

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ильшат Ринатович Мухаметзянов

Должность: директор

Дата подписания: 13.07.2023 14:34:25

Уникальный идентификатор:

aba80b84033c9ef196388e9ea0434f90a83a40954ba270e84bcb664f02d1d8d0

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»  
Чистопольский филиал «Восток»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ  
по дисциплине  
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Индекс по учебному плану: **Б1.В.ДВ.01.02**

Направление подготовки: **12.03.01 Приборостроение**

Квалификация: **Бакалавр**

Профиль подготовки: **Приборостроение**

Типы задач профессиональной деятельности: **проектно-конструкторский,  
производственно-технологическая**

Рекомендовано УМК ЧФ КНИТУ-КАИ

Чистополь  
2023 г.

## *Лабораторная работа № 1*

### **Изучение САПР Solid Works. Основные понятия.**

**Цель работы** – изучение общих принципов построения трехмерных моделей деталей и сборок в системе автоматизированного проектирования *SolidWorks*.

#### **Методические указания**

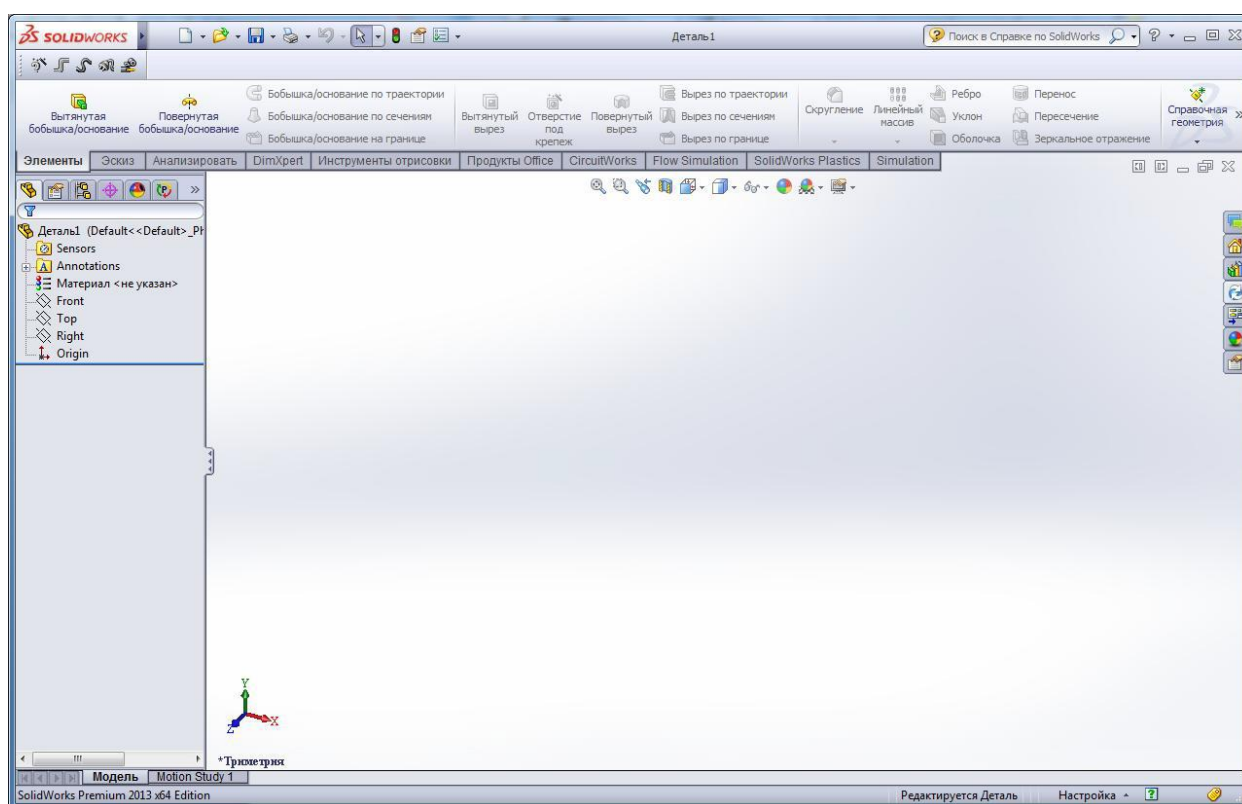
*Проектирование изделия в SolidWorks состоит из нескольких этапов: выбор конструктивной плоскости для создания двумерного эскиза, преобразование эскиза в твердотельный элемент, формирование детали из различных элементов, компоновка созданных деталей в сборку. При этом гибкие инструменты конструктора SolidWorks позволяют изменять значения любого размера, накладывать взаимосвязи на взаимное расположение объектов в течение всего процесса проектирования. Процесс создания трехмерных моделей основан на принципах добавления и снятия материала, аналогичных методам реальных технологических процессов.*

#### **Особенности интерфейса SolidWorks**

Интерфейс *SolidWorks* соответствует привычному графическому интерфейсу программ семейства *Windows Microsoft*. Стандартные функции *Windows* обеспечивают работу с файлами (создание, открытие, сохранение и др.). Печать эскизов, 3D моделей с экрана и чертежей в *SolidWorks* осуществляется на любое устройство графического вывода (плоттер, принтер), установленное в операционной системе.

Проектирование в *SolidWorks* включает создание объемных моделей деталей и сборок с возможностью генерировать на их основе рабочие чертежи. Создание нового документа в *SolidWorks* сопровождается выбором шаблона документа: **Деталь**, **Сборка** или **Чертеж**. В случае выбора шаблонов **Деталь** или **Сборка** графическая область представляет собой трехмерное пространство.

Основными элементами интерфейса *SolidWorks* являются: меню, панели инструментов, область построения, строка состояния (рис. 1.1). Для наглядного представления процесса проектирования в *SolidWorks* существует **Дерево конструирования** или **Дерево построения** (*Feature Manager*). Оно реализовано в стиле традиционного **Проводника Windows**, обычно располагается в левой части рабочего окна *SolidWorks* и представляет собой последовательность конструктивных элементов, образующих деталь, а также дополнительные элементы построения (оси, плоскости). **Дерево построения** содержит полную информацию о трехмерном объекте и динамически связано с областью построения. В режиме сборки **Дерево построения** отображает список деталей, входящих в сборку, а также необходимые сопряжения деталей и сборок.



Основными функциями **Дерева конструирования** (*FeatureManager*) являются:

- выбор элементов по имени (по нажатию левой кнопки мыши);
- определение и изменение последовательности, в которой создаются элементы;
- отображение размеров элемента, которое можно выполнить, дважды нажав на имя элемента;
- отображение и гашение элементов детали и компонентов сборки.

При построении новой трехмерной модели детали в **Дерево построения** по умолчанию присутствуют следующие графические элементы:

- **исходная точка** с нулевыми начальными координатами;

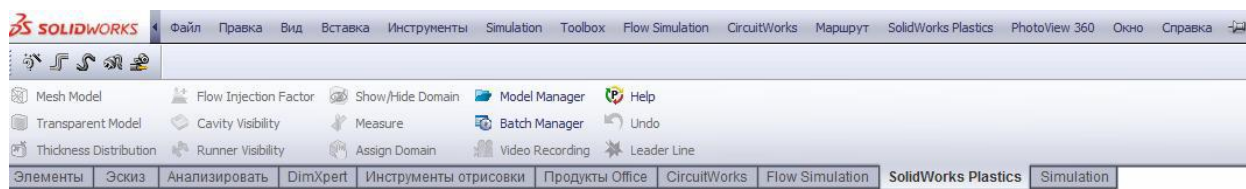
– три взаимно перпендикулярные плоскости: **Спереди, Сверху, Справа.**

**Панель инструментов** является настраиваемым элементом интерфейса. Пользователь имеет возможность устанавливать расположение панелей инструментов, их отображение в зависимости от типа документа.

**Диспетчер команд** – это контекстная панель инструментов, которая обновляется автоматически в зависимости от панели инструментов, к которой требуется доступ. При построении детали **Диспетчер команд** по умолчанию содержит панели инструментов: **Элементы** и **Эскиз**, в режиме сборки – панели инструментов **Сборка** и **Эскиз**.

Быстрая настройка **Панелей инструментов** и **Диспетчера команд** производится при нажатии правой кнопки мыши на границе окна соответствующей панели.

**Верхнее меню** содержит команды *SolidWorks* в полном объеме (Рис. 1.2). Верхнее меню появляется на экране при наведении курсора мыши на надпись *SolidWorks* в левом верхнем углу экрана. При отсутствии команды на панели инструментов ее всегда можно найти через верхнее меню:



В **строке состояния** в нижней части окна *SolidWorks* представлена информация, связанная с выполняемой функцией.

Действие манипулятора мыши в *SolidWorks* соответствует стандартным функциям операционных систем семейства *Windows Microsoft*.

Выбор объектов (элементов в дереве построения, поверхностей твердотельной модели в области построения, выбор объектов в плоском эскизе) осуществляется при нажатии левой кнопки мыши. Нажатие правой кнопки мыши соответствует запуску всплывающего меню объекта.

Общий принцип создания твердотельных объектов выражается приведенной последовательностью:

1. Выбор плоскости для построения **Эскиза**.
2. Построение объектов плоского эскиза, простановка размеров, определение взаимосвязей.
3. Выполнение действия над плоским эскизом, придание толщины плоским объектам эскиза (вытягивание, поворот и т.д.).

## Лабораторная работа № 2

### Изучение САПР Solid Works. Чертежи на плоскости. Оформление чертежей.

**Цель работы** – изучение методов построения плоских объектов эскиза, способов задания размеров и определения взаимосвязей объектов в системе автоматизированного проектирования *SolidWorks*.

#### Методические указания

*Элементы SolidWorks основываются на построении двумерных эскизов. Эскиз состоит из некоторого числа простейших геометрических объектов: отрезков, сплайнов, дуг и т.п., соединенных между собой. Построение эскизов основано на применении различного рода инструментов рисования, создания взаимосвязей и задания размеров*

При создании новой детали или сборки трем основным плоскостям проекции в начертательной геометрии: **горизонтальной, вертикальной и профильной** в *SolidWorks* определяются три соответствующих плоскости: **Спереди, Сверху, Справа** (рис. 2.1). Ориентация направления плоскостей выполняется по команде **Ориентация видов**. Если выбран параметр **Спереди** в окне ориентация, то направление взгляда пользователя на экран будет перпендикулярно виду **Спереди**.

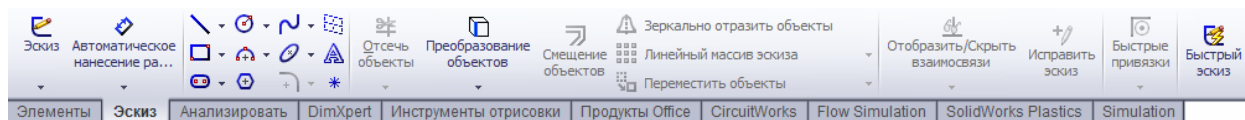
Плоский эскиз можно создавать:

- на любой плоскости по умолчанию (**Спереди, Сверху или Справа**);
- созданной инструментами **Справочной геометрии** плоскости;
- плоской грани твердотельного объекта.

В *SolidWorks* существует возможность создавать трехмерные эскизы. Графические объекты (трехмерные линии, сплайны, точки) в таких эскизах располагаются в трехмерном пространстве и не связаны с определенными плоскостями эскизов.

#### Работа в режиме редактирования эскиза

Для построения двумерного эскиза следует выполнить команду верхнего меню **Вставка >> Эскиз** либо нажать кнопку **Эскиз** на панели инструментов **Эскиз**:



Плоскость для построения эскиза может быть выбрана как до, так и после активации команды.

Для перехода в режим редактирования уже существующего эскиза следует выделить в **Дереве конструирования** необходимый объект, запустить всплывающее меню (нажатием правой кнопки мыши), вызвать команду **Редактировать эскиз**.

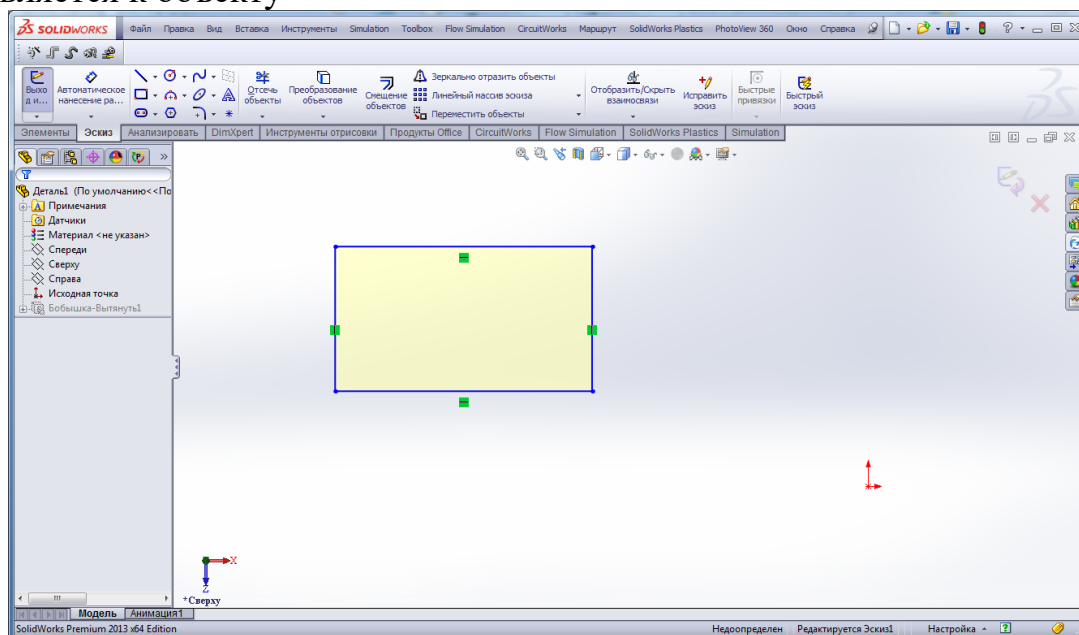
Основным признаком режима редактирования эскиза является характерный знак в окне **Угол для выбора** графической области построения (см. рис. 2.2, б).

Для выхода из режима редактирования эскиза следует выполнить одну из команд (рис. 2.3): **Выход из эскиза**, **Перестроить** либо **Отмена** (без сохранения изменений) в окне **Угол для выбора**.

### Элементы формирования

При построении плоских объектов эскиза (линий, дуг, многоугольников и т.п.) используются так называемые **Элементы формирования**: линии формирования, указатели, привязки эскиза и взаимосвязи. **Элементы формирования** динамически показывают, как элементы эскиза влияют друг на друга.

**Линии формирования** – это пунктирные линии, которые появляются по мере создания эскиза. Когда указатель приближается к подсвечиваемым меткам (вершинам, средним точкам и т.п.), линии формирования используются в качестве ориентира в зависимости от существующих объектов эскиза (рис. 2.4). При построении объектов **Вид указателя** меняется в зависимости от выбранного инструмента рисования (дуга, окружность, линия), а также в случае, если указатель находится на геометрической взаимосвязи (пересечения, точки) либо на размере. Если при построении указатель отображает взаимосвязь, она автоматически добавляется к объекту



**Привязки** эскиза существуют по умолчанию. Во время рисования отображаются значки привязок эскизов.

Кроме **Привязок** эскиза можно отобразить значки, которые представляют **Взаимосвязи** между объектами эскиза. Во время рисования объектов отображаются значки, представляющие **Привязки** эскиза, как только объект эскиза построен, отобразятся **Взаимосвязи**.

## Лабораторная работа № 3

### Изучение САПР Solid Works. 3D-моделирование. Основные понятия

**Цель работы** – изучение основных методов построения трехмерных моделей деталей в системе автоматизированного проектирования *SolidWorks*.

#### **Методические указания**

*Деталью в SolidWorks называется трехмерный объект, состоящий из некоторого количества элементов. Элементы – это отдельные геометрические формы, в сочетании образующие деталь. Основные формообразующие элементы – бобышки и вырезы строятся на базе плоских эскизов. Другие элементы – оболочки, скругления, фаски преобразуют уже существующую 3D модель.*

#### **Основные способы создания твердотельных элементов**

В общем случае трехмерная твердотельная модель детали в *SolidWorks* состоит из множества «сконструированных» элементов, или элементарных объемов.

Наиболее общими способами описания трехмерных объектов являются табличные способы, в которых ограничивающая объем формообразующая поверхность определяется массивом точек с известными координатами. Такой способ используется в универсальных форматах файлов для хранения информации о трехмерных объектах.

Для построения объемов более удобным является аналитический способ: формообразующие поверхности являются результатом движения направляющих отрезков вдоль одного или нескольких образующих.

К основным типам элементов в *SolidWorks* относятся:

1. Вытягивание (движение по прямой линии);
2. Вращение (движение по окружности);
3. По траектории (движение вдоль произвольной кривой);
4. По сечениям (движение нескольких произвольных образующих вдоль нескольких произвольных направляющих).

В соответствии с этими типами могут быть выполнены бобышки или основания (выступающие части детали) и вырезы.

К дополнительным элементам (скругления, фаски, оболочки и др.) относятся наиболее часто используемые варианты, или частные случаи основных элементов.

Кроме того, для создания элементов твердотельной геометрии могут использоваться массивы элементов – линейные и круговые, а также зеркальные копии элементов.

Дополнительно в *SolidWorks* реализованы операции по преобразованию трехмерной геометрии детали: **Деформация, Масштабирование, Гибкие** и другие. Эти операции выполняются с одним элементом и заменяют процесс создания сложной геометрии. Другим дополнительным типом операций являются булевы операции. Они выполняются с двумя и более элементами и



необходимы для объединения элементов в единый объект методами логического вычитания или сложения твердых тел.

Твердотельные модели в *SolidWorks* можно создавать одним из указанных способов. Конечный результат не будет зависеть от выбранного способа, однако для лучшего понимания и удобства редактирования рекомендуется выполнять модель аналогично технологическому процессу ее изготовления. Если обработку вала предусматривается вести с помощью токарных операций, то и модель следует получать методами вращения контура.

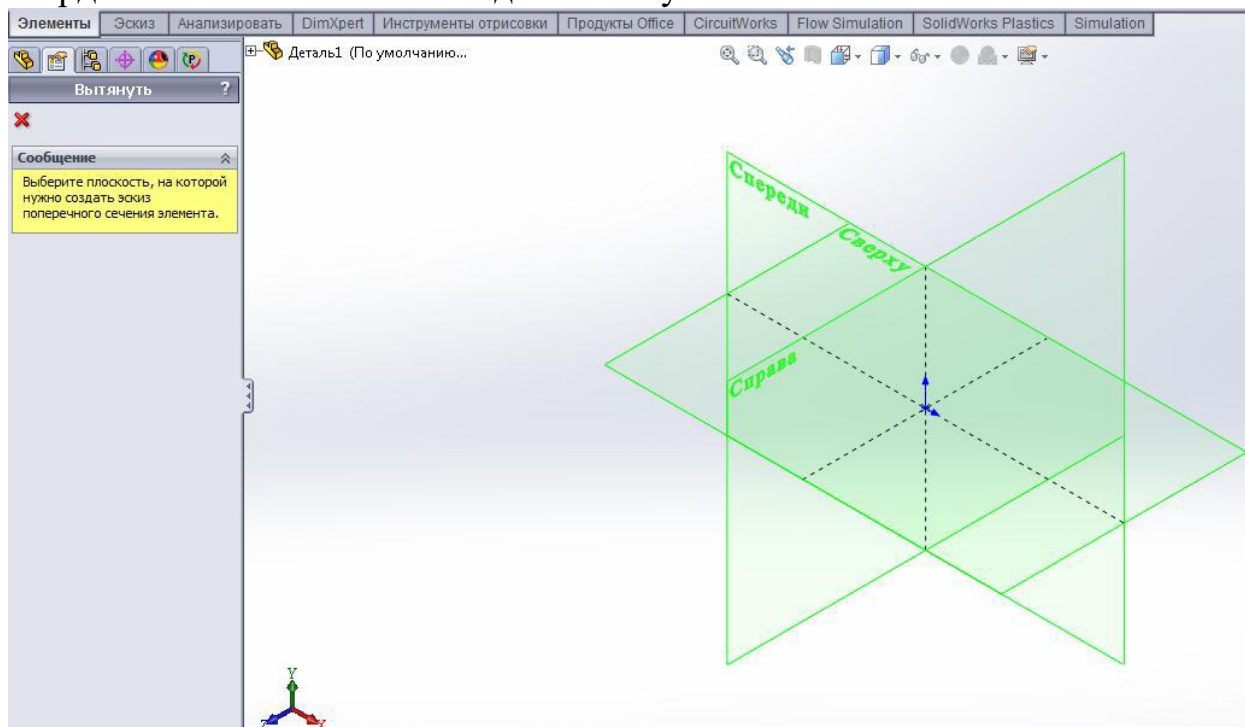
## Лабораторная работа № 4.

### Изучение САПР Solid Works. Создание элемента выдавливания

#### Создание цилиндрического твердотельного элемента

Для построения модели трехмерного цилиндра следует выполнить следующие действия:

1. Начать новый документ – деталь *SolidWorks*.
2. На панели инструментов **Элементы** нажать кнопку **Вытянутая бобышка/основание**. При этом будет активизирована команда создания твердотельного элемента методом вытянутой бобышки



3. Система предложит выбрать одну из трех начальных плоскостей: **Спереди**, **Сверху**, **Справа** для построения **Эскиза** будущего трехмерного элемента.
4. Выбрать плоскость **Спереди** (выбор осуществляется по надписи наименования плоскости). При этом изображение на дисплее изменится таким образом, что плоскость **Спереди** будет обращена на пользователя, перпендикулярно направлению его взгляда. Выбор плоскости для построения эскиза может быть выполнен до активизации команды создания твердотельного элемента.
5. На панели инструментов **Эскиз** инструментом **Окружность** построить окружность произвольным радиусом с центром в **Исходной точке** с нулевыми координатами.
6. Нажать кнопку **Автоматическое нанесение размеров** и, выбрав дугу окружности, изменить размер в появившемся окне на значение 100 мм.
7. Нажать значок **Выход из эскиза** в окне **Угол принятия решения**, чтобы завершить эскиз, при этом система автоматически предложит выбор параметров создаваемого элемента **Вытянуть** в окне **Менеджера свойств**

(левая часть экрана), а также в графической области будет отображаться предварительный вид создаваемого трехмерного элемента (рис. 1.4).

