

Глава



Геометрический редактор 3D

Геометрический редактор 3D

Системы координат

В **геометрическом редакторе 3D** системы ГеММа-3D используется декартова прямоугольная система координат.

Систему координат, относительно которой задаются геометрические объекты, будем называть объектной системой координат, а оси - X,Y,Z.

Для визуализации объектов и работы в режиме графического диалога используется экранная система координат. Ее оси будем обозначать символами X', Y', Z'. Ось X' экранной системы горизонтальна и всегда направлена слева направо. Ось Y' расположена вертикально и направлена снизу вверх. Ось Z' является воображаемой осью и служит для связи объектной и экранной систем координат. Она расположена перпендикулярно экрану и направлена от экрана к зрителю. Параллельно плоскости экрана на некотором расстоянии от начала координат вдоль оси Z' располагается рабочая плоскость. Расстояние вдоль оси Z' будем называть глубиной или позицией рабочей плоскости. Все геометрические построения с использованием устройства "мышь" осуществляются в рабочей плоскости. Позиция рабочей плоскости может быть изменена пользователем.

Гибкость работы с трехмерными объектами обеспечивается возможностью смены взаимного расположения объектной и экранной систем координат.

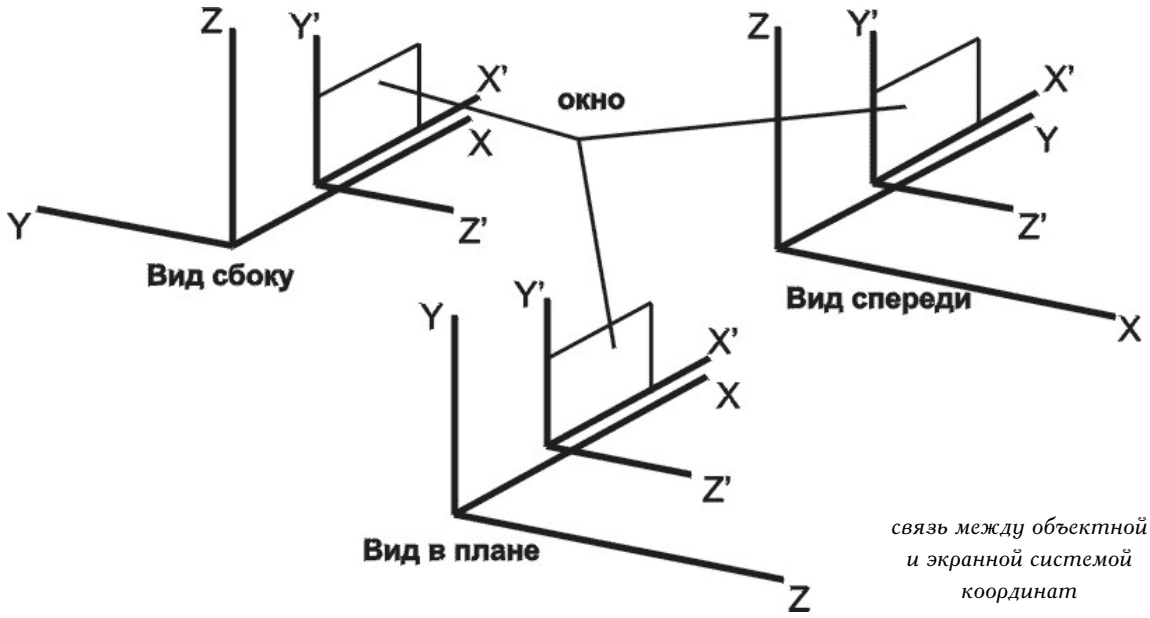
Существуют три варианта такого взаимного расположения систем:

- **Плоскость X'Y'** экранной системы (экранная плоскость, рабочая плоскость) параллельна плоскости XY объектной системы координат. Все объекты изображаются своими проекциями на плоскость XY объектной системы координат:
ось X' направлена вдоль оси X,
ось Y' направлена вдоль оси Y,
ось Z' направлена вдоль оси Z.
Такое расположение систем будем называть видом "XY", иначе - видом "в плане" или видом "сверху".

- **Плоскость X'Y'** экранной системы (экранная плоскость, рабочая плоскость) параллельна плоскости XZ объектной системы координат. Все объекты изображаются своими проекциями на плоскость XZ объектной системы координат:
ось X' направлена вдоль оси X
ось Y' направлена вдоль оси Z
ось Z' направлена против оси Y.
Такое расположение систем будем называть видом "XZ" или видом "сбоку".

- **Плоскость X'Y'** экранной системы (экранная плоскость, рабочая плоскость) параллельна плоскости YZ объектной системы координат. Все объекты изображаются своими проекциями на плоскость YZ объектной системы координат:
 ось X' направлена вдоль оси Y,
 ось Y' направлена вдоль оси Z,
 ось Z' направлена вдоль оси X.

Такое расположение систем будем называть видом "YZ" или видом "спереди".



связь между объектной и экранной системой координат

Перечисленные варианты взаимного расположения объектной и экранной систем координат являются рабочими. Это означает, что если установлен один из этих видов, то возможна реализация любой команды системы, связанной с визуализацией, указанием, созданием объектов и геометрическими преобразованиями над объектами.

Существует еще вариант визуализации в изометрической проекции. Изометрическое изображение строится путем последовательности условных поворотов объектов: сначала на угол 22 градуса вокруг оси X', затем на угол -17 градусов вокруг оси Y', и, наконец, на угол 30 градусов вокруг оси Z'. При этом объекты проецируются на плоскость X'Z'.

Существует возможность установки произвольного ракурса при визуализации в изометрии. Это достигается путем поворотов объектной системы координат (XYZ) относительно осей экранной системы (X'Y'Z').

Для изменения ракурса необходимо: нажать на клавиатуре клавишу **<Ctrl>** и левую клавишу мыши. Удерживая указанные клавиши и перемещая мышь, можно установить нужный ракурс в изометрии.

Изометрия является рабочим видом, в котором имеются некоторые ограничения по выполнению операций ввода с помощью мыши и геометрических операций, зависящих от текущего вида (например, ввод координат указанием с экрана).

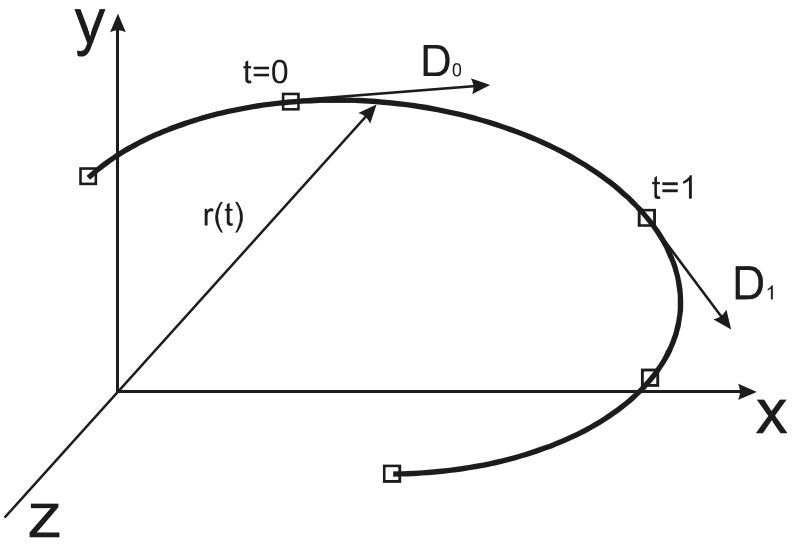
Геометрические объекты

Геометрический редактор 3D поддерживает работу с несколькими типами геометрических объектов. К ним относятся точки, отрезки, многоугольники, кривые, поверхности и оболочки.

Точка задается тройкой координат в декартовой системе (x,y,z). На экране дисплея точка изображается маркером в рабочей области экрана. Новая точка может быть создана следующими способами:

- путем ввода значений координат точки непосредственно с клавиатуры;
- путем указания позиции в рабочей области экрана с помощью мыши;
- путем указания существующей точки с помощью мыши;
- путем указания точки, принадлежащей некоторой линии;
- путем выбора в качестве новой точки одной из конечных точек некоторой линии.

В основе моделирования кривых лежит параметрическое представление, согласно которому кривая определяется как взаимно однозначное непрерывное отображение некоторого интервала t: [0, n] в трехмерное пространство:



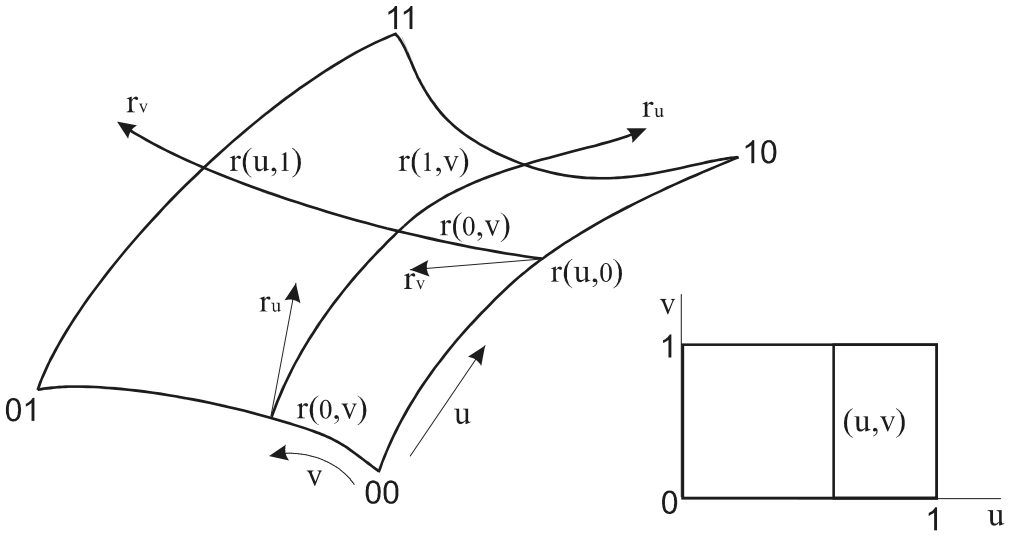
r = r(t) = {x(t), y(t), z(t)}.

где:
r0 - начальная точка сегмента,
r1 - конечная точка сегмента,
D0 - вектор производной в начальной точке,
D1 - вектор производной в конечной точке.

Сплайн-кривая задается последовательностью узловых точек, которые разбивают кривую на сегменты. Производные D0 и D1 определяются из условия гладкого сопряжения сегментов.

Класс поверхностей системы ГеММа-3D включает в себя:

- линейчатые поверхности;
- поверхности вращения;
- бикубические поверхности Кунса;
- поверхности Безье третьей степени;
- кинематические поверхности;
- поверхности гладкого соединения линий на поверхностях;
- поверхности радиусного сопряжения (постоянного и переменного радиуса);
- эквидистантные поверхности.



Поверхность определяется как взаимно однозначное непрерывное отображение прямоугольной области [0,n][0,m] в плоскости двух переменных (u,v) в трехмерное пространство:

r = r(u,v) = {x(u,v), y(u,v), z(u,v)}

На экране дисплея поверхность изображается в виде сетки двух семейств из пространственных линий:

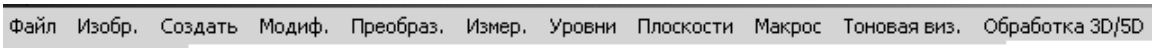
u = var при **v = Vi = const, i = 1,...,n;**
v = var при **u = Uj = const, j = 1,...,m.**

После вызова **Геометрического Редактора 3D** на экране появляется стандартное изображение геометрического редактора, которое включает следующие основные компонены: **Графическое окно**, **Оперативное меню**, **Основное меню**, **Зону сообщений**. Кроме того, для оперативного выполнения некоторых операций с объектами можно воспользоваться **Контекстным меню**.

Графическое окно, занимающее основную часть экрана, в котором располагается графическое изображение всей детали или ее части.

9.0 В верхней части экрана находятся:

Основное меню, содержащее следующие разделы:



Оперативное меню , содержащее следующие пункты (кнопки-пиктограммы):





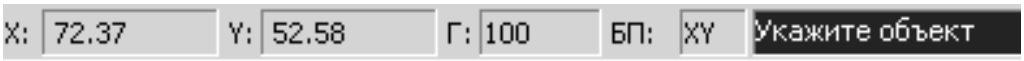


Каждая из команд **Основного меню** вызывает “падающее” меню второго уровня. Ряд команд **Основного меню** могут выполняться с помощью “горячих клавиш”, указанных в меню.



По бокам графического окна располагаются **Панели инструментов,** которые содержат кнопки, позволяющие выполнять основные команды **Основного меню** геометрического редактора, а также технологические построения и обработку 3D и 5D деталей. Кнопки, содержащие черный треугольничек в правом нижнем углу, вызывают панель инструментов второго уровня:

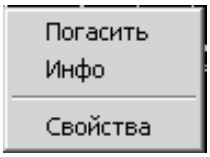
В нижней части экрана располагается **Зона сообщений**,в которой выводятся координаты курсора, установленная глубина рабочей плоскости, выбранная базовая плоскость и тексты подсказок:



Контекстное меню

Пользователь может произвести ряд действий с помощью контекстного меню (по умолчанию вызывается нажатием <**Shift**>+Правая кнопка мышки).

Если при этом курсор будет находиться вблизи какого-либо объекта, то этими действиями будут:

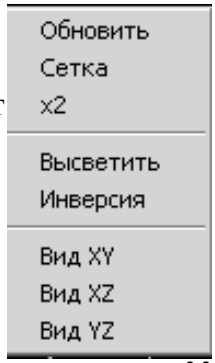


Погасить объект

Получить справку о нем

Изменить его свойства

Если указание будет в пустом поле, возможные действия будут другими:



Обновить изображение

Включить/выключить сетку

Увеличить изображение в два раза

Высветить все объекты

Инвертировать погашенные и высвеченные объекты

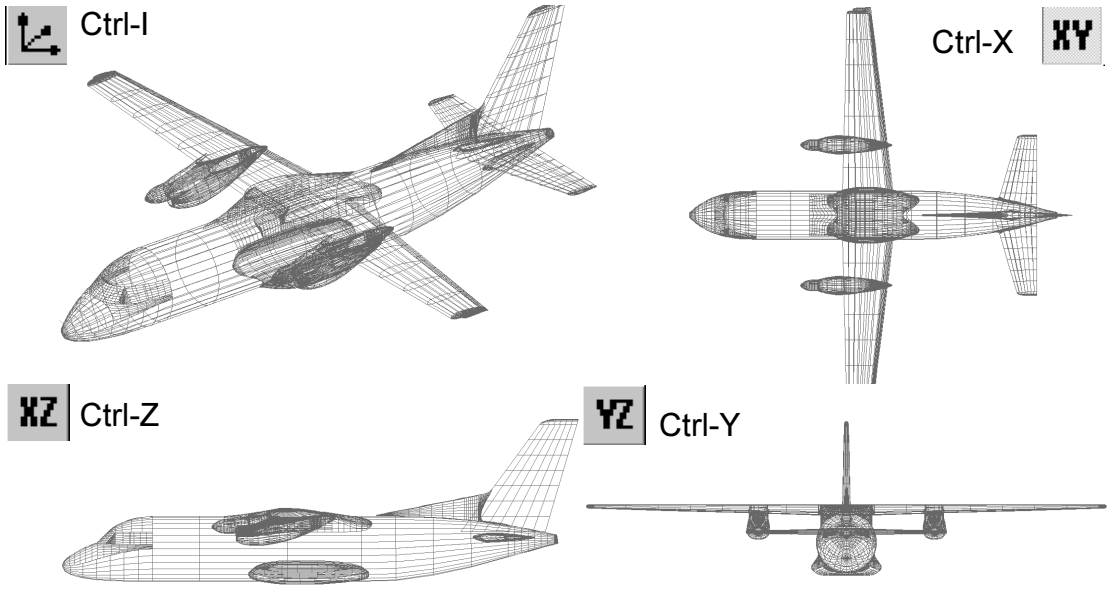
Сменить вид на XY, XZ, YZ соответственно.

Оперативное меню

Оперативное меню представляет собой набор пиктограмм и содержит команды, которые доступны в любое время, за исключением периодов выполнения расчетных операций.

XY, XZ, YZ, Изометрия

Команды **XY, XZ, YZ, Изометрия** позволяют пользователю управлять текущим видом и предназначены для определения плоскости проекции (рабочей плоскости).



XY отображает на экране и устанавливает в качестве плоскости проекции (рабочей плоскости) плоскость, параллельную координатной плоскости XY.

XZ отображает на экране и устанавливает в качестве плоскости проекции (рабочей плоскости) плоскость, параллельную координатной плоскости XZ.

YZ отображает на экране и устанавливает в качестве плоскости проекции (рабочей плоскости) плоскость, параллельную координатной плоскости YZ.

Изометрия отображает на экране и устанавливает изометрическую проекцию. В изометрической проекции невозможно построение кривых, отрезков, точек. Оно выполняется в других видах.

Обновить 

Команда **Обновить** используется во всех случаях, когда возникает необходимость обновить изображение на экране.

Погасить 

Команда **Погасить** позволяет указать объект или ряд объектов и перевести их из активного состояния (изображение на экране) в пассивное (убрать с экрана). Для этого после указания пункта меню **Погасить** предлагается выбрать один за другим объекты или сразу несколько объектов. Погашенные объекты не удаляются, а становятся невидимыми в изображении и неактивными в работе.

