

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Южно-Уральский государственный университет  
Филиал в г. Златоусте  
Кафедра «Техническая механика»



681.327(07)  
Ш965

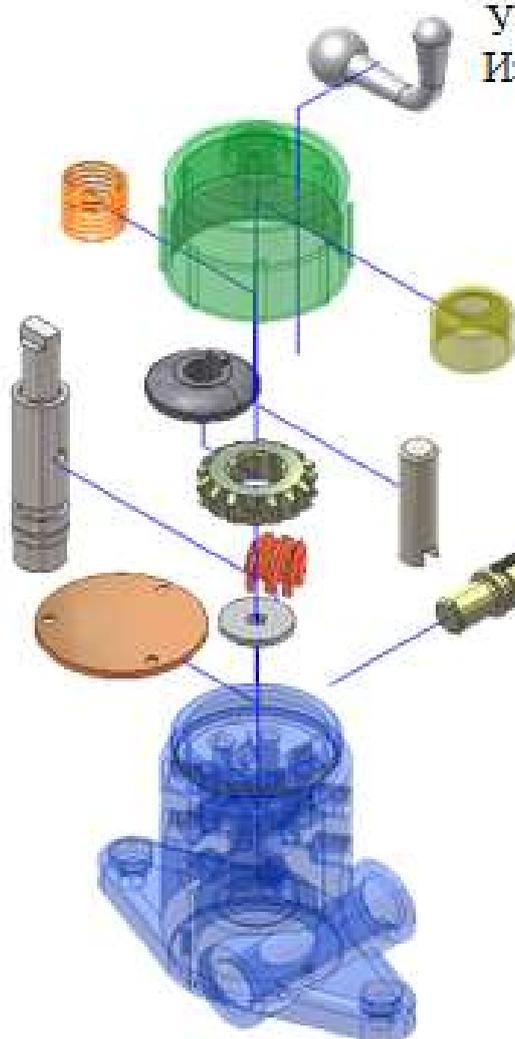
И.И. Шундеева

# ***ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА*** ***в среде AutoCAD***

Учебно-методический комплекс  
Издание второе, переработанное

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки: бакалавров и магистров «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизированные технологии и производства»*

Челябинск  
Издательство ЮУрГУ  
2009



УДК 681.327(075.8)  
Ш965

*Одобрено  
учебно-методической комиссией филиала ЮУрГУ в г. Златоусте*

*Рецензенты:  
Евсеев С.В., Орлов В.Н.*

**Шундеева, И.И.**  
Ш965 Инженерная графика в среде AutoCAD: учебно-методический комплекс / И.И. Шундеева – 2-е изд., перераб. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2009. – 154 с.

Учебно-методический комплекс содержит программу курса «Машинная графика», теоретические основы программы AutoCAD, Mechanical Desktop и Inventor, методические указания и варианты домашних контрольных заданий по разделам программы курса. Данное пособие дает возможность освоить современные компьютерные технологии выполнения конструкторских документов. Предназначено для самостоятельной и аудиторной работы студентов технических специальностей дневной и вечерней форм обучения.

УДК 681.327(075.8)

© Издательство ЮУрГУ, 2009

## ПРЕДИСЛОВИЕ

При подготовке данного учебного пособия использован опыт преподавания инженерной и компьютерной графики студентам технических специальностей.

Учебное пособие предусматривает обучение базовой графической системе AutoCAD 2000–2007, а также объектно-ориентированным системам Mechanical Desktop и Inventor. Но благодаря максимальной преемственности по командам и по структуре данных навыки, приобретенные при выполнении практических заданий, предложенных в пособии, можно использовать в среде AutoCAD *различных версий*, так как AutoCAD является постоянно развивающейся средой проектирования.

Данное пособие предназначено для студентов технических специальностей. Оно содержит рабочую программу курса, опорные лекции, лабораторные работы и методические указания для их выполнения, варианты заданий.

Рабочая программа содержит краткое изложение основных теоретических и практических тем учебно-методического комплекса.

Опорные лекции дают общие сведения об AutoCAD 2000–2007 и Mechanical Desktop. Теория разбита по темам. В них изложены в сжатой форме основные настройки, команды и инструменты черчения и редактирования.

Практические занятия проводятся по лабораторным работам. Лабораторные задания составлены так, чтобы освоить основные возможности AutoCAD, Mechanical Desktop и Inventor, охватывают почти все команды и развивают практический навык разработки проектной и конструкторской документации. А также изучают средства трехмерного моделирования и тонирования изображений. Переходя от одной темы к другой, от одной лабораторной работы к другой, можно постепенно освоить необходимые команды и приемы работы. В пособии рассматриваются реальные рабочие примеры, с помощью которых объясняются принципы работы с системой, изучив их, возможно применить полученные знания для решения своих задач.

Приложения и таблицы содержат варианты заданий по всем разделам, что дает возможность обеспечить индивидуальным заданием каждого студента группы. Рекомендации для студентов по изучению курса машинной графики.

1. Занятия по курсу машинной графики состоят из лекций, практических занятий, самостоятельного изучения курса по учебникам, выполнения контрольных графических заданий с помощью ЭВМ.

2. Приступать к выполнению контрольного задания следует только после тщательной проработки и усвоения соответствующих тем курса.

3. Графическое внедрение контрольного задания должно соответствовать правилам выполнения и оформления чертежей.

## ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень программных и технических средств электронной вычислительной техники позволяет перейти от традиционных ручных методов конструирования к новым информационным технологиям с использованием ЭВМ.

Компьютерная графика – дисциплина, обучающая методам изображения предметов с применением компьютерных технологий.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) – признанная область применения вычислительной техники. Компьютер может предоставить конструкторам и технологам полный набор возможностей САПР и, освободив их от рутинной работы, дать возможность заниматься творчеством.

Использование компьютера в конструкторской деятельности как электронного кульмана значительно облегчает подготовку конструкторских и других графических документов, связанных с изготовлением изделий, сокращая сроки их разработки с улучшением качества. Автоматизация процесса конструирования и подготовки производства изделия на основе создания трехмерных геометрических моделей проектируемых изделий включает прочностные и кинематические расчеты, компоновку и технологические процессы сборки изделий, изготовление деталей.

Целью пособия является изложение новой технологии конструирования, реализованной в среде универсальной графической системы AutoCAD, разработанной фирмой Autodesk. За основу изложения в данном пособии взята версия 2000–2006 AutoCAD.

AutoCAD – универсальный графический пакет, предназначенный для любого специалиста, работающего с технической графикой. Фирма Autodesk, ориентируясь на самый широкий круг пользователей, заложила в пакет богатые возможности адаптации AutoCAD к любым предметным областям.

Если программу AutoCAD описывает достаточно большое количество учебных изданий, то Mechanical Desktop менее распространено.

AutoCAD Mechanical Desktop оптимизирует возможности AutoCAD для инженеров-машинистроителей. Эта программа включает полный инструментарий AutoCAD с добавлением машиностроительных символов согласно государственным и отраслевым стандартам. Mechanical Desktop – наиболее популярная в мире система трехмерного моделирования, имеющая мощный и практичный подход к машиностроительному конструированию во многих отраслях промышленности, начиная от производства бытовых товаров и заканчивая тяжелым машиностроением. Благодаря наличию в программе аппарата твердотельного параметрического моделирования, разработчик имеет возможность при проектировании рассмотреть любые варианты конструкции создаваемого изделия, еще до изготовления показать заказчику и технологу, что позволяет избежать многих ошибок и сократить сроки производства. В Mechanical Desktop нет никаких преград между двухмерным и трехмерным конструированием. В данной программе есть возможность автоматически получать чертежи по трехмерным моделям в стандартном формате DWG. Для формирования чертежей предусмотрен полный набор средств, имеющийся в составе AutoCAD, и система условных обозначений.

Серия продуктов Autodesk Inventor является наилучшим решением для пользователей AutoCAD, переходящих от двумерного проектирования к трехмерному. Данное решение предоставляет предприятиям-изготовителям развитые и полностью интегрированные средства, включающие Autodesk Inventor для трехмерного проектирования и оформления документации. Специализированные приложения

позволяют решать задачи конечно-элементного анализа конструкции, оптимизации изделия с учетом воздействующих на него нагрузок, анализа и оптимизации динамических и кинематических характеристик изделия, технологические задачи подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ, проектирования и построения разверток тонколистовых изделий и многое другое.

Основная задача пособия – изучение базовых возможностей AutoCAD – самой мощной системы автоматизированного проектирования, приобретение теоретических знаний и практических навыков в соответствии с требованиями к компьютерной подготовке специалиста. Это способствует эффективному решению различных задач в профессиональной деятельности обучаемого.

## ПРОГРАММА КУРСА

**Цель.** Освоение возможностей автоматизации процесса разработки проектной и конструкторской документации. Приобретение знаний и навыков при выполнении графических работ на ПК, работа в среде AutoCAD.

**Категория слушателей.** Программа учебного курса рассчитана на широкий круг пользователей ПК со средним или незаконченным высшим образованием.

**Форма обучения.** Дневная, очно-заочная (вечерняя).

Изучаемые темы курса приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование разделов, дисциплин и тем	Всего (час)	В том числе		Форма контроля
			Лекции	Практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерная или машинная графика. Общие сведения	1	1	–	–
2	Рабочее окно AutoCAD. Основные функции	1	1	–	–
3	Определение чертежа в AutoCAD. Основные примитивы AutoCAD. Основные команды черчения и редактирования	5	1	4	Письменный опрос, чертеж
4	Нанесение размеров	2	1	1	–
5	Работа с многослойным изображением	2	1	1	Чертеж

1	2	3	4	5	6
6	Определение блока. Создание и вставка	2	1	1	–
7	Пространство модели и пространство листа. Вывод чертежей на печатающее устройство	2	1	1	Письменный опрос, чертеж
8	Основные способы построения наглядных изображений. Трехмерное моделирование	2	1	1	Письменный опрос, чертеж
9	Команды и инструменты визуализации	2	1	1	Опрос, чертеж
10	Формирование чертежа по пространственной модели	4	2	2	Чертеж
11	Формирование чертежа детали по пространственной модели в среде Mechanical Desktop. Конструирование узлов	7	2	5	Письменный опрос, чертеж
12	Использование Autodesk Inventor	12	4	8	Письменный опрос, чертеж
Итого		42	17	25	–

## СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Тема № 1. Компьютерная или машинная графика. Общие сведения*

Компьютерная графика ее определение, преимущества, цели и задачи. Виды компьютерной графики. Основные подходы к конструированию. Прикладная компьютерная программа AutoCAD. Требования к системе: программные средства; ОЗУ и дисковое пространство; аппаратные средства.

### *Тема № 2. Рабочее окно AutoCAD. Основные характеристики и настройки*

Настройка рабочего окна. Лимиты. Ввод и исполнение команд. Ниспадающее меню. Контекстное меню. Стандартная панель инструментов. Панель свойств объектов. Строка состояния.

*Тема № 3. Определение чертежа в AutoCAD. Основные примитивы AutoCAD. Основные команды черчения и редактирования*

Основные команды черчения. Редактирование с помощью ручек. Основные команды редактирования. Режимы объектной привязки. Создание точного чертежа. Виды координат.

*Тема № 4. Нанесение размеров на чертеж*

Классификация. Основные элементы. Настрой стиля нанесения размеров.

*Тема № 5. Работа с многослойным изображением*

Выполнение чертежей в отдельных слоях. Свойства слоев. Типы линий. Штриховка. Надписи в чертеже.

*Тема № 6. Определение блока. Создание и вставка*

Определение блока и его преимущества. Порядок создания и использование блоков. Основные команды и их опции.

*Тема № 7. Пространство модели и пространство листа. Вывод чертежей на печатающее устройство*

Переход из пространства модели в пространство листа. Настройка размеров листа. Создание плавающих видовых экранов. Настройка стилей печати. Предварительный просмотр.

*Тема № 8. Основные способы построения наглядных изображений. Трехмерное моделирование*

Трехмерные виды. Основные способы построения наглядных изображений.

Твердотельные объекты и команды их редактирования. Логические операции построения трехмерных объектов. Интерактивное управление точкой взгляда трехмерных объектов.

*Тема № 9. Команды и инструменты визуализации*

Изображения с подавленными скрытыми линиями. Изображения с раскрашенными поверхностями, тонированные изображения с поверхностями. Изображения, которым присвоены цвет и свойства определенных материалов. Изображения объекта с заданным освещением.

*Тема № 10. Формирование чертежа по пространственной модели*

Использование команд: **Подготовка Вид (SolView)**, **Подготовка Чертеж (SolDraw)**.

*Тема № 11. Формирование чертежа детали по пространственной модели в среде Mechanical Desktop*

Объектно-ориентированная система Mechanical Desktop для машиностроителей. Терминология. Построение деталей. Создание рабочих плоскостей. Построение эскизов контуров. Основные понятия наложения зависимостей. Создание модели детали. Создание чертежа. Режимы отображения размеров. Конструирование узлов. Построение видов. Подготовка к выводу на печать.

*Тема № 12. Использование Autodesk Inventor*

Различия AutoCAD и Inventor. Проекты и типы файлов в Autodesk Inventor, используемых сочетаний клавиш. Создание эскиза и нанесение размеров. Создание чертежей. Проектирование валов. Проектирование зубчатых колес. Создание сборочных единиц и наложение зависимостей. Создание схем сборки.

Объем и содержание лабораторных работ, характер и цель занятий приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ занятия	Наименование и краткое содержание лабораторных работ	Характер занятий и цель	Количество часов
1	Выполнить чертёж силуэта автомобиля, используя основные команды черчения. Настройка рабочего окна. Команды <b>Лимиты, Шаг, Сетка, Объектная привязка</b> . Основные команды рисования: Отрезок, <b>Полиния, Дуга, Круг, Чертеж</b> выполняется как бы от руки, без соблюдения размеров	Выполнение чертежа на ЭВМ. Знакомство с основными командами черчения и использование режимов объектной привязки	2
2	Построить точный чертеж детали с использованием основных команд черчения и редактирования. Использование команды <b>Отс-Поляр</b> для отслеживания размеров чертежа. Настроить размерный стиль. Нанести все необходимые размеры	Выполнение чертежа на ЭВМ. Отработка метода точного построения по заданным размерам. Работа с основными командами редактирования. Умение нанести размеры	2
3, 4	Построить чертеж детали (электрической схемы или зубчатого колеса), используя различные слои, цвет и тип линий, с применением команд блока. Настройка <b>Плавающих Видовых экранов</b> . Работа со слоями. Вывести чертеж на печатающее устройство	Компоновка чертежа на различных форматах. Использование блоков как библиотек. Получение твердой копии чертежа	2

Окончание табл. 2

№ занятия	Наименование и краткое содержание лабораторных работ	Характер занятий и цель	Количество часов
5	<p>Построение объемных трехмерных изображений. Построить объемную модель детали. Настройка <b>Видовых экранов</b> Применение команд визуализации: <b>Тонирование</b> и <b>Раскрашивание</b> Выбор материалов, настройка диалогового окна <b>Тонирование ...</b></p>	<p>Формирование трехмерной модели детали. Получение навыков построения трехмерных изображений. Создание реалистичных изображений</p>	1
6	<p>Формирование чертежа по пространственной модели в программе AutoCAD. Использование команд <b>Подготовка: Вид (SolView), Подготовка: Построение (SolDraw)</b>. Оформление чертежа по стандартам ЕСКД</p>	<p>Выполнение чертежа по трехмерной модели. Освоение второго подхода к конструированию на основе новых компьютерных технологий</p>	2
7	<p>Формирование пространственной модели и создание чертежа детали в среде Mechanical Desktop. Сформировать пространственную модель детали, создать чертеж, расставить все необходимые размеры</p>	<p>Выполнение чертежа на ЭВМ. Изучение прикладного модуля Mechanical Desktop к программе AutoCAD</p>	4
8	<p>Формирование чертежа детали вала по пространственной модели в среде Mechanical Desktop. Сформировать пространственную модель вала, используя библиотеки стандартных элементов. Создать чертеж с необходимым количеством сечений и выносных элементов, расставить все необходимые размеры</p>	<p>Трехмерное моделирование и использование готовых библиотек для формирования наиболее часто используемых деталей</p>	4
9	<p>Конструирование и сборка узла. Выполнение чертежа узла в Autodesk Inventor</p>	<p>Сборка трехмерных узлов из созданных ранее трехмерных деталей. Создание сборочного чертежа</p>	8
Итого			25

## Тема № 1. КОМПЬЮТЕРНАЯ ИЛИ МАШИННАЯ ГРАФИКА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Компьютерная графика – это синтез и обработка графических моделей с помощью ЭВМ.

Несмотря на то, что для работы с компьютерной графикой существует множество классов программного обеспечения, различают всего три вида компьютерной графики. Это *растровая графика*, *векторная графика* и *фрактальная графика*. Они отличаются принципами формирования изображения при отображении на экране монитора или при печати на бумаге (рис. 1).

*Растровая графика* – основной элемент точка (на экране – пиксель). В файле изображения хранятся данные о координатах и цветах каждой точки изображения. Для каждой точки линии в растровой графике отводится одна или несколько точек памяти (чем больше цветов могут иметь точки, тем больше ячеек им отводится). Соответственно, чем длиннее растровая линия, тем больше памяти она занимает. Для растровых изображений, состоящих из точек, особую важность имеет понятие *разрешения*, выражающее количество точек на единицу длины. При этом следует различать: разрешение оригинала, разрешение экранного изображения, разрешение печатного изображения. Средствами растровой графики принято иллюстрировать работы, требующие высокой точности в передаче цветов и полутонов.

*Векторная графика* – основным элементом является линия. Объект хранится в памяти в виде параметров. В основе векторной графики лежат математические представления о свойствах фигур. Линия описывается математически как единый объект, и поэтому объем данных для отображения объекта средствами векторной графики существенно меньше, чем в растровой графике. В векторной графике объем памяти, занимаемый линией, не зависит от размеров линии, поскольку линия представляется в виде формулы, а точнее говоря в виде нескольких параметров. Чтобы мы не делали с этой линией, меняются только ее параметры, хранящиеся в ячейках памяти. Количество же ячеек остается неизменным для любой линии.

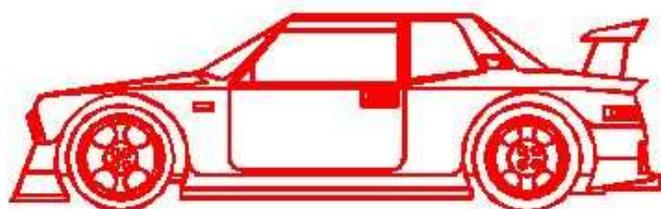
*Фрактальная графика* – изображение строится по уравнению. Хранится формула. Фрактальная графика, как и векторная, основана на математических вычислениях. Однако базовым элементом фрактальной графики является сама математическая формула, то есть никаких объектов в памяти компьютера не хранится и изображение строится исключительно по уравнению. Создание фрактальной художественной композиции состоит не в рисовании или оформлении, а в программировании. Фрактальными свойствами обладают многие объекты живой и неживой природы. Обычная снежинка, многократно увеличенная, оказывается фрактальным объектом. Простейшим фрактальным объектом является фрактальный треугольник. Построим обычный равносторонний треугольник со стороной  $a$ . Разделим каждую из сторон на три отрезка. На среднем отрезке стороны построим равносторонний треугольник со стороной равной  $1/3$  стороны исходного треугольника, а на других отрезках построим равносторонние треугольники со сто-

роной равно  $1/9 a$ . С полученными треугольниками повторим те же операции. Из построения видно, что треугольники последующих поколений наследуют свойства своих родительских структур. Так рождается фрактальная фигура.

#### Растровая графика



#### Векторная графика



#### Фрактальная графика

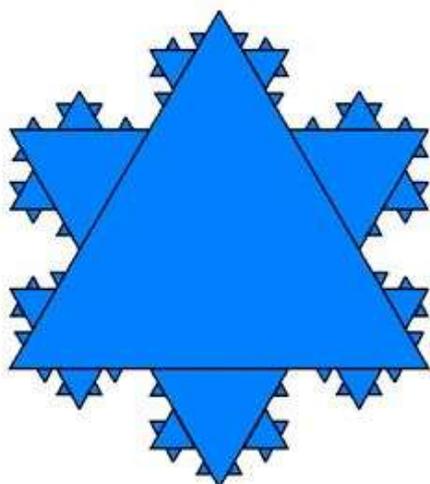


Рис. 1

Отдельно рассматривается *трехмерная (3D) графика*, изучающая приемы и методы построения объемных моделей объектов в виртуальном пространстве. Как правило, в ней сочетаются векторный и растровый способы формирования изображения. Трехмерная графика нашла широкое применение в таких областях, как научные расчеты, инженерное проектирование, компьютерное моделирование физических объектов (рис. 2).

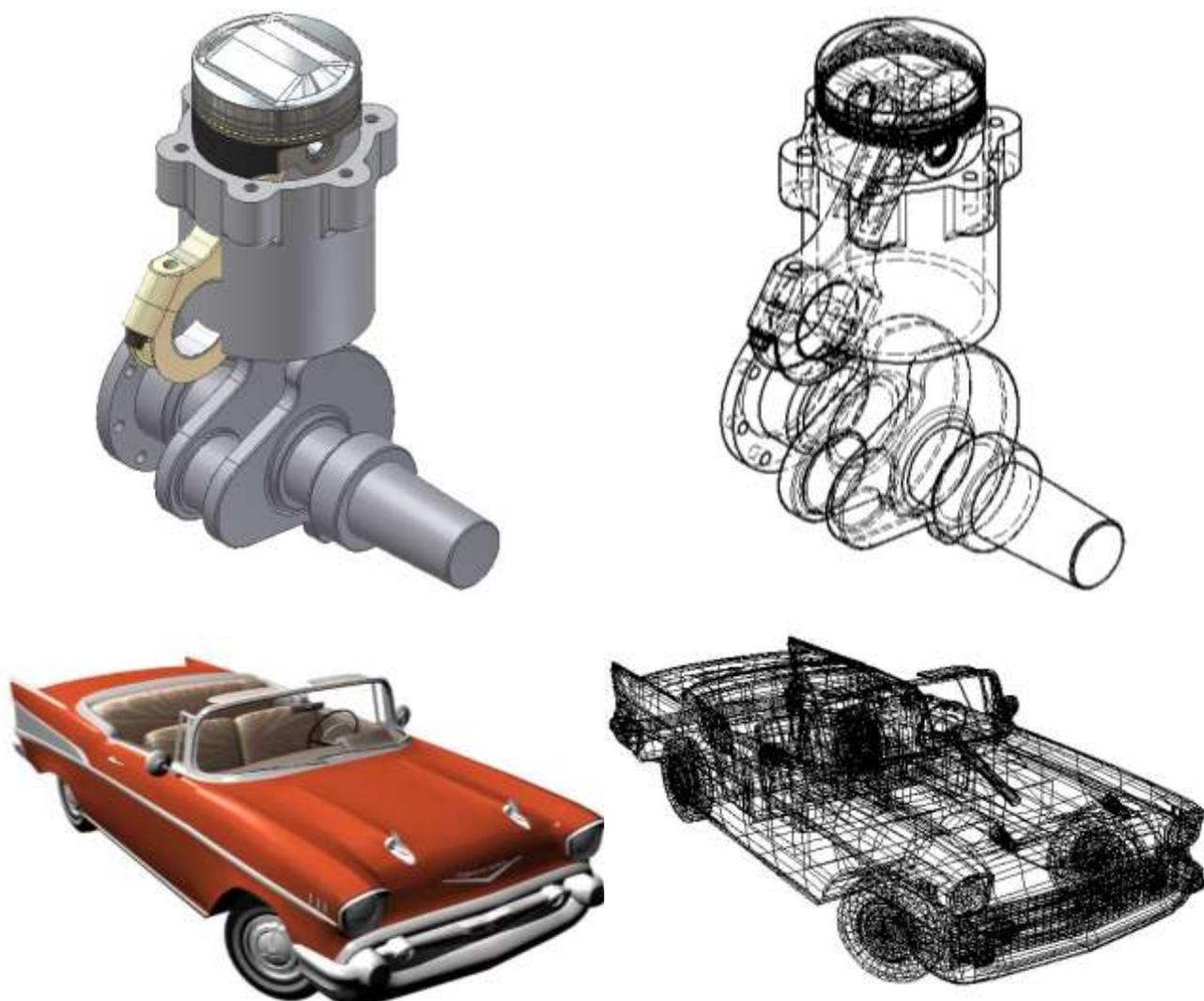


Рис. 2

По оценкам зарубежных конструкторских бюро, в процессе традиционного проектирования на разработку и оформление чертежей приходится 70% от общих трудозатрат конструкторской работы, 15% – на организацию и ведение архивов и 15% – собственно на проектирование, включая в себя разработку конструкции, расчеты.

Эффективность применения компьютерной графики при разработке конструкторской документации обеспечивается следующими возможностями:

- наличием средств преобразования (поворота, переноса, копирования, зеркального отображения и т. д.);

- использование готовых фрагментов чертежей (конструктивных и геометрических элементов);
- наличие языковых средств описания типовых моделей-представителей чертежей;
- получение чертежей высокого качества, оформленных по стандартам ЕСКД путем вывода на графопостроители, принтеры и другие устройства;
- ведение диалога с компьютером в привычных для конструктора терминах и с привычными для него объектами.

### Основные подходы к конструированию

Можно выделить два подхода к конструированию на основе компьютерных технологий. Первый подход базируется на двумерной геометрической модели и использовании компьютера как электронного кульмана, позволяющего значительно ускорить процесс конструирования и улучшить качество оформления конструкторской документации. Центральное место в этом подходе занимает чертеж, который служит средством представления изделия (рис. 3).



Рис. 3. Схема традиционной технологии конструирования

В основе второго подхода лежит пространственная геометрическая модель изделия, которая является наглядным способом представления оригинала и более мощным и удобным инструментом для решения задач (рис. 4).



Рис. 4. Схема новой технологии конструирования

При втором подходе можно получить всю информацию о конструкции до начала производственного процесса и избежать проблем в процессе ее изготовления. Проверка на взаимодействие между двумя и более компонентами узла дает возможность обнаружить конструктивные ошибки. Информация о массовых характеристиках, позволяет определить, не требуется ли изменить размеры детали или ее материал.

Прикладная компьютерная программа AutoCAD разработана фирмой Autodesk. Название системы образовано сокращением от «Automated Computer Aided Design», означающее в переводе с английского языка «Автоматизированное ком-

пьютерное проектирование». Термин «проектирование» означает, что система является средой для проектирования и может быть инструментом для других проектирующих программ. Постоянно развиваясь, AutoCAD стал мощной системой автоматизации проектных работ, предоставляя пользователю принципиально новые возможности.

## **Тема № 2. РАБОЧЕЕ ОКНО AUTOCAD. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И НАСТРОЙКИ**

В целом интерфейс AutoCAD2006 выполнен в традициях, ставших стандартом де-факто для приложений в операционной системе Windows. Программа имеет развитый и гибкий интерфейс пользователя.

Подробное описание использования отдельных элементов интерфейса можно найти в руководстве пользователя или другой стандартной документации [1]. После запуска системы на экране появляется рабочее окно AutoCAD 2007, которое имеет два отображения как классический вид, так и 3D моделирования (рис. 5).

### **Ввод и исполнение команд**

Изучение любой новой программы начинают с того, что проводят указателем «мыши» по всем элементам и смотрят, что сообщает всплывающая подсказка – это позволяет быстро сориентироваться в программе.

AutoCAD имеет около 800 команд и опций. В системе предусмотрено 6 способов ввода команд:

- выбор инструмента на соответствующей панели инструментов;
- выбор из ниспадающего меню;
- из контекстного меню;
- вызов команды с помощью диалогового окна;
- набор имени команды на клавиатуре;
- выбор из экранного меню.

### **Ниспадающее меню**

- **Файл (File)** – меню работы с файлами: открытие, сохранение, печать и пр.
- **Правка (Edit)** – меню редактирования частей графического поля рабочего окна.
- **Вид (View)** – команды управления экраном, панорамирования, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, тонирования, управления параметрами дисплея, установка необходимых панелей инструментов.
- **Вставка (Insert)** – осуществляет вставку блоков, внешних объектов, объектов других приложений.

- **Формат (Format)** – обеспечивает работу со слоями, цветом, типом линий; управлением стилем текста, размеров, видом маркера точки, стилем мультилинии; установку единиц измерения, границ чертежа.

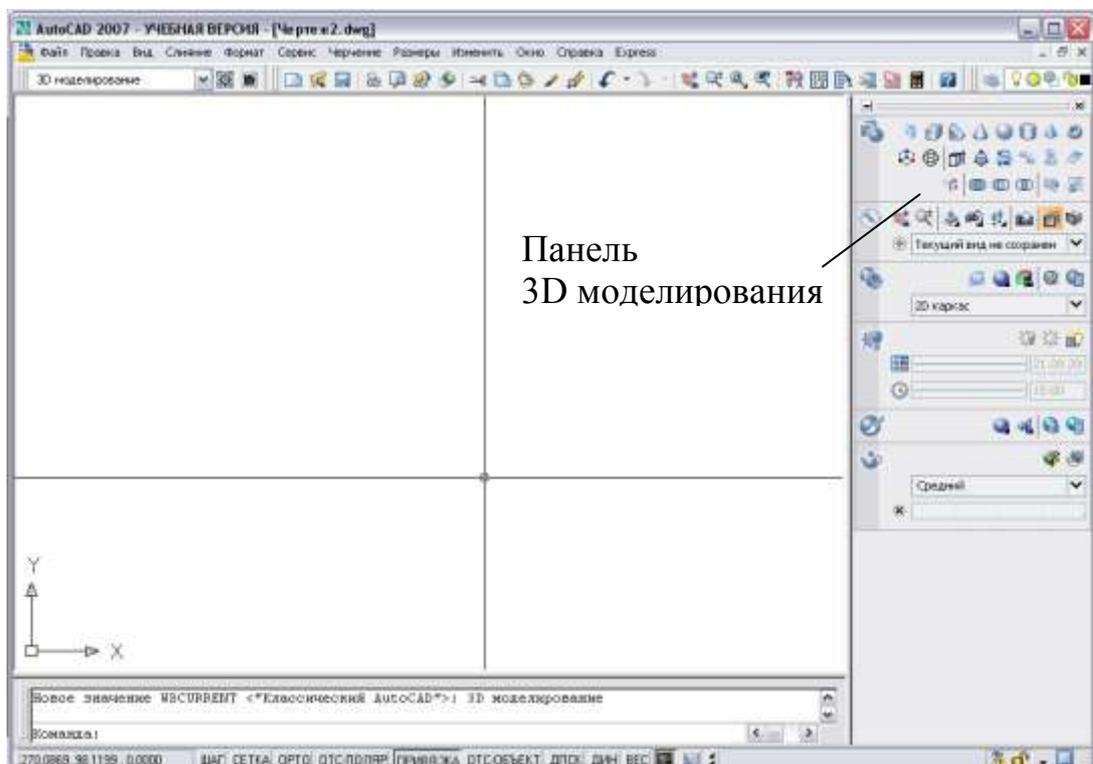
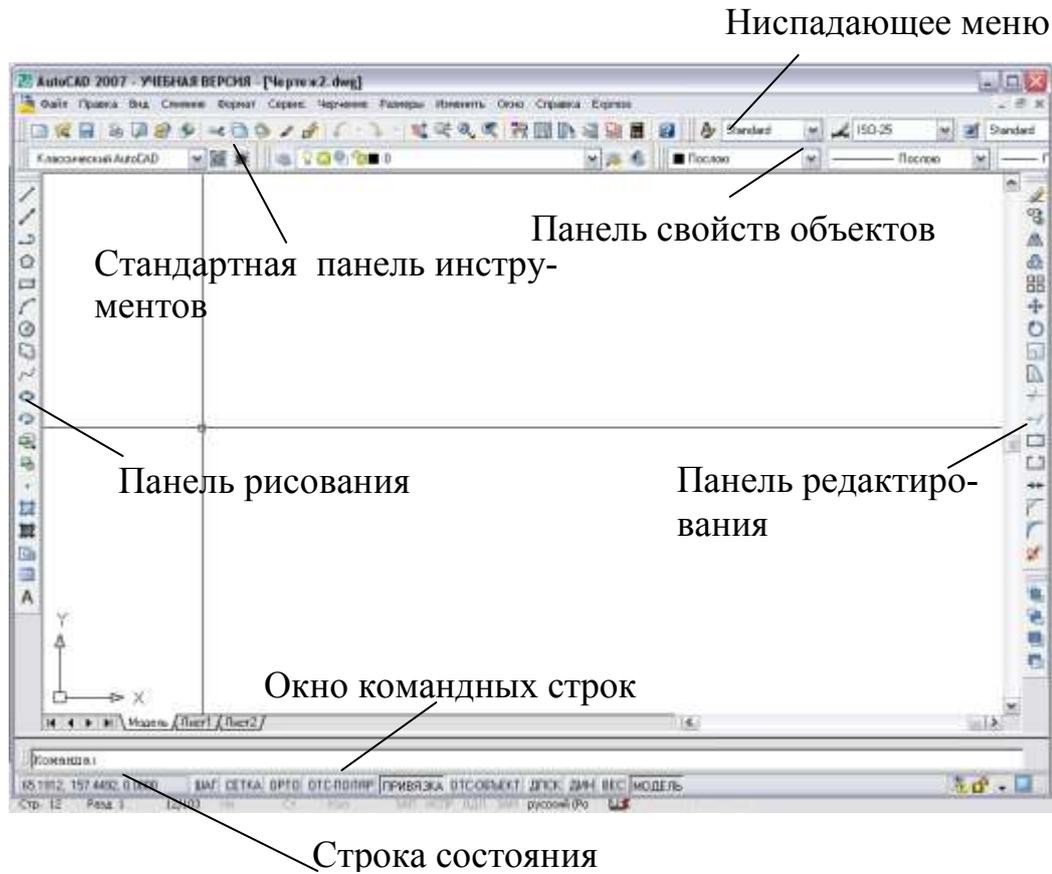


Рис. 5

- **Сервис (Tools)** – содержит средства управления системой, экраном пользователя, включает установку параметров черчения и привязок с помощью диалоговых окон; обеспечивает работу с пользовательской системой координат.
- **Черчение (Draw)** – включает команды черчения.
- **Размеры (Dimension)** – содержит команды простановки размеров и управления параметрами размеров.
- **Изменить (Modify)** – включает команды редактирования чертежа.
- **Окно (Window)** – обеспечивает многооконный режим работы с чертежами.
- **Справка (Help)** – справочная система.

## Контекстное меню

Щелчок правой кнопкой мыши вызывает появление контекстного меню, которое обеспечивает быстрый доступ к опциям, доступным для текущей задачи или команды. Опция – это один из возможных параметров команды.

## Настройка рабочего окна. Лимиты

После загрузки рабочего окна AutoCAD появляется окно **Создание нового рисунка (Startup)**. Если окно не появляется, необходимо из меню **Сервис** в диалоговом окне **Настройка...** перейти на закладку **Система** и в списке выбрать **Диалоговое окно начала работы**. Данное диалоговое окно позволяет начать работу с рисунком одним из четырех способов. Можно:

- открыть существующий рисунок;
- быстро создать новый рисунок на основе простейшего шаблона;
- создать новый рисунок на основе одного из имеющихся шаблонов;
- использовать мастера для создания рисунка с требуемыми начальными параметрами, задаваемыми в процессе работы с мастером (рис. 6).

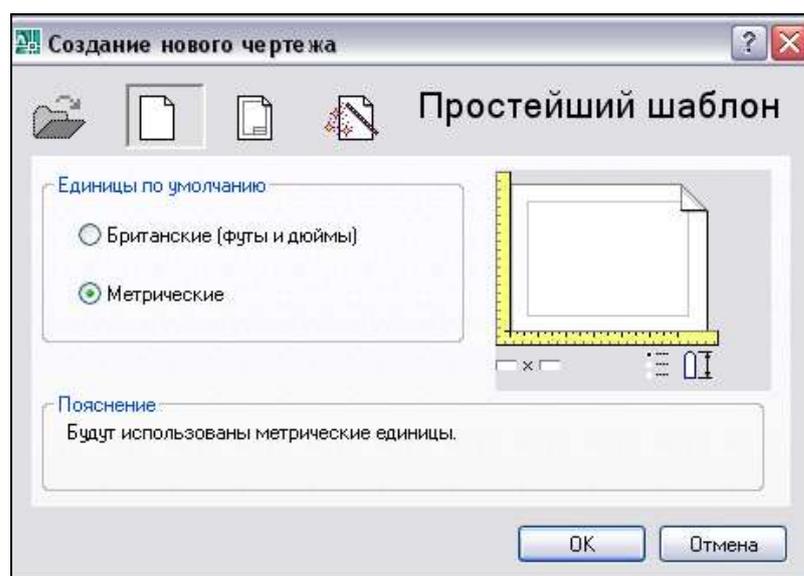


Рис. 6

Команда **Лимиты** (Limits) позволяет установить границы для текущего рисунка в пространстве листа и в пространстве модели. Она вызывается из выпадающего меню **Формат** (Format) ⇒ **Лимиты** (Drawing Limits). Лимиты по умолчанию определяют область 420 x 297. Когда команда **Лимиты** (Limits) завершила свою работу, то на экране ничего не изменилось. Чтобы вывести на экран весь рисунок в его лимитах, предусмотрена возможность зумирования, т.е. увеличение или уменьшение. При зумировании абсолютные размеры рисунка остаются прежними, изменяется лишь размер его части, видимой в графической области. Зумирование осуществляется командой **Показать** (Zoom), вызываемой из стандартной панели инструментом или из выпадающего меню **Вид** (View). В пространстве модели настройка границ чертежа дает возможность создавать чертеж в масштабе 1:1 независимо от размеров объекта.

## Настрой рабочей среды AutoCAD

В диалоговом окне **Настройка** (Options) можно изменить многие параметры интерфейса и среды рисования AutoCAD. Для изменения настроек из меню **Сервис** (Tools) или из контекстного меню выбрать **Настройка** и на вкладках изменить нужные параметры. AutoCAD использует стандартные параметры экрана, поэтому после запуска можно перейти на вкладку **Экран** и изменить кнопкой **Цвета** цвет экрана (например, белый), размер перекрестья (рис. 7).

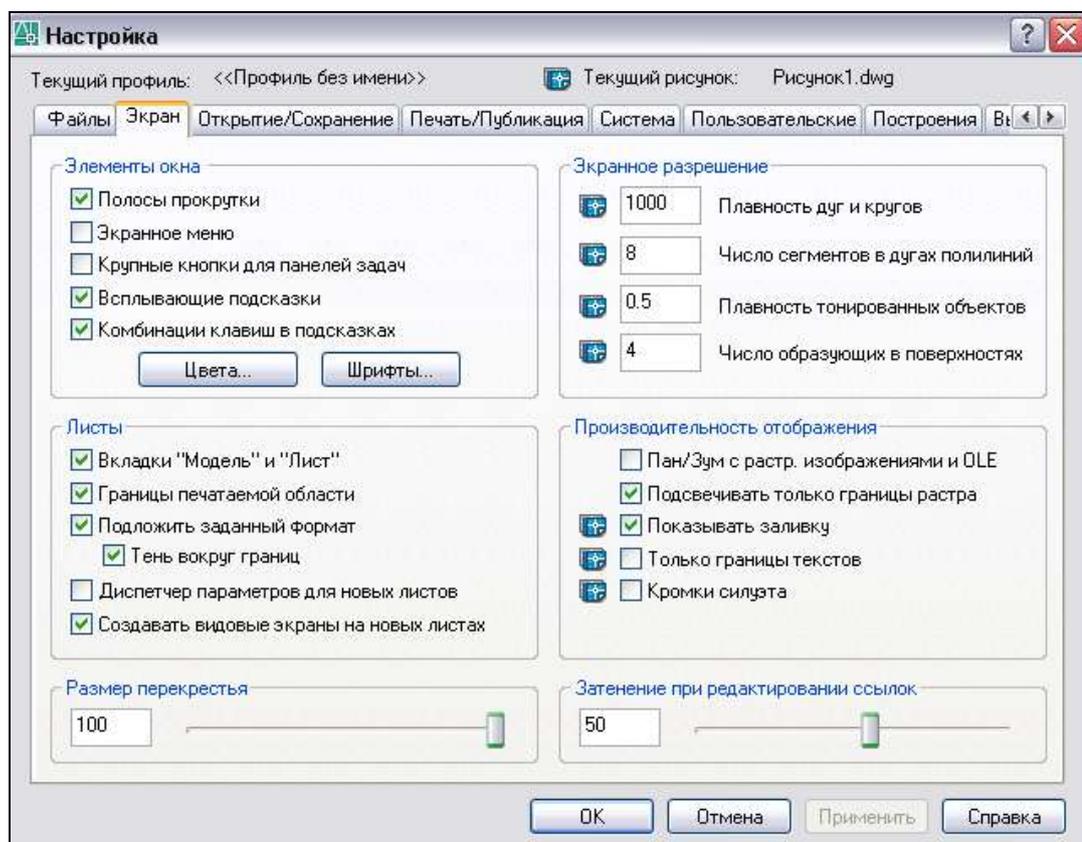


Рис. 7

## Функциональные клавиши

Функциональные клавиши	Комбинация клавиш	Действие системы
F1	–	Справка
F2	–	Переключение между текстовым и графическими окнами
F3	Ctrl + F	Включение/отключение текущих режимов объективной привязки: <b>Привязка (Osnap)</b>
F5	Ctrl + E	Включение/отключение изометрических плоскостей
F6	Ctrl + D	Включение/отключение динамической ПСК
F7	Ctrl + G	Включение/отключение сетки: <b>Сетка (Grid)</b>
F8	Ctrl + L	Включение/отключение режима <b>Орто (Ortho)</b>
F9	Ctrl + B	Включение/отключение шага (Snap)
F10	–	Включение/отключение режима <b>Отс-Поляр (Polar)</b>
F11	–	Включение/отключение режима объективного отслеживания <b>Отс-Прив (Otrack)</b>
F12	–	Включение/отключение режима динамического ввода координат
–	Ctrl + C	Копирование объектов
–	Ctrl + V	Вставка объектов
–	Ctrl + S	Сохранение файла
Esc	Ctrl + \	Прерывание текущей команды
Enter	Ctrl + J	Повторение последней команды
–	Ctrl + X	Удаление
–	Ctrl + Y	Отмена последнего изменения
–	Ctrl + P	Вывод на печать

**Вывод панелей инструментов на экран**

Воспользоваться контекстным меню, вызывая его щелчком правой кнопки мыши по любой панели или ниспадающим меню **Вид (View) ⇒ Панели... (Toolbars)**.

Выбрать из контекстного меню при нажатии правой кнопки мыши в области панелей инструментов (рис. 8).