8. В разделе **Направление 1** окна **Менеджера свойств** установить параметр **Глубина** равным 100 мм (рис. 1.4).

9. Нажать **Enter**, или **Ok**, либо значок принятия элемента в окне **Угол** (правый верхний угол экрана) для выбора в графической области системы *SolidWorks*.

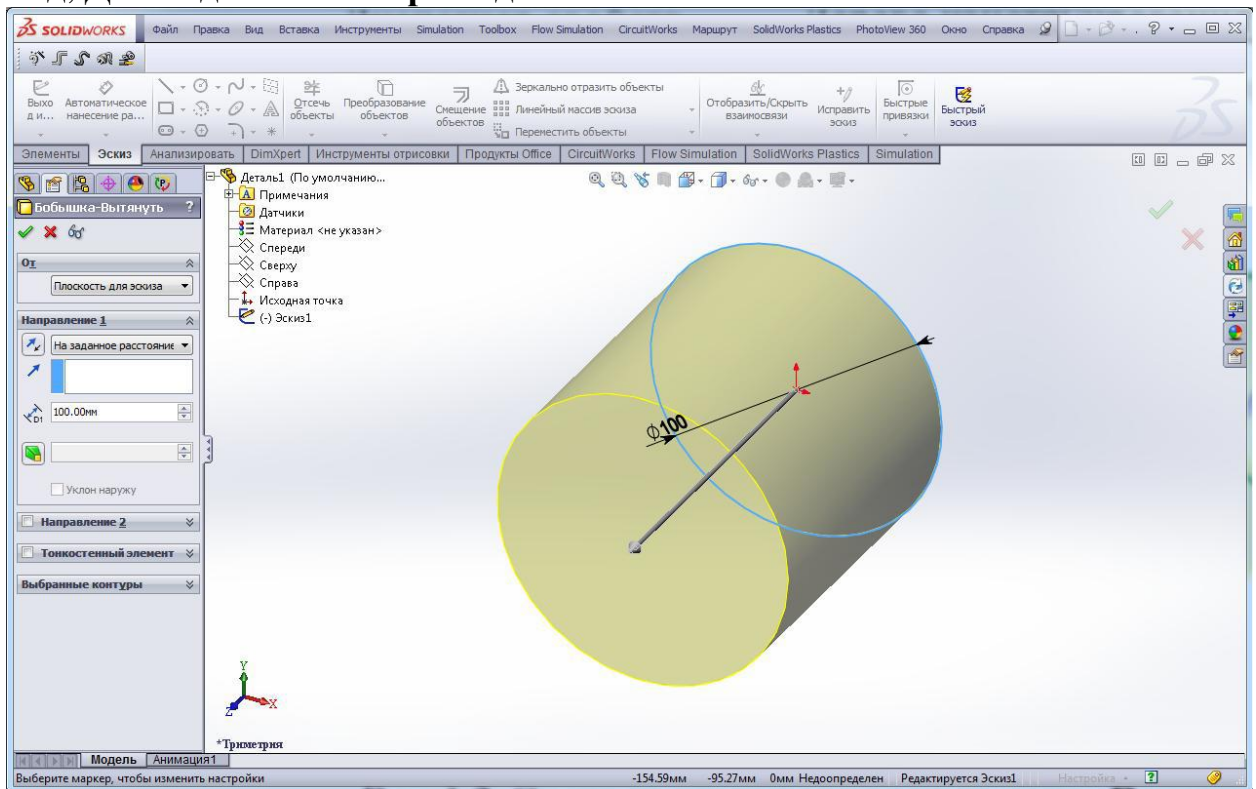
10. Сохранить деталь под именем *Деталь1.sldprt*.

В результате была построена трехмерная модель цилиндра с диаметром основания 100 мм и высотой 100 мм. Построенный элемент отображается в графической части системы и динамически связан с объектом в **Дереве построения** под наименованием **Вытянуть 1**.

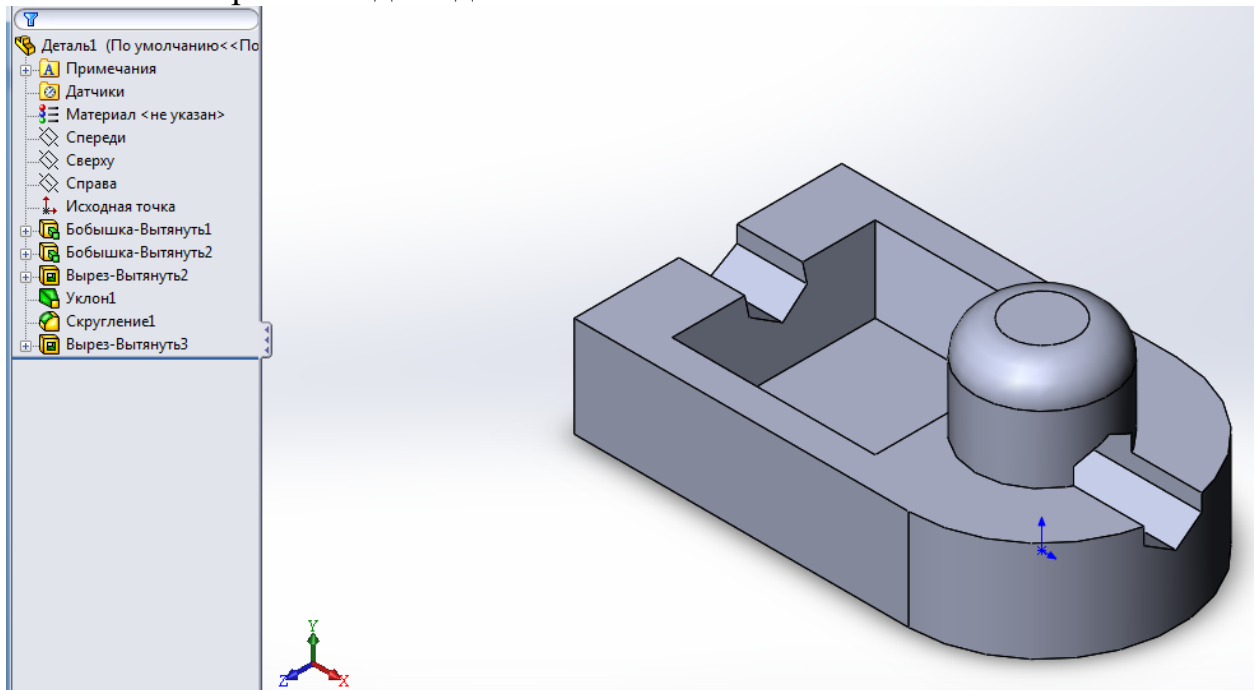
Для изменения ориентации вида существует панель инструментов **Ориентация видов** (рис. 1.5). Она позволяет выбрать один из шести стандартных видов: **Спереди**, **Сзади**, **Сверху**, **Снизу**, **Справа**, **Слева**, а также изометрические проекции **Изометрия**, **Диметрия**, **Триметрия**. Ориентации видов соответствуют расположению трех основных начальных плоскостей: **Спереди**, **Сверху**, **Справа**. При выборе вида **Спереди** плоскость экрана монитора соответствует плоскости **Спереди**.

Также панель **Ориентация видов** позволяет установить вид **Перпендикулярно** направлению взгляда наблюдателя. В этом случае предварительно необходимо выбрать плоскую грань или плоскость, либо цилиндрическую или коническую грань.

Также может быть задано количество видов в графической области: **Один вид, Два вида или Четыре вида.**



**Задание.** Построить модель детали



## *Лабораторная работа № 5*

### **Изучение САПР Solid Works. Создание элемента вращения.**

Повернутые элементы добавляют или удаляют материал путем поворота одного или нескольких профилей вокруг осевой линии. Можно создавать **Повернутые бобышки/основания**, **Повернутые вырезы** или **Повернутые поверхности**. Повернутый элемент может быть твердотельным элементом, тонкостенным элементом или поверхностью.

При создании тел вращения существует несколько ограничений:

- в эскизе должна присутствовать минимум одна линия со свойством **вспомогательная геометрия** – ось вращения;
- контур не может пересекать осевую линию или касаться ее в изолированной точке;
- контур должен быть замкнутым (иначе будет создана тонкостенная деталь).

Инструмент **Повернутая бобышка/основание** предоставляет три возможных варианта построения модели: **Элемент вращения**, **Тонкостенный элемент** и элемент, построенный на основе замкнутых **выбранных контуров** эскиза (рис. 3.4).

Эскиз повернутого элемента может состоять из одного или нескольких замкнутых контуров, осей вращения, построенных осевой вспомогательной линией. Если в эскизе несколько осей, то ось, вокруг которой будет поворачиваться контур, необходимо указать при построении твердотельного элемента (при нажатии левой кнопки мыши). При построении элемента обязательно должны быть указаны направление и угол поворота.

**Тонкостенный элемент** вращения применяется в основном для создания оболочковых форм. Для тонкостенного элемента дополнительно требуется указание направления и численного значения толщины (для этого варианта не обязательно наличие замкнутого контура).

Вариант построения тела вращения на основе **Выбранных контуров** применяется в случае, когда контур вращения удастся задать только в виде комбинации отдельных сложных фигур.

При выборе способа построения твердого тела методом вращения необходимо учитывать степень сложности профиля эскиза. Изначально сложность эскиза для элементов, полученных вращением, будет выше.

В общем случае, чем сложнее эскиз, тем меньшее количество конструктивных элементов понадобится для построения детали, более рационально будут использованы ресурсы компьютера. Однако разработчику проще контролировать процесс построения модели, если эскизы будут максимально упрощены (в эскизах не содержатся мелкие конструкционные элементы: скругления и фаски).

## Лабораторная работа № 6.

### Изучение САПР Solid Works. Параметризация объектов.

Геометрические объекты, построенные в эскизе, должны быть определены в пространстве. В конечном итоге должны быть заданы координаты точек соответствующих объектов (линий, дуг, окружностей). В режиме **Эскиза** положение объектов описывается математически за счет нанесения управляющих размеров либо за счет наложения ограничений на расположение объектов.

Каждому управляющему размеру в *SolidWorks* соответствует отдельная переменная. Определив объекту эскиза необходимый набор параметров, все построенные элементы (линии, дуги, окружности, сплайны) могут быть представлены в виде системы уравнений. Программа автоматически перестраивает объект в соответствии с заданным значением управляющего размера (все изменения отображаются в графической области).

С помощью инструмента **Автоматическое нанесение размеров** на панели инструментов **Эскиз** можно нанести размеры для объектов эскиза. Для выполнения команды требуется изначально выделить один или два объекта (линии, точки, дуги, окружности) и определить положение размерной линии. Если линии расположены не параллельно, система самостоятельно определит угловой размер.

Аналогично определяются диаметральные и радиальные размеры.

Размер может быть установлен как относительно существующего объекта эскиза, включая **Исходную точку** и вспомогательные осевые линии, так и относительно уже построенных трехмерных элементов и их эскизов.

После того как выбраны объекты и установлено месторасположение размерной линии появится диалоговое окно **Изменить**. Введя новое значение в этом диалоговом окне, можно изменить размер (см. рис. 2.8).

Следует отметить, что размерные линии управляющих размеров, нанесенные на эскизах, не являются обязательными размерными линиями будущего чертежа, хотя могут быть туда перенесены автоматически. Простановка размеров в **Эскизе** является параметризацией геометрических объектов, в то время как размеры на чертежах устанавливаются в соответствии с требованиями стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

#### **Взаимосвязи**

Взаимосвязи представляют собой ограничения на расположения плоских объектов эскиза. Основной целью добавления взаимосвязей является уменьшение числа управляющих размеров. На рис. 2.9 показаны два варианта определения квадрата в эскизе, центр которого совпадает с **Исходной точкой** эскиза.

В первом случае (рис. 2.9, а) было выполнено построение объекта **Прямоугольник** с последующим заданием необходимых размеров, включая размеры от сторон до **Исходной точки** (всего четыре размера).

Во втором случае (рис. 2.9, б) кроме прямоугольника была построена его диагональ с помощью вспомогательной **Осевой** линии. Добавлено две взаимосвязи: **Равенство** смежных сторон прямоугольника и **Средняя точка** для диагонали прямоугольника и **Исходной точки**. Для полного определения квадрата достаточно задать один размер – длину стороны.

Для добавления взаимосвязи следует активизировать команду **Добавить взаимосвязь** на панели инструментов **Эскиз** либо сразу выбрать необходимый объект или объекты эскиза (выбор нескольких объектов выполняется, удерживая клавишу *Ctrl* на клавиатуре). Система самостоятельно определяет допустимые взаимосвязи для выбранных объектов и предлагает выбрать одну из них. В окне **Менеджер свойств** следует нажать соответствующую пиктограмму (**Совпадение**, **Горизонтальный**, **Зафиксированный** и т.п.).

Для удаления взаимосвязей необходимо выделить объект (линию или точку) и в списке **Существующие взаимосвязи** менеджера свойств (рис 2.10) удалить соответствующую взаимосвязь (клавишей *Delete* на клавиатуре).

Большое количество взаимосвязей значительно затрудняет процесс исправление ошибок, так как для этого необходимо удалять лишние взаимосвязи. Чтобы не загромождать нарисованные объекты значками взаимосвязей, их рекомендуется отключить (верхнее меню **Вид >> Взаимосвязи эскиза**). Удалять взаимосвязи в этом случае возможно через команду **Инструменты >> Взаимосвязи >> Отобразить/удалить**.

### Статус эскиза

Эскиз может находиться в одном из трех состояний:

1. **Полностью определенный** – все линии и кривые в эскизе, а также их расположение однозначно описываются размерами и (или) взаимосвязями. Цвет объектов эскиза – черный, в **Дереве построения** такой эскиз отображается без каких-либо значков.

2. **Переопределенный** – размеры или взаимосвязи находятся в противоречии либо дублируют друг друга. В переопределенном эскизе графические объекты, для которых не было найдено решение, имеют красный цвет, объекты, находящиеся в конфликте друг с другом, – желтый. В **Дереве построения** такой эскиз отображается со значком «+».

3. **Недоопределенный** – не определены некоторые размеры или взаимосвязи, их можно изменять. Цвет объектов эскиза – синий. В **Дереве построения** такой эскиз отображается со значком «-».

Создавать трехмерные объекты без ошибок возможно как для полностью определенных эскизов, так и для эскизов, которые недоопределены. В последнем случае это дает больше возможностей по моделированию объектов, размеры и форма которых заранее неизвестны. Однако на стадии завершения проектирования рекомендуется эскизы полностью определить

(любые изменения в эскизах с полностью заданными параметрами будут предсказуемыми).

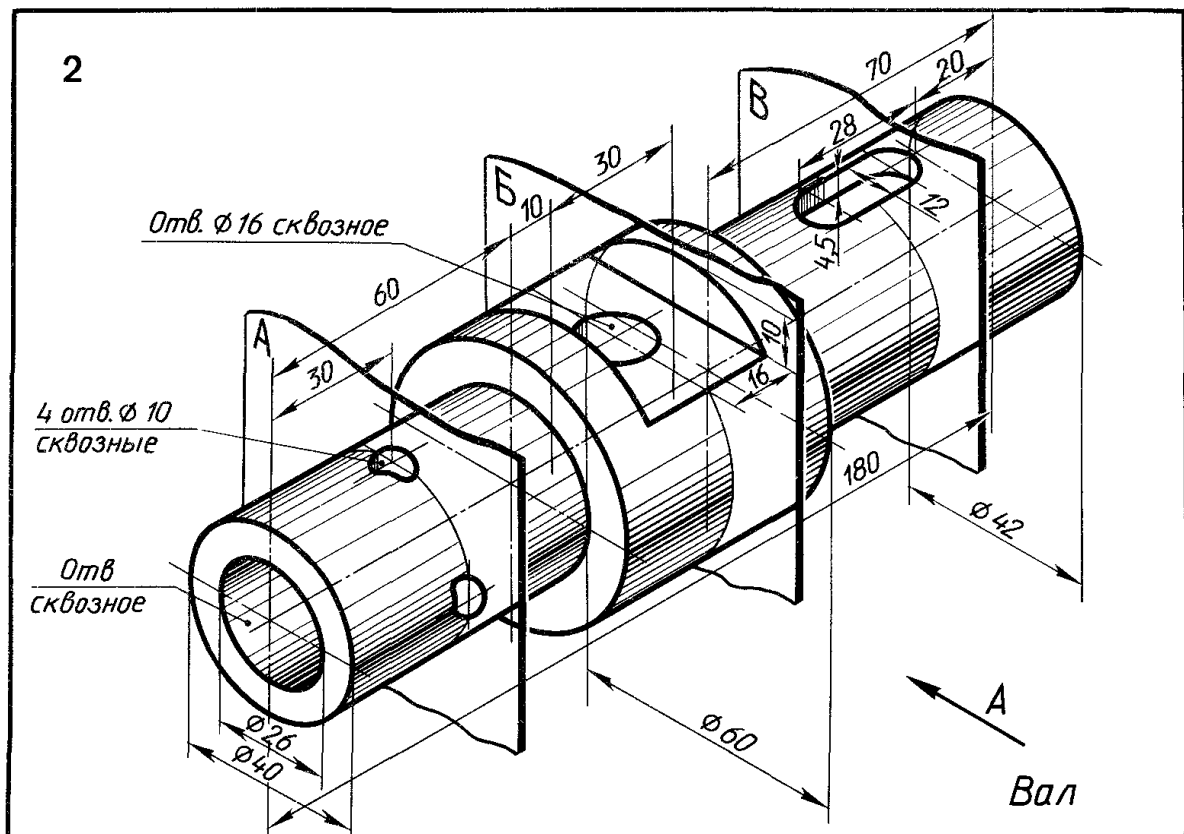
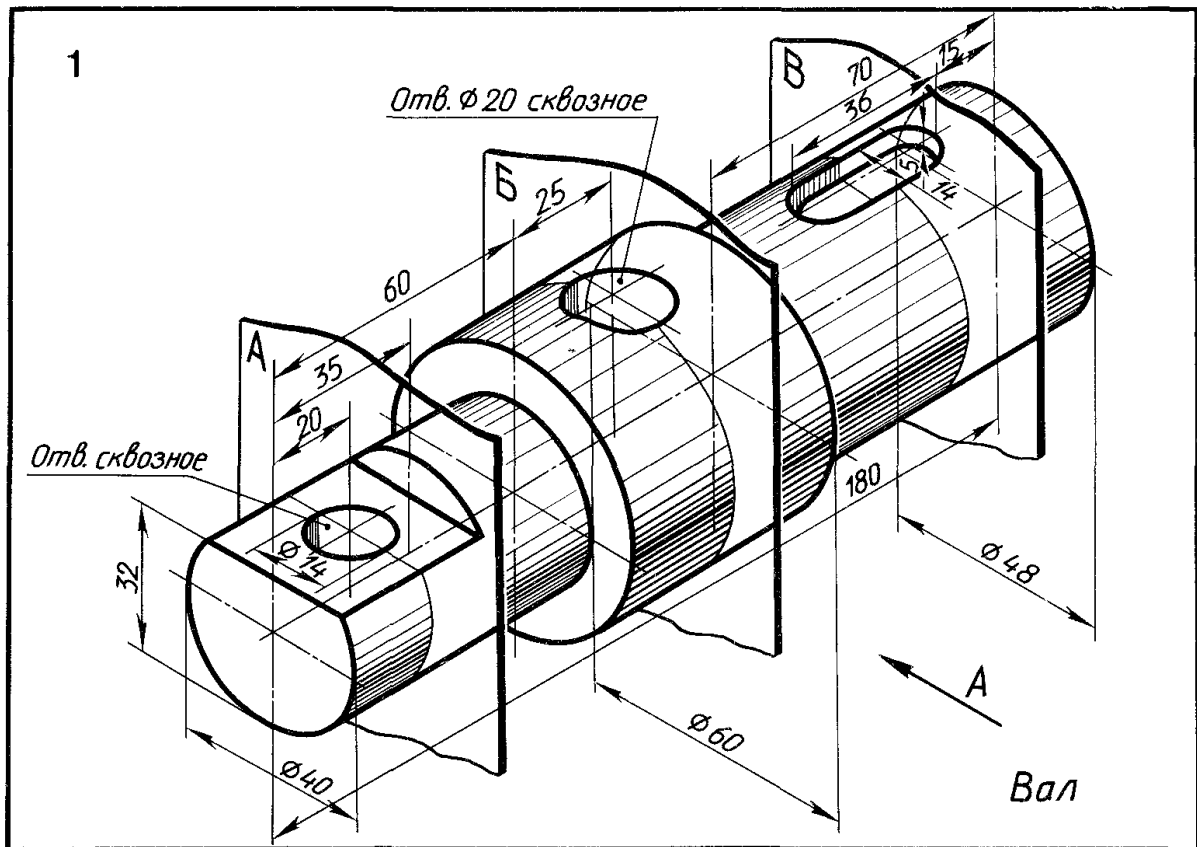


## Лабораторная работа № 7.

Изучение САПР Solid Works. Создание рабочих чертежей по модели.

Задание.

Создать модель и выполнить чертеж.



## *Лабораторная работа № 8.*

### Изучение САПР Solid Works. Сборки

**Цель работы** – изучение методов компоновки сборок, построения сопряжений сборок в системе автоматизированного проектирования *SolidWorks*.

#### **Методические указания**

*Сборкой называется документ, в котором детали и другие сборки сопряжены друг с другом в единую конструкцию. Сборку можно создавать, используя проектирование «снизу вверх», проектирование «сверху вниз» или комбинацию этих двух методов.*

#### **Общие правила построения сборок**

Файл сборки в *SolidWorks* (расширение \*.SLDASM) не содержит в себе описание геометрии деталей. Без полного комплекта составляющих деталей, сборок (узлов), типовых библиотечных элементов файл сборки является пустым объектом. Добавление компонента в сборку создает связь между ними. Изменения в компоненте сборки автоматически отражаются на сборке. В общем случае сборочное изделие представляет собой многоуровневую древовидную структуру. Файл сборки, как и реальное изделие, может включать не только отдельные детали, а также и другие сборки (узлы). Уровень вложенности при этом не ограничен. Сборка изделия в *SolidWorks* выполняется в соответствии с принципом технологической декомпозиции: составляющие изделие узлы могут собираться обособленно от других элементов конструкции.