Высветить 

Команда **Высветить** переводит все ранее погашенные объекты в видимое состояние и делает их активными для дальнейшей работы.

Инверсия 

Команда **Инверсия** гасит все высвеченные объекты и высвечивает все погашенные.

Уровни 

Команда **Уровни** предназначена для структуризации информации по сложным составным объектам. Например, на отдельных уровнях могут размещаться каркасные линии, задающие отдельные поверхности; исходные поверхности до обрезки; совокупности поверхностей, образующие отдельные агрегаты, которые в определенных операциях могут рассматриваться самостоятельно. После указания пункта меню **Уровни**, пользователю предлагается выбрать рабочий уровень (на котором будут производиться все операции над объектами), видимость (визуализация объектов на экране), есть возможность ввести или изменить уже существующие комментарии для каждого уровня.

Окно 

Команда **Окно** позволяет пользователю увеличить объект или часть объекта, определяя новое окно изображения для текущего вида. После входа в пункт

меню **Окно** пользователь должен мышью указать два угла нового окна в нужном ему месте.

Авторазмер 

Команда **Авторазмер** позволяет автоматически определить и установить окно таких размеров, что все объекты будут изображены на экране.

Предыдущее окно 

Команда **Пред. Окно** возвращает предыдущий размер окна. Для каждого из четырех видов запоминается свой предыдущий вид окна.

Сетка 

Команда **Сетка** позволяет визуализировать или погасить координатную сетку. Координатная сетка изображается на экране в виде прерывистых вертикальных и горизонтальных линий, размещенных с определенным шагом. Величину шага линий сетки можно менять (смотри далее пункт **Параметры**). Наличие координатной сетки позволяет выполнять с помощью указки ввод точек, имеющих кратные шагу сетки значения координат. Для линий сетки может быть определен коридор чувствительности (смотри также пункт **Параметры**).

Если **Сетка** не отображается на экране, то следует обратиться к пункту **Параметры** и настроить величину шага сетки с учетом размеров модели.

Глубина 

Команда **Глубина** позволяет пользователю определить новое положение рабочей плоскости по глубине. После указания данного пункта меню на экране появится приглашение к вводу нового значения глубины.

Параметры 

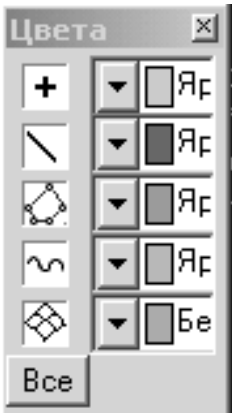
Команда **Параметры** отображает окно с установочными параметрами системы. Для более эффективной и удобной работы в системе пользователю предоставляется возможность менять значения этих параметров. Каждый из параметров более подробно рассматривается в разделе **Параметры системы**.

Инфо 

Команда **Инфо** позволяет получить информацию об объекте или значения координат в указанной позиции экрана. Выбрав данный пункт меню, для получения необходимой информации об объекте достаточно указать интересующий объект. В зависимости от того, какой элемент был указан на экране, появится соответствующее сообщение:



Сменить цвет 

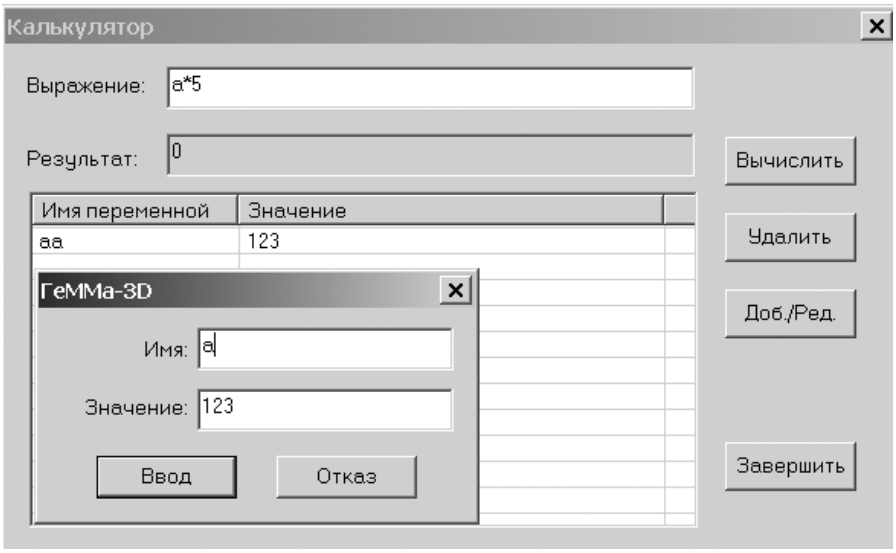


Команда **Сменить цвет** позволяет изменить цвет любого выбранного объекта или группы объектов. Необходимые цвета устанавливаются в кнопочном диалоговом меню **Цвета**, появляющемся в левом нижнем углу экрана (подробнее описание кнопок смотри ниже в пункте **Создать** основного меню). Имеется возможность установить единый цвет для всех объектов, если нажать кнопку ***Все***. Установленные цвета становятся текущими для вновь создаваемых объектов**.**

Калькулятор 

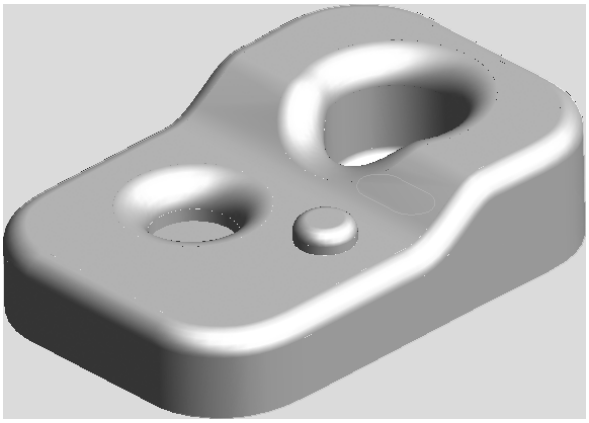
Команда **Калькулятор** дает возможность вычислять значение алгебраического выражения. В выражении могут использоваться числа, переменные, арифметические знаки и тригонометрические функции. Числовые значения констант задаются в соответствии с общепринятыми правилами. В тригонометрическх функциях (sin, cos, tan, ctan) аргумент задается в градусах, аркфункции (asin, acos, atan) возвращают значения углов также в градусах. Аргументы функций должны записываться в круглых скобках. Имя переменной и ее значение необходимо предварительно задать, для чего нужно выделить курсором новую строку в списке, или указать, какую имеющуюся переменную нужно заменить. Имя переменной и ее значения можно занести в список при помощи кнопки ***Добавить.*** Кнопка ***Удалить*** предназначена для удаления переменной из списка. В имени переменной могут использоваться только латинские буквы (большие и маленькие) и цифры. Значение выражения вычисляется при нажатии на кнопку ***Вычислить*** и высвечивается в окне **Результат**. Допустимые операции и фунункции описаны в разделе **Интерфейс**

пользователя.



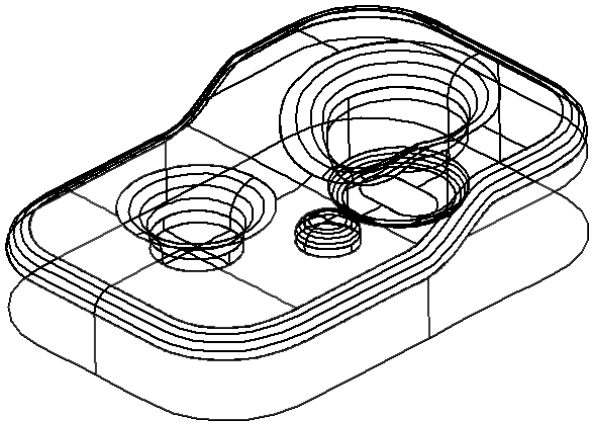
Тоновый режим 

Команда **Тоновый режим** включает тоновую визуализацию объектов.



Каркасный режим 

Команда **Каркасный режим** отменяет тоновую визуализацию объектов.



Редактор 2D/3D 

Команда **Редактор 2D/3D** осуществляет переход в редактор 2D. Перед вызовом редактора 2D необходимо экспортировать в него нужные объекты (смотри пункт **Плоскости Основного меню**). После вызова команды необходимо выбрать рабочую плоскость в диалоговом окне **Выбор плоскости**.

Отмена 

Команда **Отмена** удаляет вновь созданные объекты. Объекты можно удалить только непосредственно после создания (кнопка ***Отмена*** должна быть активна). Удалить можно последовательно любое количество объектов.

Повтор 

Команда **Повтор** отменяет действие команды **Отмена,** то есть восстанавливает удаленные объекты (кнопка ***Повтор*** должна быть активна). Если были удалены несколько объектов, то их можно восстановить в обратной последовательности.

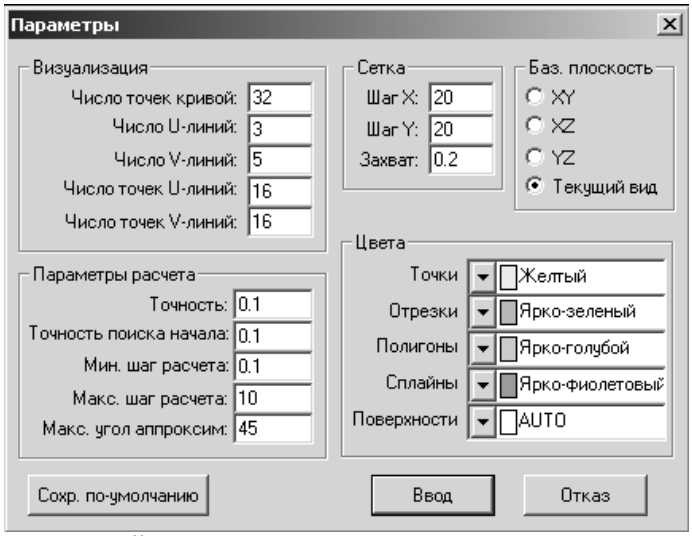
Удалить 

Команда **Удалить** обеспечивает возможность удаления геометрических объектов. При вызове команды появляется типовое диалоговое меню для указания способа выбора объектов. Объекты удаляются из структуры данных и с экрана дисплея. Команда **Удалить** становится недоступной в процессе указания данных для команды из основного меню, так как при этом может быть нарушена целостность структуры данных (например, объект, указанный для преобразования, удален до начала исполнения соответствующей команды).

Команда действует как на один, так и на группу геометрических объектов, объединенных типом или местоположением в окне указания.

Параметры системы

В системе ГеММа-3D существует ряд параметров, с помощью которых осуществляется ее настройка:



Изменение значений этих параметров осуществляется путем редактирования таблицы. После выбора пункта меню **Параметры** на экране появляется окно, содержащее наименования параметров и их значения.

Число точек кривой

Данный параметр используется для поиска точек начального приближения в некоторых расчетных операциях. Слишком большое значение параметра приводит к заметному замедлению работы при перерисовке объектов и обновлении изображения. Параметр не влияет на точность геометрических построений.

Минимальное значение = 4
максимальное значение = 1024
значение по умолчанию = 32
оптимальный диапазон = 20...300

Число U-линий, число V-линий

Поверхность изображается сеткой линий, соответствующих условиям U = const и V = const. Линии, для которых U = var, V = const, назовем U-линиями, а линии, для которых V = var, U = const, – V-линиями. Количество этих линий регулируют рассматриваемые параметры. Малое количество линий сетки не позволяет получить достаточно полное представление о форме поверхности. Слишком большие значения параметров приводят к заметному замедлению работы при перерисовке объектов и обновлении изображения.

минимальное значение = 2
максимальное значение = 64
значение по умолчанию
для U-линий = 3
для V-линий = 5
оптимальный диапазон = 5...15

Параметры не влияют на точность геометрических построений.

Число точек U-линий, число точек V-линий

Линия сетки поверхности изображается на экране дисплея ломаной линией,

вершины которой лежат на исходной кривой. Количество вершин этой ломаной линии определяется параметром **Число точек UV линии**. Чем больше значение параметра, тем более гладкой выглядит кривая на экране. Слишком большое значение параметра приводит к заметному замедлению работы при перерисовке объектов и обновлении изображения.

минимальное значение = 2
максимальное значение = 1024
значение по умолчанию = 32
оптимальный диапазон = 20...300

Параметры не влияют на точность геометрических построений.

Точность

Этот параметр определяет точность выполнения геометрических построений, например – проекции кривой на поверхность. Точность определяет процесс поиска решения в точке и расстояние между точками, для которых выполняется точное построение. Между этими точками проводится сегмент кривой, отклонение которой от точного решения не превышает точность.

Точность поиска начала

Этот параметр определяет точность поиска начальной точки при выполнении таких геометрических построений, как проекция кривой на поверхность или при построении сечения. Если этот параметр устанавливать маленьким, то начальная точка (первое приближение) найдется с большей вероятностью, однако, на поиск потребуется больше времени. Диапазон допустимых значений – 10e-7 ... 1.

Минимальный шаг расчета, максимальный шаг расчета

Параметры определяют процесс выполнения различных геометрических построений. Если базовый шаг расчета (по параметру U или V), определяемый точностью, больше максимального или меньше минимального, расстояние между рассчитываемыми точками соответственно уменьшается или увеличивается.

Максимальный угол аппроксимации

В геометрическом редакторе системы имеется возможность сглаживать сплайн-кривые и многоугольники. Значение параметра **Макс. угол аппроксимации** определяет критическую величину угла (в градусах) излома кривой или многоугольника. Угол излома определяется как дополнительный до 180 к углу при вершине многоугольника. Все изломы сглаживаемой кривой, величина угла которых не больше критической, сглаживаются. Так, если угол при вершине составляет 175, то угол излома – 5. Он будет сглажен при величине максимального угла аппроксимации > 5. Угол по умолчанию - 45.

Шаг сетки по X, шаг сетки по Y

Координатная сетка позволяет оценивать размеры и расположение геометрических объектов, а также вводить с помощью мыши точки,

имеющие координаты кратные шагу сетки. Пользователь имеет возможность менять по своему усмотрению величину шага сетки как по оси X, так и по оси Y.

Значение по умолчанию = 20

Если в результате изменения масштаба изображения число линий сетки становится больше 40 или меньше 2, то работать с сеткой становится неудобно или даже невозможно. За границами указанного диапазона сетка не высвечивается и не выполняет своих функций.

Захват сетки

Вещественный параметр [0,.5] определяет “коридор притяжения” курсора к линиям сетки. При задании чувствительности равной нулю, сетка становится неактивной, при задании чувствительности равной 0.5, указание притягивается к ближайшей точке на сетке.

минимальное значение = .05
максимальное значение = .49
значение по умолчанию = .2
оптимальный диапазон = .05 2

Базовая плоскость

Этот параметр определяет базовую плоскость, которая участвует при выполнении многих команд. Во избежание ошибок во время выполнения этих команд информация о выбранной базовой плоскости всегда присутствует на экране в строке состояния (БП:). Параметр может принимать четыре значения: **Текущий вид (ТВ), XY, XZ, YZ**. Значение **Текущий вид** показывает, что базовая плоскость соответствует текущему рабочему виду на экране.

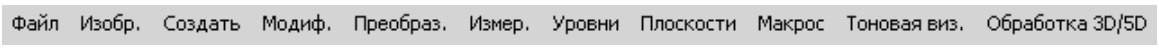
Цвета объектов

Эти параметры определяют цвета создающихся объектов. Параметр может принимать значение AUTO. При этом происходит последовательный перебор цветов при создании новых объектов.

Сохранение по умолчанию

Пользователю предоставляется возможность запомнить установленные им параметры. В дальнейшем эти параметры будут использоваться по умолчанию.

Основное меню



Разделы основного меню содержат команды, сгруппированные по типам выполняемых задач. Пункты команд расположены на выпадающих меню, которые появляются при выборе пунктов основного меню.

Пункт **Файл** содержит команды работы с файлами данных системы, а также внешними файлами из других систем.

Пункт **Изображение** содержит команды управления изображением. С помощью этих команд можно получать изображения объектов в проекциях на различные рабочие плоскости и изометрическую проекцию, определять окно визуализации в объектном пространстве и получать изображения различного масштаба, менять цвета.

Пункт **Создать** включает в себя команды, позволяющие создавать геометрические объекты.

Пункт **Модификация** содержит команды модификации сплайн-кривых, линий и поверхностей.

Пункт **Преобразовать** содержит команды аффинных преобразований над геометрическими объектами. Здесь есть команды масштабирования, параллельного переноса, поворота отражения и другие.

Пункт **Измерить** дает возможность пользователю контролировать параметры и координаты геометрических элементов, полученых в результате построений, а также определить уровень, на котором располагается элемент. Пункт объединяет команды измерений координат точек, длин и углов наклона отрезков, параметров дуг окружностей и отрезков сплайнов.

Пункт **Уровни** содержит команды для структуризации информации по сложным составным объектам.

Пункт **Плоскости** включает в себя команды, позволяющие редактировать объекты в указанной плоскости, создать новую плоскость, удалить имеющиеся.

Пункт **Макрос** содержит средства для работы с макросами – последовательностями команд, созданными пользователем для выполнения типовых операций.

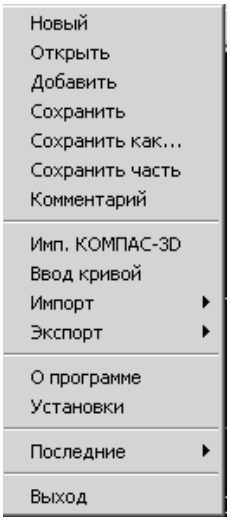
Пункт **Тоновая Визуализация** содержит команды для получения тонового изображения геометрических объектов.