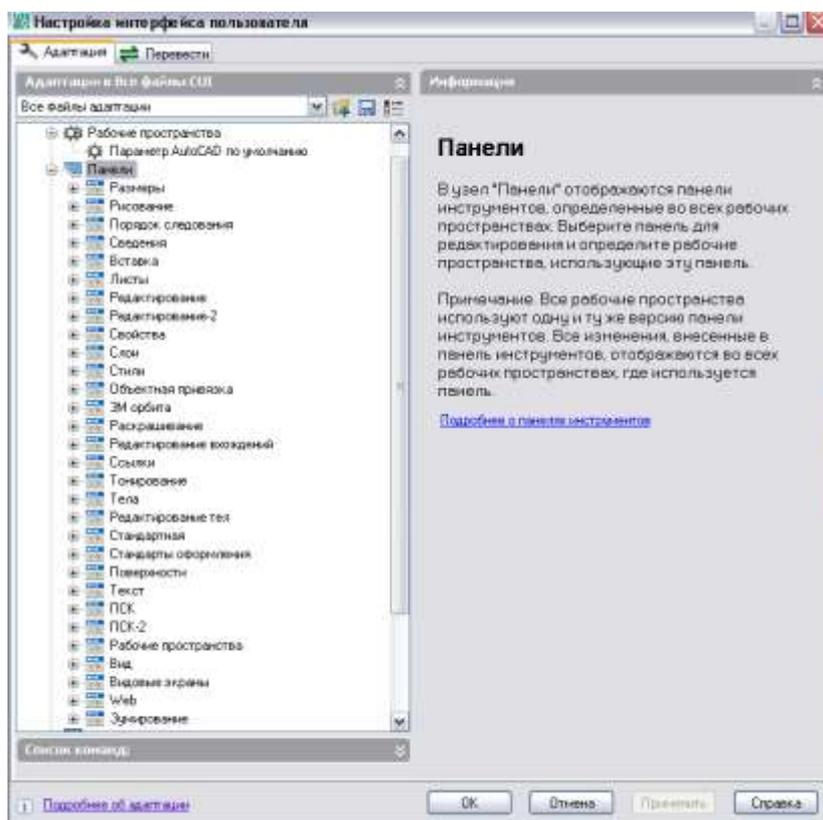


Рис. 8

### Стандартная панель инструментов

Стандартная панель инструментов (Standard Toolbar) содержит наиболее часто употребляемые команды. Она содержит следующие инструменты:



**Новый** (New) – создание нового файла, рисунка;



**Открыть** (Open) – загрузка существующего файла;



**Сохранить** (Save) – сохранение текущего файла;



**Печать** (Plot) – вывод рисунка на плоттер, принтер или в файл;



**Предварительный просмотр** (Print Preview) – предварительный просмотр чертежа перед выводом на печать, позволяющий увидеть размещение чертежа на листе бумаги;



**Публикация в DWF ...** – задание листов рисунка, которые можно компоновать, менять порядок следования, копировать, переименовывать и сохранять для публикации в многолистовом наборе рисунков. При публикации существует возможность вывести набор рисунков в DWF-файл, на плоттер или сохранить в файле чертежа.



**Вырезать (Cut to Clipboard)** – копирование объектов в буфер обмена с удалением их из рисунка;



**Копировать (Copy to Clipboard)** – копирование выбранных элементов чертежа в буфер Windows;



**Вставить (Paste from Clipboard)** – вставка данных из буфера Windows;



**Копировать свойства (Match Properties)** – копирование свойств заданного объекта другому объекту;



**Редактор блоков** – в диалоговом окне «Редактирование описания блока» из списка можно выбрать описания блоков, сохраненных в рисунке, для редактирования их в редакторе блоков.



**Отменить (Undo)** – отмена действия последней команды;



**Повторить (Redo)** – восстановление только что отмененного действия;



**Панорамирование в реальном времени (Pan Realtime)** – перемещение изображения на текущем видовом экране в режиме реального времени;



**Зумирование в реальном времени (Zoom Realtime)** – увеличение или уменьшение видимого размера объектов на текущем видовом экране в режиме реального времени;



подменю **Зумирование (Zoom)** – раскрывающийся набор инструментов для задания различных способов увеличения и уменьшения видимого размера объектов на текущем видовом экране;



**Показать предыдущий (Zoom Previous)** – возврат к показу предыдущего вида;



**Свойства (Properties)** – управление свойствами объектов;



**Центр управления AutoCAD (AutoCAD Design Center)** – диалоговый интерфейс, позволяющий быстро находить, просматривать, вызывать, переносить в текущий рисунок ранее созданные рисунки;



**Окно инструментальных палитр** – настройка инструментальных палитр. Инструмент может быть создан простым перетаскиванием объектов из рисунка в область палитры. Чтобы создать инструмент, щелкните правой кнопкой мыши на «Инструментальные палитры» и выберите «Создать».



**Диспетчер подшивок** – упорядочивание листов рисунка для облегчения управления, передачи, публикации и архивации.



**Диспетчер набора пометок** – использование электронных пометок упрощает рецензирование рисунков и обеспечивает обратную связь с рецензентами даже при отсутствии у них AutoCAD.



**Калькулятор (QuickCalc);**



**Справка (Help)** – вызов справочной системы.

## Панель свойств объектов

Панель **Свойства объектов** (Object Properties) чаще всего применяется на Рабочем столе и облегчает работу со слоями и типами линий (рис. 9). В нее входят следующие инструменты:

- **Сделай слой объекта текущим (Make Object's Layer Current)** – установка текущего слоя в соответствии со слоем выбранного примитива;
- **Слои (Layers)** – вызов диалогового окна установки параметров слоев Layer Properties Manager (Диспетчер свойств слоев);
- **Слой (Layer)** – раскрывающийся список управления слоями. Каждая строка содержит пиктограммы управления свойствами слоя или отображения его свойств, а также его имя;
- **Цвета (Color Control)** – раскрывающийся список установки текущего цвета, а также изменения цвета выбранных объектов;
- **Типы линий (Linetype Control)** – раскрывающийся список установки текущего типа линии для выбранных объектов;
- **Весы линий (Lineweight Control)** – раскрывающийся список установки текущего веса (толщины) линии, а также изменения веса (толщины) линии для выбранных объектов;
- **Стили печати (Plot Styles Control)** – раскрывающийся список установки стилей печати. Здесь можно изменять внешний вид вычерчиваемого на плоттере рисунка. В стилях печати задаются переопределения цветов, типов и веса (толщины) линий объектов. Кроме этого, имеется возможность указывать используемые при печати стили концов линий, соединений и заливонок, а также различ-

ные выходные эффекты: размывание, оттенки серого, присвоения перьев и интенсивность. Манипулируя стилями печати, можно получить на бумаге различные вариации одного и того же рисунка. Стили печати можно применять к объектам и слоям.

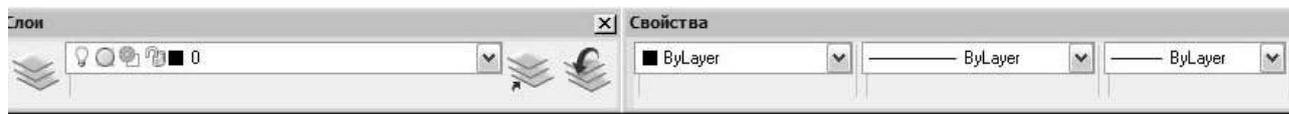


Рис. 9

### Строка состояния

Строка состояния расположена в нижней части Рабочего стола (см. рис. 5), содержит текущие координаты курсора и кнопки включения/выключения режимов черчения:

- **Шаг (Snap)** – включение и выключение шаговой привязки курсора;
  - **Сетка (Grid)** – включение и выключение сетки;
  - **Орто (Ortho)** – включение и выключение ортогонального режима;
  - **Отс-Поляр (Polar)** – включение и выключение режима полярного отслеживания;
  - **Привязка (Osnap)** – включение и выключение режимов объектной привязки;
  - **Отс-Объект (Otrack)** – включение и выключение режима отслеживания при объектной привязке;
  - **ДПСК (UCSDETECT)** – разрешить/запретить динамическую ПСК. С помощью функции динамической ПСК можно на время автоматически выровнять XY-плоскость ПСК по плоскости в модели тела при создании объектов;
  - **ДИН (DYN)** – динамический ввод не является полной заменой окна команды. Значения координат можно ввести в окне подсказки, а не в командной строке.
- Кроме того, строка состояния содержит кнопки:
- **Модель/Лист (Model/Paper)** – переключение из пространства модели в пространство листа;
  - **Вес (LWT)** – включение и выключение режима отображения линий в соответствии с весами (толщинами).

В строке состояния AutoCAD выводит сообщения по текущему положению курсора.

## Тема № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА В AUTOCAD. ОСНОВНЫЕ ПРИМИТИВЫ AUTOCAD

Чертеж в AutoCAD – это файл, содержащий некую геометрическую и вспомогательную информацию, полностью описывающую графический объект.

Чертежи в AutoCAD состоят из набора геометрических примитивов, под которыми понимается элемент чертежа, обрабатываемый системой как единое целое, а

не как совокупность точек. Графические примитивы создаются командами рисования. Эти команды можно вызвать из выпадающего меню или из панели инструментов **Рисование** (Draw).

Необходимо отметить, что одни и те же элементы чертежа могут быть получены с помощью различных команд.

### Основные команды черчения



Команда **Точка** (Point) – формирование *точки*.

Точка определяется указанием ее координат. Точки могут пригодиться также в качестве узлов или ссылок для объектной привязки и отсчета расстояний. Значения и вид точки устанавливается в диалоговом окне **Отображение точек** (Point Style), которое вызывается из выпадающего меню **Формат** (Format) => Изображение точек... (Point Style).



Линия в AutoCAD является базовым примитивом. Линии бывают различного рода – одиночные отрезки, ломаные (с сопряжениями дугами или без них), пучки параллельных линий (мультилинии), а также эскизные. Рисование линий производится посредством задания координат точек, задания свойств (тип линии, цвет и др.), а также ввода значений углов.

Команда **Отрезок** (Line) – формирование *отрезка*.

Запросы команды Отрезок (Line) организованы циклически. Это означает, что при построении ломаной непрерывной линии конец предыдущего отрезка служит началом следующего. При перемещении к каждой следующей точке за перекрестием тянется *резиновая нить*. Это позволяет отслеживать положение следующего отрезка ломаной линии. При этом каждый отрезок ломаной линии является отдельным примитивом. Цикл заканчивается после нажатия клавиши **Enter** на очередной запрос команды.

Запросы команды **Отрезок** (Line):

- Замкнуть (Close) – замкнуть ломаную;
- Отменить (Undo) – отменить последний нарисованный отрезок.

В AutoCAD допускается построение линий, не имеющих конца в одном или в обоих направлениях. Такие линии называются соответственно *лучами* и *прямыми*. Их можно использовать в качестве вспомогательных при построении других объектов.



Команда **Луч** (Ray) – формирование *луча*.



Команда **Плиния** (Pline) – формирование *полилинии*.

Полилиния – это связанная последовательность линейных и дуговых сегментов, которая обрабатывается системой как графический примитив. Можно задавать ширину или полуширину отдельных сегментов, сужать полилинию или замыкать ее. При построении дуговых сегментов первой точкой дуги служит конечная точка предыдущего сегмента. Запросы команды Полиния (Pline) организованы циклически. Цикл заканчивается после нажатия клавиши **Enter** на очередной запрос команды.

Запросы команды ПЛиния (Pline):

- Дуга (Arc) – переход в режим дуг;
- Замкнуть (Close) – замыкает полилинию отрезком;
- Полуширина (Halfwidth) – позволяет задать полуширину, то есть расстояние от осевой линии широкого сегмента до края;
  - Длина (Length) – длина сегмента, созданного как продолжение предыдущего в том же направлении;
  - Отменить (Undo) – отменяет последний созданный сегмент;
  - Ширина (Width) – позволяет задать ширину последующего сегмента.

Запросы команды ПЛиния (Pline) в режиме дуг:

- Угол (Angle) – ввести центральный угол. По умолчанию дуга отрисовывается против часовой стрелки. Если требуется отрисовка дуги по часовой стрелке, необходимо задать отрицательное значение угла;
  - Центр (Center) – указать центр дуги;
  - Замкнуть (Close) – замкнуть дугой;
  - Направление (Direction) – задать направление касательной;
  - Полуширина (Halfwidth) – определить полуширину полилинии;
  - Линейный (Line) – переход в режим отрезков;
  - Радиус (Radius) – ввести радиус дуги;
  - Вторая (Second pt) – вторая точка дуги по трем точкам. Если дуга не является первым сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводится по касательной к нему;
    - Отменить (Undo) – отменить последнюю точку;
    - Ширина (Width) – определить ширину полилинии.

Заметим, что дуговые сегменты полилинии задаются любым из способов, описанных для команды формирования дуги **Дуга (Arc)**.



Команда **Мн-Угол (Polygon)** – формирование правильного *многоугольника*.

Правильный многоугольник можно построить, либо вписав его в воображаемую окружность, либо описав вокруг нее, либо задав начало и конец одной из его сторон. Так как длины сторон многоугольников всегда равны, с их помощью легко строить квадраты и равносторонние треугольники.

Запросы команды **Мн-Угол (Polygon)**:

- Сторона (Edge) – задание одной стороны,
- Вписанный в окружность (Inscribed in circle) – формирование вписанного многоугольника;
- Описанный вокруг окружности (Circumscribed about circle) – формирование описанного многоугольника.



Команда **Сплайн (Spline)** – формирование *сплайна*.

Сплайн – это гладкая кривая, проходящая через заданный набор точек.



Команда **Круг (Circle)** – формирование *окружности*.

Окружности можно строить различными способами. По умолчанию построение производится путем задания центра и радиуса. Запросы команды **Круг (Circle)**:

- 3Т (3P) – строит окружность по трем точкам, лежащим на окружности;
- 2Т (2P) – строит окружность по двум точкам, лежащим на диаметре;
- ККР (Ttr) – строит окружность по двум касательным и радиусу;
- кас кас радиус (Tan Tan Ra) – строит окружность, касающуюся трех объек-

ТОВ.



Команда **Дуга (Arc)** – формирование дуги окружности.

Дуги строят различными способами. По умолчанию построение производится по трем точкам: начальной, промежуточной и конечной. Запросы команды **Дуга (Arc)**:

- Центр (Center) – точка центра дуги;
- Конец (End) – конечная точка дуги;
- Угол (Angle) – величина угла;
- Длина хорды (chord Length) – длина хорды;
- Направление (Direction) – направление касательной;
- Радиус (Radius) – радиус дуги.

Существует несколько способов построения дуги при помощи команды **Дуга (Arc)**:

- 3точки (3Point) – построение дуги по трем точкам, лежащим на дуге;
- Н, Ц, К (St, C, End) – построение дуги по стартовой точке, центру и конечной точке дуги. Положительным направлением считается построение дуги против часовой стрелки;
  - Н, Ц, Угол (St, C, Ang) – построение дуги по стартовой точке, центру и углу. Положительным направлением считается построение дуги против часовой стрелки. Изменить направление на противоположное можно заданием отрицательного значения угла;
  - Н, Ц, Длин (St, C, Len) – построение дуги по стартовой точке, центру и длине хорды. Дуга строится против часовой стрелки от начальной точки, причем по умолчанию строится меньшая из двух возможных дуг (та, что меньше  $180^\circ$ ). Если же вводится отрицательное значение длины хорды, будет нарисована большая дуга;
  - Н, К, Напр (St, E, Dir) – построение дуги по стартовой точке, конечной точке и направлению – углу наклона касательной из начальной точки;
  - Н, К, Рад (St, E, Rad) – построение дуги по стартовой точке, конечной точке и радиусу. Строится меньшая дуга против часовой стрелки;
  - Ц, Н, К (Ce, S, End) – построение дуги по центру, стартовой и конечной точке;
  - Ц, Н, Угол (Ce, S, Ang) – построение дуги по центру, стартовой точке и углу;
  - Ц, Н, Длин (Ce, S, Len) – построение дуги по центру, стартовой точке и длине хорды;
  - ПродДуг: (ArcCont:) – построение дуги как продолжения предшествующей линии или дуги. При этом начальной точкой дуги и ее начальным направлением станут соответственно конечная точка и конечное направление последней создан-

ной дуги или отрезка. Такой способ особенно удобен для построения дуги, касательной к заданному отрезку.



Команда **Эллипс** (Ellipse) – формирование *эллипса*.

По умолчанию построение эллипсов производится путем указания начала и конца первой оси, а также половины длины второй оси. Наиболее длинная из осей эллипса называется его большой осью, наиболее короткая – малой. Порядок определения осей может быть любым.

Запросы команды:

- Центр (Center) – указание центра эллипса;
- Дуга (Arc) – режим построения эллиптических дуг.

По умолчанию эллиптические дуги, как и эллипсы, строятся путем указания конечных точек первой оси и половины длины второй. После этого задаются начальный и конечный углы. Нулевым углом здесь считается направление от центра эллипса вдоль его большой оси. Если начальный и конечный углы совпадают, строится полный эллипс. Вместо задания конечного угла можно указать центральный угол дуги, измеренный от начальной точки.



Команда **Таблица** (Table). Данные в таблице организованы по строкам и столбцам. Сначала создают пустую таблицу, а затем заполняют ее ячейки необходимой информацией. После создания таблицы пользователь может щелкнуть мышью на любой линии сетки таблицы для ее выделения и изменения с помощью ручек или палитры «Свойства».



Команда **Область** (Area). Области – это плоские замкнутые объекты, которые образуются из нескольких двумерных объектов. Допускается выбирать полилинии, отрезки и криволинейные объекты. Под криволинейными объектами понимаются круги, дуги, эллиптические дуги, эллипсы и сплайны.

## Сохранение рисунка

Сохранение чертежей для дальнейшего использования выполняется так же, как и в других приложениях Microsoft Windows. Можно установить режим автоматического сохранения файлов и резервных копий, а также сохранения только выбранных объектов. Расширением имени файла для файлов чертежей является *.dwg* и, пока пользователь не изменит формат файла по умолчанию, в котором сохраняются чертежи, они сохраняются в последнем заданном формате файла чертежа. Этот формат имеет высокую степень сжатия и хорошо подходит для использования в сети.

При работе с чертежами необходимо периодически их сохранять. Если необходимо сохранить новую версию чертежа, можно сохранить исходник под другим именем. Для сохранения рисунка вызываем диалоговое окно **Сохранить как...** (Save as) из меню **Файл** (File). Выбрать место сохранения в поле **Папка**, затем записать имя, нажать кнопку сохранить (рис. 10).

*Основные команды черчения необходимо отработать в лабораторной работе № 1.*

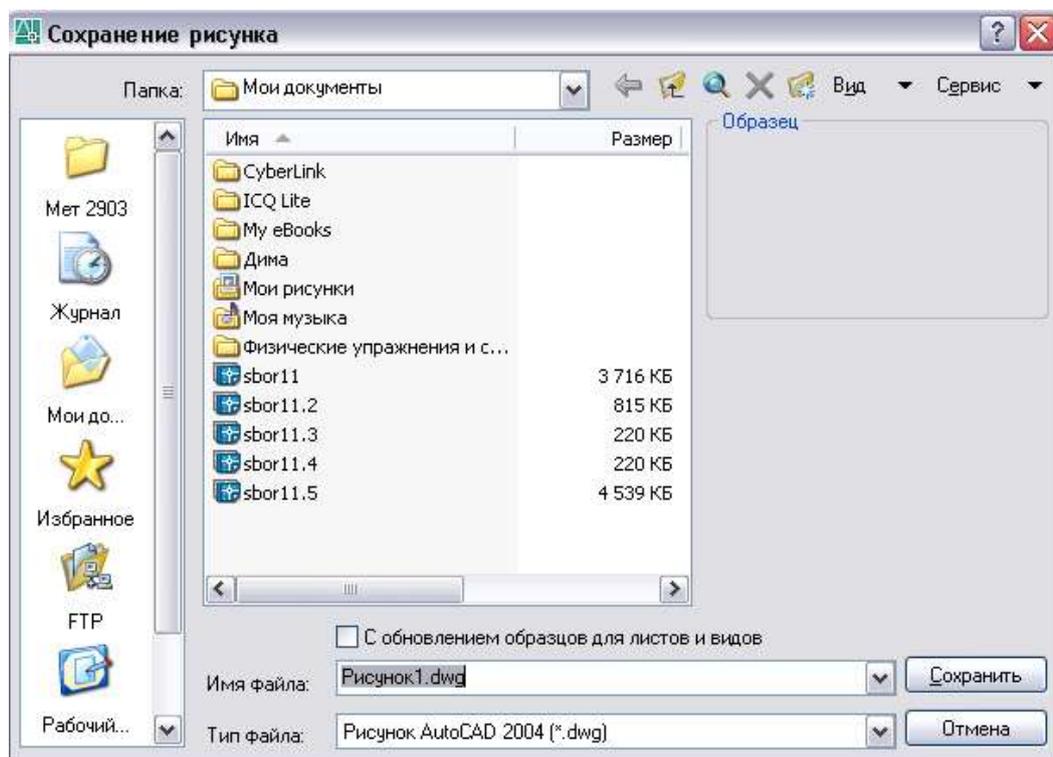


Рис. 10

### Редактирование с помощью ручек

Выбранными объектами можно манипулировать с помощью *ручек* – маленьких квадратиков, которые высвечиваются в определяющих точках выбранных объектов.

При включенном режиме ручек выбор объектов производится до редактирования, а манипуляции с ними выполняются с помощью графического курсора или ключевых слов. Таким образом, использование ручек позволяет минимизировать обращения к меню (рис. 11).

Графический курсор привязывается к ручке, по которой он проходит. Если режим ручек включен, то при удалении объектов из набора они теряют подсветку, но ручки на них остаются. Удаление ручек из набора объектов производится нажатием клавиши **Esc**. Для удаления какого-либо объекта из набора, имеющего ручки, следует нажать клавишу **Shift** при выборе этого объекта.

Для редактирования с помощью ручек нужно выбрать ручку, точка расположения которой будет *базовой* точкой редактирования. После этого выбирается один из режимов ручек: **Растянуть** (Stretch), **Перенести** (Move), **Повернуть** (Rotate), **Масштаб** (Scale) или **Зеркало** (Mirror). Переключение режимов производится вводом начальной буквы или циклически, последовательным нажатием клавиши **Пробел** или **Enter**. Например, для установки режима **Растянуть** (Stretch) нужно ввести **P** (**S**) или нажимать **Enter** до тех пор, пока в командной строке не появится **Растянуть** (Stretch). Чтобы выйти из режима работы с ручками и вер-

нуться к подсказке **Команда:** (Command:), необходимо ввести **X (X)** или нажать клавишу **Esc**.

Если при указании в команде редактирования первого нового положения для объекта нажата клавиша **Shift**, то активизируется режим *многократного* копирования. Скажем, в режиме **Растянуть** (Stretch) функция многократного копирования растягивает такой объект, как отрезок, и копирует его в любую точку графической области, указанную пользователем. Другой способ активизировать режим многократного копирования – выбрать опцию **Копировать** (Copy) в командной строке, а затем указывать положение или вводить координаты для каждой копии объекта. Режим многократного копирования остается активным до тех пор, пока не будет выбрана другая опция текущего режима ручек или нажата клавиша Enter для завершения операции.

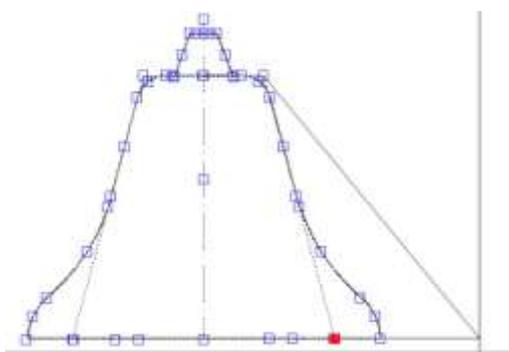


Рис. 11

### Основные команды редактирования

Эти команды вызываются из панели инструментов **Редактирование** (Modify) или из падающего меню **Редакт** (Modify).



Команда **Стереть** (Erase) – осуществляет *удаление* (стирание) объектов. Для восстановления удаленных последней командой **Стереть** (Erase) объектов используется команда **Ой** (Oops).



Команда **Копировать** (Copy) – осуществляет *копирование* объектов. Запрос **Несколько** (Multiple) используется для создания множества копий объектов. При его применении последний запрос, требующий указания точки смещения, задается многократно. Каждое смещение определяется относительно исходной базовой точки. После получения нужного числа копий в ответ на запрос необходимо нажать клавишу Enter.



Команда **Зеркало** (Mirror) – осуществляет *зеркальное отображение* объектов.



Команда **Подобие** (Offset) – осуществляет создание *подобных* объектов (эквидистант) с заданным смещением.



Команда **Массив** (Array) – осуществляет *размножение объектов массивом*.

Запрос **Круговой** (Polar) используется для формирования кругового массива. Используя эту команду, можно строить подобные отрезки, дуги, окружности, двухмерные полилинии, эллипсы, эллиптические дуги, прямые, лучи и плоские сплайны. Подобные окружности имеют диаметр больше или меньше исходного в зависимости от того, как задано смещение. Если смещение указано точкой вне окружности, новая окружность имеет больший диаметр, если внутри окружности – меньший. Запрос **Точка** (Through) позволяет задать смещение через точку.

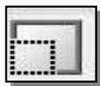


Команда **Перенести** (Move) – осуществляет *перемещение* объектов.



Команда **Повернуть** (Rotate) – осуществляет *поворот* объектов.

Запрос **Опорный угол** (Reference) используется для поворота относительно существующего угла.



Команда **Масштаб** (Scale) – осуществляет *масштабирование* объектов.

При масштабировании объектов масштабные коэффициенты по осям X и Y одинаковы. Таким образом, можно делать объект больше или меньше, но нельзя изменять соотношение его размеров по этим осям. Масштабирование выполняется путем указания базовой точки и новой длины объекта, из которой выводится масштабный коэффициент для текущих единиц, или путем явного ввода коэффициента. Кроме того, коэффициент может определяться путем указания текущей длины и новой длины объекта.

Запрос **Опорный отрезок** (Reference) используется для определения коэффициента масштабирования с применением существующих объектов. Одна из наиболее эффективных возможностей использования запроса **Опорный отрезок** (Reference) – изменение масштаба всего рисунка. Если окажется, что выбранные единицы рисунка не соответствуют заданным требованиям, то для выбора всех объектов на рисунке (например, рамкой) можно сначала воспользоваться командой **Масштаб** (SCALE), затем, используя запрос **Опорный отрезок** (Reference), указать два конца объекта, требуемая длина которого известна, и ввести эту длину. В результате масштаб всех объектов на рисунке изменится соответствующим образом.



Команда **Растянуть** (Stretch) – осуществляет *растягивание* объектов, сохраняя при этом связь с оставленными частями рисунка.



Команда **Обрезать** (Trim) – осуществляет *отсечение* объектов по режущей кромке. Секущей кромкой могут служить отрезки, дуги, окружности, двухмерные полилинии, эллипсы, сплайны, прямые, лучи. Объект, не пересекающийся с секущей кромкой, отсекается в месте их воображаемого пересечения. Когда секущая кромка определяется двухмерной полилинией, ее ширина не учитывается, и обрезка проводится по осевой линии. В пространстве листа секущими кромками могут быть границы видовых экранов.

Запросы команды **Обрезать** (Trim):

- выбери объект (Edge) – выбор режущей кромки;
- с продолжением (Extend) – отсечение объекта по воображаемой продолженной границе;
- без продолжения (No extend) – отсечение объектов по границе, с которой они имеют пересечение;
- выбери обрезаемый объект или [проекция/ кромка/ отменить].



Команда **Разорвать** (Break) – осуществляет разрыв объектов. В зависимости от используемых запросов разрыв осуществляется без стирания или со стиранием части отрезка, окружности, дуги, двумерной полилинии, эллипса, сплайна, прямой или луча. Для разбиения объекта можно либо выбрать объект в первой точке разрыва, а затем указать вторую точку разрыва, либо вначале просто выбрать объект, а затем произвести указание двух точек разрыва.



Команда **Расчленить** (Explode) – осуществляет *расчленение* блоков на составляющие их примитивы. При расчленении блока изображение на экране получается идентичным исходному, но при этом цвет, тип и вес линии объектов могут изменяться: объекты, входившие в блок, после его расчленения восстанавливают свои исходные свойства. Если расчленению подвергнута двумерная полилиния, любая информация о ширине или касательной игнорируется, получаемые отрезки и дуги следуют по осевой линии полилинии.



Команда **Фаска** (Chamfer) – осуществляет *снятие фасок* на объектах.  
Запросы команды:

- полилиния (Polyline) – снятие фасок вдоль всей полилинии, то есть в каждом пересечении ее сегментов;
- Длина (Distance) – производит настройку длины фаски;
- Угол (Angle) – позволяет задать длину для первой линии и угол относительно первой линии для подрезания второй линии;
- Обрезка (Trim) – позволяет определить, обрезать или нет линии до снятия фаски;
- Метод (Method) – позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок: либо расстояниями, либо расстоянием и углом.



Команда **Сопряжение** (Fillet) – осуществляет плавное *скругление* (сопряжение) объектов. Запросы команды:

- полилиния (Polyline) – означает, что операция сопряжения выполняется со всей полилинией;
- радиус (Radius) – позволяет задать радиус округления, то есть радиус дуги, соединяющей сопрягаемые объекты. По умолчанию радиус сопряжения равен последнему введенному значению. Изменение радиуса действует только на выполняемые после этого сопряжения, оставляя неизменными существующие.

### Режимы объектной привязки

В процессе выполнения команд рисования можно привязать курсор к характерным точкам объектов (к конечным точкам, центрам, серединам объектов и т. д.).

Активизация объектной привязки может осуществляться двумя способами:

- *разовые режимы объектной привязки*: заданные режимы объектной привязки действуют при указании только текущей (одной) точки. Кнопки на стандартной панели инструментов;
- *текущие режимы объектной привязки*: заданные режимы объектной привязки действуют постоянно до их отключения. Меню **Сервис** диалогового окна **Режимы Рисования** можно вызвать из контекстного меню в статусной строке (рис. 12).

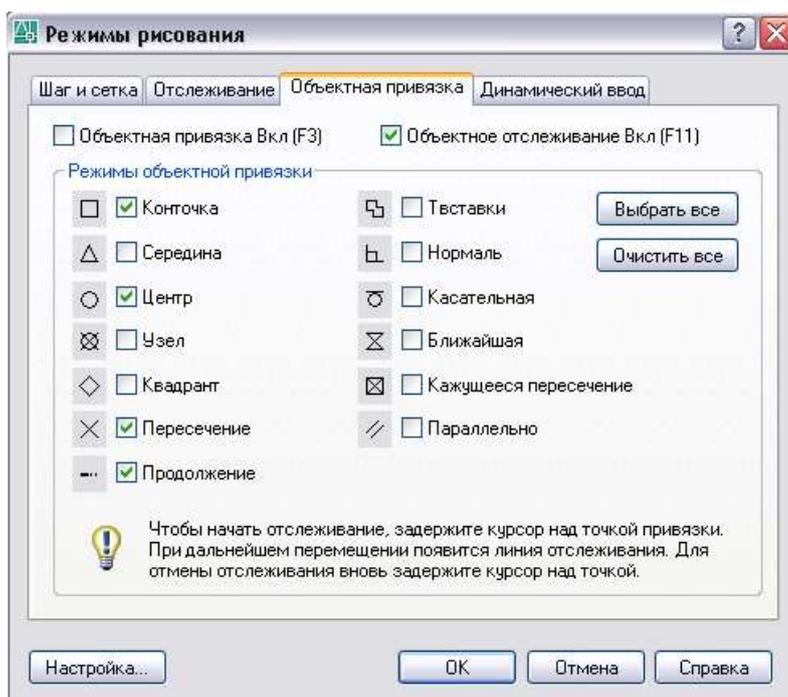


Рис. 12

## Создание точного чертежа

Для создания точного чертежа вместо линейки используются считываемые значения координат.

### Способы задания координат:

- указание точек на поле чертежа, отслеживая координаты в координатной строке, используя **Шаг** (Snap), **Сетка** (Grid), **Привязка** (Osnap), **Отс-Прив** (Otrack) с помощью мыши;
- вводом координат в координатной строке.

### Виды координат

Для задания точек можно использовать *абсолютные, относительные и полярные* координаты. Трехмерные также дополнительно используют *цилиндрические и сферические* координаты.

*Абсолютные* координаты выражают абсолютное расстояние от начала координат.

*Относительные* координаты отсчитывают расстояние от последней точки.

*Полярные* координаты – точка задается расстоянием и углом в плоскости XOY.

*Цилиндрические* координаты описывают расстояние и угол в плоскости XOY и координата Z.

*Сферические* координаты – положение точки определяется расстоянием от начала координат, углом в плоскости XOY и углом к плоскости XOY.

Таблица 4

Тип координат	Пример	
	Двухмерные координаты	Трехмерные координаты
Абсолютные	30, 40	30, 40, 20
Относительные	@ 30, 40	@ 30, 40, 20
Полярные: абсолютные	20<30	40<45
относительные	@ 30<35	@ 25<60
Цилиндрические	–	5<45,5
Сферические	–	5<45<45

### Определение точности и формата единиц

Точность и тип представления единиц задаются в диалоговом окне представления форматов единиц **Единицы рисунка (Drawing Units)** из меню **Формат (Format)** (рис. 13). Как правило, единицы – десятичные, а точность задается в зависимости от требований к чертежам, в нашем случае мы выбираем точность линейных единиц до целых значений, то есть 0.

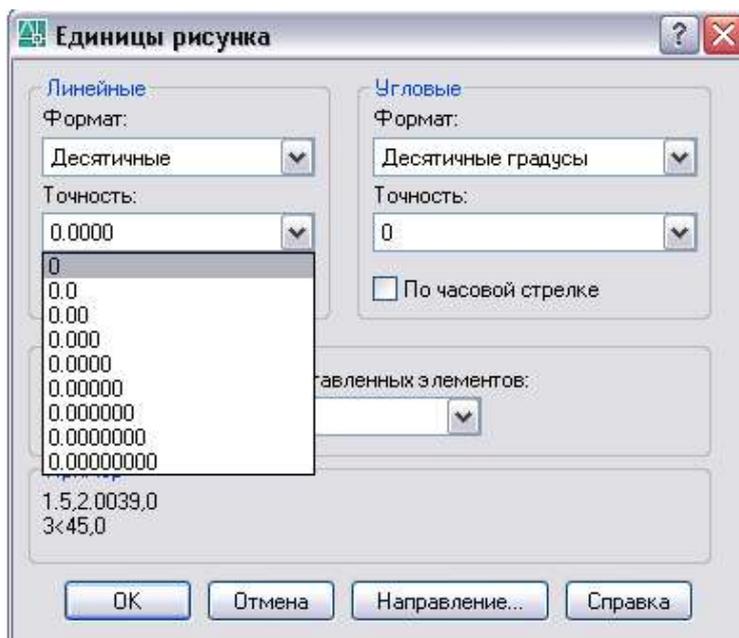


Рис. 13

## Тема № 4. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

Размеры показывают геометрические величины объектов, расстояние и углы между ними. В AutoCAD используется 11 видов размеров, которые можно разделить на три основных типа:

- 1) линейные;
- 2) угловые;
- 3) радиальные.

Линейные размеры делятся на горизонтальные, вертикальные и параллельные, повернутые, ординатные, базовые и размерные цепи.

Примитив **Размер** содержит несколько элементов, но система рассматривает его как единое целое. Он состоит из следующих элементов:

- 1) выносных линий;
- 2) размерной линии;
- 3) стрелок на размерной линии;
- 4) размерного текста (размерные числа).

Прежде чем наносить размеры на чертеж необходимо настроить размерный стиль. Размерные стили задают внешний вид и формат размеров. Размерный стиль определяет следующие характеристики размеров: формат и положение размерных линий, линий-выносок, стрелок и маркеров центра; внешний вид, положение и поведение размерного текста; правила взаимного расположения текста и размерных линий; глобальный масштаб размера; формат и точность основных, альтернативных и угловых единиц; формат и точность значений допусков. Меню **Размеры** (Dimension) команда **Стиль...(Style..)**. Или из панели инструментов **Размеры** (Dimension) щелчком по пиктограмме **Размерный Стиль** (Dimension Style). В появившемся диалоговом окне (рис. 14) щелкнуть по кнопке **Изменить...**, затем настроить высоту размерного текста, вид и величину стрелок и другие необходимые данные для конкретного чертежа. Для нанесения размеров используется панель инструментов или меню **Размеры** (Dimension).

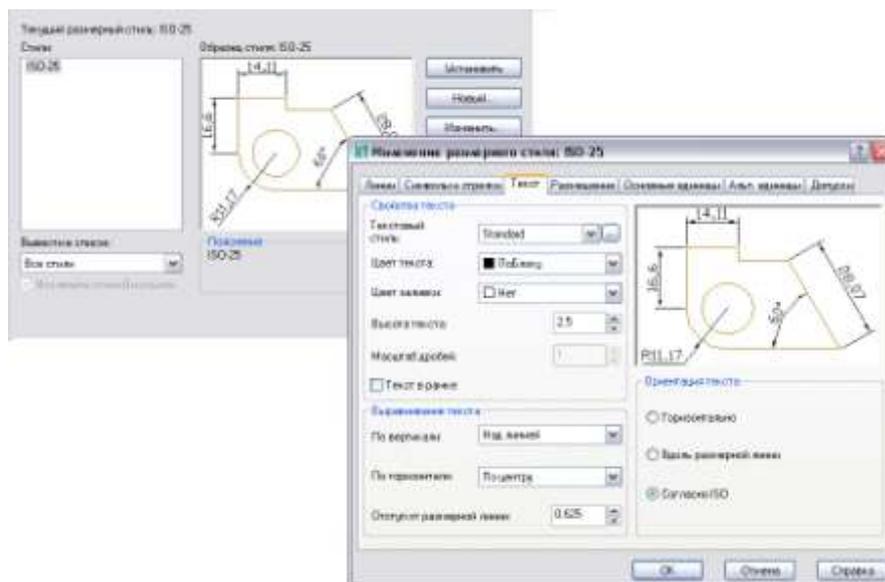


Рис. 14

*Построение точного чертежа и использование основных команд редактирования, а также нанесение размеров отрабатывается в лабораторной работе № 2.*

## Тема № 5. РАБОТА С МНОГОСЛОЙНЫМ ИЗОБРАЖЕНИЕМ

### Выполнение чертежей в отдельных слоях. Свойства слоев

Команда **Слой** (Layer) – это один из инструментов организации объектов в AutoCAD, применяемый для хранения различных видов информации.

Технологию создания чертежа, состоящего из нескольких слоев, можно представить себе как несколько совмещенных прозрачных листов, на каждом из которых находится часть чертежа.

Каждый слой имеет свое имя, в нем определены свойства отдельных его элементов как тип и цвет линий. Количество слоев не ограничено.

Важно помнить, что ни один слой или его примитивы не расположены выше или ниже другого.

Команда **Слой** (Layer) вызывается из панели **Свойств объектов** (Object Properties) (см. рис. 2) или из ниспадающего меню **Формат** (Format) (рис. 15).

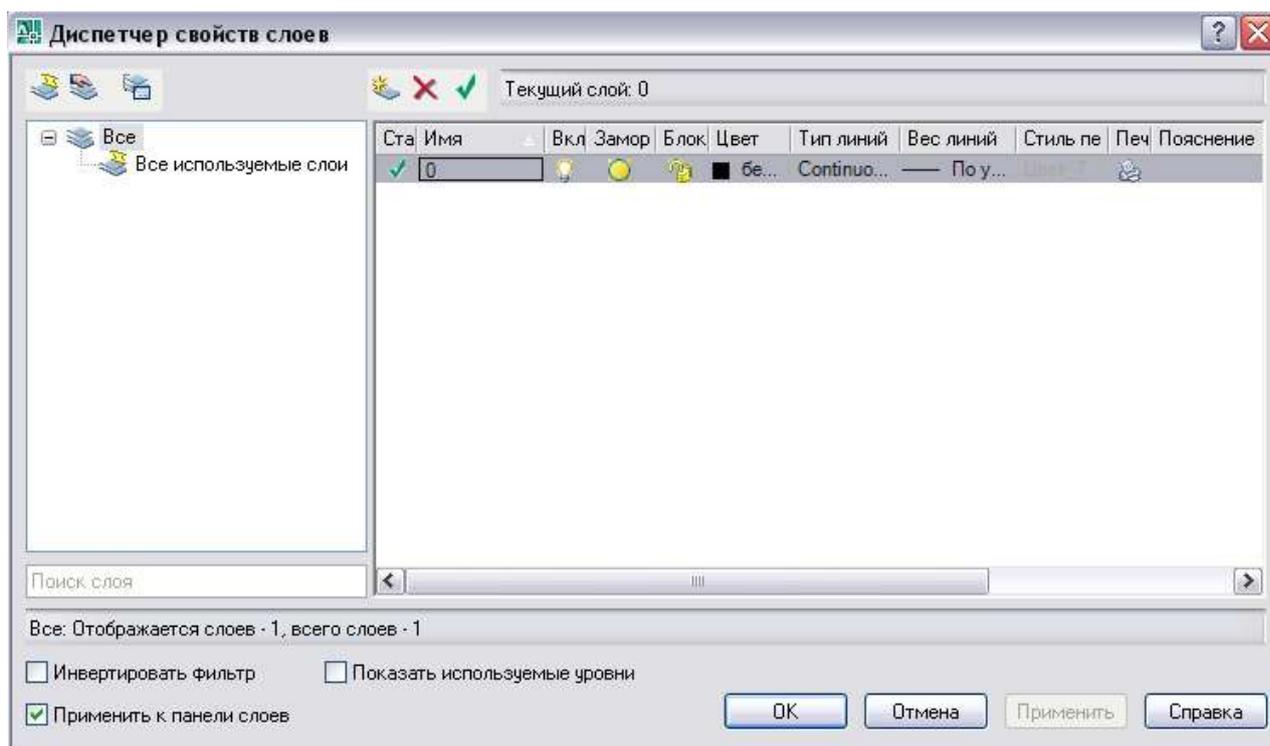


Рис. 15

Ниже перечисляются последовательно слева направо назначения пиктограмм:

- Включение/Отключение слоя (Turn a layer On or Off);
- Замораживание/Размораживание на всех видовых экранах (Freeze or thaw in ALL Viewports);

- Управление выводом содержимого слоя на печать (Make layer plottable or non-plottable);
- Цвет слоя (Color of layer).

## Типы линий

Все основные двумерные примитивы (отрезок, дуга, полилиния, круг) характеризуются типом линий. Тип линии – это шаблон (последовательность чередующихся линейных сегментов, пробелов и точек), по которому отрисовываются линии AutoCAD. Шаблоны типов линий определяются в специальных текстовых файлах (с расширением. lin). Описание типа линий находится в специальной библиотеке – 25 типов. Загружать необходимый шаблон нужно только один раз в момент начала работы с новым типом линий. Диалоговое окно **Диспетчер типа линий** (рис. 16) загружается из ниспадающего меню **Формат => Тип линий...** или из панели форматирования.

Команда **Цвет** управляет цветом новых примитивов. По умолчанию цвет принимает новое значение **По слою**. Всего AutoCAD использует 255 цветов. Для управления цветом слоя нужно использовать команду **Слой** и установить цвет линий по слою клавишей **Цвет**. Если необходимо иметь новые линии в слое другим цветом следует вызвать команду из меню **Формат Цвета...** или из панели форматирования.