Реальный производственный процесс состоит из трех этапов:

1. Установка базовой детали или сборочной единицы.
2. Выбор и предварительная ориентация присоединяемой детали (сборочной единицы) относительно базовой.
3. Выполнение сопряжений, соединение.

Общий принцип создания сборочной модели по методу **«снизу вверх»** полностью соответствует указанному процессу сборки. Предварительно необходимо построить трехмерные модели деталей, а затем объединить их в единую конструкцию путем наложения ограничений на пространственное положение объектов.

При проектировании **«сверху вниз»** трехмерные модели деталей разрабатываются в контексте одной сборки на основе геометрических элементов других деталей. В соответствии с данным методом первоначально создаваемая сборка является исходной информацией для выполнения последующей детализации.

Комплексное использование обоих методов позволяет вести разработку отдельных элементов конструкции (деталей, сборочных единиц) в контексте уже созданной сборки (состоящей из готовых компонентов). При таком подходе значительно облегчается задание привязок элементов друг к другу и

обеспечивается параметрическая связь между ними. Если размеры или положение одной из деталей изменяются, то все связанные с ней элементы модели будут также автоматически скорректированы.

### **Размещение компонентов в сборке**

Предварительно необходимо создать проект сборки в *SolidWorks*: меню **Файл >> Новый >> Сборка**.

Основным способом размещения детали или узла в сборке является использование команды **Вставить компоненты**, расположенной на панели инструментов **Сборки**. После добавления к новому проекту первая деталь (сборка) автоматически приобретёт свойство **Зафиксированный** (отображается значком «ф» в **Дереве конструирования**).

Для правильной ориентации компонентов в сборке по крайней мере один из ее компонентов должен быть зафиксирован – относительно него будут располагаться остальные компоненты сборки (рис. 5.1).

Чтобы зафиксировать или освободить компонент сборки, следует, выбрав компонент в графической области или в **Дереве конструирования** (*FeatureManager*), в контекстном меню (при нажатии правой кнопки мыши) активизировать команду **Зафиксировать** или **Освободить**.

Также для компонентов в **Дереве конструирования** могут использоваться следующие префиксы: (–) недоопределен; (+) переопределен; (?) не решен. Отсутствие префикса означает, что положение компонента полностью определено.

**Дерево конструирования** (*FeatureManager*) кроме традиционных элементов (наименования сборки, папки **Примечание**, начальных плоскостей и **Исходной точки**) для сборок отображает следующие объекты:

- Компоненты сборки (узлы, отдельные детали, библиотечные элементы);
- Папку **Сопряжения**;
- Элементы сборки (вырезы или отверстия) и массивы компонентов.

Любой компонент можно развернуть или свернуть, чтобы просмотреть его подробное описание, нажав на знак рядом с именем компонента.

В сборке можно использовать один и тот же компонент несколько раз. При каждом добавлении в сборку компонента число *<n>* в окончании его имени в **Дереве конструирования** увеличивается на единицу.

Для задания положения объекта в трехмерном пространстве реализованы команды **Переместить компонент** и **Вращать компонент**, которые располагаются на панели задач **Сборки**. Изменение положения для выбранного объекта производится при нажатии и удерживании левой кнопки мыши. Более простым и удобным способом свободного перемещения и вращения является способ с использованием манипулятора мыши: при «перетаскивании» мыши, удерживая левую кнопку, выполняется перемещение компонента, удерживая правую кнопку мыши – вращение компонента. Компоненты в сборке будут перемещаться или вращаться только в пределах степеней свободы, определенных сопряжениями

(зафиксированные и полностью определенные объекты изменять своего положения не могут).

### **Сопряжения**

После размещения деталей и узлов в сборке необходимо задать сопряжения между ними – геометрические взаимосвязи между компонентами сборки. При добавлении сопряжений следует определить допустимые направления линейного или вращательного движения компонентов. Последовательность, в которой добавляются сопряжения в группу, значения не имеет, все сопряжения решаются одновременно.

Для создания сопряжений необходимо активизировать команду **Условия сопряжения** на панели инструментов **Сборки**, выбрать сопрягаемые поверхности деталей, указать тип сопряжения.

Системой поддерживаются следующие типы сопряжений.

**Совпадение** – выбранные грани, плоскости и кромки (в комбинации друг с другом или с одной вершиной) разделяют одну и ту же бесконечную линию.

**Параллельность** – выбранные элементы одинаково направлены и находятся на постоянном расстоянии.

**Перпендикулярность** – выбранные элементы располагаются под углом  $90^\circ$  друг к другу.

**Касательность** – выбранные элементы касаются (как минимум один элемент должен быть цилиндрическим, коническим или сферическим).

**Концентричность** – выбранные элементы разделяют центральную точку.

**Расстояние** – выбранные элементы расположены на указанном расстоянии.

**Угол** – выбранные элементы расположены под заданным углом.

Если в списке **Выбор сопряжений** присутствуют по крайней мере два наименования, то ниже во вкладке **Стандартные сопряжения** система автоматически предложит наиболее подходящие сопряжения для данного набора выделенных компонентов (см. рис. 5.2), а на экране появится панель инструментов, дублирующая эти элементы управления.

Стандартные сопряжения применимы только для стандартных поверхностей (плоскость, цилиндр, конус и т.п.), а для более сложных требуется выравнивание относительно вспомогательной геометрии.

### **Упрощение сборок**

В реальности сборки могут состоять из большого числа компонентов. При этом программа тратит значительные ресурсы на поддержание трехмерной геометрии. Как следствие происходит замедление работы и замедление проектирования в целом. Упростить сложную сборку возможно переключением видимости и изменением состояния погашения компонентов, есть три возможных состояния компонентов:

1. **Решен** – компонент целиком загружен в память, является полностью функциональным и доступным.
2. **Погашен** – компонент не загружается в память и не является частью сборки (не отображается в графической области, сопряжения компонента также погашены). При этом компонент не удаляется из **Дерева построения**.

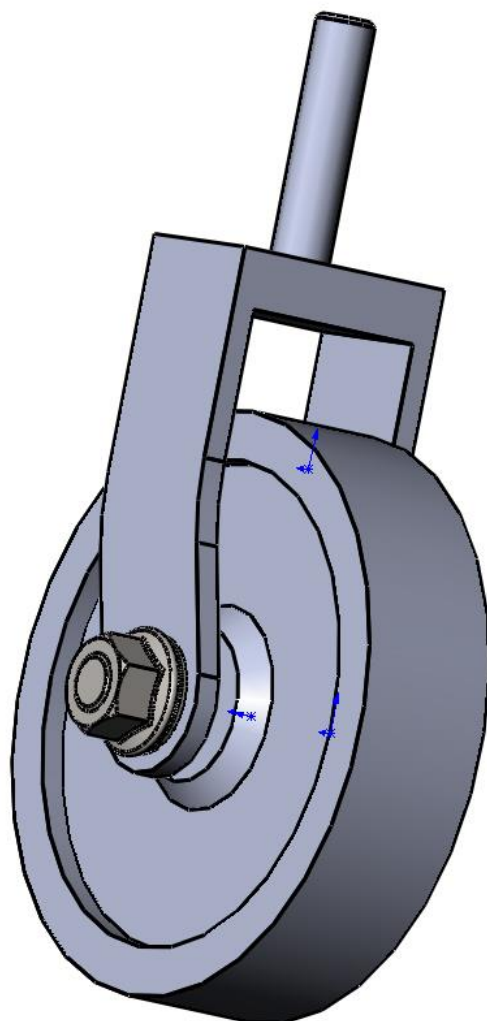
**3. Сокращенный** – в память загружается некоторая часть данных о модели. Оставшиеся данные загружаются по мере необходимости. При этом компонент полностью доступен, все сопряжения, массовые характеристики сохраняются.

Чтобы изменить состояние погашения компонентов следует в **Дереве конструирования** или в графической области правой кнопкой мыши выбрать нужный компонент и открыть вкладку **Свойства компонента**. Другой способ – активация инструмента **Изменить состояния погашения** для выбранного компонента на панели инструментов **Сборки**.

Режим большой сборки – это комплект параметров системы, которые улучшают эффективность сборок. Режим большой сборки можно включить в любое время. Кроме того, можно установить пороговое значение количества компонентов, при достижении которого режим большой сборки будет включаться автоматически.

#### **Задание**

Сделать сборку.



## *Лабораторная работа № 9*

### Изучение САПР AutoCAD. Основные понятия

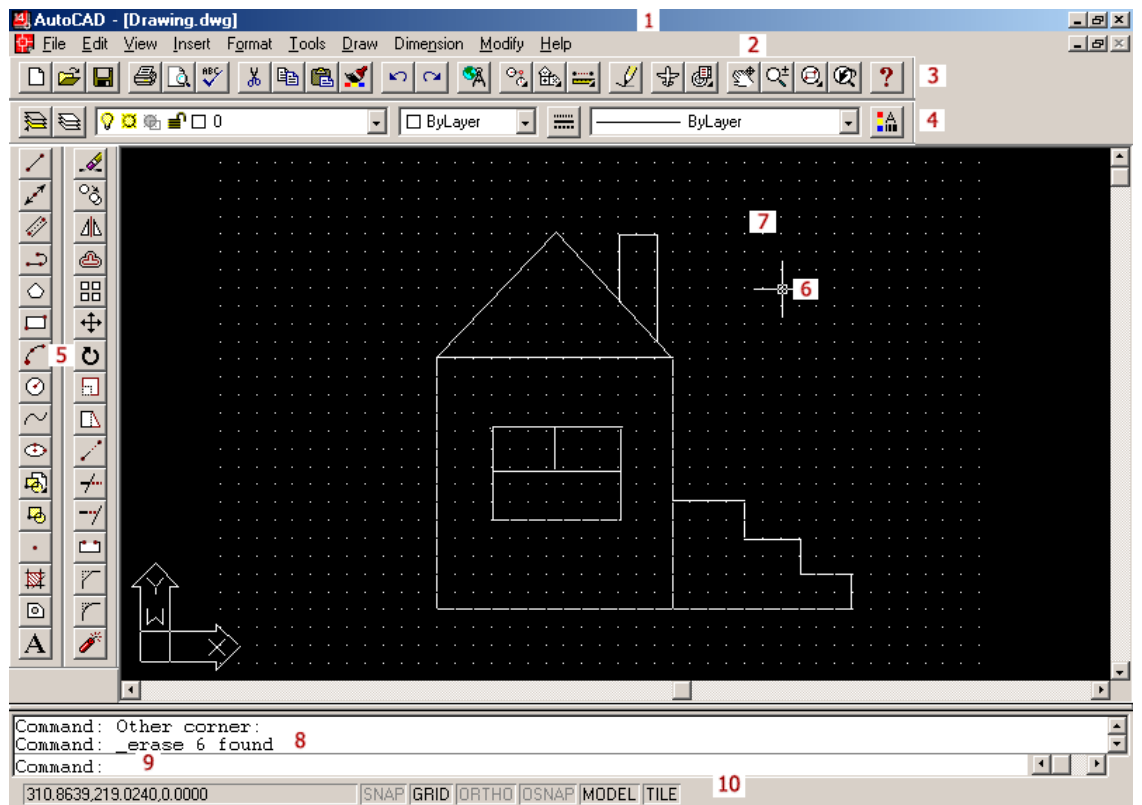
#### **Запуск и завершение работы системы AutoCAD**

Для запуска системы необходимо выбрать меню \Пуск\Программы\ в панели задач (как правило, это узкая полоса в нижней части экрана) и запустить AUTOCAD. В случае успеха в панели задач Windows должна появиться кнопка <AutoCAD - [Drawing]>, а на экране - открыться рабочее окно системы AUTOCAD.

**ВНИМАНИЕ!** Операционная система Windows позволяет запустить одновременно несколько программ. Для переключения из одной программы в другую необходимо пользоваться панелью задач. Не нужно запускать AUTOCAD повторно, это значительно снижает скорость работы компьютера.

Для завершения работы системы AUTOCAD необходимо воспользоваться меню \File\Exit или комбинацией клавиш Alt-F4.

может отличаться от приведенной на рисунке



После запуска главное окно AUTOCAD состоит из следующих частей заголовка окна с указанием имени редактируемого чертежа (файла);

1. системы иерархических меню; сюда сведены все команды AUTOCAD;

2. стандартной горизонтальной панели инструментов (необязательно); здесь продублированы наиболее часто используемые команды меню;

3. строки свойств объектов (необязательно); здесь указаны основные параметры рисования - список слоев, цвет объектов, тип линии и другие;

4. вертикальных панелей инструментов (необязательно); здесь сосредоточены кнопки команд рисования, редактирования, проставления размеров и другие;

5. курсора мыши, показывающего текущую позицию на чертеже;

6. основного рабочего поля;

7. информационного поля, где приведен список выполненных команд в хронологическом порядке;

8. командной строки, где задаются с клавиатуры команды и параметры;

9. строки состояния, в левом углу которой показываются текущие координаты мыши в относительных единицах.

## Общие принципы управления системой AutoCAD

Управление системой AUTOCAD заключается в задании команд для выполнения. Существует три способа задания команд:

1. с помощью системы иерархических меню;
2. с помощью системы панелей инструментов;
3. с помощью текстовых команд в командной строке.

Необходимо понимать, что это три разных способа запуска одной команды. Например, команда рисования линий может запускаться с помощью меню **\Draw\Line**, с помощью панели инструментов **Drawing** и с помощью команды **line** в командной строке. Последний способ задания команд, очевидно, является устаревшим. Поэтому в методических указаниях сделан упор на два первых способа. Вместе с тем, способ задания команд из командной строки имеет свои преимущества, например, можно указать требуемые координаты со сколь угодно высокой точностью.

При выполнении команд приходится интенсивно использовать манипулятор "мышь" и клавиатуру. Под понятиями "нажатие клавиши мыши" и "нажатие левой клавиши мыши" подразумевается следующая процедура: перевести курсор мыши в нужную позицию, нажать и не отпускать левую клавишу мыши. Под понятием "щелкнуть правой клавишей мыши" понимается щелчок (нажатие и отпускание) указанной клавиши. "Двойной щелчок мыши" подразумевает два щелчка мыши, выполняемых последовательно через небольшой промежуток времени. "Потянуть мышью" означает, что необходимо нажать левую кнопку мыши, например, на контуре объекта, и переместить мышь, не отпуская кнопку.

### Обозначения

В методических указаниях нет возможности для подробного описания запуска команд AUTOCAD. Используется сокращенная форма записи, приведенная ниже.

Таблица 1.1

Изменение масштаба	Назначение и краткое описание команды
<b>\Modify\Scale</b>	Способ запуска с помощью меню: <b>\Меню\Имя команды</b>
<b>&lt;Scale factor&gt;\Reference</b>	Запрос в командной строке <sup>1</sup>
<i>Ввести 0,95 или R</i>	Ввод в командной строке необходимых параметров <sup>2</sup>
Примечание: производится изменение размеров выбранных объектов относительно точки, выбранной в качестве базы.	Необходимые пояснения и более подробное описание команды

<sup>1</sup> Значение параметра, выделенное <угловыми скобками>,

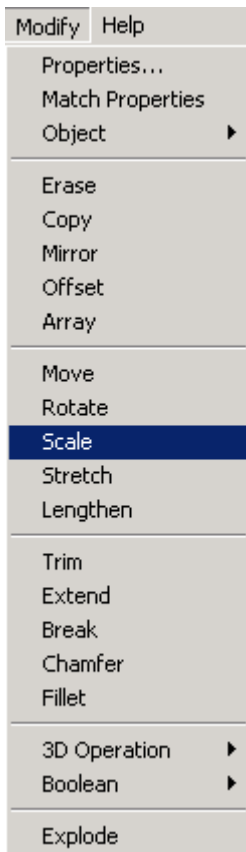


является значением по умолчанию

Ввод информации с клавиатуры **обязательно** должен завершаться нажатием клавиши **ENTER**. Обратите внимание на то, что выбор того или иного действия в командной строке производится набором одной или нескольких первых заглавных символов с клавиатуры, после чего также необходимо нажать **ENTER**. В приведенном примере для того, чтобы переключиться в режим масштабирования по ссылке (**Reference**), нужно нажать клавиши **R** и **ENTER**.

В приведенной таблице подразумевается следующая последовательность действий:

1. Сначала выбор меню **Modify** и пункта меню **Scale**,



```
Command: _scale
Select objects: 1 found
Select objects:
Base point:
<Scale factor>/Reference:
Command:
333.5564,136.3177,0.0000
```

2. Затем ввод с клавиатуры в командной строке необходимых параметров, в данном случае - масштабирующего коэффициента.

При выборе способа, которым будут указываться координаты (мышью или с клавиатуры), необходимо понимать, что числовые параметры могут быть заданы с помощью клавиатуры с точностью до нескольких знаков

## Лабораторная работа № 10

### Изучение САПР AutoCAD. Команды рисования графических примитивов

Перед началом работы необходимо выполнить установки основных параметров черчения: настройку устройства ввода (мыши), создание системы слоев и другие.

#### Установки сетки и шага перемещения мыши

Начальные установки системы рисования производятся с помощью команды **\Tools\Drawing Aids\** и панели диалога **Drawing Aids** (рис. 2.1).

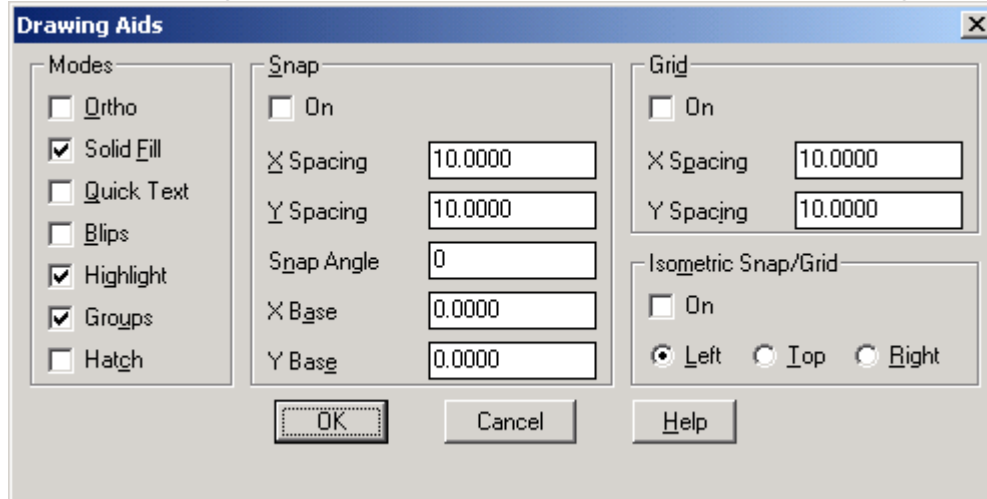


Рис. 2.1.

Блок **Grid** содержит настройки параметров сетки. Регулярная сетка в виде множества точек, расположенных с определенным шагом в рабочем окне, необходима для удобной ориентации на плане чертежа. Точки являются узлами настраиваемой сетки. Нужно понимать, что сетка не является элементом чертежа и может быть включена/выключена в любой момент. Флаг **On** предназначен именно для включения/выключения сетки. В поле **X Spacing** и **Y Spacing** производится настройка горизонтального и вертикального шага сетки.

Блок **Snap** содержит настройки шага перемещения мыши. Включение дискретного шага перемещения мыши производится установкой флага **On**. Дискретное (через заданные промежутки) перемещение мыши позволяет быстро и точно строить графические объекты с заданными координатами. По умолчанию этот режим отключен, и мышь перемещается плавно. Обратите внимание на изменение координат в строке состояния в этом случае: координаты изменяются в третьем-четвертом знаке после запятой. Очевидно, что точное соответствие заданным координатам в подобном режиме получить практически невозможно. В то же время при редактировании зачастую необходимо плавное перемещение мыши - для выбора объектов. В полях **X Spacing** и **Y Spacing** блока **Snap** производится настройка шага перемещения мыши по каждой из координат.

**ВНИМАНИЕ!** Шаг сетки и шаг перемещения мыши могут быть изменены в любой момент в процессе черчения. При этом не происходит изменение объектов на чертеже. После установки параметров сетки и перемещения мыши обратите внимание на состояние главного окна AUTOCAD. При правильных установках в

рабочем поле будут присутствовать точки сетки, а координаты мыши в строке состояния будут изменяться через указанный промежуток.

### **Создание и настройка слоев чертежа**

Чертеж, создаваемый в системе AUTOCAD, организован в виде набора слоев. Каждый слой содержит часть общего рисунка. Например, слой Center предназначен для проведения осевых линий, слой Frame - для рамки и основной надписи, слой Main - для детали.

Для создания/настройки системы слоев используется команда меню **\Format\Layer** и диалоговое окно **Layer & Linetype Properties** (рис. 2.2).

В диалоговом окне доступны следующие команды:

1. **New** - создание нового слоя;
2. **Delete** - удаление существующего слоя.

При создании нового слоя или изменении параметров существующего в блоке Details панели диалога необходимо указать:

1. имя слоя (**Name**);
2. текущий цвет слоя (**Color**);
3. текущий тип линий слоя (**Linetype**);
4. характеристики слоя.

Указываются следующие характеристики слоя (в блоке **Details**):

1. включен (**On**); выключенный слой невидим;
2. заморожен (**Freeze in all viewports**); замороженный слой невидим и не может быть выбран, т.е. не может редактироваться;
3. закрыт (**Lock**); закрытый слой видим, но не доступен для редактирования.

Слои могут включаться/выключаться, редактироваться независимо друг от друга. В конкретный момент времени работа ведется только с одним - текущим слоем. Текущий слой можно выбрать на этапе настройки. Для этого предназначена кнопка **Current** на панели диалога.