Пункт **Обработка 3D/5D** содержит команды программирования обработки.

Работа с файлами

Пункт **Файл** содержит команды, позволяющие производить операции над файлами (создать, открыть, сохранить, написать комментарий, импортировать, экспортировать и т.д.).

Пункт основного меню **Файл** включает в себя следующие команды:



Новый

Команда **Новый** – позволяет создать новый файл. Перед созданием нового файла запрашивается подтверждение на сохранение текущих данных. Если выбрано сохранить, и текущие данные не имеют имени, то предлагается ввести имя файла. При этом делается проверка на существование файла с этим именем. В случае существования файла с таким именем запрашивается подтверждение на его перезапись. Если выбрано сохранить, и текущие данные имеют имя, то они сохраняются без дальнейших вопросов. Далее текущие данные обнуляются, а текущее имя становится именем по умолчанию - UNTITLED.

Открыть

Команда **Открыть** – предлагает пользователю открыть уже существующий файл, выбрав его из предложенного списка или введя его имя с клавиатуры. Если файл с этим именем существует, то он считывается, если не существует, то запрашивается подтверждение на его создание. Для этого выполняются следующие действия. Запрашивается подтверждение на сохранение текущих данных. Если выбрано **Сохранить**, и текущие данные не имеют имени, то предлагается ввести имя файла. При этом делается проверка на существование файла с этим именем (если такой файл существует, то запрашивается подтверждение на его перезапись). Если выбрано **Сохранить**, и текущие данные имеют имя, то они сохраняются без дальнейших вопросов.

Добавить

Команда **Добавить** – предлагает пользователю выбрать из списка и добавить существующий файл в текущий файл. Имя добавляемого файла текущим не становится. Текущие данные не обнуляются.

Сохранить

Команда **Сохранить** – сохраняет информацию и записывает ее в файл с тем именем, с которым он был открыт. Если текущие данные не имеют имени, то предлагается ввести имя файла. При этом делается проверка на существование файла с этим именем. Текущим становится введенное имя.

Сохранить как

Команда **Сохранить как...** – сохраняет информацию и записывает ее в файл

с тем именем, которое укажет пользователь. Предлагается ввести имя файла. При этом делается проверка на существование файла с этим именем. Текущим становится введенное имя.

Сохранить часть

Команда **Сохранить часть** – сохраняет информацию об объекте или части объекта и записывает ее в файл с тем именем, которое укажет пользователь. После входа в пункт меню **Сохранить часть** пользователю предлагается указать сохраняемую часть объекта и имя файла, в который будет записана информация.

Комментарий

Команда **Комментарий** – позволяет посмотреть и изменить существующий комментарий к текущему файлу.

Импорт КОМПАС-3D

Команда **Импорт КОМПАС-3D** - считывает геометрическую информацию в формате КОМПАС. Импорт возможен только в том случае, если на данном компьютере установлена программа КОМПАС.

Ввод кривой

Команда **Ввод кривой** – считывает координаты точек из внешнего файла и строит многоугольники или соответствующие им аппроксимирующие сплайны. Предлагается ввести имя файла. Именем по умолчанию является текущее имя с расширением .txt. После этого следует запрос:

Интерполировать таблицу сплайном?

Если ответ - ‘Да’, то все вводимые многоугольники будут сглаживаться сплайнами. Если ответ - ‘Нет’, то многоугольники сглаживаться не будут.

Импорт

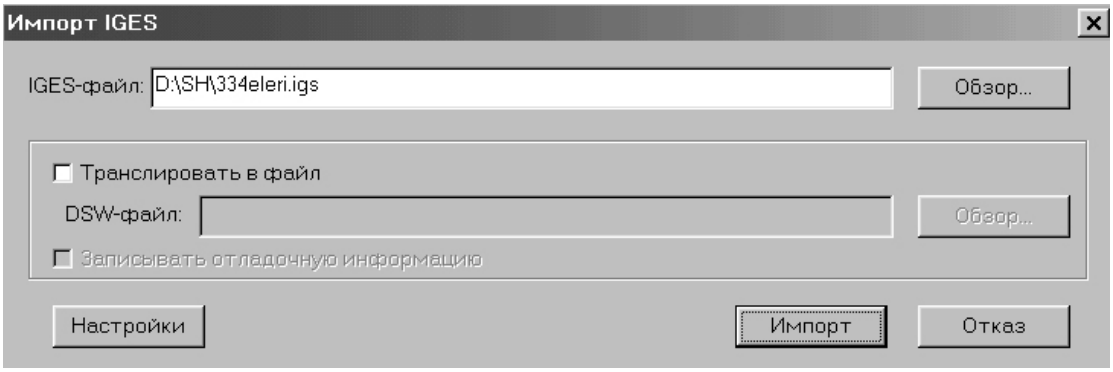
Команда **Импорт** – реализует ввод данных из внешних файлов:



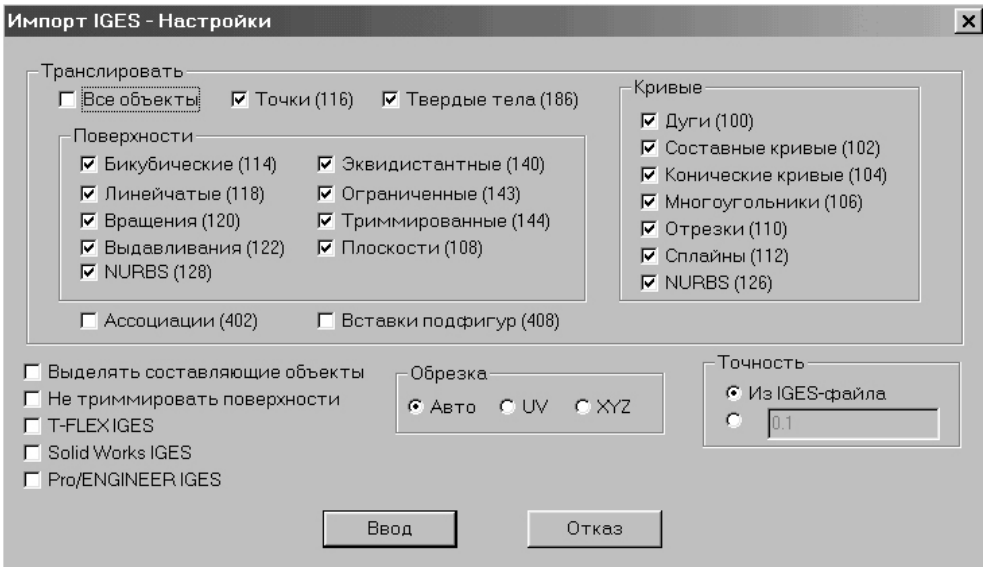
- **IGES** формат IGES
- **DXF** формат системы AutoCAD

Процесс импортирования может занять продолжительное время (особенно если импортируемые файлы имеют большой размер). В данной версии

системы имеется диагностика процесса импортирования. Процесс импортирования можно прервать, нажав кнопку ***Отказ*** на панели диагностики.



При импорте IGES-файла имеется возможность изменять настройки работы транслятора. При нажатии кнопки ***Настройки*** будет предложена диалоговая панель настроек входного файла.



По умолчанию все настройки установлены в оптимальное состояние. Изменять их рекомендуется только специалистам, имеющим представление о структуре IGES-файла. Для импорта файла достаточно нажать кнопку ***Импорт***.

Экспорт

Команда **Экспорт** - реализует вывод данных во внешние файлы:

- **IGES** - формат IGES
- **DXF** - формат системы AutoCAD
- **DXF 3D-Studio** - формат системы 3D-Studio
- **3D-Таблица** - считываются координаты точек из внешнего файла и строятся соответствующие им



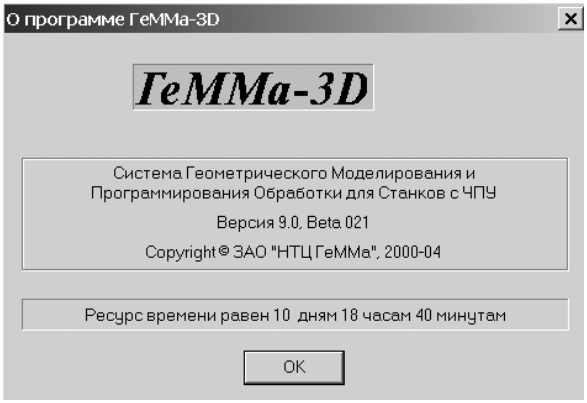
геометрические объекты

- **WMF** - WMF-формат системы Word

- **STEP** – в текущей версии экспортируются только отрезки и многоугольники

- **STL** - файл геометрии стереолитографии

О программе – выдаются сведения о текущей версии программы.

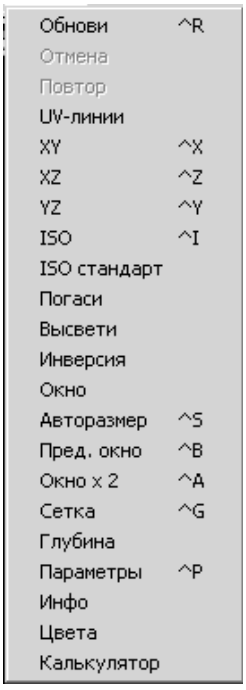


Установки - выдается таблица с установками системы. Подробное описание установок рассматривается в главе **Интерфейс пользователя**.

Последние - быстрое обращение к ранее открываемым файлам.

Выход – осуществляет выход из программы. Если текущие данные были изменены, то предлагается: выход с сохранением, без сохранения или отказ от выхода (продолжение работы).

Изображение



Изображение трехмерных объектов в системе реализуется проецированием на некоторую экранную плоскость. В системе существуют четыре варианта расположения экранной плоскости относительно объектной системы координат. Эти варианты соответствуют проекциям на три координатные плоскости XY, XZ, YZ и изображению в изометрической проекции.

Изображение определяется также размерами окна, посредством которого устанавливается соответствие между рабочей областью экрана и некоторой прямоугольной областью в плоскости проекции в объектном пространстве.

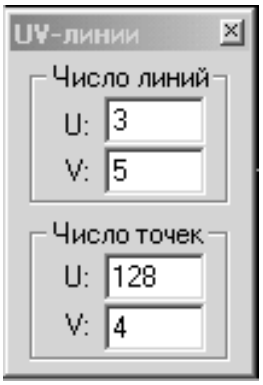
Меню раздела включает следующие пункты:

Команда **Обнови** перерисовывает все объекты, изображения которых присутствуют в данный момент на экране. Объекты, находящиеся в погашенном состоянии, не перерисовываются.

Команда **Отмена** удаляет вновь созданные объекты. Объекты можно удалять только непосредственно сразу после создания (кнопка ***Отмена*** должна быть активна). Удалить можно последовательно любое количество объектов.

Команда **Повтор** отменяет действие команды **Отмена,** то есть восстанавливает удаленные объекты (кнопка ***Повтор*** должна быть активна). Если были удалены несколько объектов, то их можно воостановить в обратной последовательности..

Команда **UV-Линии** позволяет изменить количество каркасных линий поверхностей. После выбора команды в левом нижнем углу экрана появляется диалоговое окно **UV-Линии**, в котором необходимо указать желаемое количество UV линий и количество точек на UV линиях:



После исполнения команды измененные параметры будут занесены в таблицу параметров.

Команда **XY** отображает на экране и устанавливает в качестве плоскости проекции (рабочей плоскости) плоскость, параллельную координатной плоскости XY.

Команда **XZ** отображает на экране и устанавливает в качестве плоскости проекции (рабочей плоскости) плоскость, параллельную координатной плоскости XZ.

Команда **YZ** отображает на экране и устанавливает в качестве плоскости проекции (рабочей плоскости) плоскость, параллельную координатной плоскости YZ.

Команда **ISO** отображает на экране и устанавливает изометрическую проекцию (в текущем ракурсе). В изометрической проекции невозможно построение кривых, отрезков, точек. Оно выполняется в других видах.

Команда **ISO стандарт** отображает на экране и устанавливает изометрическую проекцию в ее первоначальном (стандартном) виде.

Команда **Погаси** позволяет перевести объекты из активного состояния (изображение на экране) в пассивное (убрать с экрана). Погашенные объекты не удаляются, а становятся невидимыми в изображении и неактивными в работе.

Команда **Высвети** переводит все ранее погашенные объекты в видимое состояние и делает их активными для дальнейшей работы.

Команда **Инверсия** гасит все высвеченные объекты и высвечивает все погашенные.

Команда **Окно** позволяет пользователю увеличить объект или часть объекта, определяя новое окно изображения для текущего вида.

Команда **Авторазмер** позволяет автоматически определить и установить окно таких размеров, чтобы все видимые объекты были изображены на экране.

Команда **Пред. Окно** возвращает предыдущий размер окна. Для каждого из четырех видов запоминается свой предыдущий вид окна.

Команда **Окно х 2** увеличивает окно в два раза, что приводит к уменьшению в два раза размеров изображений объектов на экране. При этом центр нового окна совпадает с центром старого окна.

Команда **Сетка** позволяет визуализировать или погасить координатную сетку.

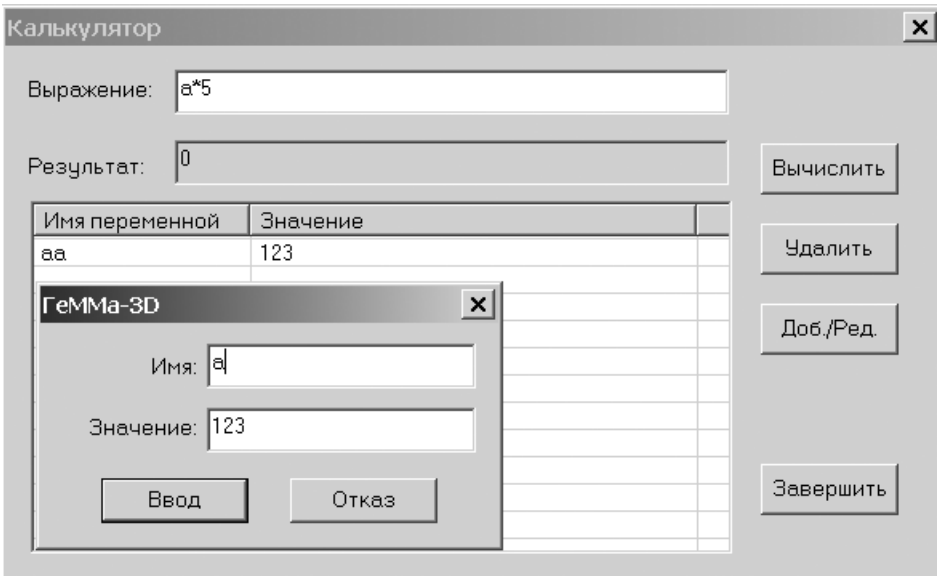
Команда **Глубина** позволяет установить новое положение рабочей плоскости по глубине. После указания данного пункта меню на экране появится окно для ввода нового значения глубины.

Команда **Параметры** отображает окно с установочными параметрами системы для редактирования.

Команда **Инфо** позволяет получить информацию об объекте.

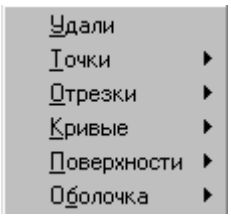
Команда **Цвета** позволяет изменить цвет любого выбранного объекта или группы объектов.

Команда **Калькулятор** позволяет производить вычисления значений алгебраических выражений. Вычисления могут потребоваться в процессе выполнения каких либо операций. (Подробне смотри в описании команд **Оперативного меню**).



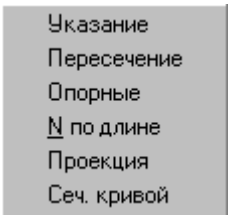
Создание геометрических объектов

Пункт основного меню **Создать** имеет следующий вид:



Команда **Удали** позволяет удалить изображение объекта с экрана и из базы данных системы. После выбора пункта меню **Удали** достаточно указать объекты, которые нужно удалить. Для завершения операции необходимо дать ответ ***Отказ***.

Точки 



В разделе содержатся команды, позволяющие создавать новые точки.

Созданная точка приобретает статус объекта и заносится в базу данных. Это значит, что по отношению к такой точке правомерны все действия, которые выполнимы для других объектов (указание, стирание, удаление, преобразования и т.п.).

Пункт **Указание** позволяет создать точки путем ввода координат или указания на экране: в любой точке экрана, в узлах сетки, на концах линий, на линии.

Пункт **Пересечение** позволяет построить точку пересечения двух указанных объектов. Будет найдена одна из возможных точек пересечения. Если объекты не лежат в одной плоскости, будет найдена точка скрещивания (конец отрезка, являющегося кратчайшим расстоянием между ними).

Пункт **Точные пересечения** позволяет построить точки всех точных пересечений двух кривых. Под точными пересечениями подразумеваются точки на первой кривой, ближайшие ко второй кривой и расстояние от которых до нее лежит в пределах точности, заданной в **Параметрах**. Если два раза указать одну и ту же кривую, результатом будут все точки самопересечения кривой.

Пункт **Опорные** позволяет высветить на экране точки, являющиеся опорными для кривых и линий. В ответ на запрос системы “Укажите кривую” нужно указать сплайн, контур, многоугольник или линию. Для сплайна и контура будут выданы точки на границах сегментов, для многоугольника - точки в вершинах, для линии - точки на концах.

