма SP2073 предназначена для перевода массива из локальной системы в глобальную.

Обращение:

CALL SP2073(S, A, N)

где S=S(6) - массив, задающий локальную систему координат как результат в SP2071;

A=A(N) - массив координат преобразуемых точек;

N - длина массива A.

Координаты преобразуются по следующим формулам:

$$X=S(1)+X'(S(3)-S(1))+Y'(S(5)-S(1)).$$

$$Y=S(2)+X'(S(4)-S(2))+Y'(S(6)-S(2)),$$

где X', Y' - координаты исходной точки в локальной системе,

X, Y - координаты той же точки в глобальной системе.

2.2.15. Использование архива при построении плоских кривых, многоугольников и многогранников

2.2.15.1. Общие сведения

В этом разделе описываются подпрограммы, предоставляющие средства построения и обработки объектов, описанных ранее, с использованием архива, расположенного в оперативной памяти ЭВМ.

Архив строится на трех общих блоках: **AREL** - его длина определяется пользователем в зависимости от создаваемых объектов; **KIEL** - его длина определяется количеством создаваемых объектов; **KCEL** - его длина определяется связями создаваемых объектов. Подпрограммы, описываемые в этом разделе, связи между объектами не устанавливают, поэтому длину общего блока **KCEL** можно взять равной 2.

Подготовка начального состояния архива осуществляется обращением к подпрограмме **MCQ**.

Обращение:

CALL MCØ(N, K, Ø, 2)

где **N** - длина общего блока **AREL**;

K - длина общего блока **KIEL**, **K > 1Ø**.

2.2.15.2. Построение плоских кривых

Каждая плоская кривая характеризуется своим именем - целой переменной. Перед построением этой переменной должно быть присвоено нулевое значение. Плоская кривая строится как совокупность элементов (см. п. 2.2.9.2).

Подпрограмма **YP221** предназначена для добавления к кривой дуги окружности.

Обращение:

CALL YP221(KI, X, Y, AL, R, AL1, AL2)

где **KI** - имя кривой;

X, Y - вещественное число, **X, Y** определяют сдвиг локальной системы координат относительной исходной;

AL - угол поворота в градусах локальной системы координат относительно исходной;

R - радиус окружности;

AL1 - угол в градусах, определяющий начальную точку дуги;

AL2 - угол в градусах, определяющий конечную точку дуги.

Если **KIEL(1Ø)=Ø** - операция выполнена;

KIEL(1Ø)≠Ø - операция не выполнена.

Последние параметры **YP221** совпадают с параметрами **SP2Ø21**.

Подпрограмма **YP222** предназначена для добавления к кривой дуги эллипса.

Обращение:

CALL YP222(KI, X, Y, AL, R1, R2, AL1, AL2)

где **KI** - имя кривой;

X, Y - вещественные числа; **X, Y** определяют сдвиг локальной системы координат относительно исходной;

AL - угол поворота в градусах локальной системы координат относительно исходной;

R1 - полуось эллипса;

R2 - полуось эллипса;

AL1 - угол в градусах, определяющий начальную точку дуги;

AL2 - угол в градусах, определяющий конечную точку дуги.

Если KIEL(10)=0 - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

Последние параметры YP222 совпадают с параметрами SP2022.

Подпрограмма YP223 предназначена для добавления к кривой дуги параболы.

Обращение:

CALL YP223(KI,X,Y,AL,RH,XH,DX)

где KI - имя кривой;

X, Y - вещественные числа; X, Y - определяют сдвиг локальной системы координат относительно исходной;

AL - угол поворота в градусах локальной системы координат относительно исходной;

R - параметр параболы;

XH - координата по оси X начальной точки дуги в локальной системе;

DX - приращение, XH + DX - координата по оси X конечной точки дуги.

Если KIEL(10)=0 - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

Последние параметры YP223 совпадают с параметрами SP2023.

Подпрограмма YP224 предназначена для добавления к кривой дуги гиперболы.

Обращение:

CALL YP224(KI,X,Y,AL,P,XH,DX)

где KI - имя кривой;

X, Y - вещественные числа; X, Y определяют сдвиг локальной системы координат относительно исходной;

AL - угол в градусах поворота локальной системы координат относительно исходной;

P - параметр гиперболы, P > 0;

XH - координата по оси X начальной точки дуги в локальной системе;

DX - приращение, XH + DX - координата по оси X конечной точки дуги.

Если KIEL(10)=0 - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

Последние параметры YP224 совпадают с параметрами SP2024.

Подпрограмма YP230 предназначена для добавления к кривой ломаной в локальной системе координат.

Обращение:

CALL YP230(KI,X,Y,AL,R,N)

где **KI** - имя кривой;
X, Y - вещественные числа; **X, Y** определяют сдвиг локальной системы координат относительно исходной;
AL - угол поворота в градусах локальной системы координат относительно исходной;
R=R(N) - массив координат $N/2$ точек ломаной;
N - длина массива **R**.

Если **KIEL(1)=0** - операция выполнена;
KIEL(1)≠0 - операция не выполнена.

Последние параметры **YP230** совпадают с параметрами **SP2030**.

Подпрограмма **YP225** предназначена для добавления к кривой границы сегмента кольца в исходной системе координат.

Обращение:

CALL YP225(KI,R1,R2,AL)

где **KI** - имя кривой;
R1 - внутренний радиус кольца;
R2 - внешний радиус кольца;
AL - угол в градусах, определяющий сегмент кольца.

Если **KIEL(1)=0** - операция выполнена;
KIEL(1)≠0 - операция не выполнена.

Последние параметры **YP225** совпадают с первыми параметрами **SP2025**.

Подпрограмма **YP226** предназначена для добавления к кривой границы части круга, отсекаемой двумя вертикальными прямыми в исходной системе координат.

Обращение:

CALL YP226(KI,R,H,DH)

где **KI** - имя кривой;
R - радиус круга;
H - расстояние от крайней левой точки окружности до первой прямой;
DH - расстояние между прямыми.

Если **KIEL(1)=0** - операция выполнена;
KIEL(1)≠0 - операция не выполнена.

Последние параметры **YP226** совпадают с первыми параметрами **SP2026**.

Подпрограмма **YP227** предназначена для добавления к кривой границы части оживала, отсекаемой двумя вертикальными прямыми в исходной системе координат.

Обращение:

CALL YP227(KI,R,H,H1,DH)

где **KI** - имя кривой;
R - радиус окружности;

H - размер оживала по оси X;

H1 - расстояние от крайней левой точки оживала до первой прямой;

DH - расстояние между прямыми.

Если **KIEL(10)=Ø** - операция выполнена;

KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

Последние параметры **YP227** совпадают с первыми параметрами **SP2Ø27**.

Подпрограмма **YP228** предназначена для добавления к кривой границы области, заключенной между двумя вертикальными прямыми и параболой в исходной системе координат.

Обращение:

CALL YP228(KI,R,H1,H2)

где **KI** - имя кривой;

R - параметр, ордината угловой точки, лежащей на второй прямой;

H1 - параметр первой прямой: $X=H1$;

H2 - параметр второй прямой: $X=H1+H2$.

Если **KIEL(10)=Ø** - операция выполнена;

KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

Последние параметры **YP228** совпадают с первыми параметрами **SP2028**.