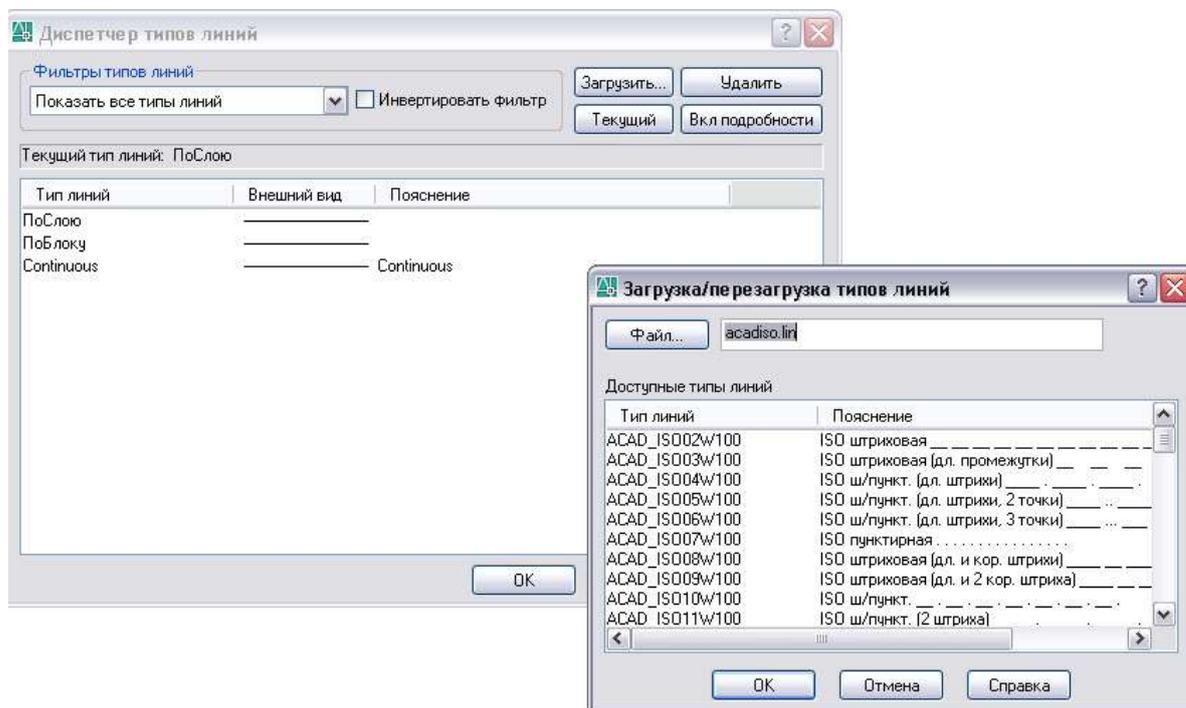


Рис. 16

## Изменение свойств объектов



Для того, что бы изменить практически любое свойство объекта можно загрузить диалоговое окно **Диспетчер свойств объектов** (Object Prop-

erty Manager). Кнопка на стандартной панели или из контекстного меню **Свойства...** (рис. 17). Это единый инструмент, управляющий всеми объектами рисунка. Необходимо выбрать нужный объект и в диалоговом окне отразятся все его свойства, которые там же можно изменить.

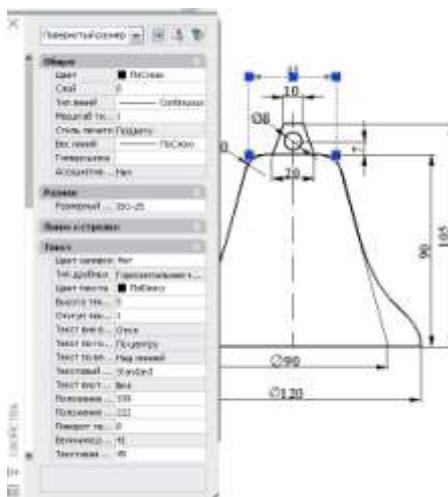


Рис. 17

## Штриховка

Команда **Штриховка** (Hatch) заштриховывает или заполняет область внутри выбранных границ. Ее можно вызвать кнопкой на панели рисования или из выпадающего меню **Вид**. В диалоговом окне (рис. 18) выполняются необходимые настройки.

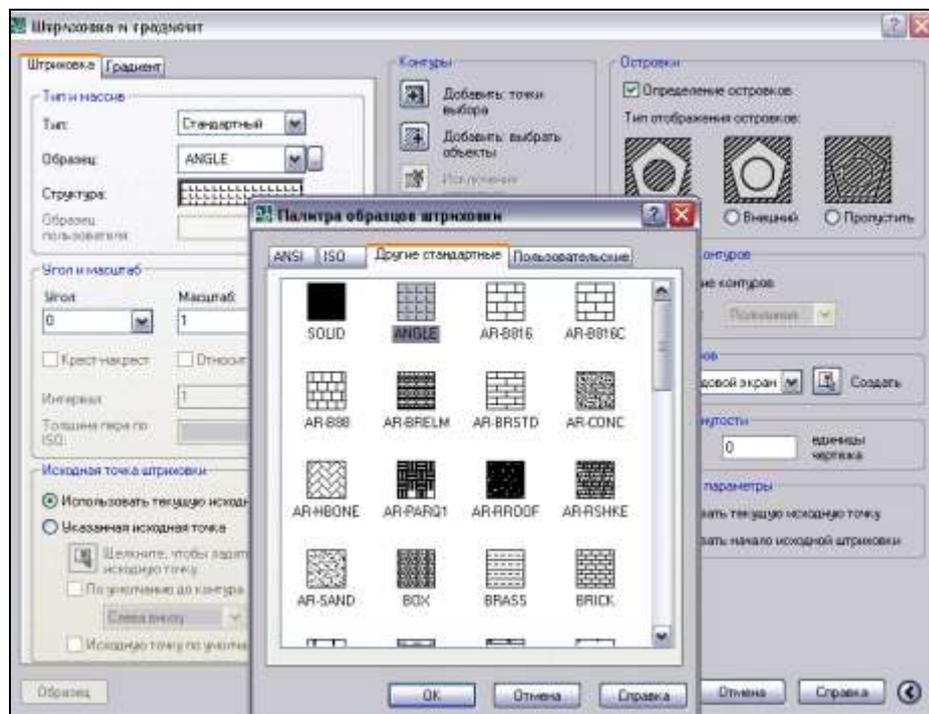


Рис. 18

Процесс штриховки состоит из следующих операций:

- 1) выбора образца штриховки;
- 2) выбор стиля штриховки;
- 3) указание области, подлежащей штриховке.

Различают нормальный, внешний и игнорирующий стиль штриховки (см. рис. 18).

*Нормальный стиль* устанавливается по умолчанию. Штрихование начинается с внешнего контура и при нахождении внутреннего контура штрихование прекращается, пока не будет найден еще один вложенный контур. Таким образом, все нечетные области будут заштрихованы, а четные нет.

*Внешний стиль* штрихует только внешний контур, при нахождении внутреннего контура штриховка прекращается.

*Игнорирующий стиль* отключает режим поиска и анализа вложенных контуров штриховки. Заштриховывается вся внутренняя область.

## Надписи в чертеже

С каждой текстовой надписью в AutoCAD связан некоторый *текстовый стиль*. При нанесении надписей используется текущий стиль, который задает шрифт, высоту, угол поворота, ориентацию и другие параметры. В одном рисунке можно создавать и использовать несколько текстовых стилей.

Все текстовые стили, кроме Standart, пользователь создает по своему желанию. Создание и модификация текстового стиля производится в диалоговом окне Текстовые стили (Text Style), вызываемом из ниспадающего меню **Формат** (Format) => **Текстовые стили...** (Text Style...) (рис. 19).

 Сравнительно короткие надписи, не требующие внутреннего форматирования, создаются командами **ДТекст** (DText) и **Текст** (Text) в виде однострочных текстов. Однострочный текст удобно применять для заголовков.

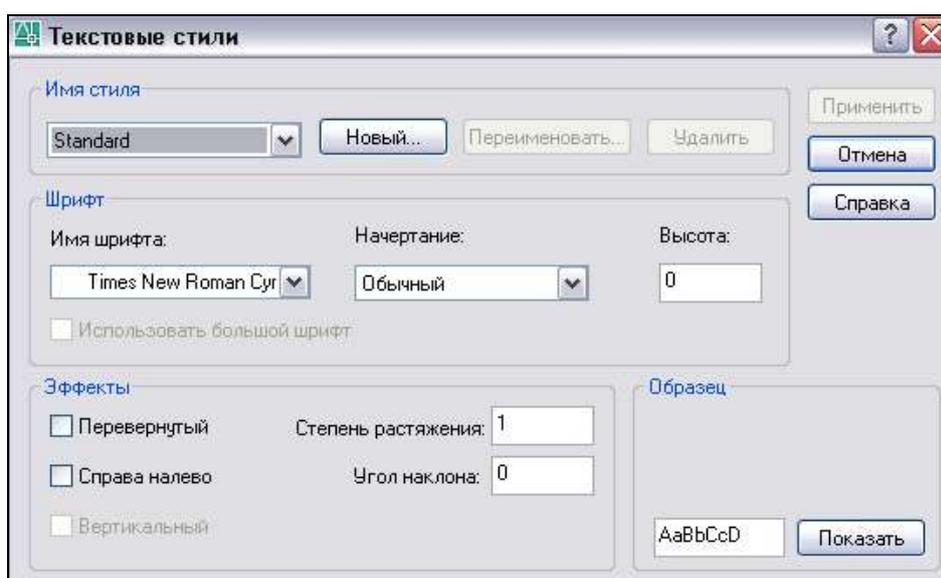


Рис. 19

Команда **ДТекст** (DText) – формирование *динамического текста* – вызывается из падающего меню **Рисование** (Draw) => **Текст** (Text) => **Однострочный** (Single Line Text) или щелчком мыши по пиктограмме **Динамический текст** (Dtext) панели инструментов.

 Длинные сложные надписи имеют вид многострочного текста, создаваемого командой **МТекст** (MText). Многострочный текст обычно вписывается в заданную ширину абзаца, но его можно растянуть и на неограниченную длину. В многострочном тексте допускается форматирование отдельных слов и символов.

Возможности редактирования многострочного текста шире, чем для однострочного. Например, для многострочных надписей предусмотрены режимы подчеркивания и надчеркивания отдельных слов и фраз, также разрешено указывать для них свои шрифты, цвета и высоту текста.

Команда **МТекст** (MText) – формирование многострочного текста – вызывается из ниспадающего меню **Рисование** (Draw) => **Текст** (Text) => **Многострочный...** (Multiline Text...) или щелчком мыши по пиктограмме **Многострочный** (Multiline Text) панели инструментов **Рисование** (Draw).

## Тема № 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЛОКА. СОЗДАНИЕ И ВСТАВКА

*Блоком* называется совокупность связанных объектов рисунка, обрабатываемых как единый объект. Формирование часто используемых объектов производится всего один раз. Затем они объединяются в блок, которому присваивается имя. При построении чертежа блоки играют роль строительных материалов. Применяя их, легко создавать фрагменты чертежей, которые неоднократно потребуются в работе. Блоки можно вставлять в рисунок с масштабированием и поворотом, расчленять на составляющие объекты и редактировать. Блок может включать в себя другие блоки.

С каждым блоком можно связать *атрибуты*, то есть текстовую информацию, которую допускается изменять в процессе вставки блока в рисунок и которая изображается на экране или остается невидимой.

Использование блоков в AutoCAD значительно упрощает создание, редактирование и сортировку объектов рисунка и связанной с ними информации.

Описание блока можно создать, сгруппировав объекты в текущем рисунке, а  можно сохранить блок в отдельном файле. При создании описания блока задается базовая точка и выбираются объекты, входящие в блок.

Команда **Блок** (Block) – формирование *блока* для использования его только в текущем рисунке.

Команда **Блок** (Block) вызывается из падающего меню **Рисование** (Draw) => **Блок** (Block) => **Создать...** (Make...) или щелчком мыши по пиктограмме **Создать блок** (Make Block) панели инструментов **Рисование** (Draw). Команда открывает диалоговое окно **Описание блока** (Block Definition) (рис. 20а).

При создании описания блока в диалоговом окне **Описание блока** (Block Definition) следует:

- в поле **Имя:** (Name:) ввести уникальное имя создаваемого блока;
- в области **Объекты** (Objects) нажать кнопку **Выбрать объекты** (Select objects) и выбрать с помощью устройства указания объекты для создания описания блока. При этом диалоговое окно временно закрывается. Затем следует нажать клавишу Enter после окончания выбора объектов, и диалоговое окно откроется снова;
- в области **Базовая точка** (Base point) задать координаты базовой точки вставки или нажать на кнопку **Указать** (Pick point) для выбора базовой точки с помощью устройства указания;
- в поле **Пояснение** (Description) ввести текстовые пояснения для облегчения идентификации и поиска блока в дальнейшем.

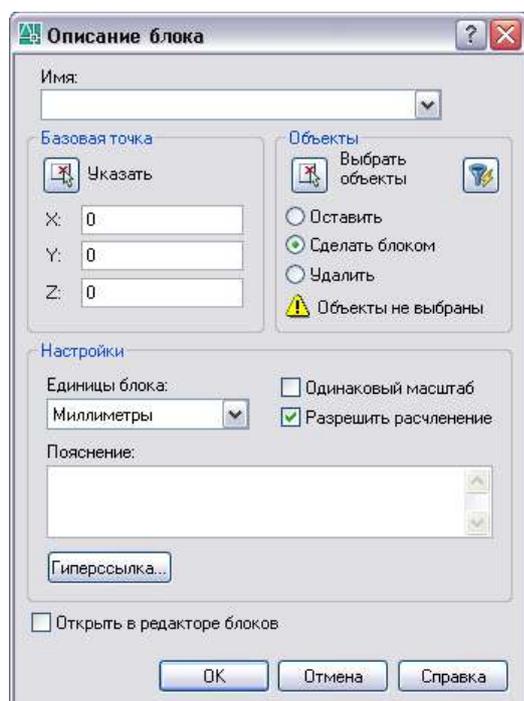
Описание блока сохраняется в текущем рисунке.

Для получения блоков, которыми можно воспользоваться при создании любых чертежей в AutoCAD, применяется команда **ПБлок** (WBlock). Она загружает диалоговое окно **Запись блока на диск** (Write Block), в котором следует указать блок или объект, записываемый в отдельный файл. Описание блока сохраняется в отдельном рисунке.

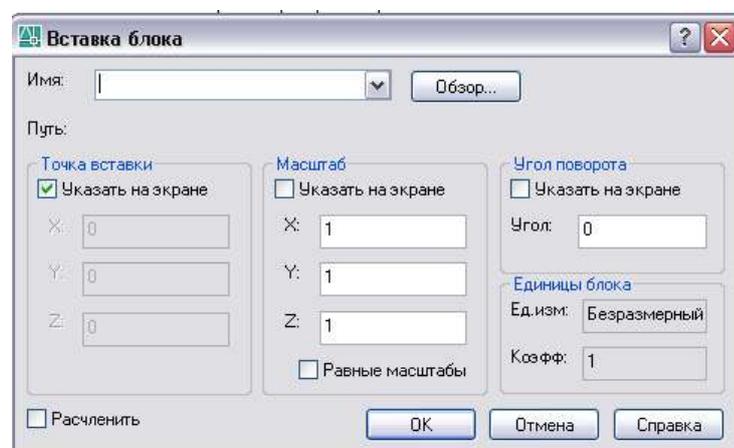


Команда **Вставить Блок** (Insert) – осуществляет *вставку* в текущий чертеж предварительно определенных блоков или существующих файлов рисунков в качестве блока.

Команда **Вставить** (Insert) вызывается из падающего меню **Вставка** (Insert) => **Блок...** (Block...) или щелчком мыши по пиктограмме **Вставка блока** (Insert Block) панели инструментов **Рисование** (Draw). При этом загружается диалоговое окно **Вставка блока** (Insert) (рис. 20б).



а)



б)

Рис. 20

Имя вставляемого блока указывается в поле **Имя:** (Name:). Следует учесть, что при указании коэффициента масштабирования может быть задано число или точка. При указании коэффициента масштабирования по оси Y по умолчанию принимается значение, равное масштабу по оси X. Если коэффициент масштабирования задан со знаком минус, то осуществляется зеркальное отображение. При указании угла поворота точка включения является центром поворота. Если для задания угла поворота вводится точка, AutoCAD измеряет угол наклона линии от точки вставки до этой точки и использует его в качестве угла поворота. Чтобы угол поворота был кратен 90°, следует задать режим **Орто** (Ortho).

При вставке в рисунок другого рисунка AutoCAD обрабатывает вставленное изображение так же, как и обычное вхождение блока.



Команда **Расчленить** (Explode) развивает блок на отдельные составляющие объекты.

## **Тема № 7. ПРОСТРАНСТВО МОДЕЛИ И ПРОСТРАНСТВО ЛИСТА. ВЫВОД ЧЕРТЕЖЕЙ НА ПЕЧАТАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО**

### **Пространство листа и пространство модели**

Когда пользователь открывает новый файл, то он по терминологии AutoCAD находится в пространстве **Модели**. Любой чертеж выполнен в пространстве **Модели**. Это условный термин, не означающий введение какого-то нового пространства или модели. Есть просто компьютерный чертеж, выполняемый в форме одного или нескольких видовых экранов. Чертеж, как правило, в пространстве **Модели** строится в масштабе 1:1. Чертежу, выполненному в пространстве **Листа**, может соответствовать изображение, имитирующее реальный лист чертежа, который будет выведен на печатающее устройство. Такое изображение создается в некоем воображаемом пространстве, названном разработчиками пространством **Листа**. Иначе говоря, термином «пространство Листа» обозначается режим работы системы, позволяющий создать компьютерный образ того листа чертежа, который будет выводиться на внешнее устройство. Если бы не использовалось пространство листа, пришлось бы загромождать пространство модели графической информацией, необходимой лишь для формирования чертежных листов. Ведь вся дополнительная графическая информация – рамка чертежного листа, основная надпись и другая графическая и текстовая информация – не имеет отношения к реальной модели и требуется только на твердой копии листов. Переключение из пространства **Модели** в пространство **Листа** осуществляется с помощью закладок в нижней части рабочего окна **Модель** (Model) или **Лист** (Layout).

**Компоновка листов.** Когда переключаемся в режим пространства **Листа** в первый раз – экран пуст, он представляет собой лист, на котором будет собираться чертеж из видов, выполненных ранее в режиме пространства **Модели** (рис. 21). Виды, созданные на этапе разработки чертежа, теперь приобретают новые свойства, позволяющие перемещать их по листу, что дает основание именовать их «пла-

вающими». Задание параметров листа производится из контекстного меню «Параметры листа», которое вызывается правой кнопкой мыши по ярлыку листа или меню **Файл => Параметры листа...** На листе вставляем или чертим рамку и основную надпись. Созданный ранее чертеж объекта вставляется с помощью видовых экранов из меню **Вид => Видовые экраны**. Существуют разные подходы к размещению видовых экранов на листе. В некоторых случаях создают всего один видовой экран, занимающий весь лист, в других же – используют более сложные конфигурации. Масштабирование и растягивание границы плавающего видового экрана не влияет на масштаб находящегося на нем вида. Для изменения масштаба вычерчивания видового экрана нужно использовать панель «Видовые экраны».

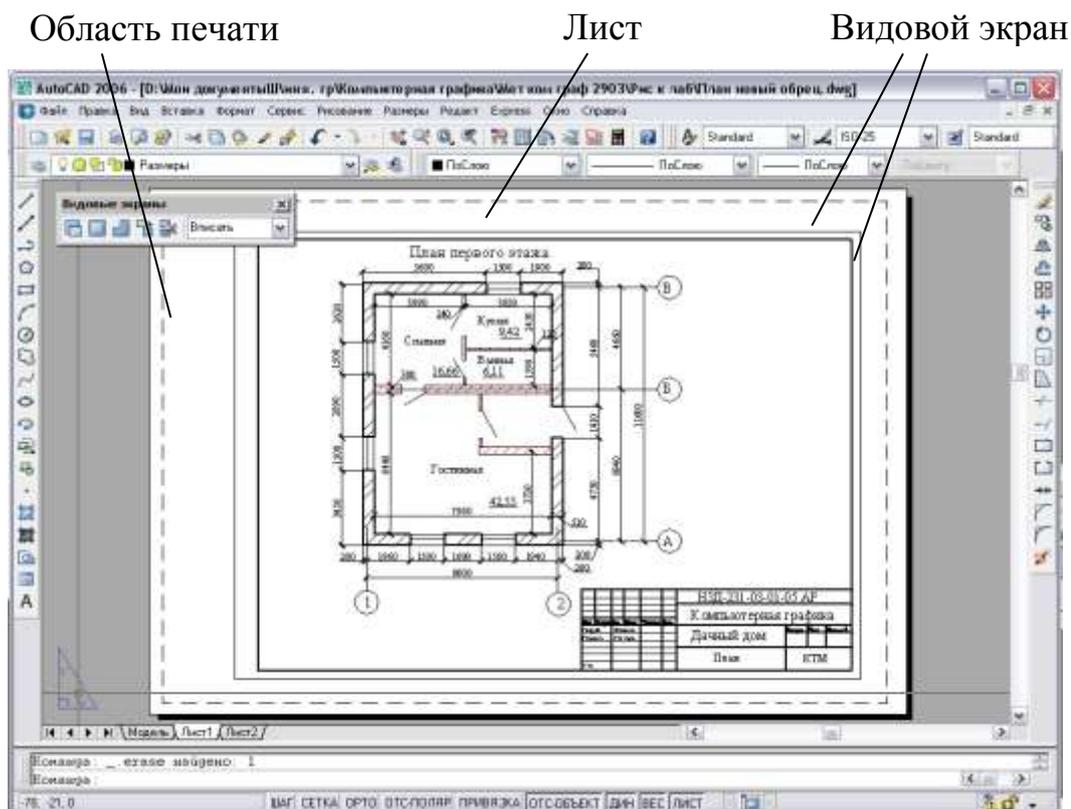


Рис. 21

### Вывод чертежей на печатающее устройство

Чертежи AutoCAD можно выводить на системный принтер Windows и на плоттеры различных видов.

Из меню **Файл** вызывается команда **Печать**, и в диалоговом окне настраиваются необходимые параметры. На вкладке **Устройство вывода** выбирается необходимый принтер, стиль печати и число копий. На вкладке **Параметры чертежа** настраивается нужный формат, его ориентация, масштаб, удаление скрытых линий (если необходимо), выбирается либо текущий лист или часть изображения рамкой (Рамка) или все что есть на экране (Экран). Кнопка **Полный просмотр** выполняет функцию полного предварительного просмотра всего изображения (рис. 22).

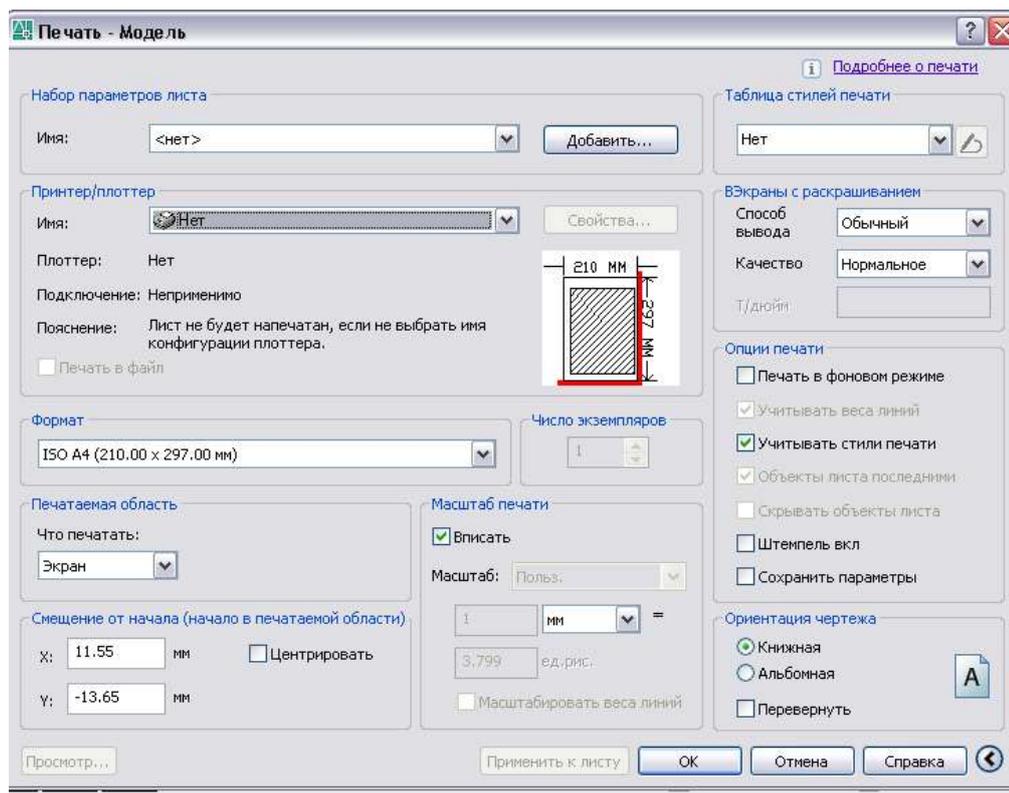


Рис. 22

*Лабораторная работа № 3 дает возможность освоить команды: блоки, слои, надписи, компоновки чертежа и вывод его на печать.*

## Тема № 8. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ НАГЛЯДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ. ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

### Трехмерные виды

При построении трехмерной модели приходится работать более чем с одним видом объекта, так как при создании и редактировании трехмерных объектов важна хорошая читаемость каждого элемента. Создание нескольких видовых экранов дает возможность рассмотреть объект с различных точек зрения. Установка нескольких видовых экранов возможна с помощью команды **Видовые экраны** (Viewports). Настройка изображений происходит командами **3М виды** (3D Views), **3М Орбита** (3D Orbit).

Для создания видовых экранов и манипулирования ими используется команда **Видовые экраны** (Viewports). Из меню **Вид (View) ⇒ Видовые экраны ⇒ Новые ВЭ...**, вызывается диалоговое окно **Видовые экраны**, представленное на (рис. 23). С помощью этой команды графический экран разделяется на несколько неперекрывающихся видовых экранов, каждый из которых может содержать собственный вид рисунка. Настройка видов в каждом экране производится из меню **Вид ⇒ 3М Виды** или из стандартной панели инструментов.

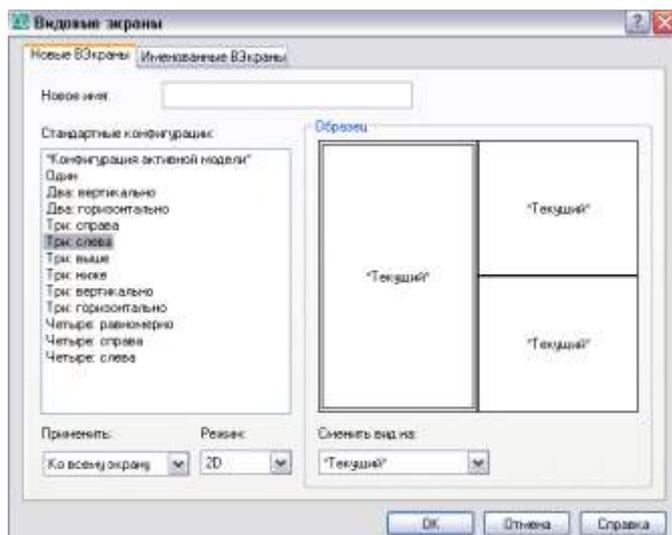


Рис. 23

### Основные способы построения наглядных изображений

1. Построение изометрического изображения объекта, которое создается с использованием двухмерных графических объектов.
2. Создание изображения объекта в виде набора непрозрачных поверхностей в трехмерном пространстве.
3. Формирование объекта с помощью сплошных трехмерных тел.
4. Построение твердотельных трехмерных моделей путем перемещения плоского изображения.

### Построение изометрического двумерного объекта

Меню **Сервис** (Tools) команда **Режимы рисования...** (Drafting Settings)... переключиться на **Изометрическая** (рис. 24). Переключение изометрических осей удобнее всего выполнять клавишей F5. Режим **Орто** строит отрезки параллельно осям (рис. 25).

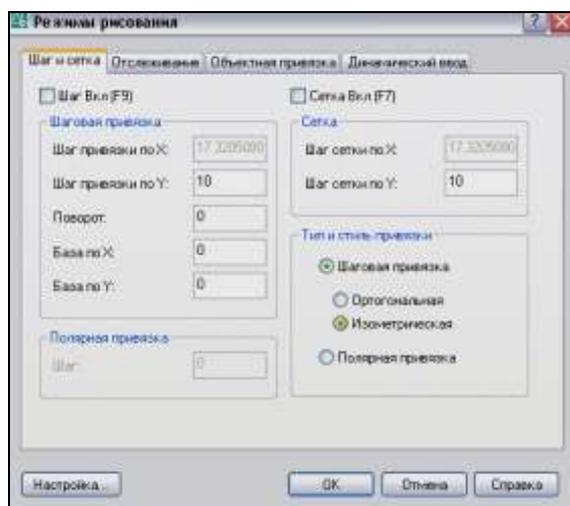


Рис. 24

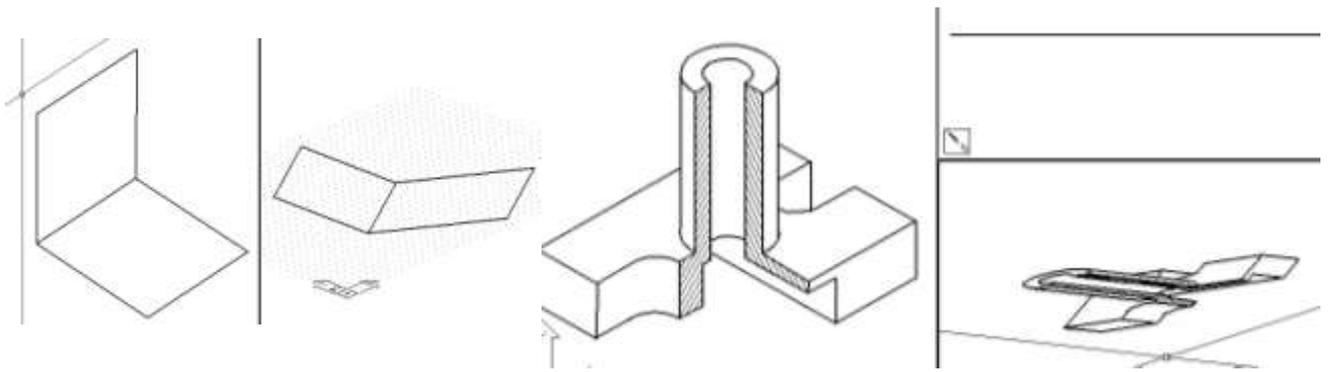


Рис. 25

### Создание поверхностей

Меню **Рисование** (Draw) команда **Поверхности** (Surfaces) или одноименная панель инструментов (рис. 26).



Рис. 26

AutoCAD строит поверхности на базе многоугольных сетей. Так как грани сети плоские, представление криволинейных поверхностей производится путем их аппроксимации (рис. 27).

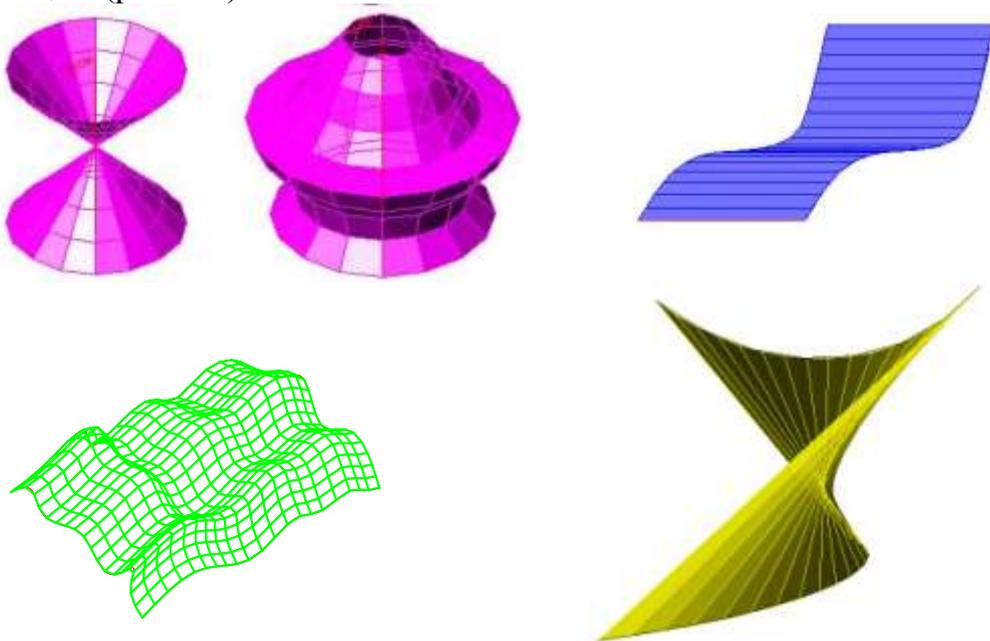


Рис. 27

## Твердотельные объекты и команды их редактирования

Пространственное моделирование базируется на моделировании двухмерных 2Д (2D) областей и трехмерных 3Д (3D) твердотельных объектов. Двухмерное моделирование позволяет создавать, редактировать и получать справки по двухмерным замкнутым областям, а трехмерное объемное моделирование дает возможность выполнять то же с трехмерными объектами, называемыми телами. Используется модульный подход. Содержатся средства создания базовых объектов: для тел – объектов типа параллелепипеда, цилиндра, тора, шара, клина или конуса, а для областей – любых примитивов, способных образовать замкнутый контур. Предусмотрены средства объединения нескольких тел в одно для образования составного тела или нескольких областей для образования составной области; вычитание одного объекта (тела или области) из другого и нахождение общего объема (или площади для областей) нескольких объектов – пересечения.

Твердотельные примитивы создаются соответствующими командами из панели **Моделирование (Solids)** (рис. 28) или из пульта управления в режиме 3D моделирование. Можно создать модели заданных размеров любого из этих тел введением требуемых значений.

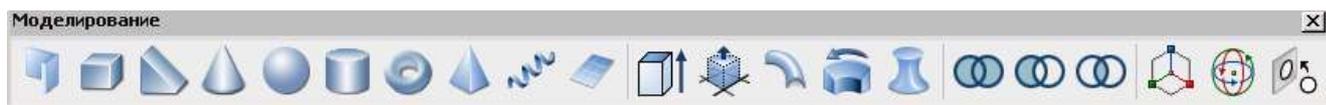


Рис. 28



Примитивы заданной формы можно создать путем «выдавливания» (команда **Выдавить (Extrude)**) (рис. 29).

Выдавленное тело можно получить, используя такие примитивы как многоугольник, круг, эллипс, замкнутый сплайн, кольцо, полилиния и область. С помощью одной команды можно выдавить сразу несколько объектов. Направление выдавливания определяется траекторией или заданием глубины и угла конусности.

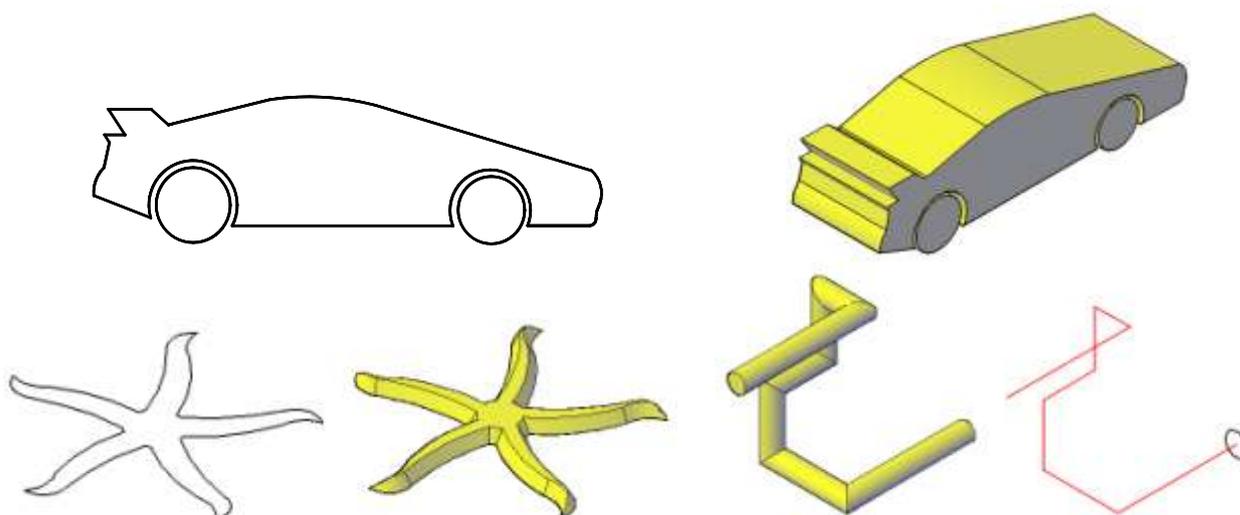


Рис. 29



Команда **Вращение** (Revolve) – формирование твердотельных объектов с помощью вращения существующих двухмерных объектов или областей на заданный угол вокруг оси X или Y (рис. 30).

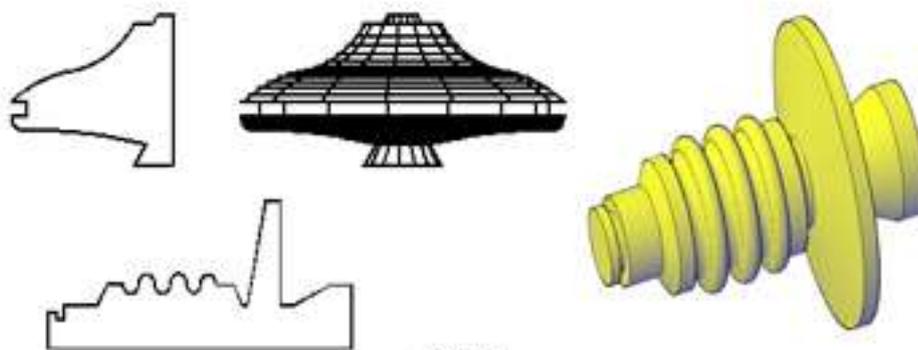


Рис. 30

Особое внимание следует уделить команде **Область** на панели **Рисование**. Эта команда позволяет создавать замкнутые области из набора различных примитивов: отрезков, дуг, кругов, полилиний. В связи с этим значительно упрощается процесс создания сплошных тел командами **Вращение** (Revolve) и **Выдавить** (Extrude). На рис. 31 показано как формируется модель: сначала создаются чертежи кругов и отрезков, затем создается контур командой **Обрезать** (Trim), полученный контур преобразуется в область. Полученный контур может объединяться, вычитаться, выдавливаться и т.д.

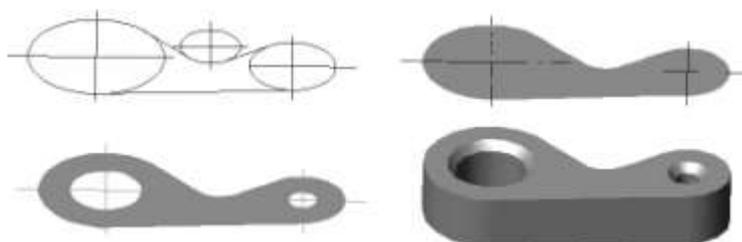


Рис. 31

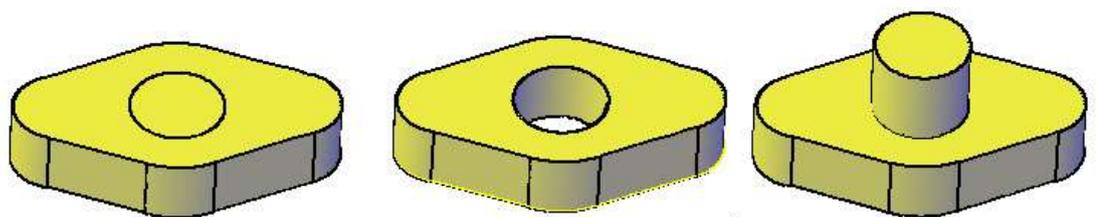


Для сжатия или вытягивания ограниченных областей можно воспользоваться кнопкой **Вытягивание** или нажать CTRL + ALT и, удерживая их нажатыми, указать на область. Область должна быть ограничена копланарными линиями или кромками (рис. 32).

Можно сжимать или вытягивать ограниченные области, определяемые объектами указанных ниже типов:

- любая область, которую можно штриховать путем выборки точек (с нулевым допуском замкнутости);
- области, ограничиваемые пересечением копланарной, линейной геометрии, включая ребра и геометрию в блоках;

- замкнутые полилинии, области, 3D грани и 2D тела, состоящие из копланарных вершин;
- области, создаваемые геометрией (включая ребра на гранях), вычерчиваемой копланарно любой грани 3D тела.



Ограниченная область на теле

Вдавливание ограниченной области

Вытягивание ограниченной области

Рис. 32



Политело вычерчивается точно так же, как и полилиния. По умолчанию у полителя всегда прямоугольные контуры. Предусмотрено задание высоты и ширины полителя. Для построения в модели стен служит команда **Политело** (рис. 33).

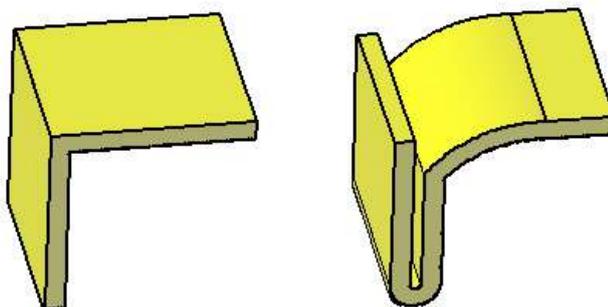


Рис. 33

С помощью команды **Политело** можно построить политело на основе существующего отрезка, 2D полилинии, дуги или круга.

Политело может содержать криволинейные сегменты, но контуры всегда являются прямоугольными по умолчанию.

При вычерчивании полителя можно воспользоваться параметром «Дуга» для добавления в политело дуговых сегментов. Для замыкания тела между первой и последней указанными точками служит параметр **Замкнуть**.

С помощью функции **динамической ПСК** можно на время автоматически выровнять XY-плоскость ПСК по плоскости в модели тела при создании объектов. Во время выполнения команды рисования выравнивание ПСК обеспечивается не использованием команды ПСК, а перемещением пользовательского указателя на ребро грани. Когда выполнение команды завершается, ПСК возвращается на свое предыдущее место с сохранением прежней ориентации.

Например, можно использовать динамическую ПСК с целью создания прямоугольника над расположенной под углом грани модели тела, как показано на рис. 34.

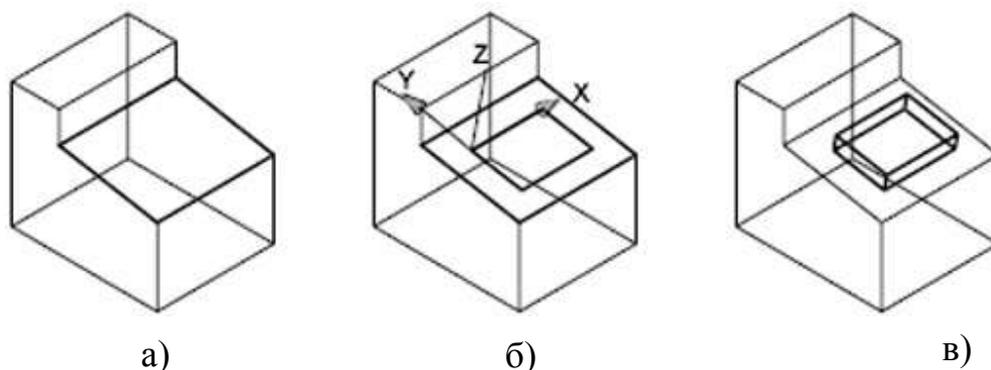


Рис. 34

На рис. 34а ПСК не выровнена по расположенной под углом грани. Вместо перемещения ПСК выполняется активизация динамической ПСК на строке состояния или нажатием F6.

Как показано на рис. 34б, при перемещении указателя по всему ребру курсор изменяется для отображения направления осей динамической ПСК. Далее можно легко создавать объекты на расположенной под углом грани, как показано на рис. 34в.

Примечание. Для отображения меток XYZ на курсоре нажмите правую кнопку мыши на кнопке ДПСК и нажмите на **Отобразить метки на перекрестьях**.

Ось X динамической ПСК располагается вдоль ребра грани, и положительное направление оси X всегда указывает на правую половину экрана. Динамическая ПСК способна обнаружить только передние грани тела.

Примечание. **Динамическая ПСК** доступна только при активной команде. Для создания спирали:



- выберите в меню **Рисование** ⇒ **Спираль**;
- укажите координаты центра основания спирали;
- задайте радиус в основании;
- укажите радиус при вершине или нажмите Enter для ввода значения, равного радиусу в основании;
- укажите высоту спирали (рис. 35).