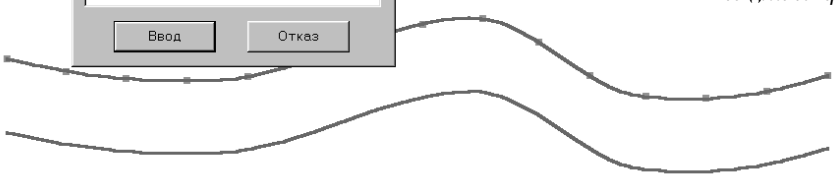
результат построения опорных точек



Пункт **N по длине** позволяет поставить на кривой, контуре или линии равномерно по длине заданное количество точек. Для этого необходимо указать необходимое количество точек.



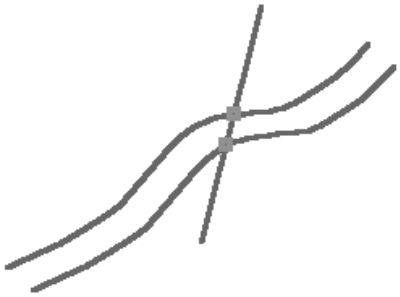
результат построения заданного количества точек по длине кривой



Пункт **Проекция** позволяет построить проекцию точки на поверхность.

Пункт **Сеч.кривой** позволяет построить все точки пересечения плоскости, определяемой прямой, с указанными кривыми, контурами и линиями.

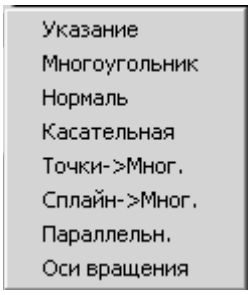
точки пересечения плоскости, определяемой указанной прямой и произвольными кривыми



Отрезки



Раздел **Отрезки** содержит утилиты построения отрезков и многоугольников.



Пункт **Указание** позволяет построить один или несколько отрезков прямой. Отрезок прямой создается в рабочей плоскости посредством указания его конечных точек. Для завершения ввода следует дать ответ “Нет”.

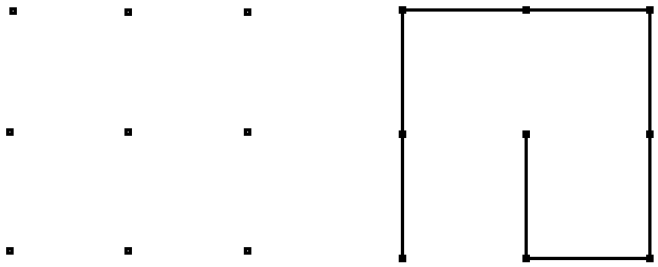
Пункт **Многоугольник** позволяет построить один многоугольник. Многоугольник создается путем последовательного ввода его вершин. Для завершения ввода следует дать ответ “Нет”.

Пункты **Нормаль и Касательная** служат для построения отрезков нормалей и касательных к указанным объектам в указанной точке. Если указанная точка не лежит на объекте, то отрезок строится в указанной точке нормально или параллельно касательной к объекту в точке, ближайшей к указанной. При построении предлагается выбрать из двух вариантов отрезок нужного направления.

Пункт **Точки–>многоугольник** позволяет объединить набор указанных точек в многоугольник. Правила объединения следующие:

- Указывается первая точка.
- Автоматически определяется точка, ближайшая к первой.
- Следующей точкой является ближайшая, лежащая внутри воображаемого конуса. Конус определяется осью, проходящей через две предыдущие точки, и углом между осью и образующей, равным максимальному углу аппроксимации (пункт **Параметры** оперативного меню).
- Очередные точки выбираются по схеме предыдущего пункта. Если в конусе не окажется точек, то будет выдан запрос на указание очередной точки.

объединение набора указанных точек в многоугольник

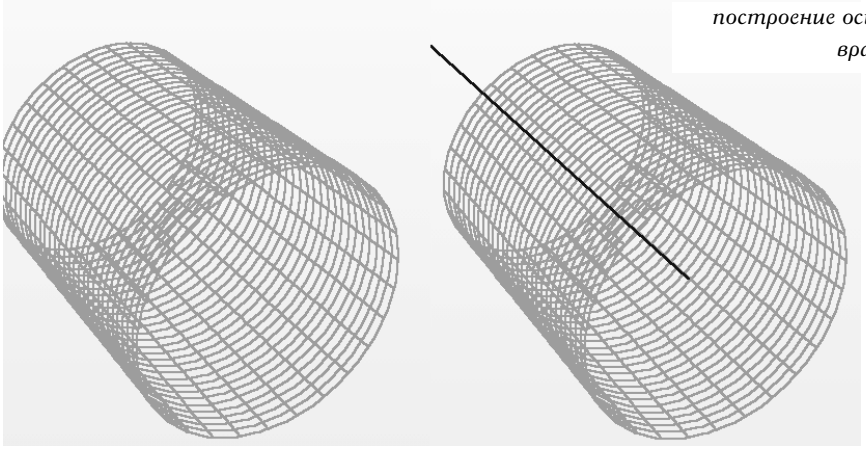


Пункт **Сплайн–>многоугольник** позволяет аппроксимировать сплайн многоугольником с заданной точностью. Исходный сплайн сохраняется.

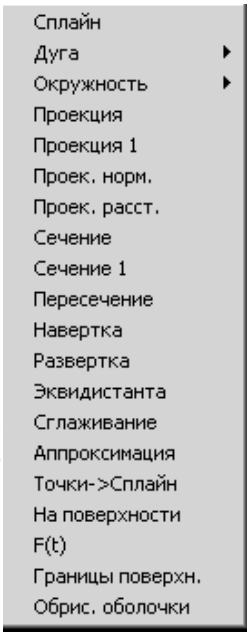
Пункт **Паралельн.** позволяет построить отрезок прямой, параллельный и совпадающий по длине с указанным отрезком, отстоящий от него на расстоянии R. После ввода расстояния на экране строится отрезок - один из вариантов решения поставленной задачи. Необходимо определить правильность выбора.

Пункт **Оси вращения** позволяет построить ось поверхности вращения. После указания поверхности вращения будет построена ее ось в виде отрезка прямой. Результат построения показан на рисунке.

построение оси для поверхности вращения



Кривые 

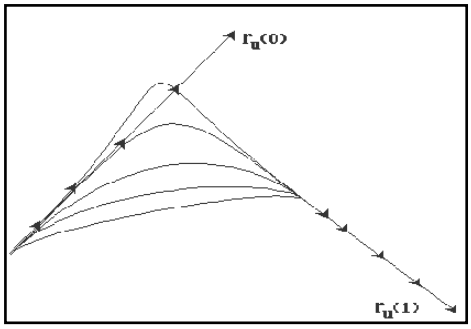


Раздел **Кривые** содержит команды построения отрезков прямых, многоугольников, сплайн-кривых, проецирование, построение сечений, границ сопряжения и др.

Меню раздела имеет следующие пункты:

Сплайн 

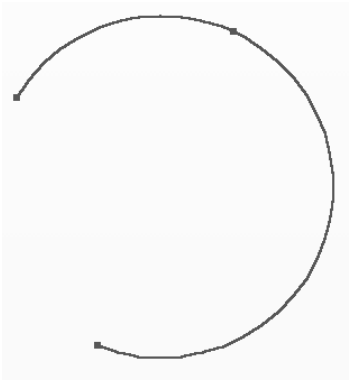
Пункт **Сплайн** позволяет построить сплайн. Для создания сплайн-кривой необходимо ввести или указать последовательность точек. Эти точки будут рассматриваться системой как узловые точки сплайн-кривой.



Дуга 

Пункт **Дуга** позволяет построить дугу по трем точкам. Для этого необходимо последовательно указать три точки.

результат построение дуги по трем точкам



Окружность

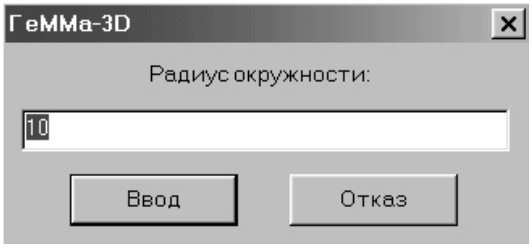


Пункт **Окружность** позволяет построить дугу окружности по трем точкам или указанием центра и значения радиуса.

При построении окружности по трем точкам необходимо последовательно указать или ввести координаты точек. После ввода последней точки строится окружность.

результат построения окружности по трем точкам





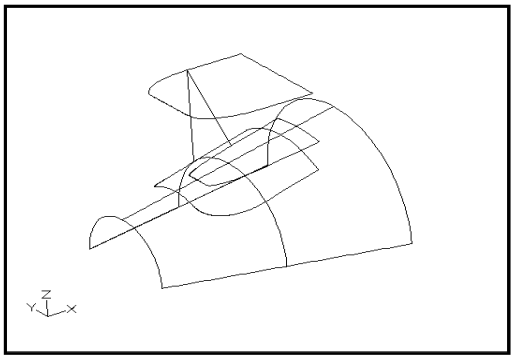
При построении окружности заданием центра и значения радиуса необходимо последовательно указать координаты центра окружности и ввести значение радиуса.

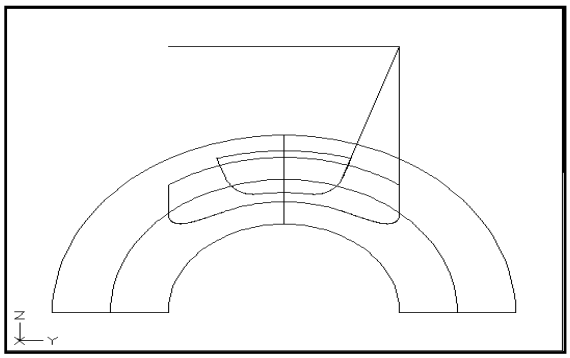
Проецирование кривой на поверхность 

Система позволяет строить проекцию пространственной кривой на поверхность. Для этого необходимо указать проецируемую кривую и поверхность, на которую строится проекция.

Пункт **Проекция** позволяет построить проекцию на указанную поверхность в направлении одной из осей координат (перпендикулярно базовой плоскости). Если текущий вид – изометрия, а параметр **Базовая плоскость** установлен в состояние **Текущий вид**, то кривая проецируется вдоль оси Z.

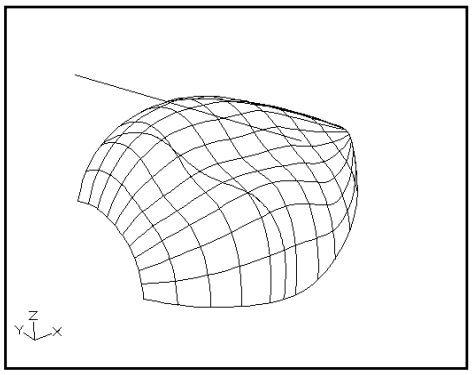
Проекция на поверхность строится с определенной точностью, величина которой задается параметром **Точность** в таблице параметров.





Пункт **Проек. норм** позволяет построить проекцию кривой по нормали к поверхности.

На рисунках показана поверхность, кривая и проекции по оси Z и по нормали.



Пункт **Проекция Расст.** позволяет построить проекцию кривой на поверхность из условия минимума расстояния от кривой до поверхности.

Сечения 

Система позволяет строить сечения поверхности плоскостью, задаваемой прямой произвольного положения и направлением проектирования (перпендикулярно базовой плоскости).

Пункт **Сечение** позволяет построить сечения поверхностей набором плоскостей, заданных прямыми. Плоскость сечения строится перпендикулярно базовой плоскости. Сечение поверхности может состоять из нескольких отдельных кривых.

Сечение поверхности строится с точностью, заданной в **Таблице параметров**.

Пересечение поверхностей 

Пункт **Пересечение** позволяет построить линию пересечения двух поверхностей или оболочек.

Навертка контура на поверхность 

Пункт **Навертка** позволяет построить линию навертки плоского контура (лежащего в плоскости, параллельной плоскости XY) на указанную поверхность. При построении предполагается, что указанная базовая точка с плоскости контура при навертке переходит в указанную на поверхности точку привязки. Алгоритм предполагает, что на плоскости есть заранее известная прямая (ее направление определяется, исходя из взаимного расположения поверхности и плоского контура), проходящая через базовую точку, которая при навертке переходит в известную заранее линию на поверхности (“ось”), проходящую через точку привязки, причем навертка этой прямой происходит с сохранением длины. В реализованном алгоритме за такую линию берется линия v=const (v-линия). Аналогично, прямая, проходящая через базовую точку, лежащая в плоскости контура и перпендикулярная данной, при навертке переходит в линию на поверхности, проходящую через точку привязки и лежащей в плоскости, перпендикулярной “оси” в этой точке, причем тоже с сохранением длины. Два этих требования однозначно определяют алгоритм навертки.

Последовательно отвечая на запросы системы, необходимо указать поверхность, набор плоских контуров, базовую точку в плоскости этого контура (если указанная точка не лежит на этой плоскости, система сама спроецирует эту точку на нее) и точку привязки на поверхности. Аналогично, если точка, указанная на поверхности, не лежит на этой поверхности, система сама спроецирует и найдет эту точку как ближайшую к указанной на поверхности.

Развертка контура с поверхности на плоскость 

Пункт **Развертка** позволяет построить линию развертки контура с поверхности на плоскость. Алгоритм развертки является обратным алгоритму навертки, описанному в предыдущем пункте.

Последовательно отвечая на запросы системы, нужно указать поверхность, контур с этой поверхности, базовую точку с поверхности (если точка, указанная пользователем, не лежит на этой поверхности, система сама спроецирует и найдет эту точку как ближайшую на поверхности к указанной) и точку привязки на плоскости, на которую осуществляется развертка. Эта плоскость должна быть параллельна плоскости XY.

Эквидистанта 

Пункт **Эквидистанта** позволяет построить эквидистанту к указанной кривой. Обеспечиваются возможности построения двух видов эквидистант: построение кривой, эквидистантной к выбранной пользователем, лежащей

на указанной поверхности или в базовой плоскости (в случае отказа от указания поверхности).

Последовательно отвечая на запросы системы, необходимо указать поверхность, набор кривых, к которым будут строиться эквидистанты, величину смещения эквидистанты и направление смещения.

Сглаживание 

Пункт меню **Сглаживание** предоставляет возможность производить сглаживание кривой или ломаной. Необходимо указать объект, после чего выполняется его сглаживание. При сглаживании кривых с изломами сглаживаются только те изломы, величина угла которых не превышает **Макс. угол аппроксимации,** заданного в таблице **Параметры**. Исходная кривая или ломаная сохраняется.

Команду **Сглаживание** следует применять в тех случаях, когда точность не играет большой роли. Для получения сглаживающей кривой с заданной точностью следует применять команду **Аппрокс.**, описанную ниже.

Аппроксимация 

Пункт **Аппроксимация** позволяет производить аппроксимацию кривой или ломаной с заданной точностью. Необходимо указать объект, после чего выполняется его аппроксимация. При сглаживании сплайна строится кривая, аппроксимирующая его узлы, а при сглаживании многоугольника аппроксимируются его вершины. При сглаживании кривых с изломами сглаживаются все изломы вне зависимости от величины угла в точке излома. Если необходимо получить аппроксимирующую кривую с изломами, исходную кривую следует предварительно разделить на части в точках излома, произвести аппроксимацию частей поотдельности, а затем объединить аппроксимированные кривые.

Объединение группы точек в сплайн 

Пункт **Точки–>сплайн** работает также, как и пункт **Точки–>многоугольник.** Отличие в том, что полученный многоугольник сглаживается.

Кривая на поверхности 

Пункт **На поверхности** позволяет построить кривую, лежащую на выбранной поверхности, которая соответствует прямой линии, проходящей через указанные начальную и конечную точки в плоскости параметров U,V этой поверхности. Имеется возможность задать начальную и конечную точки в параметрическом пространстве U,V. Для этого необходимо при запросе системой начальной и конечной точек ввести ответ “Нет” и в появляющейся диалоговой панели ввести значения параметров.



Построение произвольной кривой, используя математические формулы

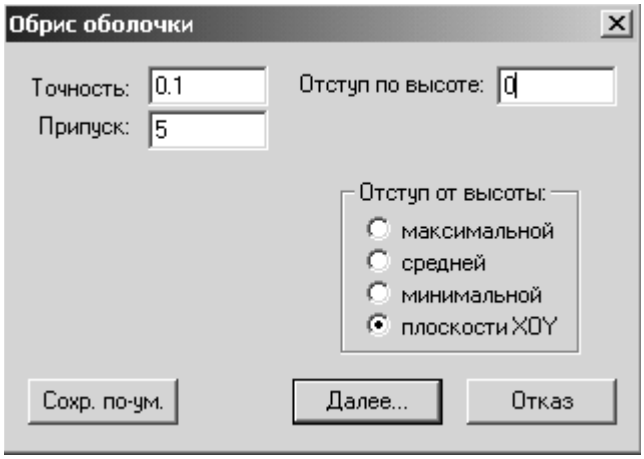
Пункт **F (t)** позволяет строить произвольные кривые, заданные с помощью

математических формул. Подробное описание построения функций приведено в главе **Геометрический редактор 2D**.

Границы поверхностей 

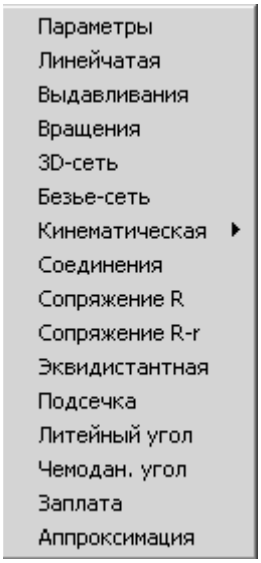
Пункт **Границы поверхностей** позволяет построить сплайн-кривые, лежащие на границах указанной поверхности. Необходимо указать поверхность, после чего строятся кривые, огибающие ее границы.