Подпрограмма **YP229** предназначена для добавления к кривой границы области, заключенной между двумя вертикальными прямыми и эллипсом в исходной системе координат.

Обращение:

CALL YP229(KI,R1,R2,H1,H2)

где **KI** - имя кривой;

R1 - полуось эллипса;

R2 - полуось эллипса;

H1 - параметр первой прямой;

H2 - расстояние между прямыми.

Если **KIEL(10)=Ø** - операция выполнена;

KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

Последние параметры **YP229** совпадают с первыми параметрами **SP2Ø29**.

Подпрограмма **YP231** предназначена для дополнения плоской кривой другой плоской кривой (дублирование).

Обращение:

CALL YP231(KI,KJ)

где **KI** - имя исходной кривой;

KJ - имя второй кривой.

Если **KIEL(10)=Ø** - операция выполнена;

KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

Если перед входом $KI = \emptyset$, то под этим именем будет получена копия кривой KJ .

Подпрограмма **YP233** предназначена для изменения направления обхода плоской кривой.

Обращение:

CALL YP233(KI)

где **KI** – имя кривой.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ – операция выполнена;

$KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ – операция не выполнена.

2.2.15.3. Аффинные преобразования плоских кривых

При построении плоской кривой полезными могут оказаться преобразования сдвига или поворота отдельных ее элементов.

Подпрограмма **YP234** предназначена для сдвига или масштабирования плоской кривой.

Обращение:

CALL YP234(KI, X, Y, L)

где **KI** – имя кривой;

X, Y – вещественные числа; **X, Y** определяют сдвиг ($L=\emptyset$) любой точки кривой на вектор (X, Y) или масштабирование ($L=1$) любой точки кривой;

L – параметр, определяющий преобразование.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ – операция выполнена;

$KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ – операция не выполнена.

Подпрограмма **YP235** предназначена для поворота плоской кривой.

Обращение:

CALL YP235(KI, X, Y, AL)

где **KI** – имя кривой;

X, Y – вещественные числа, **X, Y** – центр поворота;

AL – угол поворота в градусах вокруг точки (X, Y) .

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ – операция выполнена;

$KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ – операция не выполнена.

2.2.15.4. Построение многоугольников

Если кривая ограничивает область на плоскости и направление ее обхода совпадает с обходом границы области по часовой стрелке, то для приближения области многоугольником может быть использована подпрограмма **YP240**.

Обращение:

CALL YP240(KI, KJ, E)

где **KI** – имя многоугольника;

KJ – имя кривой;

E – точность приближения.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ - операция выполнена;
 $KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ - операция не выполнена.

Если перед входом в $YP24\emptyset KI\neq\emptyset$, то многоугольник KI перестраивается с учетом того, что его граница увеличилась на кривую KJ . Это позволяет строить многосвязные многоугольники.

Подпрограмма $YP244$ предназначена для сдвига многоугольника.

Обращение:

CALL $YP244(KI, X, Y, L)$

где KI - имя многоугольника;

X, Y - вещественные числа; X, Y определяют сдвиг (если $L=1$) или масштабирование (если $L=0$) многоугольника;

L - параметр преобразования.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ - операция выполнена;

$KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ - операция не выполнена.

Подпрограмма $YP245$ предназначена для поворота многоугольника.

Обращение:

CALL $YP245(KI, X, Y, AL)$

где KI - имя многоугольника;

X - вещественное число;

X, Y - вещественные числа, X, Y - центр вращения;

AL - угол поворота в градусах многоугольника KI вокруг центра (X, Y) против часовой стрелки.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ - операция выполнена;

$KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ - операция не выполнена.

Подпрограмма $YP25\emptyset$ предназначена для выполнения теоретико-множественных операций над многоугольниками.

Обращение:

CALL $YP25\emptyset(KI, K1, K2, L)$

где KI - имя многоугольника - результата операции, независимо от значения KI перед входом в подпрограмму; по выходу KI либо нуль, либо имя результата;

$K1$ - имя заданного многоугольника;

$K2$ - имя заданного многоугольника;

L - параметр операции :

если $L=1$, то $KI=K1\cap K2$,

если $L=2$, то $KI=K1\cup K2$,

если $L=3$, то $KI=K1\setminus K2$.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ — операция выполнена;
 $KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ — операция не выполнена.

Подпрограмма $YP26\emptyset$ предназначена для вычисления длины границы, площади или центра тяжести однородного многоугольника.

Обращение:

CALL $YP26\emptyset(KI, P, S, X, Y)$

где **KI** — имя многоугольника;
P — результат, длина границы;
S — результат, площадь многоугольника;
X, Y — координаты центра масс однородного многоугольника.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ — операция выполнена;
 $KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ — операция не выполнена.

2.2.15.5. Построение многогранников

Под многогранником в описываемых далее подпрограммах понимается набор граней. Если этот набор ограничивает трехмерную область, то это и есть многогранник. Задание грани в первой версии пакета осуществляется по плоскому многограннику. Каждой такой грани приписывается внешняя нормаль, совпадающая с осью Z , если обход границы многоугольника выполняется по часовой стрелке, и противоположная в противном случае.

Подпрограмма $YP32\emptyset$ предназначена для формирования грани по многоугольнику.

Обращение:

CALL $YP32\emptyset(KI, KM)$

где **KI** — имя грани, перед входом $KI=0$;
KM — имя многоугольника.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ — операция выполнена;
 $KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ — операция не выполнена.

Подпрограмма $YP321$ предназначена для дополнения набора граней другим набором (или одной) гранью.

Обращение:

CALL $YP321(KI, KJ)$

где **KI** — имя пополняемого набора граней;
KJ — имя добавляемого набора граней.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ — операция выполнена;
 $KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ — операция не выполнена.

Подпрограмма $YP322$ предназначена для изменения направлений внешних нормалей набора граней.

Обращение:

CALL $YP322(KI)$

где **KI** - имя набора граней.

Если **KIEL(10)=0** - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP324** предназначена для преобразования сдвига или масштабирования набора граней.

Обращение:

CALL YP324(KI,X,Y,Z,L)

где **KI** - имя набора граней;

X,Y,Z - вектор сдвига (**L=0**) или коэффициенты масштабирования (**L=1**);

L - параметр, определяющий преобразование.

Если **KIEL(10)=0** - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP325** предназначена для преобразования поворота набора граней вокруг оси против часовой стрелки.

Обращение:

CALL YP325(KI,X0,Y0,Z0,X1,Y1,Z1,AL)

где **KI** - имя набора граней;

X0,Y0,Z0 - конечная точка оси;

X1,Y1,Z1 - угол поворота в градусах против часовой стрелки вокруг оси, если смотреть из **(X1,Y1,Z1)** в **(X0,Y0,Z0)**.

Если **KIEL(10)=0** - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP350** предназначена для получения многоугольника с помощью теоретико-множественных преобразований.

Обращение:

CALL YP350(KI,K1,K2,L)

где **KI** - имя многоугольника - результата;

K1 - имя набора граней многоугольника;

K2 - имя набора граней многоугольника;

L - параметр операции,

если **L=1**, то **KI=K1\K2**,

если **L=2**, то **KI=K1\K2**,

если **L=3**, то **KI=K1\K2**.

Если **KIEL(10)=0** - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP323** предназначена для определения внутренней нормали к грани.