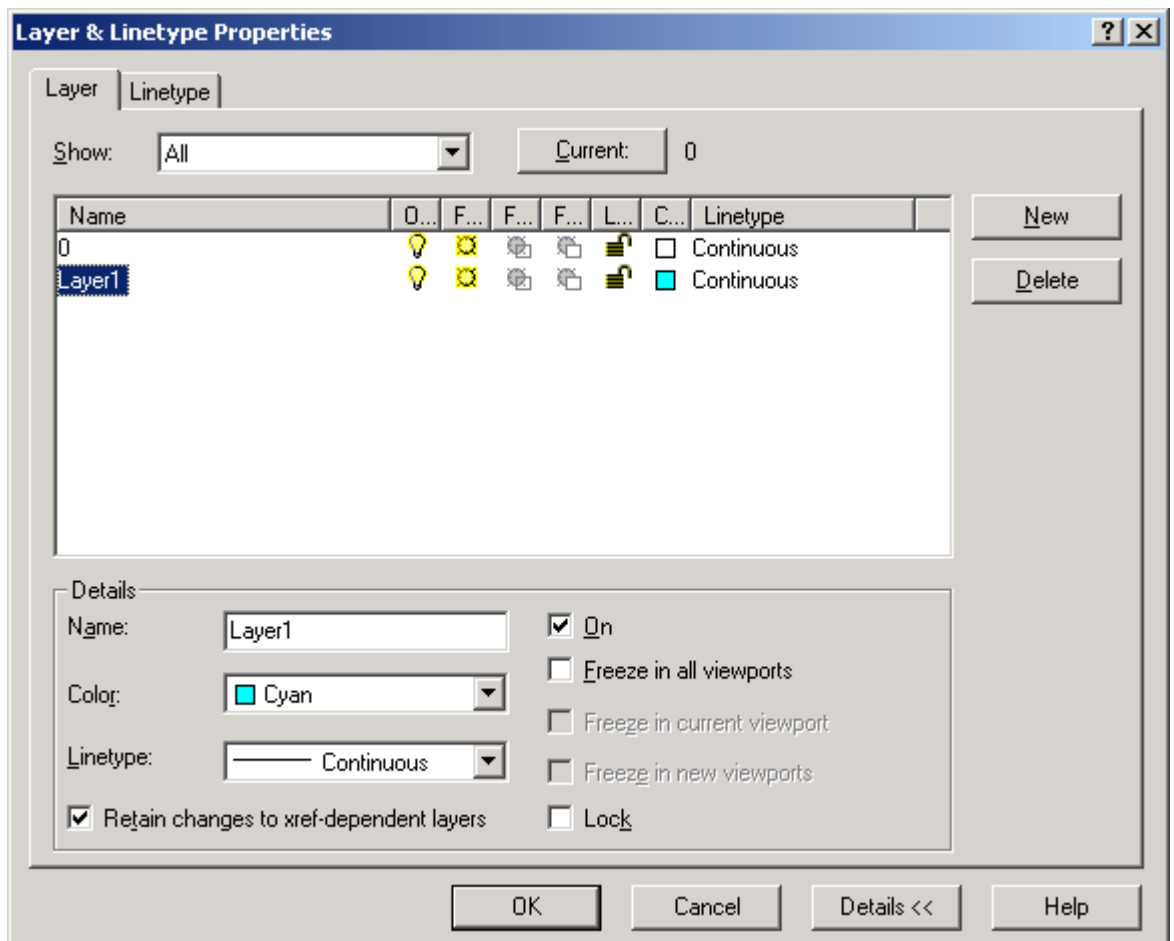


Рис. 2.2.

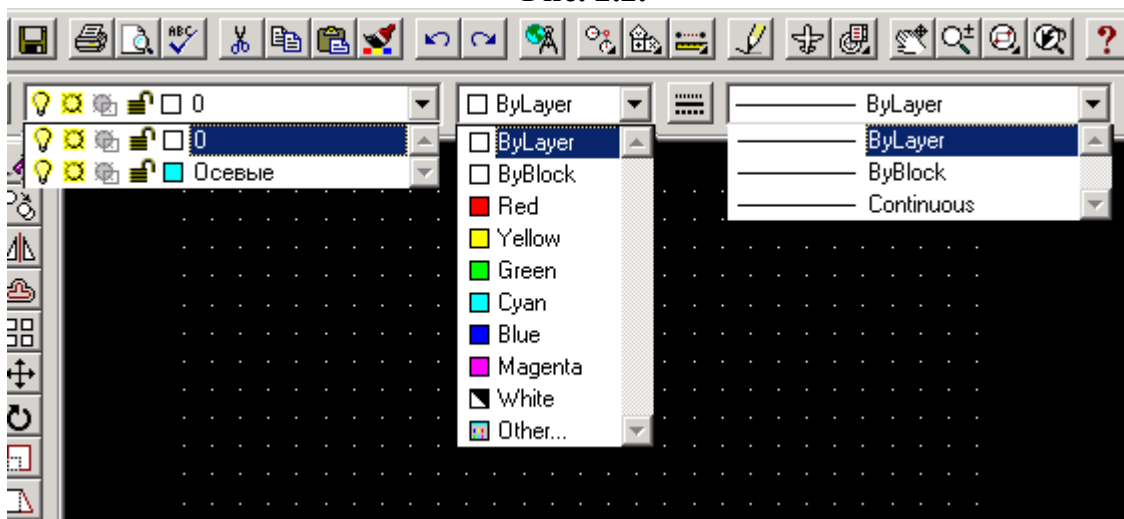


Рис. 2.3.

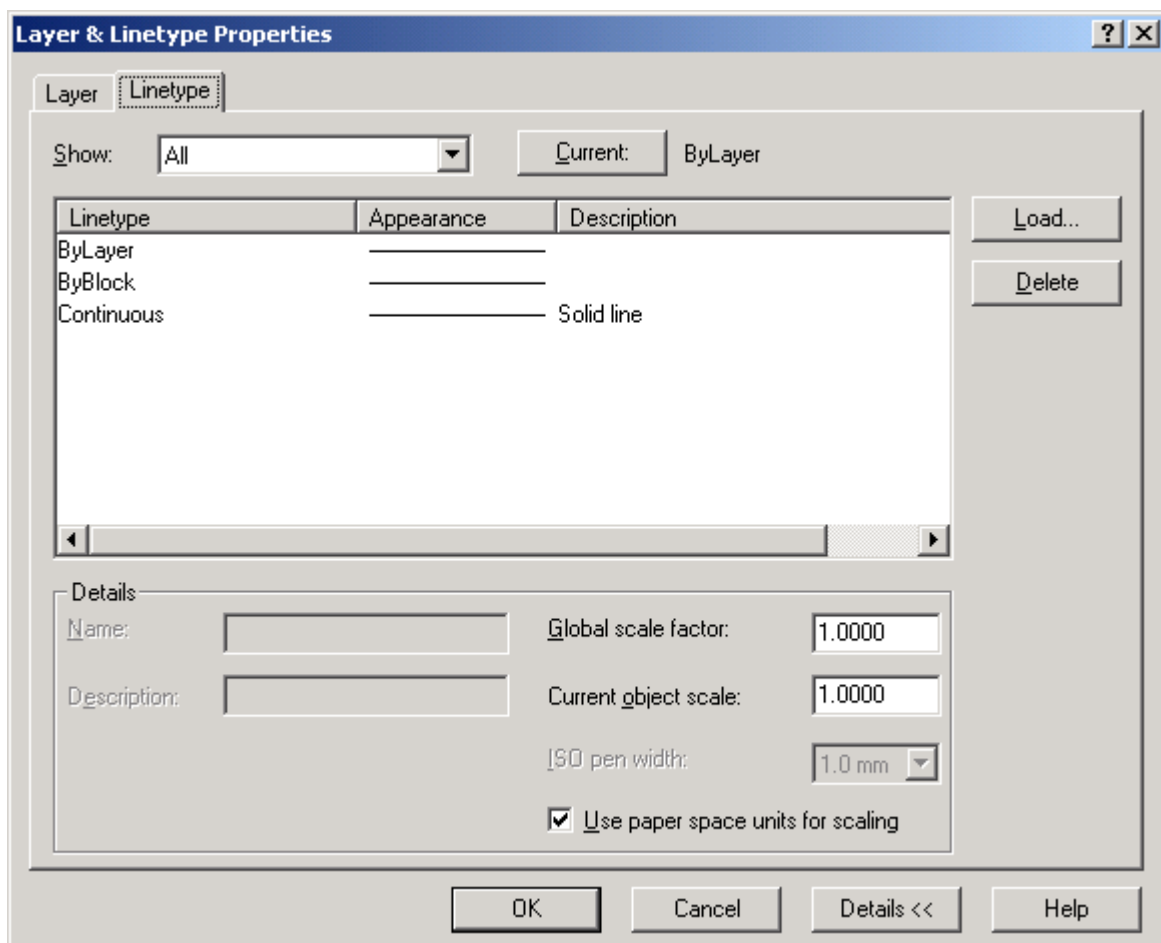


Рис. 2.4.

Для изменения характеристик слоя на этапе редактирования может использоваться строка свойств объектов (рис. 2.3.). В строке свойств размещается распаивающийся список слоев, причем текущий слой выделен цветом. Чтобы сделать слой текущим, достаточно выбрать его с помощью мыши.

В строке свойств также присутствует распаивающийся список стандартных цветов. Рисование графических объектов в AUTOCAD производится выбранным цветом. Если выбран цвет **BYLAYER**, то рисование производится цветом, установленным для текущего слоя на этапе настройки.

Аналогично выбору цвета производится выбор типа линий для рисования. В строке состояния открывается список типов линий и выбирается необходимый тип. Рисование графических объектов выполняется выбранным типом линий. Если выбран тип линий **BYLAYER**, то рисование производится типом линии, установленным для текущего слоя во время настройки.

Следует заметить, что существует возможность добавления в списки (рис. 2.3.) нестандартных цвета и типа линий. Для этого предназначены команды **\Format\Color** и **\Format\Linetype** соответственно. На рис. 2.4. показана панель диалога настройки типов линий. Здесь для загрузки нестандартного типа линии **Center** использовалась кнопка **Load**. Кнопка **Delete** предназначена для удаления ненужного типа из списка.

### Команды рисования графических примитивов

Команды рисования графических примитивов запускаются с помощью меню **\Draw** или с помощью панели инструментов **Draw** (рис. 2.5). Соответствие кнопок панели и команд меню необходимо изучить самостоятельно. Следует отметить, что

система оперативной помощи AUTOCAD выдает информацию о назначении кнопки, если задержать на ней курсор мыши на несколько секунд.

### Интерактивно

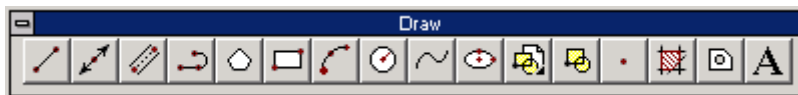


Рис. 2.5.

**ВНИМАНИЕ!** Если в настоящий момент панель инструментов отсутствует на экране, необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши на любой открытой панели инструментов. Появится диалоговое окно настройки со списком панелей инструментов; активные панели в списке помечены. Панели, которые нужно активировать, необходимо отметить щелчком мыши в рамке слева от имени панели.

Ниже приведено подмножество команд рисования, необходимых для выполнения задания. Настройка параметров рисования для части примитивов производится либо предварительно (меню **\Format\**), либо на этапе рисования в командной строке.

#### 1. Рисование точки:

**\Draw\Point\Single point** (для одной точки);

**\Draw\Point\Multiple point** (для множества точек).

Запрос в командной строке:

**Command: Point**

*указываются координаты точки (мышью/с клавиатуры).*

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Перед рисованием можно выбрать текущий тип и размеры точки командой **\Format\Point style**. Рекомендуется для самостоятельного изучения.

#### 2. Рисование ломаной линии:

**\Draw\Line**

Запрос в командной строке:

**Command: From point**

**Command: To point**

*указываются координаты точек; **Enter** - завершение рисования ломаной; **C** - замыкание ломаной.*

**ПРИМЕЧАНИЕ:** с помощью команды рисуются последовательно соединенные отрезки прямых линий. Координаты точек указываются с помощью мыши или с клавиатуры.

#### 3. Рисование окружностей:

**\Draw\Circle\Center, Radius** - по центру и радиусу;

**\Draw\Circle\Center, Diameter** - по центру и диаметру.

Запрос в командной строке:

**Command: 3P/2P/TTR/<Center point>**

*указываются координаты центра окружности,*

**Command: Diameter/<Radius>**

*указывается значение радиуса или диаметра,*

**\Draw\Circle\2 Points** - по двум точкам (по диаметру);

**\Draw\Circle\3 Points** - по трем точкам.

Запрос в командной строке:

**Command: First point on diameter**

*указываются координаты первой точки,*

**Command: Second point on diameter**

*указываются координаты второй точки,*

**Command: Third point**

*указываются координаты третьей точки.*

**\Draw\Circle\Tan, Tan, Radius** - по двум касательным и радиусу;

**\Draw\Circle\Tan, Tan, Tan** - по трем касательным.

Рекомендуются для самостоятельного изучения.

#### 4. Рисование дуг окружностей:

**\Draw\Arc\3 Points** - по трем точкам, лежащим на дуге.

Запрос в командной строке:

**Command: Start point**

*указываются координаты первой точки,*

**Command: Second point**

*указываются координаты второй точки,*

**Command: End point**

*указываются координаты третьей точки.*

**\Draw\Arc\Start, Center, End** - по начальной, центральной и конечной точкам;

**\Draw\Arc\Center, Start, End** - по центральной, начальной и конечной точкам;

**\Draw\Arc\Start, End, Radius** - по начальной, конечной точке и радиусу.

Запрос в командной строке:

**Command: Start point**

*указываются координаты первой точки,*

**Command: Center**

*указываются координаты центра,*

**Command: End point**

*указываются координаты конечной точки.*

**\Draw\Arc\Start, Center, Angle** - по начальной, центральной точкам и углу;

**\Draw\Arc\Start, Center, Length** - по начальной, центральной точкам и длине хорды;

**\Draw\Arc\Start, End, Angle** - по начальной, конечной точкам и углу;

**\Draw\Arc\Start, End, Direction** - по начальной, конечной точкам и направлению (угол наклона касательной из начальной точки);

**\Draw\Arc\Center, Start, Angle** - по центральной, начальной точкам и углу;

**\Draw\Arc\Center, Start, Length** - по центральной, начальной точкам и длине хорды.

Рекомендуются для самостоятельного изучения.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** дуга строится по направлению против часовой стрелки.

5. Рисование полилиний - последовательности прямолинейных и дуговых сегментов переменной ширины.

**\Draw\Polyline**

Запрос в командной строке:

**Command: From point**

*указываются координаты первой точки,*

**Command: Arc\Close\Halfwidth\Length\Undo\Width**

*указываются координаты точек; A - переход в режим рисования дуг; C - замкнуть*

полилинию; **H** - полуширина текущего сегмента; **L** - длина последующего сегмента; **W** - ширина последующего сегмента; **U** - отмена последнего отрезка.

6. Рисование мультилиний - совокупности параллельных ломаных линий  
**\Draw\Multiline**

Запрос в командной строке:

**Command: Justification\Scale\Style\<From point>**

указываются координаты первой точки; **J** - установка режима выравнивания; **S** - установка масштаба (ширины) мультилинии; **ST** - выбор стиля мультилинии,

**Command: To point**

указываются координаты точек.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** перед рисованием можно изменить текущий стиль мультилинии или создать новый командой **\Format\Multiline Style**.

7. Рисование прямоугольников

**\Draw\Rectangle**

Запрос в командной строке:

**Command: Chamfer\...\Fillet\Thickness\Width\<First corner>**

указываются координаты угловой точки прямоугольника; **C** - указать размер скоса углов прямоугольника (фаска); **F** - указать радиус скругления углов; **W** - указать толщину линий.

**Other corner**

указываются координаты противоположной точки прямоугольника.

8. Рисование многоугольников

**\Draw\Polygon**

Запрос в командной строке:

**Command: Number of sides**

указывается число сторон полигона,

**Command: Edge\<Center point>**

в режиме рисования полигона по центру и радиусу указываются координаты центральной точки полигона; **E** - переход в режим рисования полигонов по стороне.

В режиме рисования полигонов по стороне далее необходимо указать координаты двух крайних точек одной стороны полигона; после этого полигон будет построен автоматически.

**Command: Inscribed in circle\Circumscribed about circle**

в режиме рисования полигона по центру и радиусу выбирается: **I** - рисование полигона вписанного в окружность; **C** - рисование полигона описанного вокруг окружности

**Command: Radius of circle**

указание радиуса окружности, в которую будет вписан (описан) полигон

9. Построение эллипсов:

**\Draw\Ellipse\Center - по центру и радиусу и размеру второй оси;**

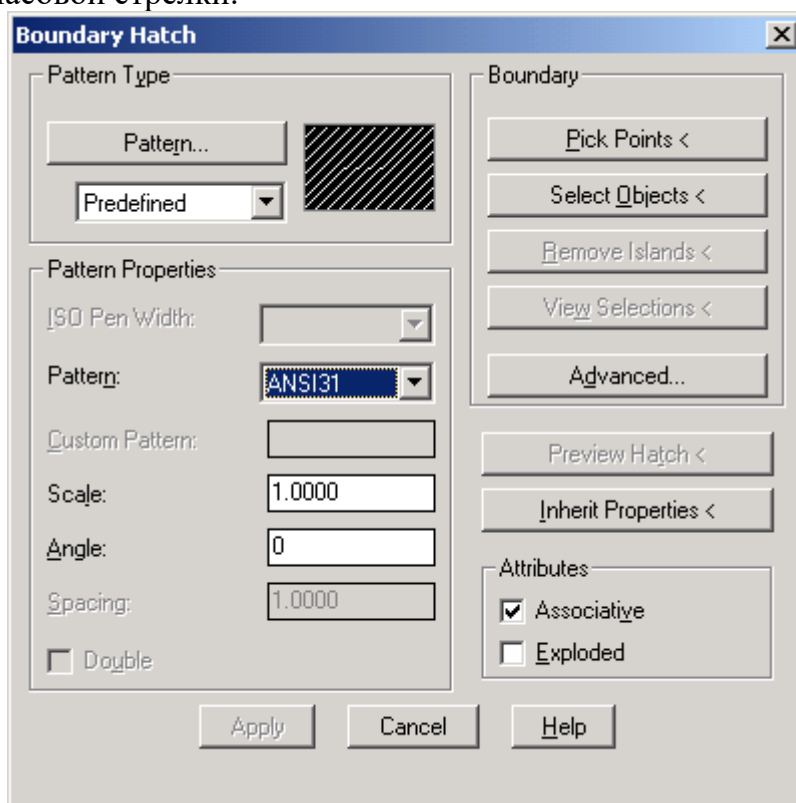
**\Draw\Ellipse\Axis, End - по двум точкам на главной оси и размеру второй оси.**

Команда аналогична команде построения окружностей и рекомендуется для самостоятельного изучения.

**\Draw\Ellipse\Arc - построение дуги эллипса.**



**ПРИМЕЧАНИЕ:** после построения эллипса по двум точкам и размеру второй оси указываются координаты начальной и конечной точек дуги; дуга строится против часовой стрелки.



**Рис. 2.6.**

#### 10. Построение гладких кривых линий (сплайнов)

##### **\Draw\Spline**

Команда рекомендуется для самостоятельного изучения.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** указываются координаты точек, через которые необходимо провести кривую.

#### 11. Штриховка замкнутых областей

##### **\Draw\Hatch**

Выбор этого пункта меню приводит к появлению диалогового окна штриховки (рис. 2.6.).

Диалоговое окно содержит несколько блоков.

- Блок **Pattern Type** содержит элементы для выбора вида штриховки. Поддерживается множество стандартных видов, а также есть возможность создания пользовательских штриховок. Выбор того или иного вида штриховки осуществляется с помощью кнопки **Pattern**, при этом должен быть активен режим **Predefined** (стандартные). Изучение других режимов - **User-defined** (пользовательская) и **Custom** (выбор) производится самостоятельно.

- После выбора вида в блоке **Pattern Properties** устанавливаются основные режимы штриховки: **Scale** (масштаб) и **Angle** (угол поворота штриховых линий). При использовании режима **User-defined** необходима также установка параметра **Spacing** (расстояние между штриховыми линиями).

- В блоке **Boundary** сосредоточены элементы, которые позволяют выбрать область штриховки. В большинстве случаев достаточно с помощью кнопки **Pick Points** выбрать внутренние области замкнутых объектов, которые нужно

заштриховать. При этом окно диалога закрывается, в командной строке появляется приглашение **Command: Select internal point** и пользователь должен с помощью мыши указать внутреннюю точку объекта. Границы выбранной области выделяются. Можно выбрать множество объектов для штриховки. По окончании выбора необходимо нажать клавишу **ENTER**, и окно диалога появится вновь.

- Собственно штриховка выполняется нажатием кнопки **Apply** в диалоговом окне.

**ВНИМАНИЕ:** выполнение любой команды рисования можно прервать нажатием клавиши **ESC**.

---

### **Задание на лабораторную работу**

Задание выполняется в следующей последовательности:

1. Изучить возможности AUTOCAD по выполнению предварительных настроек для рисования, созданию/редактированию слоев чертежа и рисованию геометрических примитивов.
2. Получить у преподавателя индивидуальное задание - чертеж детали.
3. Создать новый чертеж формата А3 (420x297 мм).
4. Выполнить начальные установки системы рисования.
5. Создать указанные в задании слои чертежа.
6. Выполнить чертеж с соблюдением заданных размеров.

## Лабораторная работа № 11

### Изучение САПР AutoCAD. Команды редактирования

Команды редактирования предназначены для изменения формы, положения, цвета, типа линии и других характеристик существующих объектов. Условно их можно разделить на две группы: относительно простые команды редактирования (копирование, поворот, перемещение и т.д.) и команды, предназначенные для сложной модификации объектов (сопряжение линий, тиражирование и другие). Команды редактирования собраны в меню **\Modify\**.

#### Интерактивно



Рис. 4.1.

Более удобным способом запуска команд редактирования является использование панели инструментов **Modify**. Соответствие кнопок панели инструментов командам меню редактирования необходимо изучить самостоятельно.

