

Министерство общего и профессионального образования РФ  
Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана  
(МГТУ им. Н.Э.Баумана)  
Учебно-научный центр МГТУ-Бентли

---

**Д.М.Жук, В.Б.Маничев, В.И.Семенов,  
А.Н.Редников, Л.Г.Кисин**

**ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СРЕДЕ  
MicroStation**

Методические указания по проведению практических занятий

МОСКВА

1998

Данное пособие предназначено для проведения практических работ при изучении автоматизированного конструирования изделий машиностроения в среде САПР MicroStation и содержит описание цикла лабораторных работ. Пособие подготовлено к печати в соответствии с планом издания учебно-методической литературы в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Цикл лабораторных работ по автоматизированному конструированию изделий машиностроения и приборостроения был разработан в учебно-научном центре МГТУ-Бентли, на базе многолетнего опыта использования САПР в учебном процессе и программных продуктов фирмы Бентли Системс. Лабораторный цикл предназначен для использования в учебном курсе “Основы САПР” и учебных курсах, связанных с механическим конструированием изделий машиностроения и приборостроения.

Курс охватывает основные этапы конструирования механических изделий и включает следующие пять лабораторных работ:

1. Основы использования графической системы MicroStation;
2. Параметрическое конструирование на плоскости;
3. Твердотельное конструирование механических деталей;
4. Твердотельное конструирование механических сборок;
5. Автоматизированная генерация чертежей механических деталей.

Лабораторные работы, входящие в состав цикла, в течение ряда лет успешно используются в учебном процессе кафедр САПР и Литейное производство МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Лабораторный цикл непрерывно развивается и расширяется, планируется разработка лабораторных работ по следующим направлениям: распределенное конструирование в Internet, инженерный анализ в механике, технологическая подготовка производства, инженерный дизайн, управление проектными данными.

#### **Требования к техническим и программным средствам:**

IBM PC: оперативная память – не менее 8 Мбайт, емкость жесткого диска – не менее 150 Мбайт, процессор – не ниже Intel 386, операционная система – MS DOS, Windows 3.x, Windows 95, Windows NT, Linux, OS/2 (для MS DOS и Windows лабораторные работы могут выполняться на русифицированных версиях продуктов Бентли);

DEC Alpha/Windows NT; Power PC/NT; Power Mac/MacOS; Sun UltraSparc/Solaris и SunOS; SGI O2 и Octain/Irix и NT; HP WS/HP-UX; IBM R6000/AIX.

Программные средства фирмы Бентли, необходимые для проведения лабораторных работ, включают MicroStation 95 и MicroStation Modeler и входят в состав Mechanical Engineering Academic Suite CD, распространяемого партнерами Бентли в России.

© Жук Д.М., Маничев В.Б., Семенов В.И., Редников А.Н., Кисин Л.Г., 1998

© УНЦ МГТУ-Бентли в МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998

MicroStation является зарегистрированным товарным знаком, MicroStation Modeler является товарным знаком Bentley Systems, Incorporated. Все другие товарные знаки и зарегистрированные товарные знаки являются собственностью соответствующих фирм.

Россия, 107005, Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5,  
МГТУ им. Н.Э.Баумана, УНЦ МГТУ-Бентли.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные положения.....	4
Лабораторная работа №1.	
Основы использования графической системы MicroStation.....	13
Лабораторная работа №2.	
Параметрическое конструирование на плоскости.....	23
Лабораторная работа №3.	
Твердотельное конструирование механических деталей.....	37
Лабораторная работа №4.	
Твердотельное конструирование механических сборок.....	53
Лабораторная работа №5.	
Автоматизированная генерация чертежей механических деталей.....	66

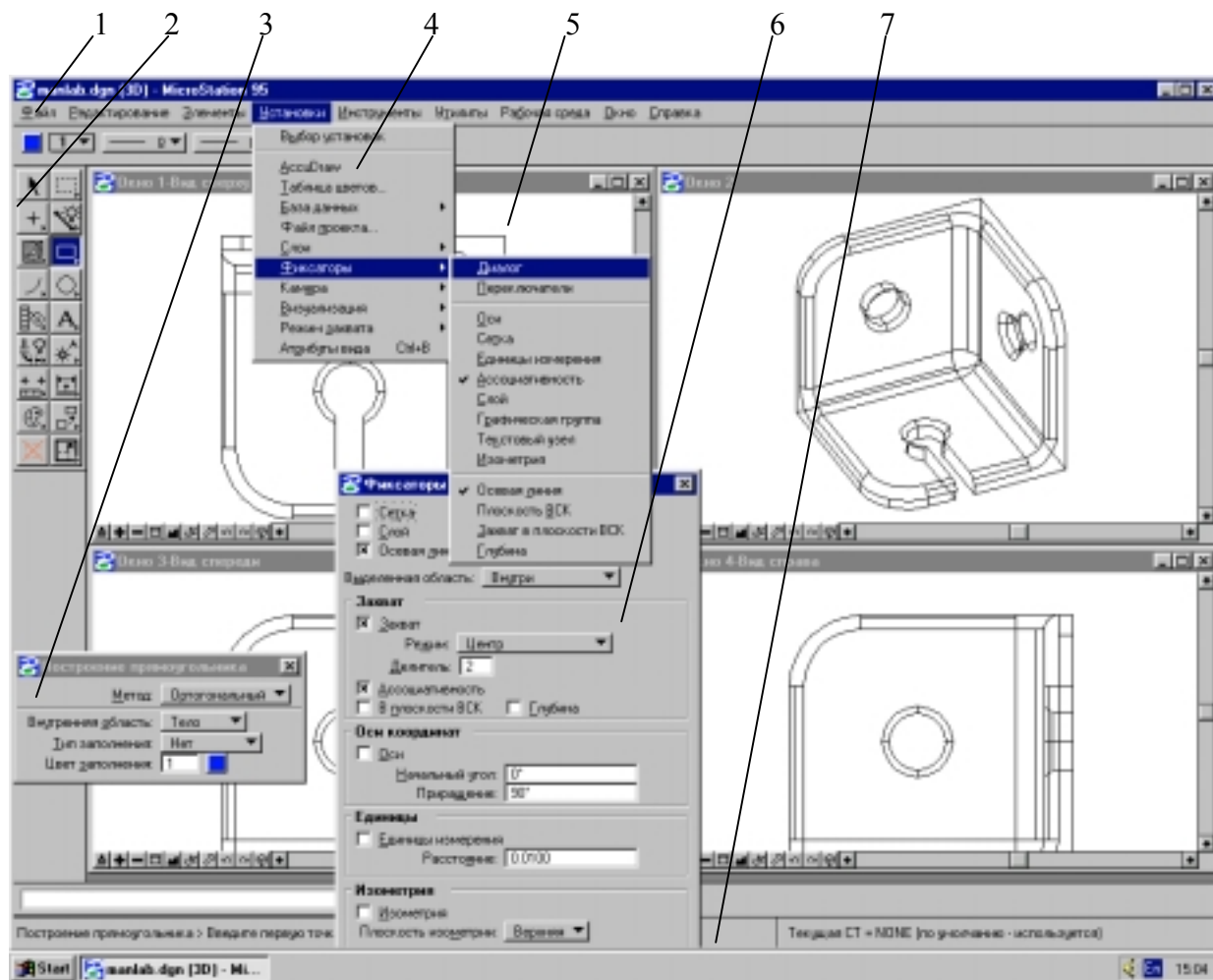
## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

**MicroStation** - это полномасштабная 2D/3D графическая система для автоматизированного конструирования и проектирования в машиностроении, приборостроении, архитектуре, строительстве, геодезии и картографии. Вся работа пользователя в MicroStation ведется в рамках файла проекта (design file). Файл проекта создается как "связанный список" геометрических и управляющих элементов. Геометрические элементы - это базовые геометрические элементы (БГЭ), из которых состоит собственно проект. Управляющими элементами являются параметры файла проекта, которые отвечают за размещение, масштабирование и отображение геометрических элементов.

Разработка проектов в MicroStation, в основном, выполняется с помощью экрана монитора и мыши.

### Использование экрана монитора.

В MicroStation реализован многооконный графический интерфейс в стиле Windows или Motif. Ниже приведены названия основных элементов графического интерфейса.



- 1 - выпадающее меню
- 2 - панель пиктограмм Основная (Main)
- 3 - диалоговое окно построения геометрического элемента
- 4 - выпадающее подменю

- 5 - рабочее окно вида
- 6 - диалоговое окно установки параметров
- 7 - строка состояния

## Использование мыши.

В MicroStation предполагается использование трехклавишной мыши. Если используется мышь с двумя клавишами, типа Microsoft, то нажатие средней клавиши моделируется нажатием двух одновременно. Различают три основных способа ввода при использовании мыши в MicroStation:

- ввод *информационной точки* (Data Point), координаты которой передаются в систему и служат для ввода координат, выбора элементов в файле проекта, пунктов меню, пиктограмм, диалоговых окон и т.п. ;
- ввод *пробной точки* (Tentative Point), которая фиксируется на экране в виде перекрестия, но ее координаты не передаются в систему, пока не будет введена в любом месте информационная точка, после чего в систему будут переданы координаты пробной точки;
- ввод команды "*Сброс*" или "*Отмена*" (Reset).

Ниже приведены названия клавиш и как их нажимать:

<b>Клавиша данных</b> (Data Point)	Левая клавиша мыши
<b>Клавиша сброса</b> (Reset)	Правая клавиша мыши
<b>Пробная клавиша</b> (Tentative Point)	Средняя клавиша мыши (или одновременно правая и левая для двухклавишной мыши)

Для того чтобы "протащить" курсор на экране, надо нажать клавишу данных мыши (Data Point) и переместить мышь, удерживая клавишу нажатой. Этот режим используется при перемещении окон на экране в удобное для работы место, выборе прямоугольных областей и т.п.

### Примечание:

*При выборе любой пиктограммы задержите на ней курсор мыши и рядом с пиктограммой появится название пиктограммы и соответствующего инструментального средства. Соответствующая подсказка появится и в строке состояния.*

## Геометрические элементы.

В MicroStation определены следующие типы геометрических 2D элементов: линии (lines); ломаные (line strings); многоугольники (poligons); окружности/эллипсы (circles/ellipses); дуги (arcs); скругления (fillets); В-сплайновые кривые (B-splines); активные точки (active points) (под точкой понимается точечный элемент, изображение которого определяется управляющим параметром Тип точки (Point Type) в подменю Активная точка (Active Point), точечный элемент может быть: линией нулевой длины (Element), т.е. классической немасштабируемой точкой; масштабируемой буквой (Character); масштабируемым графическим фрагментом (cell).

Геометрические 3D элементы делятся на простые и сложные. Конус, сфера, цилиндр - примеры трехмерных простых элементов-примитивов. Существует три основных типа сложных геометрических 3D элементов: поверхности вытягивания; поверхности вращения; В-сплайновые NURBS поверхности произвольной формы.

## Управляющие параметры.

Результат действий над геометрическими элементами определяется управляющими параметрами, конкретные значения которых во время выполнения действия называются активными параметрами (active parameters). При размещении, построении или создании геометрических элементов используются следующие основные управляющие параметры: активный слой (active level); активный цвет (active color); активный тип линий (active line style); активная толщина линий (active weight); активный угол (active angle); активный масштабный коэффициент (active scale factor).

## Геометрическое моделирование в MicroStation.

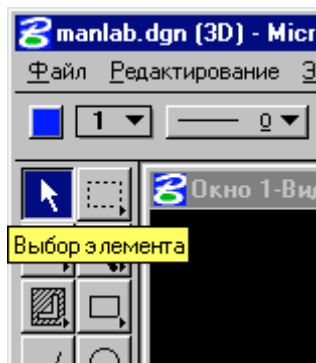
Любую геометрическую модель реального объекта можно получить на основе ограниченного набора БГЭ. Для каждого БГЭ можно выделить три основных базовых действия:

- построение (размещение (placement) или создание (construction)) БГЭ в файле проекта при заданных управляющих параметрах;
- модификация (modification) управляющих параметров;
- манипулирование элементами: удаление (delete), перемещение (move), поворот (rotate), копирование (copy) и др.

Результат всех действий визуализируется сразу по окончании действия, а при размещении или создании визуализируется динамически в ходе выполнения действия. Прежде, чем манипулировать геометрическими элементами или удалять их, необходимо каким-либо образом выделить эти элементы.

## Выбор геометрических элементов.

Манипулирование геометрическим(и) элементом(ами) в MicroStation можно выполнять двумя способами:



1. Выберите подходящее средство манипулирования и укажите элемент курсором в ответ на запрос, появляющийся в строке состояния.
2. Сначала укажите элемент(ы), выбирая пиктограмму Выбор элемента (Element Selection) в виде стрелки из крайней левой панели пиктограмм Основная (Main), а затем выберите средство манипулирования.

При использовании второго способа существует возможность указания одновременно нескольких элементов для манипулирования либо держа нажатой клавишу Ctrl, либо держа нажатой левую клавишу мыши. Набор выбранных элементов может включать в себя простые и сложные элементы в любой комбинации. Все выбранные элементы в наборе помечаются небольшими квадратами - метками выбора (handles).

Если выбрана пиктограмма Выбор элемента (Element Selection) в панели Основная (Main), курсор на экране принимает вид стрелки, подобной той, что изображена на пиктограмме Выбор элемента (Element Selection), но с кружком выбора на конце, определяющим область, в пределах которой действует команда выбора какого-либо элемента.

#### **Для выбора единственного элемента:**

1. Выберите пиктограмму Выбор элемента (Element Selection), если она уже не выбрана.
2. Укажите курсором необходимый элемент и нажмите клавишу данных мыши.

#### **Для выбора одного или сразу нескольких элементов:**

1. Выберите пиктограмму Выбор элемента (Element Selection), если она уже не выбрана.
2. Растяните вокруг выбираемых элементов динамический ("резиновый") прямоугольник, удерживая клавишу данных мыши. В качестве выбранных будут отмечены все элементы, полностью лежащие внутри прямоугольника к моменту отпускания клавиши мыши. Однако, если в момент отпускания клавиши мыши будет удерживаться нажатой клавиша <Shift> клавиатуры, будут выбраны все элементы, полностью и частично лежащие внутри прямоугольника.

#### **Для выбора всех элементов (включая и те, что невидимы на экране):**

Из меню Редактирование (Edit) выберите подменю Выбрать все (Select All);

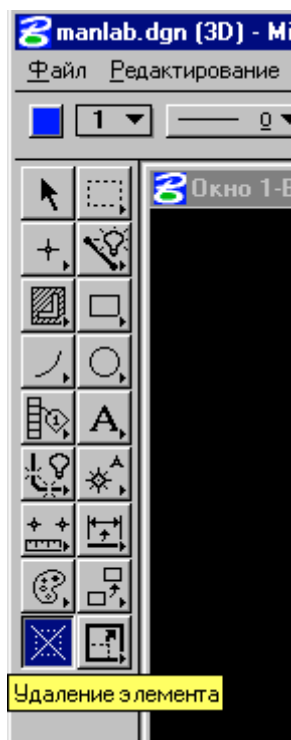
**или:**

Введите с клавиатуры комбинацию клавиш <Ctrl-A>.

Будучи выбранными, зафиксированные элементы отмечаются на экране пониженной яркостью или изменением цвета.

#### **Удаление элемента.**

Для удаления геометрических элементов используется пиктограмма красного цвета Удаление элемента (Delete Element) из инструментальной панели Основная (Main).



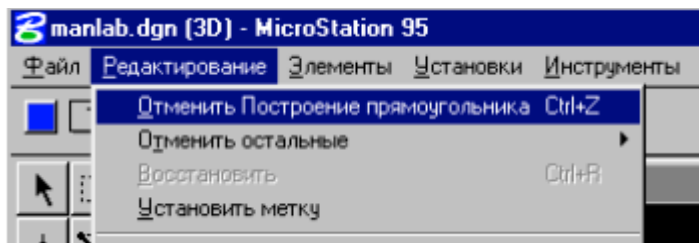
#### **Для удаления элемента:**

1. Выбрать удаляемый элемент.
2. Выбрать пиктограмму Удаление элемента (Delete Element) или нажать клавишу Backspace.

**или:**

1. Выбрать пиктограмму Удаление элемента (Delete Element).
2. Указать удаляемый элемент.
3. Нажать клавишу данных мыши.

Для того, чтобы восстановить удаленный элемент(ы), необходимо выбрать подменю Отменить... (Undo...) из меню Редактирование (Edit).

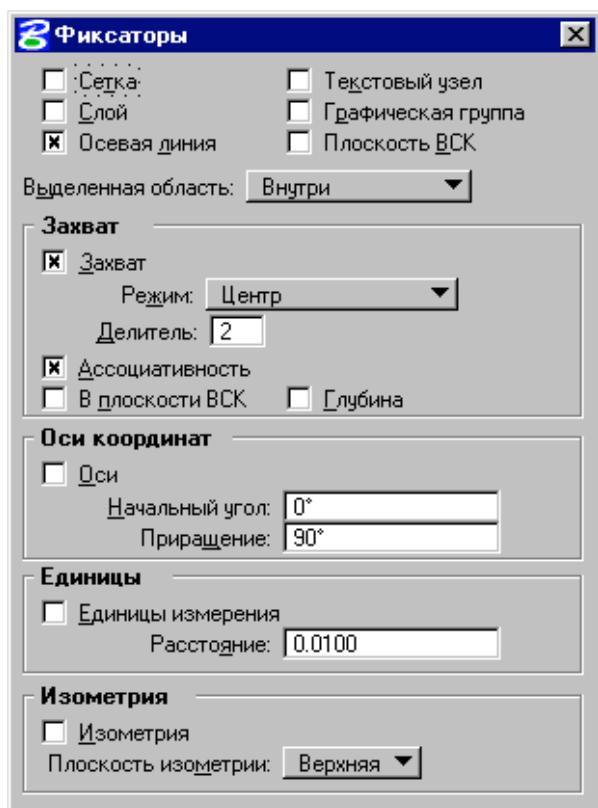


#### **Использование пробной точки.**

Ввод пробной точки (Tentative Point) - один из важнейших способов точного графического ввода, требуемый во многих геометрических построениях. Имеется возможность закрепить пробную точку на существующем элементе (указав ее прямо на элементе), при этом цвет захваченного элемента изменится. Закрепленная пробная точка помогает конструировать новые элементы, соблюдая точные значения расстояний и углов относительно

существующих элементов. Если пробная точка выбрана неверно, то надо просто повторить ввод пробной точки в другом месте экрана.

Закрепление (захват, привязка) пробной точки работает при включенном фиксаторе захвата (Snap Lock) из диалогового окна Фиксаторы (Locks), которое вызывается из меню Установки (Settings), подменю Фиксаторы (Locks), подменю Диалог (Full).



Если фиксатор выключен (Off), то захвата элемента не происходит. Если включен (On), то при нажатии пробной клавиши, результат зависит от опции Режим (Mode), например:

- если в поле Захват (Snap) меню опций Режим (Mode) установлено в Ближайшая точка (Nearest), то пробная точка захватывается на ближайшей точке элемента;

- если в поле Захват (Snap) меню опций Режим (Mode) установлено в Центр (Center), то пробная точка захватывается в центре элемента;

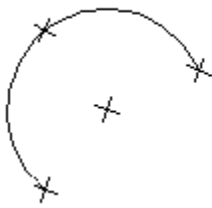
- если в поле Захват (Snap) меню опций Режим (Mode) установлено в Ключевая точка (Keypoint), то пробная точка захватывается на ближайшей **ключевой точке** элемента.

### Ключевые точки элемента (KeyPoints).

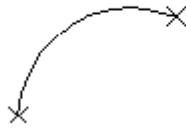
Имеется, по крайней мере, две ключевые точки для любого геометрического элемента-примитива - его начало и конец. Количество ключевых точек на каждом сегменте любого элемента-примитива (линия, ломаная, контур) на одну больше, чем указано в специальном поле Делитель (Divisor) в диалоговом окне Фиксаторы (Locks).

Если делитель равен 1 (по умолчанию), то ключевые точки элементов расположены так, как это показано на соответствующих рисунках ниже. Значение поля Делитель (Divisor) можно менять и, таким образом, изменять количество ключевых точек для каждого элемента-примитива. Для дуги более 90 градусов имеются дополнительные ключевые точки в центре дуги и через каждые 90 градусов вдоль дуги от ее начала к концу. Средняя точка линии может быть ключевой, только если делитель равен или кратен 2. Для текста ключевая точка определена слева вверху.

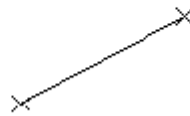




Дуга > 90°



Дуга < 90°



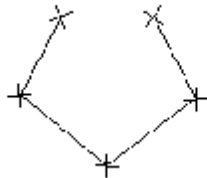
Линия



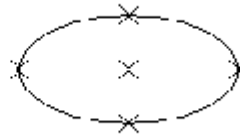
Мультилиния



Кривая



Контур

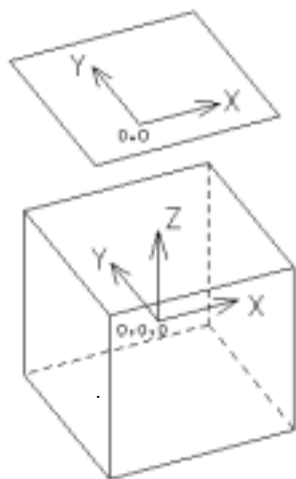


Эллипс



Текст

### Работа в трехмерном пространстве.



Куб проекта и 2D плоскость проекта.

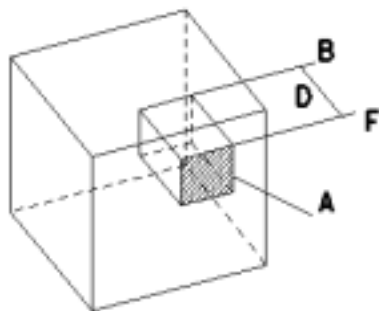
#### Куб проекта

Куб проекта представляет максимально возможный объем файла проекта 3D. Точки в файлах проекта 3D определяются x-, y- и z значениями или координатами. Файлы проекта 3D состоят из куба проекта, в котором Вы работаете. Точки можно размещать в любом месте внутри куба проекта и они не ограничены одной плоскостью.

Координаты куба проекта выражаются в форме (x, y, z).

Глобальное начало координат в файлах прототипа 3D, обеспечиваемых MicroStation, расположено точно в центре куба проекта и имеет координаты (0,0,0). Любая точка перед глобальным началом координат имеет положительное значение z, а любая точка позади него имеет отрицательное значение z.

Файл проекта 3D содержит 4,294,967,296 точек позиционирования в кубе проекта или позиционных единиц (UORS) в x, y и z направлениях, поскольку все вычисления в MicroStation выполняются с координатами как целыми числами типа long, значительно снижая при этом требования к затратам памяти и времени ЭВМ для сложных проектов, по сравнению с другими графическими системами, в которых вычисления выполняются с координатами как числами с плавающей точкой типа double



Объем вида. "А" обозначает область окна (заштрихована).

"D" обозначает Глубину визуализации, ограниченную передней "F" и задней "B" плоскостями отсечения.

Большой куб показывает куб проекта, часть которого показана в каждом виде.

## Объем вида

Объем вида (иногда называемый отображаемым объемом) - это объем, показанный в виде 3D. В большинстве случаев, только часть куба проекта показывается в виде.

Любые элементы или части элементов, не содержащиеся в объеме вида, не показываются в виде. Объем вида ограничен областью окна и глубиной изображения вида.

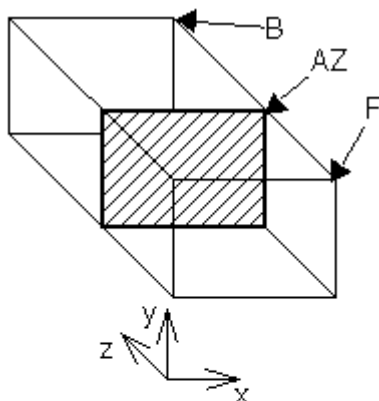
## Глубина визуализации вида

Расстояние от переднего края вида 3D до заднего края называется глубиной визуализации вида, которая ограничена плоскостями отсечения.

- Передняя плоскость отсечения - самая близкая плоскость для просмотра.
- Задняя плоскость отсечения - самая удаленная плоскость для просмотра.

Элементы перед передней плоскостью отсечения или позади задней плоскости отсечения не показываются в виде, даже если они находятся внутри области просмотра, независимо от того, как сильно вид увеличивается.

## Активная глубина



Активная глубина обозначена как "AZ". "x", "y", и "z" обозначают оси вида. "F" и "B" обозначают соответственно переднюю и заднюю плоскости отсечения вида.

Активная глубина - это плоскость, параллельная экрану в виде, на котором информационные точки вводятся по умолчанию. Активная глубина перпендикулярна к экрану и измеряется по оси z вида. Именно поэтому она иногда называется как "активная z-глубина". Сетка также лежит на этой плоскости.

Активная глубина устанавливается с помощью средства Установка активной глубины (Set Active Depth). Вы можете также изменять активную глубину, используя инструменты манипулирования видом, - например, средства Поворот вида (Rotate View), Вписывание вида (Fit View), Изменение перспективы вида (View Perspective), Панорамирование вида (Pan View).

Активная глубина всегда находится внутри параметра Глубина визуализации вида. Хотя активная глубина - это очень мощное средство, MicroStation имеет также средства для ввода точек вне активной глубины.

Существует два специальных типа точек для работы в трехмерном пространстве, 3D информационные точки и 3D пробные точки, которые вводятся на указываемой глубине внутри куба вида вместо ввода на активной глубине. Чтобы ввести 3D информационную точку, расположите курсор в точке с требуемыми координатами X и Y и нажмите клавишу данных при нажатой клавише <Alt>. Появятся вспомогательные пунктирные линии на виде, который не параллелен текущему виду. (Если эти линии не отображаются, измените

конфигурацию видов так, чтобы какой-либо другой вид имел бы ориентацию, отличную от ориентации текущего вида, или выровните виды командой `align`). Завершите ввод точки расположением курсора на одной из вспомогательных линий и повторным нажатием клавиши данных при нажатой клавише `<Alt>`. Ввод 3D пробных точек аналогичен вводу 3D информационных точек за исключением того, что Вы нажимаете пробную клавишу мыши. Если точки вводятся без нажатой клавиши `<Alt>`, то они располагаются на активной глубине по оси Z вида.

### ***Стандартные виды***

Если вид повернут к стандартной ориентации, то эта ориентация показывается с помощью номера вида в названии окна вида.

В 2D плоскость проекта параллельна экрану, поэтому Вы видите проект как бы сверху. Вид по умолчанию (не повернутый вид) в 2D - это Вид сверху со следующей ориентацией:

- Ось x - положительна слева направо (горизонтально).
- Ось y вертикальна и положительна снизу вверх (вертикально).

В проекте 2D Вы поворачиваете вид относительно мнимой оси z, которая перпендикулярна экрану. Независимо от того, как Вы поворачиваете вид в 2D, Вы всегда видите его только сверху.

Ортогональные виды:

В 3D, так как Вы можете поворачивать виды вокруг трех осей, имеются шесть ортогональных ориентаций, каждой из которых соответствует стандартный вид: Сверху, Снизу, Слева, Справа, Спереди или Сзади.

Вид сверху:

Вид сверху показывает проект сверху:

- xy плоскость параллельна Вашему экрану (как в проекте 2D).
- x положительна слева направо (горизонтально).
- y положительна снизу вверх (вертикально).
- z положительна к Вам и перпендикулярна экрану.

Вид спереди:

Вид спереди показывает проект спереди:

- xz плоскость параллельна Вашему экрану.
- x положительна слева направо (горизонтально).
- z положительна снизу вверх (вертикально).
- y положительна от Вас и перпендикулярна экрану.

Вид справа:

На виде справа Вы видите куб проекта справа:

- yz плоскость параллельна вашему экрану.
- y положительна слева направо (горизонтально).
- z положительна снизу вверх (вертикально).
- x положительна к Вам и перпендикулярна экрану.

Изометрия:

Имеются два других стандартных вида - изометрия и правая изометрия. Эти виды повернуты так, что три грани куба, которые были ортогональны осям куба проекта, одинаково наклонены к экранной поверхности.

Координаты вида:

Когда вид поворачивается, оси файла проекта вращаются вместе с ним. Оси вида, с другой стороны, располагаются относительно вида, и всегда применяются следующие правила:

- Ось x горизонтальна и положительна слева направо.
- Ось y вертикальна и положительна снизу вверх.
- Ось z перпендикулярна к виду (экрану) и положительное направление на Вас.

- Только на виде сверху системы осей для куба проекта и для вида выравниваются согласовано и точно.

## Подготовка к выполнению занятий.

MicroStation - это программная система, работающая практически на всех вычислительных платформах: под DOS, Windows 3.1/3.11/95, Windows NT, OS/2 на процессорах Intel; под Windows NT на DEC Alpha; под UNIX на рабочих станциях Sun SparcStation, HP RISC, Silicon Graphics, Intergraph Clipper, IBM RS/6000, IBM Power PC; под System7 на Macintosh, под System 7.5 на Power Macintosh. В связи с этим последовательность действий для запуска MicroStation или MicroStation Modeler существенно зависит от компьютера и операционной среды, на которых установлены эти программные системы. Однако после запуска MicroStation работа с системой абсолютно одинакова для любой вычислительной платформы. Ниже приведена типовая последовательность действий для подготовки к выполнению практических занятий после запуска MicroStation.