Обращение:

CALL YP323(KI,X,Y,Z)

где **KI** - имя объекта - набора граней;

X, Y, Z - координаты вектора внутренней нормали.

Если в объекте **KI** больше, чем одна грань, то считается, что нормаль расположена у первой грани **KI** и должна быть занесена в архив,

Если **KIEL(1)=0** - операция выполнена;

KIEL(1)≠0 - операция не выполнена.

2.2.15.6. Построение многогранников специального вида

Многогранники специального вида - это наборы граней, построенные с помощью операций: смещения грани по вектору - обобщенная цилиндрическая конструкция; образования конуса по грани и точке - обобщенная коническая конструкция; вращения грани вокруг некоторой оси - поверхность и тело вращения. Описываемые здесь подпрограммы базируются на подпрограммах **SP3022, SP3023, SP3025, SP3031, SP3032, SP3033**. Кроме того, описаны три подпрограммы, предназначенные для построения многогранников: параллелепипеда, цилиндрической оболочки и конусной оболочки по явно заданным параметрам. Последние основаны на подпрограммах **SP3051, SP3052, SP3053** и являются их частным случаем.

В первых шести подпрограммах под гранью понимается объект типа многогранника, состоящий из одной грани; если граней больше, то берется его первая грань.

Подпрограмма **YP331** предназначена для построения поверхности смещения по грани и вектору.

Обращение:

CALL YP331(KI,KJ,X,Y,Z)

где **KI** - имя создаваемого или дополняемого объекта - набора граней;

KJ - имя объекта - грани;

X, Y, Z - параметры вектора смещения, определяющие величину и направление смещения. Вектор **X, Y, Z** не должен быть параллелен плоскости грани **KJ**.

Если внешняя нормаль к грани и вектор смещения направлены в разные стороны от плоскости грани, то внешние нормали "боковых" граней цилиндра будут направлены вовне. Подпрограмма создает только боковую поверхность цилиндра.

Если **KIEL(1)=0** - операция выполнена;

KIEL(1)≠0 - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP332** предназначена для построения поверхности обобщенного конуса по точке и грани.

Обращение:

CALL YP332(KI,KJ,X,Y,Z)

где **KI** - имя создаваемого или дополняемого объекта - набора граней.

KJ - имя объекта - грани;

X, Y, Z - координаты вершины конуса.

Точка (**X, Y, Z**) не должна лежать в плоскости грани. Если внешняя нормаль к грани и вершина конуса лежат по разные стороны от плоскости грани, то внешние нормали боковых граней конуса будут направлены вовне.

Если **KIEL(10)=Ø** - операция выполнена;

KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP333** предназначена для построения поверхности вращения по грани и оси.

Обращение:

CALL YP333(KI, KJ, XØ, YØ, ZØ, X1, Y1, Z1, AL, L)

где **KI** - имя создаваемого или дополняемого набора граней;

KJ - имя объекта - грани;

XØ, YØ, ZØ - начальная точка оси вращения;

X1, Y1, Z1, - конечная точка оси вращения;

AL - угол вращения в градусах; вращение осуществляется против часовой стрелки на угол **AL**, если смотреть из точки (**X1, Y1, Z1**) в точку (**XØ, YØ, ZØ**);

L - число частей, на которое разбивается угол вращения при аппроксимации набором граней.

Предполагается, что ось вращения не перпендикулярна плоскости грани и внешняя нормаль к грани противоположна направлению начального угла вращения, при этом внешние нормали к создаваемым граням будут направлены вовне.

Если **KIEL(10)=Ø** - операция выполнена;

KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP334** предназначена для построения многогранного тела типа призмы по вектору смещения и грани основания.

Обращение:

CALL YP334(KI, KJ, X, Y, Z)

где **KI** - имя создаваемого или дополняемого набора граней;

KJ - имя объекта - грани основания;

X, Y, Z - вектор смещения, определяющий направление и высоту призмы.

Если **KIEL(10)=Ø** - операция выполнена;

KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP335** предназначена для построения многогранного тела типа пирамиды по ее вершине и грани основания.

Обращение:

CALL YP335(KI, KJ, X, Y, Z)

где **KI** - имя создаваемого или дополняемого набора граней;

KJ - имя объекта - грани основания;

X, Y, Z - точка - вершина пирамиды.

Предполагается, что точка (X, Y, Z) не лежит в плоскости грани основания.

Если $KIEL(1\theta)=\emptyset$ — операция выполнена;
 $KIEL(1\theta)\neq\emptyset$ — операция не выполнена.

Подпрограмма **YP336** предназначена для построения многогранного тела вращения по заданной грани и оси вращения.

Обращение:

CALL YP336(KI, KJ, X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2, AL, L)

где **KI** — имя создаваемого или дополняемого набора граней;
KJ — имя объекта грани;
X1, Y1, Z1 } — две точки, определяющие ось вращения;
X2, Y2, Z2 }
AL — угол вращения, задаваемый в градусах;
L — число частей, на которые разбивается угол вращения при аппроксимации тела многогранником.

Вращение осуществляется против часовой стрелки, если смотреть из точки (X_2, Y_2, Z_2) в точку (X_1, Y_1, Z_1) . Предполагается, что ось вращения не перпендикулярна плоскости исходной грани.

Если $KIEL(1\theta)=\emptyset$ — операция выполнена;
 $KIEL(1\theta)\neq\emptyset$ — операция не выполнена.

Подпрограмма **YP337** предназначена для построения многогранника параллелепипеда.

Обращение:

CALL YP337(KI, X, Y, Z)

где **KI** — имя создаваемого или дополняемого набора граней;
X, Y, Z — координаты самой удаленной точки параллелепипеда от точки $(0, 0, 0)$.

При обращении к этой подпрограмме создается параллелепипед с ребрами, параллельными осям координат, главная диагональ которого определяется точками $(0, 0, 0)$, (X, Y, Z) .

Если $KIEL(1\theta)=\emptyset$ — операция выполнена;
 $KIEL(1\theta)\neq\emptyset$ — операция не выполнена.

Подпрограмма **YP338** предназначена для построения многогранного объекта типа цилиндрической оболочки.

Обращение:

CALL YP338(KI, R1, R2, H, N)

где **KI** — имя создаваемого или дополняемого набора граней;
R1 — радиус внутренней поверхности цилиндрической оболочки;
R2 — радиус внешней поверхности цилиндрической оболочки;
H — высота тела;
N — число частей, на которое разбиваются окружности основания при аппроксимации вписанными многоугольниками.

Подпрограмма строит цилиндрическую оболочку с осью, расположенной на оси Z , и основаниями, расположенными в плоскостях $Z=\emptyset$ и $Z=H$. Если $R1=\emptyset$, то будет построен цилиндр. Предполагается $R2 > R1 > \emptyset$.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ - операция выполнена;

$KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ - операция не выполнена.

Подпрограмма YP339 предназначена для построения многогранного объекта типа конической оболочки.

Обращение:

CALL YP339(KI,R1,R2,H,N)

где KI - имя создаваемого или дополняемого набора граней;

R1 - радиус внутренней поверхности конической оболочки;

R2 - радиус внешней поверхности конической оболочки;

H - высота конуса, вершина в точке (\emptyset, \emptyset, H);

N - число частей, на которое разбиваются окружности основания при аппроксимации вписанными многоугольниками.