#### Выделение объектов

Выделять объекты можно тогда, когда ни одна другая команда не активна. О том, находится ли AUTOCAD в режиме выделения объектов, можно судить по состоянию командной строки: в ней должно находиться только приглашение ко вводу команды (**Command:**).

Для выделения необходимо щелкнуть на контуре объекта левой кнопкой мыши. Аналогично выделяются второй и следующие объекты, при этом выделение с предыдущих объектов не снимается.

Другой способ выделения группы объектов - это выделение рамкой. Для этого необходимо в режиме выделения указать мышью координаты двух углов прямоугольника. Все объекты, полностью попавшие в рамку, будут выделены.

Выделение с объектов снимается нажатием клавиши **ESC**.

**ВНИМАНИЕ!** Если команда редактирования запущена, а выделенных объектов нет, то AUTOCAD сначала предложит выделить необходимые объекты. В этом случае команда начнет работать после нажатия клавиши **ENTER**.

Быстрая модификация объектов с помощью мыши

Одной из важных команд редактирования является команда удаления объектов. Выделенный объект удаляется нажатием клавиши **DELETE**. Эта клавиша является клавиатурным ускорителем команды **\Modify\Erase**.

После выделения форму объекта можно изменить с помощью мыши. Для этого необходимо нажать левую кнопку мыши на маркере, отмечающем узловую точку, положение которой нужно изменить, и потянуть, не отпуская кнопку мыши. Маркер выделяется цветом, а положение узловой точки может быть изменено. Фактически описанная процедура приводит к запуску команды **\Modify\Stretch**.

Положение объекта изменится, если после его выделения потянуть мышью за центральный маркер на контуре объекта. Применительно к одному выделенному объекту начинает выполняться команда **\Modify\Move**.

### **Изменение свойств объектов**

Изменить параметры любых объектов на чертеже можно с помощью команды **\Modify\Properties**. В панели диалога **Modify**: доступны для изменения все основные параметры выделенного объекта. Вид панели диалога индивидуален для каждого типа объекта. В качестве примера рассмотрим вид панели **Modify Text**.

Блок **Properties** является однотипным при редактировании свойств любых объектов на чертеже. Здесь изменяются цвет (**Color**), слой (**Layer**), тип линии объекта (**Linetype**), а также толщина (**Thickness**) и общий коэффициент масштаба линий (**Linetype scale**).

В блоке **Text** можно отредактировать собственно строку текста. Кроме этого, существует возможность изменить почти все параметры, задаваемые при настройке стиля текста: используемый стиль (**Style**), высоту (**Height**), ширину (**Width factor**), наклон символов (**Obliquing**) и поворот строки (**Rotation**), вид выравнивания (**Justify**) и другие.

**ВНИМАНИЕ!** Сравните редактируемые параметры текста с задаваемыми при настройке стиля (ЛР №3).

Блок **Origin** также является типовым при редактировании свойств всех объектов. Здесь указываются координаты точки привязки (расположения) объекта. Координаты можно задать с клавиатуры (поля **X**, **Y**, **Z**) или указать мышью, нажав кнопку **Pick Point**.

На рис. 4.3 показана панель диалога **Modify Line**, предназначенная для редактирования параметров отрезка. Как видно (сравните с рис. 4.2), изменились только элементы уникальные для рисования отрезков прямых. В частности добавлен блок **To Point**, содержащий координаты конечной точки отрезка.

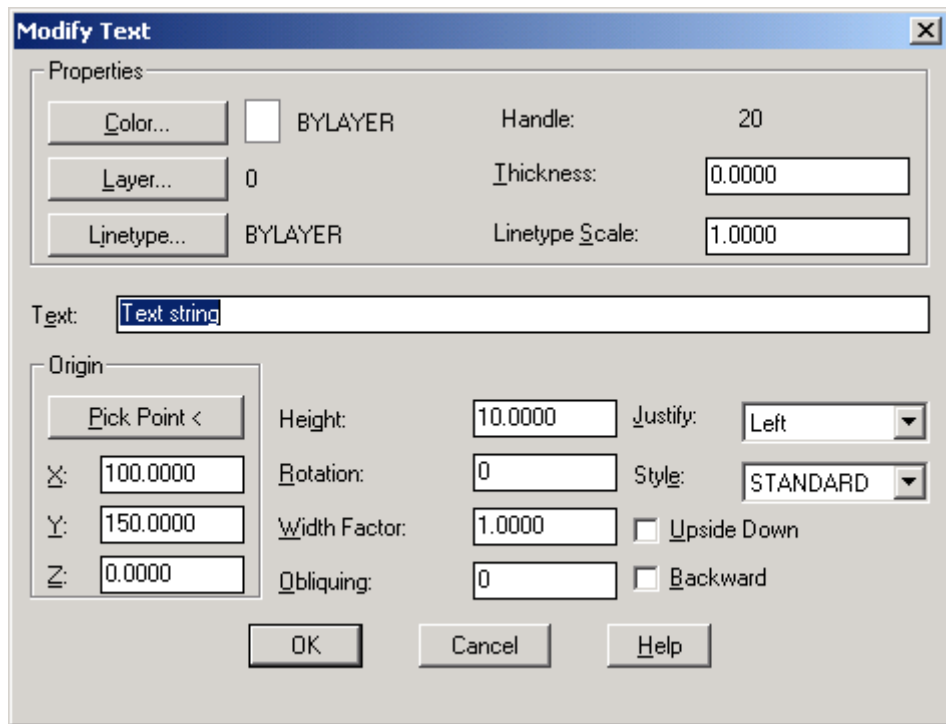


Рис. 4.2.

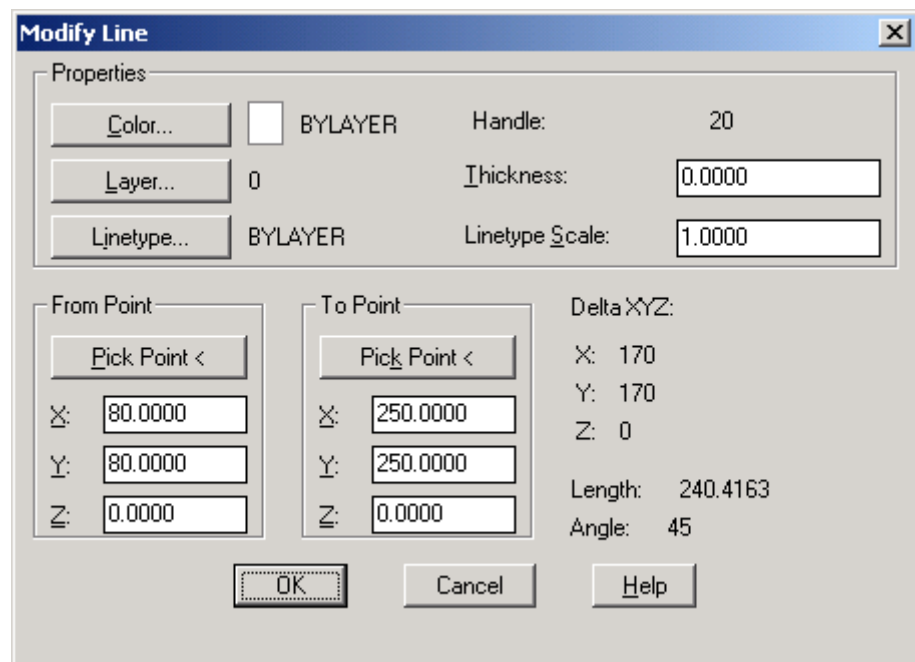


Рис. 4.3.

**ВНИМАНИЕ!** Сравните рисунки 4.2 и 4.3 для понимания принципов редактирования параметров объектов. Вид панели диалога **Modify** при редактировании других типов объектов необходимо изучить самостоятельно.

### Команды редактирования

Команда редактирования может быть запущена **до** или **после** выделения редактируемого объекта. В связи с этим последовательность шагов редактирования

будет различной. Ниже приведено описание команд редактирования в случае, если объект не был выделен. Если же было произведено предварительное выделение, то этап выбора объектов во время выполнения команды отсутствует.

Можно использовать следующие команды редактирования:

1. Удаление объектов  
**\Modify\Erase**  
Запрос в командной строке:  
**Command: Select objects**  
*последовательно выбираются (помечаются мышью) объекты, которые необходимо удалить; нажимается клавиша ENTER.*  
**ПРИМЕЧАНИЕ:** у данной команды существует клавиатурный ускоритель - клавиша **Delete**.

2. Копирование объектов  
**\Modify\Copy**  
Запрос в командной строке:  
**Command: Select objects**  
*последовательно выбираются объекты, которые необходимо скопировать; нажимается клавиша ENTER.*  
**<Base point or displacement\Multiple>**  
*указываются сначала координаты базовой точки, а затем ее новое местоположение; M - режим множественного копирования.*  
**ПРИМЕЧАНИЕ:** производится однократное копирование всех выделенных объектов, причем положение копий определяется смещением относительно базовой точки; в случае множественного копирования можно получить несколько копий объектов, операция завершается нажатием клавиши **ENTER**.

3. Зеркальное отображение  
**\Modify\Mirror**  
Запрос в командной строке:  
**Command: Select objects**  
*последовательно выбираются объекты, зеркальное отображение которых необходимо построить; нажимается клавиша ENTER.*  
**First point of mirror line**  
*указать координаты первой точки, Second point*  
*указать координаты второй точки линии, относительно которой будет выполняться зеркальное отображение.*  
**Delete old objects? <N>**  
*Y - если необходимо удалить оригинальный объект; N - если удалять объект не нужно.*

4. Рисование подобного объекта  
**\Modify\Offset**  
Запрос в командной строке:  
**Command: Offset distance or Through**

указывается смещение для подобного объекта (обычно с клавиатуры);  
**Select object to offset**  
 выбирается объект (только один) в качестве оригинала; если объект не  
 выбран, но нажата клавиша **ENTER**, выполнение команды завершается  
**Side of offset?**  
 указывается мышью направление относительно оригинала, где должна  
 быть построена подобная копия.  
**ПРИМЕЧАНИЕ:** производится рисование подобного по форме объекта,  
 смещенного относительно оригинала, и, чаще всего, с измененными  
 размерами; команда не работает с предварительно выбранными объектами.

#### 5. Перемещение объектов

**\Modify\Move**

Запрос в командной строке:  
**Command: Select objects**  
 последовательно выбираются перемещаемые объекты; нажимается  
 клавиша **ENTER**.  
**Base point or displacement**  
 указываются сначала координаты базовой точки;  
**Second point of displacement**  
 указываются координаты нового положения базовой точки.  
**ПРИМЕЧАНИЕ:** производится перемещение всех выделенных объектов,  
 причем новое положение определяется смещением относительно базовой  
 точки.

#### 6. Поворот объектов

**\Modify\Rotate**

Запрос в командной строке:  
**Command: Select objects**  
 последовательно выбираются поворачиваемые объекты; нажимается  
 клавиша **ENTER**.  
**Base point**  
 указываются координаты базовой точки - центра поворота;  
**<Rotation angle>\Reference**  
 указывается угол поворота (в градусах); **R** - поворот с использованием  
 ссылки.  
**ПРИМЕЧАНИЕ:** положительным направлением является поворот против  
 часовой стрелки. В случае поворота по ссылке необходимо указать исходное  
 значение угла (в градусах), а затем его новое значение, реальный угол  
 поворота будет равен разности значений исходного и нового углов.

#### 7. Изменение масштаба

**\Modify\Scale**

Запрос в командной строке:  
**Command: Select objects**  
 последовательно выбираются масштабируемые объекты; нажимается  
 клавиша **ENTER**.  
**Base point**

указывается положение базовой точки.  
<Scale factor>\Reference  
указывается коэффициент масштаба (1 соответствует 100%); R -  
косвенное масштабирование.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** производится изменение размеров выбранных объектов относительно точки, выбранной в качестве базы. В случае косвенного масштабирования необходимо задать исходный размер какого-либо объекта и его желаемый размер.

**ВНИМАНИЕ!** При выполнении большинства команд редактирования используется понятие базовой точки объекта. В общем случае, под базовой понимается точка привязки объекта(-ов) к конкретному месту на поле чертежа. Таким образом, когда при перемещении/копировании задаются точные координаты нового местоположения объекта, то подразумевается новое положение базовой точки, вслед за которой переносятся/копируются выбранные объекты. При выполнении команд поворота/подобия/масштабирования/зеркального отражения базовая точка наоборот остается неподвижной, и все изменения формы/размеров объектов производятся относительно нее.

### Команды модификации формы объектов

Группа команд, сосредоточенных в меню \Modify, предназначена для сложной модификации формы и размеров объектов. При выполнении этих команд не нужно предварительно выбирать объекты редактирования. Для выполнения доступны команды:

#### 1. Тиражирование

\Modify\Array

Запрос в командной строке:  
**Command:** Select objects  
последовательно выбираются тиражируемые объекты; нажимается клавиша ENTER.

**Rectangular** or **Polar** array (<R>/P)

R - выбор режима тиражирования по прямоугольной сетке; P - выбор режима тиражирования по контуру окружности.

В случае выбора режима размещения по прямоугольной сетке выполняются следующие действия:

**Number** of **rows**  
указывается число строк прямоугольной сетки,

**Number** of **columns**  
указывается число столбцов прямоугольной сетки,

**Unit** cell or **distance** between **rows**  
расстояние между строками сетки, положительным является направление снизу вверх,

**Distance** between **columns**  
расстояние между столбцами сетки, положительным является направление слева направо; если необходимо тиражировать объекты в



отрицательном направлении (сверху вниз или справа налево), необходимо указывать расстояние между строками и столбцами со знаком минус.

В случае выбора режима размещения по окружности выполняются следующие действия:

**Base**\<**Specify** **center** **point** **of** **array**>  
 указывается центральная точка окружности,  
**Number** **of** **items**  
 число элементов в тираже с учетом оригинала,  
**Angle** **to** **fill** <**360**>  
 указывается угол дуги для заполнения тиражируемыми объектами;  
 угол задается в градусах, положительным считается направление  
 против часовой стрелки.  
**Rotate** **objects** **as** **they** **are** **copied?**  
**Y** - поворачивать копии вокруг своей оси при тиражировании так,  
 чтобы сохранилась ориентация оригинала относительно центра  
 окружности; **N** - не выполнять поворот.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** производится тиражирование выделенных объектов по выбранному контуру (прямоугольная сетка или окружность). На рис. 4.4 показан результат выполнения операции тиражирования окружностей по прямоугольной сетке и прямоугольников по дуге окружности.



Рис. 4.4.

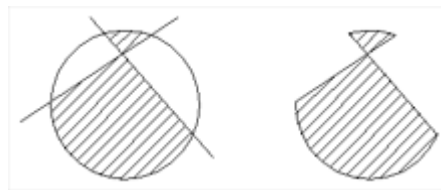


Рис.4.5.

2. Отсечение части объекта по заданной границе

\**Modify**\**Trim**

Запрос в командной строке:

**Command:** **Select** **cutting** **edges**

необходимо выбрать "режущий" объект, по кромке которого будет выполняться отсечение; объектов может быть несколько, выбор заканчивается нажатием клавиши **ENTER**.

**Select** **object** **to** **trim**

необходимо выбрать "рассекаемый" объект, часть которого будет удалена; объектов может быть несколько, выбор заканчивается нажатием клавиши **ENTER**. Команда завершается повторным нажатием **ENTER**.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** объект может быть одновременно режущим и разрезаемым. В том случае, если операция не может быть выполнена, AUTOCAD выдаст сообщение в информационной панели. На рис. 4.5. приведен результат выполнения операции **Trim**.

3. Разбиение объекта на составные части

\**Modify**\**Break**

Запрос в командной строке:  
**Command:** **Select** **object**  
*выбрать объект для разделения; точка, в которой объект выбран, считается точкой разрыва.*  
**Enter** **second** **point** **(or** **F** **for** **first** **point)**  
*необходимо ввести координаты второй точки; если координаты первой и второй точек не совпадают, часть объекта между точками удаляется; F - повторить выбор первой точки разрыва.*  
**ПРИМЕЧАНИЕ:** производится разделение объекта на части с возможным удалением отдельных частей. Если координаты первой и второй точек совпадают, AUTOCAD попытается разделить объект на две части без удаления. На рис. 4.6 приведен результат работы команды.

4. Вытягивание объекта до указанной границы  
**\Modify\Extend**

Запрос в командной строке:  
**Command:** **Select** **boundary** **edge**  
*выбор объекта, до границы которого необходимо вытянуть другой объект.*  
**Select** **object** **to** **extend**  
*выбор той части объекта, которая должна быть вытянута. Команда завершается повторным нажатием ENTER.*  
**ПРИМЕЧАНИЕ:** команду удобно использовать для точного сопряжения объектов. На рис. 4.7 приведен результат применения команды.

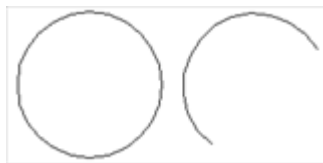


Рис. 4.6.



Рис. 4.7.

5. Снятие фаски (подрезание двух пересекающихся отрезков)  
**\Modify\Chamfer**

Запрос в командной строке:  
**Command:** **Polyline\Distance\Angle\Trim\<Select** **first** **line>**  
*указать первую линию; D - задание длины фаски на первой и на второй линии; P - подрезание углов полилинии.*  
**Second** **line**  
*указать вторую линию.*  
 Если выбран вариант **D**:

**Enter** **first** **chamfer** **distance**  
*задается длина фаски по первой линии,*  
**Enter** **second** **chamfer** **distance**  
*задается длина фаски по второй линии.*

Если выбран вариант **P**:

**Select** **2D** **polyline**  
*мышью выбирается полилиния.*

**ПРИМЕЧАНИЕ:** команда, как правило, выполняется в два этапа. При первом запуске устанавливаются размеры фаски. При втором запуске выполняется снятие фаски с углов. Команда не работает применительно к прямоугольникам (см. ЛР №2). Полилиния должна быть предварительно создана командой **\Draw\Polyline**. На рис. 4.8 приведен результат выполнения команды **Chamfer**.

б. Выполнение плавного перехода (скругления) из одного объекта

в другой

**\Modify\Fillet**

Запрос в командной строке:  
**Command:** Polyline\Radius\:\Select first object

указание первого объекта для выполнения плавного перехода; **R** - указание радиуса скругления; **P** - скругление полилинии.

**Select second object**

указание второго объекта для выполнения плавного перехода.

Если выбран вариант **R:**

**Enter fillet radius**

задается радиус скругления.

Если выбран вариант **P:**

**Select 2D polyline**

мышью выбирается полилиния для скругления углов.

**ПРИМЕЧАНИЕ:** команда также выполняется в два этапа. При первом запуске устанавливается радиус скругления. При втором запуске выполняется собственно скругление. Полилиния должна быть предварительно создана командой **\Draw\Polyline**. На рис. 4.9 приведен результат построения плавного перехода двух отрезков.



Рис. 4.8.



Рис.4.9.

### Задание на лабораторную работу

Получите у преподавателя индивидуальное задание - чертеж детали. Задание выполняется в следующей последовательности:

1. Изучить команды редактирования геометрических примитивов.
2. Загрузить с дискеты файл с результатами второй и третьей лабораторных работ.

3. Отредактировать чертеж в соответствии с полученным заданием.

## **Лабораторная работа № 12**

### **Изучение САПР AutoCAD. 3D-моделирование**

**Цель работы:** формирование умений построения 3D-объектов в программе AutoCAD.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретический материал.
2. Выполнить практические задания.
3. Получить индивидуальное задание у преподавателя согласно варианту.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Оформить отчет по лабораторной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

#### **Теоретические сведения**

AutoCAD включает в себя средства трехмерного моделирования, которые позволяют работать как с простейшими примитивами, так и со сложными поверхностями и твердыми телами. Базовые типы пространственных моделей, используемых в AutoCAD, можно условно разделить на три группы:

- 1) каркасные модели;
- 2) модели поверхностей;
- 3) твердотельные модели.

*Каркасная модель* – это совокупность отрезков и кривых, определяющих ребра фигуры. В каркасном моделировании используются трехмерные отрезки, сплайны и полилинии, которые позволяют в общих чертах определить конфигурацию изделия.

*Поверхностная модель* – это совокупность поверхностей, ограничивающих и определяющих трехмерный объект в пространстве. Моделирование поверхностей применяется для детальной отработки внешнего облика изделия. Область применения данного вида моделирования – дизайн, решение задач компоновки сложных изделий и т. п.

*Твердотельное моделирование* – это самый простой способ 3D-моделирования. Средства AutoCAD позволяют создавать трехмерные объекты на основе базовых пространственных форм: параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, клипов и торов (колец). Из этих форм путем их объединения, вычитания и пересечения строятся более сложные пространственные тела. Кроме того, тела можно строить, сдвигая плоский объект вдоль заданного вектора или вращая его вокруг оси.

Модификация тел осуществляется путем сопряжения их граней и снятия фасок. В AutoCAD имеются также команды, с помощью которых тело можно разрезать на две части или получить его двумерное сечение.

#### **Построение простейших 3D-объектов**

Простейшие элементы, из которых строятся сложные трехмерные объекты, называют твердотельными примитивами. К ним относятся: параллелепипед, клин, цилиндр (круговой, эллиптический), шар, тор. С помощью команд *Box*, *Wedge*, *Cone*, *Cylinder*, *Sphere*, *Torus* можно создать модели любого из этих тел заданных размеров, введя требуемые значения (меню *Draw/Solids*).

Пример построения 3D-объекта *Box* с размерами  $a:b:h = 100 \times 100 \times 50$ :

1) запускаем команду *Box* любым доступным способом;

2) отвечаем на запросы AutoCAD в командной строке (работа ведется в 2D-пространстве):

*Command: box;*

*Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>*: (указываем координату угла объекта);

*Specify corner or [Cube/Length]: L* (выбираем режим указания размеров граней – L);

*Specify length: 100* (вводим значение длины, нажимаем Enter);

*Specify width: 100* (вводим значение ширины, нажимаем Enter);

*Specify height: 50* (вводим значение высоты, нажимаем Enter).

В результате получаем изображение, приведенное на рис. 7.1.