Обрис. оболочки



Пункт **Обрис. оболочки** позволяет создать плоский контур, который является проекцией границы поверхности или совокупгости поверхностей (оболочки). Данный пункт может быть использован при создании контура заготовки на этапе формирования прохода.

Поверхности 



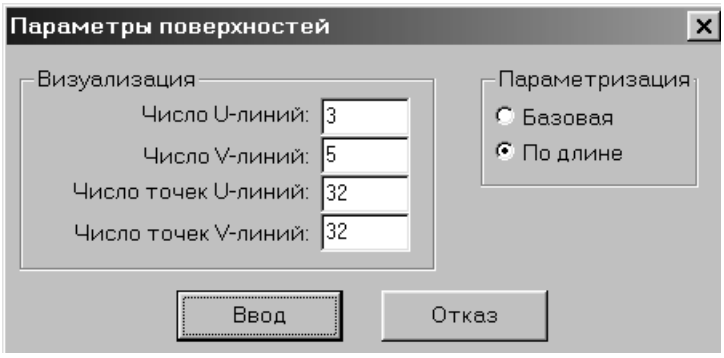
Раздел **Поверхности** позволяет создавать поверхности на базе ранее созданных объектов. Исходными объектам для построения поверхностей могут быть отрезки, кривые или поверхности. Построение поверхностей можно производить на любом рабочем виде, а также в изометрической проекции. После завершения построения поверхности система предоставляет возможность построения следующей поверхности того же типа. Для завешения операции необходимо дать ответ “нет”. Возможные типы поверхностей перечислены в меню.

Для построения линейчатой и бикубической поверхностей необходимо предварительно построить систему опорных (каркасных) кривых. При построении поверхности необходимо, чтобы направление каркасных линий каждого семейства было одинаковым. Для этого имеется возможность изменения направления в процессе указания каркасных

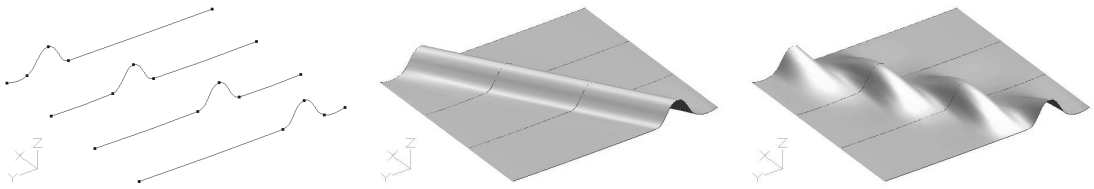
линий. Возможно построение поверхностей на каркасе, состоящем из кривых с разным количеством опрных точек.

Параметры 

Пункт **Параметры** позволяет задать некоторые характеристики строящихся поверхностей: число UV-линий и число точек на них, а также вид параметризации линий каркаса. Вид параметризации имеет существенное значение при построении следующих типов поверхностей: **линейчатая, 3D-сеть, Безье-сеть, Кинематическая, Соединения**. Параметризация может быть равномерной по длине линий каркаса или базовой. При параметризации равномерной по длине линии U=const или V=const проходят через точки, располагающиеся равномерно по длине каждой каркасной линии. При базовой параметризации линии U=const или V=const проходят через опорные точки каркасных линий. При построении поверхностей с базовой параметризацией очень важно, чтобы число опорных точек в каркасных линиях было одинаковым, только в этом случае будет получен прогнозируемый результат.



Следующие рисунки демонстрируют эффект от применения различных видов параметризации: левый - каркасные линии с пятью опорными точками каждая; средний - поверхность 3D-сеть с базовой параметризацией; правый - поверхность 3D-сеть с параметризацией равномерной по длине:

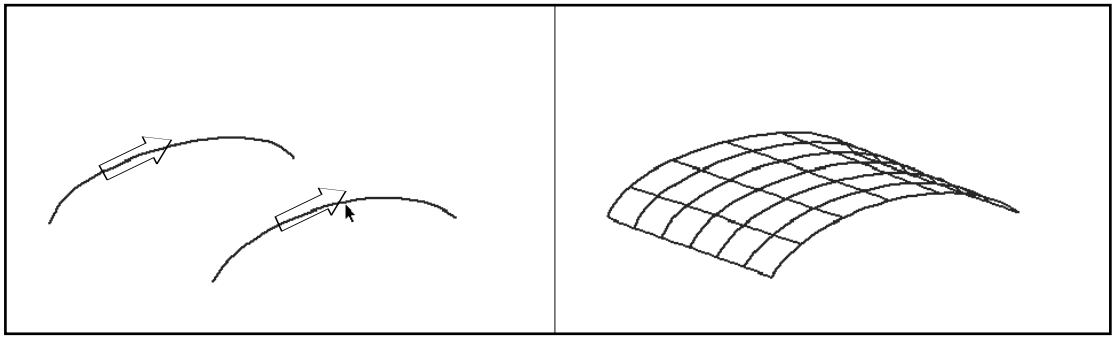


Линейчатая поверхность 

Линейчатая поверхность - поверхность, образованная отрезками прямых, соединяющими два контура.

В качестве контуров можно указывать линии и кривые. При выборе линий на них появляются стрелки, позволяющие правильно задать их взаимную ориентацию. Для изменения направления необходимо нажать правую

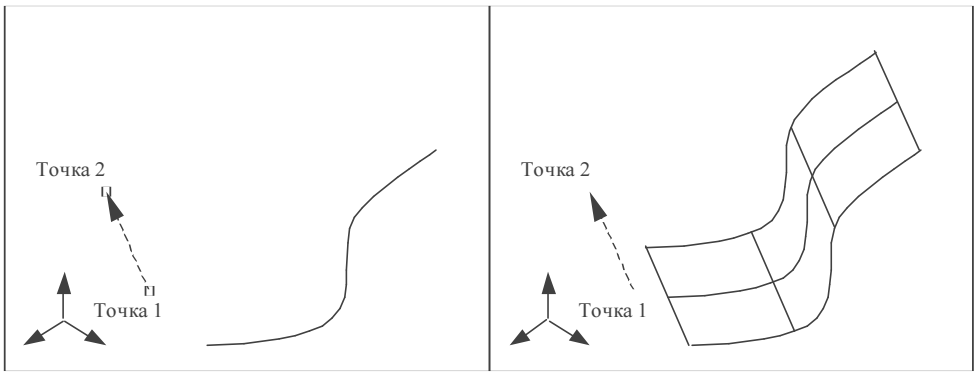
кнопку мыши. После завершения указаний реализуется построение линейчатой поверхности, которая изображается на экране сеткой линий равного параметра.



Поверхность выдавливания 

Поверхность **Выдавливания** - поверхность, образованная протягиванием произвольной линии вдоль отрезка прямой.

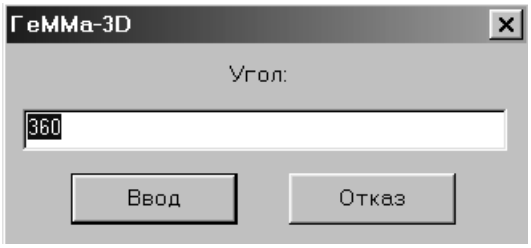
Для построения поверхности выдавливания необходимо указать кривые (одновременно можно построить несколько поверхностей с одинаковым направлением выдавливания) и две точки, которые определяют начало и конец служебного отрезка, задающего направление выдавливания, а расстояние между точками определяет величину выдавливания. Если отказаться от ввода точек, то система построит поверхность выдавливания перпендикулярно базовой плоскости. В этом случае необходимо только выбрать направление выдавливания, предлагаемое системой (изменение направления правой кнопкой мыши), и ввести длину выдавливания в диалоговом окне. Результат построения отображается на экране:



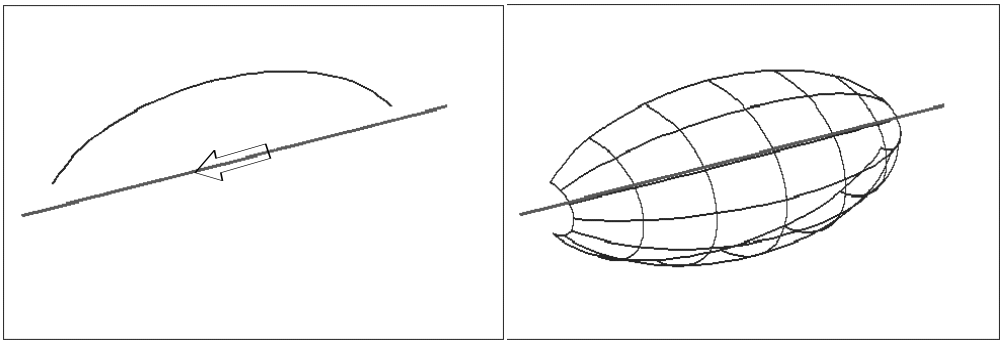
Поверхность вращения 

Поверхность **Вращения** - поверхность, образованная вращением контура относительно некоторой оси. Для построения поверхности вращения необходимо указать образующие контуры (одновременно можно построить несколько поверхностей с общей осью вращения) и ось вращения. В качестве контура можно использовать линию любого типа. В качестве оси вращения допускается использование только отрезков прямых. При указании оси вращения система запрашивает направление оси, которое определяет направление вращения. Направление вращения определяет знак

угла раствора поверхности. Положительный угол соответствует вращению против часовой стрелки, если смотреть со стороны конечной точки отрезка, определяющего ось, в направлении его начальной точки. Отрицательный угол соответствует вращению по часовой стрелке. Для изменения направления вращения необходимо нажать правую кнопку мыши. После выбора оси вращения будет выдано диалоговое окно для ввода величины угла, определяющего угловой размер поверхности:

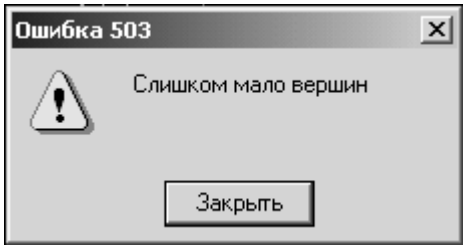


Поверхность будет построена как след от вращения контура вокруг оси на заданный угол:



Бикубическая поверхность (3D-сеть) 

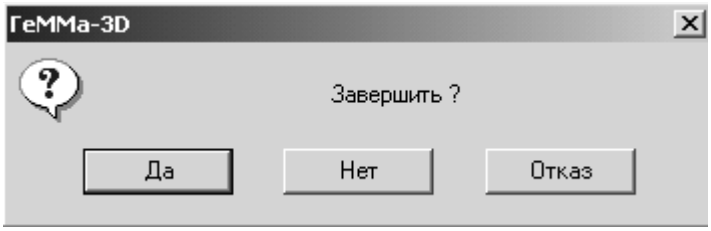
Поверхность **3D-сеть** - бикубическая поверхность Кунса. Для построения поверхности необходимо указать, по крайней мере, три поперечные (первое семейство) и две продольные кривые (второе семейство), образующие ее опорный каркас. В том случае, если выбрано менее трех опорных кривых первого семейства, будет выдана соответствующая диагностика, произойдет отказ от попытки построения поверхности.



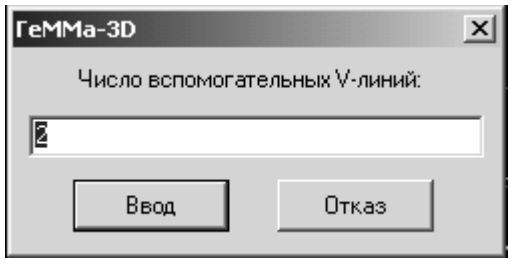
Кривые второго семейства (продольные линии) определяют форму поверхности между сечениями. Если продольные линии не пересекают сечения, то поверхность не содержит продольные линии. При этом

поперечные и продольные кривые не обязательно должны пересекать друг друга. В этом случае будут найдены все пары точек, лежащие на опорных кривых разных семейств, из условия минимального расстояния меду ними и таким образом сформируется система узловых точек элементарных участков поверхности.

Процесс указания каждого семейства кривых завершается ответом “Нет”на запрос о следующем объекте и на экран выдается диалоговое окно для подтверждения завершения ввода семейства или возврата к продолжению ввода.



Можно отказаться от ввода кривых второго семейства. В этом случае система сама построит линии второго семейства, равномерно расположенные вдоль опорных кривых. Количество этих линий задается в диалоговом окне и оно должно быть не менее двух:



Поверхность Безье 

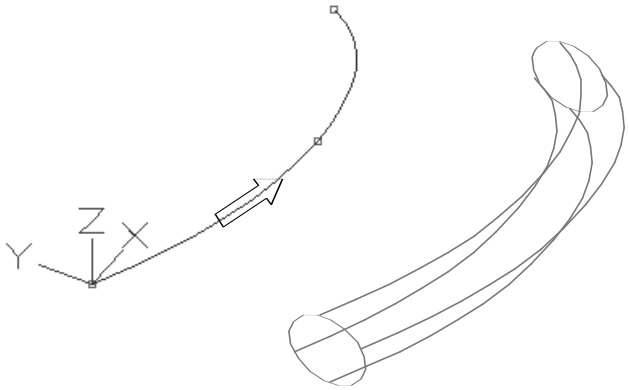
Поверхность **Безье-сеть** строится в такой же последовательности, как и **3D-сеть**. Для построения поверхности Безье необходимо, как минимум, две поперечные кривые. При наличии продольных кривых также необходимо указать минимум две. Для создания качественной поверхности желательно, чтобы число каркасных кривых было минимально возможным, а линии обеих семейств взаимно пересекали друг друга. Если поперечные и продольные кривые не пересекают друг друга, тогда основными линиями, образующими поверхность, будут являться линии первого семейства. Линии второго семейства будут построены автоматически, как проходящие через дополнительные опорные точки на линиях первого семейства, построенных как ближайшие к опорным точкам линий второго семейства (проецирование опорных точек линий второго семейства на линии первого семейства).

Использование поверхности **Безье** предпочтительнее **3D-сети**, так как значительно упрощается процедура экспорта поверхности в другие системы с использованием IGES-интерфейса Кроме того, по сравнению с **3D-сетью**, поверхности получаются, как правило, более гладкие.

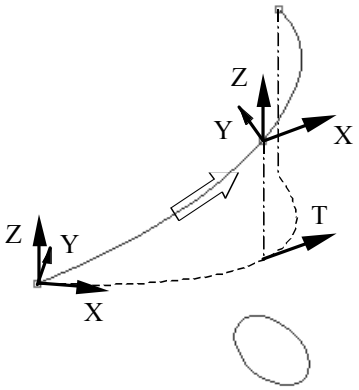
Кинематическая поверхность

Кинематическая поверхность - поверхность, образованная протягиванием одного контура вдоль другого.

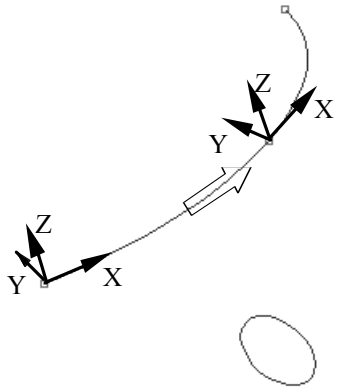
Для построения необходимо указать направляющий контур, образующий контур и выбрать тип движения образующего контура вдоль направляющего.



При **плоско-параллельном способе** в начальную точку направляющего контура произвольным образом устанавливается объектная система координат. Затем объектная система координат смещается по направляющему контуру вместе с образующим так, чтобы оси подвижной системы координат сохраняли параллельность осям объектной системы, стоящей в начальной точке. След от образующего контура создает поверхность:



При **плоско-огибающем способе** в начальную точку направляющего контура устанавливается объектная система координат так, чтобы плоскость XOY объектной системы была параллельна базовой плоскости, а ось OX была параллельна касательной к проекции направляющего контура на базовую плоскость в начальной точке. Затем объектная система перемещается по направляющему контуру вместе с образующим контуром, сохраняя параллельность между осью OX объектной системы и касательной к проекции на базовую плоскость. След от образующего контура создает поверхность.

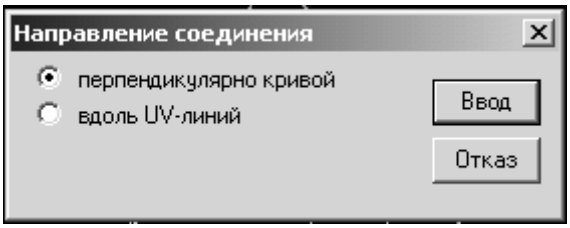


Кинематическая с двумя образующими контурами - поверхность, образованная движением начального контура вдоль направляющего с постепенным переходом в конечный.