1. После запуска MicroStation открывается диалоговое окно MicroStation Manager. Установите в меню опций этого окна: Рабочая Среда (Workspace) – default для 1 и 2 работы и Modeler для остальных работ; Проект (Project) - default (по умолчанию); Интерфейс (Interface) - default (по умолчанию); Стил (Style) - Строка состояния (Status Bar).
2. Из меню Файл (File) выберите подменю Создать (New). Откроется диалоговое окно Создание файла проекта (Create Design File).
3. В поле Файл прототипа (Seed File) открывшегося диалогового окна нажмите экранную клавишу Выбрать (Select). Откроется диалоговое окно Выбор файла прототипа (Select Seed File).
4. В поле Файлы (Files) окна Выбор файла прототипа (Select Seed File) выберите файл прототипа для метрической системы единиц “2dm.dgn” для 1 и 2 работы и “3dm.dgn” для остальных работ и нажмите экранную клавишу ОК.
5. В поле Файлы (Files) окна Создание файла проекта (Create Design File) введите с клавиатуры name.dgn, где name - Ваше имя. Нажмите клавишу ОК.
6. В окне MicroStation Manager нажмите клавишу ОК. Откроется Ваш файл проекта.
7. Из меню Редактирование (Edit) выберите подменю Выбрать все (Select All). Все элементы в файле проекта будут помечены метками выбора, а элементы изменят цвет. Удалите все элементы с помощью выбора красной пиктограммы Удаление элемента (Delete Element) из левой панели пиктограмм Основная (Main).
8. Из меню Инструменты (Tools) выберите подменю Закрывать инструментальные панели (Close Tool Boxes). Откроется диалоговое окно Закрывать инструментальные панели (Close Tool Boxes). В этом окне включить оба переключателя и нажать ОК.
9. Из меню Инструменты (Tools) выберите подменю Базовая (Primary), из меню Утилиты (Utilities) выберите подменю Ввод с клавиатуры (Key-in) и докируйте соответствующую панель внизу слева, из выпадающего вверх меню режимов захвата в строке состояния выберите пункт Ряд кнопок (Button Bar) и докируйте соответствующую панель справа сверху.
10. Для 3d файлов из меню Окно (Window) выберите подменю Мозаика (Tile). Все рабочие окна: (1 - Вид сверху (Top View), 2 - Изометрия (Isometric View), 3 – Вид спереди (Front View), 4 – Вид справа (Right View)) будут упорядочены на экране.
11. Из меню Файл (File), выберите Сохранить установки (Save Settings).

### Основы использования графической системы MicroStation.

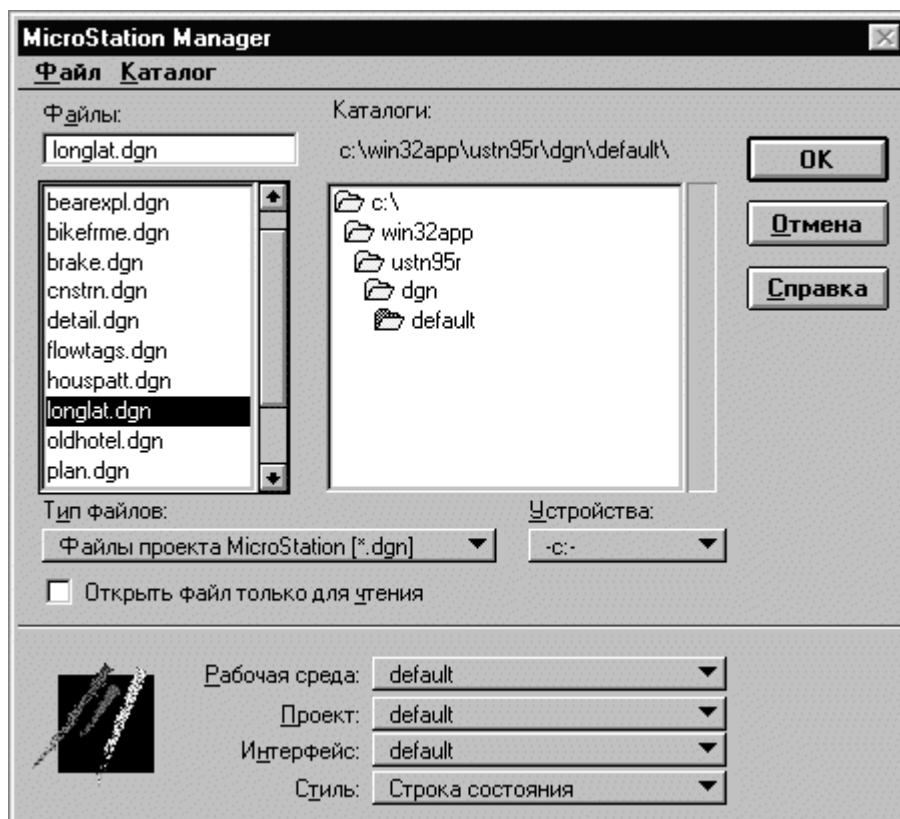
**MicroStation** - это программная система для выполнения различных графических работ в различных областях человеческой деятельности и в первую очередь для автоматизированного проектирования и конструирования в машиностроении, приборостроении, архитектуре, строительстве, геодезии, картографии и др. MicroStation обеспечивает полный набор инструментальных средств для 2D/3D геометрического моделирования, черчения, управления проектными данными и визуализации.

В этой лабораторной работе Вы сможете освоить использование следующих основных средств и приемов работы в MicroStation 95:

- Открытие и создание файлов проекта
- Рабочая среда MicroStation 95
- Плоскость проекта
- Видовые операции
- Атрибуты графического элемента
- Создание графических изображений и чертежей
- Манипулирование элементами
- Модифицирование элементов

## Открытие и создание файлов проекта.

При входе в MicroStation 95 открывается окно MicroStation Manager, оно предназначено для выполнения административных функций в среде MicroStation 95. Окно MicroStation Manager используется для создания новых файлов проекта, а также для открытия, переименования, удаления, объединения и сжатия существующих файлов проекта.



1. Перед созданием нового файла проекта необходимо отметить, что в MicroStation любой новый файл проекта создается на основе **файла прототипа** (Seed file). Наличие файла прототипа связано с тем, что файл проекта должен иметь определенную структуру и в нем должны сохраняться многочисленные параметры, определяющие рабочую среду, интерфейс и выполняемый проект. Имеются файлы прототипа для создания 2D и 3D файлов проекта, для машиностроения, архитектуры, строительства, картографии и т.п. Для создания нового файла проекта необходимо в меню Файл (File) выбрать пункт Создать (New) и в открывшемся окне выбрать файл прототипа (Seed File) в метрической системе задания координат «2dm.dgn» или в дюймовой системе задания координат «seed2d.dgn» с помощью кнопки Выбрать (Select). Затем ввести имя файла в поле Файлы (Files), имя файла набирается без расширения, так как MicroStation сама добавляет к имени файла расширение «.dgn» - стандартное расширение для файла проекта MicroStation. Затем открыть созданный файл проекта, выбрав его имя в поле списка файлов и нажав кнопку ОК. Используя меню Файл (File), можно выполнять различные операции с файлами проекта. Для выбора файла проекта, находящегося в другом каталоге, можно воспользоваться окном Каталоги (Directories), а на другом устройстве - кнопкой Устройства (Drives).

Обратите внимание на возможность настройки MicroStation по следующим аспектам:

Рабочая среда (workspace - для лабораторной работы: default);

Проект (project - для лабораторной работы: default);

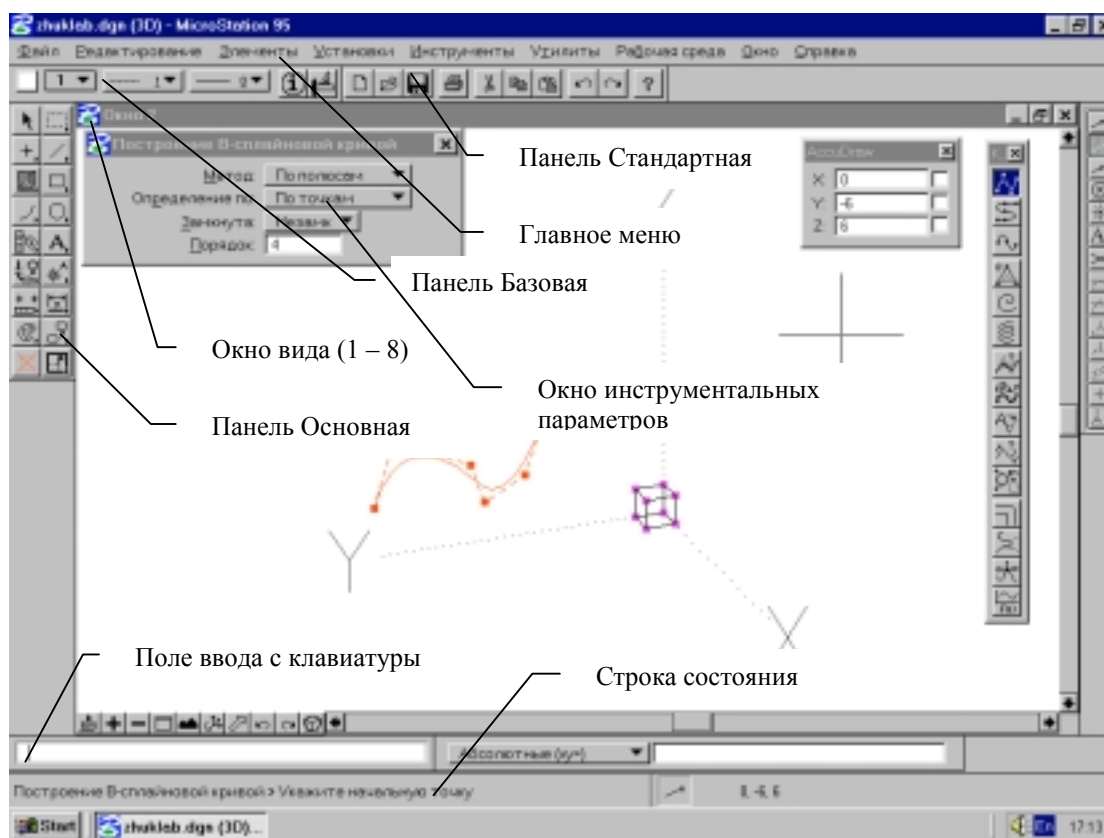
Графический интерфейс пользователя (interface - для лабораторной работы: default);

Стиль вывода сообщений (style - для лабораторной работы - Строка состояния).

Следует также отметить возможность открытия файлов проекта других графических систем и растровых файлов. Формат открываемого файла проекта определяется с помощью кнопки выбора типа файла.

## Рабочая среда MicroStation.

После выбора файла проекта открывается основное рабочее окно MicroStation.



Рабочая среда MicroStation состоит из рабочей зоны, в которой размещаются видовые окна (всего их может быть до 8) и граничной зоны, сверху, слева и снизу обрамляющей рабочую зону. В верхней части граничной зоны размещается главное меню и различные инструментальные панели (обычно Стандартная и Базовая), в нижней части - строка состояния, слева располагаются различные инструментальные панели (обычно Основная). В свою очередь каждое окно вида имеет заголовок, полосы прокрутки вида и панель видовых операций.

## Плоскость проекта

После открытия или создания файла проекта необходимо определить параметры области, в которой создается проект. Для плоского проекта рабочая область MicroStation является прямоугольной, эквивалентна чертежному листу и называется **плоскостью проекта**. Каждая точка в плоскости проекта характеризуется ее координатами X и Y в прямоугольной системе координат, которые записываются следующим образом - (x,y). Глобальное начало системы координат (0,0) обычно располагается в центре плоскости проекта. Если необходимо, положение глобального начала координат можно изменить с помощью команды **GO=**.

При вводе точки в плоскости проекта MicroStation запоминает ее координаты как 32-разрядное целое число. Соответственно, система позволяет представить максимальную координату в любом направлении как целое число, равное 4 294 967 296 ( $2^32$ ). А минимальное расстояние, различимое MicroStation, составляет одну, так называемую, позиционную единицу. В английской терминологии позиционная единица называется единицей разрешения системы - Unit of Resolution (UOR или PU).

Однако в процессе проектирования принято использовать другие, более удобные единицы измерения длины. Эти единицы измерения называются **рабочими единицами**. Рабочие единицы в свою очередь могут быть представлены как основные единицы (Master Units -

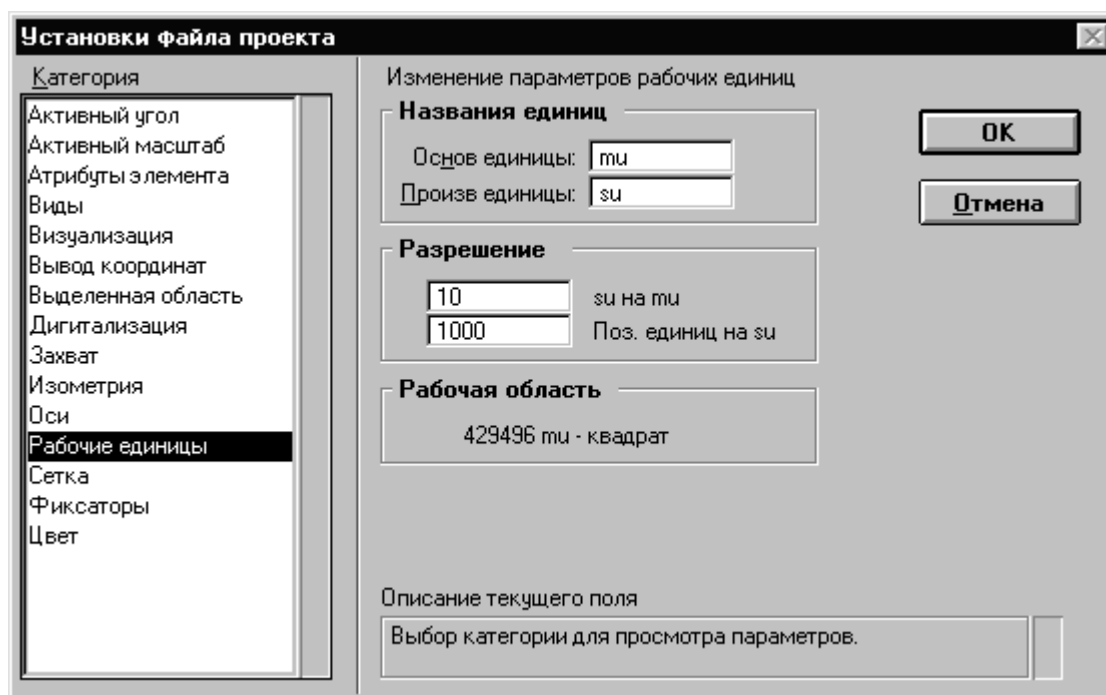
MU) измерения расстояния и производные единицы (Sub Units - SU). Например, метры и сантиметры. Количество позиционных единиц, укладываемое в одну производную единицу, называется **рабочим разрешением**.

При использовании рабочих единиц расстояние в системе выражается в виде трех чисел, разделенных двоеточием: **MU:SU:PU**. Например, 3:4:100 означает 3 основных единицы, 4 производных единицы и 100 позиционных единиц.

Рабочее разрешение определяет точность, с которой изображаются элементы и рабочую область плоскости проектирования. Рабочая область - это размер плоскости проектирования в рабочих единицах; размер проекта не должен превышать размеры рабочей области. Поскольку рабочая область - квадрат, существует обратная зависимость между размерами рабочей области и точностью представления координат.

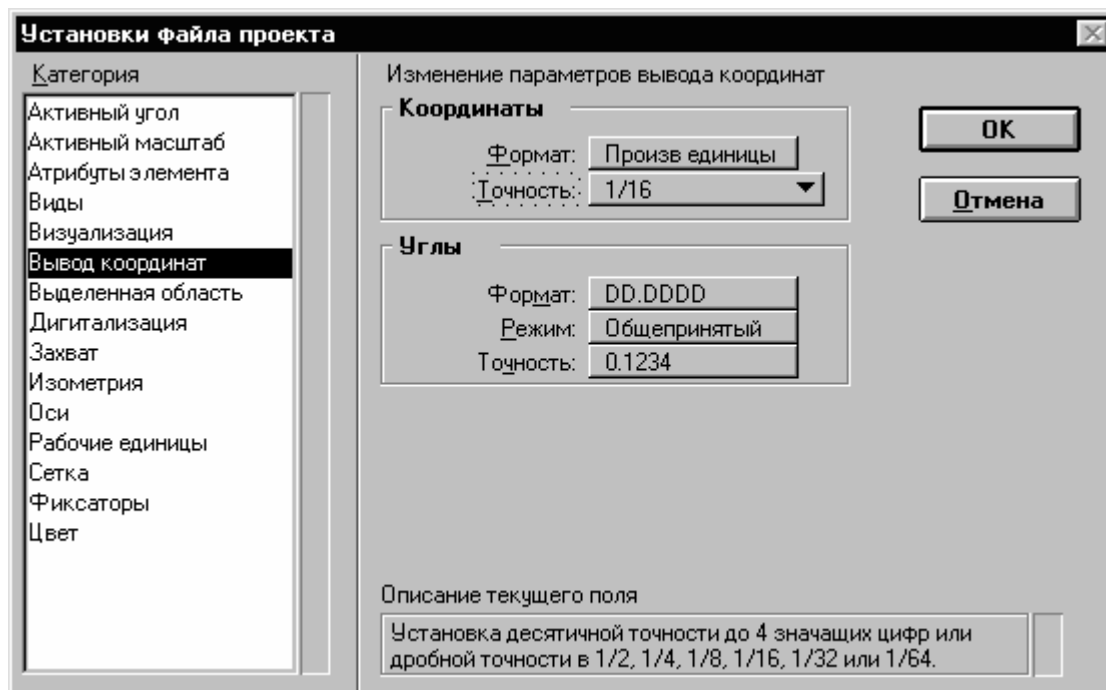
Рабочие единицы устанавливаются следующим образом:

1. В меню Установки (Settings) выбрать пункт Файл проекта (Design File).
2. В открывшемся диалоговом окне выбрать категорию Рабочие единицы (Working Units).
3. В соответствующих полях установить требуемые рабочие единицы и рабочее разрешение.
4. Нажать кнопку ОК.

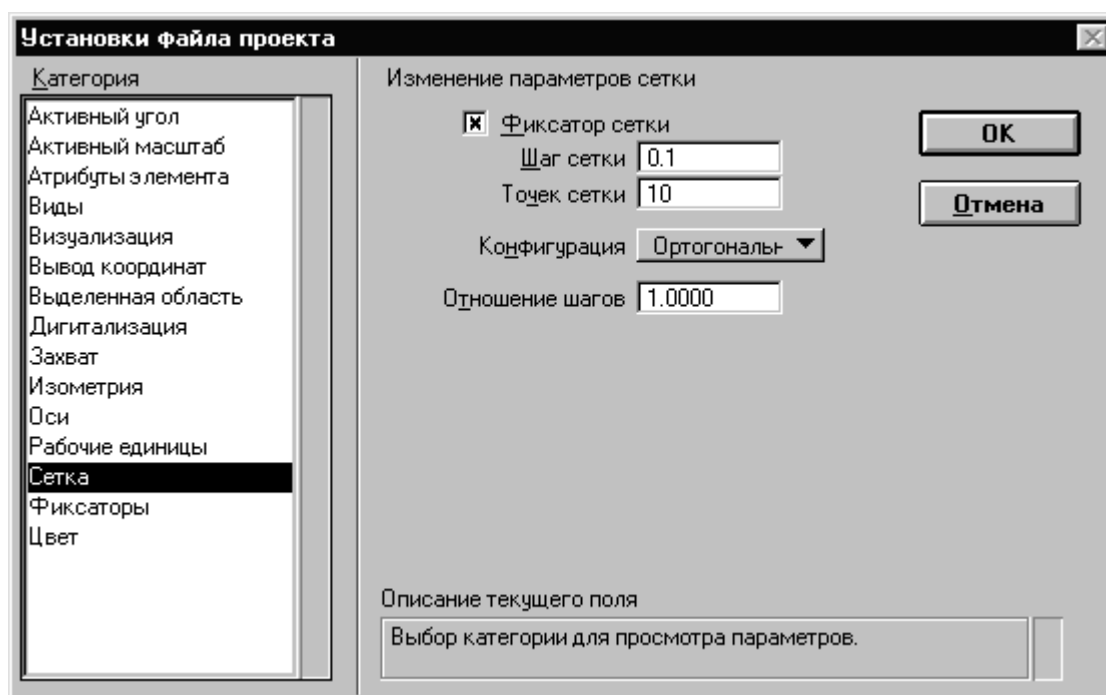


В этом же диалоговом окне следует установить и формат вывода координат. Для этого необходимо выбрать категорию Вывод координат (Coordinate Readout) и установить требуемый формат и точность вывода координат.





Для облегчения точного размещения элементов и выполнения различных построений в проекте можно использовать **сетку**. Параметры сетки устанавливаются в том же диалоговом окне при выборе категории Сетка (Grid). Шаг сетки задается в основных единицах. Там же можно включить или выключить фиксатор сетки. При включенном фиксаторе все точки, размещаемые в проекте, могут находиться только в узлах сетки, что позволяет точно позиционировать точки и элементы в проекте без использования дополнительных средств.



### Задание:

Для выполнения лабораторной работы необходимо установить:

Основные единицы - миллиметры;

Производные единицы - микрометры;

Рабочее разрешение - 1000 позиционных единиц на 1 микрометр;

Формат вывода координат - производные единицы;

Точность вывода координат - 0,1;

Шаг сетки - 1,0 мм;

Точек между узлами сетки - 10;  
Конфигурация сетки - ортогональная.  
Включить фиксатор сетки.

После выполнения задания сохранить установки с помощью меню Файл (File) подменю Сохранить установки (Save Settings).

## Видовые операции

Видовые операции используются для манипулирования видом. **Вид** - это часть проекта, отображаемая в окне вида. Большинство видовых операций находятся в панели видовых операций, которая располагается в нижней части окна каждого вида.



Видовые операции можно вызывать в процессе выполнения любой графической операции. После завершения видовой операции MicroStation возвращается к выполнению прерванной графической операции после нажатия правой кнопки мыши.

Наиболее полезными являются следующие видовые операции:

**Обновление вида** обеспечивает повторное отображение изображения на экране. Эта операция полезна, если на экране присутствуют остатки удаленных элементов или какие-либо непонятные изображения.

**Область окна** используется для отображения в окне вида произвольной прямоугольной области проекта.

**Вписывание вида** используется для вписывания всего проекта в окно вида.

**Поворот вида** используется для поворота содержимого вида в стандартную ориентацию или на произвольный угол.

**Предыдущий вид** используется для отмены предшествующей видовой операции.

В дополнение к перечисленным видовым операциям часто используются также операции *Увеличение изображения* и *Уменьшение изображения*, обозначенные в панели видовых операций знаками «+» и «-», для масштабирования изображения на экране. Для панорамирования изображения на экране обычно используются полосы прокрутки.

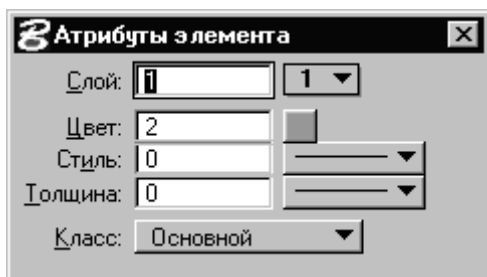
### Задание:

Выполните операции уменьшения и увеличения изображения, фиксируя появление и исчезновение изображения точек сетки на экране.

## Атрибуты графического элемента

Каждый графический элемент помимо положения в плоскости проекта и ряда параметров, описывающих геометрические свойства элемента, описывается рядом атрибутов. К атрибутам элемента относятся следующие свойства элемента: слой, цвет, толщина линии, стиль линии, тип и цвет заполнения (для замкнутых элементов). Под символикой элемента подразумевается совокупность атрибутов графического элемента, исключая слой.

Атрибуты элемента устанавливаются в установочном окне Атрибуты элемента (Element Attributes), которое вызывается при выборе пункта Атрибуты (Attributes) в меню Элементы (Element), или в панели Базовая (Primary).



Атрибуты элемента определяются значениями установочных параметров, действующими в момент создания элемента или являющихся **активными** в этот момент. При изменении какого-либо установочного параметра атрибуты имеющихся элементов не изменяются, новое значение параметра определяет атрибуты элементов, создаваемых после изменения параметра. Для замены атрибутов элемента на активные установочные параметры можно использовать средство *Изменение атрибутов элемента (Change Element Attributes)* в панели Основная (Main) или средство Информация о элементе (Analyze Element) в панели Базовая (Primary Tools).

### Задание:

Установить следующие значения активных установочных параметров:

Слой – 1;

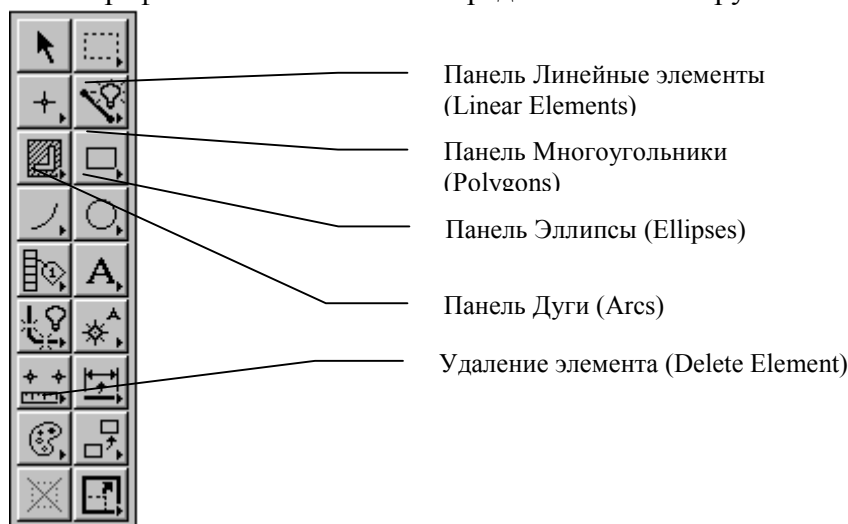
Цвет – зеленый (2);

Толщина линии – 2;

Стиль линии – сплошная (0).

## Создание графических изображений и чертежей

Любой проект в основном состоит из простых графических элементов: линий, ломаных, многоугольников, дуг, окружностей и кривых, называемых графическими примитивами или базовыми графическими элементами (БГЭ). В MicroStation большая часть средств создания базовых графических элементов сосредоточена в инструментальной панели Основная (Main).



К средствам создания базовых графических элементов относятся следующие:

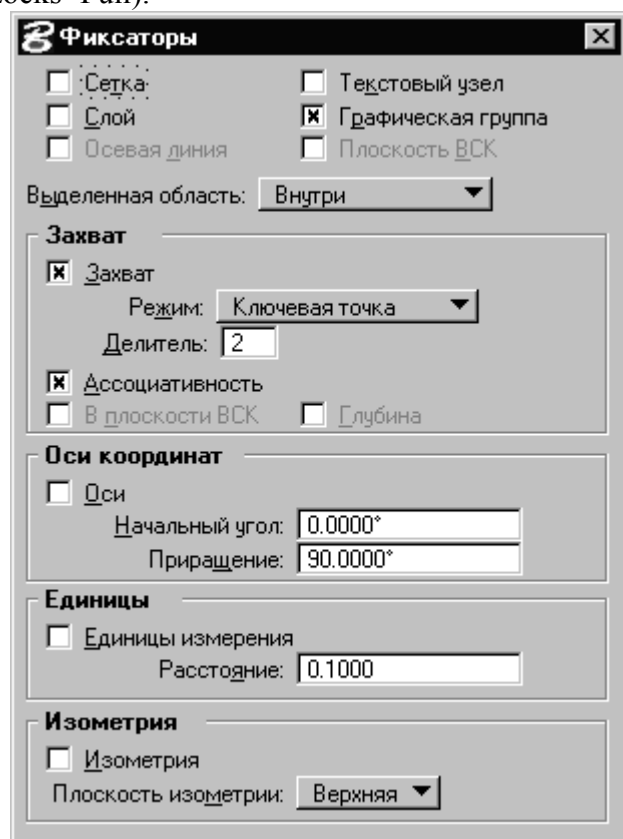
*Построение линии (Place Line)* (Линейные элементы), *Построение прямоугольника (Place Block)* и *Построение правильного многоугольника (Place Regular Polygon)* (Многоугольники), *Построение дуги (Place Arc)* (Дуги), *Построение окружности (Place Circle)* и *Построение эллипса (Place Ellipse)* (Эллипсы).

Для корректного и эффективного использования инструментальных средств следует учитывать следующие особенности MicroStation:

- Большинство инструментальных средств являются многофункциональными и имеют ряд параметров, определяющих реализуемую функцию и ее исполнение. Для установки и изменения параметров используется окно установочных параметров, которое открывается при выборе инструментального средства. Содержание окна установочных параметров является контекстно-зависимым, то есть зависит от выбранного средства. Прежде чем воспользоваться каким-либо инструментальным средством следует изучить окно параметров и при возникновении вопросов обратиться к статье справки, посвященной выбранному средству.