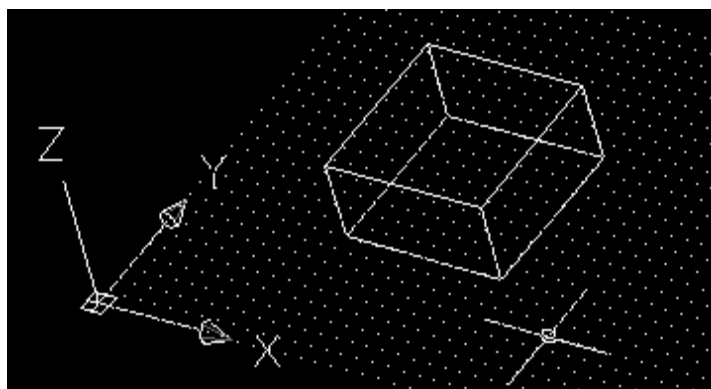


Рис. 7.1. Пример построения 3D-объекта *Box*

Вращение модели на экране осуществляется командой *3DOrbit*.

### Практическое задание 7.1

1. Создайте трехмерный объект, изображенный на рис. 7.1.
2. С помощью команды *3DOrbit* осуществите его вращение.

Примитивы заданной формы создаются также путем выдавливания, осуществляемого командой *Extrude*, или вращения двумерного объекта – командой *Revolve*. Из примитивов получают более сложные объемные






модели объектов. Запускаются все вышеназванные команды из меню *Draw/Solids* или из плавающей панели инструментов *Solids* (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Плавающая панель инструментов *Solids*

В табл. 7.1 приведены инструменты панели *Solids*.

Т а б л и ц а 7.1  
Инструменты панели *Solids*

Пиктограмма	Команда	Назначение
	Extrude	Служит для создания 3D-объектов из замкнутых контуров, образованных полилинией, путем выдавливания
	Revolve	Служит для создания 3D-объектов из замкнутых контуров, образованных полилинией, путем вращения вокруг выбранной оси
	Slice	Используется для разрезания трехмерных моделей заданной плоскостью
	Section	Используется для создания сечений трехмерных моделей
	Interfere	Создает третье тело из общего пространства двух пересекающихся тел

### Практическое задание 7.2

Создайте трехмерный объект «кувшин», изображенный на рис. 7.3, используя следующую последовательность:

- 1) с помощью полилинии в 2D-пространстве создаем контур кувшина;
- 2) запускаем команду *Revolve* и отвечаем на запросы AutoCAD:  
*Command: \_revolve;*  
*Current wire frame density: ISOLINES=4;*  
*Select objects: 1 found* (выделяем 2D-объект, нажимаем Enter);  
*Select objects:*  
*Specify start point for axis of revolution or;*

*define axis by [Object/X (axis)/Y (axis)]*: (указываем начальную точку оси вращения – а);

*Specify endpoint of axis*: (указываем конечную точку оси вращения – б);

*Specify angle of revolution <360>*: (указываем угол вращения, нажимаем Enter);

3) с помощью плавающих панелей инструментов *Shade* и *3DOrbit* настраиваем вид объекта и его положение на экране.

В результате получаем заданный объект, изображенный на рис. 7.3.

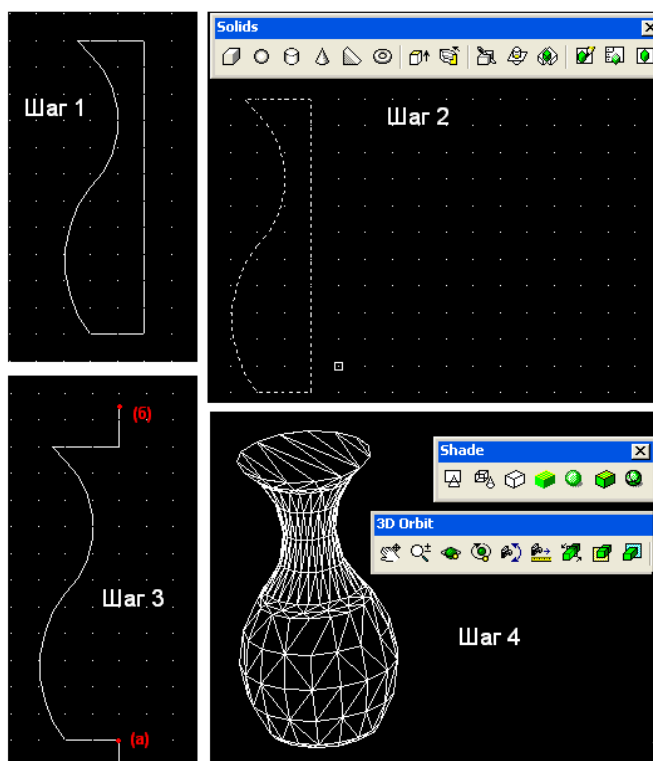


Рис. 7.3. Пример использования команды *Revolve*

### ***Раскрашивание 3D-объектов. Команда 3DOrbit***

Раскрашивание 3D-объектов осуществляется с помощью инструментов плавающей панели *Shade* (рис. 7.4).











Рис. 7.4. Плавающая панель *Shade*

В табл. 7.2 приведены инструменты панели *Shade*.



Т а б л и ц а 7.2  
Инструменты панели *Shade*

Пиктограмма	Назначение
	Отображение объектов в виде каркасной модели. Обычный режим рисования
	Отображение объектов в виде каркасной модели с трехмерной пиктограммой системы координат
	Скрытие невидимых граней 3D-объекта
	Формирование заливки без полутонов для областей, ограниченных контурами граней
	Формирование сглаженного полутонового перехода между поразному ориентированными гранями (метод Гуро)
	Комбинация плоской заливки с каркасным представлением ребер
	Комбинация раскрашивания по методу Гуро с выводом каркасного представления ребер

Для вращения объекта используется команда *3DOrbit* (кнопка  панели *3DOrbit*). Приближение или отдаление объекта наиболее удобно осуществлять при помощи скроллинга мыши.

### ***Плоскости построения и системы координат***

В предыдущих примерах рисование осуществлялось в так называемой мировой системе координат (*World Coordinate System (WCS)*). Плоскость XY мировой системы координат (МСК) совпадает с плоскостью графического экрана. Третья ось (ось Z) МСК расположена перпендикулярно экрану и направлена от экрана к пользователю. В качестве признака МСК пиктограмма осей имеет прямоугольник в точке начала координат (рис. 7.5). Начало координат – это точка пересечения осей X и Y; по умолчанию она совмещается с левым нижним углом рисунка. В любой текущий момент активна только одна система координат, которую принято называть *текущей*.

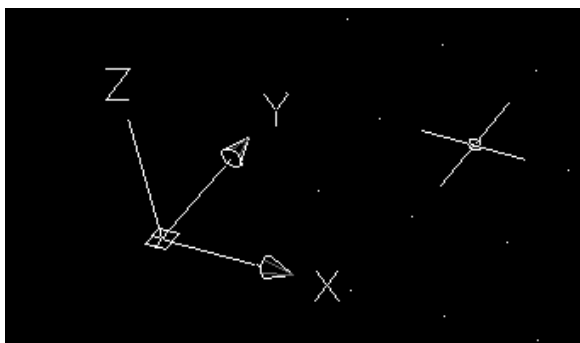


Рис. 7.5. Пиктограмма мировой системы координат (стиль 3D)

### ***Пользовательская система координат (ПСК)***

Для задания любых других плоскостей построений, которые не параллельны плоскости XY МСК, используется *пользовательская система координат* (ПСК или UCS).

Основное отличие МСК от ПСК заключается в том, что мировая система координат может быть только одна (для каждого пространства модели и листа), и она неподвижна. Применение ПСК не имеет практически никаких ограничений. Она может быть расположена в любой точке пространства под любым углом к МСК. Разрешается определять, сохранять и восстанавливать неограниченное количество ПСК.

В AutoCAD проще выровнять систему координат с существующим геометрическим объектом, чем определять точное размещение трехмерной точки. ПСК обычно используется для работы с несмежными фрагментами рисунка. Поворот ПСК упрощает указание точек на трехмерных или повернутых видах. Узловые точки и базовые направления, определяемые режимами привязки SNAP, сетки GRID и ортогонального режима ORTHO, поворачиваются вместе с ПСК.

Пиктограмма ПСК всегда изображается в плоскости XY текущей ПСК и указывает положительное направление осей X и Y. Сама пиктограмма может располагаться как в начале пользовательской системы координат, так и в другом месте. Эту позицию регулирует команда управления пиктограммой системы координат UCSICON. С помощью той же команды можно выбрать одну из трех пиктограмм. В трехмерной пиктограмме допускается изменение размера, цвета, типа стрелок осей и толщины линий.

Инструменты для задания ПСК сосредоточены в плавающих панелях UCS и UCS II (рис. 7.6 и 7.7):

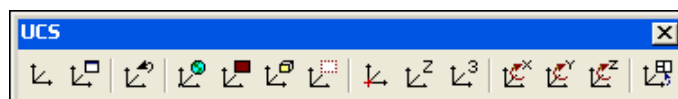


Рис. 7.6. Плавающая панель UCS

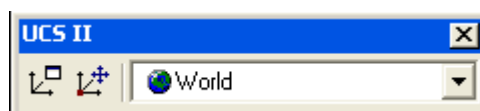


Рис. 7.7. Плавающая панель UCS II

В табл. 7.3 приведены инструменты панели UCS.

Т а б л и ц а 7.3  
Инструменты панели UCS

Пиктограмма	Описание
	Выбор МСК (WCS)
	Установка ПСК по плоскости двумерного объекта
	Установка ПСК по плоскости грани трехмерного тела
	Установка ПСК перпендикулярно направлению взгляда (в плоскости вида) с сохранением начала координат
	Перенос начала ПСК в новую точку с сохранением направления осей X и Y
	Указание нового начала координат и точки, лежащей на положительном направлении новой оси Z
	Указание нового начала координат и точек, определяющих положительные направления новых осей X и Y
	Поворот текущей ПСК вокруг текущих осей X, Y, Z

Рассмотрим пример использования ПСК. Построить цилиндр диаметром 40 мм, высотой 20 мм в геометрическом центре верхней грани параллелепипеда. На рис. 7.8 изображен исходный параллелепипед в МСК (WCS).

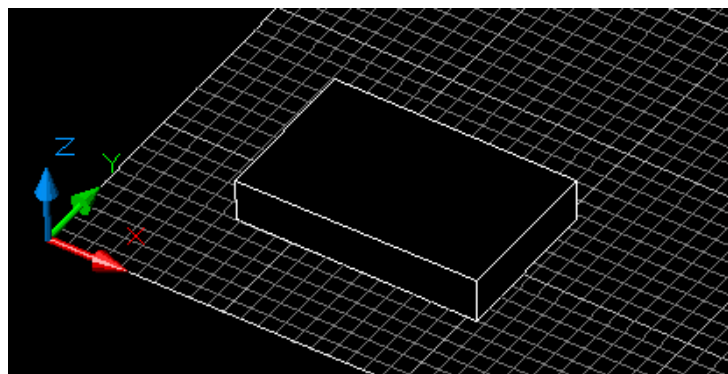



Рис. 7.8. Исходный параллелепипед

Как было упомянуто выше, рассчитать трехмерные координаты геометрического центра верхней грани параллелепипеда достаточно трудоемко. Использование ПСК упрощает задачу. Последовательность действий следующая:

1) с помощью инструмента  устанавливаем начало ПСК в новую точку (левый угол верней грани параллелепипеда) с сохранением направления осей X и Y (рис. 7.9);

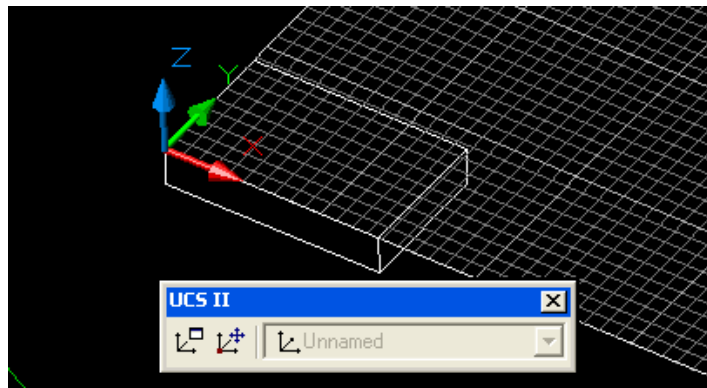



Рис. 7.9. ПСК в новой точке с сохранением направления осей X и Y

2) сохраняем ПСК при помощи панели *UCS II*: необходимо нажать кнопку  (*Display UCS Dialog*) и изменить имя ПСК с *Unnamed* на любое другое;

3) определяем геометрический центр верхней грани параллелепипеда (путем построения диагоналей) и в пересечении строим окружность (рис. 7.10);

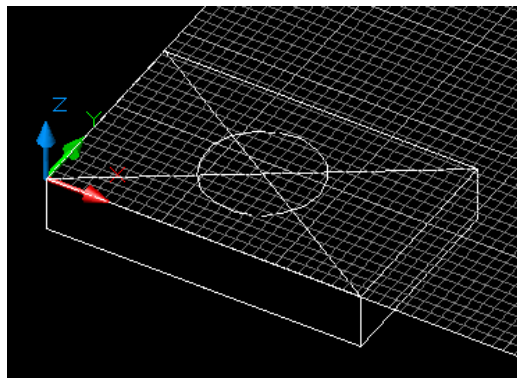



Рис. 7.10. Определение центра и построение окружности

4) при помощи команды Extrude (кнопка  панели *Solids*) выдавливаем цилиндр (рис. 7.11):

*Command:* `_extrude`;

*Current wire frame density:* ISOLINES=4;

*Select objects:* 1 found (выделяем окружность);

*Select objects:*

*Specify height of extrusion or [Path]:* 20 (высота выдавливания);

*Specify angle of taper for extrusion <0>:* (угол выдавливания);

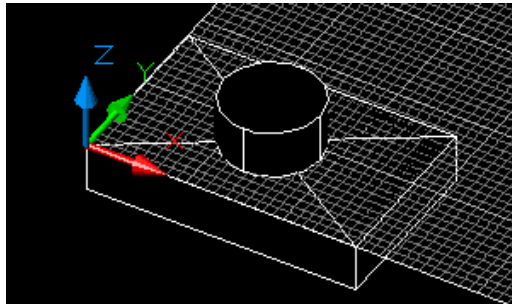


Рис. 7.11. Построение цилиндра

5) удаляем вспомогательные линии. Включаем МСК (рис. 9.12), т. е. выбираем пункт *Word* в панели UCS II.

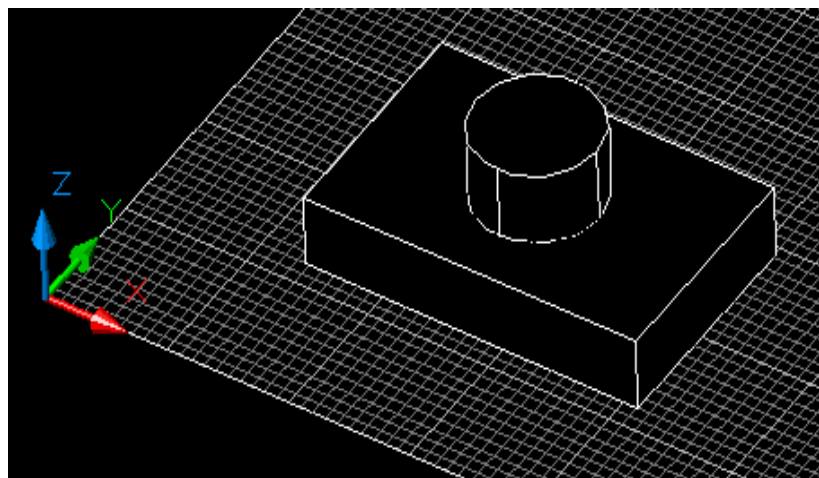



Рис. 7.12. Завершенный объект

### **Практическое задание 7.3**

Постройте куб с гранью 40 мм в геометрическом центре верхней грани параллелепипеда.

### ***Видовые экраны***

Система AutoCAD позволяет в пространстве модели создавать конфигурации из любого количества частей (неперекрывающихся видовых экранов), и каждой такой конфигурации присваивать имя, по которому такая конфигурация может быть в любое время восстановлена. Команда *Vports*, которой соответствуют также кнопка  плавающей панели *Viewports* (рис. 7.13), и пункт падающего меню *View/Viewports/New Viewports* создают конфигурации видовых экранов.

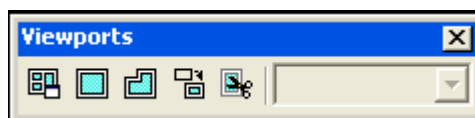


Рис. 7.13. Панель *Viewports*

Поле *New name* окна *Viewports* (рис. 7.14) предназначено для задания имени создаваемой конфигурации видовых экранов. Если имя не задано, то новая конфигурация экранов создается (графический экран делится на необходимые части), но не сохраняется (т. е. после перехода к следующей конфигурации данная конфигурация не может быть восстановлена).

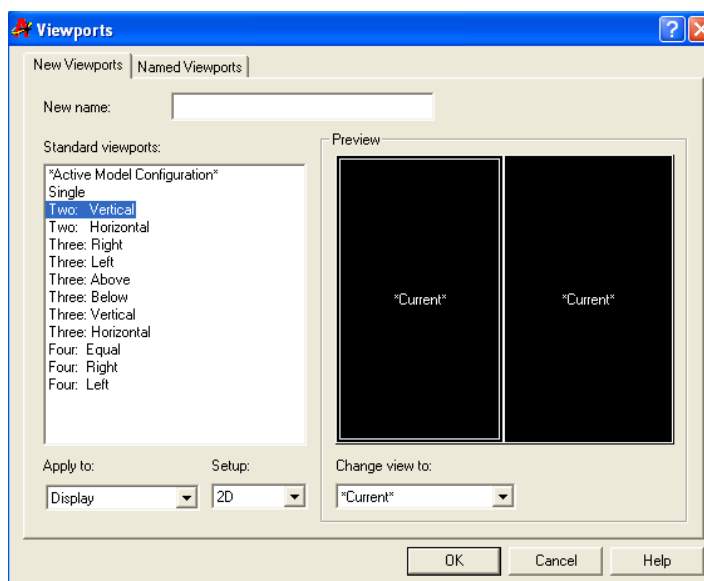


Рис. 7.14. Окно *Viewports*

В области *Preview* (Образец) отображается внешний вид той конфигурации (варианта деления на части), которая отмечена в списке *Standard viewports* (Стандартные конфигурации). В раскрывающемся списке *Apply to* (Применить) можно выбрать одно из двух значений, указывающих, к какой части графического экрана будет применяться операция деления на части:

- *Display* (ко всему экрану);
- *Current Viewport* (к текущему видовому экрану).

В раскрывающемся списке *Setup* (Режим) пользователю доступны только два значения:

- *2D* – текущий вид (т. е. вид, установленный в активном видовом экране, который делится на части) распространяется на все новые видовые экраны;
- *3D* – текущий вид устанавливается в одном из создаваемых видовых экранов, а в остальных система AutoCAD выбирает соответствующие ортогональные виды.

Если в списке *Standard viewports* (Стандартные конфигурации) выбрать конфигурацию *Two: Vertical*, то в результате получаем следующую конфигурацию экранов AutoCAD (рис. 7.15).

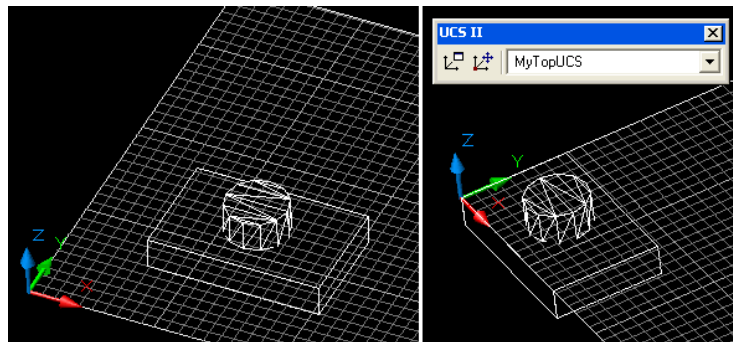


Рис. 7.15. Конфигурация экрана AutoCAD

В разных видовых экранах возможна различная раскраска, установка различных ПСК и других параметров.

#### **Практическое задание 7.4**

Создайте конфигурацию экрана AutoCAD, как показано на рис. 7.15.

## *Лабораторная работа № 13*

### **Изучение САПР P-CAD. Основные понятия.**

P-CAD Schematic и P-CAD PCB - соответственно графические редакторы принципиальных электрических схем и ПП.

Автотрассировщики (QuickRoute, PRO Route, Shape-Based Autorouter) предназначены для трассировки ПП, вызываются из управляющей оболочки P-CAD PCB, где производится настройка стратегии трассировки.

SPECSTRA - программа ручного, полуавтоматического и автоматического размещения компонентов и трассировки проводников. Трассирует ПП большой сложности с числом слоев до 256.

P-CAD Library Executive - менеджер библиотек. Интегрированные библиотеки P-CAD содержат как графическую информацию о символах и типовых корпусах компонентов, так и текстовую информацию (число секций в корпусе компонента, номера и имена выводов, коды логической эквивалентности выводов и т.д.). Программа имеет встроенные модули: Symbol Editor - для создания и редактирования символов компонентов и Pattern Editor - для создания и редактирования посадочного места и корпуса компонента. Упаковка вентиля компонента, ведение и контроль библиотек осуществляются модулем Library Executive. Модуль имеет средства просмотра библиотечных файлов, поиска компонентов, символов и корпусов компонентов по всем возможным атрибутам.

### **Инсталляция и совместимость программных продуктов P-CAD.**

Вы можете разрабатывать печатные платы как P-CAD 2000, так и в P-CAD 2001 и P-CAD 2002. Инсталляция программ, как правило, затруднений не вызывает.