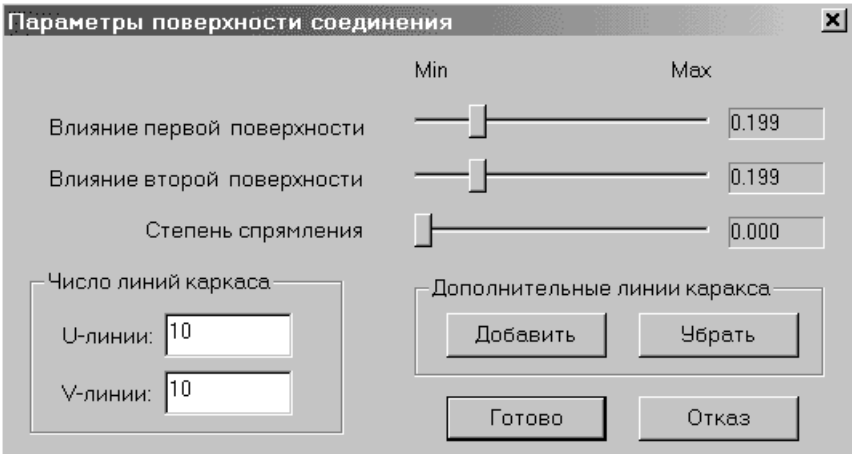
Поверхность гладкого соединения 

Поверхность **Гладкого соединения** - поверхность, соединяющая две другие поверхности.

Для построения поверхности необходимо указать две исходных поверхности и две кривые, расположенные на поверхностях или вблизи них. Проекция каждой кривой по нормали на соответствующую исходную поверхность образует одну из границ новой поверхности. Для правильного построения поверхности необходимо также указать направление граничных кривых и направление построения поверхности соединения:



(перпендикулярно кривой - два варианта, вдоль UV-линий - четыре варианта, выбор варианта направления поверхностей осуществляется правой кнопкой мыши). Затем на диалоговой панели:



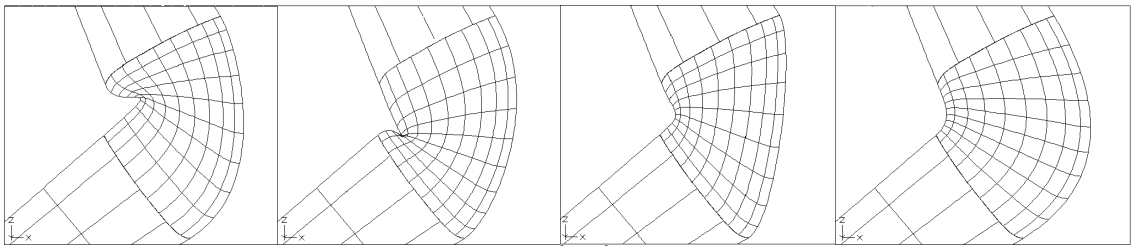
необходимо задать параметры, позволяющие в широких пределах изменять форму поверхности соединения:

Влияние первой поверхности (K1)

Влияние первой поверхности (K2)

Степень спрямляемости (K3)

На рисунках показаны примеры с различными значениями параметров.



(K1=.1, K2=.3, K3=0), (K1=.3, K2=.1, K3=0), (K1=.2, K2=.2, K3=0), (K1=.2, K2=.2, K3=1)

K3 (0/1) - конструкторский коэффициент.

K3=0 - это традиционный способ соединения, при котором продольные каркасные кривые соединяющей поверхности стремятся иметь одну длину. Таким способом не всегда можно получить удачную поверхность.

K3=1 - это способ соединения, при котором продольные каркасные кривые стремятся иметь одинаковую форму.

Задание количества UV-линий влияет на форму создаваемой поверхности (при недостаточном количестве линий будет заметна “огранка” поверхности).

Дополнительные линии соответствия зон влияют на топологию поверхности. По умолчанию продольные линии каркаса (V-линии) соединяют точки граничных сечений, полученные равномерным делении этих линий. Для изменения закона формирования продольных линий можно построить их вручную, создав линии взаимного соответствия двух точек граничных кривых отрезками прямых. При необходимости можно убрать ненужные линии соответствия, указав их курсором.

После задания параметров нужно нажать кнопку ***Готово.*** Система построит временный, только для визуального контроля, каркас будущей поверхности и запрос о дальнейших действиях. Если каркас неудовлетворительный, то следует дать ответ "Нет" - снова появится диалоговая панель для изменения параметров. Для завершения операции следует дать ответ "Да", и поверхность гладкого соединения будет построена. Вновь построенная поверхность будет иметь гладкое сопряжение с исходными поверхностям в тех ее границах, которые образованы проекциями исходных кривых. Исключение составляет случай, когда параметр **Влияние поверхности** равен нулю. Если оба параметра влияние поверхности равны нулю, то будет построена линейчатая поверхность.

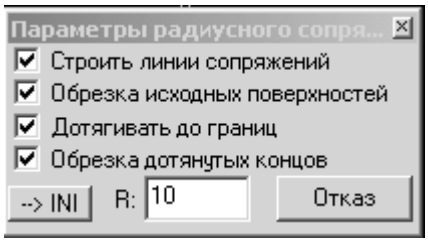
Поверхности радиусного сопряжения 

Система позволяет строить поверхность сопряжения двух поверхностей и поверхности с кривой. Сопряжение строится с постоянным или переменным радиусом:

Сопряж. R
Сопряж. R-r
Подсечка

Поверхность **Сопряжение R** - поверхность сопряжения двух поверхностей поверхностью с постоянным радиусом кривизны.

Для построения нужно задать значение радиуса, отличное от нуля, и установить ряд флагов в диалоговой панели **Параметры радиусного сопряжения**:

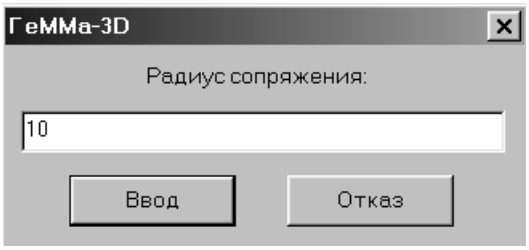


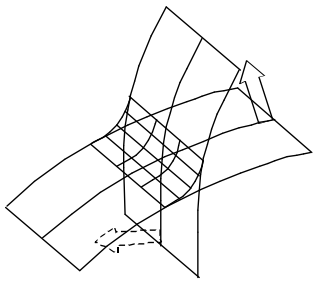
При установке флага ***Строить линии сопряжения*** будут построены также кривые на границах сопряжения поверхностей. Эти кривые могут быть использованы в дальнейшем при обрезании сопрягаемых поверхностей или в качестве ограничений для обработки.

При установке флага ***Обрезка поверхностей*** обрезка будет произведена сразу после построения поверхности сопряжения. При установке этого флага важно, чтобы поверхность сопряжения доходила до границ исходных поверхностей. В противном случае результат обрезки может быть неудовлетворительным и необходимо дополнительно установить флаг ***Дотягивать до границ***.

При установленном флаге ***Дотягивать до границ*** крайние участки поверхностей сопряжения могут выйти за пределы линий ограничений. При необходимости обрезки этих участков нужно установить дополнительный флаг ***Обрезка дотянутых концов***.

Далее необходимо указать сопрягаемые поверхности с указанием направления, где будет построено сопряжение. Система строит поверхность сопряжения на основе семейства дуг окружности одинакового радиуса, концы дуг подходят по касательной к каждой из поверхностей.

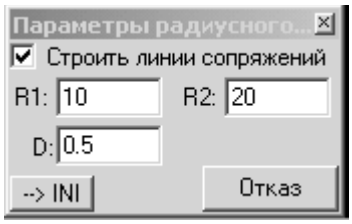




В качестве исходных поверхностей могут быть оболочки. В этом случае не будет запроса на указание направления, и для каждой поверхности будет взято то направление, которое установлено для нее в составе данной оболочки.

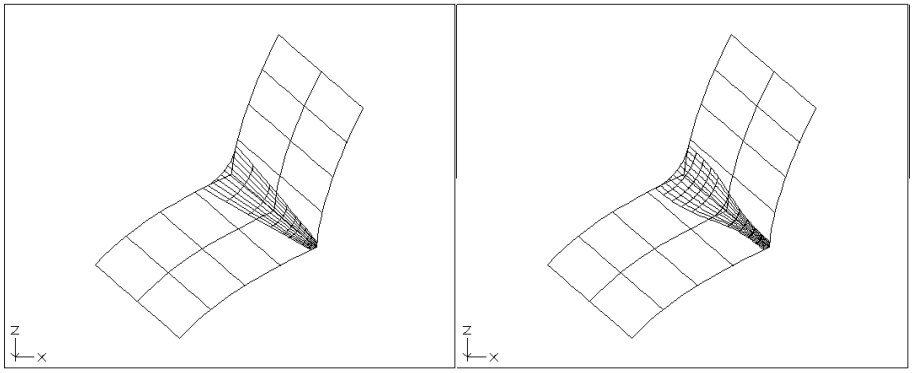
Поверхность **Сопряжение R-r** - сопряжение двух поверхностей переменным радиусом.

Для построения нужно задать значение начального и конечного радиусов, значение дискриминанта **D**, который задает закон перехода от минимального радиуса к максимальному, и, при необходимости, установить флаг ***Строить линии ограничений*** в диалоговой панели **Параметры радиусного сопряжения**:



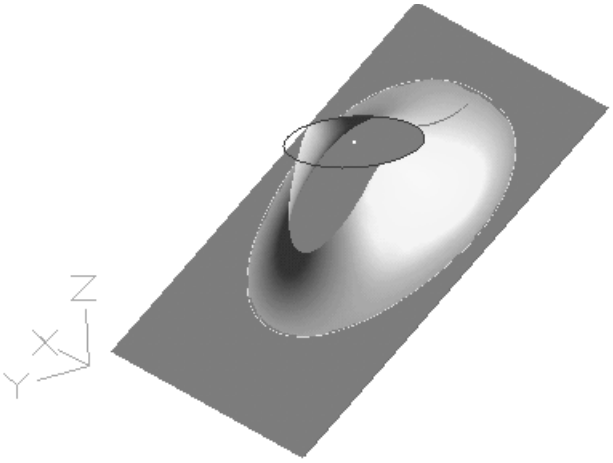
Далее необходимо указать сопрягаемые поверхности с указанием направления, где будет построено сопряжение. Система построит линии сопряжения поверхностью минимального радиуса и запросит указазать точку расположения минимального радиуса. После указания точки будет нарисована дуга и необходимо подтвердить ее месторасположение левой кнопкой мыши или отказаться правой кнопкой. В последнем случае дуга минимального радиуса будет установлена на противоположном конце линии сопряжения. После подтверждения будут построены линии сопряжения поверхностью максимального радиуса и система аналогичным образом запросит указазать точку расположения максимального радиуса.

Значение дискриминанта **D**, равное 0.5, соответствует линейному закону изменения. Значение 1 соответствует "S"-образному закону. На рисунках приведены примеры поверхностей сопряжения переменного радиуса с дискриминантом 0.5 и 1 соответственно:



Порверхность **Подсечка** - сопряжение поверхности и кривой поверхностью постоянного радиуса, имитируя след сферической фрезы, которая касается линии и поверхности одновременно.

Для построения нужно указать значение радиуса сопряжения в диалоговом окне, отличное от нуля, поверхность с указанием направления, с какой стороны от поверхности будет построено сопряжение. Система строит поверхность сопряжения на основе семейства дуг окружности одинакового радиуса. Каждая дуга начинается на указанной кривой и подходит по касательной к поверхности. Система строит также кривую на границе сопрягающей поверхности. Система, высвечивая точками концы дуг, предлагает место размещения дуги будущего сопряжения относительно кривой, которые необходимо выбрать с помощью стандартного подтверждения или отказа клавишами мыши. Если расстояние между кривой и поверхностью слишком большое, то сопряжение строится между указанной поверхностью и мнимой поверхностью выдавливания, образованной протягиванием указанной кривой вдоль оси Z.



Эквидистантная поверхность 

Эквидистантная поверхность - поверхность, отстоящая по нормали от исходной на заданном расстоянии.

В ответ на запросы системы необходимо указать поверхность, сторону, с которой будут строиться эквидистантные поверхности, величину сдвига и число новых объектов. Для вогнутых поверхностей не рекомендуется указывать величину сдвига, превышающую минимальный радиус кривизны поверхности.

Литейный угол 

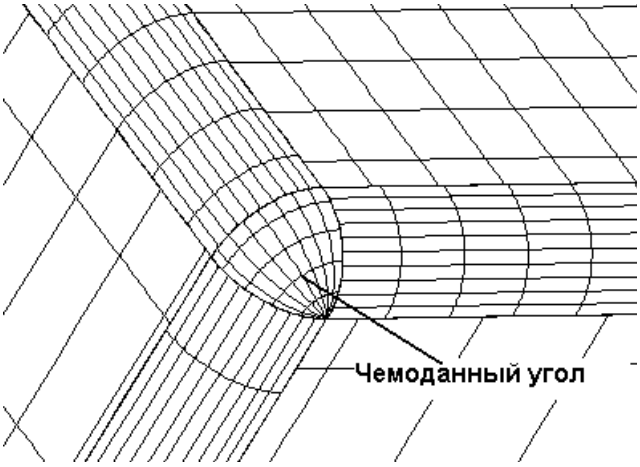
Литейный угол - литейный (штамповочный) уклон, общепринятый в машиностроении.

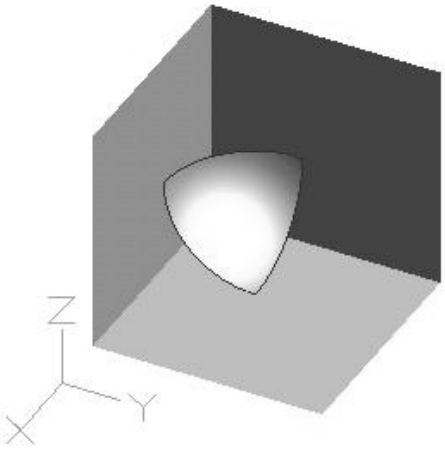
Система запрашивает поверхность и кривую, угол и направление уклона относительно кривой. Угол отсчитывается от перпендикуляра к базовой плоскости. Будет построена линейчатая поверхность от кривой до указанной поверхности с заданным углом. Если отказаться от указания поверхности, то система построит поверхность с образующей уклона постоянной длины, которую определяет параметр **Величина сдвига начальной эквидистанты**.

Чемоданный угол 

Поверхность **Чемоданный угол** - поверхность скругления трех поверхностей сферой.

Система позволяет строить сопряжение трех поверхностей заданным радиусом, так называемый чемоданный угол. Для построения такого сопряжения необходимо указать радиус сопряжения, затем последовательно три сопрягаемые поверхности с указанием сторон. Система строит поверхность, а также границы сопряжения:

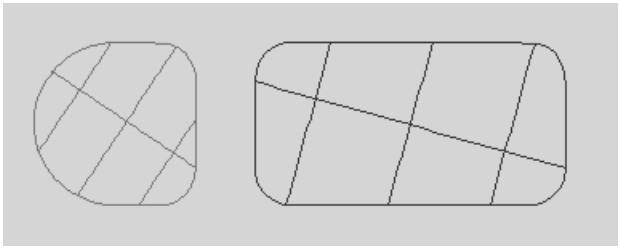




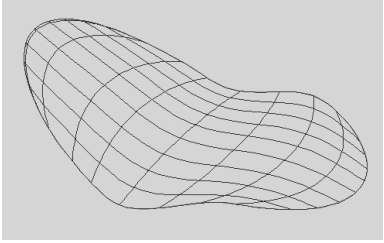
Заплата

Порверхность **Заплата з**акрывает замкнутый или незамкнутый контур поверхностью. Контуром может быть сплайн или полигон. Незамкнутый контур замыкается прямой. Незамкнутым считается такой контур, в котором "щель" между начальной и конечной точками больше установленной в таблице параметров точности.

Если контур лежит в произвольной плоскости с заданной точностью, то результирующей поверхностью будет плоская линейчатая поверхность, обрезанная по спроецированному на нее контуру:



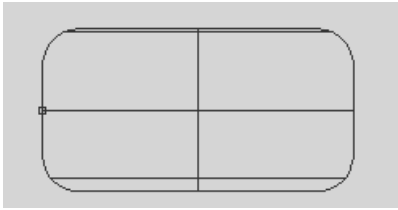
Если контур не лежит в плоскости, то результирующей поверхностью будет поверхность **Безье - 3D-сеть** с исходными данными непосредсвенно снятыми с контура:



Построение поверхности **3D-сеть** и проецирование производится с установленной в системе точностью.

При построении поверхности **Безье** контур делится на четыре части примерно равной длины и пары противоположных частей воспринимаются как линии первого и второго семейства.

Имеется возможность управлять алгоритмом деления контура на части, что влияет на направление U,V-линий и на форму результирующей поверхности. Если на контуре указать точку, то первая его часть будет выделена таким образом, что эта точка является её серединой, а оставшаяся часть контура делится равномерно на три части.



При выходе на построении **Безье** система запросит указать контур и точку на контуре. В случае отказа от указания точки поверхность строится произвольным образом. В случае указания точки поверхность строится в соответствии с описанным выше алгоритмом. Выбором начальной точки можно управлять формой поверхности.

Аппроксимация 

Аппроксимация поверхности позволяет из поверхности любого типа создать поверхность **Безье**.

Следует указать поверхность любого типа, можно указать также и поверхность **Безье**. В результате будет построена поверхность **Безье**, которая будет иметь отклонение от указанной в пределах заданной точности. Необходимость такого преобразования нужна в следующих случаях.

- создание более гладкой поверхности,
- создание поверхности с меньшим количеством геометрической информации,
- для экспорта поверхности в формат IGES,
- для выполнения функции **Удлинить поверхность.**

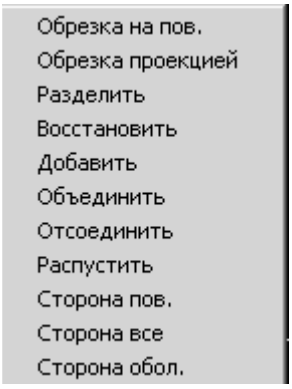
В случае, если полученная поверхность нежелательно далеко отклоняется от исходной, или сегменты поверхности образуют петли, которые хорошо видны в тоновой визуализации, необходимо увеличить точность аппроксимации.