- В нижней части основного окна MicroStation находится строка состояния, в которой выводятся различные сообщения и оперативная информация о режимах работы системы. Особое внимание следует обращать на сообщения, выводимые при использовании инструментального средства и направляющие действия пользователя. Сообщения, начинающиеся с символа «>», подсказывают очередное действие пользователя, ожидаемое выбранным инструментальным средством. Сообщения, начинающиеся с символа «:», указывают на возникающие проблемы. Прежде чем выполнить какое-либо действие, необходимо внимательно прочитать соответствующее сообщение в строке состояния. При получении на экране неожиданных или непонятных результатов следует также прочитать сообщения в строке состояния. Для исправления ошибочных действий наиболее эффективным является использование функции Отмена предыдущего действия (Undo).
- Если использование отмены предыдущего действия неудобно или не дает требуемого результата, то для удаления элементов можно использовать средство Удаление элемента (Delete Element) в инструментальной панели Основная (Main).

При построении различных изображений часто возникает необходимость в точном позиционировании информационных точек и захвате характерных точек различных элементов. Для решения этих задач используется ввод, так называемых, **пробных точек (tentative point)** и выбор соответствующего режима захвата. Пробные точки являются вспомогательными и используются только для ввода информационных точек, которые вводятся только после подтверждения левой кнопкой мыши правильности расположения пробной точки. Ввод пробной точки происходит при одновременном нажатии обеих кнопок мыши и расположении курсора поблизости от требуемого элемента в соответствии с установленным режимом захвата. Режим захвата устанавливается в окне Фиксаторы (Locks), которое вызывается при выборе в меню Установки (Settings) пункта Фиксаторы>Диалог (Locks>Full).



Этот режим можно установить также в панели пиктограмм Режим захвата (Snap Mode), которая вызывается выбором подменю Ряд кнопок (Button Bar) из выпадающего меню с режимами захвата в строке состояния:



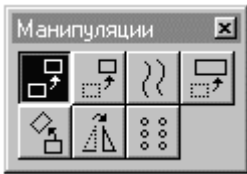
Действующий в данный момент режим захвата отображается в соответствующем поле строки состояния.



### Задание:

Используя инструментальные средства из панели Основная (Main), получить чертеж детали, приведенный на рисунке в конце данного руководства, с соблюдением заданных размеров.

## Манипулирование элементами



Под манипулированием элементами понимаются операции копирования, перемещения, отражения, масштабирования и вращения элементов. Основные операции манипулирования элементами находятся в панели Манипуляции (Manipulate).

При выполнении различных операций с элементами возможны два варианта последовательности действий:

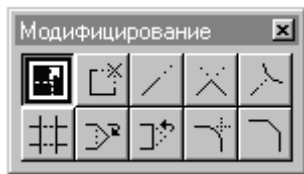
- «элемент-операция» - вначале выбирается элемент, участвующий в операции, а затем выбирается средство, выполняющее операцию;
- «операция-элемент» - вначале выбирается средство, реализующее операцию, а затем выбирается элемент, участвующий в операции.

Выбор элементов осуществляется с помощью средства *Выбор элемента (Select Element)* в инструментальной панели Основная (Main). С помощью операции выбора также можно выполнять различные манипуляции с выбранными элементами. Для выполнения различных действий с группами элементов используются разнообразные средства группирования элементов совместно с соответствующими средствами оперирования элементами.

### Задание:

*Увеличить масштаб чертежа на экране в 2 раза и повернуть чертеж на 90 градусов против часовой стрелки.*

## Модифицирование элементов



Операции модифицирования элементов в MicroStation позволяют изменять как геометрию элемента так и различные параметры элемента, включая атрибуты. Основные инструментальные средства, позволяющие изменять геометрию плоских элементов, находятся в панели Модифицирование (Modify).

Наиболее часто используются следующие средства из этой инструментальной панели:



*Модификация элемента* – наиболее мощное средство, позволяющее выполнять большой набор операций модифицирования элементов.



*Создание фаски* – средство, используемое для построения фасок в машиностроительных чертежах.

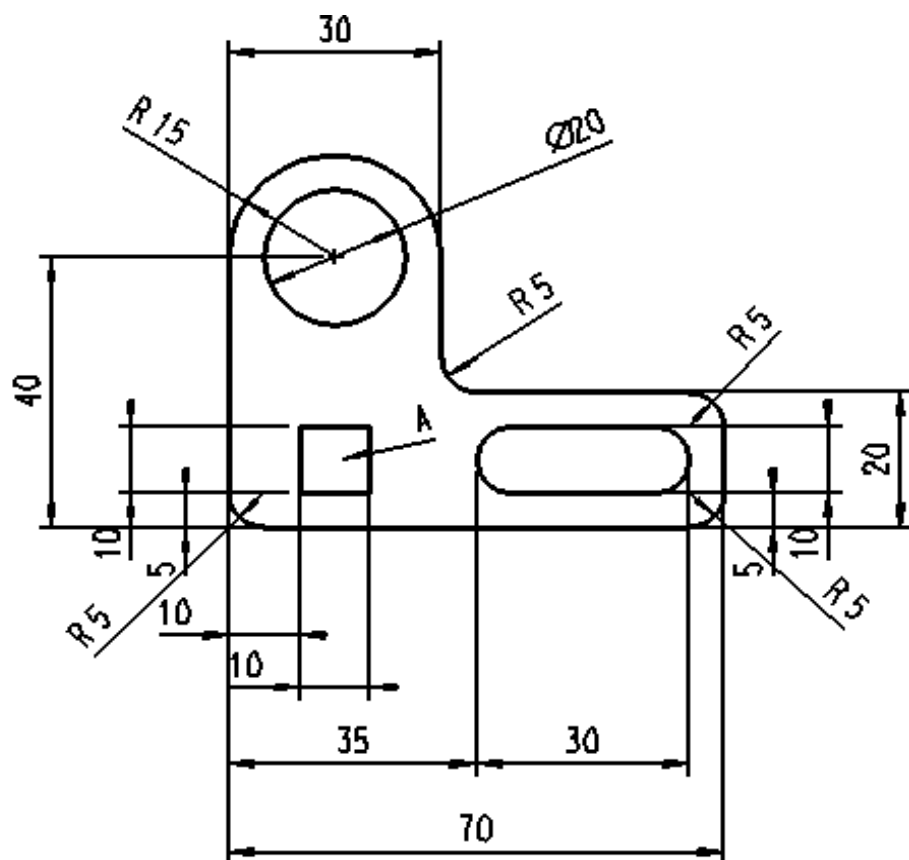


*Создание скругления* – средство, используемое для построения сопряжений дугами различных элементов и скругления углов.

### Задание:

*Выполнить различные модификации созданного чертежа, наблюдая результат каждой операции.*

Чертеж детали, который надо получить в данной работе:



## Лабораторная работа № 2

### Параметрическое конструирование на плоскости

#### Концепции и терминология

**Параметрический фрагмент** (dimension-driven cell) в дальнейшем **конструкция** основан на понятии параметрический (или размерно-управляемый) контур и служит как шаблон для семейства фрагментов (контуров), которые могут быть получены из этого шаблона, т.е. построены для определенного набора значений размеров. Ограничения и элементы конструкции представляют основу структуры параметрического фрагмента. Производный фрагмент (derived cell) - это фрагмент в файле проекта, который получается на основе параметрического фрагмента.

Следующие термины являются важными для понимания процесса создания конструкции:

**Ограничение** - это геометрическая информация, которая ограничивает или управляет каким-либо элементом конструкции.

**Элементы конструкции** - это элементы (точка, бесконечная линия, окружность, эллипс, или B-сплайновая кривая), которые дают возможность ограничениям локализовать место расположения, ограничить или упорядочить другие элементы. Например, линия, как элемент конструкции, может быть осевой линией для какого-либо симметричного проекта.

**Определенная конструкция** - набор элементов конструкции, которые полностью определяются ограничениями или являются постоянными и не имеют никаких дополнительных ограничений. При этом, возможно имеется более одного реализуемого решения для набора элементов конструкции, которые полностью определены, но желаемый выбор обычно ясен.

**Не доопределенная конструкция** - набор элементов конструкции, который полностью не определен ограничениями и не является постоянным. Элемент конструкции, который не доопределен, имеет много возможных "решений" и неоднозначен.

**Избыточное ограничение** - ограничение, которое применяется к набору элементов конструкции, который уже является определенным. Избыточное ограничение может быть, а может и не быть в противоречии с другими ограничениями, но в любом случае, оно не несет никакой полезной информации.

**Степени свободы** - число, которое показывает степень неоднозначности (не доопределенности) параметрического фрагмента.

**Обновление ограничений** - решение алгебраических уравнений, описывающих конструкцию для заданного набора ограничений и показ степени свободы конструкции (DOF – Degree of freedom) и возможные места для ее полного определения.

- **Символы ограничений** - это элементы, которые относятся к классу Построения и имеют специальное изображение для каждого типа ограничений, размер символов ограничений управляется в установках размера текста.

## Ограничения

Ограничения указывают на то, какие характеристики должен иметь параметрический фрагмент, но не как получить его в проекте с этими характеристиками. Как вычислить конкретные геометрические параметры в свете этих ограничений - это задача обновления ограничений конструкции.

Большинство связей ограничения относится к основной части или к общей структуре параметрического проекта. Детали проекта располагаются и формируются в этой структуре. Например, если параметрический фрагмент является симметричным, то он имеет элементы конструкции и ограничения, которые некоторым способом связывают элементы с осевой линией.

Ограничения накладываются с использованием инструментальных средств, которые содержит инструментальная панель Ограничения.

Можно создать следующие типы ограничений:

- **Расположения** - ограничение, которое устанавливает расположение некоторой точки в плоскости проекта.
- **Геометрическое** - ограничение, которое управляет положением или ориентацией двух или более элементов относительно друг друга.
- **Размерное** - ограничение, которое управляется размером.
- **Алгебраическое** - уравнение, которое выражает связь между переменными.

Когда какое-либо ограничение добавляется, изменяется или удаляется, то модель решается заново, т.е. делается попытка восстановления параметрического фрагмента так, чтобы новое или изменяемое ограничение, также как все существующие ограничения, было удовлетворено. Если какое-либо решение найдено, то соответствующие изменяемые элементы обновляются и повторно показываются. Полученное решение может воздействовать на элементы, которые не связаны с новым ограничением очевидным образом или локально.

Если решение невозможно, то выводится сообщение о невыполнении данной операции и иногда графические указатели на место возникновения проблемы. Геометрия проекта не обновляется, но это ограничение принимается в любом случае. Если MicroStation сообщает о невыполнении какой-либо операции, даже если новое ограничение не является избыточным и Вы уверены, что решение фактически возможно, то графические указатели могут помочь перестроить геометрию модели наиболее близко к предполагаемому решению и затем выполнить решение заново.

Добавление нового ограничения уменьшает неоднозначность параметрического фрагмента. (Удаление ограничения дает противоположный эффект.)

Ограничение может применяться только к элементу конструкции. Когда ограничение применяется к какому-либо элементу файла проекта, то он преобразуется в эквивалентный элемент конструкции.

Названия некоторых ограничений могут предполагать одностороннюю зависимость одного элемента от другого. Фактически же все ограничения устанавливают двухсторонние связи между элементами.

Большинство ограничений расположения и геометрических ограничений назначается в классе элементов - Построения. Кроме того, можно определять слой и класс размерных ограничений, ограничений расположения и алгебраических ограничений. В будущем будет добавлена возможность определять слой, символику и класс для всех ограничений и элементов конструкции.



## Определение неоднозначного параметрического фрагмента

Символика элементов с ограничениями, а также собственно ограничений и размерных элементов, непосредственно предупреждает об опасности появления неоднозначностей и несоответствий в проекте.

- Если элемент конструкции или переменная полностью определены ограничениями или являются постоянными, то они будут называться определенными и показываться белыми непрерывными линиями.
- Если элемент конструкции или переменная полностью не определены ограничениями, то они называются недоопределенными и показываются желтыми пунктирными линиями.
- Если ограничение применяется к какому-либо набору элементов конструкции, которые уже определены, то оно называется избыточным и показывается пунктирными красными линиями.

Допустимые ограничения показываются следующим образом:

Ограничение	показывается пунктирными линиями
Размеры	сплошными белыми
Уравнения	белыми
Другие геометрические ограничения	сплошными голубыми линиями

Остающаяся неоднозначность в параметрическом проекте отражается числом, называемым степенью свободы (DOF). Каждый новый элемент конструкции добавляет степени свободы следующим образом:

Элемент конструкции	Добавляемые степени свободы
Точка	2
Линия	2
Окружность	3
Эллипс	5

Каждое допустимое ограничение уменьшает степени свободы.

Определенная конструкция имеет нулевую степень свободы и не имеет никаких избыточных ограничений. Все элементы конструкции являются определенными (показываются белым цветом).

Если степени свободы не равны нулю, то части проекта являются не доопределенными (показываются желтым цветом).

Когда добавляется какое-либо ограничение, то показываются остающиеся степени свободы вслед за сообщением "Избыточный", если имеются какие-либо избыточные ограничения.

## Синтаксис уравнений

В уравнениях допустимы постоянные выражения. Постоянное выражение - это алгебраическое выражение, включающее в себя числа, операторы и встроенные функции.

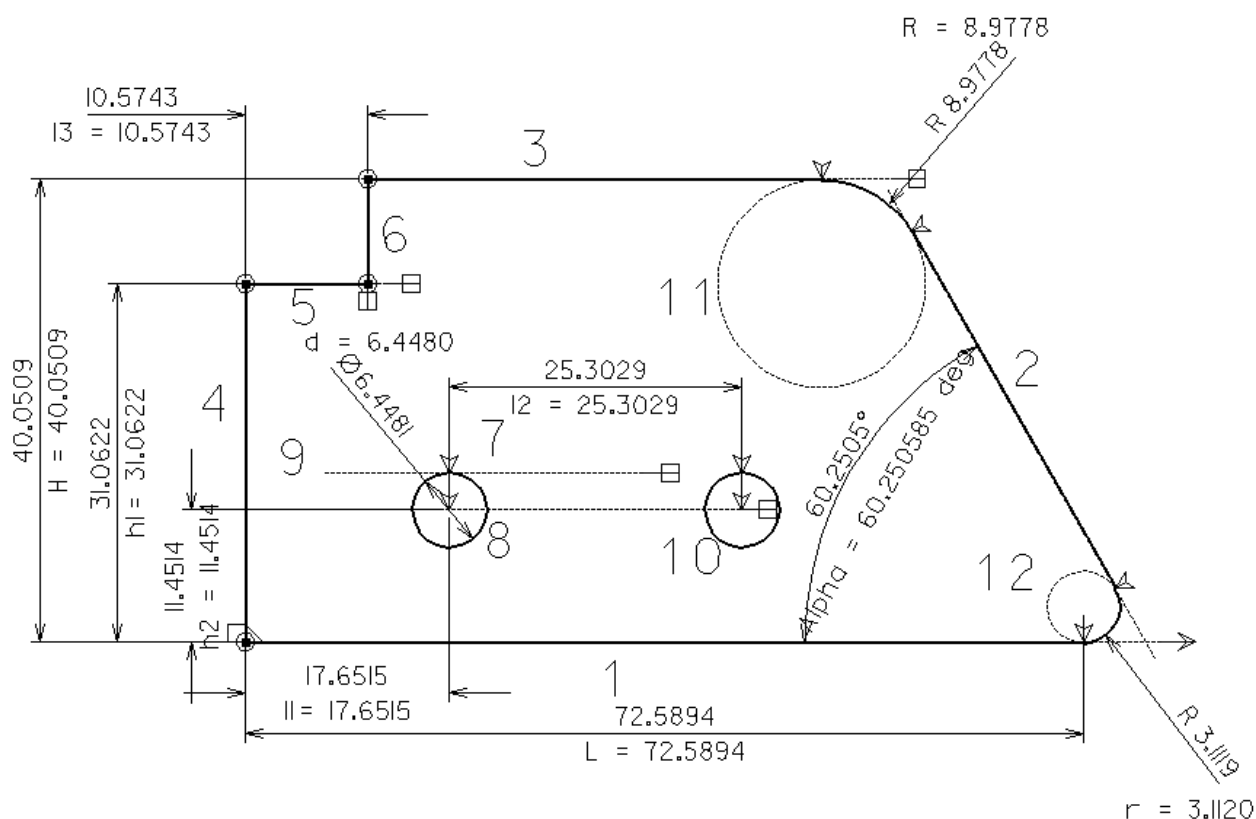
В алгебраических выражениях допустимы дробные элементы. Дробный элемент имеет следующую грамматику:

``#' integer integer '/' integer '#'` (например: #2 1/2#)

В элементах выражения с числами, расстояния и координаты могут быть выражены в рабочих единицах (MU: SU: PU), в виде десятичного числа или в виде дроби.

Оператор умножения \* не рекомендуется. Пропуск какого-либо оператора является грамматической ошибкой.

Единственные допустимые ограничители для комментариев - " / \* " и `\*/'.



*Параметрический контур, который должен быть создан на этом занятии*

Для создания параметрических контуров в MicroStation используется набор инструментов Параметрическое проектирование (DD Design).

На этом занятии Вам необходимо освоить следующее:

- Эскизные построения элементов конструкции;
- Наложение геометрических ограничений на элементы конструкции;
- Отрисовка контура;
- Образмеривание контура;
- Математические выражения относительно переменных, ассоциированных с размерами;
- Изменение размеров.

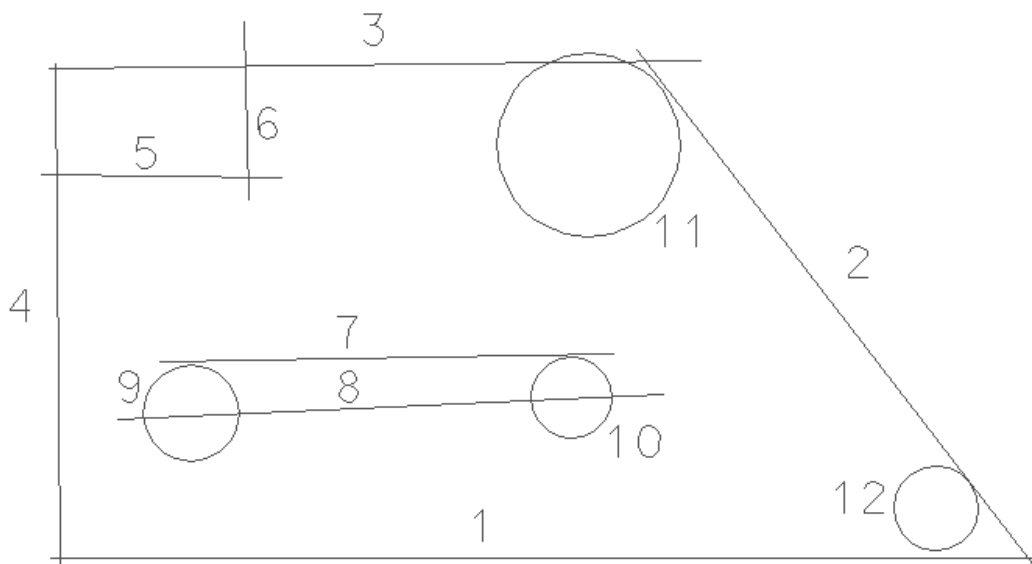
**ПРИМЕЧАНИЕ:** Выбор всех точек и элементов конструкции следует выполнять, используя прием пробной точки. Если в одном месте находится несколько элементов, то

следует повторно нажимать клавишу пробной точки, при этом будут выбираться последовательно элементы, которые находятся в данной точке.

### Эскизные построения элементов конструкции.

Заданный контур, показанный выше, состоит из отрезков прямых линий, дуг и окружностей.

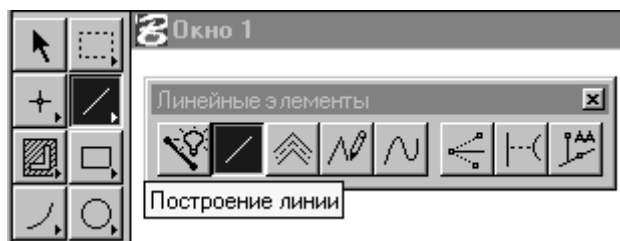
Сначала Вам необходимо создать следующие эскизные построения:



**Примечание:** На рисунке введена условная нумерация элементов для дальнейших пояснений.

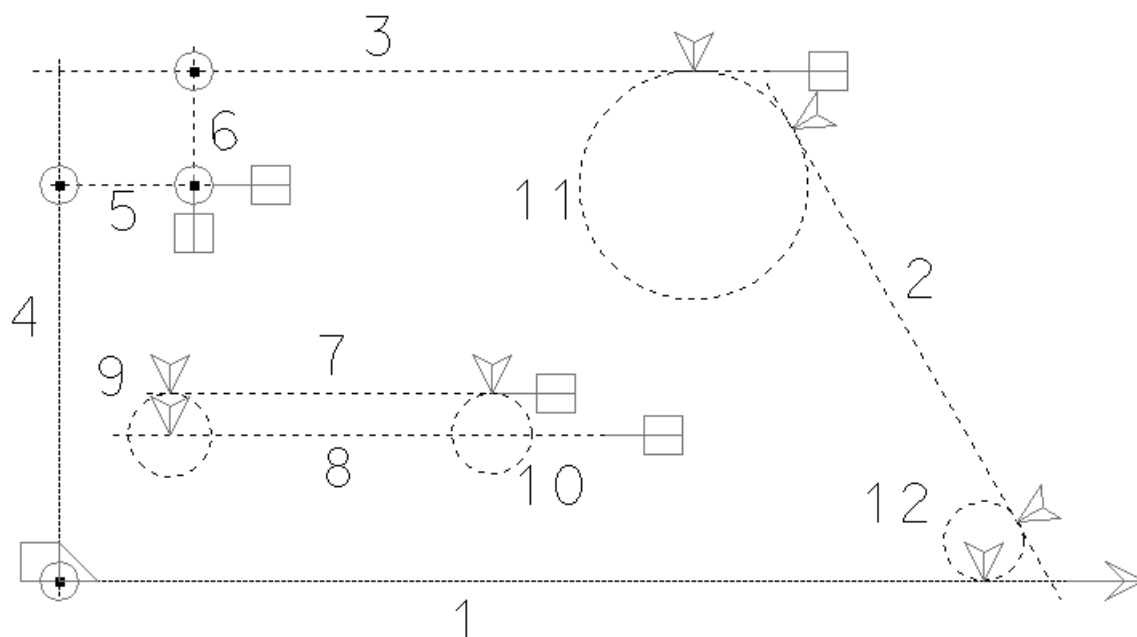
Линии 7 и 8 являются вспомогательными элементами эскизного построения.

1. Установить стиль и толщину линий в 0 и цвет линий – зеленый.
2. Из меню Линейные элементы (Linear Element) выбрать средство построения линии. Установить и зафиксировать опции Длина (Length) 80 и Угол (Angle) 0. Затем разместить первую линию, обозначенную на рисунке - 1.
3. Используя инструментальные средства Построение линии (Place Line) и Построение окружности (Place Circle) создать приблизительно необходимые эскизные построения, аналогично показанным на рисунке.

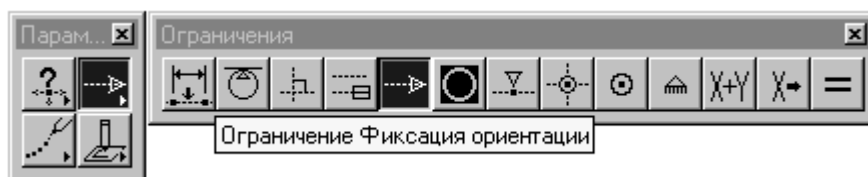


### Наложение геометрических ограничений на элементы конструкции

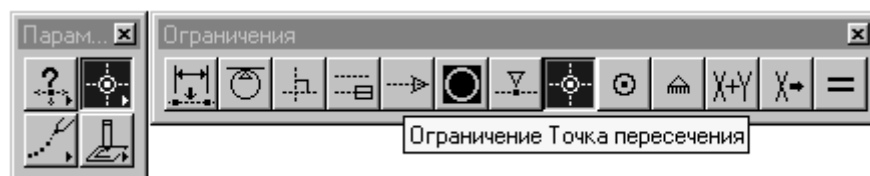
В результате наложения геометрических ограничений Вы должны получить следующую конструкцию:



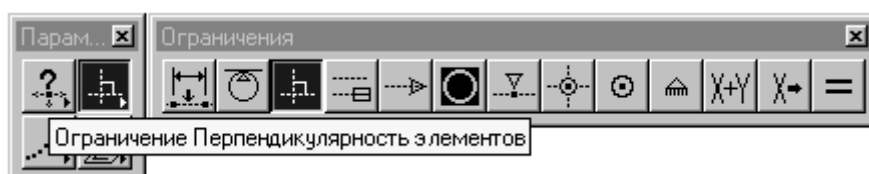
1. Из меню Инструменты (Tools), выбрать подменю Параметрическое проектирование (DD Design). Откроется основная панель пиктограмм Параметрическое проектирование (DD Design).
2. Из панели пиктограмм Ограничения (Constraint) выбрать пиктограмму Ограничение Фиксация ориентации (Constrain Angle).



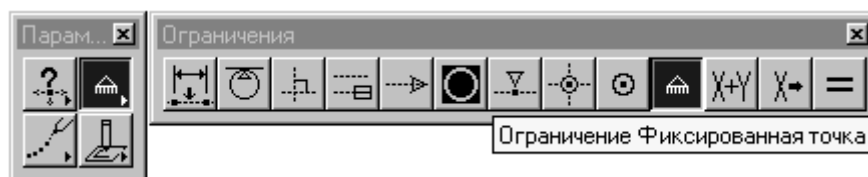
3. Выбрать линию 1.
4. Нажать клавишу данных для подтверждения.
5. Из той же панели пиктограмм выбрать пиктограмму Ограничение Точка пересечения (Constrain Point At).



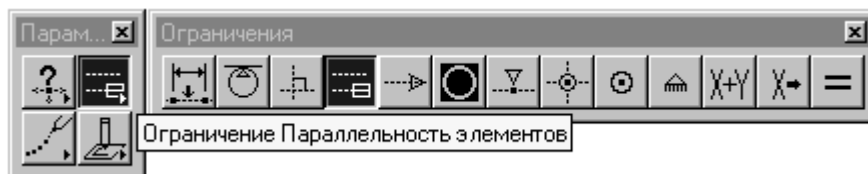
6. Выбрать линию 4 и линию 1.
7. Установить курсор вне выбранных элементов и нажать клавишу данных, после чего, для подтверждения нажать клавишу "Сброс".
8. Выбрать пиктограмму Ограничение Перпендикулярность элементов (Constrain Perpendicular).



9. Выбрать линию 4 и линию 1.
10. Нажать клавишу данных для подтверждения.
11. Выбрать пиктограмму Ограничение Фиксированная точка (Fix Point).



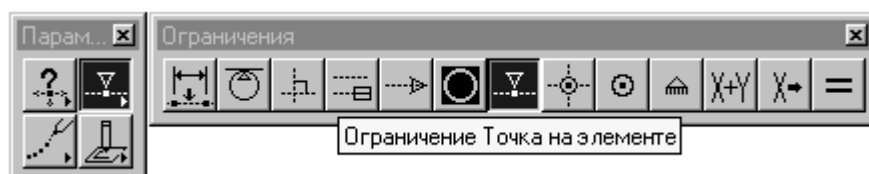
12. Выбрать точку пересечения линии 4 и линии 1.
13. Нажать клавишу данных для подтверждения.
14. Выбрать пиктограмму Ограничение Параллельность элементов (Constrain Parallel).



15. Выбрать линию 3 и линию 1.
16. Нажать клавишу данных для подтверждения.
17. Аналогичным образом задать параллельность для линий 5,7 и 8 относительно линии 1, а так же линии 6 относительно линии 4.
18. Аналогично пп 5-7 задать точки пересечения линий 4 и 5, 5 и 6, 6 и 3.



19. Выбрать пиктограмму Ограничение Тангенциальность элементов (Constrain Tangent).
20. Выбрать окружность 11 и линию 3.
21. Нажать клавишу данных для подтверждения.
22. Аналогично задать касание окружности 11 и линии 2, окружности 12 и линий 1 и 2, окружностей 9, 10 и линии 7.



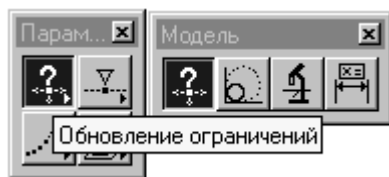
23. Выбрать пиктограмму Ограничение Точка на элементе (Constrain Point On).
24. Выбрать окружность 9 и линию 8.
25. Нажать клавишу данных для подтверждения.

**Примечание:** При выборе окружности автоматически захватывается ее центр. Таким образом, данное ограничение означает, что центр окружности 9 находится на линии 8.

26. Аналогично задать ограничение для центра окружности 10.