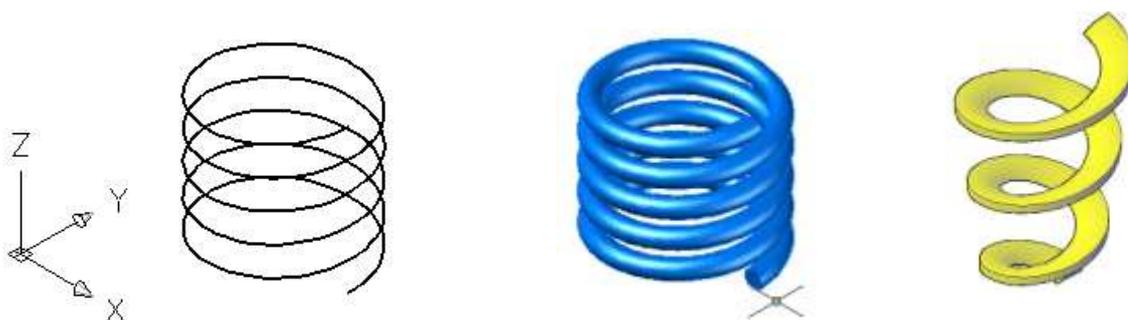


Рис. 35

Создание тела или поверхности по сечениям с использованием набора поперечных сечений:



- выберите меню **Рисование** ⇒ **Моделирование** ⇒ **По сечениям**;
- выберите поперечные сечения в том порядке, в котором тело или поверхность должны через них проходить;
- нажмите клавишу Enter (рис. 36).

Выполните одно из следующих действий:

– нажмите клавишу Enter или введите **с**, чтобы использовать только поперечные сечения;

– открывается диалоговое окно **Настройки сечений**. Для контроля формы тела или поверхности воспользуйтесь параметрами этого диалогового окна. Задайте требуемые значения параметров и нажмите кнопку **Предварительный просмотр** для предварительного просмотра поверхности или тела;

– по завершении нажмите кнопку ОК;

– введите **н** для выбора направляющих. Выберите направляющие, затем нажмите клавишу Enter;

– введите **т** для выбора траектории. Выберите траекторию, затем нажмите клавишу Enter.

По завершении построения по сечениям исходные объекты могут быть удалены или сохранены, в зависимости от значения системной переменной **DELOBJ**.

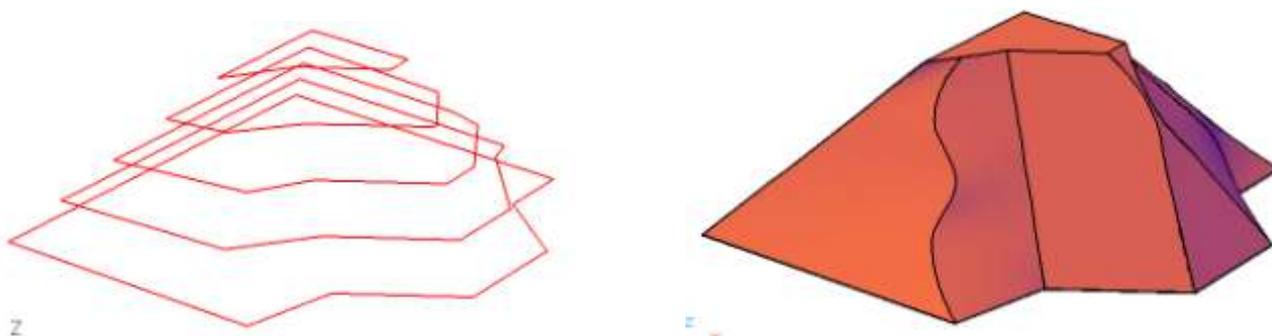


Рис. 36

### Логические операции построения трехмерных объектов

Для формирования сложных объектов выполняются логические операции объединения, вычитания и пересечения построенных тел из меню **Редакт (Modify)** или из панели **Редактирование тел (Solids Editing)**.



**Объединение (Union)** – предназначена для объединения объектов и создания новых составных тел. На запросы команды выбираем все объекты и нажимаем Enter (рис. 37).



**Вычитание (Subtract)** – обеспечивает вычитание одного объекта из другого.

Запросы:

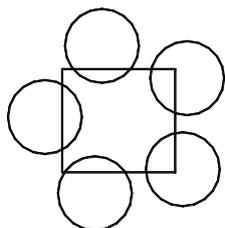
– выбери тела и области, из которых будет выполняться вычитание. На (рис. 38) выбираем квадрат и нажимаем Enter;

– выбери тела и области для вычитания. Выбираем окружности и нажимаем Enter (см. рис. 38).



**Пересечение (Intersect)** – позволяет при пересечении нескольких существующих объектов создать новые составные тела и области. На запросы команды выбираем все объекты и нажимаем Enter (рис. 39).

Объекты для объединения



Объединение

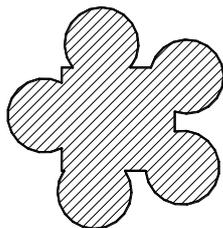
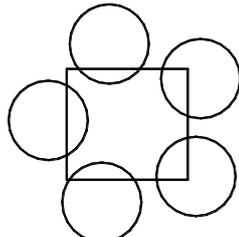


Рис. 37

Объекты для вычитания



Вычитание

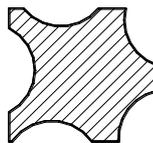
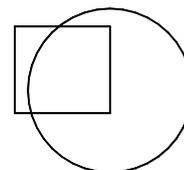


Рис. 38

Объекты для пересечения



Пересечение



Рис. 39

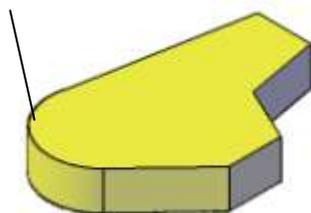
Редактирование созданных трехмерных тел можно с помощью различных команд на панели **Редактирование тел**.



Команда **Оболочка (Shell)** позволяет создавать тонкие стенки в плоских телах. Запросы:

- выбери 3М тело: выбрать трехмерное тело;
- выбери грани для исключения или [Отменить/ Добавить/ Все]: выбрать грань, где не будет толщины (например верхнюю грань);
- толщина стенок оболочки (рис. 40).

Сплошное тело



Оболочка с исключенной верхней гранью

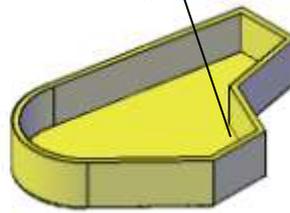


Рис. 40



Удаляем ненужные части объектов командой **Разрез (Slice)** на панели **Редактирование тел** (рис. 41). Запросы:

- выбери объекты: выбираем стены. Enter;
- первая точка режущей кромки: выбираем нижнюю точку 1 кромки крыши;
- вторая точка: точка 2;
- третья точка: точка 3;

– укажите точку с нужной стороны плоскости: указать нижнюю точку 4 стены. Те же операции можно выполнить и для крыши (см. рис. 41).

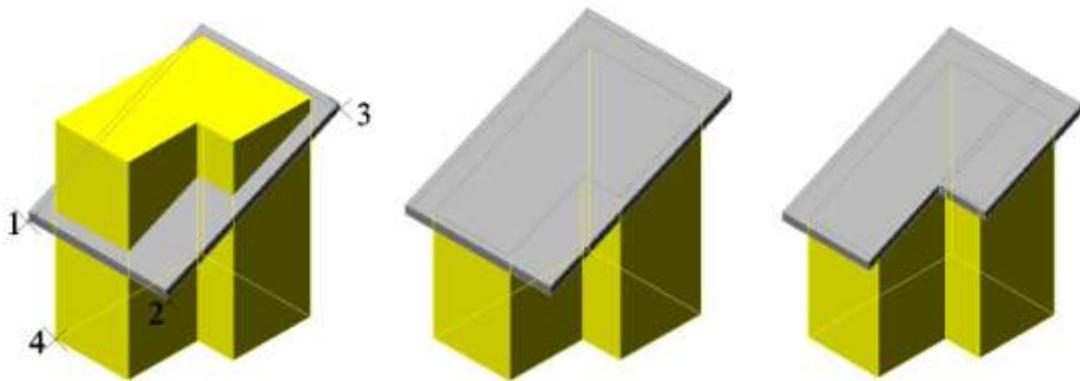


Рис. 41



Команда **Выдавить грани** (Extrude faces) позволяет изменить глубину паза или высоту тела (рис. 42).



Для равномерного смещения граней на заданное расстояние используется команда **Сместить грани** (Offset faces). Запросы:

– выбери грани или [Отменить /Исключить]: необходимо выбрать нужную грань (если выбираются лишние грани, то необходимо нажать клавишу Shift и не отпуская ее щелкнуть по ненужной грани);

– расстояние смещения: ввести с клавиатуры нужное значение, Enter (см. рис. 42).

Выдавленная  
грань

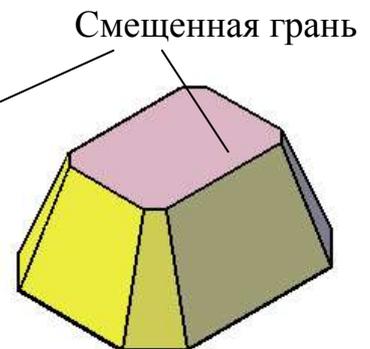
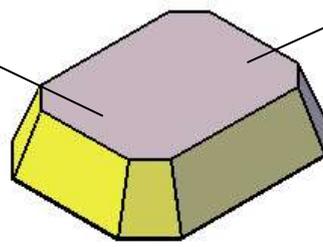
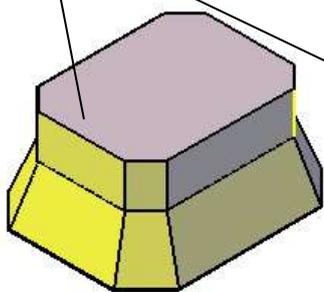


Рис. 42

Для того чтобы построить скругленные или срезанные оконные проемы можно воспользоваться командами **Сопряжение** и **Фаска** на панели **Редактирование**. Необходимо обратить внимание на то, что в отличие от двухмерных чертежей при построении фаски и сопряжения выбирается только редактируемое ребро (рис. 43).



Команда **Фаска** (Chamfer). Запросы:

– выбери первый отрезок или [полИлиния/Длина/Угол/Обрезка/Метод]: выбрать из контекстного меню опцию Длина фаски  $\diamond$ : выбрать ребро (выбирается базовая поверхность);

- задай опцию выбора поверхности [Следующая/ОК(текущая)] < ОК >: Enter;
- длина фаски для базовой поверхности: ввести нужное значение;
- выбери ребро или (контур): выбрать нужное ребро.

Команда **Сопряжение** (Fillet). Запросы:



- выбери первый объект или [полИлиния/раДиус/Обрезка]: выбрать нужное ребро, Enter;
- радиус сопряжения: задать необходимое значение;
- выбери ребро или [Цепь/Радиус]: Enter (см. рис. 43).

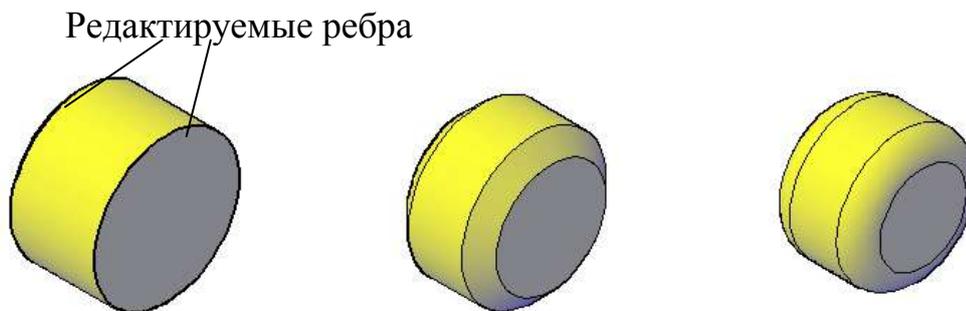


Рис. 43



Поворот выбранных граней осуществляется вокруг выбранной оси (рис. 44) командой **Повернуть грани** (Rotate faces).

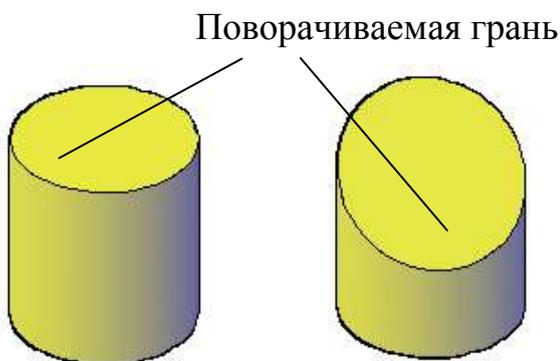


Рис. 44

### Интерактивное управление точкой взгляда



В наши дни все более актуальным становится требование к эффективной презентации разработанного проекта. Эту задачу можно решить, используя команду **3М Орбита** (3D Orbit), вращая тонированный объект в реальном режиме времени.

Команда **3М Орбита** (3D Orbit) активизирует на текущем видовом экране режим интерактивного управления точкой взгляда при работе в трехмерном пространстве. Команда вызывается из ниспадающего меню **Вид (View) ⇒ 3М Орбита** (3D Orbit), или щелчком мыши по пиктограмме в стандартной панели инструментов, или вызвать панель **3М орбита** (рис. 45).

Вид, на котором действует режим орбиты, помечается орбитальным кольцом (см. рис. 45). В процессе выполнения команды **3М Орбита (3D Orbit)** неподвижной остается точка, на которую направлен взгляд, то есть точка цели. Точка, в которой расположен наблюдатель (точка камеры), перемещается относительно цели. Чтобы приступить к вращению вида, нужно нажать кнопку мыши и переместить курсор в нужном направлении. Эта команда позволяет динамически вращать тонированный объект, задавать текущие плоскости и динамически просматривать сечение твердотельной модели, а также объект под любым углом в перспективе или в ортогональных проекциях. Очень удобна динамичность перехода к опциям команды с помощью контекстных меню.

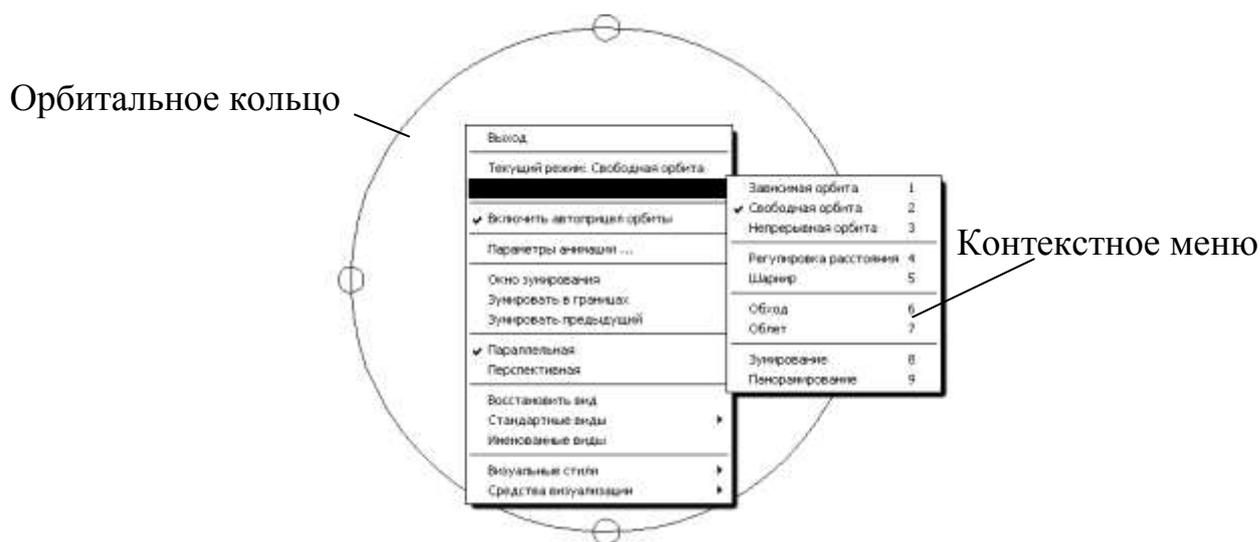


Рис. 45

## Тема № 9. КОМАНДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Как правило, после завершения работы с моделью, а иногда и в процессе проектирования, требуется максимально правдоподобное изображение сконструированного объекта, то есть раскрашенное в реальные цвета, со специфической структурой поверхности, естественной светотенью, в перспективе и с другими эффектами.

Если способы отображения моделей объектов перечислить в порядке усложнения, то получится такая последовательность:

- изображения с подавленными скрытыми линиями;
- изображения с раскрашенными поверхностями;
- тонированные изображения с поверхностями;
- изображения, которым присвоены цвет и свойства определенных материалов;
- изображения объекта с заданным освещением.

Команда **Скрыть (Hide)** обеспечивает создание рисунка без скрытых линий.

Команда **Визуальные стили** (Shademode) обеспечивает раскрашивание изображения (удаление невидимых линий и нанесение монохромных цветов на видимые поверхности) на текущем видовом экране. Вызывается из **Пулты управления** в режиме **3D моделирование** (рис. 46).

При тонировании создается 2D изображение на основе 3D сцены. Геометрия сцены тонируется с помощью настроенного пользователем освещения, применяемых материалов и особенностей окружающей среды, например, фона или тумана.

Важную роль для оптимизации производительности системы тонирования и качества изображения играет способ построения модели.

Настройка системы тонирования. Можно менять параметры, управляющие процессом тонирования, например при тонировании изображений высокого разрешения.

Основной целью работы является создание высококачественного изображения фотографического качества, поэтому для достижения этой цели потребуется создать множество различных вариантов тонирования.

С помощью дополнительных функций тонирования можно выполнять тонирование изображений высокого уровня детальности и фотографического качества.

Команда **Тонирование** (Render) позволяет получить более реалистичные изображения. Но сначала нужно из меню **Материалы...** выбрать необходимую текстуру, присвоить нужному объекту (рис. 47).

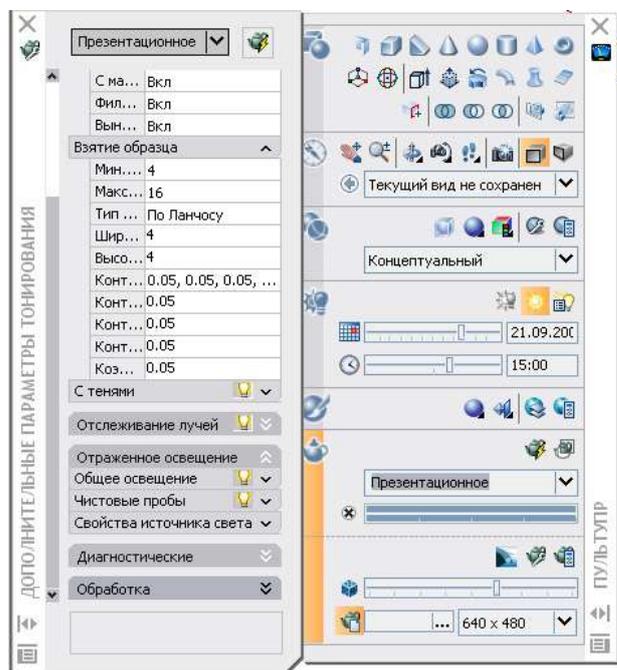


Рис. 46

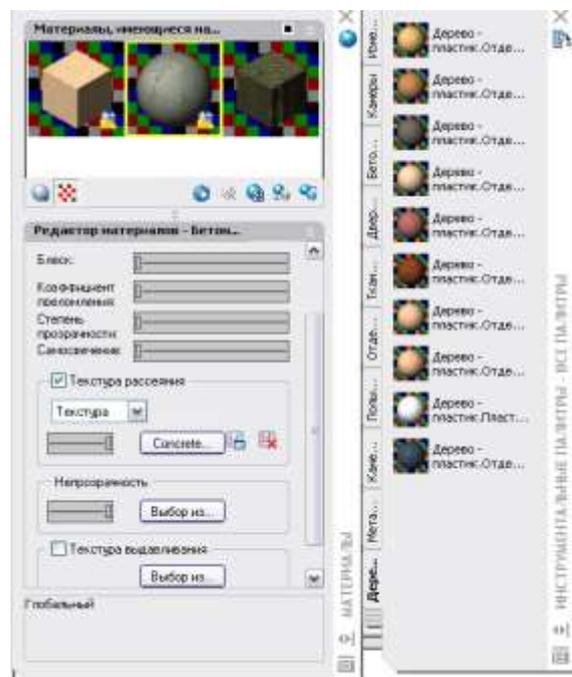


Рис. 47

Можно настроить и добавить дополнительный источник света из **Пулты управления** (см. рис. 46). На рис. 48 приведен пример тонированных объектов.

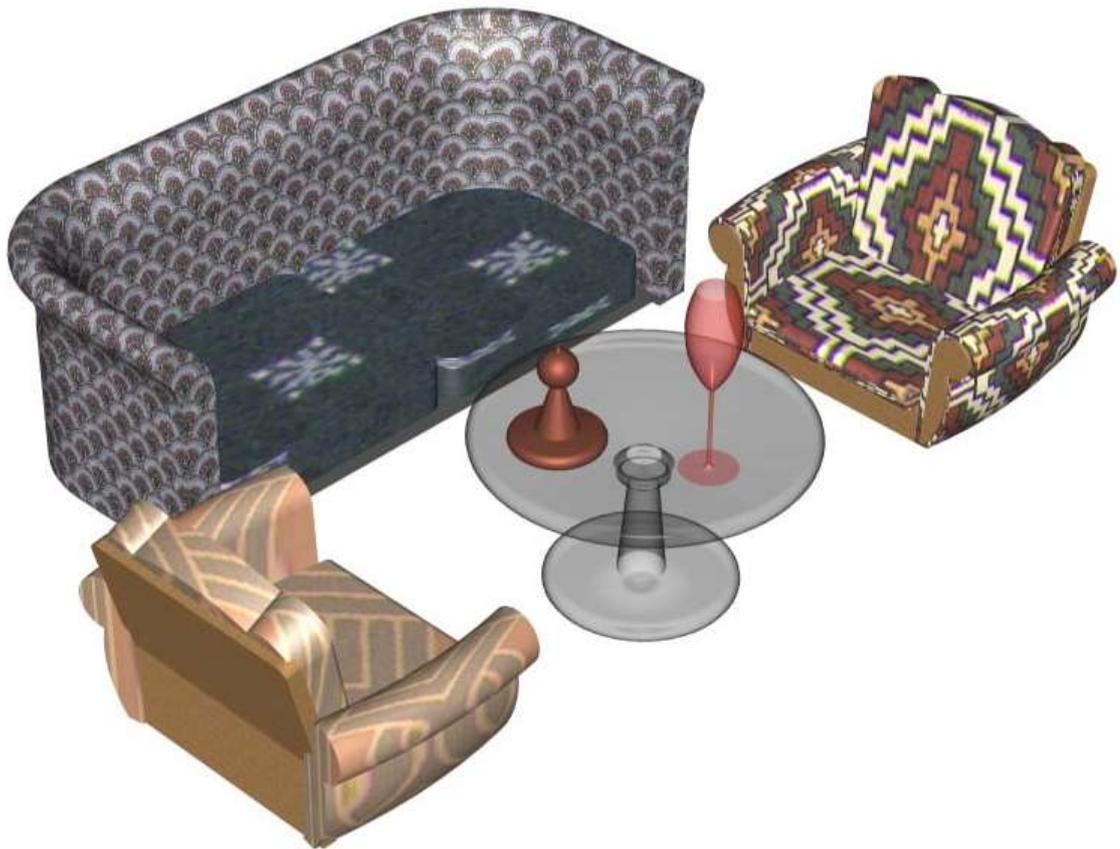


Рис. 48

## Тема № 10. ФОРМИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА ПО ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ

При формировании чертежа на основе трехмерной модели следует придерживаться следующего порядка.

1. Установить систему координат, совпадающую с нужным видом.
2. Перейти в пространство листа, щелкнув по закладке **Лист**. Оформить нужный формат чертежа.
3. Получить на чертеже необходимые графические изображения по созданной пространственной модели. Вывести из ниспадающего меню **Вид** панель **Тела**. Использовать команду **Подготовка: вид (Solview)**, обеспечивающую создание видовых экранов в пространстве листа.
4. Задать опцию [Пск/Орто/ДополнительныйСечение] (Ucs/Ortho/Auxiliary/Selection/<Exit>);  
 задать опцию [Имя/Мск/ ?/Текущая] (Name/World/<Current>): Enter;  
 масштаб вида <1>(Enter view scale <1.0>): задать нужный масштаб;  
 центр вида (View center): указать место вида;  
 первый угол видового экрана (Clip first corner): указать первый угол видового экрана;  
 противоположный угол видового экрана (Clip other corner): указать второй угол видового экрана;

имя вида (View name): имя задается пользователем.

5. Всем слоям с невидимыми линиями <имя вида> -hid установить тип линии **Штриховая** (рис. 49).

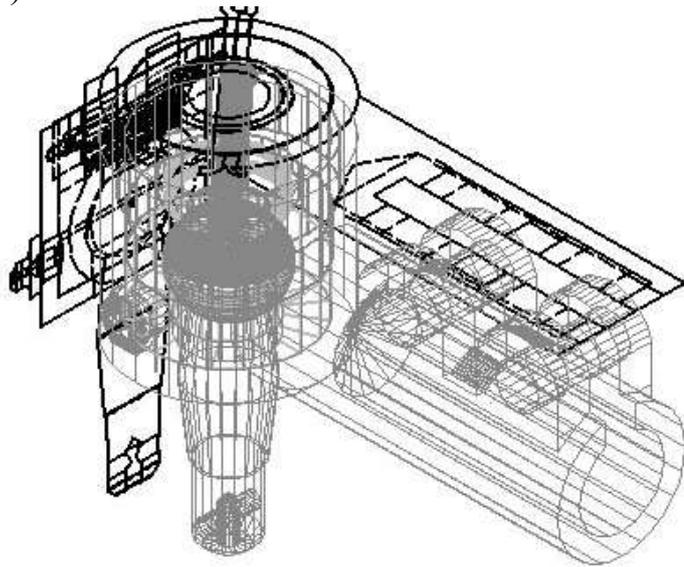


Рис. 49

6. Оформить графические изображения по стандартам ЕСКД.

7. Команда **Подготовка: построение** (Soldraw) из панели **Тела**.

Запросы: выбери объект (Select object): в ответ на последовательность запросов указывать рамки всех видов, представленных на рисунках.

8. Отключить слой видовых рамок Vports. Провести осевые линии. Проставить размеры в слоях с именами <имя вида> -dim, устанавливая соответствующие слои текущими (рис. 50).

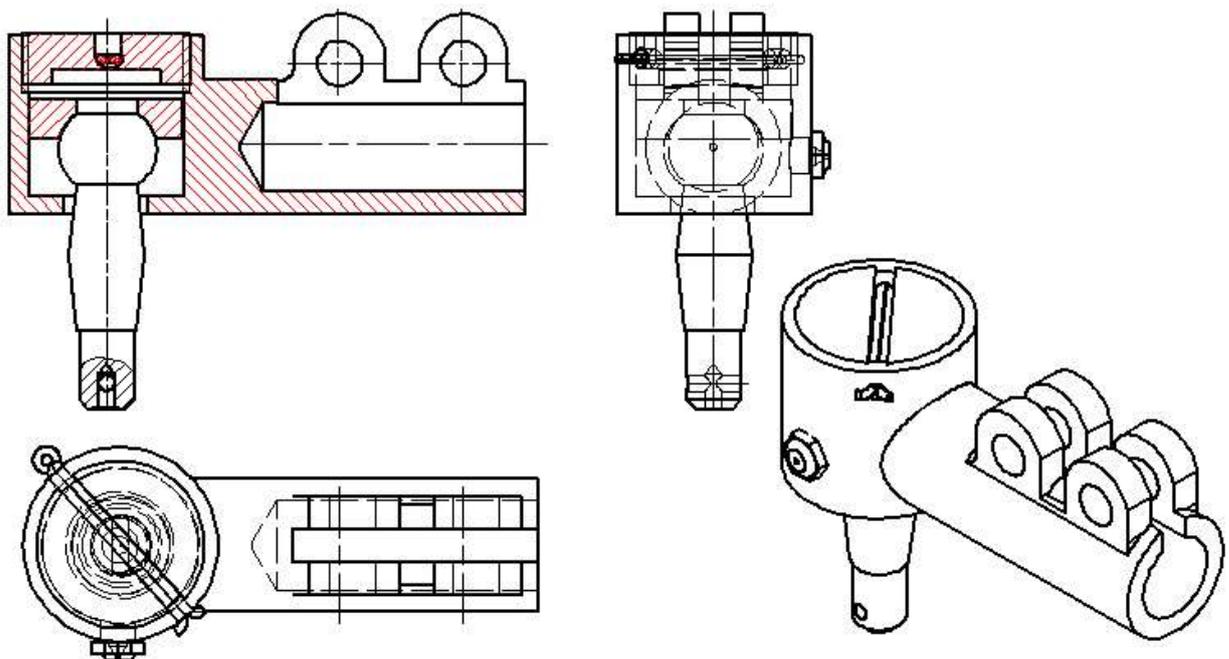


Рис. 50

## Контрольные вопросы для самопроверки

1. На какие виды разделяется компьютерная графика? В чем их общее отличие?
2. Где отображается название команды ее запросы в AutoCAD?
3. Назначение функциональных клавиш F1, F2, F3?
4. Основное назначение контекстного меню и как его вызвать?
5. Запишите пример сферических координат.
6. Какая команда дает возможность увеличить чертеж в 2,2 раза?
7. В каком масштабе выполняется чертеж в пространстве Модели?
8. Чтобы вывести чертеж на печать, что необходимо выполнить?
9. С помощью какой команды можно получить единый двухмерный объект, состоящий из отрезков и дуг, чтобы создать трехмерное тело?
10. Как можно получить в AutoCAD чертежи 3Д моделей, оформленные по правилам ЕСКД?

## Тема № 11. ФОРМИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ ПО ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ В СРЕДЕ MECHANICAL DESKTOP

### Объектно-ориентированная система Mechanical Desktop для машиностроителей

На смену универсальным пакетам пришли вертикально ориентированные системы со встроенным Auto CAD. Для технического проектирования – это Mechanical Desktop.

Mechanical Desktop – система трехмерного твердотельного и поверхностного моделирования, имеющая мощный и практичный подход к машиностроительному конструированию. В Mechanical Desktop есть возможность получать чертежи по трехмерным моделям. Для оформления чертежей предусмотрены наиболее эффективные способы перехода от двухмерного моделирования к трехмерному и обратно, обеспечивающие разработчика надежным инструментом конструирования.

Mechanical Desktop предоставляет несколько методов доступа к функциям программы и управлением процессом разработки моделей: контекстное меню, панели инструментов, ниспадающее меню, командная строка. Рабочее окно представлено на рис. 51. Центр управления Desktop представляет собой графический интерфейс создания и редактирования моделей. Закладка **Модель** отражает создание двух- или трехмерных моделей деталей. Закладка **Схема** наглядно иллюстрирует порядок сборки или разборки узла. Закладка **Чертеж** показывает и настраивает порядок создания видов, разрезов, нанесение размеров. Для отображения графического окна Центра управления Desktop используется кнопка на стан-



дартной панели инструментов или меню **Вид** ⇒ **Отображение** ⇒ **Центр управления**.

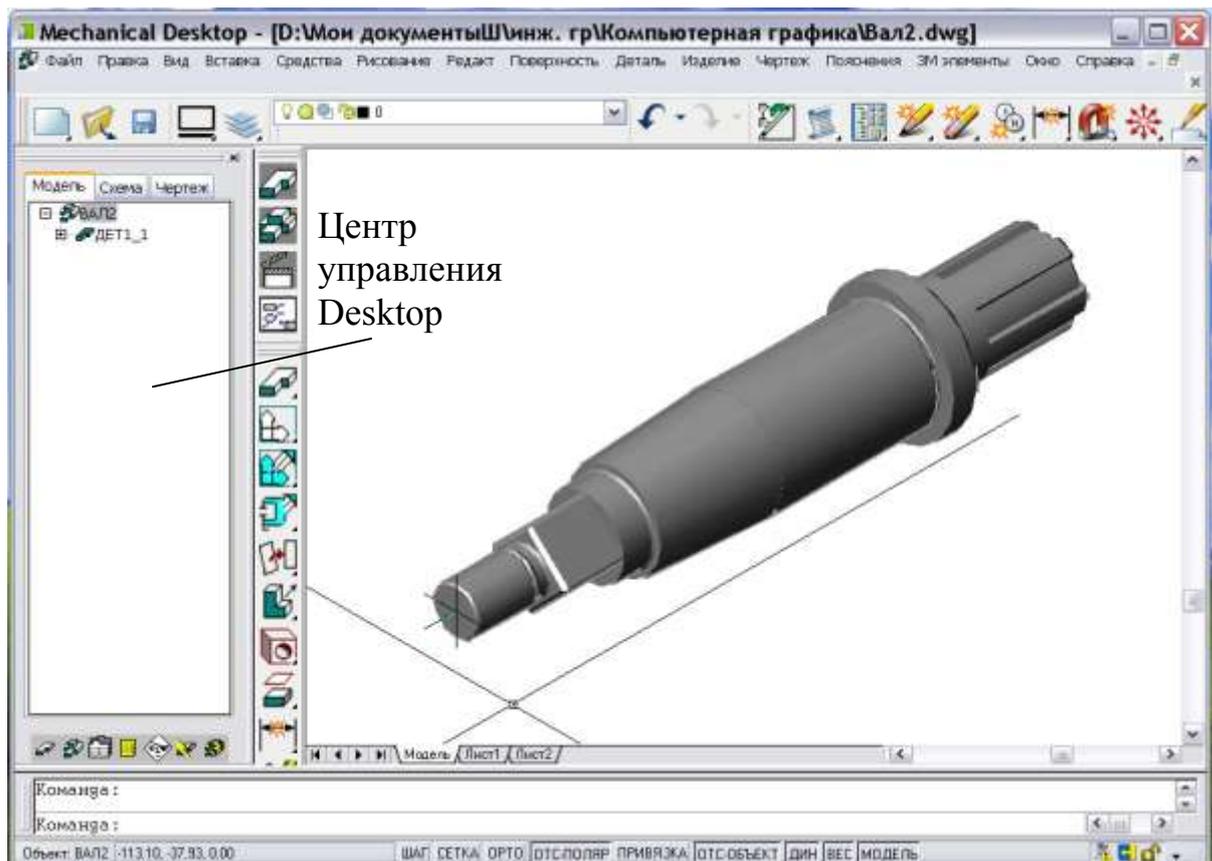


Рис. 51

## Терминология

*2M зависимость* – ограничение возможности эскиза изменять свою форму и размеры. Геометрические зависимости задают форму и взаимное положение объектов, формирующих эскиз. Размерные зависимости задают размеры эскиза.

*Эскиз контура* – это эскиз, используемый в качестве контура для создания твердотельных объектов путем выдавливания вращения или сдвига.

*Непараметрическая рабочая плоскость* – это рабочая плоскость с зафиксированным относительно детали положением. При любых параметрических изменениях объектов детали эта плоскость будет сохранять свое положение.

*Параметризация* – это метод конструирования, который использует значения параметров детали для задания ее геометрической формы и размеров.

*Параметрическая рабочая плоскость* – это рабочая плоскость, связанная параметрическими зависимостями с ребрами, гранями, плоскостями, вершинами и осями детали.

*Плоскость построения* – временная воображаемая бесконечная плоскость. Плоскость построений служит для рисования эскизов и размещения *конструктивных элементов*. С *плоскостью построений* связана *система координат*.

*Рабочая ось* – параметрическая линия, расположенная вдоль центральной линии цилиндрического объекта или заданная на текущей плоскости построения.

Используется для вращения элемента или массива элементов вращения и сдвига, а также для размещения плоскости построений и для расположения новых объектов. Может участвовать в нанесении размеров.

*Рабочие элементы* – рабочие плоскости, оси и точки, используемые при размещении геометрических элементов на детали.

*Рабочая плоскость* – бесконечная плоскость, связанная с деталью. Может использоваться как плоскость построений, участвовать в создании зависимостей и нанесении размеров. Рабочие плоскости разделяются на параметрические и непараметрические.

*Рабочая точка* – параметрический рабочий элемент, используемый для позиционирования отверстия, центра массива или других точек, если нет другого подходящего геометрического объекта.

## Построение деталей

Модель строится шаг за шагом, путем добавления новых пространственных форм и отсечения ненужных частей форм с использованием различных инструментов. Схематично процесс проектирования детали можно разделить на следующие этапы:

- представить деталь как целое и мысленно разбить ее на конструктивные элементы;
- определить способы создания каждого элемента;
- определить способ сочетания элементов.

## Создание рабочих плоскостей

При создании параметрической модели необходимо определить взаимосвязи элементов детали. Рабочие элементы используются в качестве вспомогательных объектов, которые помогают связывать между собой элементы детали. Рабочие элементы бывают трех типов: рабочие плоскости, рабочие оси и рабочие точки.

Рабочая плоскость – это бесконечная плоскость, связанная зависимостями с деталью. Она может использоваться в качестве плоскости построений при создании нового элемента. Чтобы построить рабочую плоскость нужно вызвать из меню **Деталь** ⇒ **Рабочие элементы** ⇒ **Рабочие плоскости...** или **Базовые рабочие плоскости**.

## Построение эскизов контуров

Эскизы контуров представляют собой двухмерные очертания контуров конструктивных элементов. Эскизы можно построить с помощью полилиний или набора объектов, которые задают один или несколько замкнутых контуров. Для этого используют контекстное меню или меню **Деталь** ⇒ **2М набросок**. Не обязательно строить отрезки строго горизонтально или вертикально. Преобразование на-

броска в эскиз происходит командой из контекстного меню или меню **Деталь** ⇒ **Получение эскиза** ⇒ **Контур**. Руководствуясь набором внутренних правил, Mechanical Desktop рассматривает объекты как черновой набросок и автоматически накладывает зависимости, преобразуя набросок в эскиз (рис. 52).

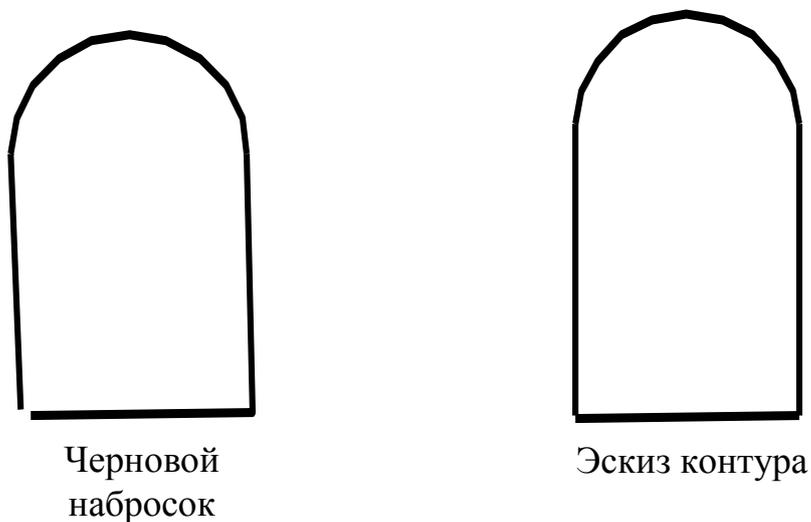


Рис. 52

После построения эскиза в окне Центра управления Desktop появляется значок новой детали. По умолчанию ему присваивается имя ДЕТ1\_1. Кроме того, в окне Центра управления появляется значок эскиза контура и имя Контур1.

В ходе анализа Mechanical Desktop рассматривает объекты наброска и накладывает на них подходящие зависимости. Например, почти вертикальные отрезки становятся строго вертикальными и так далее. Показывают существующие зависимости из меню **Деталь** ⇒ **2М Зависимости** ⇒ **Показать зависимости** (рис. 53).

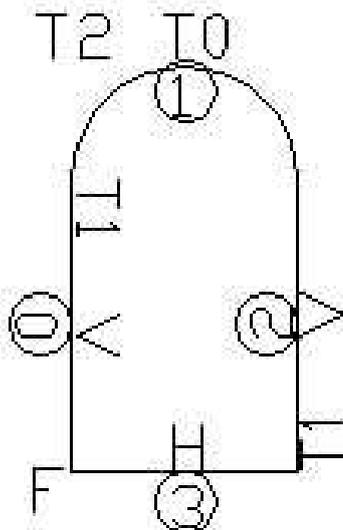


Рис. 53

Настройка правил анализа из меню **Деталь** ⇒ **Настройка деталей...** (рис. 54).

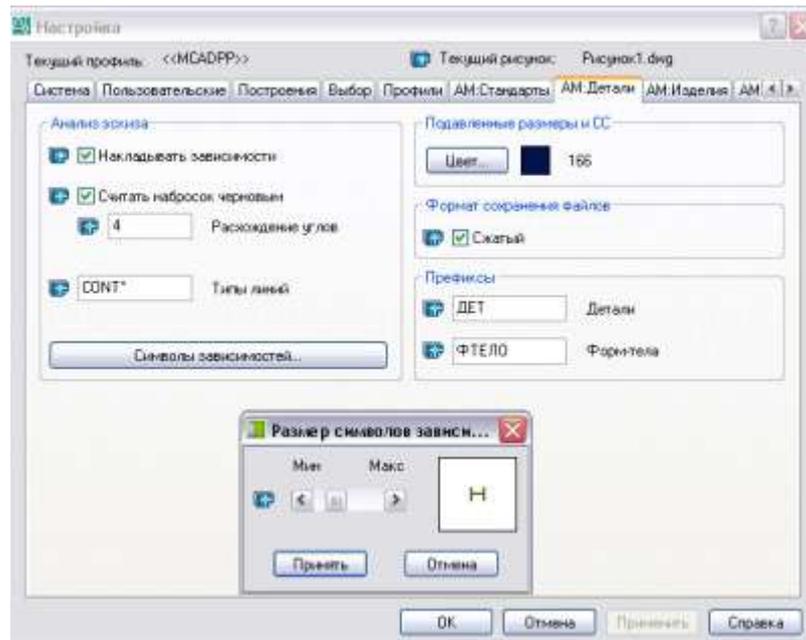


Рис. 54

### Основные понятия наложения зависимостей

После построения эскизов необходимо задать геометрические и размерные зависимости, чтобы определить форму и размер объекта.

Зависимости подбираются, исходя из геометрической формы наброска. Чаще всего эскиз необходимо достаточно определить, прежде чем использовать его для создания конструктивных элементов.

Mechanical Desktop автоматически накладывает зависимости при преобразовании черновых набросков в эскизы контуров, траекторий и линий сечения. Затем, исходя из того, насколько точно был построен набросок, пользователю необходимо добавить одну или несколько зависимостей. В процессе получения эскиза программа выдает сообщения о том, сколько нужно добавить зависимостей для его достаточной определенности. Приведенные ниже советы облегчают выбор стратегии наложения зависимостей.

- Определите взаимосвязь элементов эскиза.
- Проанализируйте автоматически наложенные зависимости.
- Задайте только необходимые зависимости.
- Сделайте устойчивой форму эскиза, прежде чем задать размеры.
- Задайте сначала размеры крупных элементов, затем мелких.
- Задайте оба типа зависимостей: геометрические и размерные.

Mechanical Desktop обозначает на рисунке геометрические зависимости символами, начинающимися с буквы. Если зависимость устанавливает связь данного объекта с каким-то другим, то после буквы следует номер объекта эскиза (рис. 55).