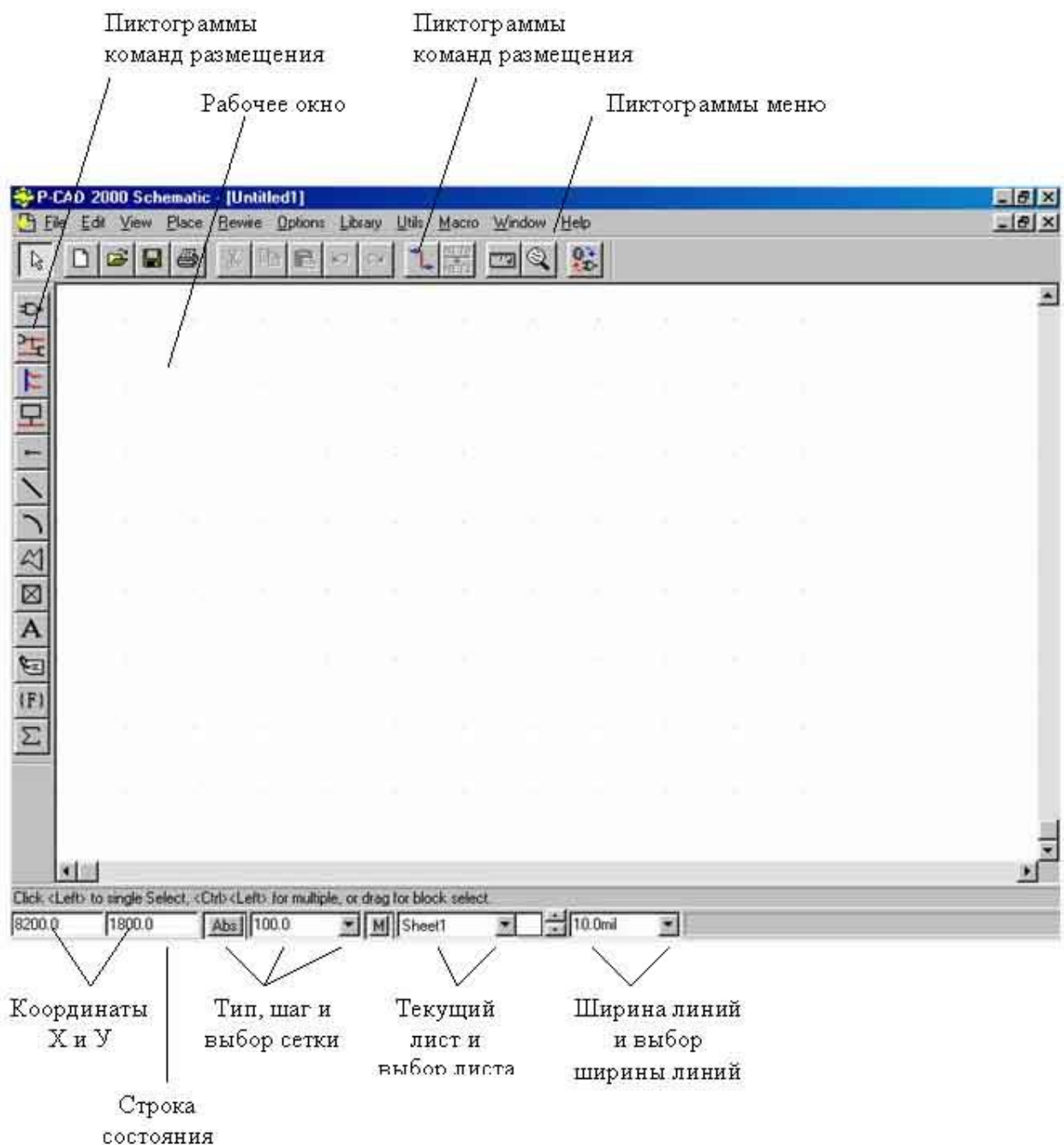
Учтите, что элементы (УГО, КТИ, схемы и т.д) разработанные в P-CAD 2000 не совместимы с P-CAD 2001 и 2002. В тоже время P-CAD 2001 и P-CAD 2002 совместимы практически полностью. Выводы делайте сами.

### **Интерфейс пользователя**

Графические редакторы P-CAD имеют похожие интерфейсы и системы меню команд.

На рис. представлен экран графического редактора P-CAD Schematic.





Горизонтальная панель инструментов содержит пиктограммы системных команд, а вертикальная панель - команды размещения объектов на рабочем поле экрана.

В поле рабочего окна располагают символы принципиальных схем и собственно схемы, составленные из символов, электрических соединений, шин и т. п.

Вторая строка снизу на экране - строка сообщений.

Самая нижняя строка - строка состояний. Значения полей строки состояния перечисляются ниже.

Координаты X и Y. Числа в полях указывают текущие координаты курсора. Перемещение курсора в необходимую точку производится мышью или клавиатурой. Увеличение и уменьшение рабочего окна клавишами + и -

дополнительной

клавиатуры.

Значения координат вводят в милах (mil), миллиметрах (mm) или дюймах (inch). Выбор системы единиц измерения производится при выполнении команды Options/Configure/Units.

Кнопки переключения типа сетки ABS и Rel. Абсолютная сетка ABS имеет начало координат в нижнем левом углу рабочей области экрана. Относительная сетка Rel имеет начало координат в точке, указанной пользователем. Сетка Rel включается в том случае, если в окне команды Options/Grids активен режим Prompt for Origin. Значение шага сетки устанавливается при нажатии на кнопку выбора (стрелка) находящуюся справа от поля шага сетки. А набор шагов сеток устанавливается в поле Grid Spacing после выполнения команды Options/Grids.

При активизации кнопки записи макрокоманд M (или клавиши M) начинается запись во временный файл всех выполняемых команд. Повторное нажатие кнопки M (или клавиши M) прекращает запись файла с именем \_default.mac. Этот файл доступен только в течении текущего сеанса.

Поля текущего имени схемы и кнопка выбора имени листа отражают установки, проведенные по команде Options/Sheets в закладке Sheets. Все листы схемы одного проекта содержатся в одном файле с расширением .sch. Добавление листов в проект осуществляется командой Options/Sheets/Sheets/Add.

Поля ширина линии и выбор ширины линии дублируют команду Options/CurrentLine. Для добавления в список новой толщины линий необходимо щелкнуть по кнопке Line Width и ввести новое значение толщины линии. Тип линии устанавливается командой Options/Current Line в области Style диалогового окна.

В строке сообщений (справа от кнопки выбора ширины линий) отображается следующая текущая информация:

- тип, позиционное обозначение или общее количество выбранных объектов;
- значения приращений по осям X и Y при перемещении выбранных объектов;

- имя выбранной цели;

- расстояние между выбранными точками и их проекции на оси X Y при выполнении команды Edit/Measure.

## Лабораторная работа № 14

### Изучение САПР P-CAD. Работа в Schematic

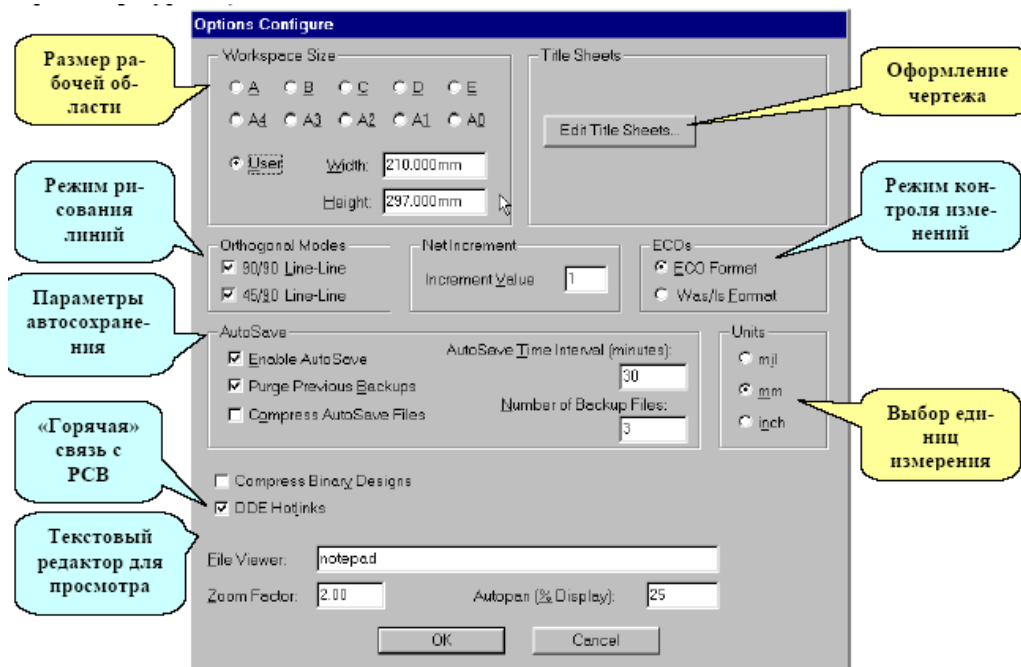
Цель работы: ознакомление студента с приемами работы в Schematic P-CAD.

## 1. Настройка системы

### 1.1. Выбор и установка системы единиц измерения и размеров чертежа

#### 1.1.1. Установка в системе метрической системы единиц и формата чертежа A4

1) В основном меню схемного редактора выберите команду Options/Configure... (Настройка/конфигурация)



2) На появившейся панели в окне Workspace Size (размер рабочей области) выберите User (пользовательский) и введите значения ширины листа 210мм, высоты 297мм.

3) В рамке Units (единицы измерения) выберите миллиметры.

### 1.2. Установка параметров сетки

Для облегчения работы все элементы схемы на рабочем поле привязываются к узлам специальной сетки.

В основном меню схемного редактора выберите команду Options/Grids ... (Настройка/Координатные сетки). В окне Grid Spacing (шаг сетки) установите шаг сетки 5мм и нажмите кнопку Add (добавить).

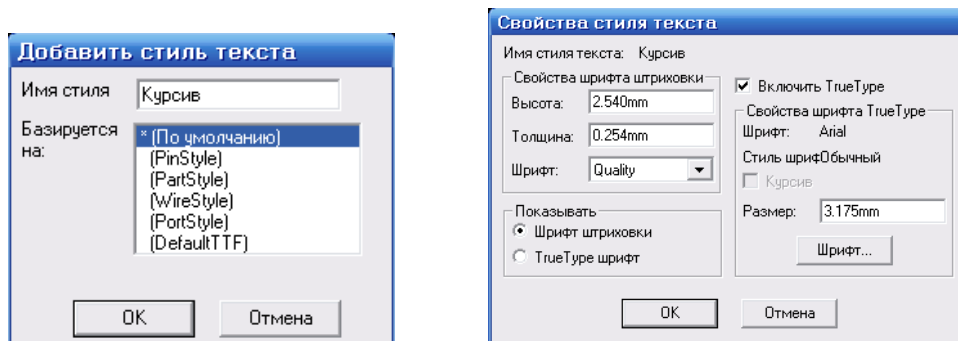
### 1.3. Создание и редактирование стилей текста

Для задания параметров текстовых надписей на схемах в P-CAD используется понятие стиля. Стилем определяется тип шрифта, размер букв, начертание, набор символов.

Создание нового стиля текста.

1) В основном меню выберите команду Options/Text Style... (настройки/стиль текста).

2) Для добавления нового стиля нажмите кнопку Add (добавить). Появится панель Add Text Style (добавить стиль текста).



3) В окне *Style Name* (имя стиля) на этой панели введите имя нового стиля **Курсив** и нажмите ОК.

4) На появившейся панели *Text Style Properties* (свойства стиля текста) установить флажок *Включить TTF*.

5) На стандартной панели выбора шрифта из списка шрифтов выберите *Arial*. Начертание курсив, размер -10пунктов, набор символов - кириллический.

6) на панели *Text Style Properties* (свойства стиля текста) в окне *Size* (размер) установите высоту букв равную 3,5мм.

#### **1.4. Задание новой ширины линии**

1) В основном меню выберите команду *Options/Current Line...* (настройка/текущая линия).

2) В рамке *Width* (ширина) установите флажок *User* (пользовательская) и в окне редактирования наберите новое значение ширины линии равное 1,0мм.

#### **1.5. Задание ширины проводника**

Ввод нового значения ширины проводников производится по команде *Options/Current Wire...* (настройка/текущий проводник).


#### **1.6. Редактирование списка размеров линий и проводников**

Все введенные значения ширины линий и проводников хранятся в файле настроек. Инструментального средства для удаления вновь введенных параметров нет.

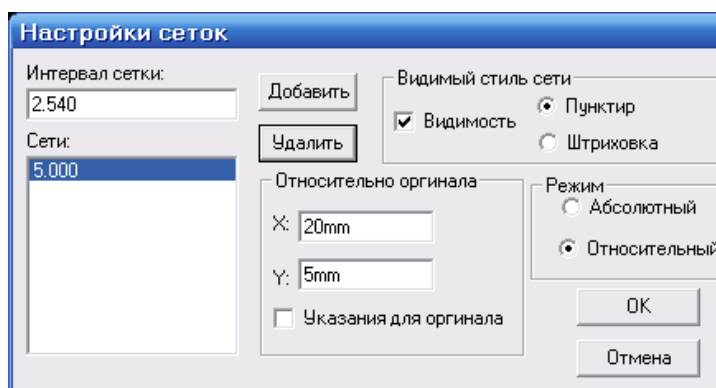
#### **1.7. Настройка параметров изображения**

По команде основного меню *Options/Display* (настройка/экран) можно задать цвета и стили отображения различных объектов схемы.

### **1. Создание углового штампа**

1) В основном меню выберите команду *Place/Line* (вставка/линия):  
кнопка .

2) Выбрав в основном меню команду *Options/Grids*, установите относительную (Relative) сетку с началом координат (20,5) и шагом сетки 5мм.

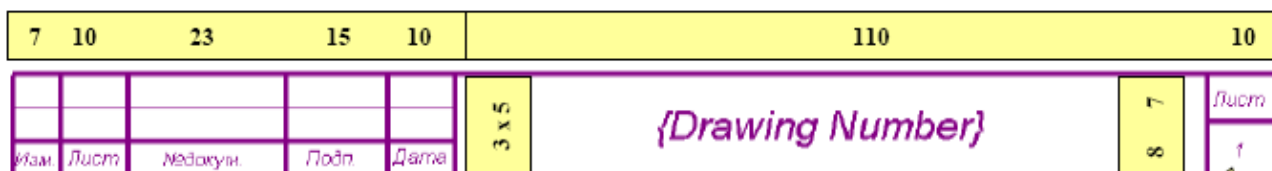


## 2.1. Нарисуйте внешнюю рамку основной надписи (штампа)

- 1) Перейдите в окно задания координаты X (клавиша с буквой J). Установите там значение 0.
- 2) Перейдите в окно задания координаты Y (клавиша TAB). Установите 0.
- 3) Нажмите ENTER.
- 4) Нажмите клавишу с буквой J для задания координат курсора. Установите новые координаты в соответствие с таблицей.

Шаг	Координата X	Координата Y
1	0	15
2	185	15
3	185	0
4	0	0

- 5) Нажмите клавишу ECS для «обрыва» линии.



## 2.2. Разместите текстовые надписи

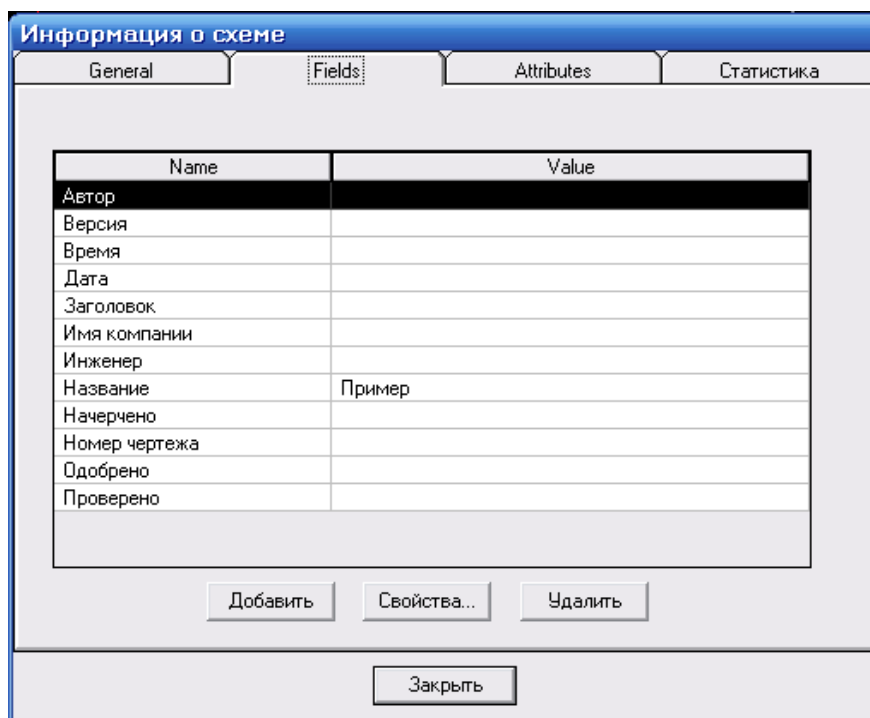
Выберите команду **A**, укажите курсором желаемое место.

## 2.3. Поля и работа с ними

В P-CAD введено понятие поля- текстового объекта, связанного с проектом, значение которого может быть установлено вручную или автоматически и вынесено на схему. Список полей можно посмотреть или дополнить вручную, используя команду File/Design Info (файл/информация о схеме)

#### Создание дополнительного поля

- 1) в основном окне выберите команду File/Design Info (файл/информация о схеме).
- 2) На появившейся панели выберите вкладку Field и нажмите «Добавить».
- 3) На панели Field Properties (свойства поля) в окне Name напечатайте «Н. контр.». Окно Value оставьте пустым.



Разместите поля в штампе чертежа.

- 1) В основном окне выберите команду Place/Field (аналог кнопки **(F)**)
- 2) Щелкните в любом месте чертежа.
- 3) На появившейся панели Place Field выберите из списка название нужного поля и щелкните по нему левой кнопкой мыши.
- 4) Нажмите ОК.

5) Переместите курсор в место, где должна располагаться точка привязки поля.

Форматка сохраняется в файле с расширением \*.ttl.

## **2.4. Подключение форматки к чертежу**

1) Создать файл

2) В окне Настройка/ Конфигурация/ Заголовок страницы выберите созданную форматку, включите «Показывать заголовок страницы», ОК.

## **3. Создание и редактирование символов компонентов**

Представленные с системой P-CAD библиотеки не соответствуют российским стандартам, поэтому важно уметь создавать новые библиотечные компоненты.

### **3.1. Создание новой библиотеки**


1) В меню Library (библиотеки) выберите команду New (новая) Library New.

2) Подключите новую библиотеку к проекту: Библиотеки/Установить.

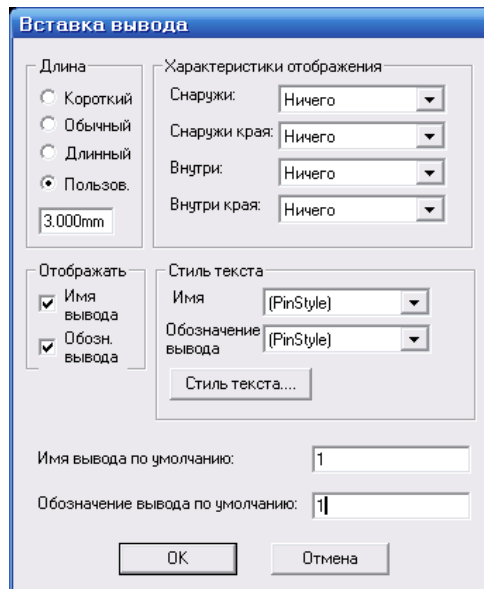
### **3.2. Создание символа резистора**

1) Нарисуйте условное графическое обозначение резистора: прямоугольник размером 10x4



2) Подключите к резистору верхний вывод. Выберите команду Place/Pin (вставка/вывод) или кнопка  и щелкните левой кнопкой на рабочем поле.






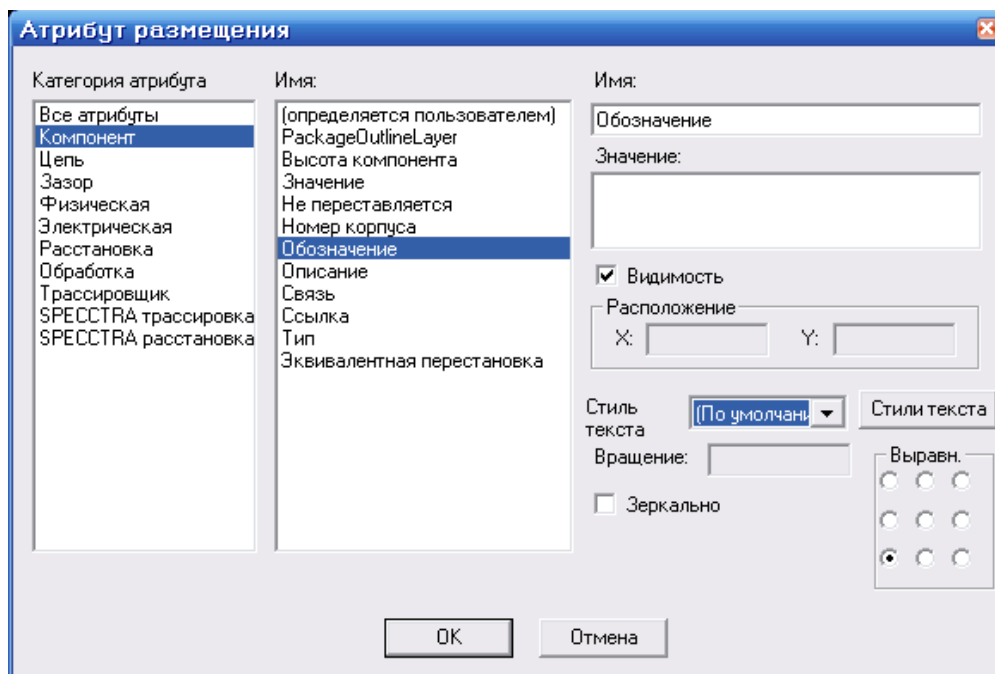
На появившейся панели в рамке длина установите флажок User (пользовательский) и задайте длину вывода 5 мм. В рамке отображать сбросьте оба флажка. В окне **Имя вывода по умолчанию** и **Обозначение вывода по умолчанию** поставьте по единице, нажмите ОК.