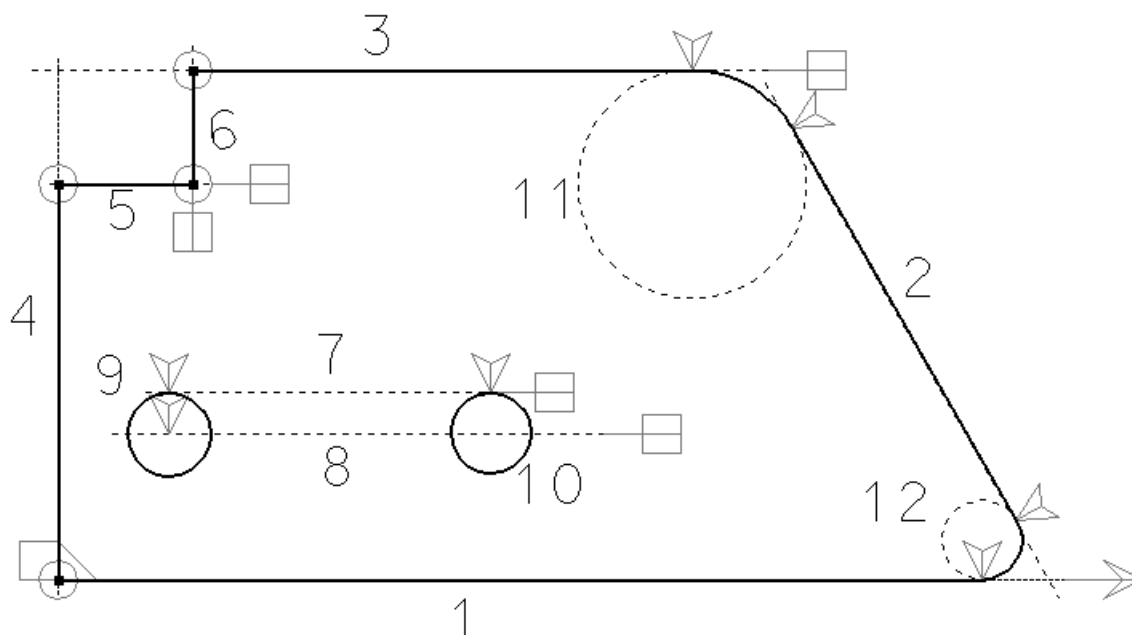
**Примечание:** Этот прием, когда вводятся две дополнительные параллельные линии, одна из которых касательна окружностям, а другая содержит центры этих окружностей, позволяет геометрическими ограничениями задать одинаковый радиус и одинаковое расстояние от центров окружностей до некоторой линии.

Полученная конструкция должна иметь 11 степеней свободы, что можно проконтролировать с помощью инструмента Обновление ограничений (Re-solve Constraints) из панели пиктограмм Модель (Model). После использования этого инструмента в строке подсказки должно появиться сообщение “Степеней свободы: 11” (DOF=11).



### Отрисовка контура.

В результате отрисовки контура Вы должны получить следующее:

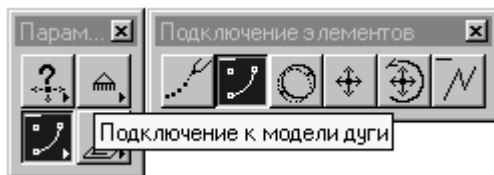


Установить текущую толщину линии равную 3.

1. Из основного меню пиктограмм Параметрическое проектирование (DD Design) выбрать подменю Подключение элементов (Attach Element).
2. Выбрать пиктограмму Подключение к модели ломаной или контура (Attach Line).



3. Указать первую точку - точку касания линии 3 и окружности 11, затем последовательно точки пересечения линий 3 и 6, 6 и 5, 5 и 4, 4 и 1. Последняя точка - точка касания линии 1 и окружности 12.
4. Нажать клавишу “Сброс” для завершения.
5. Аналогично добавить отрезок, соединяющий точку касания прямой 2 и окружностей 11 и 12.
6. Выбрать пиктограмму Подключение к модели дуги (Attach Arc).

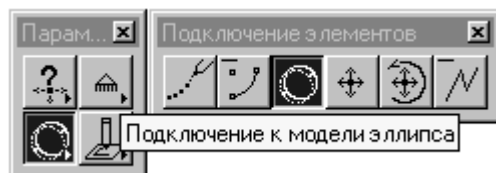


Указать окружность 11, затем точки касания окружности 11 и линий 2 и 3.

**Примечание:** Дуги всегда проводятся против часовой стрелки, поэтому от порядка вводимых точек зависит та часть окружности, которая будет принята в качестве дуги.

7. Аналогично присоединить дугу на окружности 12.

8. Выбрать пиктограмму Подключение к модели эллипса (Attach Ellipse).



9. Указать окружность 9.

10. Нажать клавишу данных для подтверждения.

11. Аналогично присоединить окружность 10.

### Образмеривание контура

Количество степеней свободы в полученной конструкции равно 11. Для того, что бы полностью определить конструкцию – сделать ее хорошо определенной (Well-constrained), необходимо добиться нулевой степени свободы. Поскольку все возможные геометрические ограничения наложены, необходимо ввести 11 размерных ограничений.

**Примечание:** Для того, чтобы размер являлся ограничением, необходимо, чтобы он был ассоциирован с элементами конструкции. Для линейных и угловых размеров это происходит автоматически: MicroStation самостоятельно находит необходимые элементы и конвертирует размер в ограничение на этапе простановки размера (при этом размер будет изображен белым цветом). Для радиальных размеров (радиусы, диаметры) требуется в явном виде дать команду для такой конвертации.

С каждым размерным ограничением связывается некоторая переменная, с помощью которой можно управлять численным значением размера, а также включать эту переменную в различные уравнения и выражения. Имя переменной запрашивается в момент конвертации размера в размерное ограничение. Если имя не вводится пользователем, то оно генерируется автоматически. Имена переменных чувствительны к регистру.

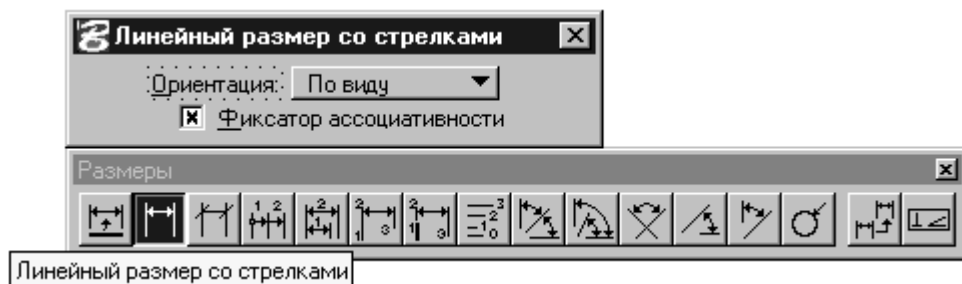
### Линейные размерные ограничения.

1. Из меню Установки (Settings), подменю Режим захвата (Snaps) выбрать подменю Ряд кнопок (Button Bar). Откроется панель кнопок Режим захвата (Snap Mode). Двойным щелчком зафиксировать режим захвата конца линии.



2. Из основного меню пиктограмм выбрать подменю Размеры (Dimension). Откроется панель пиктограмм Размеры (Dimension).

3. Выбрать пиктограмму Линейный размер со стрелками (Dimension Size with Arrows).



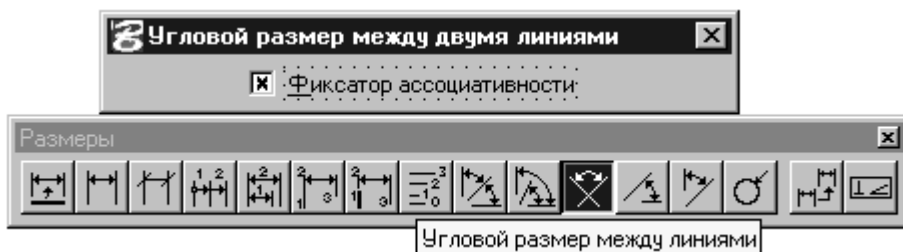
4. В диалоговом окне Линейный размер со стрелками (Dimension Size with Arrow) из меню опций Ориентация (Alignment) выбрать По виду (View).
  5. Включить опцию Фиксатор ассоциативности (Association Lock).
- Захватить левый нижний угол отрисованного контура, используя прием пробной точки.
6. Нажать клавишу данных для подтверждения.
  7. Отступить от введенной точки несколько ниже и клавишей данных ввести информационную точку, которая определит место, где пройдет размерная линия. После этого размерная линия будет динамически отображаться при перемещении курсора.
  8. В диалоговом окне Линейный размер со стрелками (Dimension Size with Arrow) в поле Параметр (Constraint) ввести имя переменной L, которая будет связана с этим размером.
  9. В панели переключателей Режим захвата (Snap Mode) двойным щелчком зафиксировать режим захвата центра.
  10. Захватить центр дуги отрисованного контура, лежащей на окружности 12. При этом использовать прием пробной точки.
  11. Нажать клавишу данных для подтверждения.

**Примечание:** Если линейный или угловой размер введен правильно, то он автоматически конвертируется в размерное ограничение, выделяется белым цветом, происходит пересчет модели и в строке подсказки появляется сообщение о количестве степеней свободы. В данном случае "Степеней свободы: 10", т.е. размерное ограничение уменьшает количество степеней свободы на 1. В случае ошибки в строке подсказки появится соответствующее сообщение.

12. Аналогично, используя необходимый тип захвата, - панель переключателей Режим захвата (Snap Mode), и используя прием пробной точки, проставить все остальные линейные размеры: l1, l2, l3, H, h1, h2 (смотри рисунок в начале работы).

### Угловые размерные ограничения.

1. Из панели пиктограмм Размеры (Dimension) выбрать пиктограмму Угловой размер между линиями (Dimension Angle Between).
2. В открывшемся диалоговом окне Угловой размер между двумя линиями (Angle Between Lines) опция Фиксатор ассоциативности (Association Lock) должна быть включена.



3. Используя прием пробной точки, указать участок контура, лежащий на линии 2.
4. Нажать клавишу данных для подтверждения.



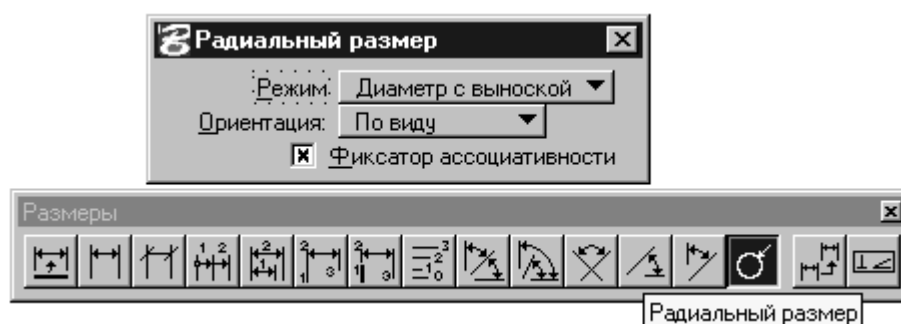
5. В диалоговом окне Угловой размер между двумя линиями (Dimension Angle Between Lines) в поле Параметр (Constraint) ввести имя переменной Alpha.
6. Используя прием пробной точки, указать участок контура, лежащий на линии 1.
7. Нажать клавишу данных для подтверждения. После этого обозначение углового размера будет отображаться динамически при перемещении курсора.
8. Выбрать подходящее расположение обозначения углового размера и зафиксировать его клавишей данных.

После простановки всех линейных и углового размеров количество степеней свободы в данном контуре должно равняться 3.

### Радиальные размерные ограничения.

Как было сказано выше, радиальные размеры не конвертируются автоматически в размерные ограничения, поэтому сначала необходимо проставить радиальные размеры, а затем конвертировать их в размерные ограничения.

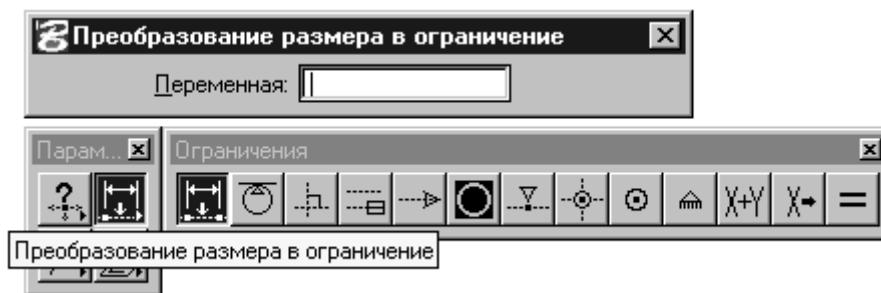
1. Из панели пиктограмм Размеры (Dimension) выбрать пиктограмму Радиальные размеры (Dimension Radial).
2. В открывшемся диалоговом окне Радиальный размер (Dimension Radial), в меню опций Режим (Mode) выбрать Диаметр с выноской (Diameter Extended). В меню опций Ориентация (Alignment) выбрать По виду (View). Опция Фиксатор ассоциативности (Association Lock) должна быть включена.



3. Указать окружность 9. После этого обозначение размера будет автоматически отображаться при перемещении курсора.
4. Выбрать подходящее расположение обозначения размера и зафиксировать его клавишей данных.
5. В диалоговом окне Радиальный размер (Dimension Radial) в меню опций Режим (Mode) выбрать Радиус (Radius). Остальные опции оставить без изменений.
6. Указать дугу, расположенную на окружности 11. Обозначение размера будет динамически отображаться при перемещении курсора.
7. Выбрать подходящее расположение обозначения размера и зафиксировать его клавишей данных.
8. Аналогично проставить размер радиуса дуги, расположенной на окружности 12.

### Конвертация радиальных размеров в размерные ограничения.

1. Из панели пиктограмм Ограничения (Constraint) выбрать пиктограмму Преобразование размера в ограничение (Convert Dimension To Constraint).
2. В открывшемся диалоговом окне Преобразование размера в ограничение (Convert Dimension to Constraint) в поле Переменная (Variable) ввести имя переменной **d**.



3. Указать на обозначение диаметра окружности 10. Для подтверждения нажать клавишу данных. Размер будет конвертирован в ограничение и выделен белым цветом. В строке подсказки появится сообщение "Степеней свободы: 2" (DOF=2).
4. Аналогично конвертировать размеры радиусов дуг на окружностях 11 и 12, ассоциировав с ними переменные соответственно R и r.

После конвертации последнего размера в строке подсказки должно появиться сообщение "Степеней свободы: 0" (DOF=0), то есть конструкция полностью определена.

### **Математические выражения относительно переменных, ассоциированных с размерами**

В тех случаях, когда некоторые размеры должны быть связаны определёнными соотношениями, необходимо добавить математические выражения, описывающие эти соотношения. Возможно два вида выражений:

- Равенство;
- Неравенство.

**Примечание:** Необходимо отметить, что равенство определяет конкретное значение для переменной и связывает одну степень свободы. Неравенство не определяет конкретное значение переменной и не связывает степень свободы. Неравенство ограничивает диапазон допустимых значений переменной, что может быть продиктовано естественными требованиями сохранения формы, взаимного расположения элементов или конструкторско - технологическими причинами.

Добавление выражений относительно переменных выполняется в два этапа:

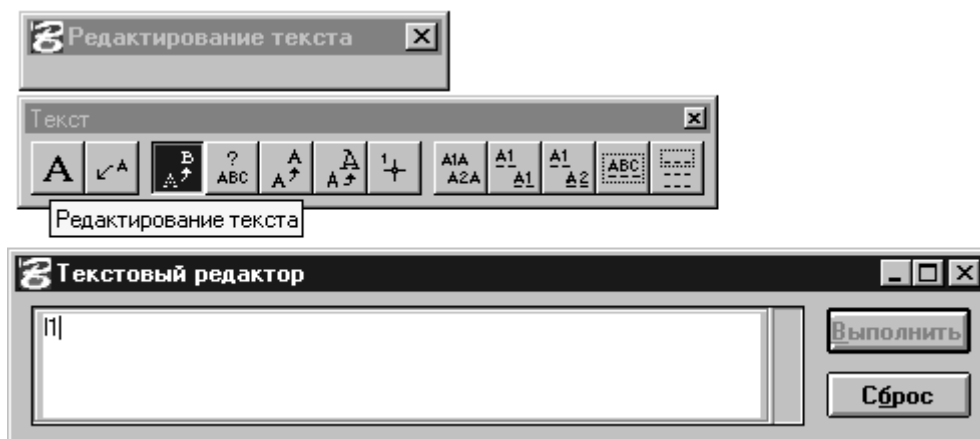
- Необходимые выражения в виде текста помещаются на поле чертежа;
- Введённые выражения логически связываются с переменными.

Добавим следующее выражение относительно переменных **l1** и **l2**:

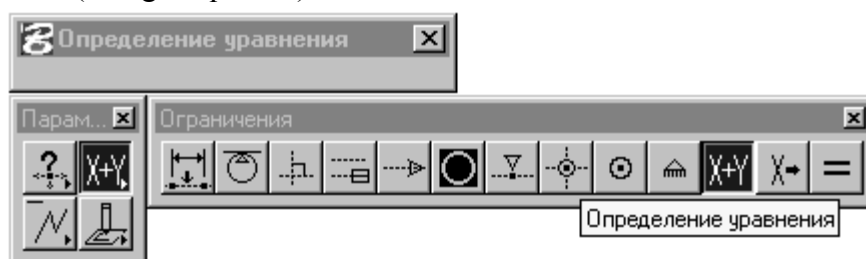
$$l1=l2/2.0+5.0$$

В полученной конструкции количество степеней свободы равно нулю, а равенство связывает одну степень свободы, поэтому сначала необходимо убрать одну степень свободы, удалив размерное ограничение относительно **l1**.

1. Из панели пиктограмм Текст (Text) выбрать пиктограмму Редактирование Текста (Edit Text).
2. Указать на размерное ограничение  $l1=<\text{численное значение на чертеже}>$  Нажать клавишу данных для подтверждения. Появится диалоговое окно Текстовый редактор (Text Editor), в рабочем поле которого будет находиться указанная строка.
3. Исправить строку, оставив в ней только название переменной **l1**.
4. Нажать кнопку Выполнить (Apply) в этом же диалоговом окне.
5. Из панели пиктограмм Текст (Text) выбрать пиктограмму Размещение текста (Place Text).
6. В диалоговом окне Текстовый редактор (Text Editor) ввести выражение  $l1=l2/2.0+5.0$



7. Введённое выражение будет динамически отображаться при перемещении курсора. Разместить текст на свободном месте чертежа и нажать клавишу данных для подтверждения, затем клавишу Сброс для завершения.
8. Из панели пиктограмм Ограничения (Constraint) выбрать пиктограмму Определение уравнения (Assign Equation).



9. Указать на строку текста  $I1=I2/2.0+5.0$
10. Указать на переменную I1 в ранее введённой строке.
11. Указать на строку  $I2=<\text{численное значение размера на чертеже}>$ .
12. Поместить курсор на свободное место чертежа и нажать клавишу данных для подтверждения, затем клавишу Сброс для завершения.

Выражение будет конвертировано в размерное ограничение и в строке подсказки появится сообщение "Количество степеней свободы: 0" (DOF=0). Размер I1 будет вычислен, согласно введённому уравнению.

## Изменение размеров

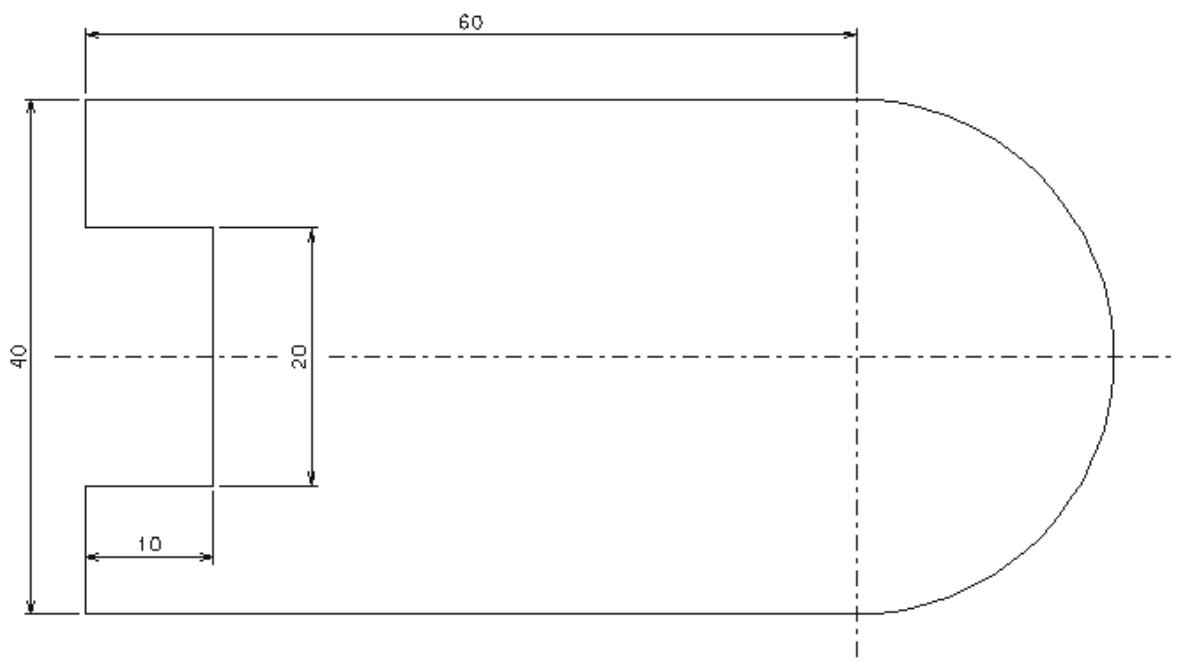
Для изменения размеров необходимо изменить численные значения и сделать обновление ограничений.

1. Из панели пиктограмм Текст (Text) выбрать пиктограмму Редактирование Текста (Edit Text).
2. Указать на любое размерное ограничение  $<\text{имя\_переменной}>=<\text{численное значение на чертеже}>$  Нажать клавишу данных для подтверждения. Появится диалоговое окно Текстовый редактор (Text Editor), в рабочем поле которого будет находиться указанная строка.
3. Изменить численное значение переменной на новое.
4. Нажать кнопку Выполнить (Apply) в этом же диалоговом окне. Из меню пиктограмм Параметрическое проектирование (DD Design) выбрать подменю Модель (Model).

5. Из панели пиктограмм Модель (Model) выбрать пиктограмму Обновить ограничения (Re-solve Constraints).
6. Указать на конструкцию и нажать клавишу данных для подтверждения.  
После обновления ограничений конструкция изменится в соответствии с установленными значениями размеров.

**Задание для самостоятельной проработки.**

Создать параметрический контур по следующему эскизу:



**Примечание:** После наложения геометрических ограничений число степеней свободы должно быть равно четырём. Оставшиеся степени свободы должны быть связаны размерными ограничениями. В данном случае необходимо геометрическими ограничениями добиться осевой симметрии.

## Твердотельное конструирование механических деталей

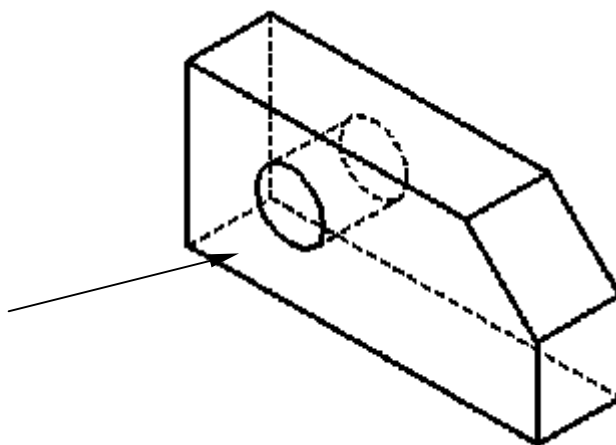
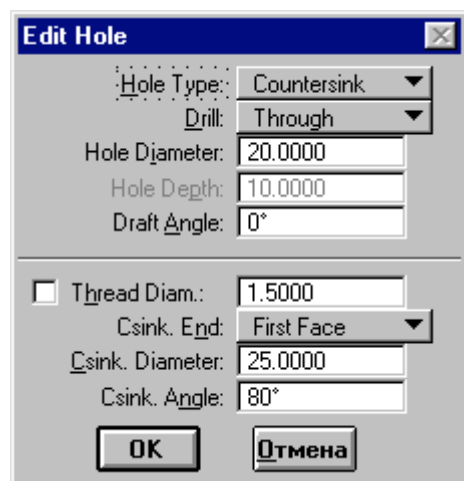
### Твердотельное моделирование.

Твердотельное моделирование выполняется с помощью специального приложения для пакета MicroStation: MicroStation Modeler, которое базируется на технологии ACIS - технологии твердотельного моделирования, основанной на функциях C++ и поставляемой в виде библиотеки функций фирмой Spatial Technology Inc. Технология ACIS поддерживается более чем 200 коммерческими фирмами-разработчиками пакетов CAD/CAM/CAE. В MicroStation Modeler библиотека ACIS связывается с Microstation. Очень важны для понимания твердотельного моделирования следующие термины MicroStation Modeler:

- **Параметр** - значение, равенство или условие, которое специфицирует аспект построения параметрического твердого тела или конструктивного элемента.
- **Параметрическое твердое тело** - твердотельный геометрический объект, основанный на параметрах, которыми он определен. Одно параметрическое твердое тело может содержать несколько элементов Microstation. Параметрическое твердое тело в дальнейшем называется просто - твердое тело.
- **Конструктивный элемент (КЭ)** - специальное геометрическое построение, которое основано на параметрах, которые его определяют.

В комбинации, твердые тела и КЭ используются для твердотельного моделирования. Твердые тела и КЭ редактируются путем изменения параметров и предоставляют более широкие возможности для геометрического моделирования, чем описание объемных объектов геометрическими поверхностями. Например:

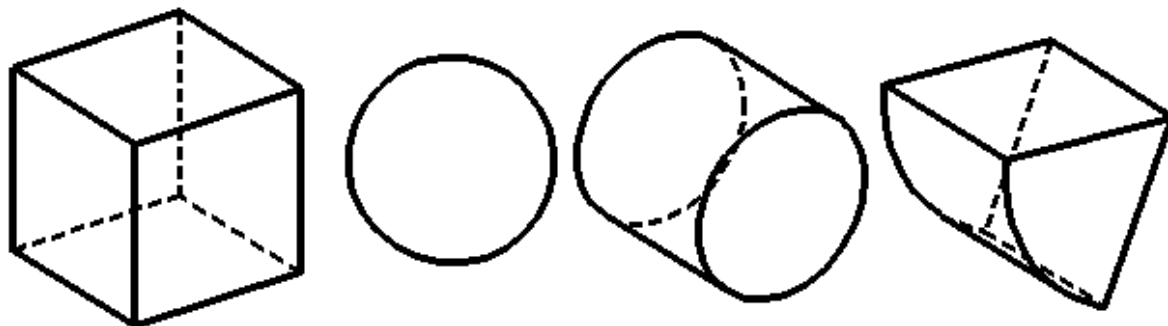
- Отверстие, определенное как сквозное, останется сквозным при любых изменениях толщины твердого тела.
- При манипулировании кубом, который создан поверхностями, не хватает информации для определения того, является куб полым или твердым телом.



*Параллелепипед - это параметрическое твердое тело. Отверстие и фаска - это КЭ, которые ассоциируются с параллелепипедом. Параметрические твердые тела и КЭ модифицируются через диалоговое окно.*

## Параметрические твердые тела.

3D примитивы в MicroStation Modeler - это параллелепипеды, сферы, конусы, торы, клинья. Они создаются стандартными средствами Microstation путем использования панели Parametric Solids (Параметрические твердые тела). При работе с примитивами повсеместно используется прием пробной точки без нажатия клавиши <Alt>.



В MicroStation Modeler можно создавать комплексные твердые тела с помощью команд твердотельного моделирования: Construct Solids (Создание Твердых тел) Union (Объединением), Intersection (Пересечением) или Difference (Вычитанием).

## Конструктивные элементы.

Команды MicroStation Modeler для создания конструктивных элементов позволяют создавать скругления, фаски, отверстия, цилиндрические выступы, вырезы, профильные выступы в параметрических твердых телах, а также создавать тонкостенную оболочку. Вырезы и профильные выступы позволяют использовать в качестве профилей, как обычные элементы, так и параметрические, размерно-управляемые геометрические элементы.

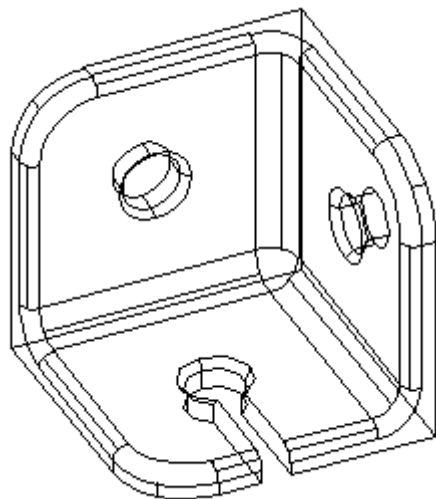
Использование параметрических конструктивных элементов позволяет быстро скруглять примитивы и добавлять в них отверстия, вырезы, выступы и т.д. После создания КЭ можно вернуться назад и отредактировать любой КЭ, не затрагивая примитивы и другие КЭ

Твердотельные модели механических деталей в MicroStation Modeler создаются подобно тому как механические детали изготавливаются из заготовок. В качестве “заготовок” используются один или несколько примитивов, к которым можно добавлять различные КЭ. При необходимости каких-либо модификаций MicroStation Modeler позволяет редактировать как “заготовки”, так и добавленные КЭ.

В Microstation Modeler работа начинается с создания 3D примитивов и добавления к ним конструктивных элементов.