Подпрограмма строит коническую оболочку с осью и вершиной, расположенной на оси Z , а основанием - в плоскости XY. Если $R1=\emptyset$, то будет построен конус. Предполагается, что $R2 > R1 > \emptyset$.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ - операция выполнена;

$KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ - операция не выполнена.

2.2.15.7. Вычисление некоторых характеристик многогранников

Две подпрограммы, описанные далее, предназначены для вычисления площади, центра инерции " момента инерции набора граней как многогранной поверхности и объема, центра инерции и момента инерции набора граней как тела, ограниченного многогранной поверхностью. Предполагается, что поверхности и тела однородны с плотностью, равной единице.

Многогранник рассматривается как набор граней.

Подпрограмма YP361 предназначена для расчета характеристик набора граней как многогранной поверхности.

Обращение:

CALL YP361(KI,S,X,Y,Z,H)

где KI - имя набора граней;

S - площадь многогранной поверхности;

X, Y, Z - координаты центра инерции многогранной поверхности;

H - момент инерции многогранной поверхности.

Если $KIEL(1\emptyset)=\emptyset$ - операция выполнена;

$KIEL(1\emptyset)\neq\emptyset$ - операция не выполнена.

Подпрограмма YP362 предназначена для расчета характеристик набора граней как многогранника (как тела).

Обращение:

CALL YP362(KI,V,X,Y,Z,H)

где KI - имя набора граней;
V - объем многогранника;
X,Y,Z - координаты центра инерции;
H - момент инерции многогранника (как тела).

Если KIEL(10)=Ø - операция выполнена;
KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

2.2.15.8. Построение сечений и проекций многогранников

Две подпрограммы, описанные далее, предназначены для построения сечения многогранника плоскостью и визуализации проекции многогранника с удалением невидимых ребер. Многогранник по-прежнему рассматривается как набор граней. В результате сечения многогранника плоскостью получают объект типа набора граней, состоящий из одной грани, возможно, пустой.

Подпрограмма YP353 предназначена для сечения многогранника плоскостью, параллельной плоскости XY

Обращение:

CALL YP353(KI,KJ,R)

где KI - имя создаваемого объекта типа набора граней, в который будет помещена грань - сечение;
KJ - имя набора граней;
R - параметр, определяющий плоскость сечения вида Z=R.

Внешняя нормаль к грани (сечению) - (0, 0, 1).
Если KIEL(10)=Ø - операция выполнена;
KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

Подпрограмма YP355 предназначена для визуализации проекции многогранника с удалением невидимых ребер.

Обращение:

CALL YP355(KI)

где KI - имя многогранника (набора граней), ограничивающего область пространства.

Изображается параллельная проекция на плоскость XY с удалением невидимых частей граней.

Если KIEL(10)=Ø - операция выполнена;
KIEL(10)≠Ø - операция не выполнена.

2.2.15.9. Дублирование и уничтожение объектов в архиве

Описываемые подпрограммы предназначены для дублирования и уничтожения объектов. Такая необходимость возникает, в частности, при нехватке места в архиве.

Подпрограмма **YP700** предназначена для удаления объекта из архива.

Обращение:

CALL YP700 (KI)

где **KI** - имя уничтожаемого объекта.

Если **KIEL(10)=0** - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

Подпрограмма **YP701** предназначена для дублирования объекта в архиве.

Обращение:

CALL YP701(KI, KJ)

где **KI** - имя создаваемого объекта, если перед обращением **KI=0**, то объект не создается;

KJ - имя дублируемого объекта.

Если **KIEL(10)=0** - операция выполнена;

KIEL(10)≠0 - операция не выполнена.

2.3. Обращение к ППП

Генерация ППП **SPACE** производится процедурой ОС ЕС **LEMMOVE** (см. п. 4.3).

Для разрисовки результатов работы пакета на графопостроители используется система СМОГ.

Обращение к подпрограммам пакета осуществляется на языке ФОРТРАН. Для запуска ФОРТРАН-программ используется стандартная процедура **FORTGCLG** (см. п. 5.3).

2.4. Входные и выходные данные

Входные и выходные данные ППП **SPACE** описаны в п. 1.5.

3. РУКОВОДСТВО СИСТЕМНОГО ПРОГРАММИСТА

3.1. Общие сведения о ППП

ППП **SPACE** предназначен для решения задач трехмерной геометрии и графики связанных с расчетом геометрии трехмерных объектов, а также для автоматизации проектных и конструкторских работ на этапе технической подготовки производства.

ППП **SPACE** реализует следующие функции:

- описание пространственных кривых, участков поверхностей и границ тел как набора участков поверхностей;
- преобразование сдвига, поворота и масштабирования объектов, теоретико-множественные операции над объектами;
- построение объектов с помощью смещения и вращения объектов меньшей размерности;
- построение сечений и визуализация проекций с удалением невидимых линий;
- вычисление длины, площади, объема, центра масс, момента инерции.

Технические средства описаны в п. 1.2.

ППП **SPACE** функционирует в среде ОС ЕС и специальных требований к операционной системе не предъявляет.

Для функционирования пакета пользователю необходимо подготовить архив с помощью подпрограммы **МСФ** (см. п. 2.2.1.1), состоящий из трех, специальным образом поименованных общих (**COMMON**) блоков. Информация, содержащаяся в архиве, необходима для работы модулей пакета.

Для эксплуатации пакета не требуется создания и ведения баз данных или систем независимых наборов данных.

Для вывода результатов работы ППП **SPACE** на устройство графического вывода необходимо наличие системы математического обеспечения графодостроителей (**СМОГ**).

3.2. Структура ППП

Пакет **SPACE** представляет собой библиотеку подпрограмм на ФОРТРАНе с возможностью вызова одних подпрограмм другими. По функциональному назначению подпрограммы пакета можно разбить на следующие части:

- подпрограммы обслуживания архива (самостоятельная часть);
- подпрограммы формирования объектов, задаваемых параметрически (кривые, поверхности и наборы поверхностей); работают с использованием архивации объектов;
- подпрограммы расчета характеристик и визуализации объектов, задаваемых параметрически; работают с объектами из архива;
- подпрограммы формирования и обработки полиэдров (точки, ломаные, многоугольники, многогранники); являются алгоритмическим ядром пакета, работают с представлением объектов в виде массивов и не используют средства архивации;
- подпрограммы, реализующие входной язык комплекта обработки полиэдров; используют средства архивации.

Каждая из описанных частей представляет собой взаимосвязанный набор подпрограмм, которые взаимодействуют друг с другом только через архивную часть.

С точки зрения пользователя ППП **SPACE** состоит из трех независимых комплектов:

1) Комплект подпрограмм **MC**. Предоставляет средства описания пространственных кривых, участков поверхностей границ тел как набора участков поверхностей.

2) Комплект подпрограмм **SP**. Является недоступным непосредственно пользователю. Его можно разделить на следующие части:

- подпрограммы, реализующие функции векторной алгебры;
- подпрограммы, аппроксимирующие плоские кривые 2-го порядка;
- подпрограммы обработки многоугольников и многогранников в пространстве.

3) Комплект подпрограмм **УР**. Предоставляет средства описания плоских кривых, многоугольников и многогранников. Основная задача подпрограмм комплекта **УР** - упрощение использования средств комплекта **SP** в прикладных программах.