На поле чертежа нажмите левую кнопку мыши и не отпускайте ее. Нажимая клавишу с буквой R, добейтесь вертикального расположения вывода, чтобы место подключения проводников был наверху. Не отпуская кнопки переместите вывод к середине верхней стороны прямоугольника. Отпустите кнопку, щелкните правой кнопкой.

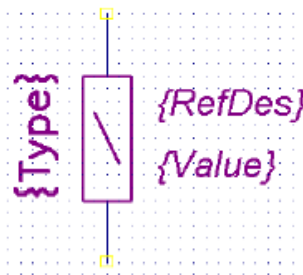
Аналогично подключите к резистору нижний вывод (В окне **Имя вывода по умолчанию** и **Обозначение вывода по умолчанию** поставьте «2»).

3) Присвойте номера выводам. Перейдите в режим выбора объектов. Активизируйте команду Utilits/Renumber (Утилиты/нумерация). В рамке Туре установите флажок Pin Number (нумерация выводов), в окне начальный номер и шаг поставьте единицы и нажмите ОК. Укажите курсором на верхний вывод и щелкните левой кнопкой мыши. Вывод изменит свой цвет. Прделайте то же с нижним выводом (в окне начальный номер и шаг поставьте двойки). Нажмите правую кнопку мыши.


4) Разместите на чертеже атрибуты резистора: Ref Des (обозначение), Value (номинал), Type (тип). Выберите команду Place/Attribute (аналог ). На панели Place Attribute в окне категория атрибута выберите: компонент и нужные нам атрибуты.



Размещаем их около резистора как показано на рисунке.



5) Добавьте дополнительный атрибут. Выберите тип атрибута пользовательский, введите в поле Имя: Мощность, в поле Значение: 0,25Вт. Сбросьте флажок Visible (видимость), щелкнув два раза.

6) Создание точки привязки компонента. Активизируйте команду Place/Ref Point (вставка/точка) или нажмите на кнопку . Щелкните левой кнопкой по окончанию верхнего вывода.

7) Сохраните элемент. Перейдите в режим выбора, выберите все, активизируйте в меню Library/Symbol Save As.. (библиотека/сохранить символ как...). На панели Symbol Save As в окне ввода Symbol наберите R250. В рамке видимость сбросьте флажок Type (тип), запрещая отображение этого атрибута на схеме. Установите флажок Create Component (создать компонент). Нажмите ОК. В окне имя компонента введите R250.

### **Задание:**

1. Настроить систему:

- установить размер рабочей области 210x297мм.
- установить параметры сетки: 5,0; 2,5; 0,5; 0,1; 1,25 мм.
- создать новый стиль текста с параметрами:

1. название Лабораторные\_3; шрифт Arial, начертание курсив; размер 10пунктов, набор символов кириллица, высота букв 3,5мм;

1. название Лабораторные\_5; шрифт Arial, начертание курсив; размер 10пунктов, набор символов кириллица, высота букв 5,0мм;

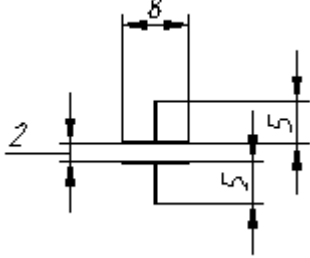
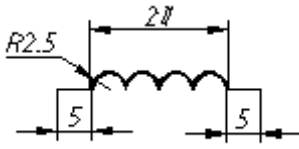
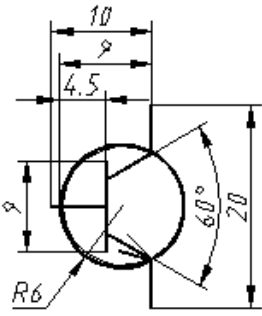


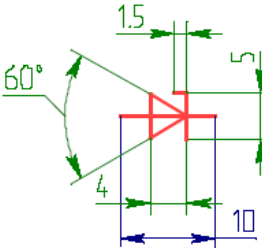
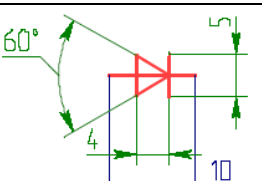
1. название Лабораторные\_7; шрифт Arial, начертание курсив; размер 10пунктов, набор символов кириллица, высота букв 7,0мм.

- задать ширину линий: 1мм.

2. Создать угловой штамп чертежа. Разместите необходимые поля и надписи. Размер рабочей области:210x297мм.

3. Создайте свою библиотеку в папке «Моя библиотека» со следующими компонентами:

Наименование	УГО	Атрибуты	Символ	Компонент
--------------	-----	----------	--------	-----------

Конденсатор		Тип Обозначение Значение	C	C
Индуктивность		Тип Обозначение Значение	L	L
Транзистор		Тип Обозначение Значение	T_NPN	KT315A
Общий вывод (земля)			Земля	Земля
Вход-выход			Вход-выход	X
Стабилитрон		Тип Обозначение Значение	Диод	VD
Диод		Тип Обозначение Значение	Стабилитрон	VD

## Лабораторная работа № 15

### Изучение САПР P-CAD. Работа в PCB

Для разработки печатных плат используется редактор печатных плат P-CAD PCB. Данный редактор используется для размещения компонентов на монтажно-коммутационном поле и для ручной, интерактивной или автоматической трассировки проводников.

Как и другие редакторы P-CAD работа с P-CAD PCB начинается с его настройки.

Выполните Опции (Options)/ Настроить (Units)/ General. В появившемся окне выберите систему единиц измерения.

В области Workspace Size укажите размер рабочей области для размещения компонентов и трассировки электрических соединений.

Остальные флажки оставьте без изменения.

В закладке Online DRC включите флажки в позициях Enable Online DRC (проверка технологических параметров при вводе связей и размещении компонентов) и View Report (просмотр текстового файла с отчетом о проверке наличия ошибок).

В закладке Route установите флажок T-Route Default (включается T-образный режим разводки). В области Highlight While Routing установите флажок (Pads Only) (режим подсвечивания только контактных площадок при ручной трассировке). В области Miter Mode установите флажок Line (способ сглаживания проводников в местах их излома).

В области Manual Route (ручная трассировка) установите флажок Right Mouse to Complete/Slash Key to Suspend, (автоматическое завершение трассы по кратчайшему пути при использовании правой кнопки мыши, а для остановки трассы в произвольном месте рабочего поля - клавиша /).

В окне Stub Length установите флажок Grid Points и значения 0 и 0.0 mm (минимальная длина в дискретах сетки для сегмента линии при соединении ее с контактной площадкой).

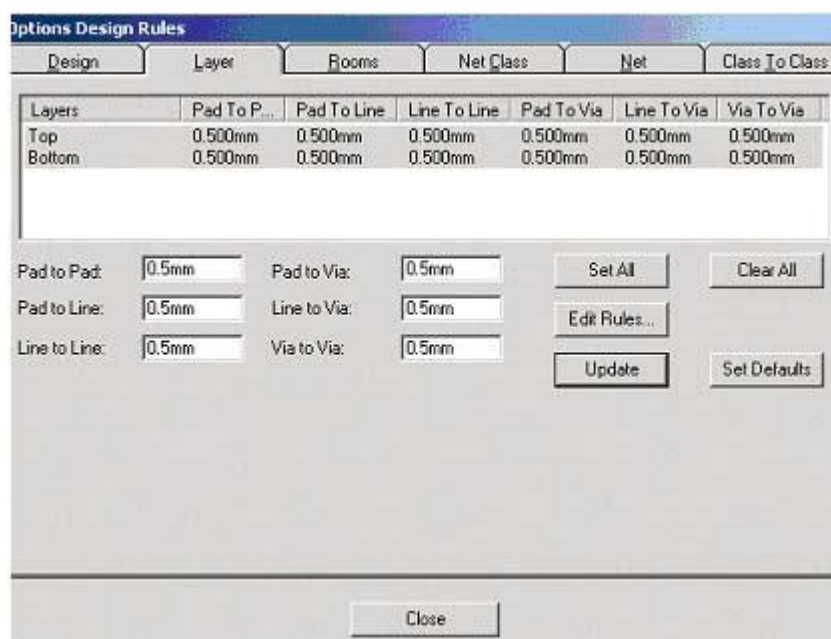
Настройте параметры монитора командой Options (Опции)/ Display (Отображение). Нажав Misc установите флажок в области Small Cross (малое перекрестие).

Выполните View (Обзор)/Snap to Grid (Привязать к сетке) - включение режима позиционирования курсора по узлам сетки.

Проверьте установку слоев ПП Options (Опции)/Layers (Слои). Должны быть установлены слои (SEA) Top - проводники на верхней стороне платы (сторона установки компонентов) и Bottom - проводники на нижней стороне платы. Каждый слой может быть включен (Enable) или выключен (Disable).

Выполните Options (Опции)/Design Rules (Правила дизайна) (установка технологических параметров проекта). Установите допустимые зазоры между компонентами SilkscreenClearance 5 мм, между переходными отверстиями HoleToHoleClearance (13 мм). Во вкладке Layer установите

зазоры между отверстиями, отверстиями и линиями и т.д. (образец показан на рис.).



По окончании настройки технологических параметров нажмите Close  
Командой Library (Библиотека)/Setup (Настройка) подключите  
необходимые библиотеки (КТИ.lib).

Установите шаг сетки равный 1,27 или 2,54 мм.

После настройки конфигурации и определения всех параметров проекта можно приступить непосредственно к разработке печатной платы. Задача разработки печатной платы сводится к размещению компонентов проекта по отношению друг к другу на поле печатной платы и созданию правил ручной и автоматической трассировки соединений на плате.

Если отсутствует принципиальная схема, выполненная в P-CAD Schematic, то компоненты на плату устанавливаются по команде Place (Поместить)/Component (Компонент). Связи между компонентами проводят по команде Place (Поместить)/Connection (Соединение).

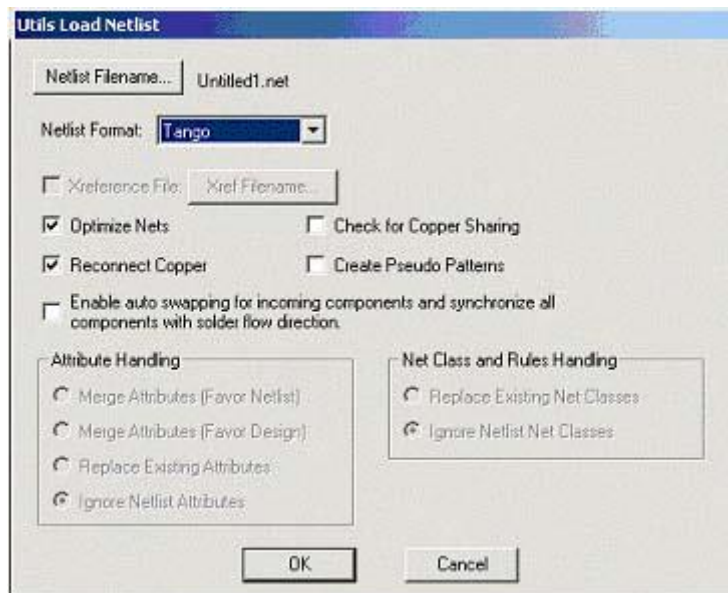
В большинстве случаев (в том числе и в данной разработке), когда принципиальная схема имеется, производится так называемая упаковка схемы на печатную плату.

### Упаковка схемы на печатную плату

Выполните команду Utils/Load Netlist (Загрузить список цепи).

В появившемся окне установите флажки как показано на рис.2. Здесь Optimize Nets - включает режим оптимизации длин соединений путем "перестановки" логически эквивалентных вентилей и контактов.

Reconnect Cooper - разрешает подключать к цепям схемы имеющиеся на плате участки металлизации.



Check for Cooper Sharing - включает режим проверки наличия ошибок на плате с предварительно размещенными компонентами и частью предварительно проведенных соединений.

Merge Attributes (Favor Netlist) - объединение атрибутов списка цепей с текущими атрибутами цепей проекта; приоритет за атрибутами списка цепей.

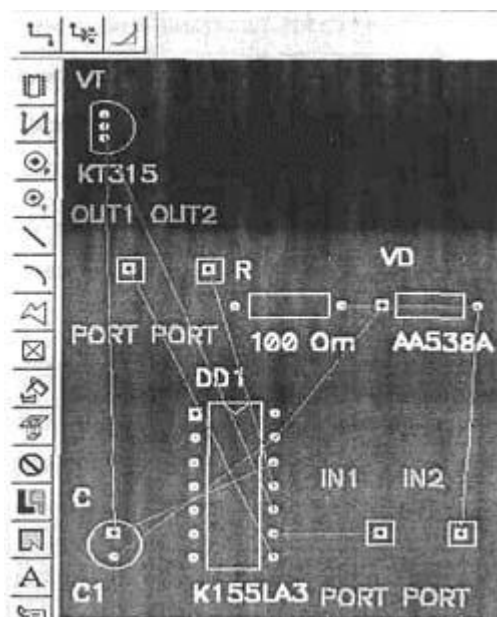
Нажмите Netlist Filename. Загрузите список сети сформированный ранее в P-CAD Schematic (файл с расширением .net например Schema.net).

В случае если P-CAD выдает сообщение об ошибке (errors) и невозможности загрузки списка сети необходимо провести проверку правильности выполнения всех предыдущих действий начиная с создания УГО и КТИ.

Основные ошибки в выполнении работы:

1. Не подключены необходимые библиотеки.
2. Установлен слишком маленький размер рабочей области редактора.
3. Не соответствует шаг сетки при выполнении УГО различных элементов.
4. Ошибки при внесении информации о компоненте в менеджер библиотек проекта (P-CAD Library Executive).

Если же разработка УГО, КТИ и схемы была произведена в соответствии с требованиями P-CAD, то на рабочее поле будет выведена упакованная схема (см. рис.) и сообщение системы о возможности вывода файла сообщений.



После упаковки схемы на печатную плату можно приступить к упорядоченному размещению компонентов на плоскости платы. "Паутина" линий связей, появляющаяся между компонентами, позволяет разработчику ориентироваться при размещении компонентов. При перемещении компонентов (после выделения) указанная "паутина" перемещается вместе с компонентом. Компоненты при установке можно разворачивать клавиша R), переносить на противоположную сторону платы (клавиша F), выравнять относительно указанной точки.

Для автоматического выравнивания компонентов их необходимо выделить (при выборе второго и последующего компонентов удерживать клавишу Ctrl). Затем нажать правую кнопку мыши, выбрать точку привязки Selection Point (Точка выбора) и установить ее в точку печатной платы, относительно которой будет производиться выравнивание. Вновь нажать правую кнопку мыши и выбрать строчку Align (Привязать). В области Alignment (Привязка) диалогового окна выбрать одно из трех возможных направлений выравнивания.

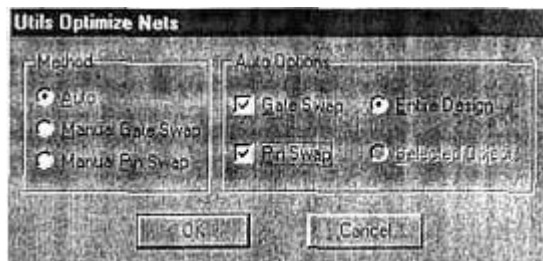
При размещении компонентов на печатной плате зачастую требуется скорректировать свойства компонента: изменить тип посадочного места, переместить или изменить имя компонента, зафиксировать компонент и т. п. Для этих целей служит команда Edit (Правка)/Properties (Свойства), которая становится доступной после выделения компонента. Необходимо также развести цепи питания микросхем установив в нужном месте платы контактные площадки выполнив Place (Поместить)/ Pad (Клавиатура) и проведя к данным площадкам цепи от соответствующих ножек микросхем (как правило 7 - земля GND, 14 - питание VCC). Разводка соединений выполняется по команде Place (Поместить)/Connection (Соединение).

Аналогичным образом выполняется разводка цепей входа и выхода, а также неразведенных цепей и цепей в случае добавления к схеме новых компонентов.



По окончании разводки всех цепей выполните оптимизацию электрических связей. Данная операция проводится перед началом трассировки соединений на печатной плате с целью минимизации общей длины физических связей между компонентами и оптимизации гистограммы плотности соединений. Для этой цели применяется команда Utils (Утилиты)/Optimise Nets (Оптимизировать сети).

В появившемся окне установите флажки как показано на рис.



Здесь: Auto - автоматическая оптимизация, Manuel Gate Swap - ручная парная перестановка эквивалентных вентилях, Manuel Pin Swap - ручная парная перестановка эквивалентных выводов.

При выборе автоматического метода размещения в области Auto Options доступны следующие опции:

- o Gate Swap - перестановка эквивалентных вентилях;
- o Pin Swap - перестановка эквивалентных выводов;
- o Entire Design - оптимизация связей в пределах всего проекта (после выделения всех компонентов).

По окончании выполнения указанных выше действий переходят к трассировке соединений.

## Лабораторная работа № 16

### Изучение САПР P-CAD. Автотрассировка.

В систему P-CAD входят четыре программы автоматической трассировки - Quick Route, PRO route 2/4, PRO Route и P-CAD Shape-Based Router. Мы будем рассматривать только автотрассировщик Quick Route (хотя для сложных схем в большей степени подходят встроенный трассировщик P-CAD Shape-Based Router и внешний трассировщик SPECCTRA). Quick Route предназначен для трассировки несложных плат, содержащих небольшое число компонентов. При работе Quick Route не требует указания границы печатной платы в слое Board и не изменяет топологию предварительно проложенных пользователем проводников. Предварительно на плате должны быть размещены все компоненты, определены все электрические связи. Некоторые связи могут быть уже проведены.

Автотрассировщик запускается из графического редактора P-CAD PCB с помощью меню Route /Autorouters.

В окне Autorouter установите Quick Route. Нажмите на кнопку Passes и установите флажки как показано на рис.

Используя кнопку Layers установите или отключите нужные слои разводки. По нажатии кнопки Start производится автоматическая трассировка соединений. Проводники верхнего слоя платы (Top) отображаются на экране красным цветом, нижнего слоя (Bottom) - желтым. По окончании трассировки в слое Top Slik используя команду Place/Line нарисуйте внешний контур печатной платы.

Полученные результаты сохраните в своем каталоге выполнив Файл/Сохранить Как.

В случае невозможности автоматической трассировки соединений в системе P-CAD предусмотрены возможности ручной или интерактивной трассировки соединений (данные возможности не являются предметом рассмотрения в данной работе).

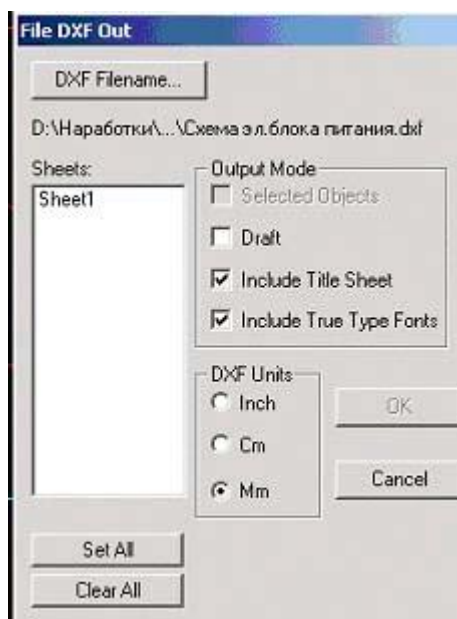
По окончании разработки печатной платы необходим вывод на печать полученных результатов.

### Доработка и вывод схемы и платы на печать

Практически всегда разработанные схемы электрические принципиальные и платы нуждаются в определенной доработке. Как правило, необходимо разместить полученные результаты на стандартном листе, заполнить основную надпись, указать технические требования, проставить размеры, допуски и т.д.

Выполнение указанных действий в системе P-CAD является делом весьма затруднительным, в тоже время, если для доработки результатов использовать пакет Auto-CAD то доработка полученных в процессе работы результатов производится с минимальными затратами.

Для передачи изображения схемы электрической принципиальной из P-CADa в Auto-CAD загрузите в P-CAD Schematic нужную схему и выполните File/DXF Out. В появившемся окне установите флажки как показано на рис.

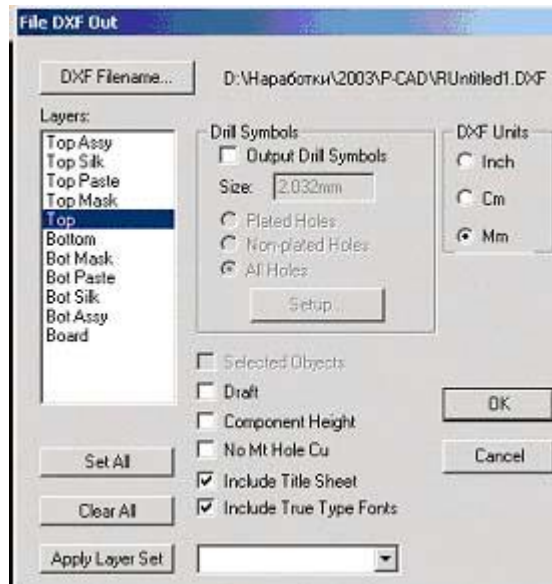


Нажав кнопку DXF Filename введите имя файла и укажите каталог его месторасположения на диске.

Для считывания данной схемы в AutoCADe выполните импорт полученной схемы в формате DXF. Полученную схему расчлените и доработайте.

Передача трассировки печатной платы в Auto-CAD производится в несколько этапов. Как правило, необходимо иметь вид печатной платы (трассировки) со стороны установки на нее навесных элементов, вид со стороны пайки и сборочный чертеж.

Соответственно Вам необходимо экспортировать в Auto-CAD три вида вашей платы. Для экспорта верхнего слоя загрузите в P-CAD PCB трассировку Вашей платы. Выполните File/Export/DXF. В появившемся окне щелкните в окне Layers на строке Top и установите флажки как показано на рис.



Нажав DXF Filename введите имя файла и нажмите ОК.

Для экспорта нижнего слоя платы и ее сборки выполните те же действия отметив в окне Layers слои Botton (для нижнего) и все слои кроме Top и Botton (для сборки).

#### Задание.

Сделать трассировку печатной платы в соответствии со схемой.