На этом занятии Вам необходимо освоить следующее:

- Создание 3D примитивов
- Объединение примитивов в одно твердое тело
- Добавление конструктивных элементов
- Модифицирование конструктивных элементов



*Модель, которая должна быть создана на этом занятии*

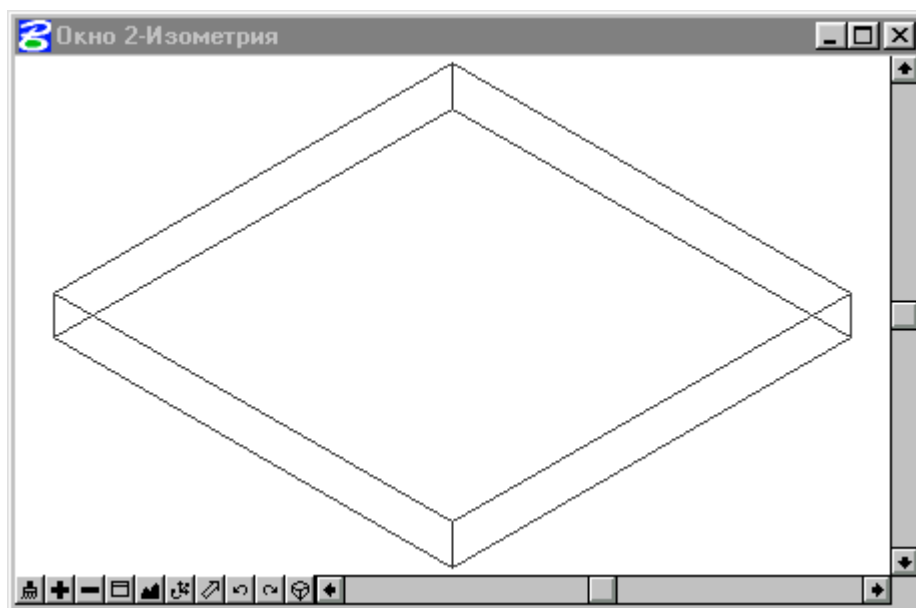
### **Создание 3D примитивов.**

Заданная модель, показанная выше, состоит из трех 3D примитивов: трех параллелепипедов.

#### ***Создание первого параллелепипеда:***



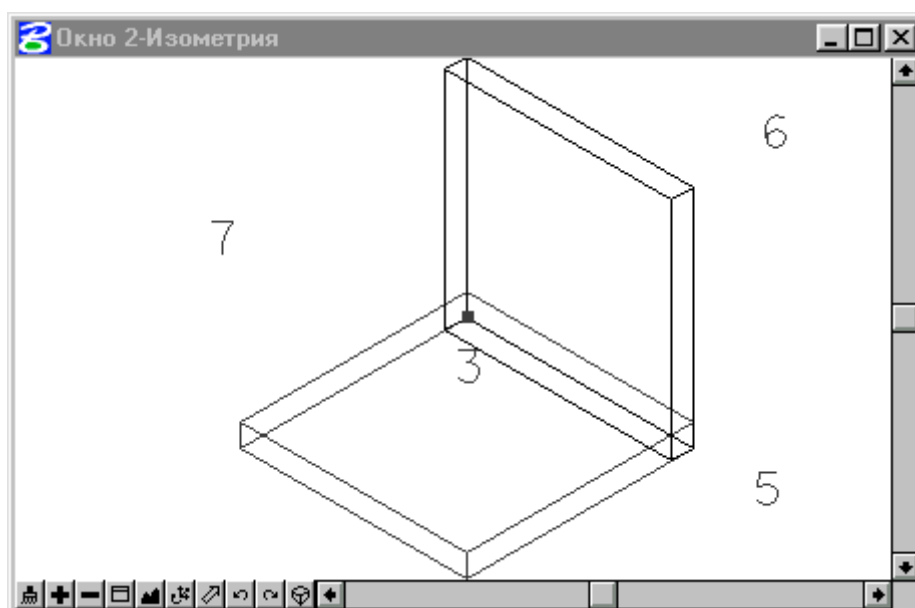
1. Выберите пиктограмму Place Slab (Разместить параллелепипед) из основной панели пиктограмм Modeler. Откроется диалоговое окно Place Slab (Размещение параллелепипеда).
2. Из меню опций - Type (Тип) выберите Parametric Solid (Параметрические твердые тела).
3. Из меню опций - Axis (Оси) выберите Drawing Z (Проекта Z).
4. Включите опции - Length (Длина), Width (Ширина), Height (Высота).
5. В поле Length (Длина) и Width (Ширина) наберите - 100.
6. В поле Height (Высота) наберите 10.
7. На виде Вид сверху (Top View) введите в любом месте (параметры параллелепипеда заданы в диалоговом окне) три информационные точки.
8. В любом другом виде - введите в любом месте информационную точку, подтверждающую высоту.
9. Впишите параллелепипед в вид, выбрав пиктограмму Вписывание вида в маленькой нижней горизонтальной панели пиктограмм управления видом в каждом виде.



*Созданный первый параллелепипед*

### ***Создание второго параллелепипеда:***

1. Снова выберите пиктограмму Place Slab (Разместить параллелепипед).
2. Из меню опций - выберите Drawing X (Чертеж X), оставив остальные настройки без изменений.
3. На виде Isometric View (Изометрия) захватите в верхней части вида нижнюю угловую точку параллелепипеда, используя прием пробной точки. Одно из прилегающих к точке ребер должно изменить цвет.
4. Нажмите клавишу данных для подтверждения.
5. В нижней части вида Isometric View (Изометрия) введите любую информационную точку для определения длины.
6. В верхней части вида Isometric View (Изометрия) введите любую информационную точку для определения ширины.
7. В левой части вида Isometric View (Изометрия) введите любую информационную точку для определения высоты.
8. Впишите элементы в виды.

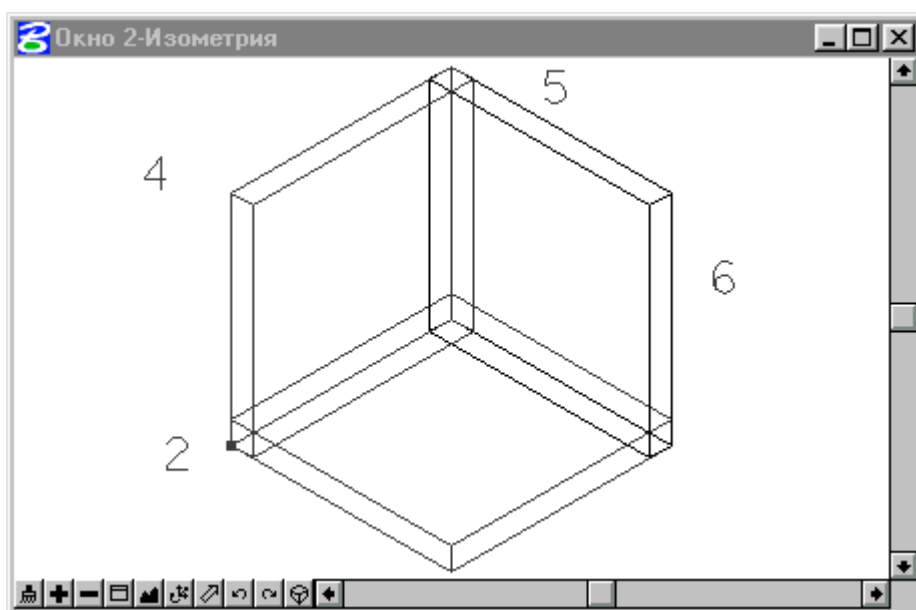


*Создание второго параллелепипеда*



### ***Создание последнего параллелепипеда:***

1. Снова выберите пиктограмму Place Slab (Разместить параллелепипед).
2. Из меню опций - Axis (Оси) выберите Drawing Y (Чертеж Y), оставив остальные настройки без изменений.
3. На виде Isometric View (Изометрия) захватите крайнюю слева нижнюю угловую точку первого параллелепипеда, используя прием пробной точки.
4. Нажмите клавишу данных для подтверждения.
5. В верхней части вида Isometric View (Изометрия) введите точку данных для определения длины.
6. В правой части вида Isometric View (Изометрия) введите точку данных для определения ширины.
7. В нижней части вида Isometric View (Изометрия) введите точку данных для определения высоты.

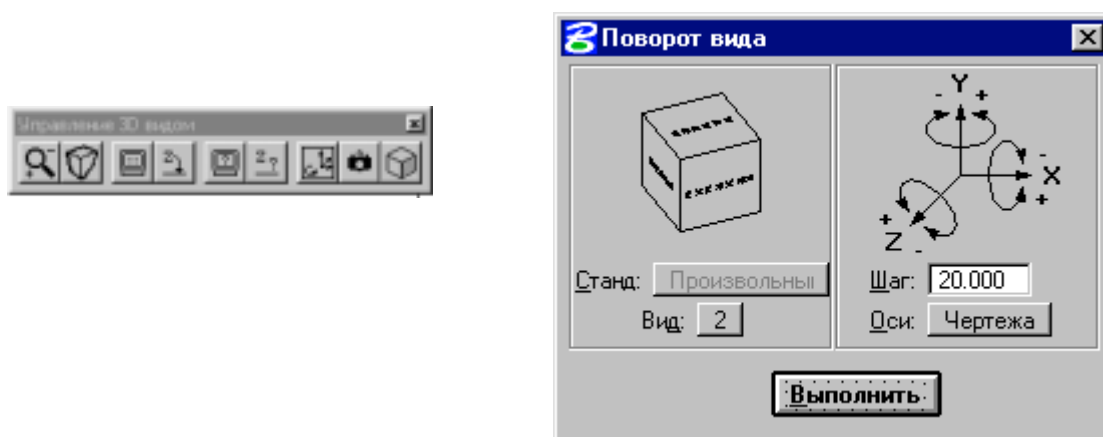


*Создание последнего параллелепипеда*

### **Объединение примитивов в одно твердое тело.**

Каждый параллелепипед - это отдельное твердое тело. Вам предстоит объединить их в одно.

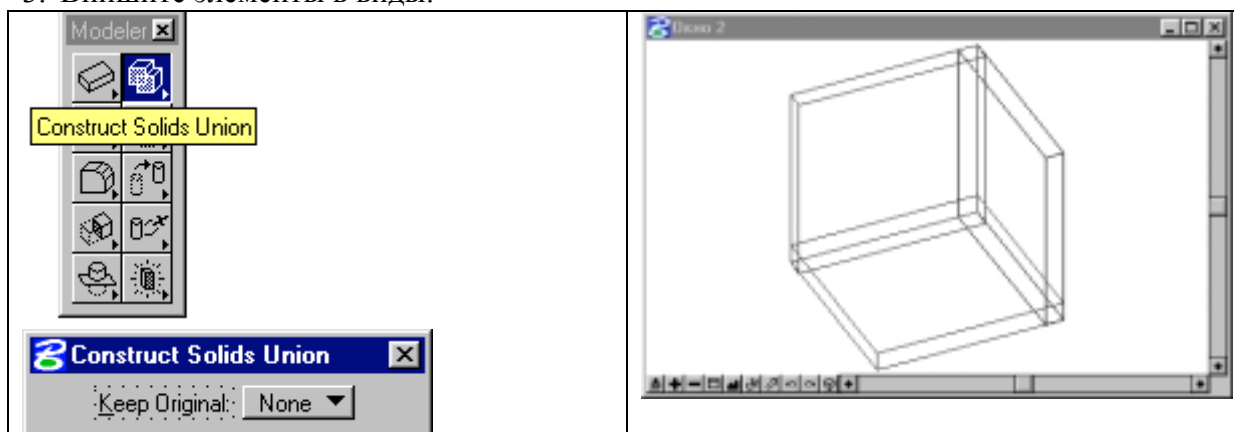
***Вращение вида Isometric View (Изометрия) для лучшего отображения модели:***



1. Из меню Tools (Инструментальные средства), подменю 3D, выберите подменю 3D View Control (Управление 3D видом). Откроется панель пиктограмм 3D View Control (Управление 3D видом). В появившейся панели выберите пиктограмму Change View Rotation (Изменение поворота вида). Откроется диалоговое окно View Rotation (Поворот вида).
2. В опциях Axis (Оси) выберите Drawing (Чертеж).
3. В опциях View (Вид) выберите - 2 (Iso - Изометрия)
4. Step (Шаг) установите равным 20 градусов.
5. Щелкните один раз на знаке "-" около буквы Z.
6. Нажмите экранную клавишу Apply (Выполнить).

### ***Объединение параллелепипедов в одно твердое тело:***

1. Выберите из левой панели пиктограмм Main (Основная) пиктограмму в виде стрелки Element selection (Выбор элементов) и, удерживая клавишу Ctrl, выделите последовательно все полученные три параллелепипеда. Каждый параллелепипед должен быть отмечен метками выбора.
2. Выберите пиктограмму Construct Solids Union (Создание твердых тел объединением) из панели Modeler. Параллелепипеды будут объединены.
3. Впишите элементы в виды.



*Три параллелепипеда объединяются в одно тело*

### **Добавление Конструктивных элементов.**

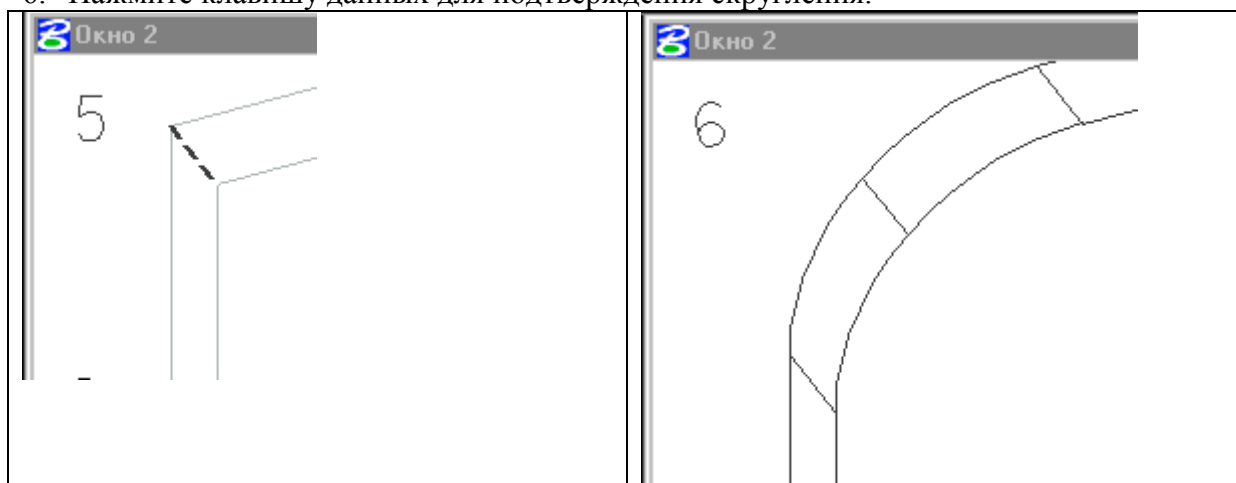
Создав основное тело, добавьте Конструктивные элементы - скругление внутренних углов и внешних ребер, отверстие и вырез.

### ***Скругление угловых ребер:***



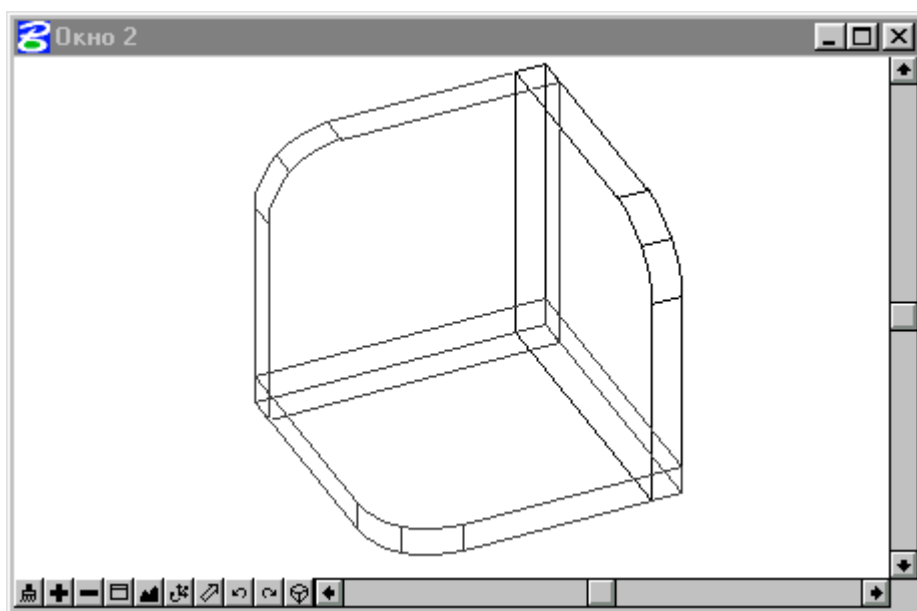
1. Из меню Tools (Инструментальные средства), подменю Modeler, выберите подменю Create Feature (Создание Конструктивных элементов). Откроется панель пиктограмм Create Feature (Создание Конструктивных элементов).
2. Выберите пиктограмму Round Edge or Vertex (Скругление ребер или вершин), откроется соответствующее диалоговое окно.

3. Из меню опций Round (Скругление) выберите Edge (Ребро).
4. Start Radius (Начальный радиус) установите равным 25. Если замок равенства закрыт, то End Radius (Конечный радиус) установится в аналогичное значение.
5. На виде 2, выберите верхнее левое ребро и нажмите клавишу “Сброс” для выполнения скругления, которое динамически отобразится.
6. Нажмите клавишу данных для подтверждения скругления.



*Скругление первого ребра*

8. Повторите шаги 5 - 6 для других двух ребер.



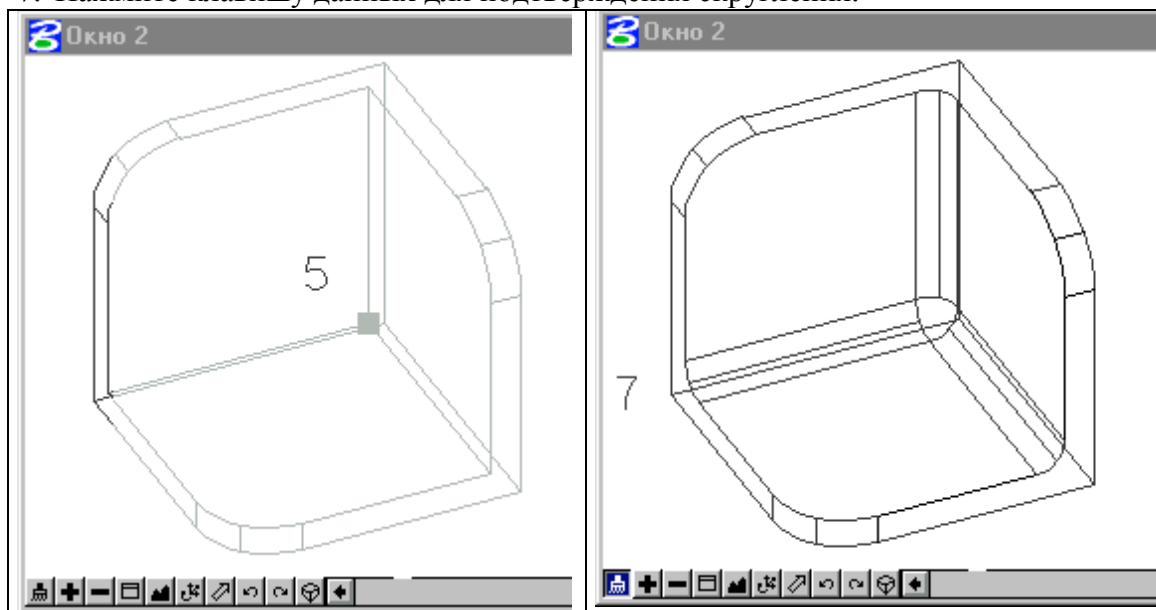
*После скругления всех трех ребер*

### **Скругление внутреннего угла и ребер:**



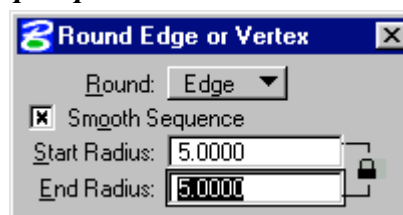
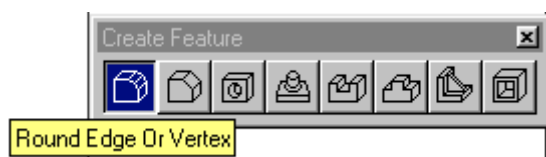
1. Снова выберите пиктограмму Round Edge or Vertex (Скругление ребер или вершин).
2. Из меню опций Round (Скругление) выберите Vertex (Вершина).
3. Значения Radius (Радиуса) и Setback (Отступ) установите равным 10.
4. Значение Bulge (Горна) установите равным 0.

- Используя прием пробной точки, укажите внутренний угол модели. В этом углу должна появиться метка выбора.
- Нажмите клавишу “Сброс” для появления скругления.
- Нажмите клавишу данных для подтверждения скругления.

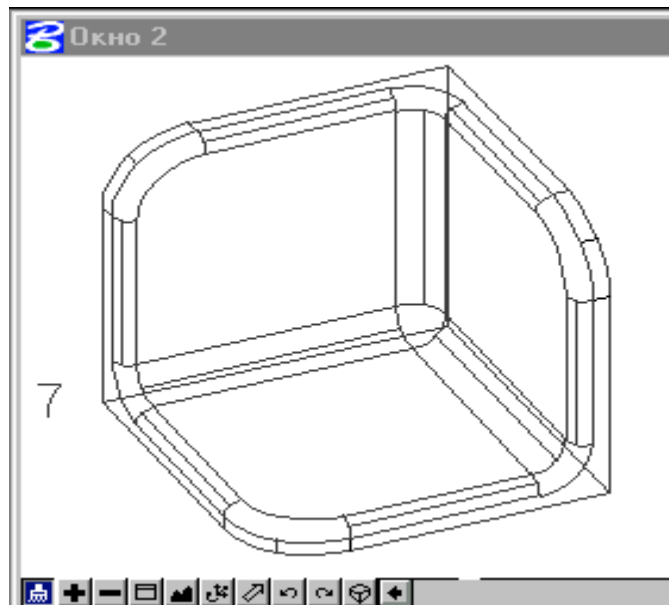


*Скругление внутреннего угла и прилегающих ребер*

#### ***Скругление передних ребер:***

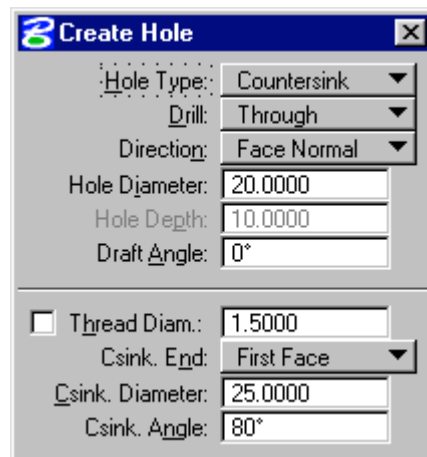


- Снова выберите пиктограмму Round Edge or Vertex (Скругление ребер или вершин).
- Из меню опций Round (Скругление) выберите Edge (Ребро).
- Включите кнопку Smooth Sequence (Скругление последовательности ребер), если эта кнопка не включена.
- Start Radius (Начальный радиус) установите равным 5. Если замок равенства закрыт, то End Radius (Конечный радиус) установится в аналогичное значение.
- Выберите любое из передних ребер, отобразится весь скругляемый контур.
- Нажмите клавишу “Сброс”, скругление динамически отобразится.
- Нажмите клавишу данных для подтверждения скругления.



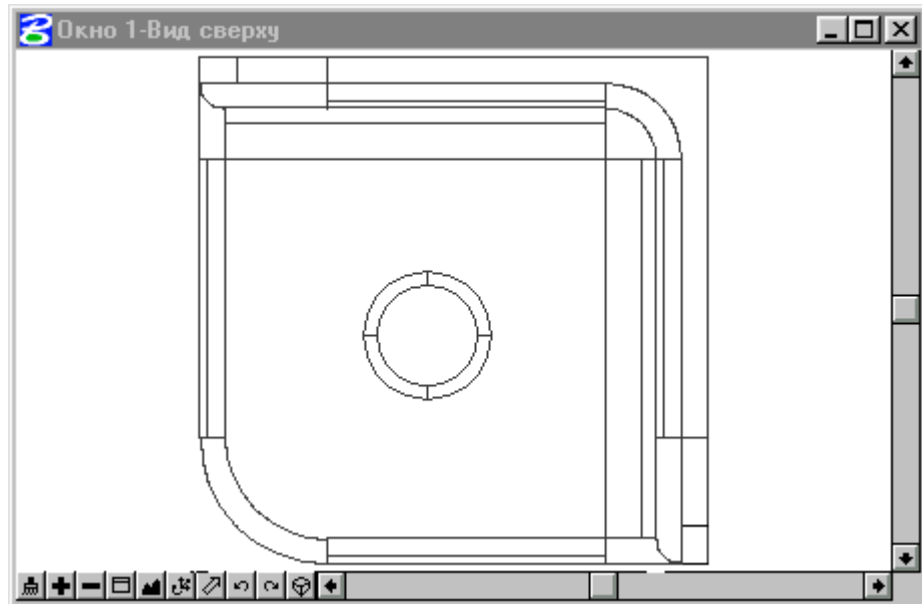
*Скругление передних граней*

***Создание отверстия на задней стенке:***



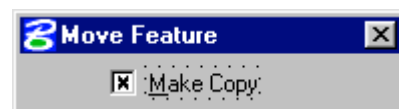
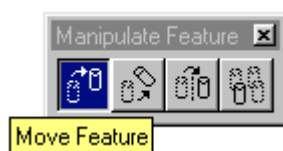
1. Из меню Tools (Инструментальные средства), подменю Modeler, выберите подменю Create Feature (Создание Конструктивных элементов). Откроется панель пиктограмм Create Feature (Создание Конструктивных элементов).
2. Из этой панели выберите пиктограмму Create Hole (Создание Отверстия). Откроется соответствующее диалоговое окно.
3. Hole Type (Тип отверстия) установите в Countersink (Отверстие с фаской).
4. Drill (Тип просверливания) - Through (Сквозное).
5. Direction (Ориентация отверстия) - Face Normal (Нормальное к лицевой поверхности).
6. Hole Diameter (Диаметр отверстия) установите равным 20.
7. Draft Angle (Угол сторон отверстия по отношению к оси) установите равным 0.
8. Выключите кнопку Thread Diam. (Диаметр резьбы).
9. Csink. End (Место фаски) - First Face (От первой поверхности).
10. Csink. Diameter (Начальный диаметр фаски) установите равным 25.
11. Csink. Angle (Угол фаски) установите равным 80.
12. Из меню Settings (Установки), подменю Locks (Фиксаторы) выберите подменю Full (Полностью). Откроется диалоговое окно Locks (Фиксаторы). Из меню опций Snap mode (Режим захвата) выберите "Center" (По центру).
13. Используя метод пробной точки, захватите на виде Top (Сверху) центр левой нижней дуги скругления. Курсор в вид перекрестия должен быть в центре дуги.

14. Нажмите клавишу данных для подтверждения выбора.
15. Из меню Utilities (Утилиты) выберите подменю Key-in (Ввод с клавиатуры). Откроется диалоговое окно Key-in (Ввод с клавиатуры) для ввода команд с клавиатуры.
16. В этом окне введите (без пробелов) команду **DX=20,20** и нажмите экранную клавишу Key-in. Отверстие отобразится динамически.
17. Переведите курсор вне тела и нажмите клавишу данных для подтверждения отверстия.