Перечень идентификаторов подпрограмм ППП **SPACE** приведен в прил. 1 - прил. 10.

Все компоненты пакета находятся в библиотеке под именем **SPACELM** в виде загрузочных текстов. Библиотека исходных текстов подпрограмм имеет имя - **SPACESM**.

3.3. Настройка ППП

Для ввода и вывода графической информации пользователю необходимо:

- восстановить на магнитный диск программы ППП **SPACE**, как это описано в п. 4.3;
- восстановить на магнитный диск компоненты СМОГ, необходимые для функционирования пакета;
- определить перечень подпрограмм пакета, необходимых для моделирования выбранного геометрического объекта;

— написать и выполнить программу на языке ФОРТРАН, которая вызывает, в свою очередь, на выполнение подпрограммы пакета;

— выделить необходимый объем оперативной памяти, в котором могут быть размещены моделируемые геометрические объекты.

Выделение области памяти производится путем задания в головной программе трех **COMMON** - блоков и указания с помощью подпрограммы **MCØ** их величин (см. п. 2.2).

3.4. Проверка программ пакета

Проверка программ пакета осуществляется с помощью набора контрольных примеров, описание которых содержится в разд. 5.

3.5. Дополнительные возможности

В случае возникновения трудноинтерпретируемых ситуаций рекомендуется применить дампирование зарезервированных **COMMON** - областей с последующим ручным разбором дампа. В силу простоты этой операции специальный инструментарий для нее в комплекте не содержится.

3.6. Сообщение системному программисту

В силу специфики пакета, предназначенного стать инструментальной базой при разработке других пакетов, в нем не содержатся операции вывода на печать диагностики ошибок, ветвлений по АВОСТАм и т.д. Единственным средством контроля за правильностью выполнения программ является постоянный контроль за значением 10-й ячейки **COMMON** - блока **KIEL**. Нормальное значение этой ячейки — 0. В случае возникновения ошибки в ней содержится либо номер подпрограммы, в которой допущена ошибка, либо специальный код, который можно интерпретировать, руководствуясь разд. 2.

4. РУКОВОДСТВО ОПЕРАТОРА

4.1. Назначение ППП

ППП **SPACE** предназначен для обработки трехмерной геометрической информации на ЕС ЭВМ и представляет собой набор подпрограмм, выполняющих следующие функции:

- описание пространственных кривых, участков поверхностей и границ тел как набора участков поверхностей;
- преобразование сдвига, поворота и масштабирования объектов, теоретико-множественные операции над объектами;
- построение объектов с помощью смещения и вращения объектов меньшей размерности;
- построение сечений и визуализация проекций с удалением невидимых линий;
- вычисление длины, площади, объема, центра масс, момента инерции.

ППП **SPACE** является пакетом библиотечного типа, структурно он представлен в виде набора модулей, управление которыми осуществляется с помощью обычных средств ОС ЕС. Количество необходимых модулей и порядок их работы определяется пользователем.

Для функционирования пакета пользователем выделяется участок оперативной памяти в виде трех, специальным образом поименованных общих (**COMMON**) блоков определенного объема, создается структурный информационный массив (архив). Информация, содержащаяся в нем, необходима для работы модулей пакета.

Язык реализации ППП **SPACE** - ФОРТРАН.

4.2. Условия выполнения ППП

ППП **SPACE** функционирует в среде ОС ЕС версии 4.1 и выше. Для работы пакета необходимы следующие технические средства:

- процессор ЕС ЭВМ;
- устройство ввода с перфокарт **EC-6012**;

- алфавитно-цифровое печатающее устройство (АШПУ) EC-7030;
- накопитель на магнитной ленте EC-5010;
- накопитель на магнитном диске EC-5061;
- печатно-пишущая машинка или дисплей в качестве операторского терминала.

Вывод результатов пакета осуществляется через систему математического обеспечения графопостроителей (СМОГ). Для вывода необходимо дополнительно наличие следующих технических средств:

- устройство вывода на перфоленту EC-7022;
- графопостроители EC-7051, EC-7052, EC-7053, EC-7054, BENSON-220, ИТЕКАН в любом наборе.

Для размещения программных компонент ППП SPACE на магнитном диске необходимо 1,4 Мбайта.

Кроме оперативной памяти, выделяемой пользователем под архив в зависимости от сложности моделируемого объекта (другими словами, в зависимости от длины программы, написанной пользователем), при работе пакет занимает 180 Кбайтов оперативной памяти ЭВМ.

4.3. Выполнение ППП

Для выполнения ППП SPACE необходимы следующие действия оператора:

1) Восстановить с магнитной ленты на магнитный диск библиотеку загрузочных модулей СМОГ и создать архив графической информации [2].

2) Восстановить с магнитной ленты на диск загрузочную библиотеку ППП SPACE следующим заданием:

```
//SPACE.JOB.MSGLEVEL=(1,1)
//STEP1 EXEC PGM=IEHMOVE
//SYSPRINT DD SYSOUT=A
//DD1 DD UNIT=5061, VOL=SER=XXXXXX, DISP=OLD
//TAPE DD UNIT=5061, VOL=SER=NLTape, DISP=OLD
// LABEL=(,NL), DCB=(RECFM=FB, LRECL=80, BLKSIZE=800)
//SYSIN DD *
   COPY PDS=SPACEIM, FROM=5010=(NLTape,1),
   TO=SYSDA=XXXXXX, FROMDD=TAPE
//
```

где XXXXX – имя тома, на который копируется ППП SPACE.

3) Запустить ФОРТРАН-программу.

ФОРТРАН-программа запускается с помощью стандартной процедуры FORTGCLG, к которой присоединяются библиотеки загрузочных модулей СМОГ и ППП SPACE.

Запуск выглядит следующим образом:

```
//AA JOB MSGLEVEL=(1,1)
```

```
// EXEC FORTGCLG
//FORT, SYSIN, DD *  
Программа на языке ФОРТРАН
/*  
//LKED, SYSLIB, DD
// DD DSN=SMOGLM, VOL=SER=XXXXXX, UNIT=5061, DISP=OLD
// DD DSN=SPACELM, VOL=SER=XXXXXX, UNIT=5061, DISP=OLD
//*
//GO. GRAFMD, DD, DSN=GRAFIK, DISP=(MOD,KEEP),
// UNIT=5061, DCB=(DSORG=DA, BLKSIZE=3200, RECFM=F),
// VOL=SER=XXXXXX
//GO. SYSPRINT, DD, SYSOUT=A
/*
//
```

где **XXXXXX** - имя тома, на котором находятся СМОГ и ППП **SPACE**.

5. КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР

5.1. Характеристика проверяемых функций и параметров ППП

ППП **SPACE** предназначен для решения геометрических задач в трехмерном пространстве и на плоскости.

Пакет снабжен набором контрольных примеров, правильное окончание работы которых дает основание считать работу программ пакета **SPACE** верной.

Контрольные примеры ППП **SPACE** составлены таким образом, чтобы продемонстрировать работоспособность практически всех программ пакета **SPACE**.