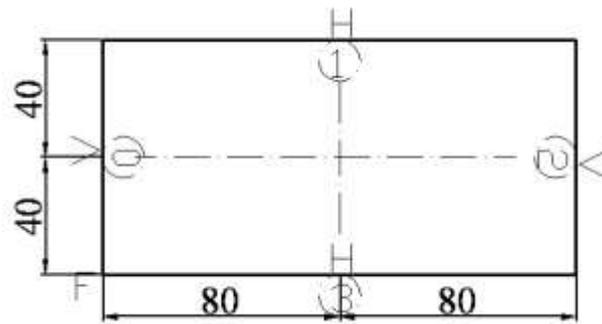


Рис. 55

Геометрические зависимости:

- С – коллинеальность;
- Е – равенство длин;
- Ф – фиксация;
- Н – горизонтальность.
- Л – проекция;
- Л – перпендикулярность;
- М – симметричность;
- Н – концентричность;
- О – начальная точка, условие фиксированности;
- Р – параллельность;
- Р – равенство радиусов;
- Т – касательность;
- У – вертикальность;
- Х – координата Х;
- У – координата У.

### Создание модели детали

Для построения элементов используется замкнутый параметрический эскиз. Форму элемента, полученного из эскиза контура, можно легко модифицировать, изменяя значения размеров эскиза. Трехмерную модель можно создать путем выдавливания, вращения или сдвига плоского контура.

*Выдавливание* – это процесс создания детали, при котором эскиз, заданный плоским контуром, становится объемным. Контур выдавливается на определенную величину перпендикулярно к плоскости эскиза контура.

*Вращение* – процесс создания элементов путем вращения эскиза вокруг оси заданной оси.

*Винтовое тело сдвига* – это геометрический элемент, полученный в результате движения контура по 3М траектории, которая проходит по винтовой линии вокруг рабочей оси.

*Линейное натягивание* – процесс создания детали из нескольких сечений. Между соседними сечениями в этом случае выполняется линейное сопряжение. Технология конструирования тел состоит в использовании логических операций

для получения результирующего объема. Используемые при этом операции – *вычитание, объединение и пересечение*.

При вычитании часть объема одного тела удаляется из объема другого тела.

При объединении объемы двух тел складываются.

При пересечении результирующим телом становится часть трехмерного пространства, принадлежащая одновременно обоим исходным телам.

### Редактирование элементов

Созданные элементы можно легко модифицировать, так как они задаются параметрическими размерами. Для этого достаточно изменить значение нужного размера эскиза контура или самого элемента. Команды редактирования можно вызвать в окне Центра управления, щелкнув правой кнопкой мыши на значке **Контур** или из меню **Деталь** ⇒ **Редактировать элемент**.

### Создание элементов разделения детали

Деталь можно разделить с использованием плоских или неплоских элементов разделения. Для построения плоского элемента разделения используются рабочая плоскость, существующая грань детали или линия разъема. Функция разделения детали вызывается из контекстного меню или меню **Деталь** ⇒ **Типовые элементы** ⇒ **Разделить деталь**.

### Создание чертежа

Чертежи и документацию считают главным результатом проекта, поскольку на их основе производится изготовление деталей.

Mechanical Desktop упрощает как построение чертежей имеющих модели, так и выполнение конструкторской документации по ним.

Перед началом создания чертежа следует выбрать, какие виды будут на нем присутствовать, установить размерные и текстовые стили, а также задать используемый стандарт нанесения размеров и пояснений.

Первым создается главный вид. Ориентация вида задается в режиме Модель, а затем в режиме Чертеж определяется его положение на листе. Для этого вызывается из меню **Чертеж** ⇒ **Создать вид...** или из контекстного меню (рис. 56).

Затем в диалоговом окне выбираются и настраиваются необходимые виды, разрезы и сечения.

При создании видов чертежа Mechanical Desktop производит удаление скрытых линий. Иногда, однако, на видах могут присутствовать другие линии, наличие которых на чертеже нежелательно. Скрытие излишних линий осуществляется из меню **Чертеж** ⇒ **Редактировать вид** или из контекстного меню. В диалоговом окне **Редактирование вида** перейти на вкладку **Отображение** и нажать **Свойства ребер**. Выбрать линии, которые необходимо скрыть и установить флажок **Скрыть ребра** (рис. 57).

После того как виды на чертеже размещены и упорядочены, можно переходить к их оформлению. Оформление включает в себя следующее:

- нанесение контрольных размеров;
- нанесение надписей и дополнительных элементов, таких как номера позиций, размеры отверстий и осевые линии;
- перемещение видов;
- редактирование модели из чертежа.

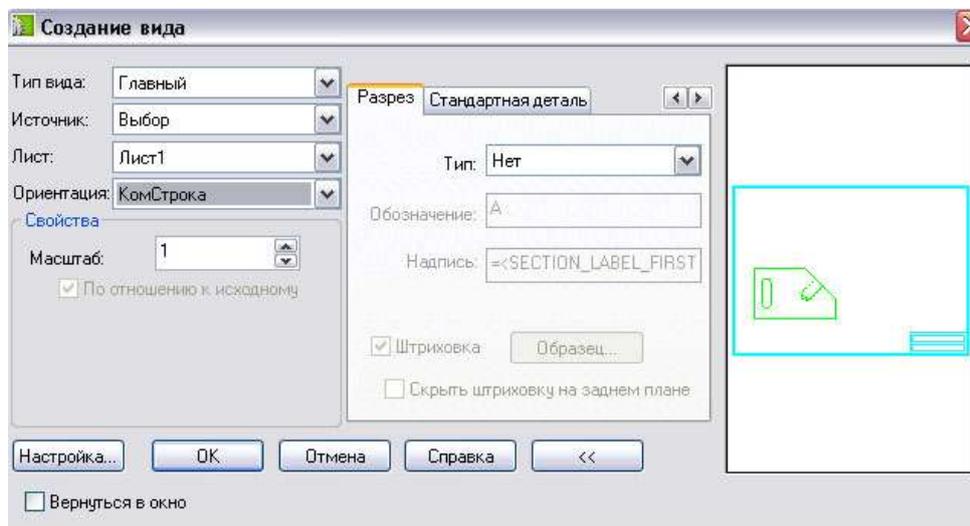


Рис. 56

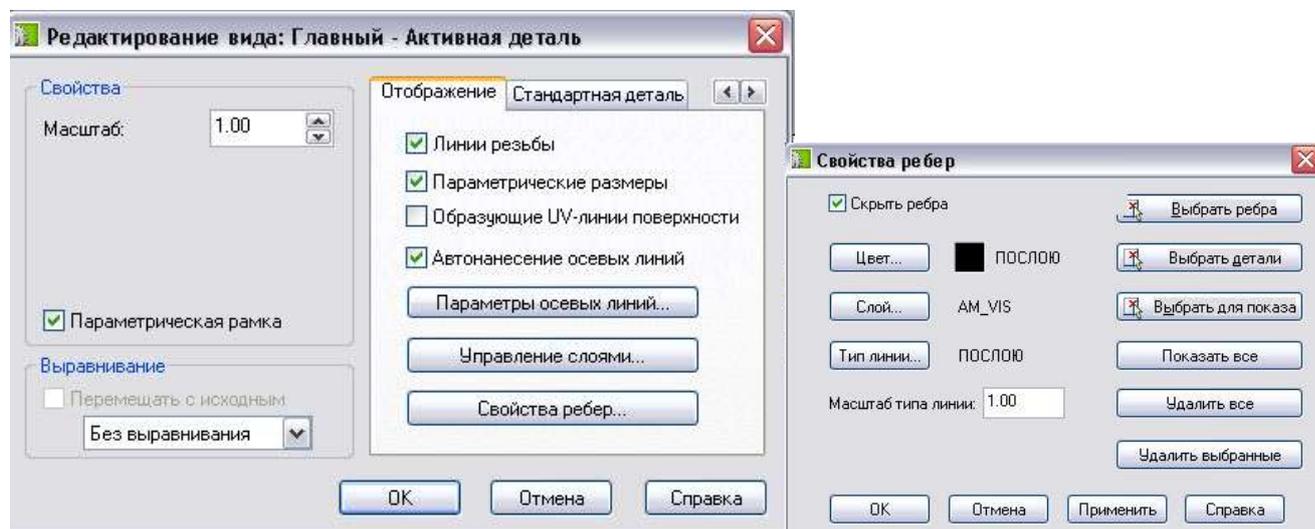


Рис. 57

### Режимы отображения размеров

**Параметрический размер** – это размер, созданный на этапе построения детали. Изменение значений параметрических размеров приводит к изменению модели детали.

**Контрольный размер** служит для вывода информации на экран о реальных размерах детали, но не управляет ими.

**Суперразмер** позволяет наносить допуски и посадки, изменять значение размера по умолчанию во время его создания.

Команды **Контрольный размер** и **Суперразмер** вызываются из меню **Пояснения**. Редактирование размеров осуществляется из этого же меню или из контекстного меню.

Построение осевых и центровых линий возможно из меню **Пояснения** ⇒ **Пояснительные элементы** ⇒ **Осевые/Центровые линии**.

**Суперразмер** позволяет наносить допуски и посадки, изменять значение размера по умолчанию во время его создания.

Команды **Контрольный размер** и **Суперразмер** вызываются из меню **Пояснения**. Редактирование размеров осуществляется из этого же меню или из контекстного меню.

Построение осевых и центровых линий возможно из меню **Пояснения** ⇒ **Пояснительные элементы** ⇒ **Осевые/Центровые линии**.

## Конструирование узлов

Узлы состоят из двух и более компонентов – деталей и их сочетаний (подузлов). Использование деталей и подузлов напоминает использование кубиков, из которых и составляется весь узел. Программа Mechanical Desktop позволяет в процессе создания файла узла компоненты либо строить в самом рисунке узла, либо брать их из внешних файлов. Таким образом, мы работаем одновременно с несколькими файлами и внесение изменения в файле какой-либо детали сразу же отображается в файле узла.

Познакомимся с некоторыми новыми терминами и определениями.

*3D зависимость.* В конструировании узлов – связь между двумя и более компонентами, которая определяет их положение относительно друг друга и расположение в узле.

*Каталог компонентов узла* – средство для вставки и каталогизации локальных внешних компонентов и подузлов в среде конструирования узлов. На вкладках **Все** и **Внешние** указываются компоненты, которые можно вставлять в рисунок, копировать, переименовывать, перемещать, делать внешними, удалять, делать локальными, сортировать, выгружать и перезагружать.

*Логическая структура узла* – графическая древовидная структура, иллюстрирующая порядок вставки деталей/подузлов в текущий узел. Отображается в окне Центра управления Desktop.

*Вставка компонента* – установка связи между текущим рисунком узла и файлом, в котором хранится компонент. Связь сохраняется вместе с рисунком.

*Описание* – набор информации данных о детали/подузле (имя, положение, атрибуты и т. д.).

*Удаление компонента* – полный разрыв связи между файлом и компонентом, присутствовавшим в узле в виде внешней ссылки.

*Внешняя ссылка* – деталь или подузел, хранящийся в отдельном файле.

*Вставка, тип зависимости* – совмещение центров и плоскостей двух выбранных кругов. Ограничивает поступательные степени свободы.

*Компонент, сделанный локальным* – компонент, описание которого перенесено из внешнего файла в рисунок узла. Связь с внешним файлом для такого компонента не поддерживается. Изменения в локальном компоненте влияют только на текущую деталь или файл узла; на других деталях и узлах они никак не отражаются.

*Совмещение, тип зависимости* – совмещение плоской грани, точки или оси одной детали с плоской гранью или осью другой. Ограничивает поступательную степень свободы.

*Псевдонимы описаний*. В каталоге компонентов узла можно назначать псевдонимы для используемых внешних деталей/подузлов. Псевдоним записывается в скобках рядом с основным именем.

*Схема сборки-разборки* – 3М представление узла, иллюстрирующее порядок сборки или разборки этого узла, которое можно использовать для создания 2М вида в режиме чертеж. Схемы сборки-разборки необходимы, чтобы наглядно показать порядок сборки-разборки узлов, не уничтожая зависимостей.

*Линия сборки*. В схеме сборки-разборки – линия, иллюстрирующая порядок сборки компонентов узла.

*Сдвиг* – подстройка положения компонентов на схеме так, чтобы избежать их перекрытия.

**Использование внешних компонентов в узле.** Компоненты, вставляемые в конструкцию узла, могут храниться в других файлах деталей. Такие компоненты называют *внешними*. Изменение конструкции внешнего компонента (детали) влечет за собой автоматическое обновление всех его вхождений в другие рисунки. Поскольку эти детали внешние, их можно использовать многократно. Для удобства доступа к компонентам, одновременно используемым в нескольких различных конструкциях, их рисунки рекомендуется помещать в специальную библиотечную папку диска. Внешние компоненты могут быть вставлены в узел на любом этапе. Для вставки внешних компонентов используется меню **Узел** ⇒ **Каталог**. В появившемся диалоговом окне (рис. 58) необходимо добавить нужные файлы для узла. В списке **Описание деталей и подузлов** на вкладке **Внешние** появляется перечень всех файлов рисунков. Необходимо выделить нужное описание и дважды щелкнуть, чтобы вставить деталь в рисунок узла. Также можно щелкнуть правой кнопкой мыши на описание в каталоге и выбрать **Вставить**.

**Сборка узла.** Суть процесса состоит в том, что пользователь размещает детали и подузлы относительно друг друга путем наложения сборочных зависимостей. При наложении каждой зависимости на компонент сокращается число его степеней свободы. Для наложения зависимости совмещения между компонентами используем меню **Узел** ⇒ **3М зависимости** или контекстное меню.

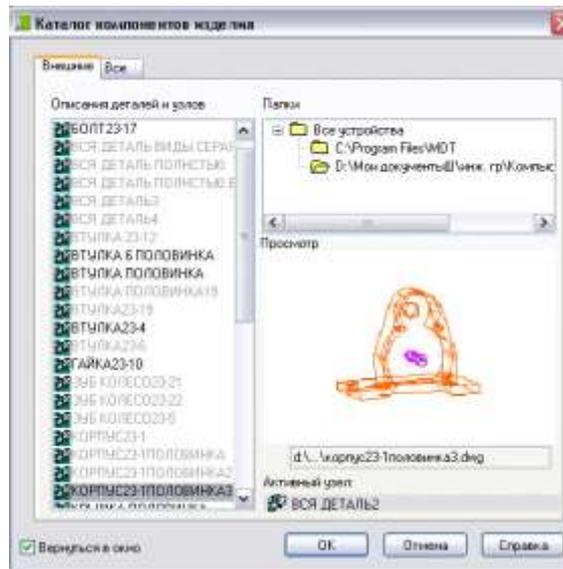


Рис. 58

При выборе объектов для наложения зависимостей можно либо вводить опции в командной строке, либо пользоваться курсором-подсказкой, имеющим в данном случае форму двухкнопочной мыши (на курсоре она красного цвета), вызывает переход к следующему объекту. Нажатие правой кнопки (на курсоре она зеленого цвета) сигнализирует о принятии текущего выделенного элемента. Пользуясь курсором подсказкой, можно также выбирать грани. Нужно указать точку внутри нее, а затем, перебирая предлагаемые программой грани, добиться выделения нужной.

**Работа с центром управления Desktop.** Записи о всех деталях, собираемых в узел, заносятся в окно **Центра управления Desktop**. В нем отображается не только иерархическая структура узла, но и зависимости, наложенные на каждую деталь. Работая в **Центра управления**, можно добавлять, изменять, удалять и копировать компоненты. Для редактирования зависимостей узла из центра управления необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши на нужной зависимости (рис. 59).

**Получение информации о конструкции узла.** После того, как все компоненты узла связаны зависимостями, можно выполнить проверку взаимодействий в нем и получить информацию о массовых характеристиках самого узла и всех компонентов. Проверка на взаимодействие между двумя и более компонентами узла дает возможность обнаружить конструктивные ошибки до начала производственного процесса. Информация о массовых характеристиках позволяет определить, не требуется ли изменить размеры детали или ее материал. Такой анализ играет большую роль на ранних стадиях разработки конструкции и помогает избежать проблем в процессе ее изготовления.

Анализ компонентов узла позволяет обнаружить взаимодействие (т.е. наличие общего объема) между двумя и более компонентами. Пользователь может выбрать компоненты узла в любой последовательности из меню **Узел ⇒ Анализ ⇒ Взаимодействие**.

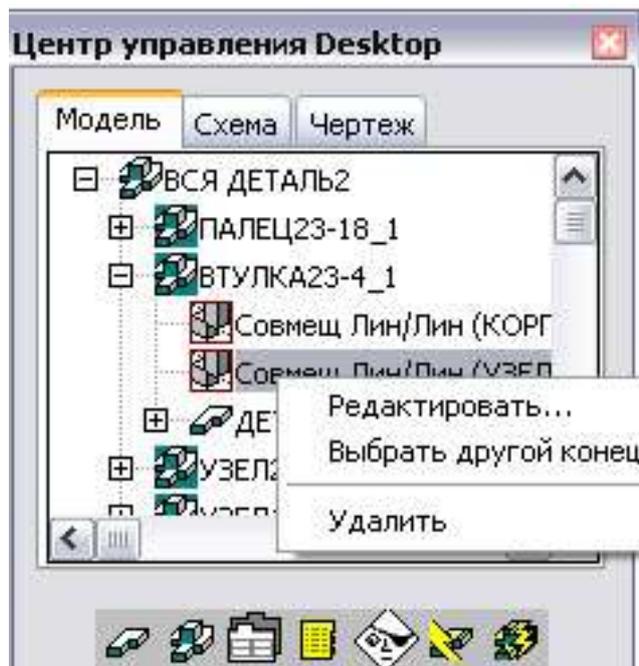


Рис. 59

**Расчет масс-инерционных характеристик.** После того как сборка узла закончена, можно вычислить его общие масс-инерционные характеристики. Точность расчета характеристик узла определяется введенным значением погрешности. Тип материала может быть разным для каждого компонента узла. Сложность узла не влияет на точность получаемой информации. Вызов функции вычисления масс-инерционных характеристик узла осуществляется из меню **Узел** ⇒ **Анализ** ⇒ **Масс-характеристики** (рис. 60).

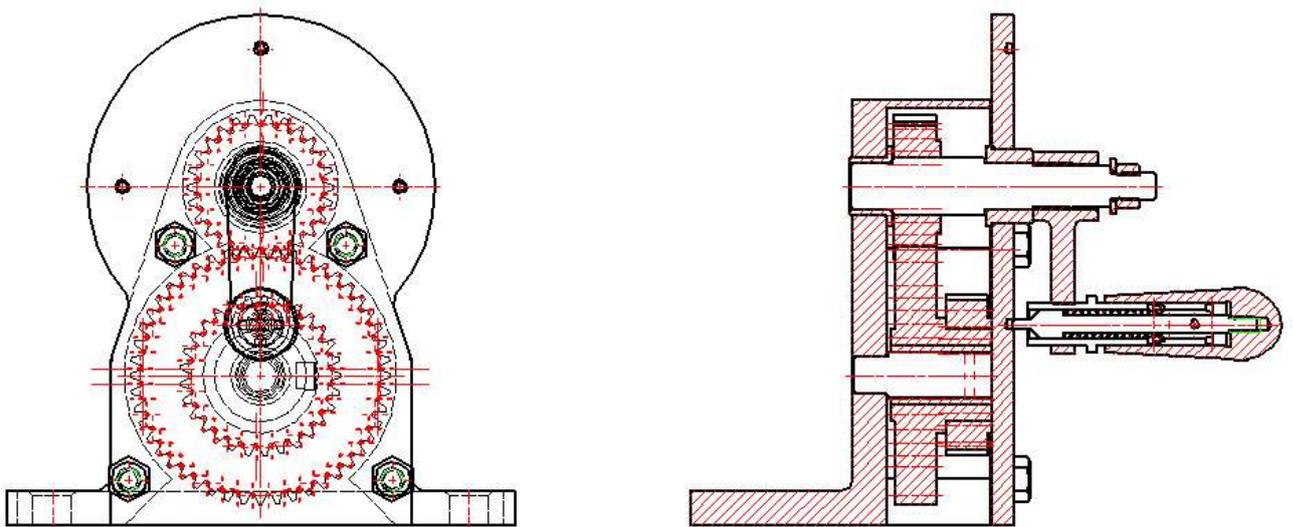


Рис. 60

**Построение схем сборки-разборки.** После определения всех компонентов и наложения зависимостей можно перейти к построению схем сборки-разборки уз-

ла. Схемой сборки-разборки называется изображение компонентов узла в разъединенном виде, с указанием о порядке сборки. Mechanical Desktop позволяет быстро и легко создавать схемы сборки-разборки и автоматически обновлять их при внесении любых изменений. Для позиционирования разделенных компонентов узла используют задаваемый пользователем коэффициент разборки и наложенные на компоненты зависимости. Для позиционирования разделенных компонентов узла используются задаваемый пользователем коэффициент разборки и наложенные на компоненты зависимости. Для одного и того же узла может быть создано несколько схем; они сохраняются вместе с рисунком и в любой момент могут быть вызваны на экран. Линии сборки отражают траекторию сборки узла. Используют меню **Узел** ⇒ **Схемы** ⇒ **Новая схема**.

### **Выполнение чертежа узла**

После завершения конструирования узла и создания его схемы можно построить виды, разрезы и размеры узла. Для этого необходимо переключиться в режим **Чертеж** в **Центре управления**. Меню **Чертеж** ⇒ **Создать вид**.

### **Контрольные вопросы для самопроверки**

1. Для чего предназначена система Mechanical Desktop?
2. Что обозначает термин «2М зависимость»?
3. Что обозначает термин «Непараметрическая рабочая плоскость»?
4. Какие зависимости отображаются буквами С, Е, F, Н?
5. С помощью какой команды создаются чертежи по 3-мерной модели в Mechanical Desktop?
6. Откуда вызывается и что обозначает команда «Контрольный размер»?
7. Как выполнить удаление компонента узла?
8. С помощью какой команды можно создать полный разрез деталей?

## **Тема № 12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTODESK INVENTOR**

Autodesk Inventor обеспечивает пользователя развитыми средствами трехмерного проектирования при сохранении возможности работы с двумерными проектами и полной поддержке формата DWG.

В пакет поставки наряду с Autodesk Inventor входит самая известная двумерная система проектирования AutoCAD, фактически ставшая мировым промышленным стандартом оформления проектной и конструкторской документации. AutoCAD или AutoCAD Mechanical (версия AutoCAD для машиностроителей) используется для поддержки старых проектов, а также для выполнения несложных проектов, не требующих трехмерного представления. В табл. 3 приведены различия AutoCAD и Inventor.

2D AutoCAD	3D Inventor
<b>Проектирование: геометрия прежде размера</b>	
<p>Сначала создается геометрия, а потом наносятся размеры. При внесении изменений в существующую геометрию изменяются и связанные с этой геометрией размеры</p>	<p>Сначала создается эскиз детали, а потом указывается ее точный размер и форма с помощью изменения размеров. Если необходимо изменить длину или высоту, то достаточно изменить размеры. Таким образом, изменения внутри эскиза происходят с помощью изменения размеров, а не геометрии</p>
<b>Зависимости</b>	
<p>Нет необходимости в использовании или создании связей между моделями основных простейших элементов. Изменение одного простейшего элемента не влияет на другой</p>	<p>Когда есть несколько компонентов для связи, можно задать для них зависимости или «правила», чтобы ограничить их передвижение. В Autodesk Inventor существует шесть 3D зависимостей, которые определяют поведение компонентов: совмещение, угол, касательность, вставка, поворот и речная передача</p>
<b>Типы файлов</b>	
<p>Работа происходит только с одним типом файла: DWG. Этот файл содержит пространство листа, пространство модели, 2D и 3D. Невозможно отделить модель от чертежа или работать отдельно в 3D. Все компоненты работы существуют в одном и том же файле</p>	<p>Можно работать как минимум с четырьмя типами файлов. Иметь несколько типов файлов очень удобно, потому что можно отдельно работать над деталью, изделием или чертежом, причем несколько пользователей могут работать над одним и тем же проектом одновременно. Любые изменения объединяются и обновляются во всех других файлах.</p>
<b>Виды</b>	
<p>Для каждого чертежа необходимо создать каждый отдельный вид модели. Это может быть утомительным, если этих видов несколько</p>	<p>Можно автоматически генерировать все виды для модели, включая разрез, дополнительный вид и вид с разрывами</p>
<b>Логические операции</b>	
<p>Существуют определенные команды для создания логических операций между различными телами (объединение, вычитание, пересечение)</p>	<p>Для применения логической операции детали вставляются в изделие, а затем изделие превращается в одну деталь</p>

## Проекты и типы файлов в Autodesk Inventor

Все файлы в Autodesk Inventor располагаются в проектах. Проекты используются для логического группирования разрабатываемых конструкций. Выбор проекта помогает найти требуемые файлы.

В Autodesk Inventor представлены шаблоны файлов деталей, изделий и чертежей с параметрами по умолчанию. Шаблоны на вкладке **По умолчанию** основываются на тех единицах и стандартах, которые были выбраны при установке программы.

Типы файлов в Autodesk Inventor:

- Детали (.ipt)
- Листовой материал (.ipt)
- Изделия (.iam)
- Сварные конструкции (.iam)
- Схемы (.ipn)
- Чертежи (.idw)

Чтобы начать работу с программой необходимо нажать **Создать** в области **Действия** окна начала работы (рис. 61).

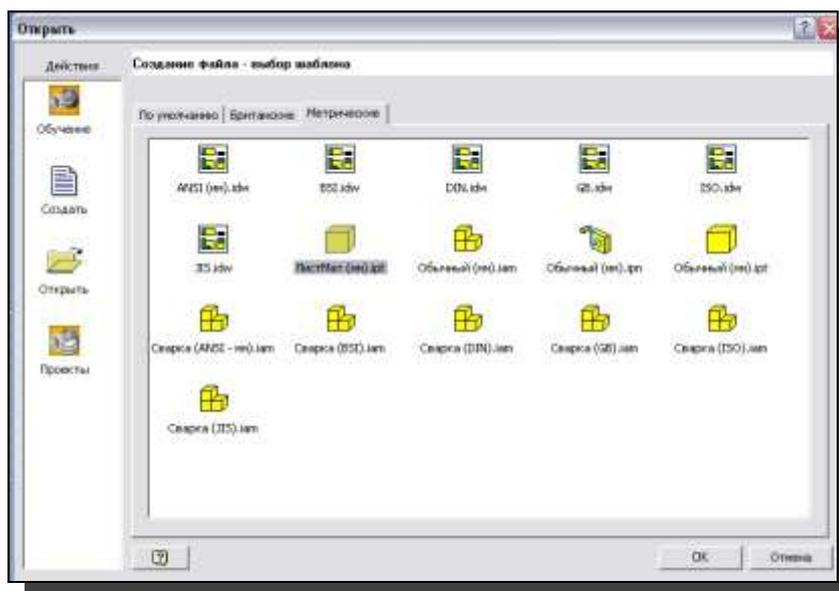


Рис. 61

В Autodesk Inventor имеется множество predefined сочетаний клавиш. Далее приведен список наиболее часто используемых сочетаний клавиш.

Некоторые клавиши и сочетания клавиш доступны лишь в определенных средах Autodesk Inventor. Например, клавиша **В** работает только с чертежом. При работе с моделями она не оказывает никакого действия.

Предопределенные сочетания клавиш отображаются в подсказках при наведении курсора на инструменты. Для просмотра списка всех predefined сочетаний клавиш выберите **Сервис** ⇒ **Адаптация** и перейдите на вкладку **Команды** (табл. 4). В большинстве случаев сочетания клавиш можно изменять.

Таблица 4

Клавишная комбинация	Результат
F1	Вызов Справки. Выведенная тема будет соответствовать активной команде или диалоговому окну
F2	Производит панорамирование в графической области
F3	Производит зумирование в графической области. Возможно как увеличение, так и уменьшение ее содержимого
F4	Активизирует команду поворота модели в графической области
F5	Возврат к предыдущей ориентации вида
C	Наложить сборочную зависимость
D	Нанести обозначение размера
E	Выполнить команду выдавливания эскиза
H	Выполнить команду «Отверстие»
L	Создать отрезок или сплайн
P	Вставить компонент в изделие (в активном окне)
O	Выполнить вращение конструктивного элемента
S	Создать эскиз, указав для него грань или плоскость
T	Выполнить сдвиг детали при создании файла схемы
Esc	Прервать выполнение команды
Delete	Удалить выделенные объекты
Backspace	При выполняющейся команде «Отрезок» удалить его последний сегмент
Alt+ перемещение мыши	При работе с изделиями накладывается зависимость совмещения. При работе с эскизом перемещаются формообразующие точки сплайна
Ctrl+ Shift	Отмечает или снимает с объектов отметку выбора
Shift+ команда «Повернуть»	Автоматически поворачивает модель в графической области. Нажмите для прерывания выполнения команды
Ctrl+Y	Команда «Повторить». Это выполнение последней отмененной (командой «Отменить») операции
Ctrl+Z	Команда «Отменить». Она отменяет последнюю выполненную операцию
Пробел	При активной команде «Повернуть» выполняется переключение между динамическим вращением и стандартными изометрическими и плоскими видами

### Создание эскиза и модели, нанесение размеров

Рассмотрим, как построить деталь на основе эскиза, а затем придать ей окончательный вид.

Необходимо выбрать вкладку **Метрические**, а затем выбрать **Обычный (mm).ipt**. Сразу после создания нового файла детали включается режим построения эскизов.

Окно, в котором производятся построения, покрыто сеткой. Точка центра расположена в середине окна (рис. 62).

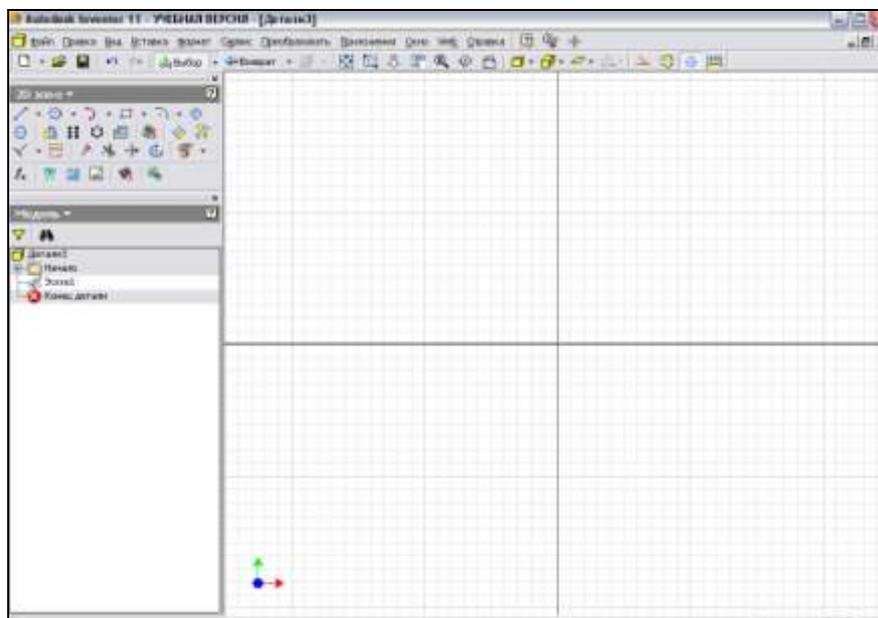


Рис. 62

Инструментальная палитра располагается над браузером. В режиме построения эскиза доступны соответствующие команды инструментальной палитры.

На инструментальной палитре доступны 2 режима: **Подробный** и **Эксперт**.

В первом режиме значки операций снабжаются текстовыми пояснениями, во втором – пояснения отключаются. По умолчанию палитра находится в подробном режиме.

В инструментальной палитре отображаются команды, доступные в данном рабочем окружении.

Переключение режимов и смена набора инструментов осуществляется щелчком левой кнопки на заголовке палитры.

Если палитра была закрыта, открыть ее вновь можно с помощью меню **Вид** ⇒ **Панели инструментов** ⇒ **Инструментальная палитра**.

Настройка сетки облегчает создание первого эскиза пользователя.

Выберите **Сервис** ⇒ **Процесс моделирования** ⇒ **Эскиз** (рис. 63).

После установки рабочего окружения можно приступить к созданию первой детали.

Рассмотрим основные принципы создания насадки.

Шаги, необходимые для построения насадки:

- создание базового эскиза;
- нанесение размеров на эскиз;
- вращение эскиза вокруг оси.

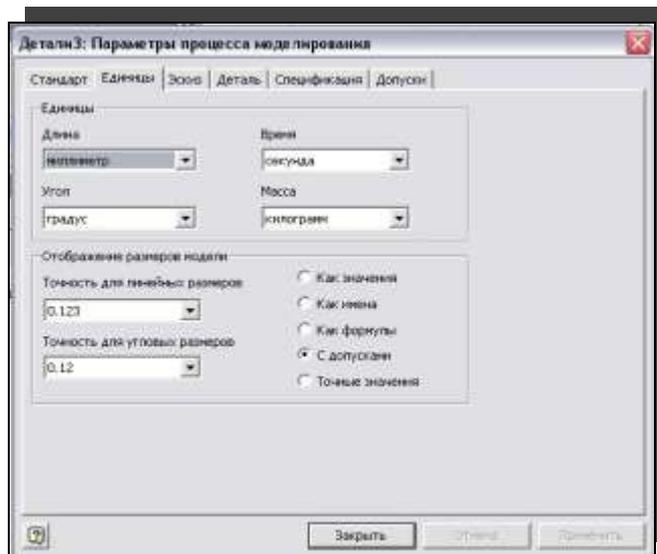


Рис. 63

После вычерчивания эскиза, на него наносят размеры, которые можно корректировать. Размеры наносят из палитры или контекстного меню (рис. 64).

В основе любой модели лежит эскиз. В основе хорошей модели лежит хороший эскиз и правильные зависимости.

Для полного определения эскиза следует наложить зависимости между геометрией эскиза и геометрией существующей детали. В самом первом эскизе таких связей нет. Однако, в нем существуют координатные плоскости, координатные оси и точка начала координат. В файлах шаблона по умолчанию эти рабочие элементы настроены как невидимые.

Построение эскиза начинается относительно точки начала координат.

При построении эскиза на него автоматически накладываются некоторые зависимости. Также можно накладывать и удалять зависимости, находясь в режиме эскиза.

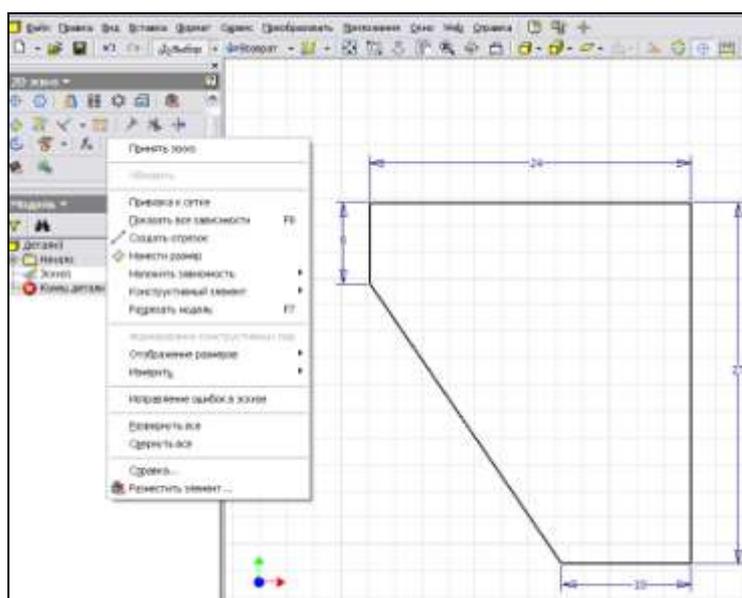


Рис 64

Для завершения эскиза необходимо нанести размеры.

Зависимости очень важны для полноценной работы в Autodesk Inventor. Они используются при работе над созданием деталей и изделий и служат для определения, позиционирования и ориентации геометрии модели. В процессе работы некоторые зависимости накладываются автоматически. По мере усложнения задач пользователь может самостоятельно накладывать, редактировать и удалять зависимости.

Зависимости служат для

- контроля геометрии эскиза в файлах детали;
- позиционирования компонентов в изделии.

Эскизные зависимости контролируют размер эскиза, расположение точек, отрезков и дуг. Зависимости могут быть геометрическими и размерными.

Геометрические зависимости определяют отношения между элементами эскиза. Например:

- два отрезка могут быть перпендикулярными или параллельными;
- отрезок может быть горизонтальным или вертикальным относительно системы координат эскиза;
- отрезок может располагаться по касательной к дуге, окружности или сплайну;
- конечная точка отрезка может быть совмещена с другой конечной точкой, отрезком или дугой.

Некоторые геометрические зависимости накладываются в процессе создания эскиза. Пользователь, по мере необходимости, может наложить дополнительные геометрические зависимости (рис. 65).

Создадим базовый элемент насадки.



Вызвать команду **Вращение**.

Щелкнуть на вертикальном отрезке, который будет служить осью нового элемента.

В диалоговом окне **Вращение** нажмите ОК для создания конструктивного элемента вращения.

Эскиз и его размеры поглощаются новым элементом, как показано на рис. 66.

После создания первого элемента:

- сделайте эскиз общедоступным для добавления новых геометрических элементов;
- наложите размеры и зависимости;
- используйте новые геометрические элементы для создания новых элементов.

Эскиз можно использовать для создания двух следующих элементов.

Сначала создадим элемент выдавливания, а затем частично уберем из него материал.



Вызвать команду «Выдавливание» (рис. 67).

Так как в эскизе два контура, щелкните на области, выделенной цветом на рисунке, для определения профиля выдавливания.

В диалоговом окне выберите симметричное выдавливание в обоих направлениях. Установите следующее значение:

- расстояние: 12 мм;
- нажмите «ОК» для выполнения выдавливания.

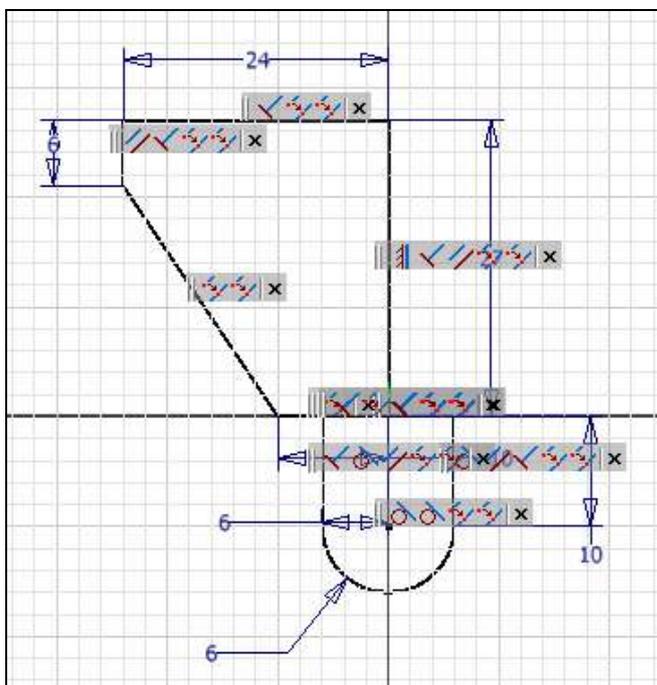


Рис. 65

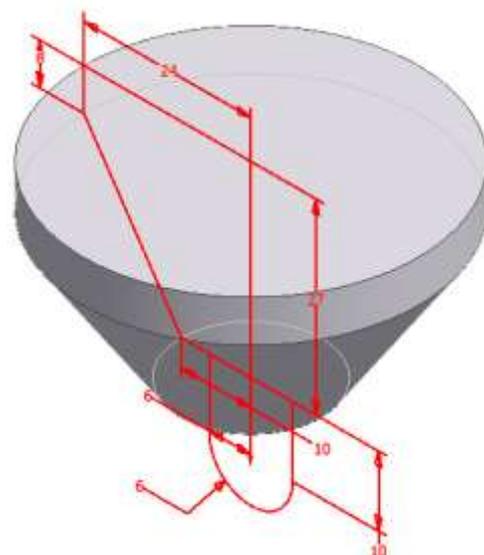


Рис. 66

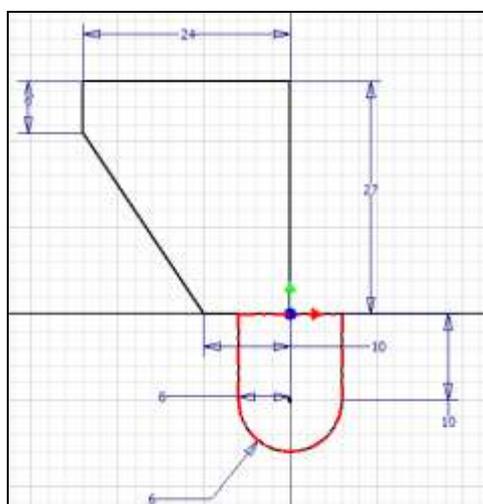
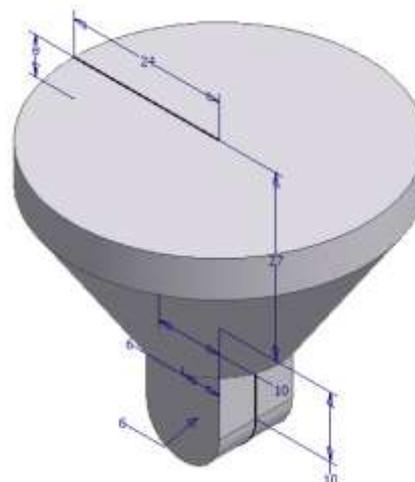


Рис. 67



Далее создадим вырез на том же контуре (рис. 68).

Вызываем команду **Выдавливание**.

- Выбираем тот же контур.
- В диалоговом окне **Выдавливание** указываем расстояние 6 мм.

Нажимаем кнопку **Вычитание**.



Нажимаем кнопку симметричного выдавливания в обоих направлениях. Наконец, создадим отверстие, проходящее через ушко в нижней части детали. Сначала определим расположение отверстия.

- Вызываем команду **Отверстие**.
- Из списка **Размещение элементов** выбираем **Концентричность**.
- В качестве плоскости размещения выберите грань ближайшего ушка.
- В качестве концентрического объекта выбираем закругленное ребро ушка.

Завершим создание отверстия.

- Выбираем из списка диаметр, равный 6 мм.
- Выбираем **Насквозь** из списка **Ограничение**.
- Нажимаем **ОК** (рис. 69).

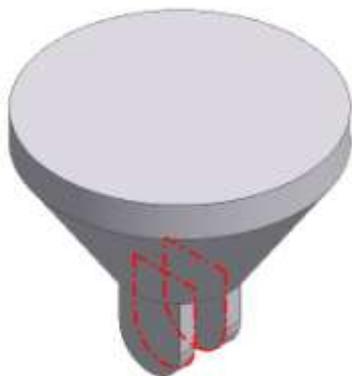


Рис. 68



Рис. 69

## Создание чертежей

Для этого необходимо выбрать файл **ISO.idw** в стартовой панели. Открывается чертеж, на который уже нанесена основная надпись (рис. 70). Увеличим размер листа.

Выбираем из меню **Формат** ⇒ **Редактор стилей**.

Редактор стилей используется для создания и редактирования стилей. Стили, описанные в библиотеке стилей и использующиеся в активном документе, расположены в браузере. При выборе объекта из браузера в поле редактирования отображается содержание стиля.

Для получения дополнительной информации о стилях нажмите кнопку **Справка**.

Затем необходимо добавить следующие элементы:

- проекционные и дополнительные виды.
- разрез;
- размеры модели;
- чертежные размеры;
- спецификацию и номера позиций.

После перемещения видов добавим следующие элементы:

- размеры модели и чертежа;
- список деталей;
- номера позиций.