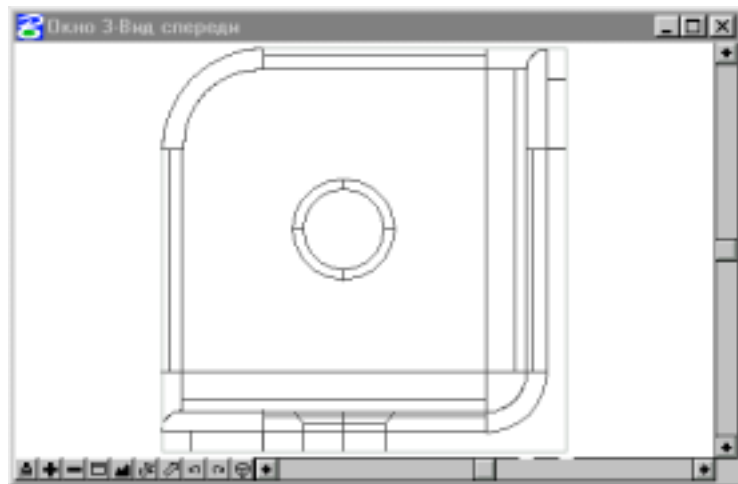


*Получение отверстия на нижней стенке*

*Копирование отверстия на левую стенку:*



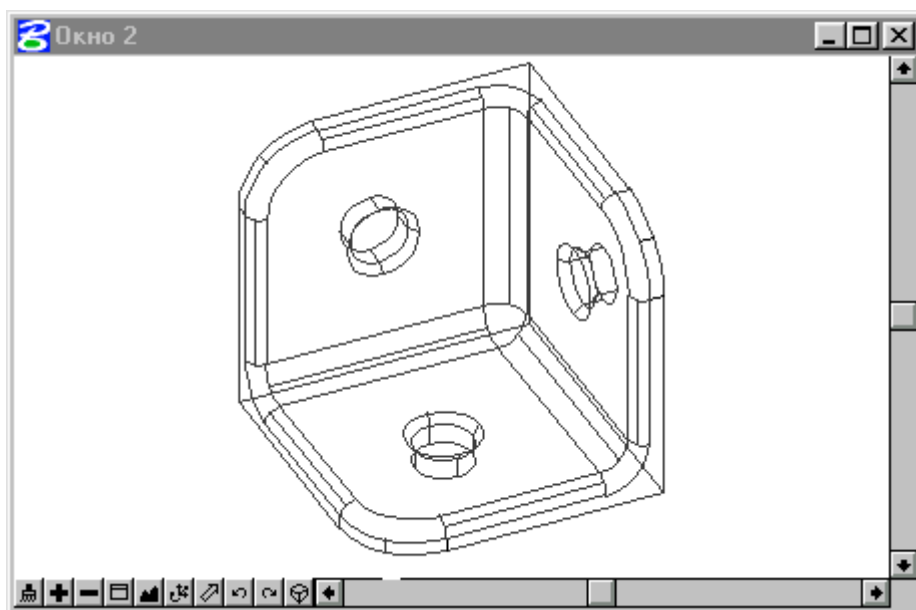
1. Из меню Tools (Инструментальные средства), подменю Modeler, выберите подменю Manipulate Feature (Манипулирование Конструктивными Элементами). Откроется панель пиктограмм Manipulate Feature (Манипулирование Конструктивными Элементами).
2. В этой панели выберите Move Feature (Перемещение Конструктивного Элемента).
3. Включите экранную кнопку Make Copy (Создать Копию).
4. Из меню Settings (Установки), подменю Locks (Фиксаторы) выберите подменю Full (Полностью). Откроется диалоговое окно Locks (Фиксаторы). Из меню опций Snap mode (Режим захвата) выберите "Center" (По центру).
5. На виде Top (Сверху) - укажите отверстие. Выбранное отверстие изменит цвет и новое отверстие будет привязано к курсору. При перемещении курсора, отверстие будет автоматически перестраиваться перпендикулярно ближайшей поверхности.
6. На виде 3 Front View (Спереди), захватите центр верхней левой дуги, нажав пробную клавишу (не нажимайте клавишу данных для подтверждения!). Курсор в виде перекрестия установится на центр дуги.
7. В окне команд введите (без пробелов) команду **DX=20,-20** и нажмите экранную клавишу Key-in. Отверстие скопируется на левую стенку.
8. Переведите курсор вне тела и нажмите клавишу данных для подтверждения отверстия.



*Копирование отверстия на левую стенку*

#### ***Копирование отверстия на правую стенку:***

1. На виде Тор (Сверху) - укажите отверстие, если оно не привязано к курсору.
2. На виде 2, захватите центр верхней справа дуги, нажав на ней пробную клавишу (не нажимайте клавишу данных для подтверждения!). Курсор в виде перекрестия установится на центр правой дуги.
3. В окне команд введите (без пробелов) команду **DL=0,20,-20** и нажмите экранную клавишу Key-in. Отверстие скопируется на правую стенку.
4. Переведите курсор вне тела и нажмите клавишу данных для подтверждения отверстия.

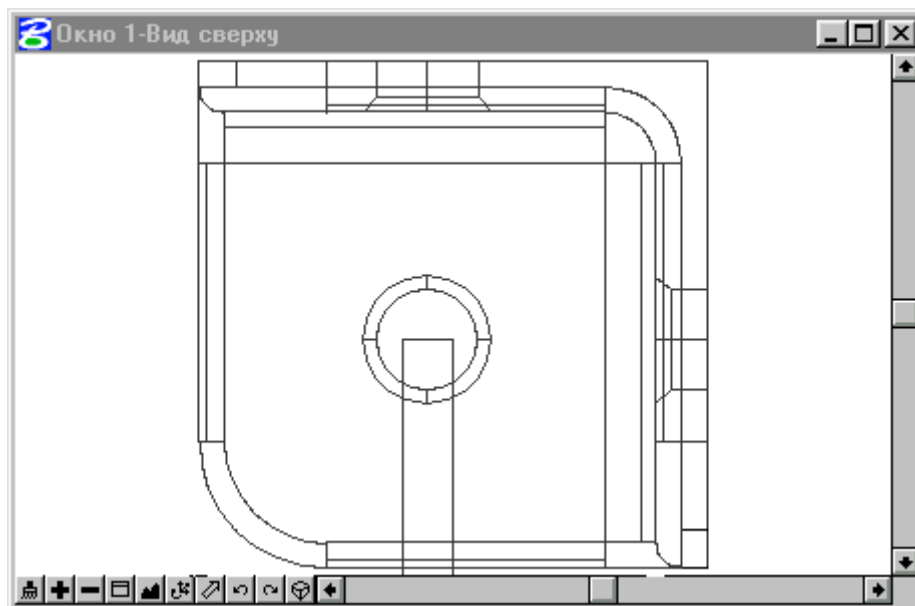


*Копирование отверстия на правую стенку*

#### ***Получение вырезающего профиля:***

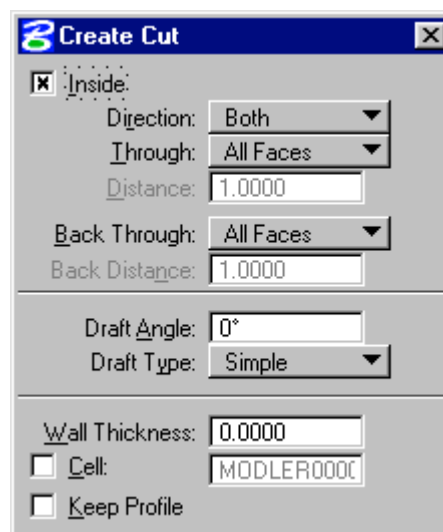
1. Из меню Tools (Инструментальные средства), подменю Main (Основные), выберите подменю Polygons (Построение многоугольников). Откроется панель пиктограмм Polygons (Построение многоугольников). В этой панели выберите Place Block (Построение прямоугольника).
2. На виде Тор (Сверху) захватите центр отверстия с фаской, нажав пробную клавишу (не нажимайте клавишу данных для подтверждения!). Курсор в виде перекрестия установится на центр отверстия.

3. В окне команд введите (без пробелов) команду **DX=-5** и нажмите экранную клавишу Key-in.
4. В окне команд введите (без пробелов) команду **DX=10,-50** и нажмите экранную клавишу Key-in. Прямоугольник будет построен.



*Получение вырезающего профиля*

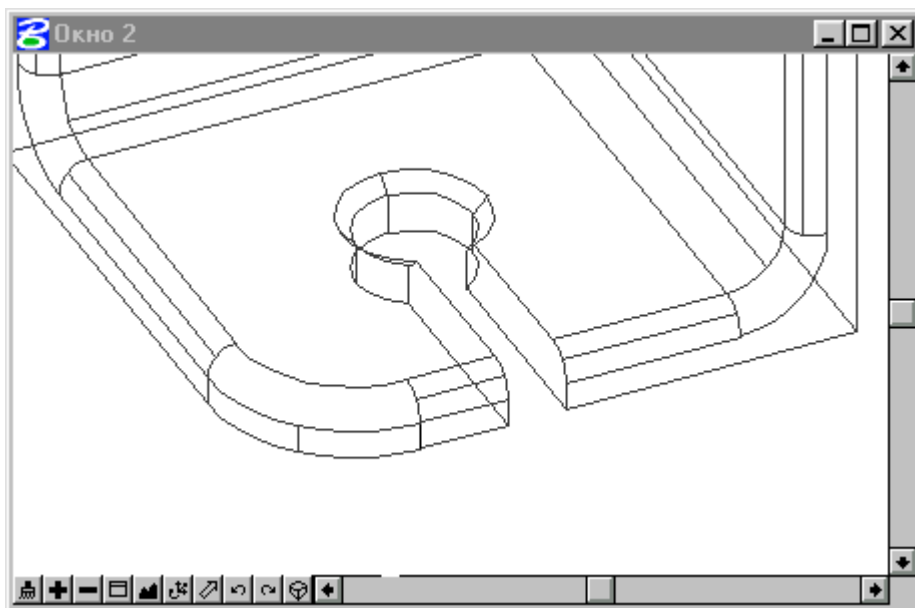
**Получение выреза:**



1. Из меню Tools (Инструментальные средства), подменю Modeler, выберите подменю Create Feature (Создание Конструктивных элементов). Откроется панель пиктограмм Create Feature (Создание Конструктивных элементов). Выберите пиктограмму Construct Cut (Создание Выреза).
2. Включите экранную кнопку Inside (Внутри).
3. В меню опций Direction (Направление) выберите Both (В обоих).
4. В меню опций Through (Сквозное) и Back Through (Обратное Сквозное) выберите All Faces (Все грани).
5. Draft Angle (Угол сторон выреза по отношению к оси) задайте равным 0, Draft Type (Тип проекции сторон выреза) задайте Simple (Простой).
6. Опция Wall Thickness (Толщина стенок) должна быть равна 0, а кнопки Cell (Фрагмент) и Keep Profile (Сохранение профиля) выключены.



7. Идентифицируйте полученное ранее твердое тело. Тело изменит цвет.
8. Идентифицируйте прямоугольник. Прямоугольник изменит цвет и вырез динамически отобразится.
9. Нажмите клавишу данных для подтверждения выреза.



*Получение выреза*

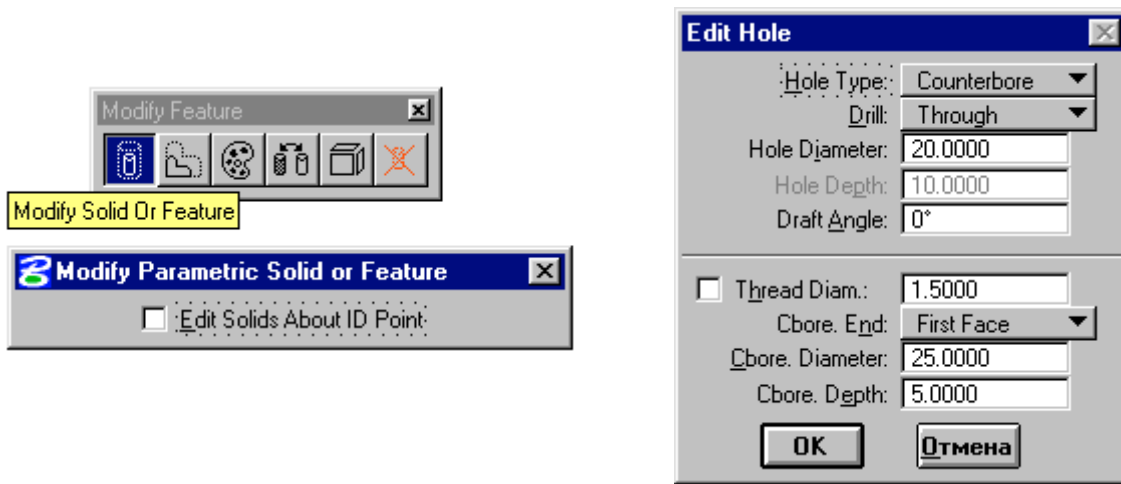
На этом этапе заканчивается построение заданной твердотельной модели.

### **Модифицирование Конструктивных элементов.**

В твердотельном моделировании тела модифицируются путем изменения их **параметров**. Это значительно ближе к реальному проектированию, чем изменение координат точек линий и поверхностей в пространстве. Использование параметров делает модифицирование твердотельных моделей простой и наглядной процедурой в отличие от обычных трехмерных моделей САПР.

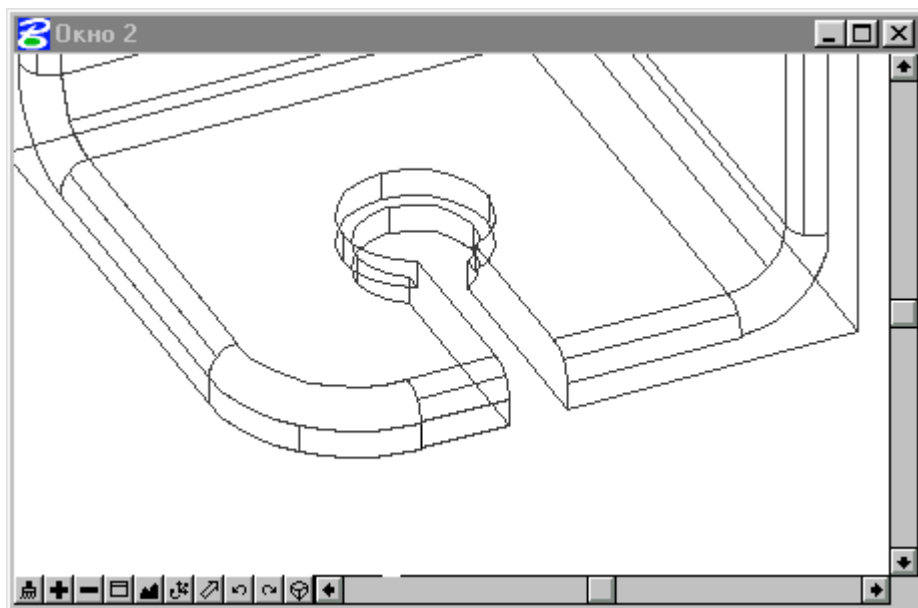
#### ***Преобразование Отверстия с фаской в Отверстие с рассверливанием:***

1. На виде 2 выделите отверстие на нижней стенке, используя пиктограмму Window Area (Область окна) в маленькой нижней горизонтальной панели пиктограмм управления видом и указывая на нижний левый, а затем верхний правый углы окна для выделения отверстия.
2. Из меню Tools (Инструментальные средства), подменю Modeler, выберите подменю Modify Feature (Модификация Конструктивных элементов). Откроется панель пиктограмм Modify Feature (Модификация Конструктивных элементов). Выберите пиктограмму Modify Solid or Feature (Модифицирование твердых тел или Конструктивных элементов).
3. На виде 2 идентифицируйте отверстие. Отверстие изменит цвет.
4. Нажмите клавишу данных для подтверждения выбора отверстия. Откроется диалоговое окно Edit Hole (Редактирование отверстия).



*Окно, показывающее параметры модификации.*

5. Из меню опций Hole Type (Тип отверстия) выберите Counterbore (С рассверливанием).
6. Проверьте опции Hole Diameter (Диаметр отверстия) = 20, и Cbore. Diameter (Диаметр рассверливания) = 25 и меню опций Cbore. End (Место рассверливания) - First Face (От первой поверхности), Cbore. Depth (Глубина рассверливания) = 5.
7. Нажмите “OK”
8. Для окончания модификации нажмите клавишу Сброс.

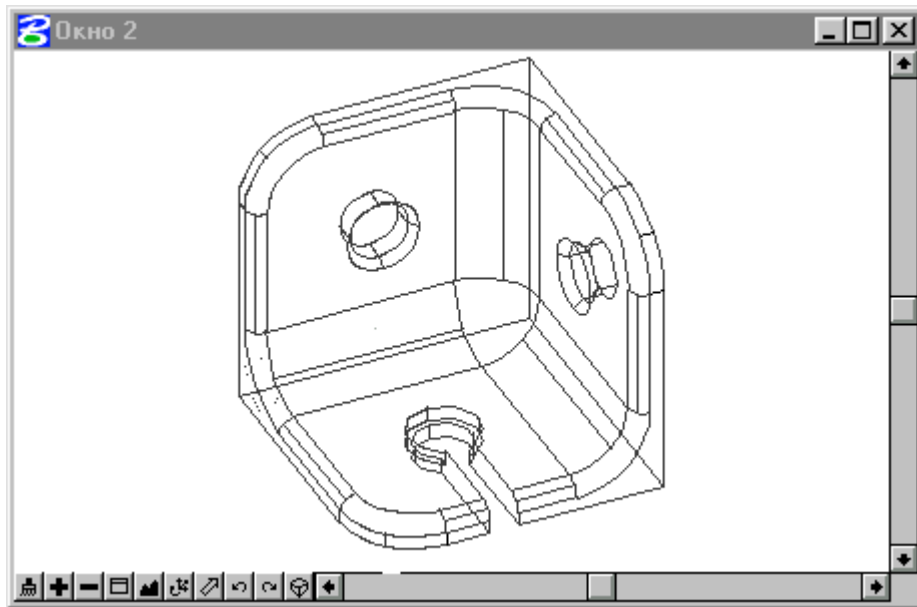


*Отверстие после модификации*

### ***Изменение радиуса внутренних ребер:***

1. Впишите все элементы для вида 2, выбрав пиктограмму Fit View (Вписать все элементы в вид) в маленькой нижней горизонтальной панели пиктограмм управления видом.
2. Снова выберите пиктограмму Modify Parametric Solid or Feature (Модифицирование твердых тел или Конструктивных элементов).
3. На виде 2 укажите одно из внутренних скруглений. Все три внутренних скругления изменят цвет, т.к. они были созданы с помощью метода Round Vertex (Скругление вершин).
4. Нажмите клавишу данных для подтверждения выбора. Появится диалоговое окно Edit Rounded Vertex (Редактирование скругленной вершины).

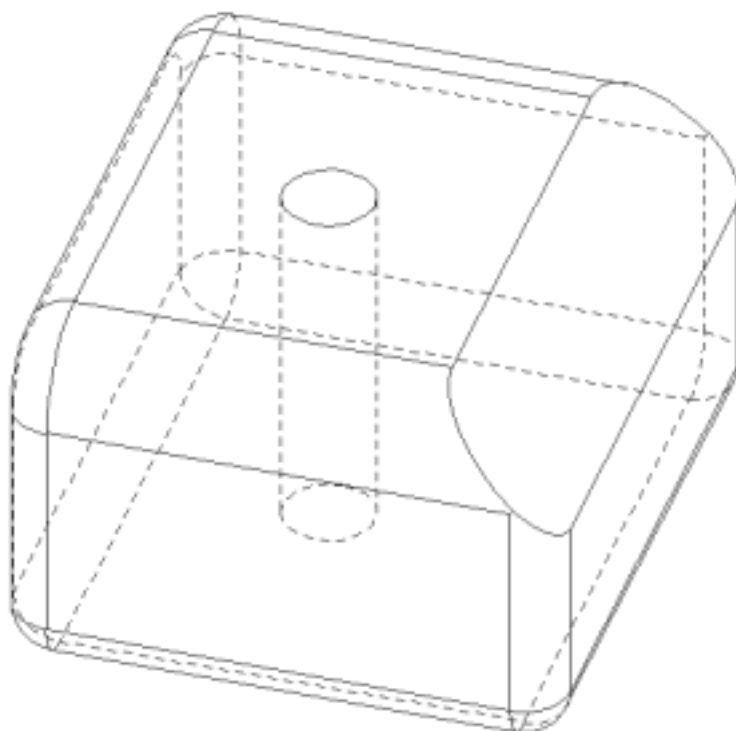
5. Radius (Радиус) и Setback (Отступ) установите = 20.
6. Нажмите “OK”.
7. Нажмите клавишу данных для подтверждения модификации.



*Внутренние ребра после модификации*

**Задание для самостоятельной проработки.**

Создать параметрическую модель следующей детали:



### “Твердотельное конструирование механических сборок”

В MicroStation Modeler имеются средства для создания сборочных единиц и манипулирование элементами сборки (соединениями.)

**Сборка** – совокупность соединенных деталей.

**Деталь** – геометрическая параметризованная твердотельная модель, которая может состоять из сотен геометрических элементов.

Отдельные детали могут создаваться в отдельных файлах проекта для уменьшения размера файла проекта сборки.

В сборке могут использоваться разделяемые фрагменты, не имеющие библиотеки фрагментов, поскольку они являются формой фрагмента-сироты (производного фрагмента, не имеющего связи с фрагментом-родителем и информации о его местонахождении).

В MicroStation Modeler:

- Твердое тело – фрагмент-сирота.
- Деталь сборки – фрагмент-сирота, имеющий имя и определение.

Обычно ориентация фрагмента и вида определяют как фрагмент размещается в проекте. Чтобы деталь размещалась в проекте в правильной ориентации относительно других деталей, в MicroStation Modeler используется система определений соединений деталей. **Определение соединения** (сочленения) деталей является конструктивным элементом (feature) твердого тела. Детали, в свою очередь, подключаются к определениям соединений. Это позволяет перемещать детали в пределах ограничений, соответствующих параметрам определений соединений. При этом можно использовать средство Manipulate Joint для моделирования работы соединения.

Поскольку детали – это разделяемые фрагменты, их нельзя изменять непосредственно. Можно редактировать первоначальную твердотельную модель, используемую при создании детали, изменения затем происходят во всех экземплярах детали.

Возможны варианты создания сборок: **сверху-вниз, снизу-вверх** и их различные комбинации.

#### Общая процедура создания сборок

1. Создание необходимых деталей.
2. Объединение деталей в сборку с помощью средства Attach Part.

#### Создание деталей

1. Создание твердотельной модели детали.
2. Создание детали из твердотельной модели с помощью средства Create Part.

#### Ориентация

При создании детали определяется ее ориентация и базовая поверхность. Ориентация иллюстрируется триадой осей координат, которую можно перемещать, используя средство Move Feature.

#### Хранение деталей

1. Детали могут сохраняться в активном файле проекта, как экземпляр разделяемого фрагмента; исходная деталь должна оставаться в активном проекте.

2. Детали могут сохраняться во внешнем файле проекта, подключенном как ассоциированный файл для указания пути для разделяемых фрагментов. Можно сохранять все детали сборки как в одном внешнем файле проекта, так и каждую деталь в собственном файле.

## Соединения

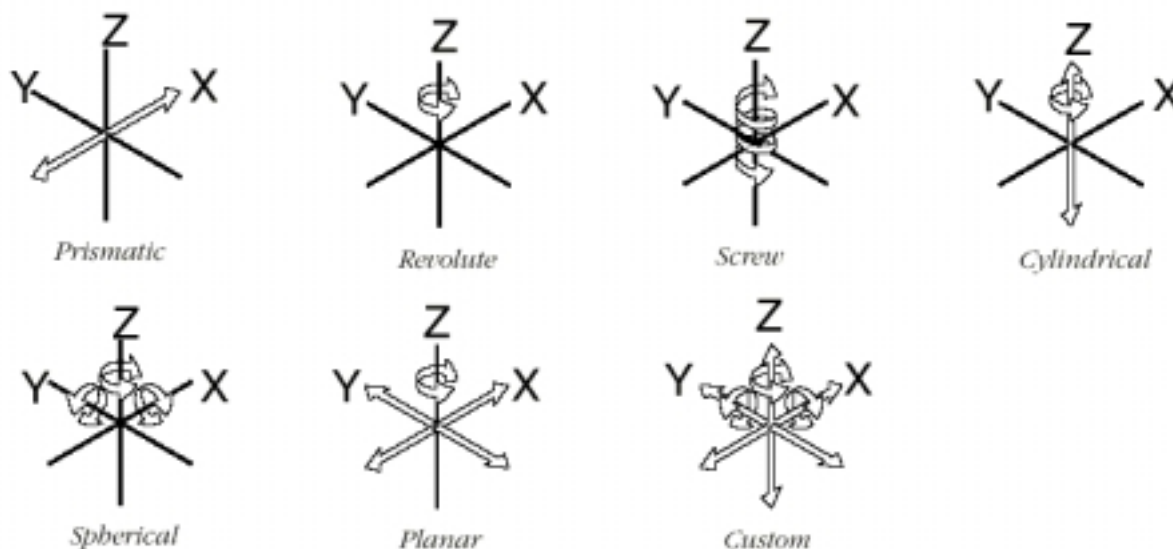
В MicroStation Modeler соединение является конструктивным элементом или свойством детали, с помощью которого выполняется подключение детали к твердотельной модели. Соединение определяет расположение подключения детали, ориентацию и степени свободы для манипулирования деталью.

В зависимости от типа соединения (Joint Type) соединение может допускать перемещение или вращение. Степени свободы, допустимые в зависимости от типа соединения, определяют как детали, связанные этим соединением, могут двигаться относительно друг друга. Соединение создается при подключении детали к твердому телу с помощью средства Attach Part.

## Типы соединений

Возможны следующие типы соединений (Joint Type):

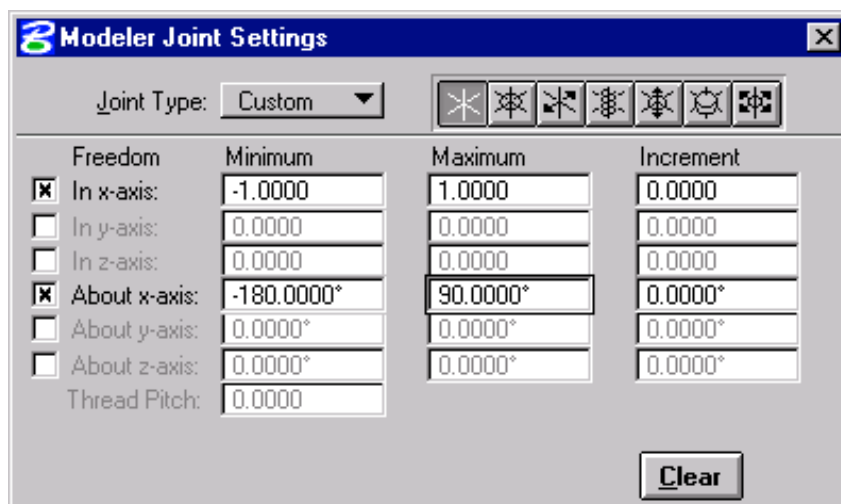
Тип соединения:	Допустимые движения:	DOF (степеней свободы):
Fixed (Фиксированное)	Нет (жесткое).	0
Prismatic (Скользящее)	Перемещение вдоль оси X соединения	1
Revolute (Цилиндрический шарнир)	Вращение вокруг оси Z соединения	1
Screw (Винтовое)	Вращение вокруг оси Z соединения с одновременным ограниченным перемещением вдоль оси Z	1 1/2
Cylindrical (Цилиндрическое)	Перемещение вдоль или вращение вокруг оси Z соединения	2
Spherical (Сферический шарнир)	Вращение вокруг осей X, Y и Z соединения	3
Planar (Плоское)	Вращение вокруг оси Z и перемещение вдоль осей X и Y соединения	3
Custom (Произвольное)	Перемещение вдоль и вращение вокруг осей X, Y и Z соединения	до 6



Типы соединений. Стрелки показывают возможные движения для данного типа соединения.

### Атрибуты соединения

Атрибуты соединений указывают направления возможных движений и минимальное и максимальное значение и значение приращения при движении в данном направлении. Параметры соединения устанавливаются в окне Modeler Joint Settings, которое открывается при выборе пункта Modeler Joints в меню Element.



Атрибуты соединений можно изменять с помощью средств Modify Parametric Solid или Feature инструментальной панели Modify Feature.

### Манипулирование деталями в сборке

Для манипулирования деталями в составе сборки используется средство Manipulate Joint в инструментальной панели Assembly. Тип соединения (Joint Type) и его параметры (Joint Attributes) определяют как могут двигаться относительно друг друга детали, связанные этим соединением.

Средства Modify Parametric Solid или Feature в инструментальной панели Modify Feature могут использоваться для изменения степеней свободы соединения после создания соединения.

- Нельзя добавлять соединение к существующему определению детали.

### Динамическое отображение соединений

При манипулировании соединением динамическое отображение показывает оси X, Y и Z соединения, а также следующие его атрибуты:

- Стрелки изображаются на обоих концах любой оси, вдоль которой может перемещаться деталь, подключенная к соединению. Технически это означает, что соединение имеет свободу перемещения вдоль оси.

Длина линии показывает расстояние перемещения, а отметки на линии показывают дискретность перемещения, если приращение (Increment) степени свободы не равно нулю.

- Дуги изображаются перпендикулярно к любой оси, вокруг которой может вращаться деталь, подключенная к соединению. Технически это означает, что соединение имеет свободу вращения вокруг оси.

Угол дуги отражает диапазон вращения вокруг оси, а отметки на дуге показывают дискретность перемещения, если приращение (Increment) степени свободы не равно нулю.

Для соединений без степеней свободы (например для жесткой связи) не изображаются стрелки и линии с отметками. Для винтового соединения спираль вокруг оси Z соединения показывает направление резьбы и ее шаг.

### Инструментальная панель Assembly (Сборка)

Средства, используемые для создания сборок и манипулирования деталями сборки, сосредоточены в инструментальной панели Assembly (Сборка).



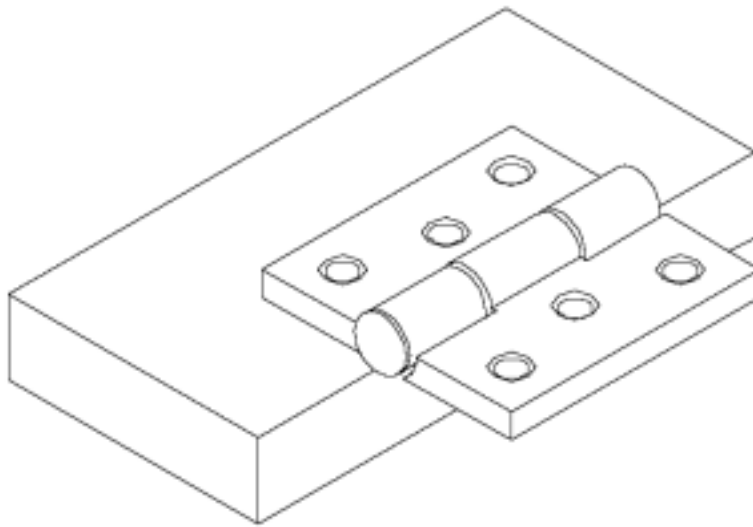
Чтобы:	Выбрать в панели Assembly:
Сохранить тело как деталь с назначенным именем.	Create Part
Подключить деталь из активного или другого файла проекта к твердому телу в активном файле проекта.	Attach Part
Манипулировать деталью в допустимом(ых) направлении(ях) и на допустимую величину в соответствии со степенями свободы.	Manipulate Joint
Установить разделенный вид сборки.	Explode Part or Joint
Проверка конфликтов детали с другими деталями сборки.	Check Part
Отключить деталь от сборки.	Detach Part

В этой лабораторной работе Вам надо освоить следующие этапы создания сборки :

- Создание отдельных узлов.
- Объединение узлов в одну модель (сборку).
- Манипулирование соединениями.
- Определение конфликтов между деталями.