Набор контрольных примеров включает следующие: **TYP1, TYP2, TYP3, TYP4, TYP5, KUBTEK, LITR, TESTAR.** Следует отметить, что несмотря на то, что в контрольных примерах используется ограниченное число программ пакета, проверяется практически весь пакет, поскольку каждая из используемых программ при работе вызывает дополнительно другие необходимые ей программы пакета.

При работе контрольные примеры занимают 180К байтов оперативной памяти.

Перечень функций, проверяемых контрольными примерами:

TYP1 – построение многогранной модели тела вращения по заданному плоскому сечению и оси вращения. Плоское сечение задается массивом координат точек, определяющих заданную команду.

Результатом работы программы является выдача на АЦПУ сообщений и рисунка, полученного на графопостроителе с помощью Системы математического обеспечения графопостроителей (СМОГ).

Проверяются подпрограммы: **YP230, YP240, YP320, YP336, YP3246, YP325, YP353, YP900, MC0.**

TYP2 – построение многогранной модели объекта с использованием теоретико-множественных операций над многоугольниками и многогранниками. Исходные объекты задаются как примитивы пакета **SPACE**.

Результатом работы программы является выдача на АЦПУ сообщений и четырех рисунков на графопостроителе с помощью СМОГ.

Проверяются подпрограммы: **YP337, YP324, YP325, YP355, YP700, YP350, MC0.**

ТУР3 – построение различных проекций набора многогранников с использованием аффинных преобразований.

Результатом работы является печатный документ АЦПУ и семь рисунков на графопостроителе с помощью СМОГ.

Проверяются подпрограммы: УР339, УР324, УР321, УР338, УР700, УР350, МС0.

ТУР4 – вычисление периметра, площади, объема, центра и момента инерции многоугольника и многогранника.

Результатом работы программы является печатный документ АЦПУ, содержащий значения вычисленных характеристик и описание модели.

Проверяются подпрограммы: МС0, УР226, УР240, УР900, УР901, УР337.

ТУР5 – конструирование модели изделия (ключа) с использованием теоретико-множественных операций и операции экструзии.

Результатом работы программы является печатный документ АЦПУ и четыре рисунка, полученные на графолистоителе с помощью СМОГ.

Проверяются подпрограммы: УР350, УР325, УР355, УР231, УР233, УР229, УР900, УР323, УР324, УР338, УР700, УР334, УР320, УР240, УР230, МС0, УР921, МС20.

KUBTEK – построение сложного тела с криволинейной границей, заданной параметрически по методу Кунса, с применением преобразований вращения, экструзии сдвига и поворота. При создании программы **KUBTEK** были написаны дополнительные подпрограммы задания набора плоскостей и получения сечений объекта плоскостью с последующей визуализацией сечений.

Результатом работы подпрограммы является печатный документ АЦПУ и рисунок, полученный на графопостроителе с помощью СМОГ.

Проверяются подпрограммы: МС0, М120, МС110, МС3540, МС180, МС171, МС170, МС3640, МС3031, МС150, МС185, МС176, МС30, МС20.

LITR – вычисление характеристик тела, построенного программой **KUBTEK**.

Результатом является печатный документ АЦПУ, содержащий значения площади поверхности, центра масс, объема и момента инерции тела.

TESTAR – проверка работы подпрограмм, занимающихся распределением памяти, построением структуры данных (моделей геометрических объектов), контроля корректности входной информации, печати диагностических сообщений.

Результатом работы является печатный документ АЦПУ, содержащий сообщения о состоянии архива ППП **SPACE** в шести контрольных точках программы.

Прогон контрольных примеров ППП **SPACE** занимает 40 мин, а каждого контрольного примера в отдельности в среднем 5 мин.

5.2. Состав технических средств для проверки ППП

ППП **SPACE** функционирует в среде ОС ЕС и занимает при прогоне контрольных примеров 180К байтов оперативной памяти.

Для запуска и нормального завершения контрольных примеров необходимо наличие следующих технических средств:

- процессор ЕС ЭВМ;
- устройство ввода с перфокарт ЕС-6012;

- алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ) ЕС-1030;
- накопитель на магнитной ленте ЕС-5010;
- накопитель на магнитном диске ЕС-5061;
- печатно-пишущая машинка или дисплей в качестве операторского терминала.

Вывод результатов пакета осуществляется через систему математического обеспечения граffопостроителей (СМОГ). Для вывода необходимо дополнительно наличие следующих технических средств:

- устройство вывода на перфоленту ЕС-7022;
- граffопостроители ЕС-7051, ЕС-7052, ЕС-7053, ЕС-7054, BENSON-220, ИТЕКАН в любом наборе.

5. 3. Выполнение контрольного примера

Для запуска контрольных примеров необходимо восстановить с магнитной ленты на магнитный диск библиотеку загрузочных модулей ППП **SPACE SPACELM** (задание на восстановление см. в п. 4.3).

Необходимо также наличие элементов СМОГ: библиотеки загрузочных модулей (**SMOGLM**) и архива графической информации (**GRAFIK**).

Прогон контрольных примеров можно осуществлять в любом порядке.

Контрольные примеры ППП **SPACE** находятся в библиотеке загрузочных модулей. Для вызова контрольных примеров необходимо написать ФОРТРАН-программу. Например, для вызова примера ТУР1 запускают следующую программу:

```
CALL TYP1
STOP
END
```

Запуск ФОРТРАН-программ осуществляется стандартной процедурой **FORTGCLG**. При этом на шаге редактирования необходимо присоединить к библиотеке автозвызова **FORTRANa** наборы данных **SMOGLM** и **SPACELM**, а на шаге выполнения – наборы данных с **DD**-именем **SYSPRINT** для выдачи информации на АЦПУ и с **DD**-именем **GRAFMD** для архива графической информации (**GRAFIK**).

Задание на запуск контрольных примеров выглядит следующим образом:

```
//SPACE_JOB,MSGLEVEL=(1,1)
//EXEC_FORTGCLG
//FORT.SYSIN_DD,*
```

Программа на языке ФОРТРАН

```
/*
//LKED.SYSLIB_DD
//DD_DSN=SMOGLM,VOL=SER=XXXXXX,UNIT=5#61,DISP=OLD
//DD_DSN=SPACELM,VOL=SER=XXXXXX,UNIT=5#61,DISP=OLD
/*
//GO.GRAFMD_DD_DSN=GRAFIK,DISP=(MOD,KEEP),UNIT=5#61,
//DCB=(DSORG=DA,BLKSIZE=3200,RECFM=F),
//VOL=SER=XXXXXX
```

```
//GO.SYSPRINT DD SYSOUT=A  
/*  
//
```

где **XXXXXX** – имя диска, на котором расположены СМОГ и ППП **SPACE**
Действий оператора при работе с контрольными примерами не требуется.

5. 4. Входные и выходные данные

Контрольные примеры ППП **SPACE** представляют собой ФОРТРАН-программы, которые написаны разработчиком в соответствии со структурой и форматом стандартного языка программирования ФОРТРАН ОС ЕС. Вызов подпрограмм пакета в контрольных примерах осуществляется на уровне оператора **CALL** в зависимости от функции, проверяемой контрольным примером.