Выбираем нужные размеры. В качестве примера используем рисунок. Нажимаем **ОК**.

Вызываем команду **Размеры**.

- Нанесем два значения для определения размера фаски.
- Нанесем размер диаметра насадки.

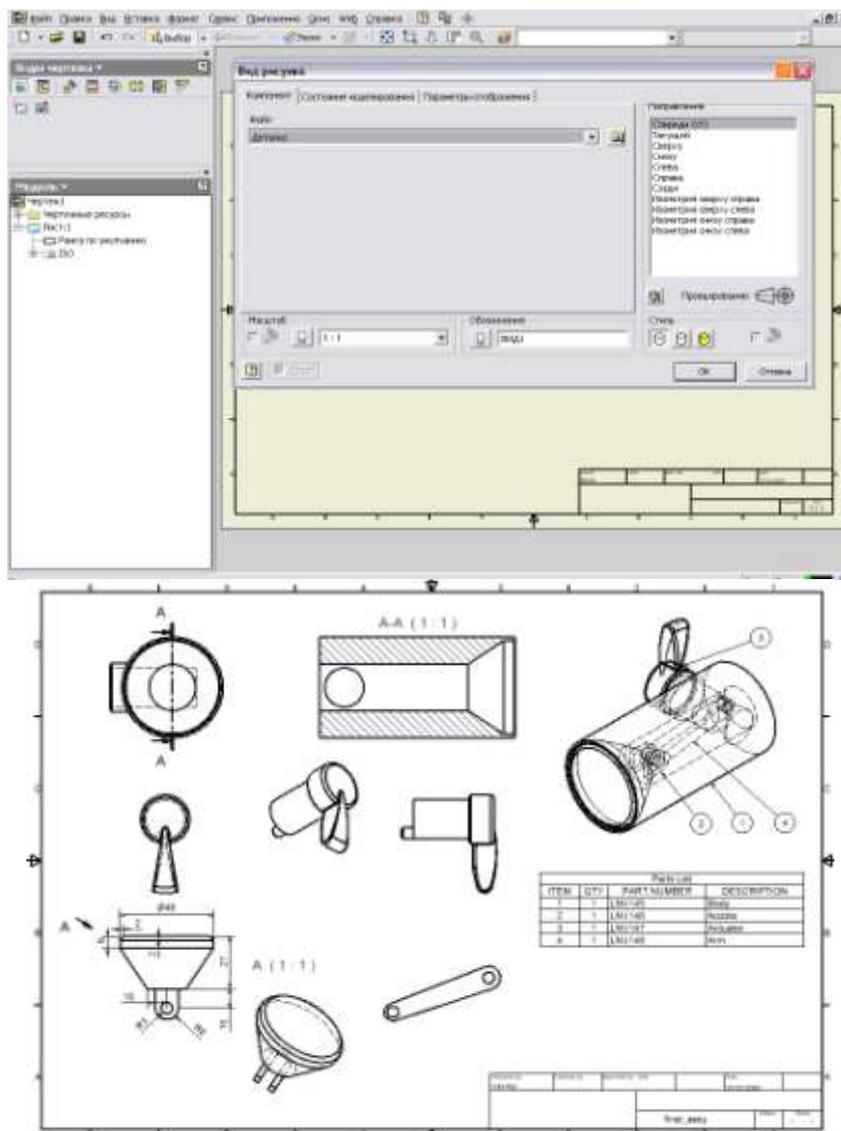


Рис. 70

## Проектирование валов

Щелкните правой кнопкой мыши в любом месте панели **Изделие**, а затем в контекстном меню выберите **Мастер проектирования**.



Запустите **Генератор компонентов вала** (рис. 71).

- Добавьте к проектируемому валу конструктивные элементы или удалите их.
  - Задайте параметры элементов вала.
  - Задайте опоры, силу и момент.
  - Отредактируйте вал с помощью мастера проектирования.
- Выберите вкладку **Расчет**. На ней отображается следующее.
- Статическое изображение вала на основе конфигурации, заданной на вкладке **Модель**.
  - Графические индикаторы нагрузки и опоры.
  - Вкладка **Ввод** для задания различных констант и значений силы.
  - На других вкладках в графическом виде отображается реакция вала на воздействие этих сил.

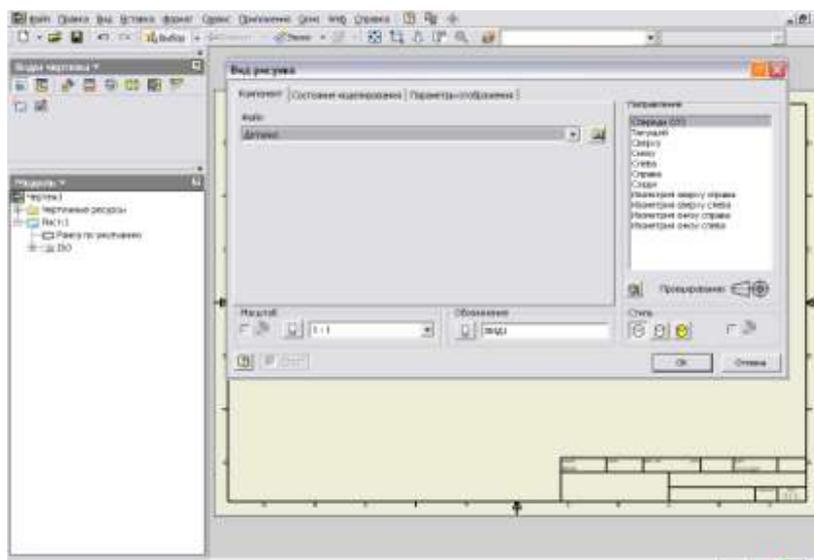


Рис. 71

## Проектирование зубчатых колес



Из панели **Мастер проектирования** выбрать команду **Генератор зубчатых колес**. В таблице **Генератор зубчатых колес** содержатся общие характеристики зубчатого колеса (рис. 72).

Выберите тип расчета геометрии.

Расчет модуля и количества зубьев, исходя из межосевого расстояния и других входных параметров.

Межосевое расстояние – это расстояние между центрами зубчатых колес.

Расчет межосевого расстояния, исходя из всех входных параметров.

Общий коэффициент смещения используется для расчета суммарного коэффициента смещения, исходя из межосевого расстояния и всех остальных исходных параметров.

Используйте передачу с помощью зубчатых колес внутреннего зацепления.

Определение угла наклона зуба. Можно вставлять только положительные значения от 0 до 55. Если требуется изменить направление, нажмите кнопку изменения направления рядом с полем редактирования.

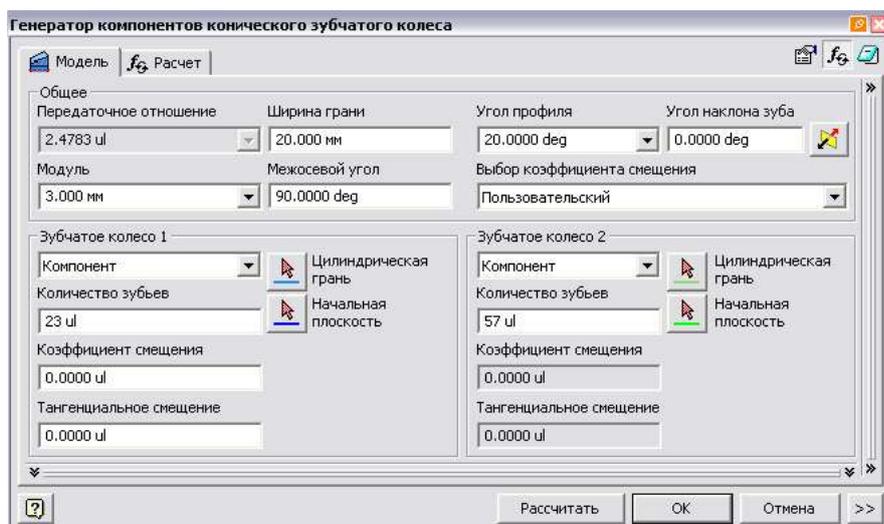


Рис. 72

Кнопка изменения направления угла наклона зуба.

Изменение направления спирали.

Выбор коэффициента смещения.

Выбор метода для расчета коррекции зубьев.

Общий коэффициент смещения.

Сумма коэффициентов смещения зубчатого колеса.

Укажите тип зубчатого колеса (компонент, элемент, без модели) и размещение зубчатого колеса.

Зубчатое колесо можно вставить тремя способами. Кнопки, отвечающие за размещение, активируются в полях **Зубчатое колесо 1** и **Зубчатое колесо 2** в зависимости от выбора.

- **Компонент** – можно создать новый компонент.
- **Элемент** – можно создать новый элемент.
- **Без модели** – вставка только расчета.

Выберите цилиндрическую грань.

Выберите начальную грань или рабочую плоскость.

## Создание сборочных единиц и наложение зависимостей



Первая вставленная в изделие деталь является базовой. Все остальные компоненты двигаются относительно нее. Вставить компонент.

• В диалоговом окне **Открытие файла** дважды щелкните **Изделия (.iam)**. Появляется первый базовый компонент.

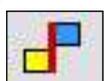
- Щелкните правой кнопкой в графической области и выберите **Завершить**.
- Первый компонент, вставленный в изделие, является базовым.
- При добавлении деталей существует возможность добавить более чем один идентичный элемент.

• Щелкните в графической области для вставки компонента на месте расположения курсора.

• Вставьте нужное количество деталей, нажмите левую кнопку мыши и выберите пункт **Завершить** (рис. 73).

Сборочные зависимости ограничивают движение компонентов относительно друг друга. Изделие создается в результате наложения зависимостей.

При сборке компонентов следует проверять остающиеся степени свободы и удалять их для создания достаточно определенной модели.



Щелкните для вызова команды на кнопку **Зависимости**, в появившемся диалоговом окне выберите тип зависимости (рис. 74). Затем вставленные детали совместите, как показано на рис. 75:

- щелкните на оси, проходящей через центр насадки;
- щелкните на оси, проходящей вдоль центра корпуса;
- нажмите **ОК** в диалоговом окне **Зависимости**.

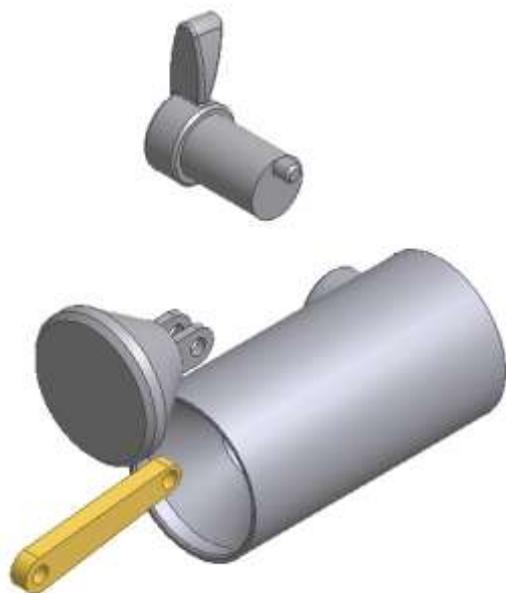


Рис. 73

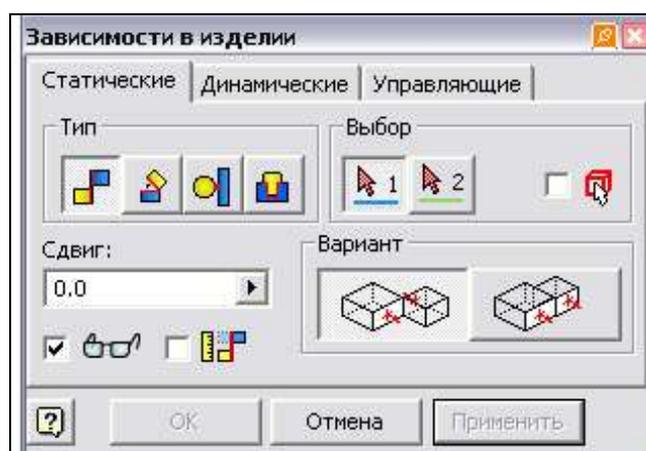


Рис. 74

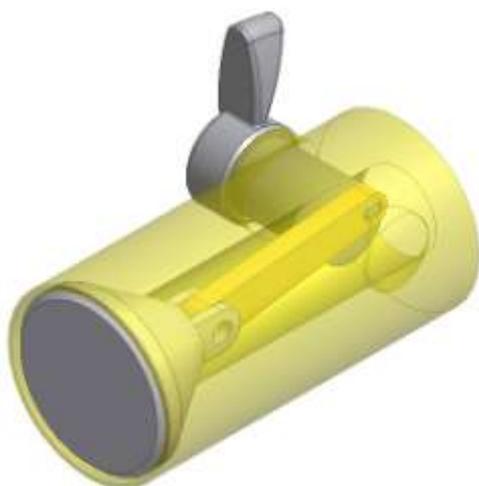


Рис. 75

### Создание схем сборки

Схемы сборки-разборки иллюстрируют процесс соединения компонентов в изделии. На основе схем можно создавать презентационные ролики.



Вызовите команду **Сдвинуть компоненты**. Она уточнит положение компонента на схеме сборки-разборки, исключит загромождение одного компонента другим, благодаря чему улучшается обзор всего изделия.

Убедитесь, что в открывшемся диалоговом окне **Сдвинуть компоненты** нажата кнопка **Направление** (рис. 76).

Переместите курсор, как показано на рисунке, дождитесь появления указателя осей, а затем щелкните левой кнопкой мыши (рис. 77).

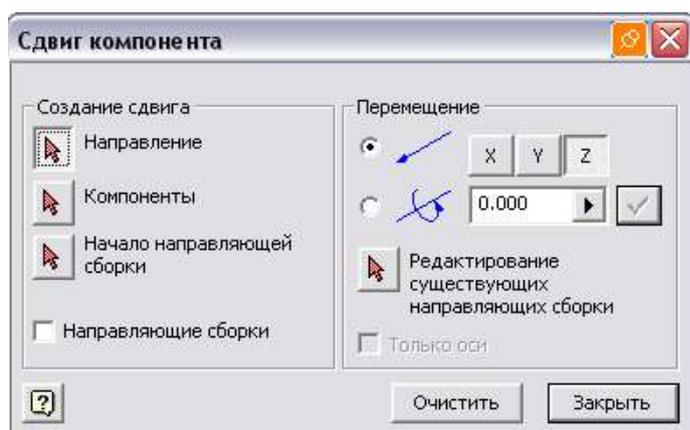


Рис. 76

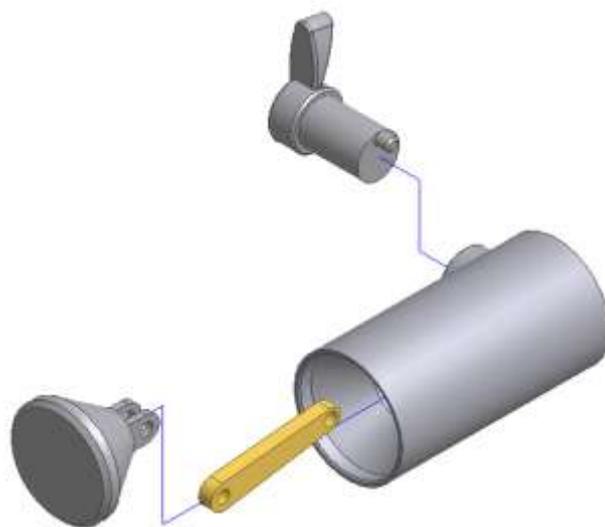


Рис. 77

Далее создадим презентационный ролик сдвига компонентов.



Вызовите команду **Презентационный ролик** (рис. 78).

- В поле «Интервал» введите значение **5**.

- Нажмите кнопку **Применить**.
- Нажмите кнопку **Воспроизведение с автореверсом**.

Детали изделия начинают движение.

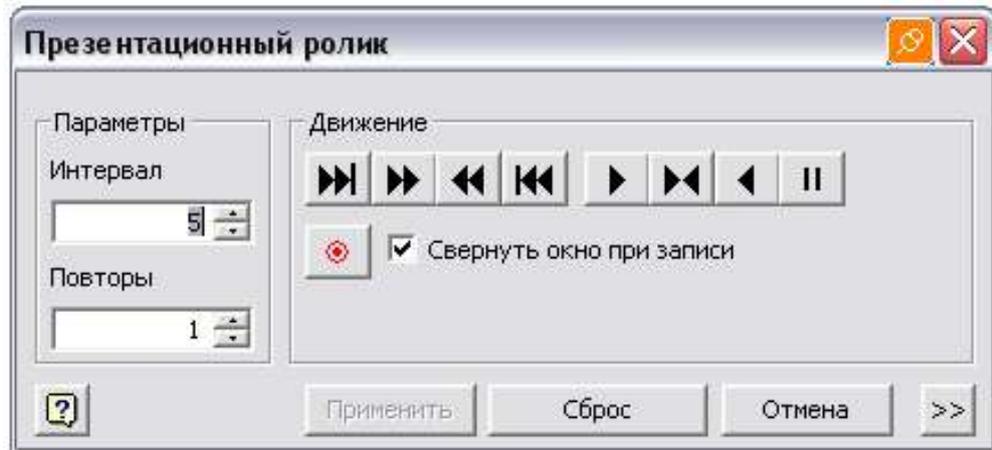


Рис. 78

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем различия при нанесении размеров на эскиз в AutoCAD и в Inventor?
2. Какой тип файла используется при создании зубчатого колеса?
3. Какую функцию выполняют клавиши F4 и F5 в Inventor?
4. Что необходимо для полного определения эскиза?
5. Как можно изменить трехмерную модель?
6. Какая команда дает возможность добавить нужные детали в узел?
7. Что иллюстрируют схемы сборки-разборки?
8. С помощью какой команды можно создать анимацию сборки-разборки узла?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Содержание

Выполнить чертёж силуэта автомобиля, используя основные команды черчения (рис. 79).

### Методические указания

Чертёж выполняется без соблюдения размеров, но с соблюдением пропорций. Приведённые команды: **Круг**, **Дуга**, **Отрезок** Вы найдёте в плавающей панели инструментов или из ниспадающего меню **Рисование**.

Начнём с вычерчивания колёс. Для этого вызываем команду **Круг** (Circle). В командной строке выводится команда: circle центр круга или [Центр круга /3Т/2Т /ККР (кас кас радиус)]: выбрать необходимую опцию.

Опции команды:

3Т – строит окружность по трём точкам, лежащим на окружности;

2Т – строит окружность по двум точкам на диаметре;

ККР – строит окружность по двум касательным к радиусу;

Центр – точка центра.

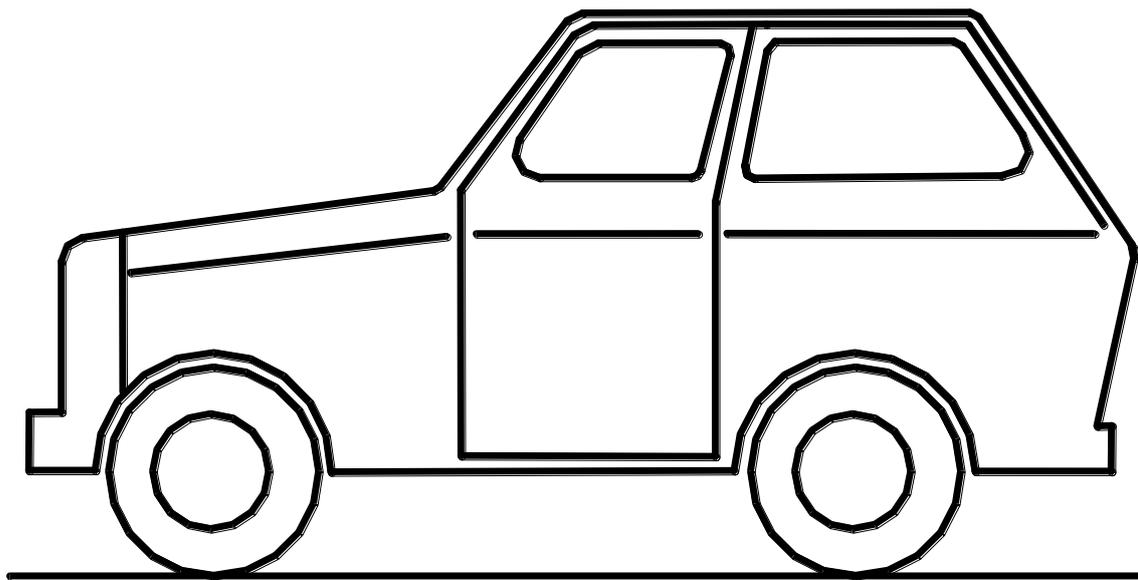


Рис. 79

Укажем точку центра окружности щелчком мыши на рабочем листе. В командной строке появилось сообщение **Радиус** или **Диаметр**. Для ввода радиуса окружности переместим курсор в любом направлении, чтобы указать величину радиуса, и щёлкнем мышью. Окружность построена. Повторим операции построения окружности. Следующим этапом работы будет построение двух дуг над колёсами. Выберем команду **Дуга** (Arc) (рис. 80).



Рис. 80

Для облегчения рисования удобно использовать режим *объектной привязки*, что позволяет привязываться к характерным точкам объектов на экране (крайняя точка, середина, пересечение, ближайшая точка и т.д.). Объектную привязку можно задать с помощью команды **Привязка** (Osnap). В диалоговом окне **Настройка...**, которое вызывается щелчком правой кнопкой мыши по кнопке **При-**

**вязка** (Osnap), отмечаются характерные точки. Механизм объектной привязки активизируется всякий раз, когда запрашивается точка. К экранному перекрестью в этом случае добавляется специальный символ – мишень. Включить и выключить режим объектной привязки удобно с помощью клавиши F3 или в статусной строке щелкнуть мышью по кнопке **Привязка**.

Кузов и окна автомобиля вычертим с помощью прямых линий – команда **Отрезок** (Line). В командной строке выводится команда **Отрезок** (Line) и сообщение: Первая точка. Отметим точку начала дуги.

В командной строке появится приглашение: Следующая точка. Укажем точку конца дуги – получим прямую днища кузова.

Исправление ошибок возможно с помощью команды редактирования **Стереть** (Erase), **Отменить** (Undo) – обеспечивает отмену последней выполненной команды.

Команда **Сопряжение** (Fillet) осуществляет плавное сопряжение отрезков дугой заданного радиуса. Выполнение команды зависит от ответа на запрос: Выбери первый объект или [полилиния/ радиус/ обрезка]: необходимо выбрать опцию **Радиус** (Radius) из контекстного меню и задать нужное значение, например 5. Затем выбрать линии, которые будут сопрягаться.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Содержание

Построить точный чертеж детали с использованием основных команд черчения и редактирования (рис. 81). Данные для формирования чертежа взять из таблицы 5.

#### Методические указания

1. Настроить метрическую систему мер, границы чертежа 420 на 297. Из выпадающего меню **Формат** (Format) ⇒ **Единицы** (Units) выбрать 0, т.е. настраивать целые значения чисел для удобства построения.

2. В диалоговом окне **Режимы рисования**, которое вызывается из контекстного меню **Настройка...** в строке состояния щелчком правой кнопкой мыши, настроить **Шаг** (Snap) = 5, **Сетка** (Grid) = 10.

3. Из строки **Свойства объектов** кнопка **Тип линий** раскрыть список, выбрать пункт **Другой...** и вызвать диалоговое окно **Диспетчер типа линий**, загрузить штрихпунктирную линию.

4. Вызвать команду **Отрезок** (Line) из панели рисования и провести горизонтальную осевую по середине поля чертежа.

5. Заменить тип линии на сплошную основную (Continuous). Включить режим **Орто** – построение взаимноперпендикулярных отрезков.

6. Вызвать команду **Полилиния** (PLine).

Запросы:

– начальная точка: отметить точку на оси симметрии;

– в командной строке выводится: следующая точка[Дуга/ Замкни/ Полуширина/ Длина/ Отмени/ Ширина/ <Конечная точка>]: выбрать из контекстного меню опцию Ширина (или с клавиатуры ввести букву Ш) изменить начальную и конечную ширину на 1.

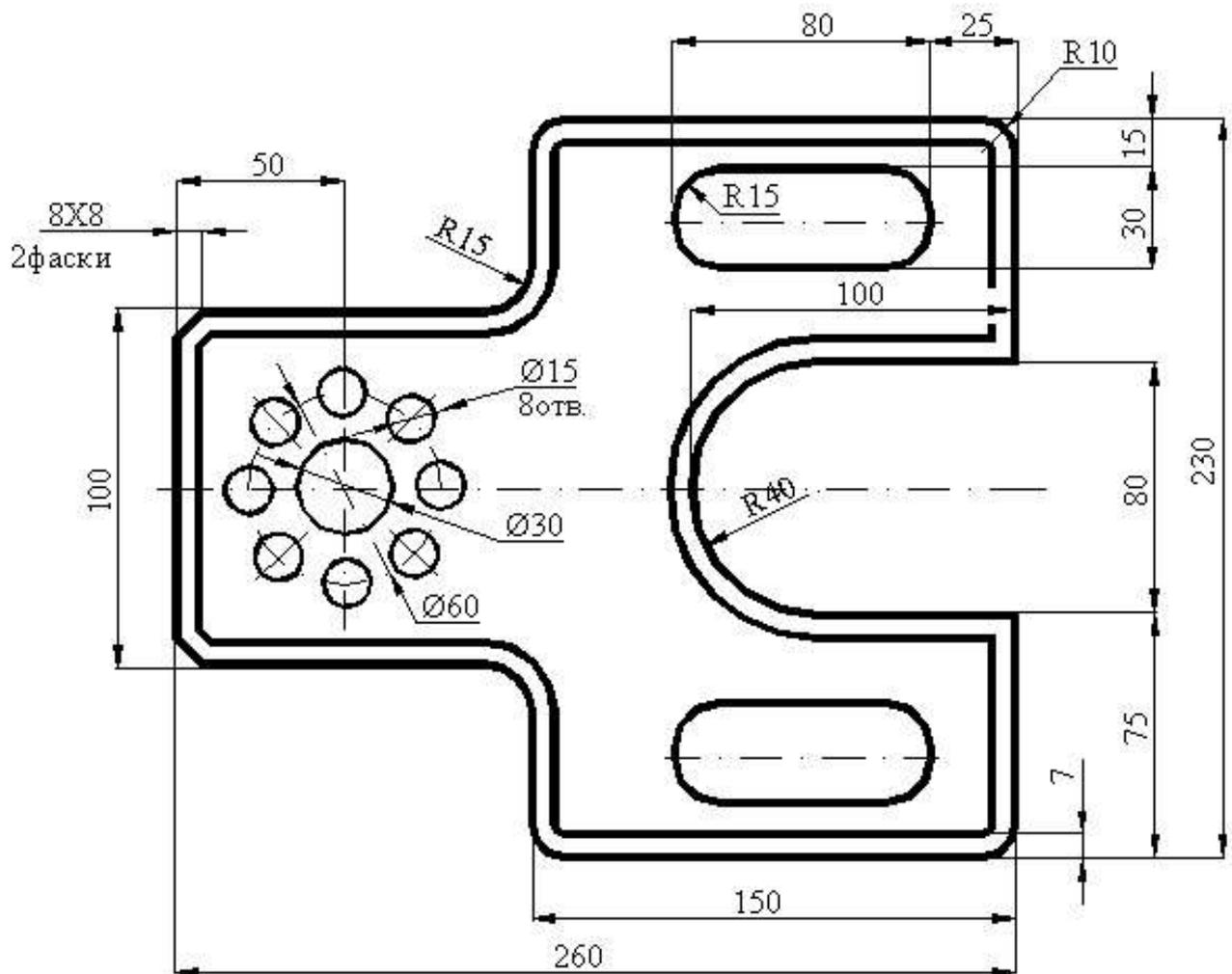


Рис. 81

7. Отложить заданные размеры отрезков a, b, c, d, e, f, g по табл. 5 (рис. 82).

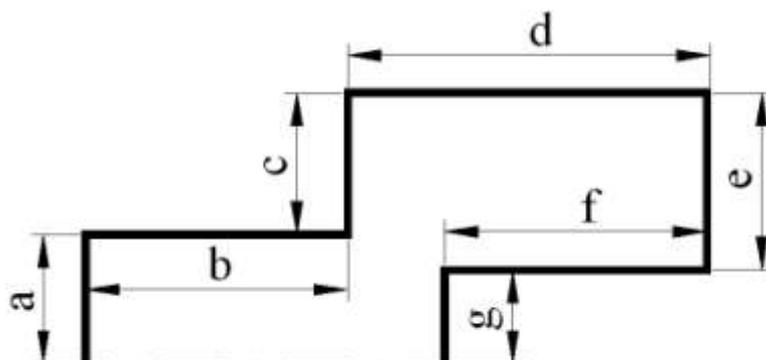


Рис. 82

Данные для формирования чертежа

№ варианта	a	b	c	d	e	f	g
1	50	100	50	140	75	100	25
2	50	110	55	150	80	110	25
3	55	110	60	150	75	100	40
4	50	110	55	150	75	105	30
5	60	115	55	140	80	100	35
6	55	100	60	130	70	100	45
7	60	100	50	135	75	100	35
8	50	110	50	145	85	110	15
9	55	100	50	150	75	100	30
10	60	100	50	130	75	100	35
11	50	115	60	135	75	115	35
12	55	100	55	140	75	100	35
13	60	105	50	145	75	100	35
14	50	100	55	150	75	120	30
15	55	100	50	155	75	100	30
16	60	115	50	140	75	105	35
17	50	100	60	145	85	100	25
18	55	100	50	140	70	120	35
19	60	110	55	130	80	110	35
20	50	100	50	135	85	100	15
21	55	105	50	150	75	125	35
22	60	100	50	140	70	115	40
23	50	115	50	145	70	100	30
24	55	110	50	150	80	100	25
25	60	100	60	130	80	120	40
26	50	115	50	135	75	105	25
27	55	100	50	140	75	110	30
28	60	100	65	145	85	130	40
29	50	105	55	150	75	110	30
30	55	100	50	130	75	100	30

Удобнее отслеживать размеры отрезков с помощью команды **Отс-Поляр**, которая включается в статусной строке нижней части экрана или клавиша F10.

8. Команда **Фаска** (Chamfer) строит срез детали. Запросы:

– выбери первый отрезок или [полилиния/ длина/ угол/обрезка/ метод]: выбрать из контекстного меню опцию **Длина фаски**  $\diamond$ : 8;

– вторая длина фаски  $\diamond$ : 8;

- выбери первый отрезок: выбрать необходимый отрезок;
- выбери второй отрезок: выбрать необходимый отрезок (рис. 83).

9. Команда **Сопряжение** (Fillet) осуществляет плавное сопряжение отрезков дугой заданного радиуса. Выполнение команды зависит от ответа на запрос:

- выбери первый объект или [полилиния/радиус/обрезка]: необходимо выбрать опцию **Радиус** из контекстного меню и задать нужное значение. Затем выбрать линии, которые будут сопрягаться (см. рис. 83).

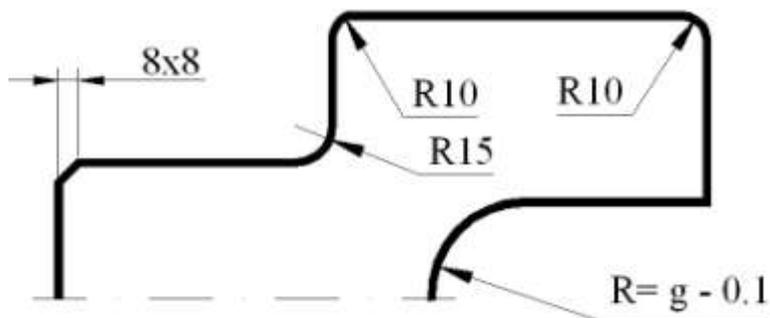


Рис. 83

10. Команда **Зеркало** (Mirror) строит зеркальное отражение объекта (рис. 84).

Запросы:

- выбери объект;
- первая точка оси отражения;
- вторая точка;
- удалить выбранные объекты <нет>.

11. Используя команды **Полилиния** и **Сопряжение**, начертить паз по заданным размерам. Не забывать команду **Замкни** (если забыли это сделать, то исправить это можно из меню **Редактирование** ⇒ **Полилиния** ⇒ опция **Замкнуть**).

12. Команда **Копировать** (Copy) поможет скопировать паз.

Запросы:

- выбери объект;
- базовая точка;
- вторая точка перемещения.

13. Команда **Круг** (Circle). В командной строке выводится:

- центр круга или [Центр круга/3Т/2Т/ККР (кас кас радиус)]: выбрать необходимую опцию. Начертить отверстия  $\varnothing 30$  и  $\varnothing 15$  (рис. 84).

14. Команда **Массив** (Array) дает возможность размножить 8 отв.  $\varnothing 15$ . Запросы:

- выбери объект: выбрать окружность  $\varnothing 15$ ;
- тип массива [прямоугольный/круговой]: К;
- центральная точка массива: выбрать центр окружности  $\varnothing 30$ ;
- число элементов: 8;
- угол заполнения: 360;
- поворачивать объекты при копировании < ДА >: Enter.

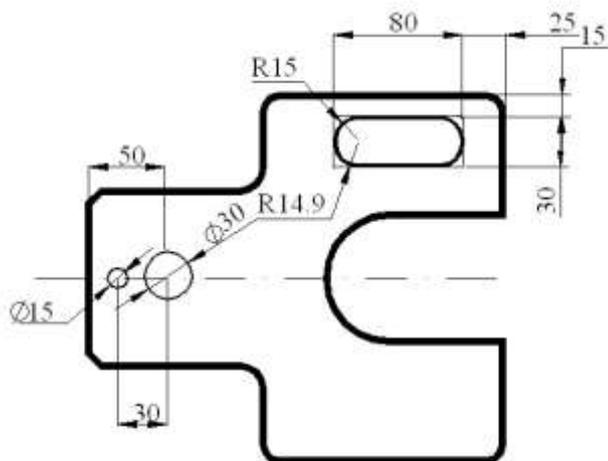


Рис. 84

15. Команда **Подобие** (Offset) строит объект, подобный существующему объекту, с заданным смещением (рис. 85). Запросы:

- величина смещения: 7;
- выбери объект для создания подобных: указать контур кронштейна;
- укажи точку, определяющую сторону смещения: указать точку внутри.

16. Нанести все необходимые размеры, предварительно настроив **Размерный стиль** из ниспадающего меню или панели инструментов **Размеры**. В диалоговом окне **Диспетчер размерных стилей** нажать кнопку **Изменить...**, затем на соответствующих закладках задать вид и длину стрелки, положение размерного текста, высоту размерного текста. Нанесение размеров должно соответствовать ГОСТ 2.307-67 (см. рис. 81) [4, 7].

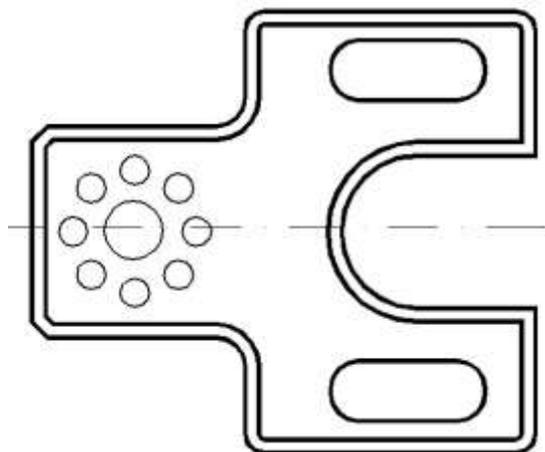
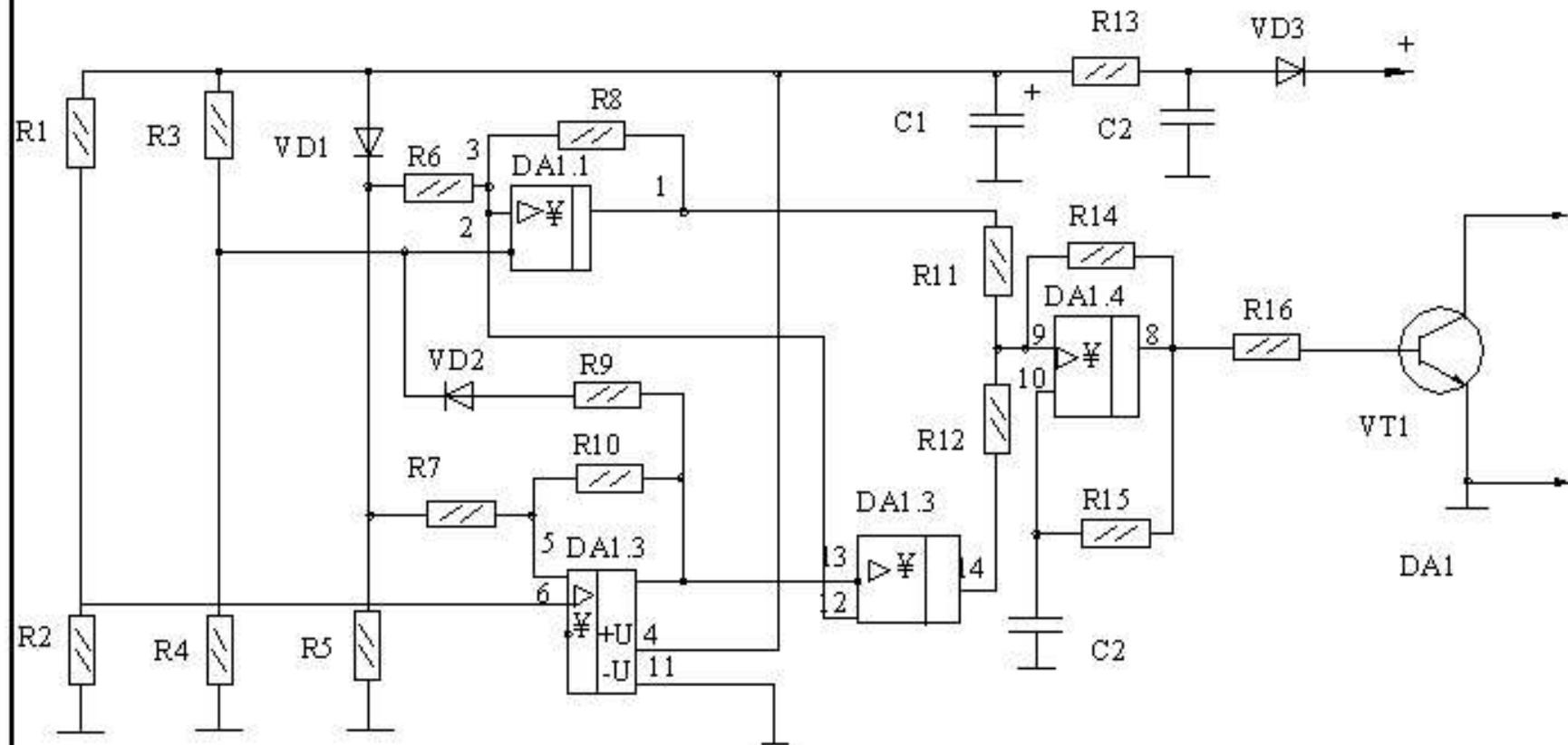


Рис. 85

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Содержание

Выполнить чертёж электрической схемы, используя блоки. Вывести чертеж на печатающее устройство (рис. 86). Варианты заданий в приложении 1.



				НЗД-313-04-03-05ЭЗ		
Исполнитель	Проверенный	Дата		Устройство предназначено для управления Сложная конструкция с применением	Изм.	Масштаб
Имя	Шульгина И.И.				Лист	Листов
Исполнитель				Формат А3 (297x420) КЭМ		

## Методические указания

1. С помощью основных команд рисования выполнить чертежи элементов электрических схем в модульной сетке или по размерам соответствующих стандартов УГО (рис. 87) [3]. Можно настроить шаг сетки = 1.

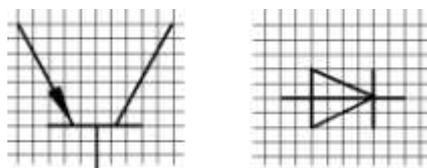


Рис. 87

2. Оформить элементы в виде блоков (без сетки). Для этого вызвать команду



**Создать Блок** из панели **Рисование**. С помощью диалогового окна **Описание блока** (Block Definition) ввести необходимые данные:

- Имя создаваемого блока (Name);
- Базовая точка (Base point) – указать точку для привязки к чертежу;
- Выбрать объекты (Select objects) – указать любым способом объекты, которые будут входить в блок.

3. Выполнить чертёж линий связей схемы (рис. 88).

4. Вставить элементы схем в чертёж. Это осуществляется командой **Вставить**



**Блок** из панели **Рисование** или из ниспадающего меню **Вставка**, ответив на запросы (рис. 89):

- Имя блока (Name);
  - Точка вставки [Масштаб/X/Y/Z/Поворот] (Insert point) [Scale/X/Y/Z/ Rotate;]
- задать точку вставки и, если необходимо, масштаб и угол поворота.

При вставке элементов (рис. 89) необходимо учитывать расположение Б – базы, Э – эмиттера, К – коллектора, а также направление тока (рис. 90).

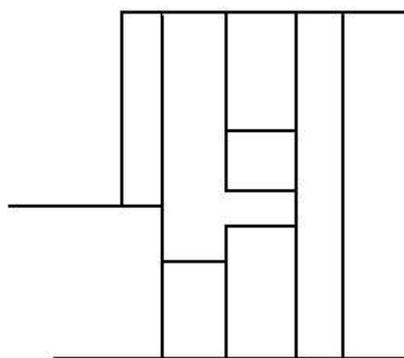


Рис. 88

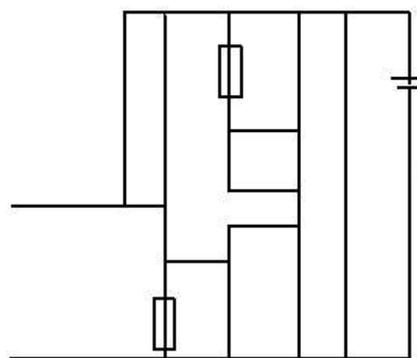


Рис. 89

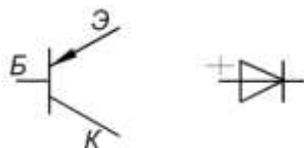


Рис. 90

5. Разблокировать элементы схем командой **РасчлениТЬ** (Explode).

6. Удалить ненужные линии командой **Обрежь** (Trim).

Запросы:

– выбрать режущие кромки (Select object), т.е. границы элементов;

– выбрать удаляемые части линий связи (Select object to trim) (рис. 91).

7. Проставить на чертеже буквенно-цифровое обозначение элементов командой **Текст** (Dtext). Запросы:

– начальная точка текста (Start point);

– высота букв (Height);

– угол поворота (Rotation angle of text) (см. рис. 86).

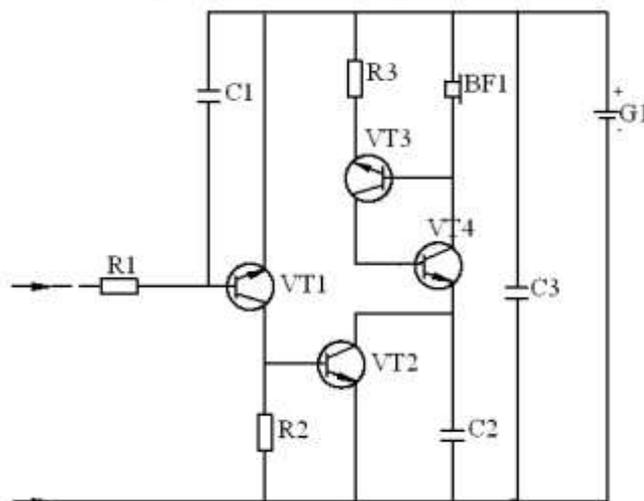


Рис. 91

8. Скомпоновать чертёж на листе формата А4 или А3. Для этого необходимо переключиться в пространство Лист 1 (Paper). Задать размеры нужного формата чертежа, вставить или начертить рамку и основную надпись. Создать новый слой 1 и вставить в него чертёж схемы командой **Видовые экраны** ⇒ **1Вэкран** из меню **Вид**. Выключить Слой 1 для того, чтобы рамка стала невидимой.