## Создание сборки с помощью MicroStation Modeler



Для создания сборки используется панель Assembly (Сборка), вызываемая из основной панели пиктограмм Modeler. Эту панель также можно вызвать из меню Инструменты (Tools) подменю Modeler/Assembly.

Точное соединение исходных компонентов в сборочную единицу с постоянным контролем взаиморасположения каждой детали сборки достигается с помощью определенных инструментальных средств, позволяющих создавать базовую деталь (Create Part), добавлять детали в сборку (Attach Part), манипулировать деталями в соединении (Manipulate Joint), контролировать расположение деталей в сборке (Check Part), разбирать детали или соединения (Explode Part or Joint) и, наконец, разносить детали (Detach Part).

### ***Задание на лабораторную работу***

Используя заранее созданные детали (две полупетли и ось), соберите дверную петлю, затем проведите с ней возможные манипуляции.

### ***Исходные данные.***

Используйте файлы, поставляемые вместе с MicroStation Modeler в каталоге win32app/ustation/dgn/modeler/:

- "hinge1.dgn" содержит три детали, из которых будет составлена сборка.
- "assembl.dgn", в котором Вы соедините все детали в сборку.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** После открытия файла обязательно создайте на его основе свой собственный файл с помощью подменю Сохранить как из меню Файл.

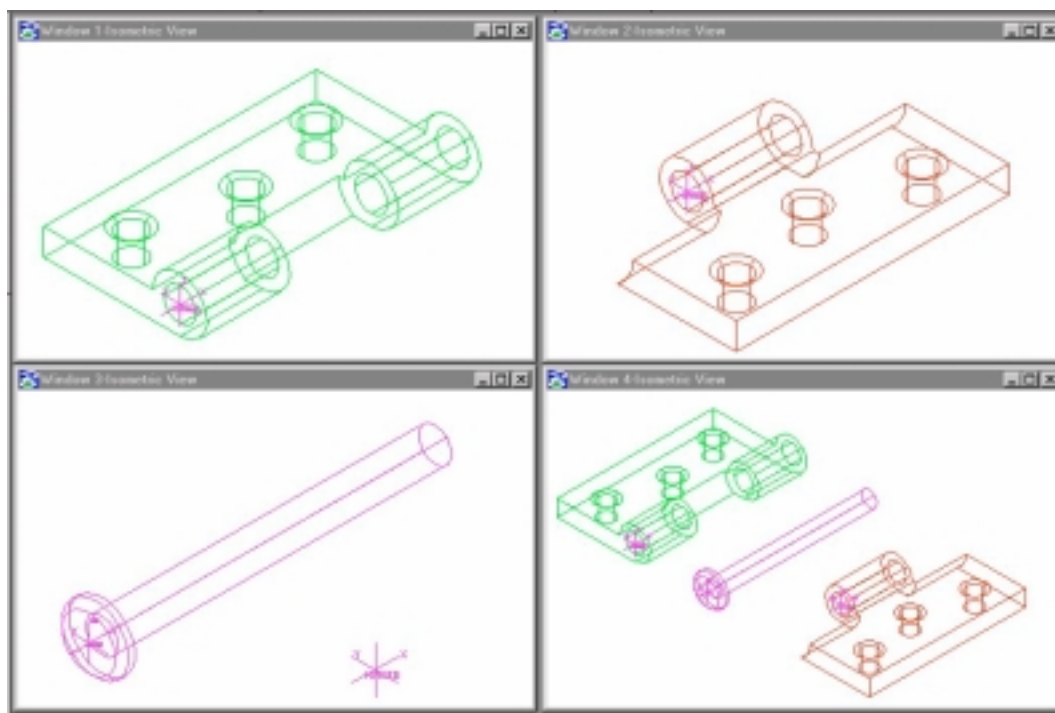
### ***Создание деталей.***

Перед началом сборки необходимо сохранить тела в качестве деталей.

### ***Подготовка к созданию деталей.***

1. Откройте свой файл "hinge1.dgn"
2. Из меню Window (Окно) выберите подменю Tile (Мозаика). Все окна (четыре вида) будут упорядочены на экране. В них показаны две полупетли и ось, предназначенные для сборки.

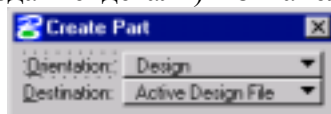
3. Впишите построения в каждом виде.



файл «hinge1.dgn»

### Создание первой детали дверной петли

1. Выберите пиктограмму Create Part (Создание детали) из панели пиктограмм Assembly



(Сборка), которая открывается при выборе в меню Modeler пункта Assembly. Откроется диалоговое окно Create Part.

2. Из меню опций - Orientation (Ориентация) выберите Design (Чертеж).

3. Из меню опций - Destination (Назначение) выберите Active Design File (Активный файл проекта).

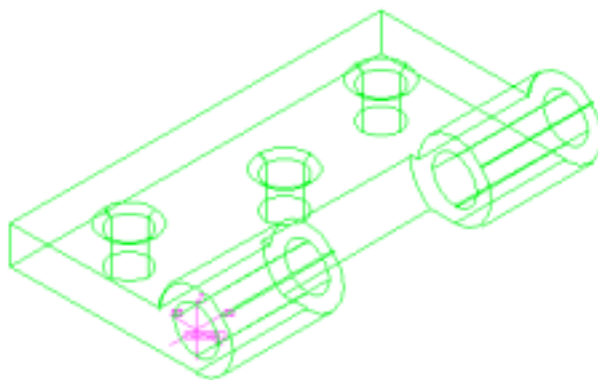
4. В меню Утилиты (Utility) выберите подменю Ввод с клавиатуры (Key-In). Откроется диалоговое окно для ввода команд с клавиатуры.

5. На виде 1 захватите центр ближайшего к Вам отверстия, используя прием пробной точки (должен быть установлен режим захвата «По центру») Нажмите клавишу данных для подтверждения. Деталь будет выделена ярким цветом.

6. В диалоговом окне Ввод с клавиатуры введите **DL=0,0,0** (величина смещения) и нажмите Enter. Данная точка будет базовой для первой детали. Откроется диалоговое окно Create Part (Создание детали).

7. В поле имени введите "**hingea**".

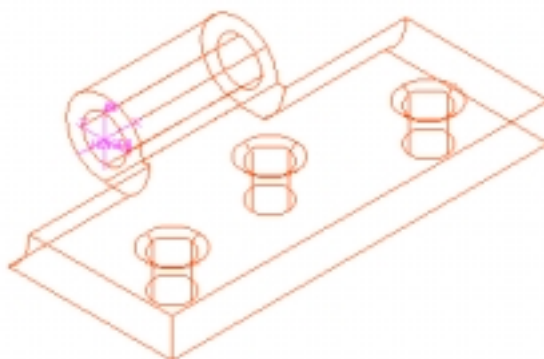
8. Нажмите ОК.



Деталь «HINGEA»

#### **Создание второй детали дверной петли**

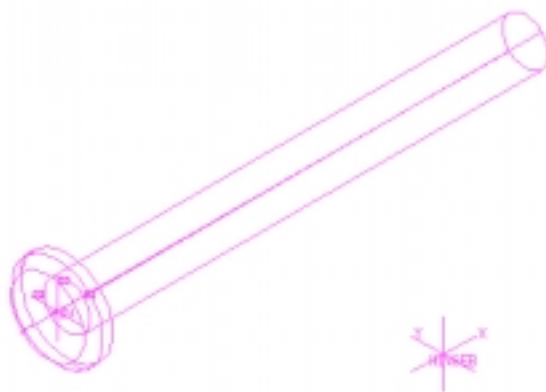
1. На виде 2 захватите центр ближайшего к Вам отверстия для оси, используя прием пробной точки. Нажмите клавишу данных для подтверждения. Тело будет выделено ярким цветом.
2. В диалоговом окне Ввод с клавиатуры (Key-In) введите **DL = 0,0,0** (величина смещения) и нажмите Enter. Данная точка будет базовой для второй детали. Откроется диалоговое окно Create Part (Создание детали).
3. В поле имени введите "**hingeb**".
4. Нажмите ОК..



Вид 2. Деталь HINGEB

#### **Создание третьей детали дверной петли – (ось)**

1. На виде 3 захватите центр шляпки оси, используя прием пробной точки. Нажмите клавишу данных для подтверждения. Тело будет выделено ярким цветом.
2. В диалоговом окне Ввод с клавиатуры введите **DL=0,0,0** (величина смещения) и нажмите Enter. Данная точка будет базовой для выбранной детали. Откроется диалоговое окно Create Part (Создание детали).
3. В поле имени введите "**pin**".
4. Нажмите ОК.



Вид 3. Деталь PIN

### **Сборка, узлов.**

Вам предстоит создать сборку из деталей, которые Вы определили. Для сборки используется файл "assembl.dgn"

Каждая деталь может храниться в отдельном файле.

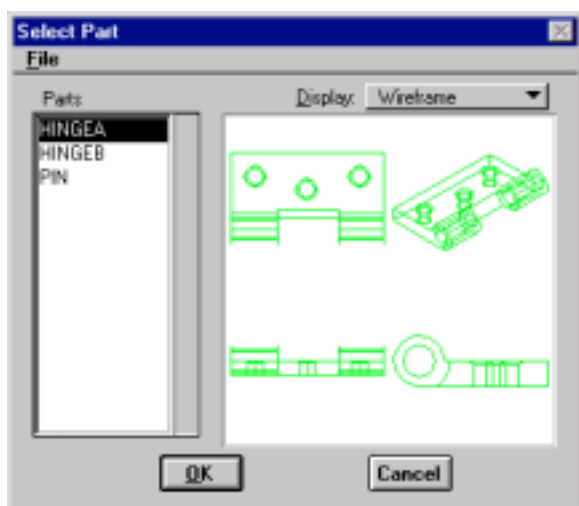
### **Подготовка к созданию сборки**

1. Откройте свой файл "assembl.dgn".
2. В меню Окно (Window) выберите подменю Мозаика (Tile). Все окна (четыре вида) будут упорядочены на экране.
3. В меню Инструменты (Tool), подменю Modeler выберите пункт Modeler.
4. Впишите построения на всех видах. В каждом окне отобразится параллелепипед.
5. В меню Файл (File) выберите Сохранить установки (Save Settings).

### **Выбор первой детали для сборки петли.**

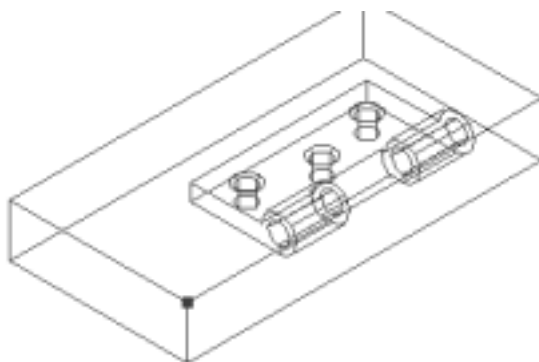


1. В панели пиктограмм Assembly (Сборка) выберите пиктограмму Attach Part (Присоединить деталь). Откроется одноименное диалоговое окно.
2. Нажмите кнопку Select (Выбор) в этом окне.
3. В появившемся окне Open File (Открыть файл) в меню File (Файл) выберите Open (Открыть).
4. Выберите файл "hinge1.dgn".
5. Нажмите ОК. Окно Open File (Открыть файл деталей) закроется и появится окно Select Part (Выбор детали), содержащее список деталей, которые находятся в этом файле.
6. Из появившегося списка выберите деталь "HINGEA".
7. Нажмите кнопку ОК. Окно выбора закроется и в поле Part Name (Имя детали) диалогового окна Attach Part (Присоединить деталь) появится "HINGEA".



### ***Присоединение первой детали "HINGEA"***

1. В диалоговом окне Attach Part (Присоединить деталь) из меню опций Attachment (Присоединить) выберите To Point (К точке), а из меню Orientation (Ориентация) выберите Design (Относительно чертежа).
2. Установите Rotation (Поворот) вокруг осей **X, Y, Z = 0**.
3. Из меню Joint Type (Тип соединения) выберите Fixed (Фиксированное).
4. На виде Top (Сверху) захватите левый угол параллелепипеда (выделенный на приведенном ниже рисунке), используя прием пробной точки. Нажмите клавишу данных для подтверждения. Появится динамически - отображаемая деталь "HINGEA".
5. В диалоговом окне Ввод с клавиатуры (Key-In) введите **DL=25,-1,5** и нажмите клавишу Enter для подтверждения. Деталь "HINGEA" присоединится к параллелепипеду.
6. Впишите построения в виды.



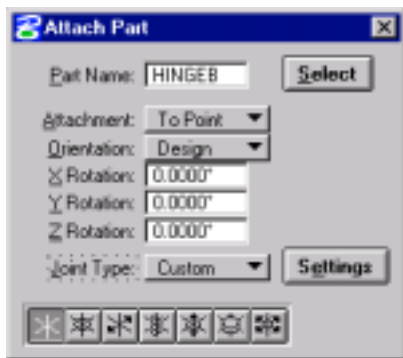
*Деталь "HINGA" в сборке с параллелепипедом*

### ***Выбор второй детали для сборки петли,***

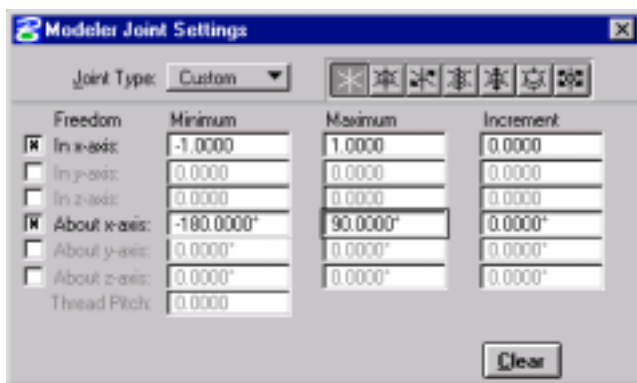
1. В панели пиктограмм Assembly (Сборка) выберите средство Attach Part (Присоединить деталь). Откроется одноименное диалоговое окно.
2. Нажмите кнопку Select (Выбор) в этом окне.
3. В появившемся окне Open File (открыть файл) в меню File (Файл) выберите Open (Открыть)
4. Выберите файл "hinge1.dgn".

5. Нажмите ОК. Окно Open File (Открыть файл деталей) закроется и появится окно Select Part (Выбор детали) содержащее список деталей, которые находятся в этом файле.
6. Из появившегося списка выберите деталь "HINGEB".
7. Нажмите кнопку ОК. Окно выбора закроется и в поле Part Name (Имя детали) появится - "HINGEB".

### **Настройка установок для детали "HINGEB"**



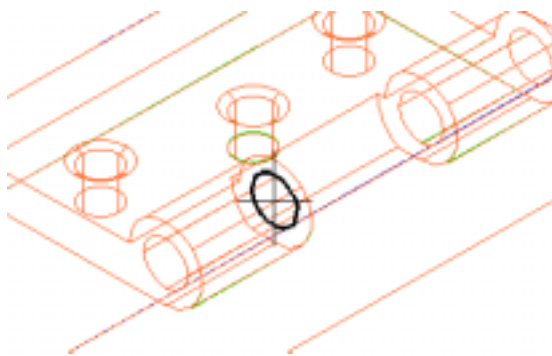
1. В диалоговом окне Attach Part (Присоединить деталь) оставьте установки опций Attachment (Присоединить), Orientation (Ориентация) и Rotation (Поворот) вокруг X, Y, Z без изменения.
2. Тип соединения установите Custom (Произвольное) или нажмите левую нижнюю кнопку Modeler Joint Setting (Настройка соединений).
3. Нажмите кнопку Settings (Установки). Откроется окно Modeler Joint Setting
4. Если необходимо, обнулите все значения, нажав на кнопку Clear (Очистить) .
5. Включите опцию In x-axis (По оси X) и в колонках "Minimum" и "Maximum" установите значения **-1.0** и **1.0** соответственно.
6. Включите опцию About x-axis (Вокруг оси X) и в колонках "Minimum" и "Maximum" установите значения **-180** и **90** соответственно.



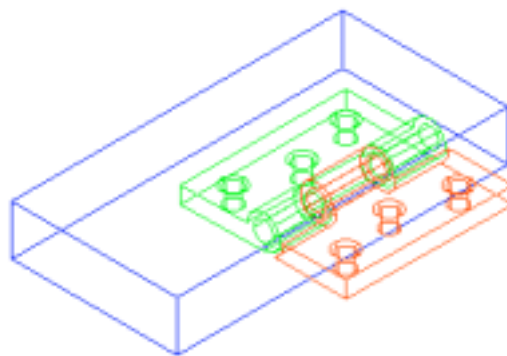
### **Присоединение детали "HINGEB"**

1. На виде Isometric (Изометрия) увеличьте место присоединения второй полупетли .
2. Сделайте средство Attach Part (Присоединение детали) активным.
3. На виде 2 Isometric (Изометрия) захватите центр отверстия на детали "HINGEA" (смотри рисунок), используя прием пробной точки. Нажмите клавишу данных для подтверждения. Появится динамически-отображаемая деталь "HINGEB".
4. В диалоговое окно Ввод с клавиатуры (Key-In) введите команду **DL=1** и нажмите Enter для подтверждения.
5. Вторая часть полупетли присоединится к сборке.

6. Впишите построения во всех окнах вида.



*Привязка детали "HINGEB".*



*Две детали сборки*

### ***Выбор детали "PIN"***

- 1 В панели Assembly (Сборка) выберите средство Attach Part (Присоединение детали) и нажмите кнопку Select (Выбор).
2. Выберите файл "hinge1.dgn".
3. Нажмите OK. Окно Open File (Открыть файл деталей) закроется и появится окно Select Part (Выбор детали) содержащий список деталей, которые находятся в этом файле.
4. Из появившегося списка выберите деталь "PIN".
5. Нажмите кнопку OK.

Окно выбора закроется и в окне Attach Part (Присоединение детали) в поле Part Name (Имя детали) появится - "PIN".

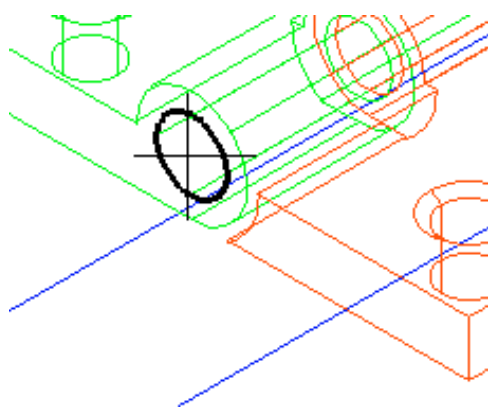
### ***Настройка установок для детали "PIN"***

- 1 В окне Attach Part (присоединение детали) оставьте установки Attachment (Присоединить), Orientation (Ориентация) и Rotation (Поворот) вокруг X, Y, Z без изменения.
2. Тип соединения (Joint Type) установите Prismatic (Призматический).
3. Нажмите кнопку Settings (Установки). Откроется окно Modeler Joint Settings (Настройка соединений).
4. Если необходимо обнулите все значения, нажав на кнопку Clear (Очистить).
5. Включите опцию In x-axis (По оси X) и в колонке "Minimum" установите значение **-50**.
6. Закройте окно настроек соединений.

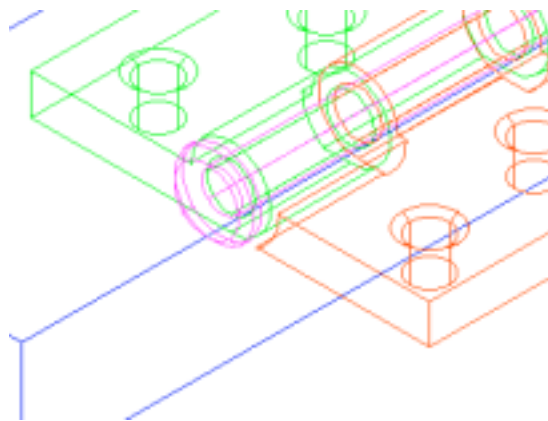
### ***Присоединение детали "PIN"***

1. На виде "Изометрия" увеличьте место соединения полупетель.
2. Сделайте средство Attach Part (Присоединение детали) активным.
3. Захватите центр отверстия на детали **"HINGEA"**, используя прием пробной точки. Нажмите клавишу данных для подтверждения. На экране появится динамически отображаемая деталь "PIN".
4. В диалоговом окне Ввод с клавиатуры (Key-In) введите команду **DL=-1** и нажмите Enter для подтверждения. Ось присоединится к сборке.
5. Впишите построения в окно вида. Построение сборки будет закончено.





*Привязка детали "PIN "*

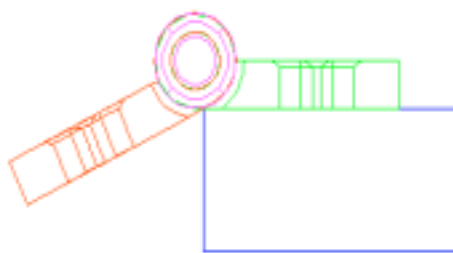


*Все детали в сборке*

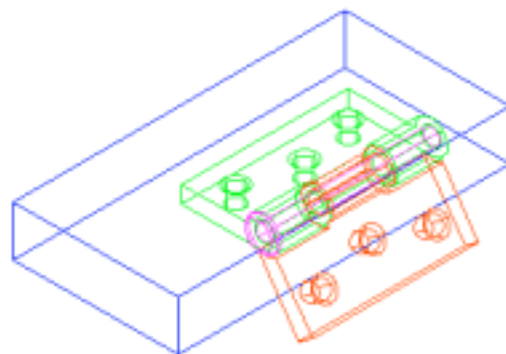
### **Манипулирование соединениями**



1. В панели пиктограмм Assembly (Сборка) выберите средство Manipulate Joint (Манипулирование соединениями). Откроется одноименное диалоговое окно.
2. Клавишей данных укажите на вторую полупетлю - подвижную деталь **"HINGEB"**. После этого нажмите на экранную клавишу Next Mode (Следующий режим) в диалоговом окне Manipulate Joint. Manipulate Mode (Режим манипулирования) должен установиться в Rotate (Вращение). Вторая полупетля будет вращаться вокруг оси вслед за движением курсора.
3. Впишите построения в окна видов.

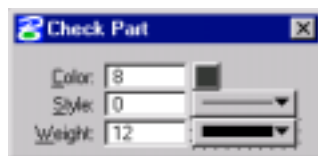


*Сборка. Вид справа*



*Сборка. Изометрия*

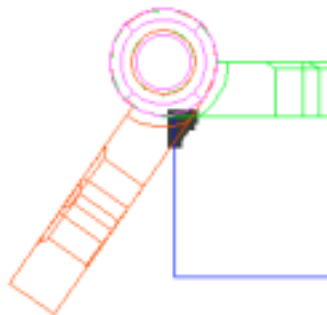
### **Проверка конфликтов между деталями**



1. В панели пиктограмм Assembly (Сборка) выберите средство Check Part (Проверка деталей). Откроется одноименное диалоговое окно.



2. В диалоговом окне Check Part (Проверка деталей) с помощью экранных меню установите Color (Цвет), Style (Стиль), Weight (Толщина) линии, которая будет показывать область пересечения деталей сборки.
3. В соответствии с указаниями в командной строке, клавишей данных укажите сначала на вторую (подвижную) полупетлю, затем на дверь (параллелепипед). На экране автоматически будет указана область пересечения деталей. (Для очень больших углов поворота область пересечения может не вычислиться, тогда надо уменьшить угол поворота петли). Определите наименьший угол, при котором появляется пересечение.
4. Впишите построения в окна видов.



*Пересечение деталей. Вид справа*

#### **Задание для самостоятельной проработки.**

Собрать пирамиду из трех разноцветных колец разного цвета и диаметра, которые взять из файла labzad4.dgn. Получить фотореалистичское изображение полученной сборки.

## Лабораторная работа № 5

### Автоматизированная генерация чертежей механических деталей.

В данной лабораторной работе рассматриваются средства MicroStation для автоматизированной генерации чертежей на основе имеющихся геометрических 3D моделей.

При создании чертежа 3D модели отдельные виды модели размещаются в ассоциированных (связанных) файлах, которые подключаются к файлу проекта. В общем случае, **видовое окно чертежного листа** – специальный вид, к которому подключаются **каркасные виды моделей, файлы видимых ребер** и/или **сечений, файл рамки**. Каждый подключенный вид является самоподключенным ассоциированным файлом. Это позволяет использовать ассоциативную простановку размеров, что невозможно при использовании внешних ассоциированных файлов. При ассоциативной простановке размеров создается двунаправленная ассоциативная связь между всеми видами геометрической модели, включая видовое окно чертежа. Видовое окно чертежного листа просматривается и выводится на печать.

**Видовое окно чертежного листа** - электронный чертежный лист.

**Каркасные виды моделей** - используются для настройки видов, требуемых для чертежа.

**Видимые ребра** - показывают граничные ребра, видимые в 3D виде (с удаленными невидимыми ребрами).

**Файл рамки** – содержит, в соответствии со стандартом, рамку для выводимого на плоттер чертежа.

**Сечение** - показывает внутреннее содержание 3D модели, которое сложно рассмотреть при каркасном представлении модели.

### Общая процедура создания чертежей по геометрической 3D модели.

1. Создать 3D модель детали (смотри предыдущие лабораторные работы).
2. Сохранить необходимые виды.
3. Создать, если это необходимо, сечения детали.
4. Использовать средство Компоновка чертежа для подготовки чертежного листа.
5. Создать плот-файлы на основе чертежного листа.
6. Просмотреть и проверить файл проекта, содержащий видовое окно чертежного листа

### Создание сечений.

Сечения отображают внутреннее содержание геометрической 3D модели, которое сложно рассмотреть при ее каркасном представлении.

MicroStation позволяет строить сечения следующими способами:

1. **Сечение элементом.** Используется для построения сечения всех элементов модели, пересекающих замкнутый плоский элемент (контур, эллипс или сложный контур) или 3D элемент (конус, поверхность, тело или B-сплайновую поверхность).

2. **Сечение выделенной областью.** Используется для построения сечения всех элементов модели, пересекаемых выделенной областью, или содержащихся в ней. Используется для создания вырывов.

3. **Сечение плоскостью.** Используется для построения сечения всех элементов модели, пересекаемых плоскостью, определенной тремя информационными точками.

4. **Сечение проецированием элемента.** Используется для построения сечения всех элементов модели, пересекаемых при проецировании геометрического элемента по оси Z.

5. **Сечение проецированием ломаной.** Используется для построения сечения всех элементов модели, пересекаемых при проецировании ломаной вдоль оси Z.

6. **Сечение плоскостью вида** - горизонтальной, вертикальной, на заданной глубине. Горизонтальная или вертикальная плоскости перпендикулярны плоскости экрана. Плоскость на заданной глубине параллельна плоскости экрана. Все плоскости проходят через заданную точку.

Геометрия сечения состоит из прямолинейных сегментов, которые можно объединять в контура. По умолчанию сечения строятся в активном файле проекта. Полученные сечения можно хранить в отдельных файлах и загружать из них.

### **Компоновка чертежа.**

Компоновка чертежа автоматизирует создание чертежей, причем вместо того, чтобы вычерчивать геометрию модели в каждом виде, надо просто подключить виды модели как ассоциированные файлы (такие виды в дальнейшем будут называться подключенными). В MicroStation существует специальное средство Компоновка чертежа, которое значительно облегчает этот процесс.

Т.к. все виды модели являются ассоциированными, то любые изменения в 3D модели будут автоматически отображаться на электронном чертежном листе.

Подключенный в окне чертежного листа вид может быть любым стандартным (Сверху, Снизу, Справа, Слева, Спереди, Сзади, Изометрия или Правая изометрия) или сохраненным видом модели. Вид модели может быть подключен в любом положении и в любом масштабе. Связанные подключенные виды могут быть сгруппированы. Группу подключенных видов можно перемещать, масштабировать или отключать как одно целое. Виды можно добавлять в группу или удалять из нее. Новый вид может быть подключен как проекция уже подключенного вида относительно ортогональной оси или линии, определенной по двум точкам. Проецируемый вид автоматически выравнивается и группируется с тем видом, по которому создается эта проекция.

Компоновка чертежа позволяет подключить к чертежному листу файл рамки в соответствии с ЕСКД, задающий границы области чертежа. На чертежном листе можно размещать текст и размеры, которые не будут отображаться в других видовых окнах. Для этого используются специальные слои.

Подключение видов может быть выполнено с удалением невидимых линий. Однако делать это не рекомендуется, т.к. обработка невидимых линий для сложных моделей может потребовать значительного времени. Поэтому режим удаления невидимых линий лучше всего включить после окончания построений.