Выходными данными ППП **SPACE** являются:

- сообщения, выдаваемые по АЦПУ программами ОС ЕС;
- графические материалы, выводимые на устройства графического вывода с помощью СМОГ (см. п. 5. 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Возможности комплекта подпрограмм МС

Операция	Подпрограмма
Формирование начального состояния архива	MC0
Задание ломаной	MC110
Задание гладкой кривой	MC120
Задание поверхности по четырем кривым	MC3040, MC3031
Задание поверхности вращения	MC3540
Задание поверхности постоянного сечения	MC3640, MC3031,
Задание набора поверхностей	MC150
Задание поверхности тела	MC150
Сдвиг кривой	MC170, MC171
Сдвиг поверхности	MC174, MC171, MC3031
Сдвиг набора поверхностей или поверхности тела	MC175, MC171, MC176
Масштабирование кривой	MC170, MC171
Масштабирование поверхности	MC174, MC171, MC3031
Масштабирование набора поверхностей или поверхности тела	MC175, MC171, MC176
Поворот кривой	MC180, MC171
Поворот поверхности	MC184, MC171, MC3031
Поворот набора поверхностей или поверхности тела	MC185, MC171, MC176
Копирование кривой	MC190
Копирование поверхности	MC194
Копирование набора поверхностей или поверхности тела	MC195
Вычисление точки на кривой	MC115
Вычисление производной (касательной) в точке на кривой	MC116
Вычисление точки на поверхности	MC125
Изменение нормали к поверхности	MC135
Вычисление точки на поверхности тела	MC155
Вычисление длины кривой	MC210
Вычисление центра масс кривой	MC210
Вычисление момента инерции кривой	MC210
Вычисление площади поверхности или набора поверхностей	MC200
Вычисление центра масс поверхности или набора поверхностей	MC200

Продолжение

Операция	Подпрограмма
Вычисление момента инерции поверхности или набора поверхностей	MC200
Вычисление объема тела	MC200
Вычисление центра масс тела	MC200
Вычисление момента инерции тела	MC200
Изображение кривой, поверхности или тела с удалением невидимых линий	MC159, MC156, MC160
Удаление кривой	MC30
Удаление поверхности, набора поверхностей или поверхности тела	MC31

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Векторная алгебра на плоскости

Операция	Подпрограмма
Масштабирование вектора	SP2001
Сложение векторов	SP2002
Вращение точки относительно точки	SP2003
Отражение вектора относительно прямой	SP2004
Нахождение перпендикуляра к вектору	SP2005
Скалярное произведение векторов	SP2006
Сумма модулей компонент вектора	SP2007
Максимум модуля компонент вектора	SP2008
Вычисление нормы вектора (длины)	SP2009
Вычисление косинуса и синуса угла между векторами	SP2010

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Векторная алгебра в пространстве

Операция	Подпрограмма
Масштабирование вектора	SP3001
Сложение векторов (смещение точки)	SP3002
Вращение вектора относительно оси	SP3003
Векторное произведение	SP3004
Построение вектора, перпендикулярного к прямой	SP3005
Скалярное произведение векторов	SP3006
Вычисление максимальной по модулю компоненты вектора	SP3008
Вычисление суммы модулей компонент вектора	SP3007
Вычисление нормы (длины) вектора	SP3009
Вычисление косинуса и синуса угла между векторами	SP3010

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Построение элементов и кривых

Операция	Подпрограмма
Построение дуги окружности	SP2Ø21
Построение дуги эллипса	SP2Ø22
Построение дуги параболы	SP2Ø23
Построение дуги гиперболы	SP2Ø24
Построение ломаной по массиву точек	SP2Ø3Ø
Построение кривой, описывающей часть кольца	SP2Ø25
Построение кривой, описывающей часть круга	SP2Ø26
Построение кривой, описывающей часть оживала	SP2Ø27
Построение кривой, описывающей область, ограниченную параболой	SP2Ø28
Построение кривой, описывающей область, ограниченную эллипсами	SP2Ø29

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Аппроксимация элементов и кривых

Операция	Подпрограмма
Определение длины ломаной и угла приращения для аппроксимации примитива по величине максимального отклонения	SP2100
Построение ломаной, приближающей дугу второго порядка с точностью Е	SP2101
Определение точки, лежащей на дуге кривой второго порядка, при параметризации примитива отрезком $[0, 1]$	SP2102
Определение точки примитива по известной точке и параметру угла приращения с использованием рекуррентных соотношений	SP2103
Построение ломаной, аппроксимирующей дугу второго порядка, заданной некоторым количеством точек	SP2104
Определение общей длины массива, описывающего многоугольник (набор ребер), приближающий данную кривую с точностью Е	SP2031
Построение многоугольника (массива ребер) по заданной кривой и точности аппроксимации Е	SP2032

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Описание многоугольника на плоскости

Операция	Подпрограмма
Преобразование ломаной в многоугольник	SP2012
Изменение ориентации многоугольника	SP2013
Сдвиг многоугольника на вектор	SP2501
Масштабирование многоугольника	SP2502
Поворот многоугольника вокруг заданной точки на заданный угол	SP2503
Сложное преобразование многоугольника	SP2504
Пересечение двух многоугольников	SP2410
Объединение двух многоугольников	SP2411
Разность двух многоугольников	SP2412
Специальное вычитание многоугольника	SP2413

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Описание многоугольника в пространстве

Операция	Подпрограмма
Преобразование массива двумерных точек в массив пространственных точек	SP2301
Преобразование ломаной в набор ребер, возможно, с изменением ориентации	SP3012
Изменение ориентации грани	SP3013
Определение вектора нормали к грани	SP3014
Построение поверхности, являющейся смещением заданного набора ребер на заданный вектор	SP3022
Построение поверхности по набору ребер и точке	SP3023
Построение поверхности обращения по набору ребер и параметрам угла	SP3025
Построение многоугольника призмы по заданной грани – основанию и вектору смещения	SP3031
Построение многоугольника конуса по заданной грани – основанию и точке	SP3032
Построение многоугольника вращения по заданной грани, оси вращения и углу	SP3033
Построение многоугольника – параллелепипеда	SP3051
Построение многоугольника – цилиндрическая оболочка	SP3052
Построение многоугольника – конусная оболочка	SP3053
Сдвиг набора граней на вектор	SP3505
Масштабирование набора граней	SP3506
Поворот набора граней вокруг заданной оси на заданный угол	SP3507
Сложное преобразование набора граней	SP3508
Пересечение двух многогранников	SP3391
Объединение двух многогранников	SP3392
Разность двух многогранников	SP3393
Сечение многогранника плоскостью	SP3390
Проектирование на плоскость явно заданного многогранника	SP3395
Изображение проекции параметрически заданного набора поверхностей	SP3399
Выбор очередной грани поверхности	SP3398

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Вычисление некоторых характеристик многоугольников
и многогранников

Операция	Подпрограмма
Вычисление габаритов многоугольника на плоскости	SP2011
Вычисление габаритов грани в пространстве	SP3011
Вычисление габаритов многогранника	SP3600
Вычисление периметра многоугольника на плоскости	SP2601
Вычисление периметра грани в пространстве	SP3601
Вычисление центра инерции многоугольника на плоскости	SP3017
Вычисление центра инерции многогранника	SP3602
Вычисление площади многоугольника на плоскости	SP2603
Вычисление площади грани, заданной набором ребер	SP3018
Вычисление площади поверхности многогранника	SP3603
Вычисление объема многогранника, заданного набором граней	SP3604
Вычисление момента инерции набора ребер	SP3605
Вычисление момента инерции набора граней	SP3606