9. Вывести чертёж на печатающее устройство командой **Печать** (Plot) из меню **Файл**. Для этого из диалогового окна выбрать тип устройства, угол поворота, масштаб, полный просмотр....

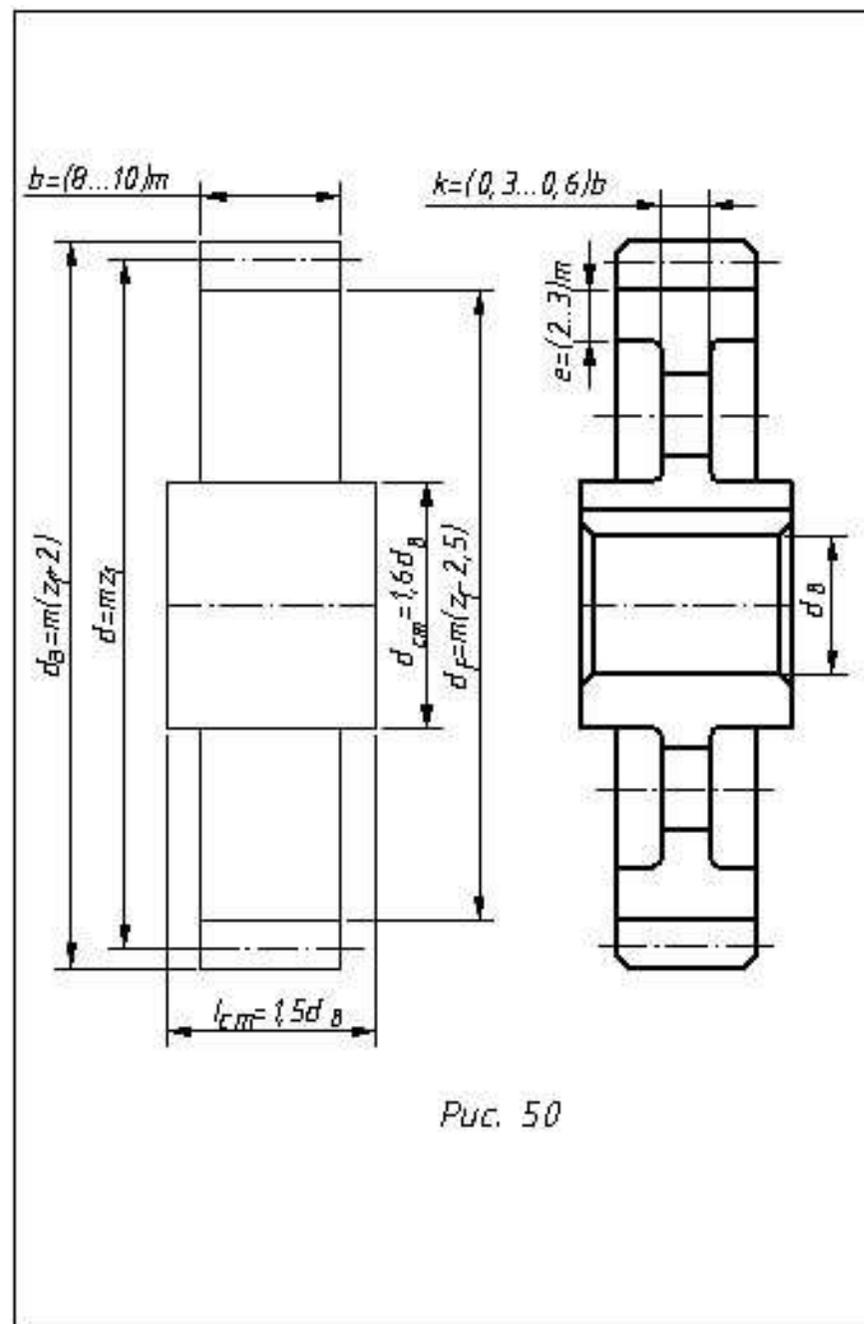
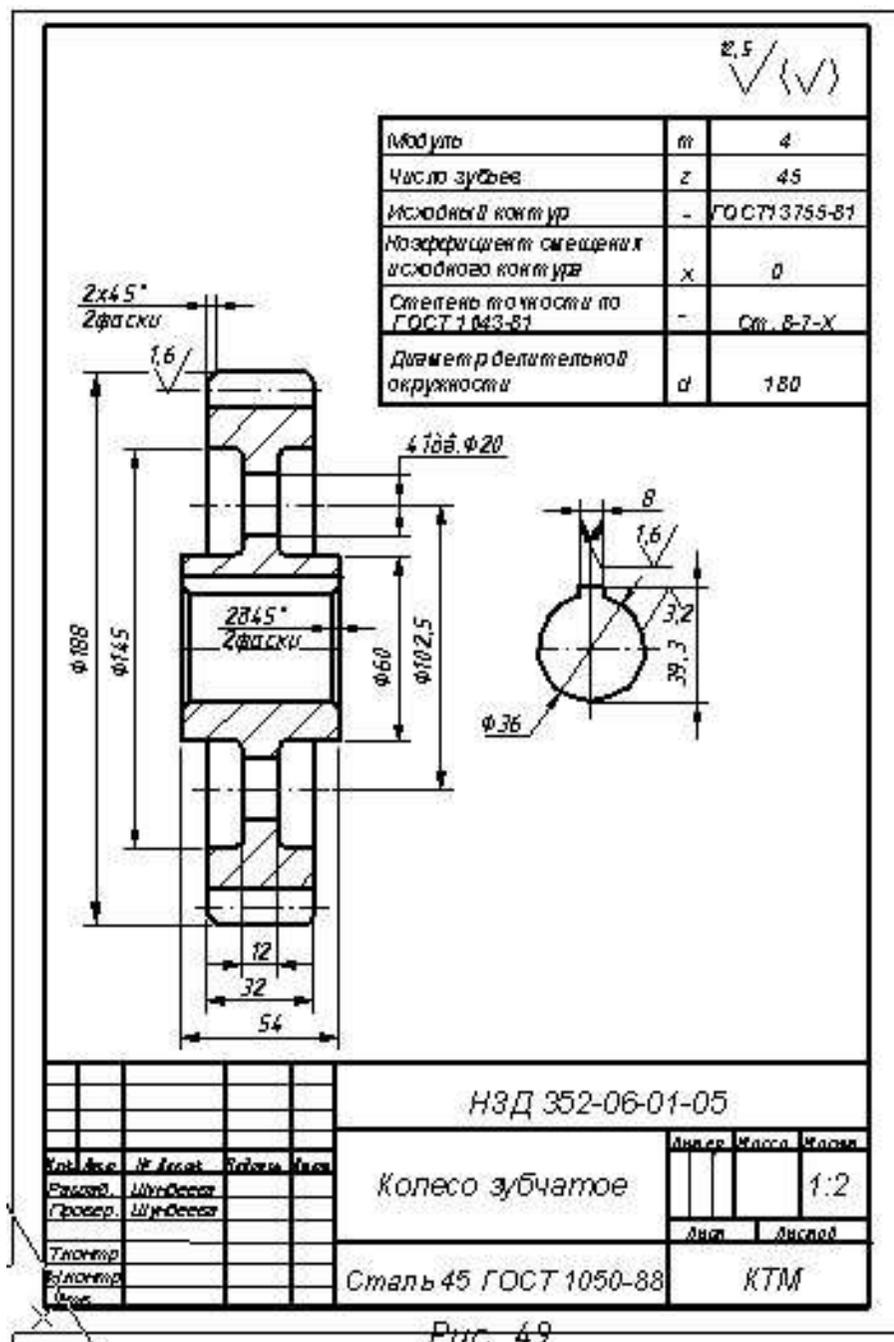
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Содержание

Выполнить чертёж зубчатого колеса, проставить все необходимые размеры, шероховатость поверхности (рис. 92–94).

### Методические указания

1.Изображение зубчатого колеса формируется в пространстве модели (закладка Модель). Рамку, основную надпись и таблицу параметров чертить или вставить готовую на закладке Лист.



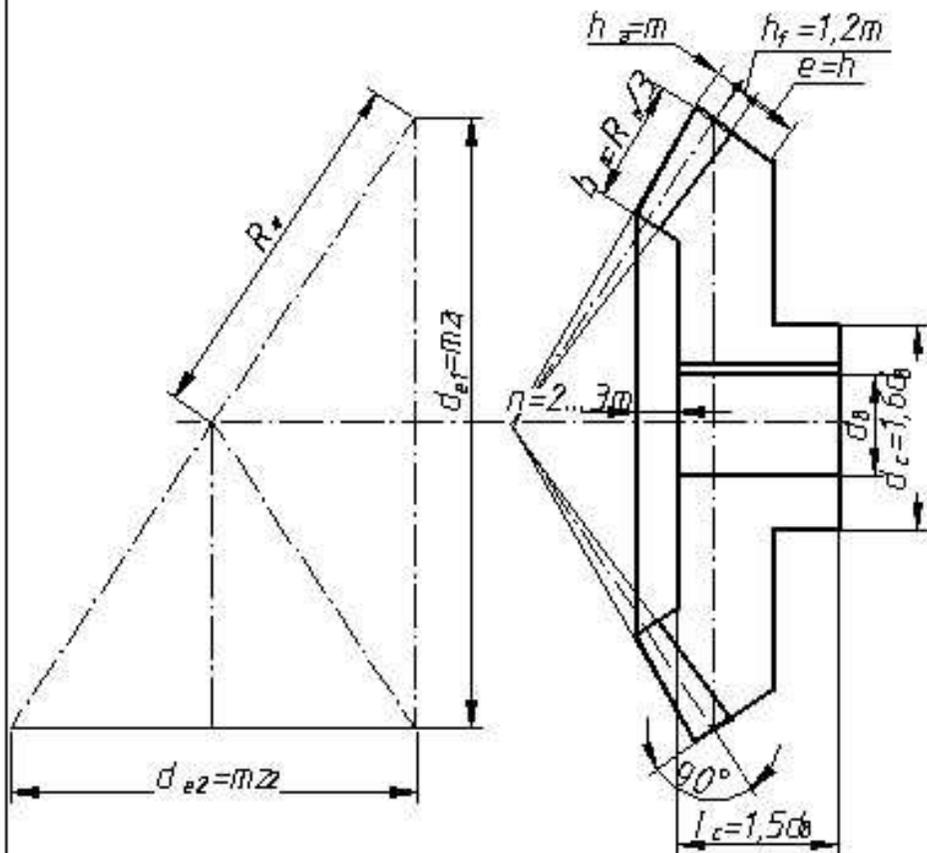
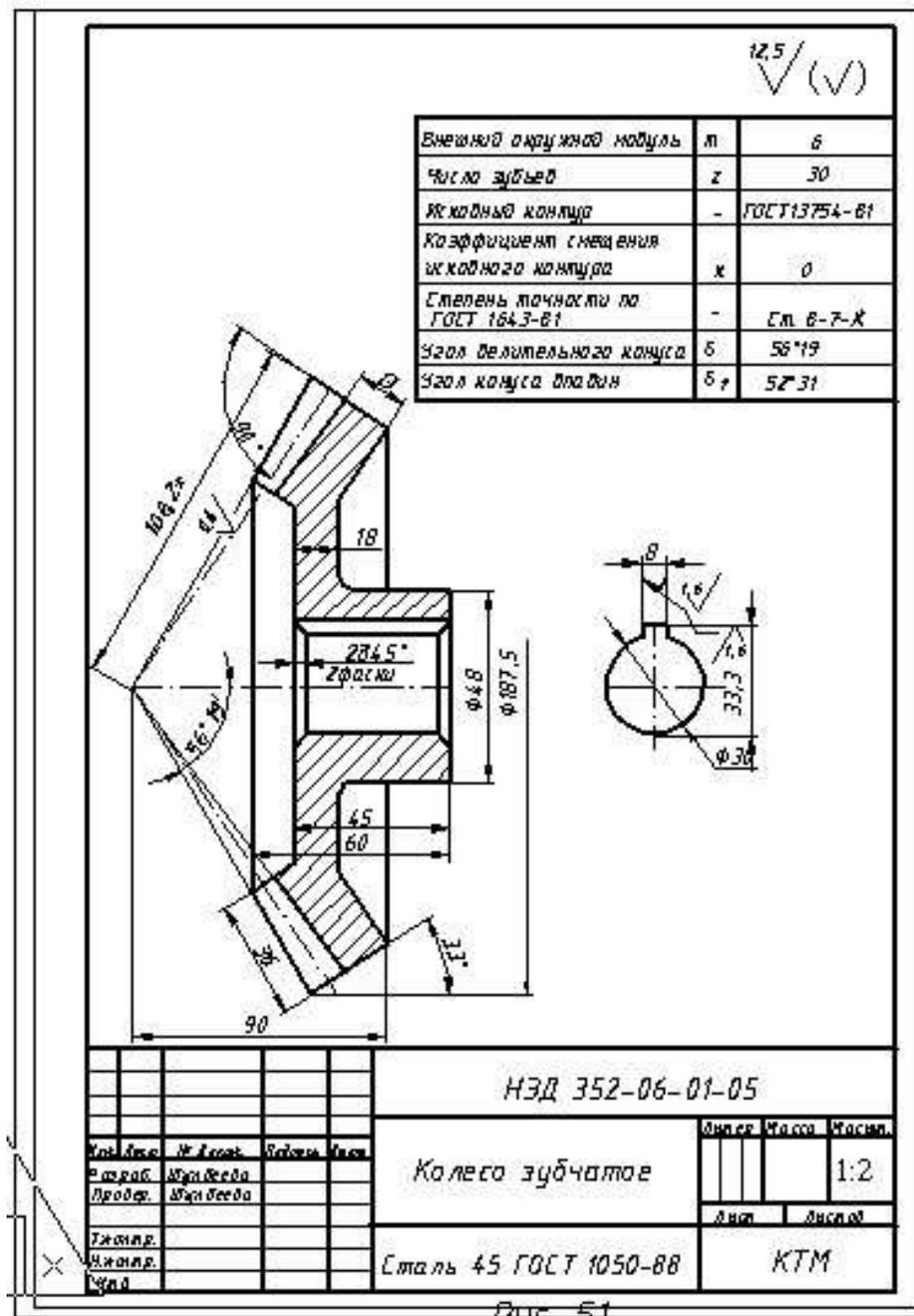


Рис. 52

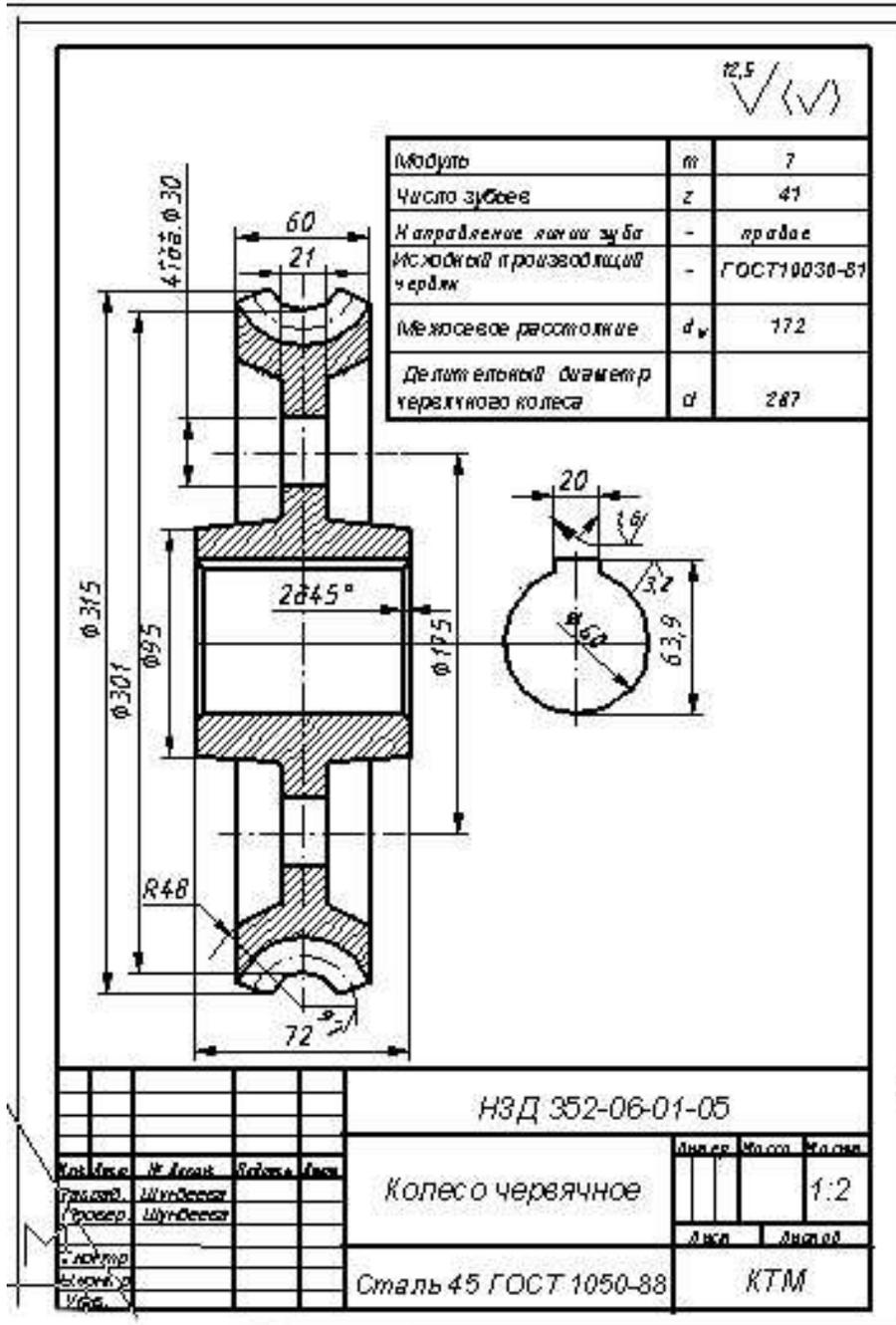


Рис. 53.

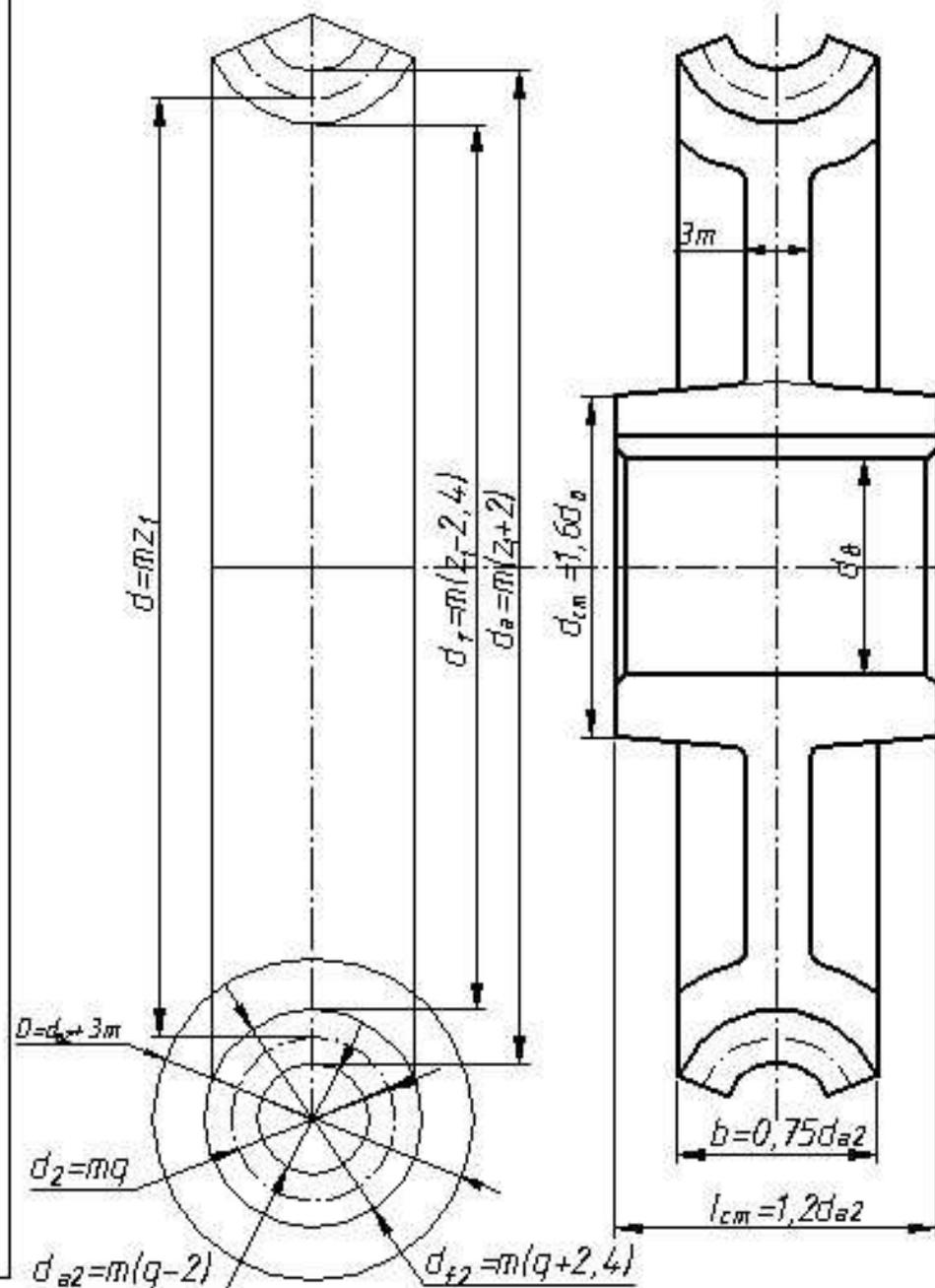


Рис. 54.

2. Создать слой: вспомогательный, колесо, размеры.  
 3. Геометрические и конструктивные параметры для вычерчивания зубчатых колес можно получить расчетом, исходные данные для которых даны в табл. 6.

Таблица 6

Вариант	Тип передачи	Данные для формирования чертежа зубчатого колеса				
		Модуль $m$	Число зубьев		Диаметр вала $d_v$	Соединение колеса с валом шпонкой
			$Z_1$	$Z_2$		
1	Цилиндрическая прямозубая передача	3	35	–	25	Призматической
6		3	36	–	30	Сегментной
7		3	37	–	25	Призматической
11		3	30	–	30	Сегментной
16		3	32	–	22	Призматической
19		3	38	–	25	Сегментной
23		3	30	–	20	Призматической
25		4	34	–	22	Сегментной
27		4	35	–	30	Призматической
29		5	32	–	20	Сегментной
2		Коническая прямозубая передача	4,5	26	22	22
3	4		36	26	30	Призматической
8	4		28	26	30	Сегментной
9	2,25		24	22	30	Призматической
12	3		38	26	32	Сегментной
14	4		34	24	10	Призматической
15	4		22	18	28	Сегментной
17	3,5		24	16	25	Призматической
20	2,5		40	36	28	Сегментной
24	4,5		36	32	26	Призматической
4	Червячная прямозубая передача	3	42	1	40	Призматической
5		3	55	1	48	Призматической
10		4	40	1	40	Призматической
13		4	30	1	36	Призматической
18		5	66	1	54	Призматической
21		3	36	1	38	Призматической
22		3	42	1	40	Призматической
26		4	44	1	40	Призматической
28		5	48	1	40	Призматической
30		4	60	1	48	Призматической

4. Для червячных передач принять коэффициент диаметра червяка  $q=9$ . Числовые значения геометрических параметров не округлять, конструктивные раз-

меры округлить до целых чисел по ГОСТ 6636-69. При выполнении рабочих чертежей зубчатых колес нужно руководствоваться ГОСТ 2.402-68, 2.403-75, 2.405-75, 2.406-75 [6]. Этими стандартами установлено, какие размеры следует проставлять на изображениях изделий, а какие – записывать в таблицу параметров. На учебных чертежах допускается заполнять только верхнюю часть таблицы (рис. 95).



Рис. 95

5. Размеры шпоночных пазов проставлять для призматических шпонок по ГОСТ 23360-78, для сегментных – по ГОСТ 24071-80.

6. Прежде чем начинать компоновку изображения зубчатого колеса на листе, следует начертить (или вставить готовую) рамку, основную надпись и таблицу параметров. Таблица параметров располагается в правом верхнем углу формата, примыкая к рамке чертежа с правой стороны и отстоит от нее на 20 мм сверху.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

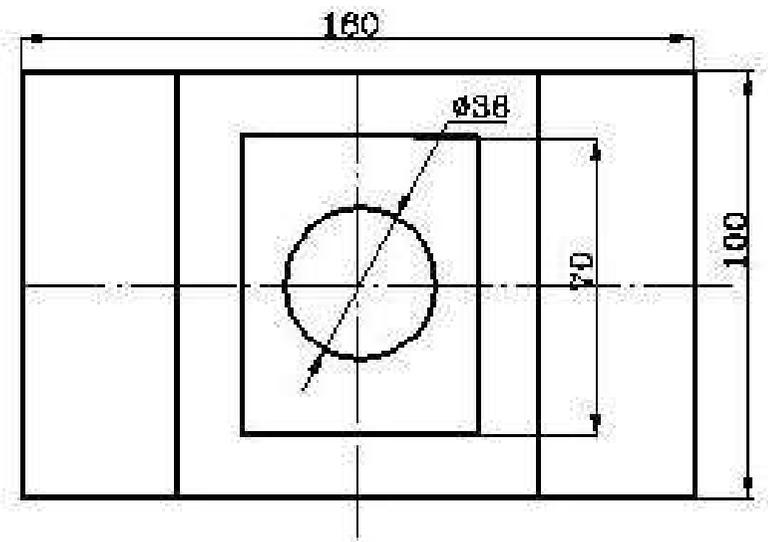
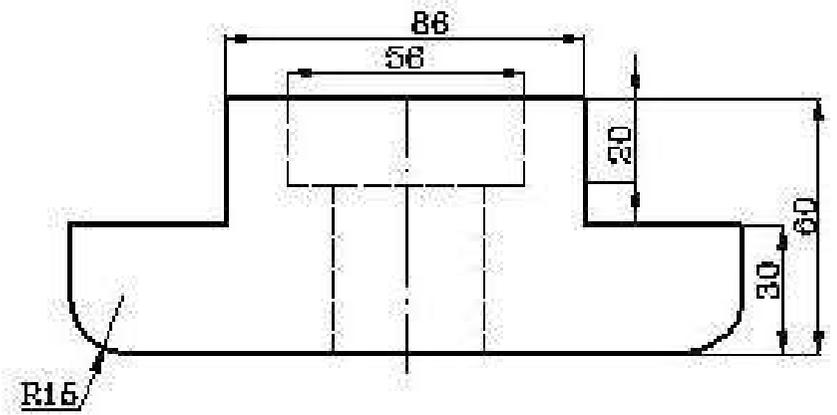
### Содержание

По заданному варианту задания из приложения 2 сформировать трехмерную деталь (рис. 96).

### Методические указания

1. Открыть **Файл** ⇒ **Новый ... Имя**, Лимиты 420x297.

Ниспадающее меню **Вид** ⇒ **Видовые экраны** и выбрать **Два вертикально**.



3. Переключая видовые экраны щелчком мыши, настроить виды, как показано на рис. 97, с помощью стандартной панели инструментов или из ниспадающего меню **Вид** ⇒ **3М Виды**.

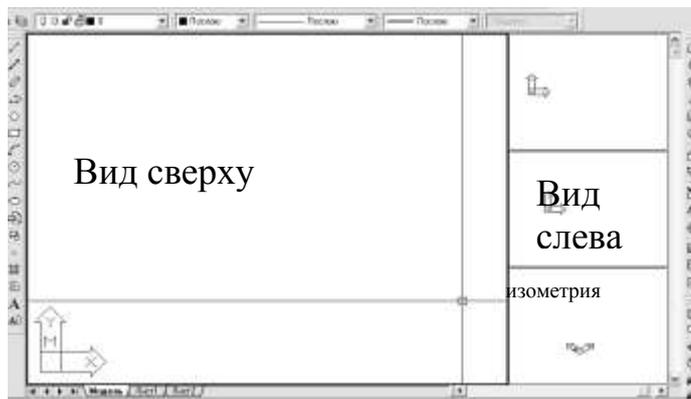


Рис. 97

4. По заданным видам и размерам необходимо определить из каких геометрических тел состоит данная деталь. Вычерчивание начинается с основания детали. Командой **Ящик**:

- задать начальную точку;
- вызвать опцию **Длина** и задать 160;
- затем на запрос **Ширина** ввести 100;
- задать высоту 30 (рис. 98).

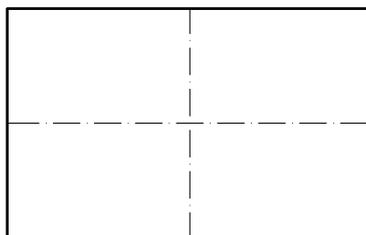


Рис. 98

5. Создаём ещё один прямоугольник 86x100 командой **Полилиния**. Настроить привязку на середину (рис. 99).

6. Для создания объёма команда **Выдавить** (Extrude) из инструментальной панели **Тела** (Solids) или панели **Моделирование** (рис. 100).

Опции команды:

- Выбери объект (select object): <выбрать прямоугольник>;
- Глубина выдавливания или [Траектория] (path/<height of extrusion>): задать высоту 60;
- Угол сужения для выдавливания<0> (extrusion taper angle <0>): задать 0.

7. Командой **Объединение** (Union) из инструментальной панели **Редактирование** создадим единое тело (рис. 101). Опция команды:

- Выбрать все объекты(select object): выбрать все объекты.

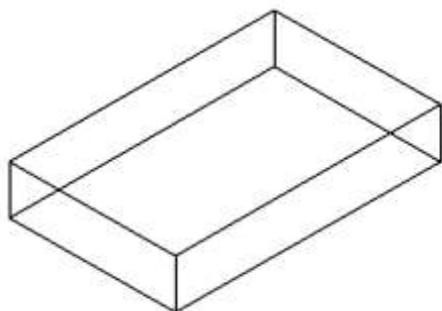


Рис. 99

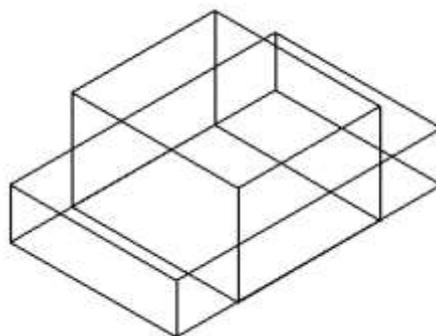


Рис. 100

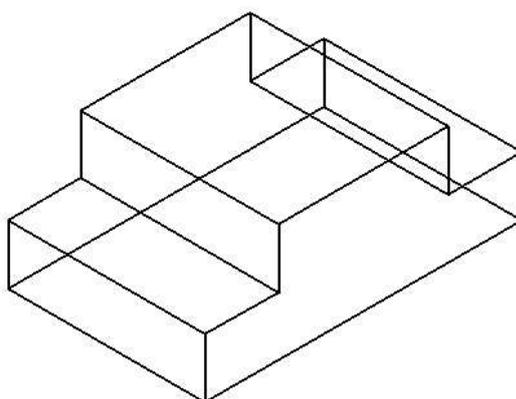


Рис. 101

8. Строим круг  $\varnothing 36$ . Используем команду **Круг** и опции **Центр**, **Диаметр** (рис. 102).

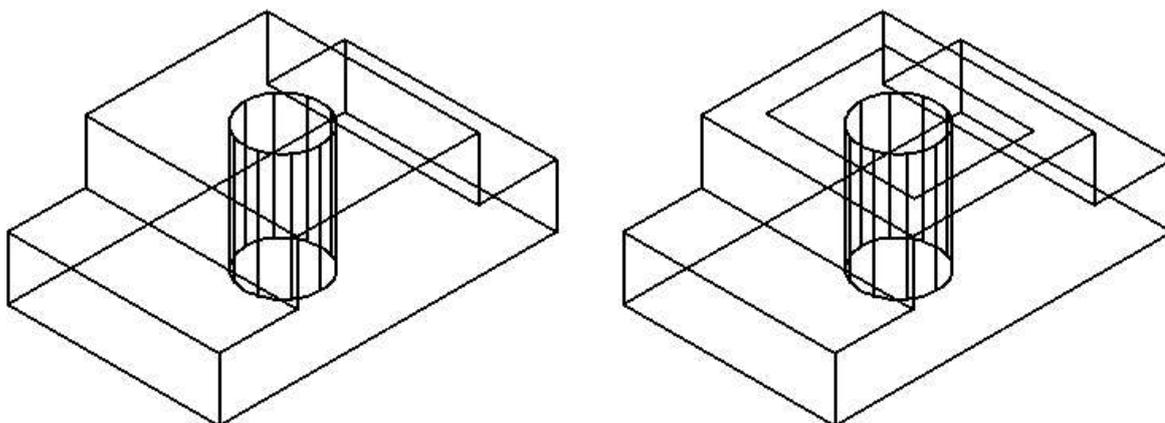


Рис. 102

9. Используем команду **Вытягивание**. Выбираем окружность с нажатой клавишей **Alt** задаём высоту 60.

10. Командой **Вычти** (Subtract) создаём отверстие.

Опции команды:

- выбрать объект, из которого будет вычитаться;
- выбрать объект, который нужно вычесть (select solids and regions to subtractions).

11. Строим прямоугольник размером 56x70. Лучше это сделать в изометрии, настроив **Динамическую ПСК** на верхнюю грань.

12. Команда **Вытягивание** на высоту 20. Или команда **Вычти** (Subtract) (рис. 103).

13. Команда **Сопряжение** (Fillet) скруглит нужные ребра R15. Необходимо выбрать боковые рёбра нижнего основания (рис. 104).

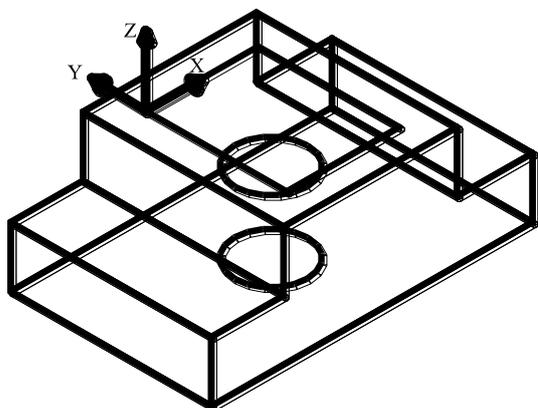


Рис. 103

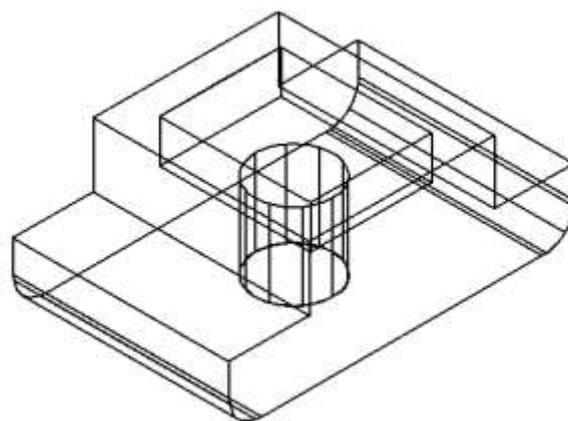


Рис. 104

14. Применить средства визуализации.

Из меню **Вид** команда **Скрой** удаляет невидимые линии.

**Вид**  $\Rightarrow$  **Раскрашивание** – нанесение цветов на видимые поверхности.

**Вид**  $\Rightarrow$  **Тонирование** – создание реалистичных изображений, нанесение необходимых текстур. Необходимо присвоить материал из меню **Вид**  $\Rightarrow$  **Тонирование**  $\Rightarrow$  **Материалы...** (рис. 105).



Рис. 105

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Содержание

Формирование чертежа по пространственной модели (рис. 106).



## Методические указания

1. Установить систему координат, совпадающую с видом сверху (рис. 107).
2. Перейти в пространство листа.
3. Оформить формат чертежа А3.

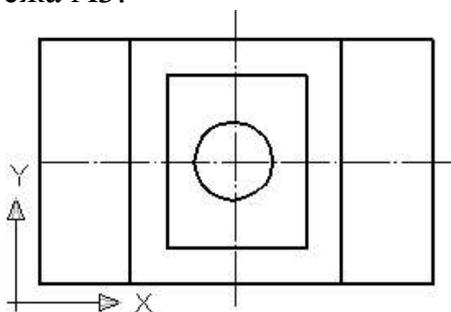


Рис. 107

4. Использовать команду **Настройка вида** (Solview) из панели **Тела**, обеспечивающую создание видовых экранов в пространстве листа.
5. Получить на чертеже необходимые графические изображения по созданной пространственной модели (рис. 108).

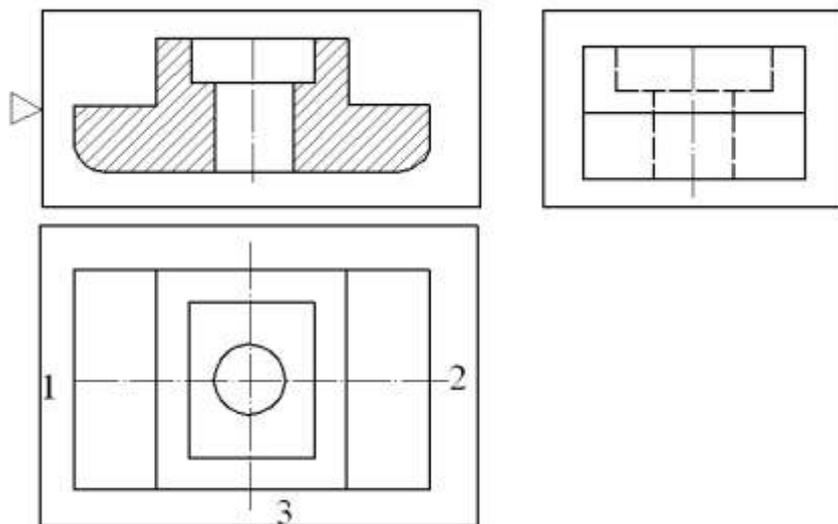


Рис. 108

Вид сверху.

Команда **Подготовка: вид** (Solview):

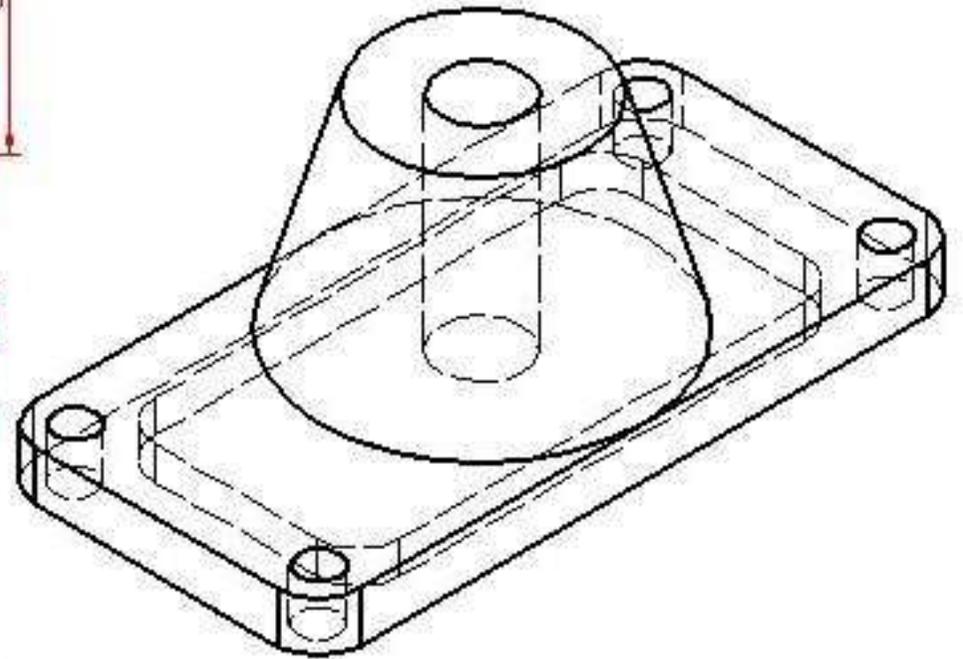
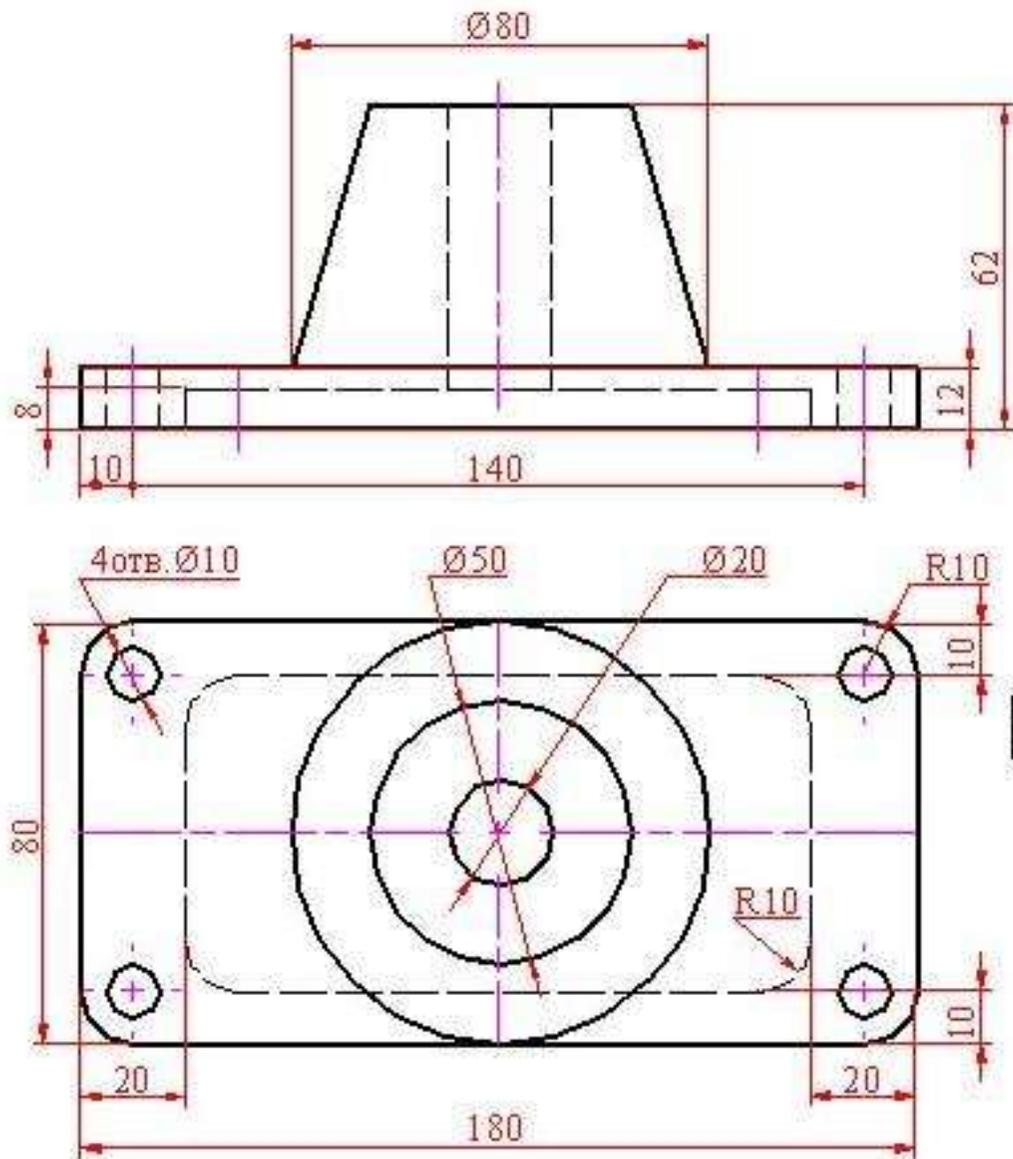
- задайте опцию [Пск/Орто/Дополнительный/Сечение] (Ucs/Ortho/Auxiliary/Selection/ <Exit>): П;
- задайте опцию [Имя/ Мск/ ?/ Текущая] (Name/World/<Current>): ENTER;
- масштаб вида (Enter view scale <1.0>): 1.0;
- центр вида (View center): указать место вида;
- первый угол видового экрана (Clip first corner): указать первый угол видового экрана;
- противоположный угол видового экрана (Clip other corner): указать второй угол видового экрана;
- имя вида (View name): имя задается пользователем.