Создание оболочек 

Раздел **Оболочка** содержит команды, позволяющие собирать поверхности в группы, получая таким образом оболочки, и команды для модификации

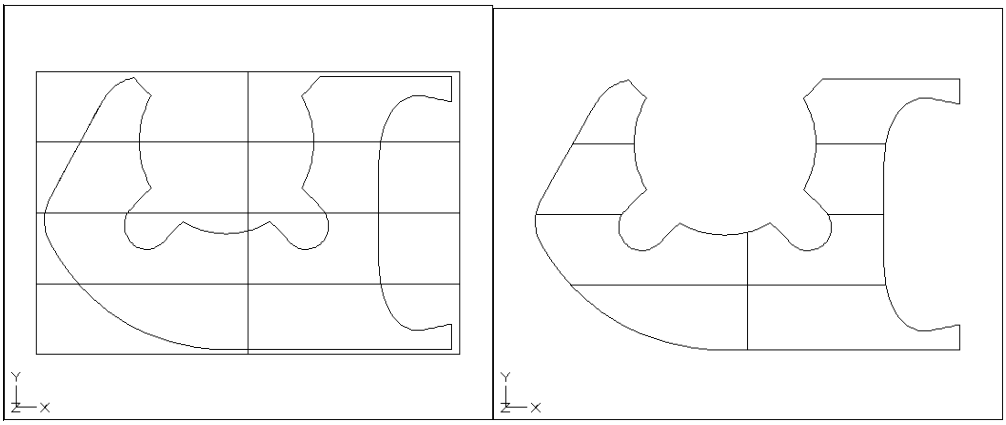
поверхностей и оболочек.

Триммирование (обрезка) поверхностей 



Операция обрезки позволяет модифицировать границы существующих поверхностей, удаляя (делая невидимыми) области поверхности, делать в них вырезы. При необходимости исходная поверхность может быть восстановлена (смотри далее операцию **Восстановить**). При выполнении операции обрезки существенное значение имеет выбор базовой плоскости, так как проектирование кривой производится ортогонально базовой плоскости.

Пункт **Обрезка на поверхности** позволяет производить обрезку по кривым, лежащим на поверхности. Необходимо указать поверхность и линию, определяющую новую границу поверхности. Указанная линия проецируется на поверхность, после чего предлагается указание активной части поверхности. Изменение расположения активной зоны делается правой кнопкой мыши. После указания активной зоны неактивная часть поверхности обрезается и удаляется с экрана. Линия ограничения должна быть либо замкнутой, либо пересекать не менее двух раз внешнюю границу поверхности.



Пункт **Обрезка проекцией** позволяет производить обрезку по кривым, не лежащим на поверхности. Указанная линия проецируется на поверхность, после чего производится обрезка поверхности по описанному выше алгоритму.

Пункт **Разделить** позволяет разрезать поверхность на две по указанной линии. Требования к разделяющей линии такие же, как в пункте **Обрезка**.

Пункт **Восстановить** позволяет восстановить из триммированной поверхности поверхность без обрезки.

Создание оболочек и отсоединение повверхностей 

Пункт **Добавить** служит для создания новой оболочки или добавления к оболочке других поверхностей или оболочек. Для этого необходимо указать первую поверхность и определить ее внешнюю сторону (изменение

направления нормали к поверхности делается правой кнопкой мыши). После подтверждения можно указывать следующие поверхности и оболочки для добавления их к первой указанной.

Пункт **Объединить** служит для быстрого объединения группы поверхностей в оболочку. При этом внешняя сторона не корректируется. В случае необходимости ее можно скорректировать соответствующими командами.

Пункт **Отсоединить** позволяет исключить из оболочки указанную поверхность, которая становится отдельным объектом.

Пункт **Распустить** разделяет указанную оболочку на составляющие ее поверхности.



Изменение внешней стороны оболочки

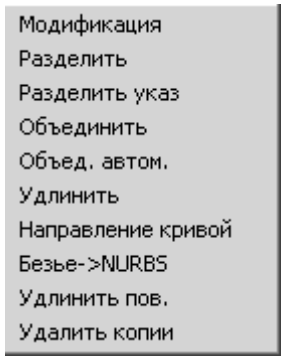
Пункт **Сторона поверхности** позволяет определить внешнюю сторону указанной поверхности, в том числе входящей в оболочку. После указания поверхности появляется стрелка, указывающая внешнюю сторону поверхности. Отвечая “Нет”, можно изменить ее направление. При ответе “Да” определение внешней стороны завершается.

Пункт **Сторона все** позволяет определить внешнюю сторону всех поверхностей одновременно, составляющих оболочку, и выборочно поменять их направление. После указания оболочки на каждой поверхности появляется стрелка, указывающая внешнюю сторону. Направление стрелки можно изменить на противоположное, указав на соответствующую ей поверхность. Вначале все стрелки расположены приблизительно в середине каждой поверхности. После указания поверхности для смены ее внешней стороны стрелка появляется в месте указания. Для завершения смены внешней стороны следует ответить “Нет”.

Пункт **Сторона оболочки** позволяет установить внешнюю сторону у всей оболочки. После указания оболочки появляется стрелка, указывающая ее внешнюю сторону. Сменить сторону оболочки можно, ответив “Нет” на вопрос **Обрабатываемая часть ?**. При ответе “Да” операция смены внешней стороны завершается.

Модификация 

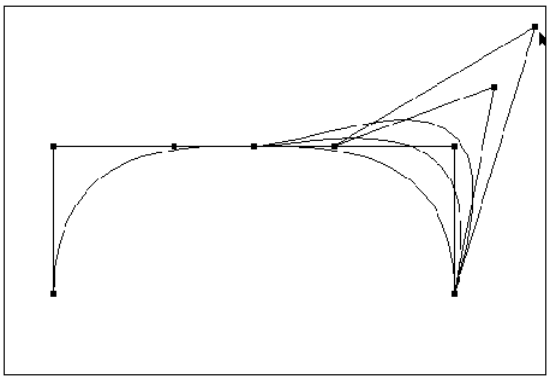
Раздел включает в себя команды модификации кривых и поверхностей:



Модификация кривых 

Модификации могут быть подвергнуты отрезки прямых, многоугольники и сплайны (модифицируется характеристический многоугольник). При модификации отрезков прямых и многоугольников выбранные точки смещаются в рабочей плоскости.

При модификации сплайна с числом сегментов больше, чем один, выдается запрос: **Сохранять непрерывность касательных в узлах?**. В случае ответа “Да” при модификации вершин характеристического многоугольника будет сохраняться непрерывность касательной в узлах сплайна. То есть при перемещении точки характеристического многоугольника, не совпадающей с узлом сплайна, точка по другую сторону от узловой точки сплайна переместиться так, чтобы в узле сплайна касательная сохранилась.



После указания кривой на экране появляется ее характеристический многоугольник с вершинами, выделенными цветом. Система выдает запрос: **Укажите точку**. Следует указать вершину, которую требуется модифицировать. При успешном указании выдается новый запрос: **Укажите новое положение точки**. Новое положение вершины задается позиционированием указки. При определении нового положения вершина перемещается в плоскости параллельной рабочей плоскости, проходящей через данную вершину, то есть изменяются две координаты, соответствующие текущему виду. Значение третьей координаты остается неизменным. После указания нового положения вершины кривая и ее характеристический многоугольник перерисовываются, а не модифицированная копия кривой гасится. Последнюю можно восстановить на экране, если выполнить команду **Обнови**. Вернуться к немодифицированному варианту кривой можно, нажав кнопку ***Отказ*** на панели **Параметры ввода**. При этом сеанс модификации завершится. Завершение с сохранением результатов модификации происходит при ответе “Нет” на запрос об указании следующей точки.

Деление кривых 

Пункт **Разделить** позволяет разделить кривую на две части. Место деления определяется указываемой точкой. Необходимо в ответ на запросы системы указать кривую и точку или другую кривую, в точке пересечения с которой будет произведено деление. Если в указанной курсором позиции в пределах заданного значения чувствительности (захвата) нет точки или указанные кривые скрещивающиеся, то место деления определяется минимальным расстоянием от указанной точки (или кривой) до разделяемой кривой. В случае указания в качестве места разделения другой кривой могут найтись несколько точек пересечения. Для перебора точек разделения необходимо

воспользоваться правой кнопкой мыши.

Пункт **Разделить по указанию** позволяет разделить кривую на две части в указанной точку. Необходимо в ответ на запросы системы указать кривую и точку.

Объединение кривых 

Пункт **Объединить** позволяет объединять линии и кривые в единый объект. В ответ на запросы системы необходимо последовательно указать объединяемые кривые. Концы кривых должны совпадать с точностью, указанной в параметре **Точность** таблицы параметров, иначе система выдаст диагностическое сообщение “Концы указанных элементов не совпадают” и присоединения этого элемента не произойдет.

Команда **Объединить автоматом** работает аналогично пункту **Объединить**. Отличие заключаются в следующем: если имеется множество кривых, концы которых совпадают, достаточно указать первые две кривые - остальные объединятся автоматически. Если очередная точка является началом более чем одного элемента, система выдаст запрос: в каком направлении продолжить объединение.

При объединении сплайна с линией или многоугольником получится сплайн. При объединении линии с линией или многоугольником получится многоугольник.

Удлинение кривых 

Команда **Удлинить** позволяет продлить кривую, многоугольник или отрезок на заданную длину с одного из концов, либо дотянуть указанную кривую до определенной точки. После указания кривой необходимо выбрать удлиняемый конец и тип удлинения (**по длине/в точку**). Кривая будет продлена в указанном направлении с сохранением гладкости.

Направление кривых 

В процессе построения геометрических объектов иногда имеет существенное значение направление обхода криволинейного контура, ломаной линии или отрезка.

Команда **Направление кривой** позволяет изменять направление обхода линии. После указания объекта на нем стрелкой будет указано текущее направление. Для изменения направления необходимо нажать правую кнопку мыши.

Безье->NURBS

Команда **Безье->NURBS** осуществляет перевод поверхности **Безье** в NURBS. Для этого необходимо указать поверхность **Безье**, после чего система выполнит команду.

Удлинить поверхность

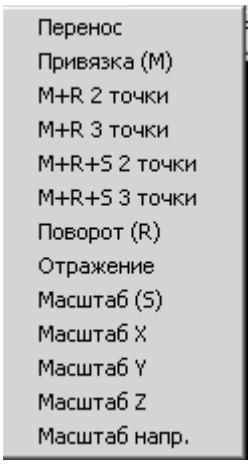
Команда **Удлинить поверхность** позволяет удлинить поверхность. Удлинять можно только поверхность **Безье**. Необходимо, следуя запросам системы, последовательно указать удлиняемую поверхность, сторону и величину удлинения.

Удалить копии

Команда **Удалить копии** позволяет удалить повторяющиеся (наложенные друг на друга однотипные) объекты, появившиеся в результате каких-либо операций или при импорте из других систем. Необходимо указать кратные объекты, после чего система удаляет копии.

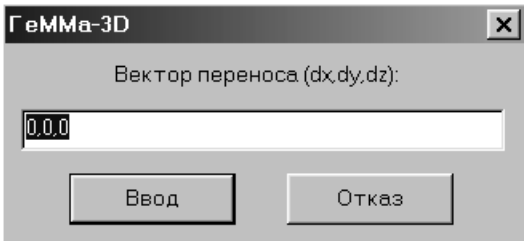
Преобразование объектов 

Пункт основного меню **Преобразовать** содержит команды, позволяющие проводить аффинные преобразования над объектами (точками, линиями и поверхностями). Перечень возможных преобразований указан в меню раздела:



Параллельный перенос 

Команда **Перенос** позволяет производить плоско-параллельный перенос объектов. Необходимо указать набор объектов для переноса левой кнопкой мыши, затем отказаться от очередного указания правой кнопкой мыши и в появившемся диалоговом окне ввести величины смещений объектов вдоль каждой из осей:



После этого во вновь появившемся окне указать необходимое количетво копий (**Число новых объектов:**).

Это означает, что в процессе преобразования будет создано указанное количество новых объектов, полученных из исходного путем последовательного применения к нему преобразования. Если число новых объектов введено 0, то после перемещения исходный объект будет уничтожен.

После нажатия в нем кнопки ***Ввод*** перенос будет выполнен и снова выдано диалоговое окно для ввода координат вектора переноса. Для завершения операции необходимо в последнем окне нажать кнопку ***Отказ***. Можно продолжить операцию преобразования, введя новые значения перемещений.

Замечание:

Если значения перемещений не будет изменено, то будут созданы новые копии объектов, наложенные на предыдущие, так как перемещаются исходные объекты, а не копии.

Привязка 



Команда **Привязка (M)** позволяет осуществлять перенос объекта или группы объектов из одной точки в другую. После выбора перемещаемых объектов необходимо указать точку, связанную с перемещаемыми объектами. Затем на запрос системы: **Точка привязки (x,y,z):** - неоходимо указать точку, в которую необходимо переместить указанную базовую точку. Точку привязки можно задать координатами в диалоговом окне **Параметры указания** и нажать клавишу **<Enter>**.

После этого во вновь появившемся окне указать необходимое количетво копий (**Число новых объектов:**).

После нажатия в нем кнопки ***Ввод*** перенос будет выполнен и снова выдан запрос ситемы: **Базовая точка (x,y,z):**. Для завершения операции необходимо в диалоговом окне **Параметры указания** нажать кнопку ***Отказ.*** Можно также продолжить операцию преобразования, задав новую точку привязки.

Команда **M+R 2 точки** позволяет осуществить перенос группы объектов из одной точки в другую с одновременным поворотом относительно вектора, перпендикулярного базовой плоскости. Величина поворота определяется вводом второй базовой точки и второй точки привязки. Группа объектов будет повернута таким образом, что проекция вектора, направленного от первой базовой точки ко второй, на базовую плоскость будет совпадать по направлению с проекцией вектора от первой точки привязки ко второй.

Команда **M+R 3 точки** позволяет осуществить перенос группы объектов с одновременным поворотом в пространстве. Для определения параметров этого преобразования вводятся три базовые точки и три точки привязки. Группа объектов будет преобразована таким образом, что первая базовая точка совпадет с первой точкой привязки, плоскость, проходящая через три

базовые точки совпадет с плоскостью, проходящей через три точки привязки, а вектор, направленный от первой базовой точки ко второй, совпадет по направлению с вектором, направленным от первой точки привязки ко второй.

Команда**M+R+S 2 точки** позволяет осуществить перенос группы объектов из одной точки в другую с одновременным поворотом относительно вектора, перпендикулярного базовой плоскости и масштабированием. Величины поворота и масштабирования определяются вводом второй базовой точки и второй точки привязки. Группа объектов будет повернута таким образом, что проекция вектора, направленного от первой базовой точки ко второй, на базовую плоскость будет совпадать по направлению с проекцией вектора от первой точки привязки ко второй. Коэффициент масштабирования будет равен отношению отрезка привязки к базовому отрезку.

Пункт **M+R+S 3 Точки** позволяет осуществить перенос группы объектов с одновременным поворотом в пространстве и масштабированием. Для определения параметров этого преобразования вводятся три базовые точки и три точки привязки. Группа объектов будет преобразована таким образом, что первая базовая точка совпадет с первой точкой привязки, вторая базовая точка совпадет со второй точкой привязки, а плоскость, проходящая через три базовые точки, совпадет с плоскостью, проходящей через три точки привязки. Коэффициент масштабирования будет равен отношению отрезка, соединяющего первую и вторую точки привязки, к отрезку, соединяющему первую и вторую базовые точки.

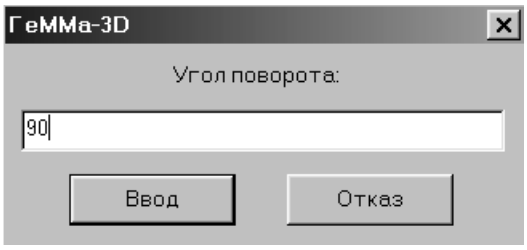
Поворот 

Команда **Поворот (R)** позволяет вращать объекты относительно заданной оси. Необходимо указать объекты и ответить на запрос системы:

Укажите ось (отказ – полюс поворота)

Необходимо либо указать прямую, относительно которой будет осуществляться поворот, либо ввести ответ “Нет”. Если указана прямая (ось), то на ней будет стрелкой указано направление оси, которое определяет направление вращения. Положительный угол соответствует вращению против часовой стрелки, если смотреть со стороны конечной точки отрезка, определяющего ось, в направлении его начальной точки. Отрицательный угол соответствует вращению по часовой стрелке. Для изменения направления вращения необходимо нажать правую кнопку мыши. Концы оси будут помечены маркерами для того, чтобы при смене вида не потерять ее. Если введен ответ “Нет”, то система запросит указать или ввести координаты полюса поворота на панели **Параметры ввода**. Полюс поворота представляет собой точку в текущей базовой плоскости. В действительности, таким путем определяется ось поворота, проходящая через заданную точку и перпендикулярная базовой плоскости.

После выбора оси вращения будет выдано диалоговое окно для ввода величины угла поворота:



После ввода угла поворота необходимо указать количество копий и нажать кнопку ***Ввод***. Для завершения операции необходимо нажать кнопку ***Отказ***.