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Служебные подпрограммы

Операция	Подпрограмма
Распечатка массива, описывающего многогранник на АЦПУ	SP0000
Слияние массивов	SP0001
Дублирование массива (сдвиг вверх)	SP0002
Дублирование массива (сдвиг вниз)	SP0003
Отрисовка набора ребер плоскости	SP2014
Отрисовка ломаной или набора ребер	SP2015
Отрисовка проекции грани	SP2016
Разбиение отрезка многоугольником и выбор элементов разбиения	SP2401
Реализация теоретико-множественных операций над многоугольниками	SP2402
Дискретизация массива ребер	SP2403
Нормировка вектора	SP3015
Определение нормали к грани	SP3014
Смещение ребра по вектору	SP3020
Построение ломаной по ребру и точке	SP3021
Создание четырехугольной грани, полученной поворотом ребра	SP3024
Дискретизация массива пространственных ребер	SP3380
Дискретизация набора граней	SP3381
"Склейка" ребер грани	SP3382
Специальное координатное преобразование массива ребер (грани)	SP3383
Разбиение пространственного отрезка гранию и выбор частей разбиения	SP3384
Реализация теоретико-множественной операции над двумя пространственными гранями, лежащими в одной плоскости	SP3385
Разбиение грани набором граней	SP3386
Реализация теоретико-множественных операций над многогранниками	SP3387
Подсчет числа граней	SP3388
Подсчет общей длины набора граней	SP3389
Сдвиг массива точек на вектор	SP3501
Масштабирование массива пространственных точек	SP3502
Поворот массива пространственных точек	SP3503

Продолжение

Операция	Подпрограмма
Преобразование параметров локальной системы координации	SP2071
Запись параметров в массив	SP2072
Перевод массива точек из локальной системы в глобальную	SP2073

Использование архива при построении плоских
кривых, многоугольников и многогранников

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Операция	Подпрограмма
Добавление к кривой дуги окружности	YP221
Добавление к кривой дуги эллипса	YP222
Добавление к кривой дуги параболы	YP223
Добавление к кривой дуги гиперболы	YP224
Добавление к кривой ломаной в локальной системе координат	YP230
Добавление к кривой границы сегмента кольца в исходной системе координат	YP225
Добавление к кривой границы части круга, отсекаемой двумя вертикальными прямыми в исходной системе координат	YP226
Добавление к кривой границы части оживала, отсекаемой двумя вертикальными прямыми в исходной системе координат	YP227
Добавление к кривой границы области, заключенной между двумя вертикальными прямыми и параболой в исходной системе координат	YP228
Добавление к кривой границы области, заключенной между двумя вертикальными прямыми и эллипсом в исходной системе координат	YP229
Дополнение плоской кривой другой плоской кривой (или дублирование)	YP231
Изменение направления обхода плоской кривой	YP233
Сдвиг и масштабирование плоской кривой	YP234
Поворот плоской кривой	YP235
Построение многоугольников	YP240
Сдвиг многоугольника	YP244
Поворот многоугольника	YP245
Выполнение теоретико-множественных операций над многоугольниками	YP250
Вычисление длины границы, площади или центра тяжести однородного многоугольника	YP260
Формирование грани по многоугольнику	YP320
Дополнение набора граней другим набором граней (или одной гранью)	YP321
Изменение направлений внешних нормалей набора граней	YP322
Преобразование сдвига или масштабирования набора граней	YP324
Преобразование поворота набора граней вокруг оси против часовой стрелки	YP325
Получение многоугольника с помощью теоретико-множественных преобразований	YP350

Продолжение

Операция	Подпрограмма
Определение внутренней нормали к грани	YP323
Построение поверхности смещения по грани и вектору	YP331
Построение поверхности обобщенного конуса по точке и грани	YP332
Построение поверхности вращения по грани и оси	YP333
Построение многогранного тела типа призмы по вектору смещения и грани основания	YP334
Построение многогранного тела типа пирамиды по ее вершине и грани основания	YP335
Построение многогранного тела вращения по заданной грани и оси вращения	YP336
Построение многогранника параллелепипеда	YP337
Построение многогранного объекта типа цилиндрической оболочки	YP338
Построение многогранного объекта типа конической оболочки	YP339
Расчет характеристик набора граней как многогранной поверхности	YP361
Расчет характеристик набора граней как многогранника (как тела)	YP362
Сечение многогранника плоскостью, параллельной плоскости XY	YP353
Визуализация проекции многогранника с удалением невидимых ребер	YP355
Удаление объекта из архива	YP700
Дублирование объекта в архиве	YP701

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система математического обеспечения графопостроителей (СМОГ). - Руководство программиста /Калинин, Центрпрограммсистем, 1984.
2. Система математического обеспечения графопостроителей (СМОГ). - Руководство оператора /Калинин, Центрпрограммсистем, 1984.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Описание применения	3
1. 1. Назначение ППП	3
1. 2. Условия применения ППП	3
1. 3. Состав и функции ППП	4
1. 4. Описание задачи	5
1. 5. Входные и выходные данные	6
1. 6. Рекомендации по освоению ППП	6
2. Руководство программиста	7
2. 1. Назначение и условия применения ППП	7
2. 2. Характеристика ППП	7
2. 3. Обращение к ППП	94
2. 4. Входные и выходные данные	94
3. Руководство системного программиста	95
3. 1. Общие сведения о ППП	95
3. 2. Структура ППП	96
3. 3. Настройка ППП	96
3. 4. Проверка программ пакета	97
3. 5. Дополнительные возможности	97
3. 6. Сообщение системному программисту	97
4. Руководство оператора	98
4. 1. Назначение ППП	98
4. 2. Условия выполнения ППП	98
4. 3. Выполнение ППП	99
5. Контрольный пример	101
5. 1. Характеристика проверяемых функций и параметров ППП	101
5. 2. Состав технических средств для проверки ППП	102
5. 3. Выполнение контрольного примера	103
5. 4. Входные и выходные данные	104
Приложение 1. Возможности комплекта подпрограмм МС	105
Приложение 2. Векторная алгебра на плоскости	107
Приложение 3. Векторная алгебра в пространстве	108
Приложение 4. Построение элементов и кривых	109
Приложение 5. Аппроксимация элементов и кривых	110
Приложение 6. Описание многоугольника на плоскости	111
Приложение 7. Описание многоугольника в пространстве	112
Приложение 8. Вычисление некоторых характеристик многоугольников и многогранников	113

Приложение 9. Служебные подпрограммы	114
Приложение 10. Использование архива при построении плоских кривых, многоугольников и многогранников	116
Список использованной литературы	118

**ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ
ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ
(ППП SPACE)**

Ответственный за выпуск
 Редактор
 Технический редактор
 Корректор
 Наборщики

Никонов А. С.
 Виноградова В. И.
 Ходченкова О. А.
 Лебедева О. Ф.
 Коэлова Г. С.
 Черепович В. А.

Подписано в печать 27.05.85 г. Формат 60 x 84 1/8.
 Печ. л. 15. Уч.-изд. л. 14, 3. Тираж 200. Заказ 122.
 Рег. номер ЦФАП АСУ 572.

Ротапринт НПО "Центрпрограммсистем"
 г. Калинин, пр. 50 лет Октября, 3.