- Полный фронтальный разрез:
- задайте опцию [Пск/Орто/Дополнительный/Сечение] (Ucs/Ortho/Auxiliary/Selection/<Exit>): С;
  - первая точка секущей плоскости (Cutting planes 1st point): указать точку 1;
  - вторая точка секущей плоскости (Cutting planes 2nd point): указать точку 2;
  - сторона просмотра (Side to view from): указать точку 3 – направление взгляда;
  - масштаб вида (Enter view scale <1.0>): 1;
  - центр вида (View center): указать место вида;
  - первый угол видового экрана (Clip first corner): указать первый угол видового экрана;
  - противоположный угол видового экрана (Clip other corner): указать второй угол видового экрана;
  - имя вида (View name): имя задается пользователем.
- Вид слева:
- задайте опцию [Пск/Орто/Дополнительный/Сечение] (Ucs/Ortho/Auxiliary/Selection/<Exit>): О;
  - укажите сторону видового экрана для проекции (Pick side of viewport to project): указать левую границу видового экрана главного вида;
  - первый угол видового экрана (Clip first corner): указать первый угол видового экрана;
  - противоположный угол видового экрана (Clip other corner): указать второй угол видового экрана;
  - имя вида (View name): имя задается пользователем.
- Оформить графические изображения по стандартам ЕСКД (см. рис. 106).
6. Всем слоям с невидимыми линиями (имя вида-hid) установить тип линии Штриховая (Dashed).
7. Команда **Подготовка: построение** (Soldraw) из панели **Тела**.
- Запросы:
- Выбери объекты (Select object): в ответ на последовательность запросов указывать рамки всех видов, представленных на рис. 108.
8. Отключить слой видовых рамок Vports.
9. Провести осевые линии.
10. Проставить размеры в слоях с именами Имя вида -dim, устанавливая соответствующие слои текущими (см. рис. 106).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### Содержание

Формирование трехмерного объекта в Mechanical Desktop (рис. 109).  
Варианты заданий предложены в приложении 3.



## Методические указания

1. Запустить программу **Mechanical Desktop Power Pack**.
2. Настроить границы чертежа.
3. Команда **2М набросок** из контекстного меню, выбрать необходимые команды: **Вспомогательные линии, прямоугольник** (рис. 110).

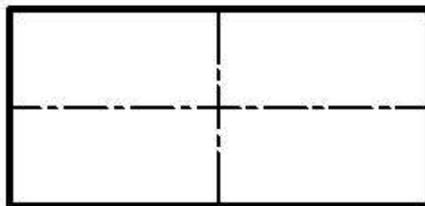


Рис. 110

4. Задать рабочие плоскости для дальнейших построений контура из меню **Деталь**  $\Rightarrow$  **Рабочие Элементы**  $\Rightarrow$  **Базовые рабочие плоскости**, так чтобы они совпали с осями симметрии. При необходимости их можно сделать невидимыми из контекстного меню (рис. 111).

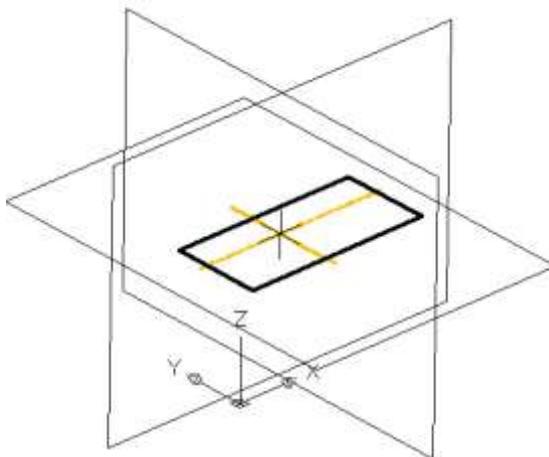


Рис. 111

5. Создать контур из **контекстного меню** или из меню **Деталь**  $\Rightarrow$  **Получение эскиза**  $\Rightarrow$  **Контур**. В Центре управления Desktop появляется запись ДЕТ1\_1 Контур 1.
6. Зафиксировать точку пересечения вспомогательных отрезков, чтобы она не перемещалась при нанесении размеров и их корректировки **2М Зависимости**  $\Rightarrow$  **Фиксация**.
7. Из меню **Деталь**  $\Rightarrow$  **Размеры**  $\Rightarrow$  **Новый размер** задать размеры (рис. 112).
8. Настроить рабочее окно так, чтобы рассмотреть деталь со всех сторон, **Вид**  $\Rightarrow$  **Видовые экраны**  $\Rightarrow$  **Новые ВЭ**  $\Rightarrow$  **Четыре: справа**.
9. Из контекстного меню, которое вызывается щелчком правой кнопки мыши по **Контур1**, вызвать диалоговое окно **Выдавить....**. Задать глубину выдавливания 12.

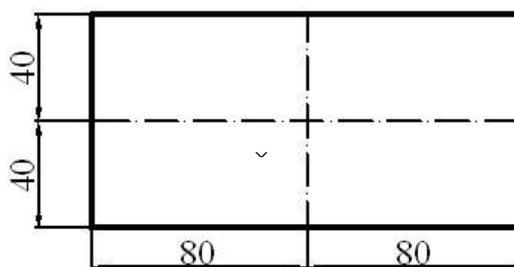


Рис. 112

10. Построить сопряжение из контекстного меню или меню **Деталь** ⇒ **Типовые элементы** ⇒ **Сопряжение...**, задать радиус 10 (рис. 113).

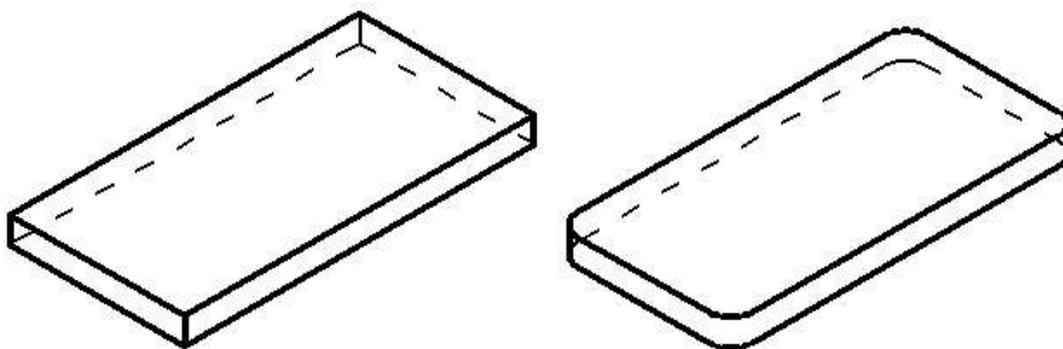


Рис. 113

11. Построить отверстия в основании из меню **Деталь** или контекстного меню **Типовые элементы** ⇒ **Отверстия** ⇒ **Размещение концентрическое** Ø10 (рис. 114).

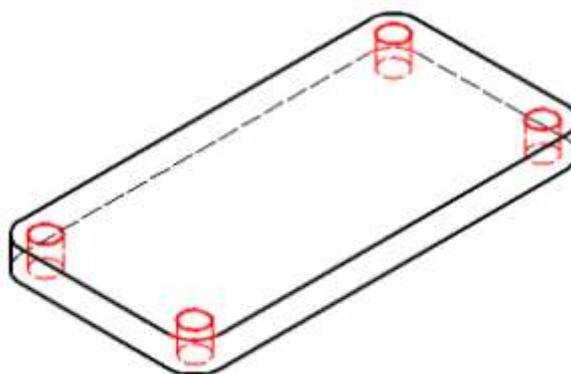


Рис. 114

12. Переключиться на вид спереди. Задать новую плоскость построений из меню **Деталь** ⇒ **Новая плоскость построений**. Выбрать вертикальную рабочую плоскость.

13. Построить контур усеченного конуса **2М набросок** ⇒ **Полилиния** (рис. 115). Построить произвольно без размеров.

14. Создать контур из контекстного меню или из меню **Деталь** ⇒ **Получение эскиза** ⇒ **Контур**. В Центре управления Desktop появляется запись **Контур 2**. Зафиксировать точку нижнего основания трапеции **2М Зависимости** ⇒ **Фиксация**.

15. Из меню **Деталь** ⇒ **Размеры** ⇒ **Новый размер** задать размеры (см. рис. 115).

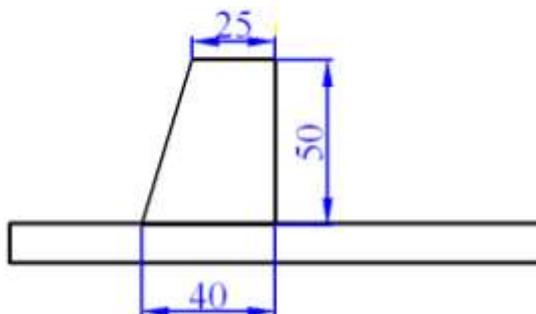


Рис. 115

16. Из контекстного меню, которое вызывается щелчком правой кнопки мыши по **Контур2**, вызвать диалоговое окно **Вращать...**, задав операцию **Объединение**.

17. Построить отверстия в конусе и основании из меню **Деталь** или контекстного меню **Типовые элементы** ⇒ **Отверстия** Ø20 (рис. 116).

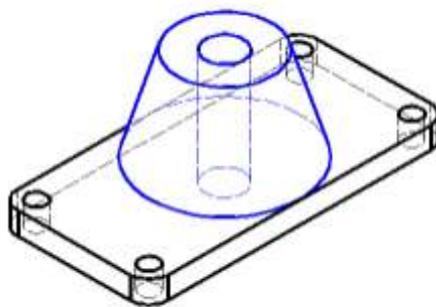


Рис. 116

18. Переключиться на вид сверху, построить произвольно прямоугольник. Создать контур из контекстного меню или из меню **Деталь** ⇒ **Получение эскиза** ⇒ **Контур**. В Центре управления Desktop появляется запись **Контур 3**.

19. Из меню **Деталь** ⇒ **Размеры** ⇒ **Новый размер** задать размеры (рис. 117).

20. Построить сопряжение из контекстного меню **2М набросок** ⇒ **Сопряжения** радиус 10.

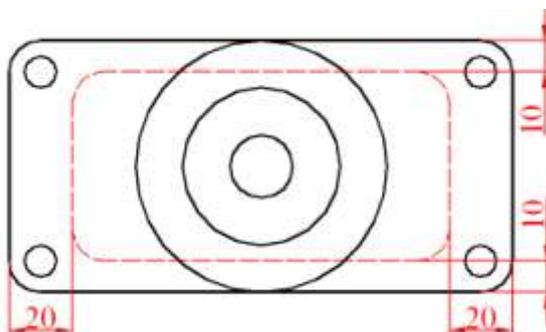


Рис. 117

21. Из контекстного меню, которое вызывается щелчком правой кнопки мыши по **Контур 3**, вызвать диалоговое окно **Выдавить...**. Задать глубину выдавливания 8 и операцию **Вычитание**.

22. После того, как сформирована полностью пространственная модель детали, необходимо оформить чертеж. Для этого переходим на закладку **Лист** и настраиваем формат А4.

23. Из контекстного меню выбрать команду **Создать вид...** (рис. 118). Кнопка **Настройка...** дает возможность настроить на европейский стандарт расположения видов. В диалоговом окне выбрать **Тип вида**.

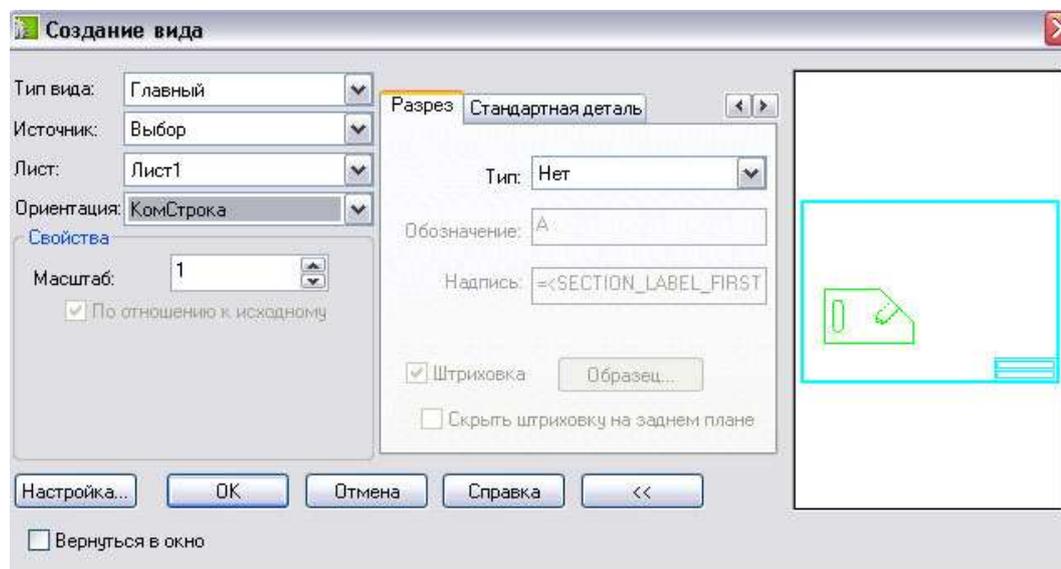


Рис. 118

24. Создать вид спереди, сверху, изометрию детали. Нанести все размеры, настроив размерный стиль из меню **Средства** ⇒ **Формат** ⇒ **Размерные стили...**, затем из меню **Пояснения** ⇒ **Контрольный размер** или **Суперразмер** (см. рис. 109).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### Содержание

Сформировать пространственную модель вала в среде Mechanical Desktop, создать чертеж, с необходимым количеством сечений и выносных элементов, расставить все необходимые размеры в соответствии с правилами оформления чертежей [4, 7] (рис. 119).

### Методические указания

1. Запустить программу Mechanical Desktop Power Pack. Данные для формирования чертежа выбираются из табл. 7 и рис. 120–123. В таблице под буквами a1–a6 приведены линейные размеры элементов вала, а под цифрами 1–6 – диаметральные данные. Для прямоугольных шлицев приведено обозначение  $z \times d \times D \times b$  (число зубьев на внутренний диаметр на наружный диаметр на ширину шлица), для эвольвентных шлицев  $D \times m$  (наружный диаметр на модуль).

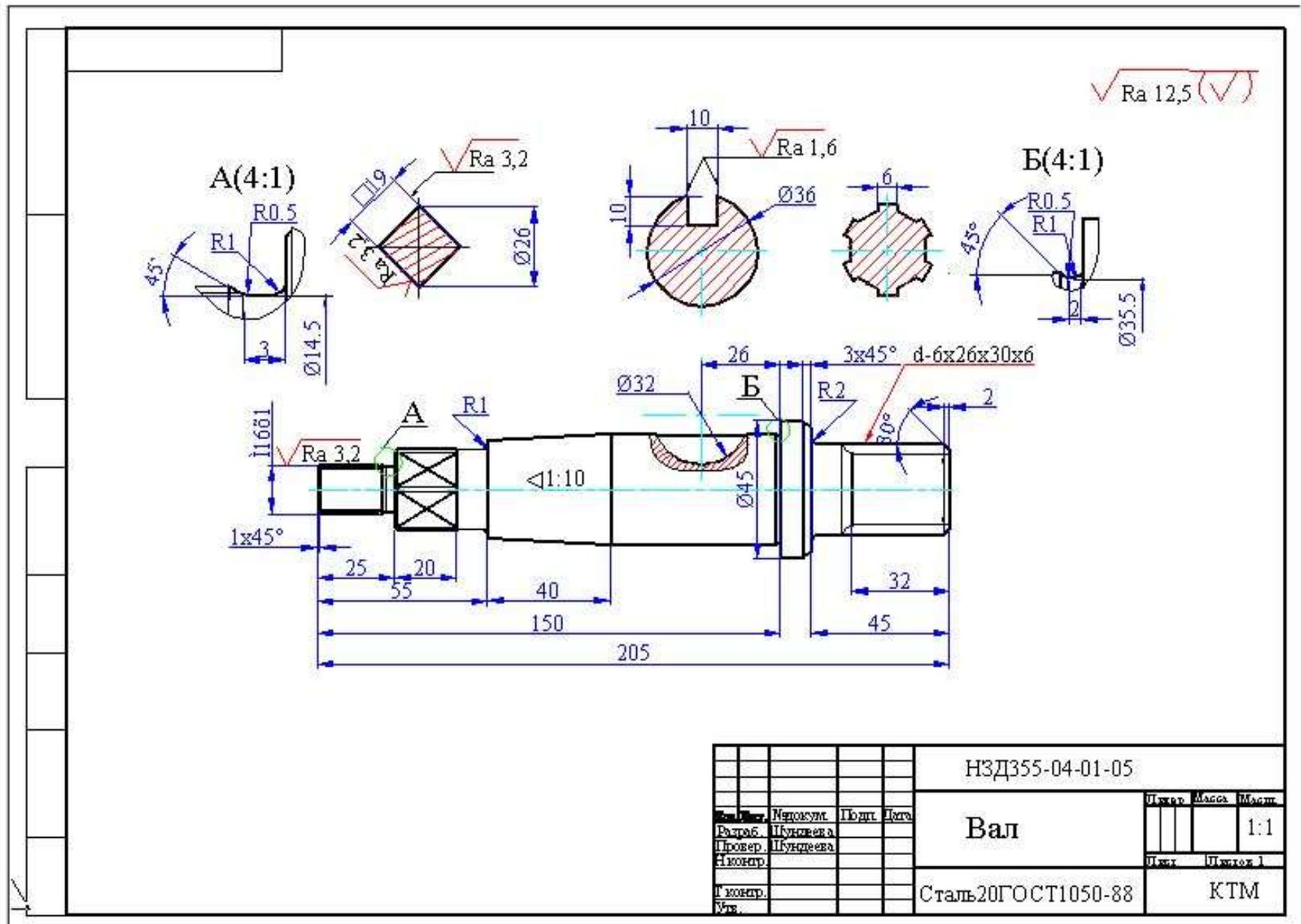


Рис. 119

Данные для формирования модели вала

№ варианта	№ рис.	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	1	2	3	4	5	6	7
1	120	95	40	35	10	65	45	–	54	60	72	78	65	60	–
2	121	25	25	35	90	45	35	20	45	55	68x3	50	45	40/30	M28
3	122	25	42	8	35	125	25	–	M30	35	40	45	55	45	–
4	123	50	60	15	100	20	40	–	43	50	65	90x3	65	50	–
5	120	70	45	30	15	70	50	–	50	55	70	75	65	55	–
6	121	30	25	40	70	40	40	30	40	50	70x3	55	48	45/40	M30
7	122	26	43	9	33	128	26	–	M32	37	40	46	56	46	–
8	123	38	70	15	80	25	42	–	43	50	70	80x3	60	50	–
9	120	80	48	35	12	65	45	–	50	57	65	70	58	50	–
10	121	40	20	60	50	35	40	25	40	45	62x3	40	35	32/30	M20
11	122	30	45	10	40	120	20	–	M24	38	42	42	60	50	–
12	123	53	65	12	90	30	40	–	50	58	75	100x3	55	45	–
13	120	90	45	35	10	70	50	–	52	63	68	75	60	55	–
14	121	30	25	60	40	40	36	27	35	42	60x2	45	40	36/30	M24
15	122	20	40	10	30	110	30	–	M22	35	36	68	50	40	–
16	123	35	60	20	100	35	50	–	40	50	70	80x3	50	40	–
17	120	70	50	30	15	70	40	–	50	60	70	80	58	45	–
18	121	40	20	70	50	20	30	25	35	42	55x2	45	40	38/35	M22
19	122	35	50	15	40	130	40	–	M36	45	50	55	60	50	–
20	123	40	50	15	80	35	45	–	38	45	65	75 x3	55	45	–
21	120	60	55	40	10	70	40	–	45	58	70	85	53	45	–
22	121	35	25	60	40	20	35	30	30	37	45x2	42	40	38/30	M24
23	122	20	30	20	40	135	40	–	M20	22	30	30	35	40	–
24	123	35	70	12	40	40	35	–	30	40	50	65x2	40	35	–
25	120	80	40	60	20	80	50	–	60	65	75	90	63	55	–
26	121	30	20	65	30	30	30	25	35	45	52x2	42	37	35/27	M22
27	122	40	45	15	40	100	30	–	M38	38	40	50	60	50	–
28	123	45	55	15	90	40	40	–	45	55	75	100x3	55	45	–
29	120	65	37	40	12	66	40	–	40	50	65	70	53	46	–
30	121	28	23	32	92	48	30	22	45	55	68x3	52	45	40/30	M26

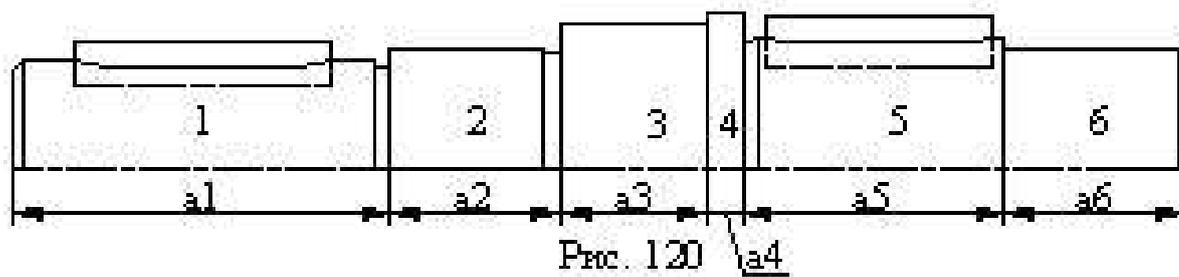


Рис. 120

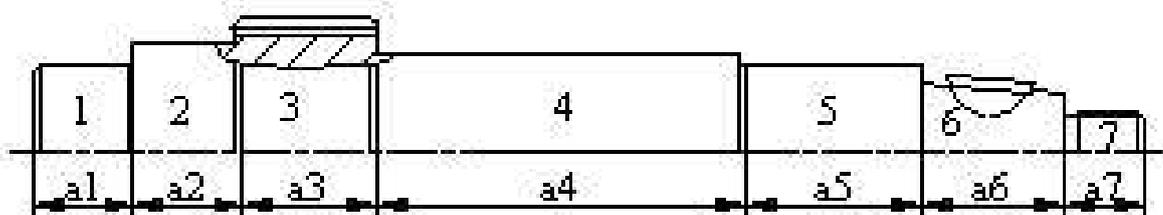


Рис. 121

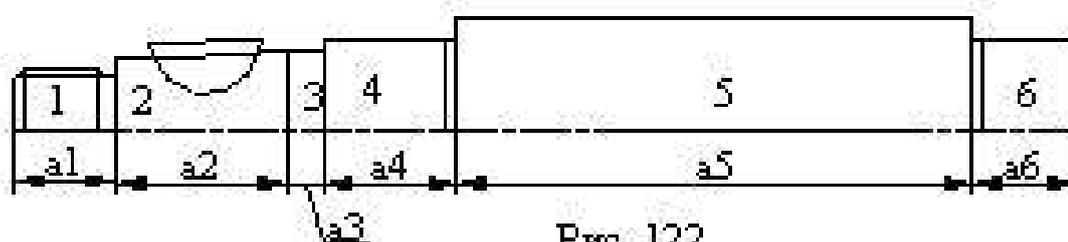


Рис. 122

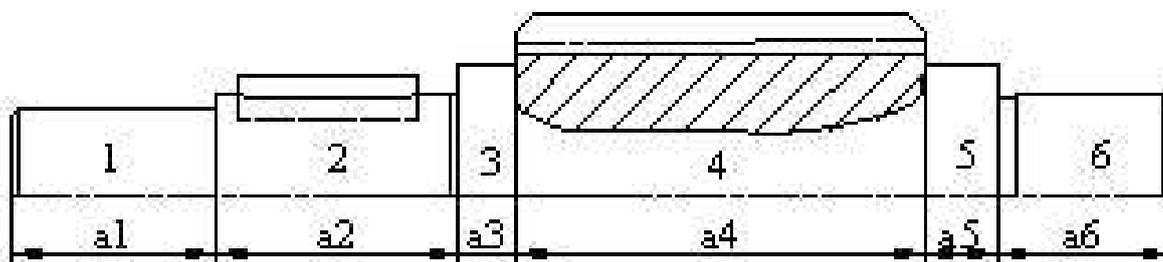


Рис. 123



Построение модели вала основано на использовании библиотеки стандартных деталей. Необходимо вызвать диалоговое окно «**Проектирование 3М вала**» командой **Элементы и детали валов**. Или из ниспадающего меню **3М элементы** ⇒ **Проектирование валов...** (рис. 124).

При первоначальных запросах задать начальную точку и ориентацию направления. Выбрать нужный элемент (он выделен красным цветом, например Thread). При этом загружается библиотека данного элемента. Загружаем GOST и выбираем нужные параметры. Например, Nominal Diameter M16x1, длина 25.

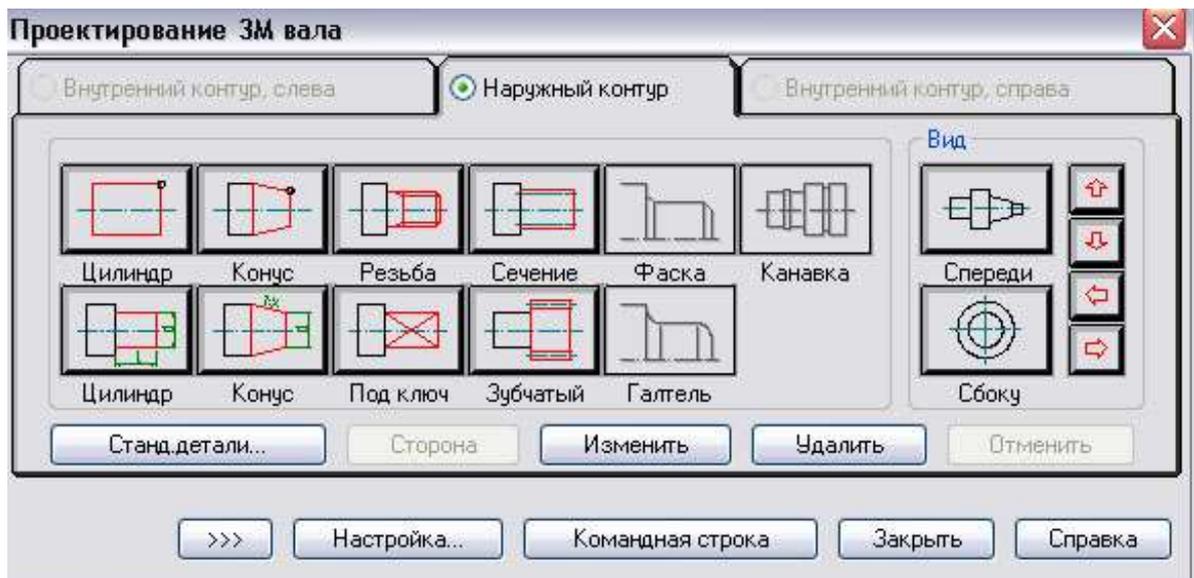


Рис. 124

2. Затем выбираем следующий элемент в нашем примере квадрат под ключ 19. Для этого выбираем элемент Wrench ⇒ GOST... ⇒ SW19 ⇒ длина 25 ⇒ угол 45 (рис. 125).

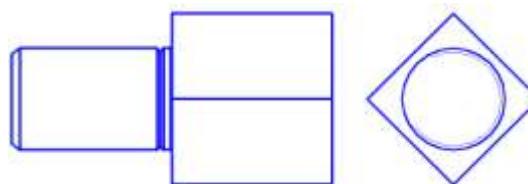


Рис. 125

3. Все последующие элементы вала формируем из данного диалогового окна.
4. Для снятия фасок и галтелей необходимо использовать из ниспадающего меню **Деталь** ⇒ **Типовые элементы** ⇒ команды: фаска, сопряжение.
5. Чтобы получить канавки для выхода шлифовального круга, **3М элементы** ⇒ **Элементы деталей и валов** ⇒ **Поднутрение**.
6. После того, как сформирована полностью пространственная модель вала, необходимо оформить чертеж. Для этого переходим на закладку **Лист** и настраиваем формат А3.

7. Из контекстного меню выбрать команду **Создать вид...**. В диалоговом окне **Тип вида** должен быть **Главный. Источник**, или **активная деталь** или **выбор**. Далее необходимо следовать запросам в командной строке и выбрать опцию ПСК, направление оси X. Определить положение вида на листе (рис. 126).

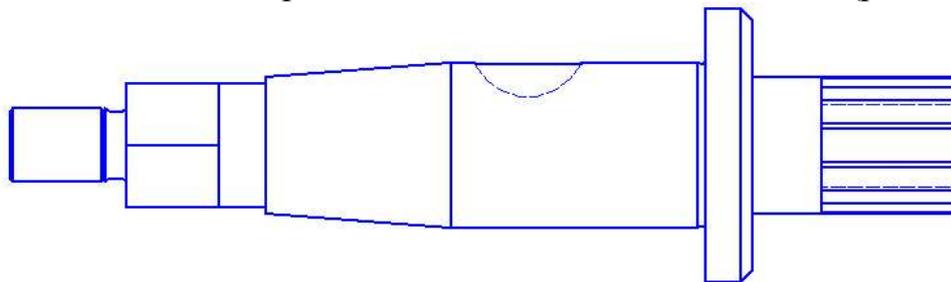


Рис. 126

8. После построения главного вида из того же диалогового окна **Создать вид...** настроить и выполнить нужные разрезы. Кнопкой **Настройка...** настроить на европейский стандарт расположения видов. **Тип**  $\Rightarrow$  **Полный**  $\Rightarrow$  **Обозначение**  $\Rightarrow$  отредактировать обозначение сечения. **Штриховка**  $\Rightarrow$  выбрать тип штриховки. Задать положение вида и выбрать опцию **Точка** (Т и на рисунке необходимую точку для разреза) (рис. 127).

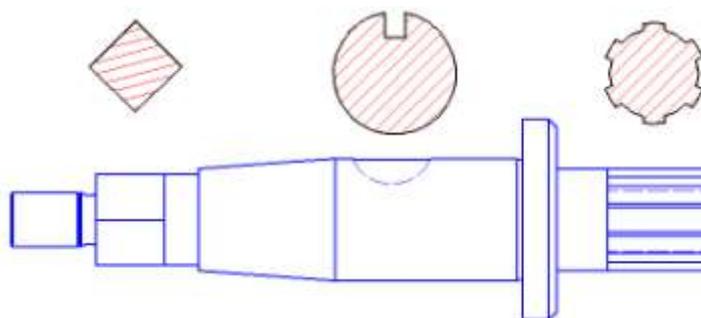


Рис. 127

9. Если разрез происходит не там, где нужно, можно создать дополнительные **Рабочие плоскости**. Для этого необходимо переключиться на закладку **Модель**, затем из меню **Деталь**  $\Rightarrow$  **Рабочие элементы**  $\Rightarrow$  **Рабочие плоскости...** В диалоговом окне задать **Зависимость 1**  $\Rightarrow$  **Параллельно**, **Зависимость 2**  $\Rightarrow$  **Смещение** – ввести нужное значение. Выбрать рабочую плоскость на модели и относительно нее построится нужная плоскость (рис. 128).

10. Нанести необходимые размеры, предварительно настроив размерный стиль (**Средства**  $\Rightarrow$  **Формат**  $\Rightarrow$  **Размерные стили...**), а из меню **Пояснения**  $\Rightarrow$  **Контрольный размер** или **Суперразмер**.

11. Нанести и обозначить шероховатость, меню **Пояснения**  $\Rightarrow$  **Обозначения**  $\Rightarrow$  **Шероховатость**.

Чтобы удалить ненужные линии из видов необходимо: в **Центре управления Desktop** выделить нужный вид; из контекстного меню команду **Редактировать**;

в диалоговом окне **Редактирование вида...** выбрать закладку **Отображение** ⇒ кнопку **Свойства ребер** ⇒ выбрать нужные ребра и поставить галочку **Скрыть**.

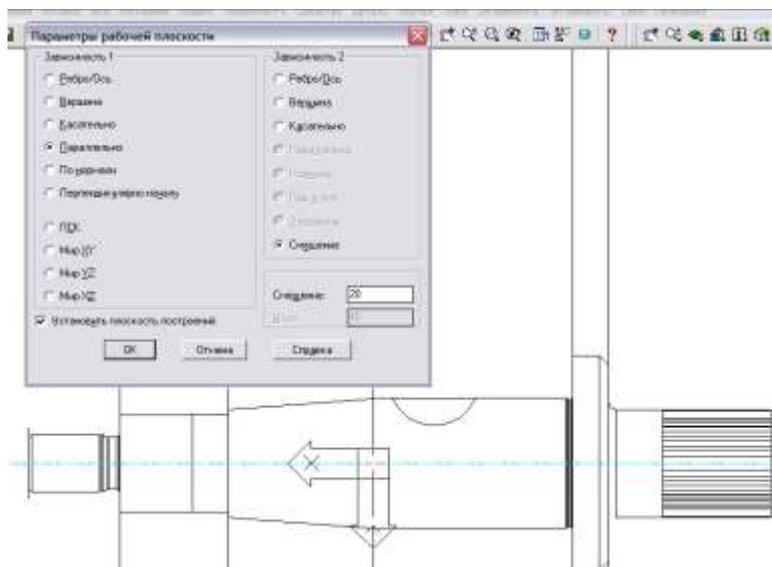


Рис. 128

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

### Содержание

Конструирование и сборка узла (рис. 129). Выполнение чертежа узла среде Autodesk Inventor (рис. 130).

### Методические указания

1. Сначала создаются трехмерные модели узла. При этом следует использовать типы файлов в Autodesk Inventor **Детали** (.ipt).

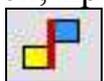
2. Прежде чем приступить к процессу конструирования, следует определить, как модель будет скомпонована в пространстве. Определить базовую деталь.

3. Внести все необходимые детали командой **Вставить компонент**



4. Начать сборку деталей, при этом установить совмещения деталей наложив

необходимые зависимости



5. Настроить лист на формат А1 и построить необходимые виды и разрезы сборочного чертежа из контекстного меню **Главный вид**. В диалоговом окне **Вид рисунка** выбрать модели, настроить масштаб. Создать другие виды, разрезы.

6. Проставить необходимые размеры из панели **Пояснительные элементы**

команда **Размеры**.



7. Создать схему сборки

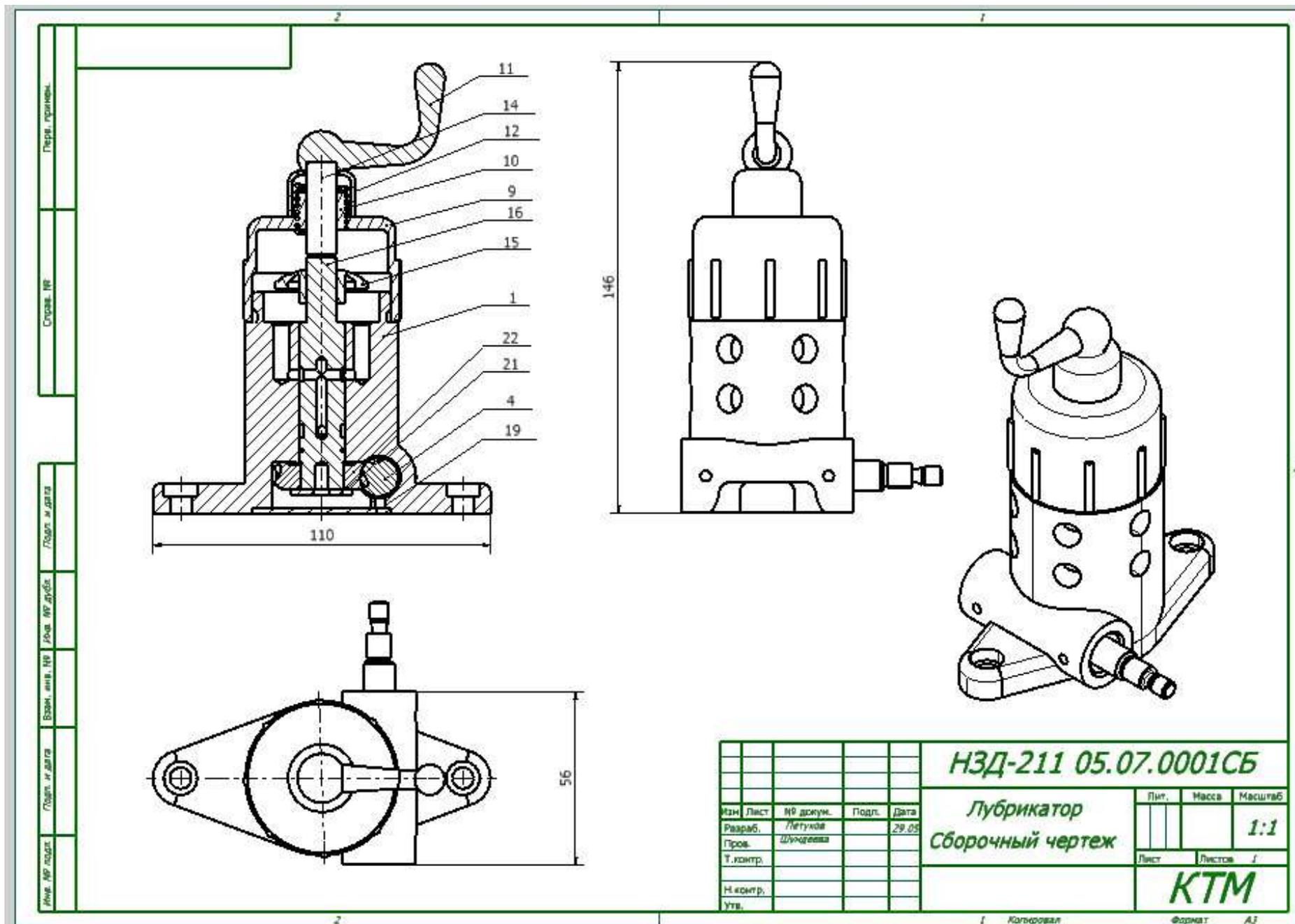


Рис. 129

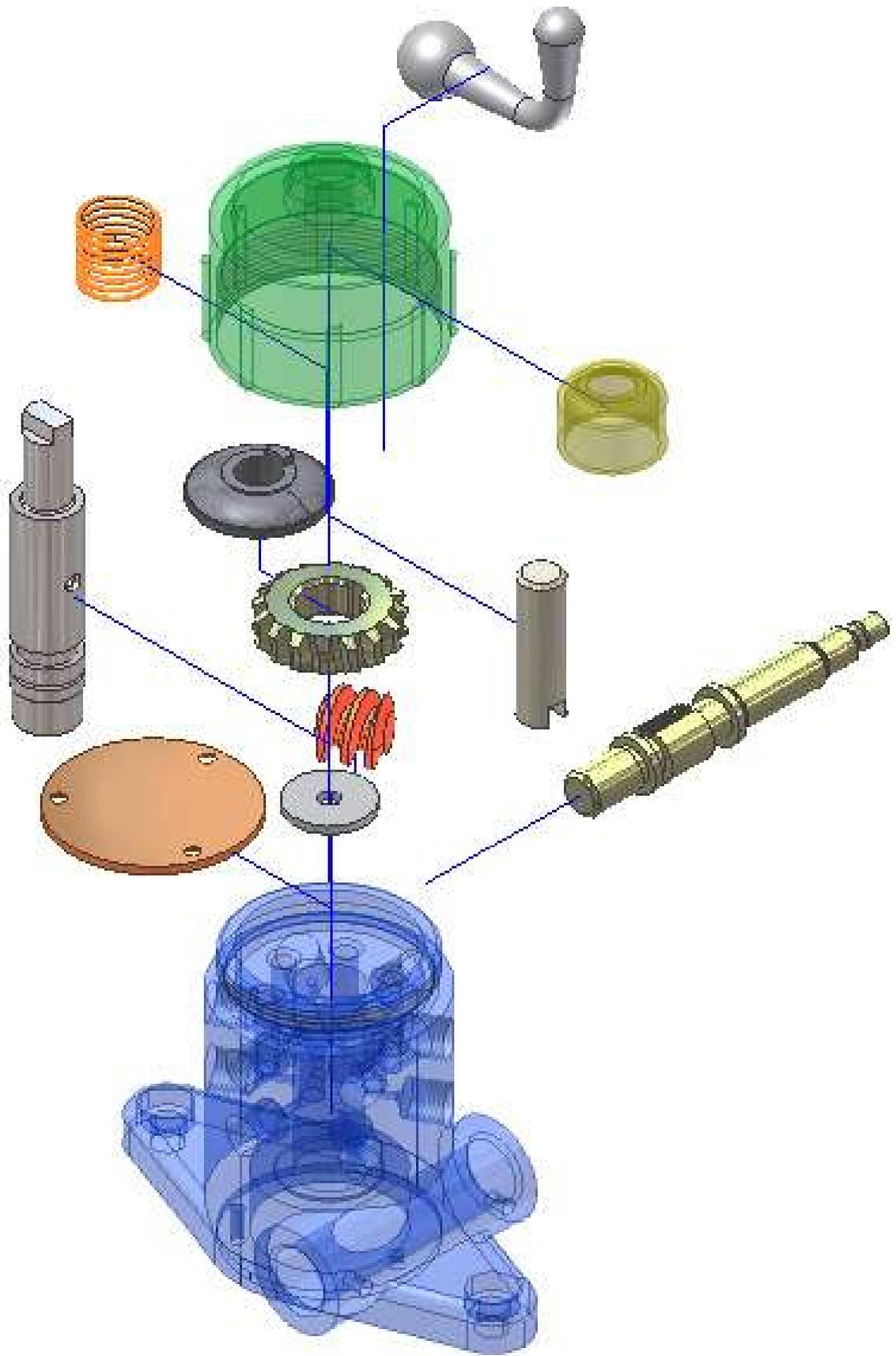


Рис. 130

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. AutoCAD 2000: руководство пользователя / пер. с англ. – Copyright: Autodesk, Inc, 1999.
2. Mechanical Desktop: учебное пособие / пер. с англ. – Copyright: Autodesk, Inc, 1999.
3. Autodesk Inventor series 11. Основные принципы / пер. с англ. – Copyright: Autodesk, Inc, 2006.
4. Романычева, Э.Т. Инженерная и компьютерная графика / Э.Т. Романычева, Т.Ю. Соколова, Г.Ф. Шандурина. – М.: Высшая школа, 2001.
5. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
6. Чекмарев, А.А. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – М.: Высшая школа, 2004.