Отражение 

Команда **Отражение** позволяет построить отражение объекта относительно заданной оси. Необходимо указать объекты и ответить на запрос системы:

Укажите прямую

В качестве оси симметрии может быть выбран только отрезок прямой. В действительности, таким путем определяется плоскость отражения, содержащая заданный отрезок и перпендикулярная базовой плоскости. После указания оси будет выдано диалоговое окно для указания количества копий. Количество копий может принимать значение 0 или 1.

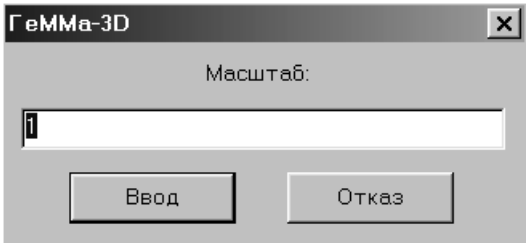
Масштабирование 

Команда **Масштаб (S)** обеспечивает выполнение преобразования масштабирования для указанных объектов. Масштабирование выполняется относительно полюса, координаты которого задаются по запросу системы:

Координаты полюса масштабирования (x,y,z):

Необходимо указать курсором или ввести координаты полюса поворота на панели **Параметры ввода.**

Далее на запрос системы:



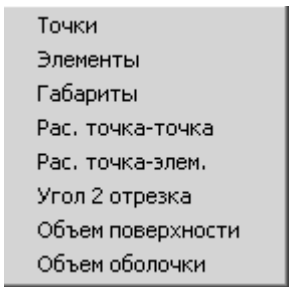
необходимо ввести значение масштаба. После ввода масштаба необходимо указать количество копий и нажать кнопку ***Ввод***. Для завершения операции необходимо нажать кнопку ***Отказ***.

Команды **Масштаб X,Y,Z** обеспечивают выполнение преобразования масштабирования для указанных объектов относительно полюса и осей X,Y,Z соответственно, координаты которого задаются по запросу системы.

Команда **Масштаб по направлению** обеспечивает выполнение преобразования масштабирования для указанных объектов относительно полюса и вектора координаты которых задаются по запросу системы.

Измерить

Система позволяет контролировать параметры и координаты геометрических объектов, полученных в результате построений, а также определить уровень. Пункт содержит также команды измерений координат точек, длин и углов наклона отрезков, параметров дуг окружностей, отрезков сплайнов, поверхностей и оболочек:



Точки

Необходимо указать новую или существующую точку в соответствии с установками панели **Параметры ввода**. После указания на экране возникает информационная таблица:

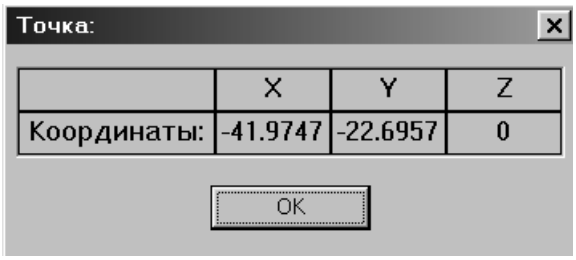


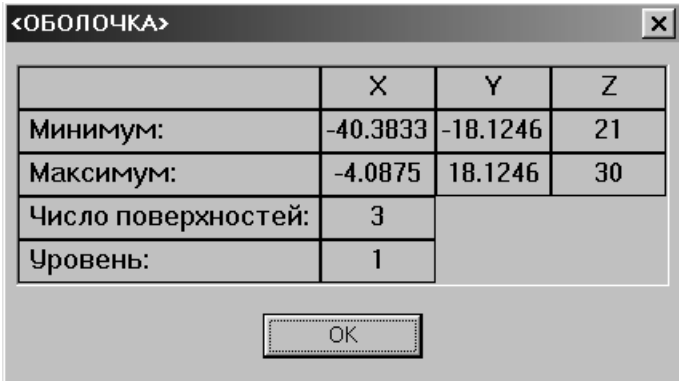
Таблица будет сохраняться до нажатия кнопки ***OK*** .

Элементы

Работа пункта аналогична работе пункта **Инфо** верхнего оперативного меню.

Пункт **Элементы** обеспечивает вывод параметров указанного простого элемента (маркера, отрезка прямой, дуги окружности, отрезка сплайна) или контура, поверхности, оболочки, а также уровня, на котором находится указанный элемент.

После указания объекта на экране появляется информационная таблица:



Габариты

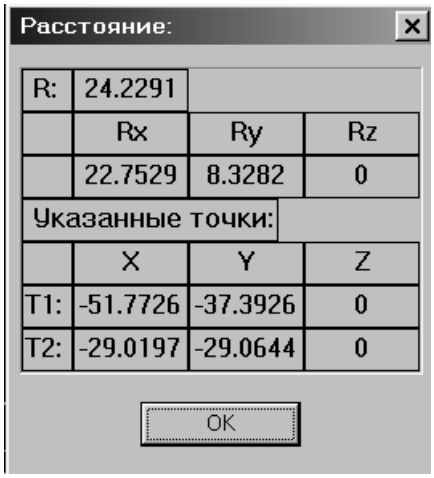
После указания объектов на экран выводится таблица габаритов указанных объектов:



Выводятся значения Xmin, Ymin, Zmin, Xmax, Ymax, Zmax, DX, DY, DZ.

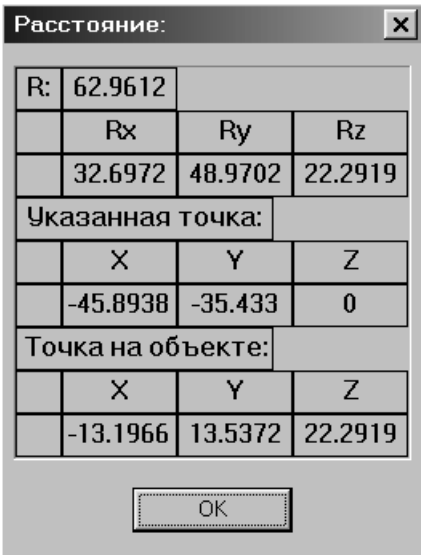
Расстояние от точки до точки

Команда **Расстояние точка-точка** позволяет измерить кратчайшее расстояние между двумя указанными точками. Для этого последовательно указываются две точки. В таблице выводится информационное сообщение:



Расстояние от точки до элемента

Команда **Расстояние точка-элемент** позволяет измерить кратчайшее расстояние от выбранной точки до указанного элемента. Для этого последовательно указываются точка и элемент. В таблице выводится информационное сообщение:



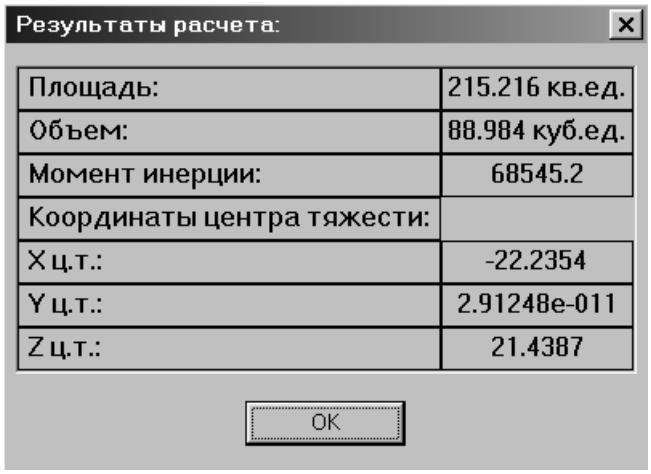
Угол между двумя прямыми

Команда **Угол 2 отрезка** позволяет измерить угол между двумя указанными прямыми. После указания прямых в таблице выводится информационное сообщение:



Объем поверхности

Команда **Объем поверхности** позволяет вычислить объем, ограниченный фрагментом поверхности внутри указанного контура и плоскостью, параллельной базовой на указанной глубине (объем “стакана”). Необходимо на запросы системы последовательно указать поверхность, кривую, текущее значение глубины, направление и точность измерения. После чего система выдаст результаты расчета указанного объема:

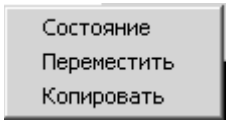


При вводе глубины система выдаст ее значение для подтверждения правильности ввода или ввода скорректированного значения.

Объем оболочки

Команда **Объем оболочки** позволяет измерить объем, ограниченный поверхностью оболочки. Необходимо на запросы системы указать оболочку. После чего система выдаст результаты вычисления объема указанной оболочки.

Работа с уровнями



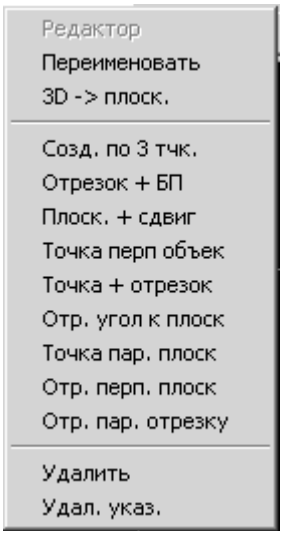
Пункт основного меню **Уровни** включает в себя следующие команды:

Работа с уровнями описана в главе **Интерфейс пользователя.**

Плоскости 

В системе есть возможность создавать и работать с произвольными конструкционными плоскостями. Каждая плоскость имеет имя и характеризуется положением в пространстве. Плоскостей может быть любое количество. Три базовые плоскости создаются автоматически: XY, XZ, YZ. Эти плоскости можно удалить, но при очередном запуске системы они вновь создадутся. На плоскостях находятся 2D-объекты. Для создания и модификации 2D-объектов используется **2D-редактор**. Созданные в **2D-редакторе** объекты передаются в **3D-редактор** автоматически.

Пункт основного меню **Плоскости** содержит команды вызова **2D-редактора**, создания плоскостей, редактирования объектов на плоскостях и удаления плоскостей:



Пункт **Редактор** инициирует вызов геометрического редактора плоских объектов, который описан в главе **Геометрический редактор 2D**. После вызова редактора 2D выводится таблица всех созданных плоскостей. Необходимо выбрать нужную плоскость для работы, после чего происходит переход в выбранную плоскость.

Пункт **Переименовать** позволяет задать новое имя выбираемой плоскости.

Пункт **3D->Плоскость** позволяет спроецировать пространственный объект на указанную плоскость, после чего его проекция становится доступной в редакторе 2D.

Пункт **Создать по 3 тчк**. позволяет создать новую плоскость по трем точкам. Первая указанная точка будет началом координат плоскости, вторая точка определит направление OX плоскости, третья точка доопределит положение плоскости в пространстве. Имя плоскости вводится в диалоговой панели.

Пункт **Отрезок + БП** позволяет создать новую плоскость, проходящую через указанный отрезок перпендикулярно базовой плоскости.

Пункт **Плоск. + сдвиг** позволяет создать новую плоскость, параллельную указанной, на определенном расстоянии.

Пункт **Точка перп. объект** создается плоскость, проходящая через указанную точку перпендикулярно указанному отрезку.

Пункт **Точка + отрезок** создается плоскость, проходящая через указанные точку и отрезок.

Пункт **Отр. угол к плоск**. создается плоскость, проходящая через указанный отрезок, под заданным углом к указанной плоскости.

Пункт **Точка пар. плоск.** создается плоскость, проходящая через указанную точку параллельно указанной плоскости.

Пункт **Отр. перп. плоск.** создается плоскость, проходящая через указанный отрезок, перпендикулярно указанной плоскости.

Пункт **Отр. пар. отрезку** создается плоскость, проходящая через указанный отрезок, параллельно другому указанному отрезку.

Пункты **Удали и Удал. указ.** производят удаление указанных плоскостей. При удалении высвечиваются все объекты, лежащие на плоскости, для подтверждения их удаления.

Создание программ на макроязыке

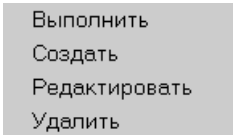


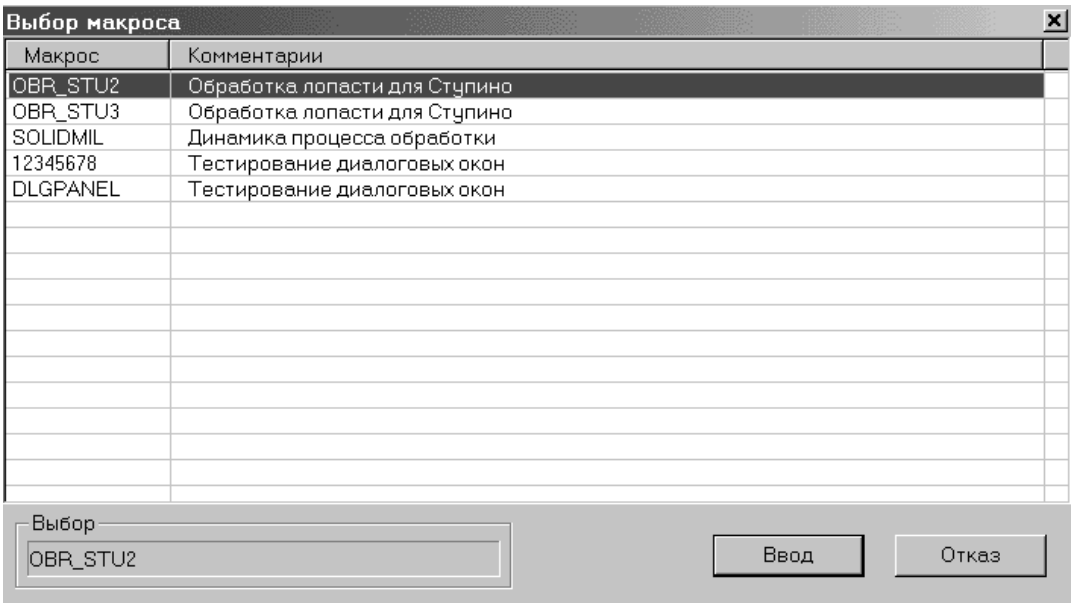
Система позволяет создавать программные утилиты с использованием всех возможностей графического и геометрического ядра. Программные утилиты создаются посредством макроязыка. Макроязык представляет

собой упрощенный вариант языка BASIC. Полное описание языка приводится в разделе **Описание макроса**.

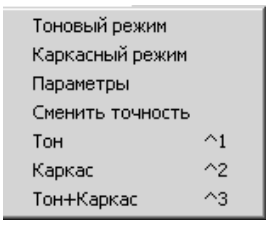
Созданные макросы хранятся в отдельных файлах в каталоге \GEMMA\GML3 – для 3D и \GEMMA\GML2 – для 2D геометрических редакторов. Файлы имеют расширение .GML. Если текстовый редактор, предоставляемый системой для редактирования макроса, не устраивает пользователя, то возможно использование любого другого текстового редактора, не вставляющего в исходный текст специальные символы форматирования.

Макрос можно выполнить, создать новый, редактировать и удалить существующий:





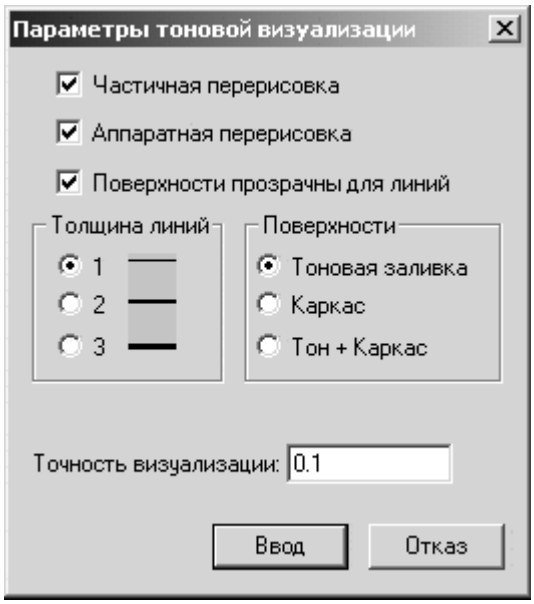
Тоновая визуализация



Пункт **Тоновый режим** позволяет получать тоновые изображения геометрических объектов. При этом требуется указать группу геометрических объектов для их визуализации.

Пункт **Каркасный режим** позволяет отменить тоновое изображение.

Для управления параметрами тоновой визуализации служит пункт **Параметры**. Он позволяет задать следующие параметры:



По умолчанию в процессе манипуляции тоновым изображением (при использовании клавиш **<Shift>, <Ctrl> и <Shift>+<Ctrl>**) окрашивание будет производиться только после преобразования всех входящих в него составляющих геометрических объектов. Это будет существенно замедлять процесс преобразования, когда объект содержит очень большое количество поверхностей. При установке флага ***Частичная перерисовка*** окрашивание будет производиться частично до момента остановки процесса преобразования.

Флаг ***Аппаратная перерисовка*** целесообразно использовать только в том случае, когда видеокарта компьютера поддерживает формат OpenGL. В этом случае процесс преобразования будет существенно ускоряться.

Флаг ***Поверхности прозрачны для линий*** делает поверхности прозрачными для линий каркаса.

Пункт **Параметры** позволяет позволяет изменить точность визуализации.

Пункт **Тон** (**<Ctrl-1>**) позволяет включить тоновый режим для поверхностей.

Пункт **Каркас** (**<Ctrl-2>**) позволяет отключить тоновый режим.

Пункт **Тон+Каркас** (**<Ctrl-3>**) позволяет включить тоновый режим для поверхностей и каркаса.

Команды **Тон, Каркас, Тон+Каркас** могут исполняться с помощью горячих клавиш, указанных в скобках.