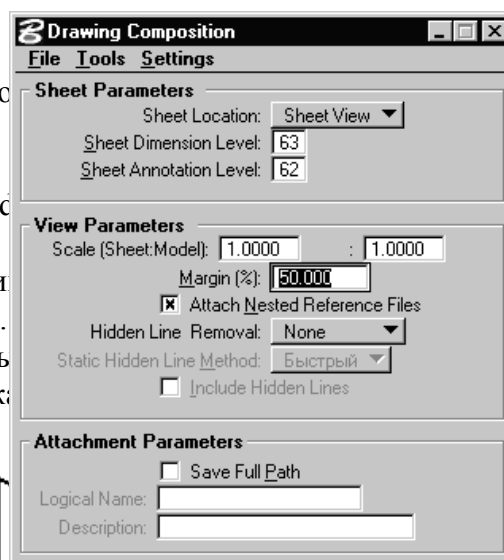
При выполнении лабораторной работы используются, следующие заранее подготовленные файлы :

«Detal.dgn» - файл с геометрической 3D моделью детали, для которой будет создаваться чертеж;

«A1\_hl.dgn» - файл с рамкой чертежа.

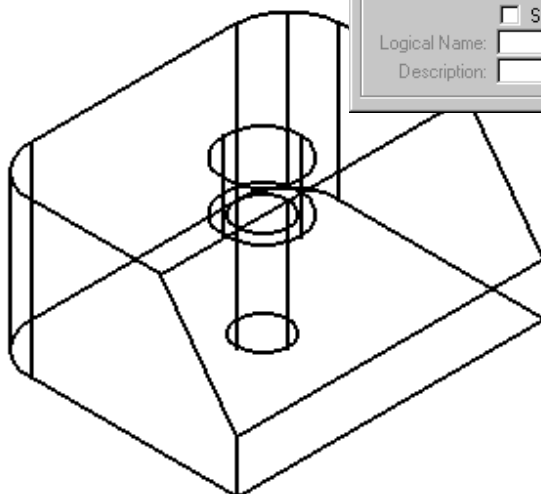
### Открытие файла с 3D моделью.

1. Запустите MicroStation. Откроется диалог
2. Из меню Файл (File) выберите пункт
3. В поле Файлы выберите файл «Detail.c
4. Обязательно сохраните файл под други
5. С помощью меню Окно подменю Откр



### Подготовка к про

1. Из меню Ф
2. Из меню оп
3. В поле Слой
4. В поле Слой
5. Установите



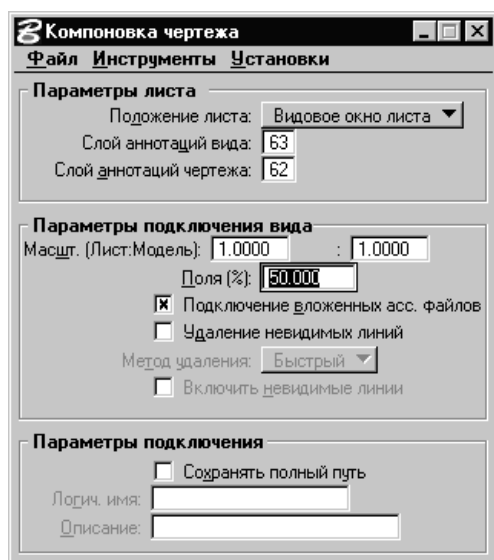
(Drawing Composition).

это отношение размеров модели и ее изображения на чертеже.

6. В поле Поля (%) (Margin (%)) установите 70 (а не 50 как на рисунке). Здесь указывается размер поля для простановки размеров в процентах от размеров каждого вида.

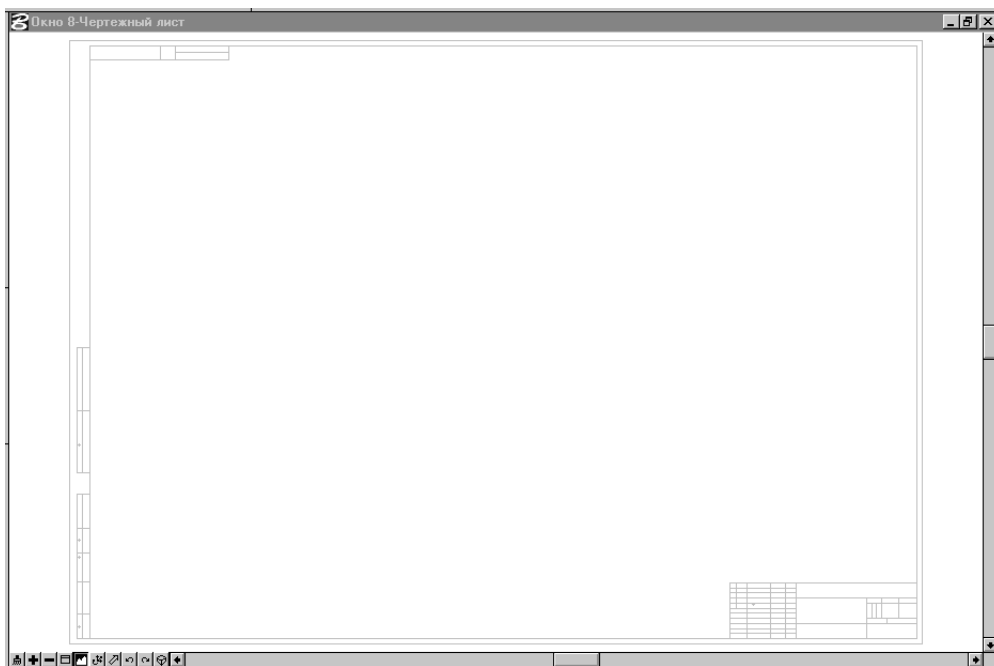
7. Включите опцию Подключение вложенных ассоциированных файлов (Attach Nested Reference File). Опция Удаление невидимых линий (Hidden Line Removal) должна быть выключена (None).

ите Видовое окно листа  
становите 63. В этом слое  
л) установите 62. В этом  
t : Model)) значение 1:1 -



### ***Открытие видового окна чертежного листа и подключение рамки чертежа.***

1. Из меню Инструменты (Tools ) диалогового окна Компонировка чертежа выберите подменю Открыть видовое окно листа (Open Sheet View). В открывшемся меню переключателей включите вид 8. Т.е. восьмой вид будет использоваться для построения чертежа.
2. Появится диалоговое окно с вопросом : “Выключать ли слои аннотаций и размеров чертежа ( 62 и 63 ) в остальных видах”. Нажмите “Да”. В видах 1-4 слои 62 и 63 будут отключены. На месте вида 4 откроется вид 8.
3. Разверните вид 8 на весь экран.
4. Из меню Инструменты (Tools) диалогового окна Компонировка чертежа выберите подменю Подключить рамку/Вписанное изображение (Attache Border/Fitted).
5. В открывшемся диалоговом окне выберите файл «A1\_hl.dgn» и нажмите ОК.
6. Разместите рамку в виде 8 и нажмите клавишу данных. Впишите рамку в вид.



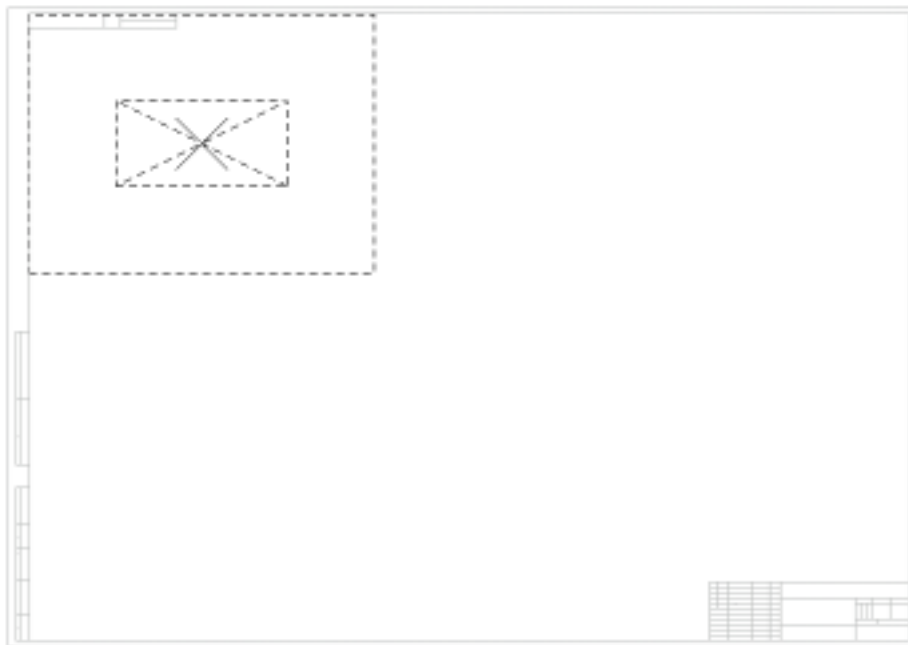
*Видовое окно чертежного листа с рамкой чертежа*

### ***Размещение основного вида детали и его проекций в видовом окне чертежного листа.***

1. Из меню Инструменты (Tools) диалогового окна Компонировка чертежа выберите подменю Подключить стандартный вид (Attach Standard). В открывшемся подменю выбора вида выберите вид Спереди (Front). Этот вид будет основным.
2. При перемещении курсора по экрану область, в которой он будет находиться, динамически отображается. Вид выглядит как перечеркнутый прямоугольник. Прямоугольная область вокруг него - зона размещения размеров. Поместите основной вид модели в левый верхний угол экрана и нажмите клавишу данных. Основной вид модели - вид спереди будет построен. Чертежный лист с проекциями детали приведен в конце следующего раздела.
3. Из меню Инструменты (Tools) диалогового окна Компонировка чертежа выберите подменю Подключить проекцию/Ортогональную (Attach Folded/Ortogonal).
4. Укажите клавишей данных на основной вид модели. Вокруг основного вида появится прямоугольник.

5. Для построения вида сверху укажите клавишей данных на верхнюю сторону прямоугольника. Проекция в виде прямоугольника будет динамически перемещаться вниз вслед за курсором. Клавишей данных разместите проекцию ниже основного вида. Обратите внимание, что проекция находится строго под основным видом.

6. Аналогично разместите на листе вид слева (Поместите его справа от основного вида). Построенные три вида входят в одну группу.



*Размещение основного вида на листе*

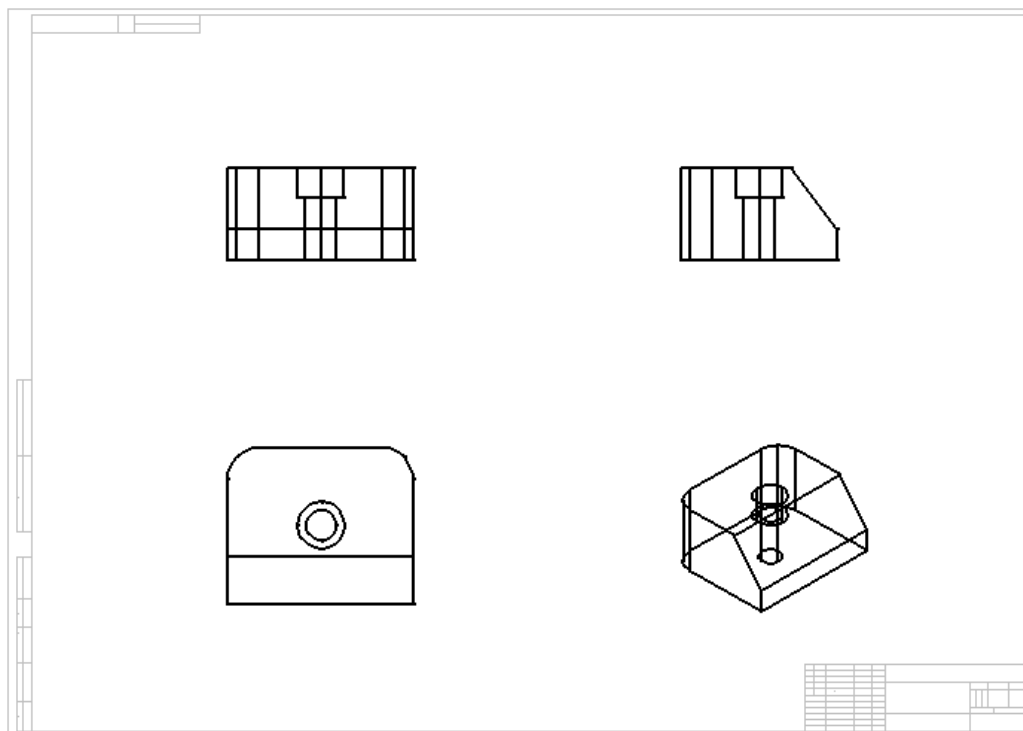
### ***Подключение изометрического вида***

1. В диалоговом окне Компоновка чертежа в поле Масшт. (Лист : Модель) (Scale (Sheet : Model)) установите **1 : 1.25**.

2. Из меню Инструменты (Tools) диалогового окна Компоновка чертежа выберите подменю Подключить стандартный вид (Attach Standard). В открывшемся подменю выбора вида выберите вид Изометрия (Isometric). Этот вид будет основным.

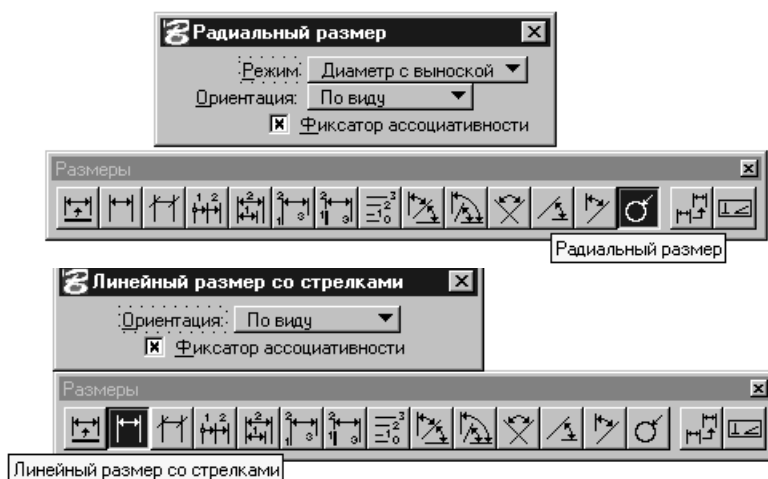
3. Разместите изометрический вид в правом нижнем углу чертежного листа и нажмите клавишу данных.

4. Если есть необходимость изменить расположение видов на чертеже, то можно использовать в диалоговом окне компоновка чертежа меню Инструменты (Tools) подменю Переместить (Move). Перемещать можно группу видов - Группа (Group) или один вид - Один (Single). Для перемещения клавишей данных укажите на отдельный вид или вид, входящий в группу, а затем с ее помощью задайте новое положение видов.



*Размещение проекций детали на чертежном листе*

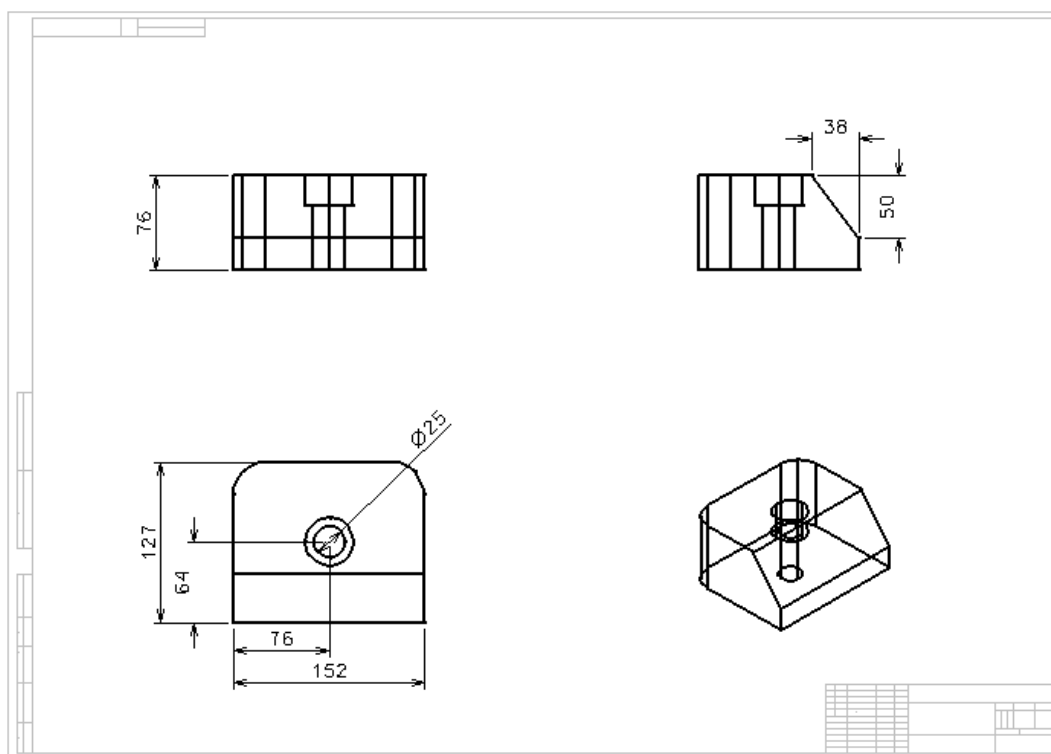
## Простановка размеров



1. Из меню Установки (Settings) подменю Режим захвата (Snaps) выбрать подменю Ряд кнопок (Button Bar), если оно уже не выбрано ранее. Откроется панель кнопок Режим захвата (Snap Mode). Двойным щелчком зафиксировать режим захвата конца линии.



2. Из основного меню пиктограмм выбрать подменю Размеры (Dimensions). Откроется одноименная панель пиктограмм. Выбрать пиктограмму Линейный размер со стрелками (Dimension Size With Arrow). Откроется одноименное диалоговое окно. В нем из меню опций Ориентация (Alignment) выбрать По виду (View). Обязательно включить опцию Фиксатор ассоциативности (Association Lock).
3. В видовом окне чертежного листа расставьте размеры, приведенные на рисунке. При простановке линейных размеров действуйте в следующем порядке :
  - Используя прием пробной точки, захватите точку, от которой будет строиться размер.
  - Нажмите клавишу данных для подтверждения.
  - Клавишей данных задайте длину выносной линии.
  - Используя прием пробной точки, захватите конечную точку размера. Нажмите клавишу данных для подтверждения. Размер построен.
  - Для построения следующего размера от той же базы нажмите клавишу Сброс и задайте длину выносной линии. Если размер строится от другой точки, клавишу Сброс надо нажимать дважды.
  - Если размер ставится относительно центра окружности, то для его захвата в панели кнопок Режим захвата одним щелчком выберите режим захвата центра окружности.
4. Из панели пиктограмм Размеры (Dimension) выбрать пиктограмму Радиальный размер (Dimension Radial) Откроется одноименное диалоговое окно. В нем из меню опций Режим (Mode) выбрать Диаметр с выноской (Diameter Extended), из меню опций Ориентация (Alignment) - По виду (View). Включить опцию Фиксатор ассоциативности (Association Lock). Указать отверстие, затем зафиксировать подходящее расположение размера клавишей данных.

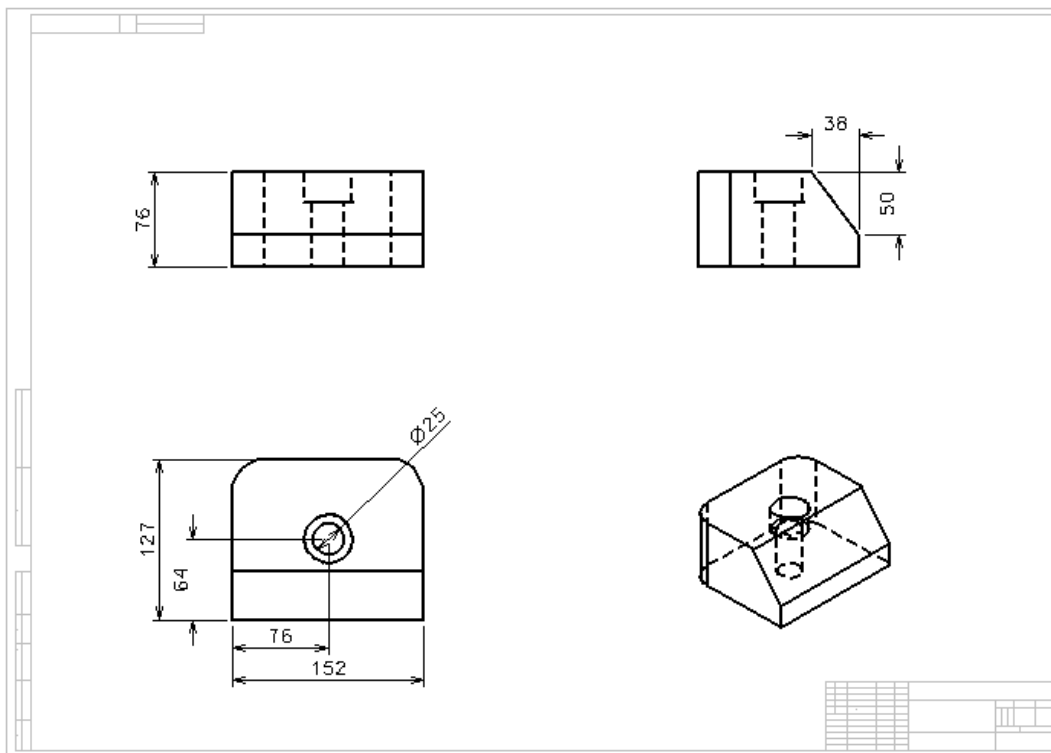


*Чертеж с проставленными размерами*



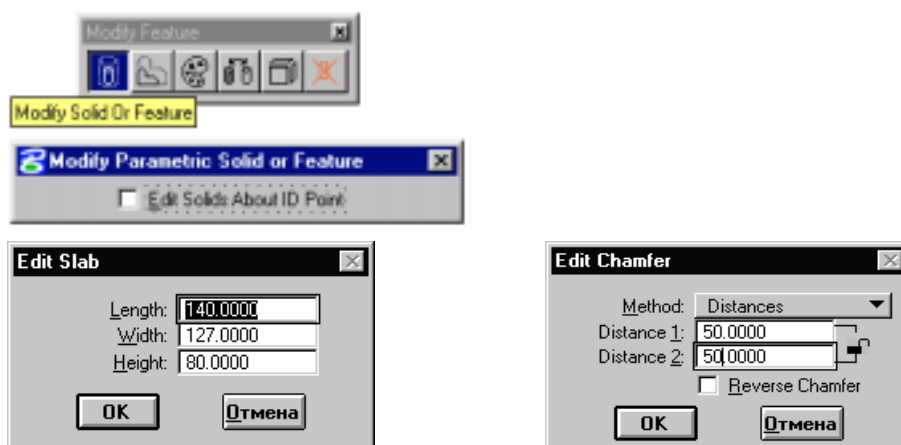
## Удаление невидимых линий

1. Из меню Инструменты (Tools) диалогового окна компоновка чертежа выберите подменю Невидимые линии/Один (Modify Hidden Line/Single).
2. Клавишей данных укажите на изометрический вид. Он изменит цвет. Повторно нажмите эту клавишу для подтверждения выбора.
3. Откроется диалоговое окно Установки обработки невидимых линий (Attachment Hidden Line Setting).
4. В этом диалоговом окне включите переключатель Удаление невидимых линий. Метод удаления установите Быстрый. Включите переключатель Включить невидимые линии (Include Hidden Line). Если этот переключатель выключен, то невидимые линии не рисуются, если включен, то невидимые линии отображаются пунктиром.
5. Нажмите **ОК**. Невидимые линии будут удалены.
6. Аналогично удалите невидимые линии на основном виде и его проекциях. Для этого воспользуйтесь подменю Невидимые линии/Группа (Modify Hidden Line/Group).
7. Нажмите ОК для подтверждения. Невидимые линии будут удалены.



*Чертеж с удаленными невидимыми линиями*

## Модифицирование 3D модели



1. Используя пиктограмму Windows, восстановите размер видового окна чертежного листа. На экране разместите виды 1-3 и 8 (чертежный лист). Из меню Tools (Инструментальные средства) подменю Modeler выберите подменю Modify Feature (Модификация конструктивных элементов). Откроется одноименная панель пиктограмм. Выберите пиктограмму Модифицирование твердых тел или конструктивных элементов (Modify Parametric Solid or Feature.)

2. На виде 2 (Изометрия) клавишей данных идентифицируйте геометрическую модель (не указывая на скругления и наклонную грань). Деталь изменит цвет. Нажмите клавишу данных для подтверждения. Откроется диалоговое окно Редактирование параллелепипеда (Edit Slab).

3. Измените значение Длина (Length) – **140**, и Высота (Height) – 80. Нажмите “OK”.

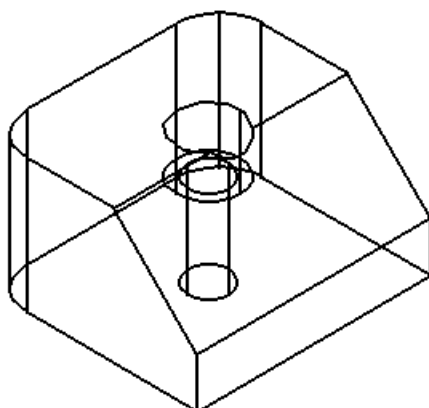
4. Аналогично модифицируйте наклонную грань модели. Расстояния 1 и 2 (Distance 1, 2) установите равными 50.

5. Для окончания модификации нажмите клавишу Сброс.

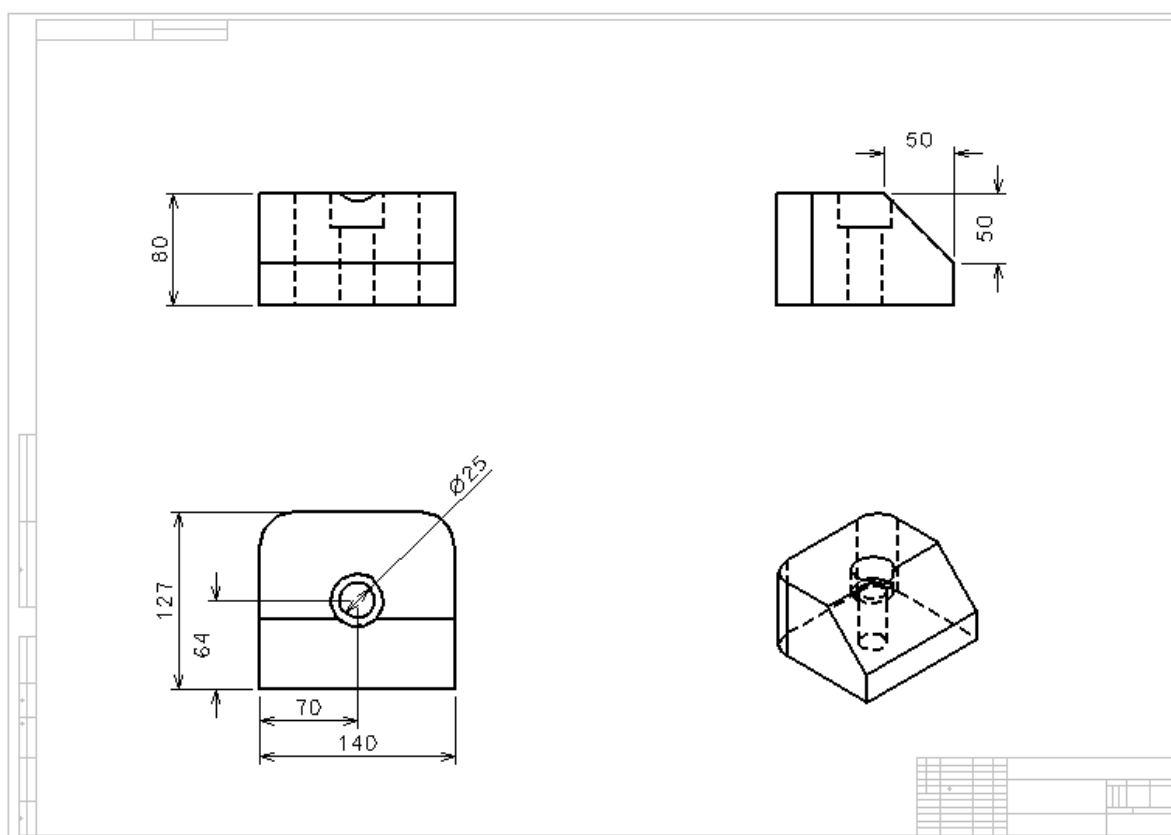
6. Обратите внимание, что одновременно с изменением 3D модели изменения автоматически произойдут и в видовом окне чертежного листа. Изменятся и ассоциативные размеры. Это пример действия ассоциативных связей.

7. Аналогично изменяя значение размеров, можно добиться изменения самой геометрической модели.

К полученным проекциям в видовом окне чертежного листа самостоятельно введите тексты в штампе рамки и пояснительные надписи на чертеже с помощью панели пиктограмм Текст из основного меню. Готовое изображение можно вывести на бумажный носитель с помощью принтера или графопостроителя.



*Модифицированная 3D модель детали*



*Видовое окно чертежного листа с видами измененной 3D модели.*

### **Задание для самостоятельной проработки.**

Получить чертеж по трехмерной модели детали, созданной в 3 лабораторной работе. Используя подменю Построение сечений (Generate Section) из меню Утилиты (Utilities), получить сечения модели способами, описанными во введении к данной работе.