

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Томский университет систем управления
и радиоэлектроники

Ю. Н. Жуков

**ТРЕХМЕРНЫЕ
ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ
КОМПЬЮТЕРНЫЕ
МОДЕЛИ**

(учебное пособие)

2006

УДК 681.3.06

ББК 32.973.26-018.2

Жуков Ю. Н. Трёхмерные твердотельные компьютерные модели. Учебное пособие. – Томск: изд. ТУСУР, 2006. – 66 с.: ил.

В учебном пособии рассматриваются практические приёмы построения трёхмерных твердотельных компьютерных моделей радиотехнических и электротехнических изделий. Используется программа AutoCAD. Имеются упражнения и вопросы для самоконтроля. Предлагается пятнадцать вариантов заданий. Предназначено для студентов радиотехнического факультета Томского университета систем управления и радиоэлектроники, обучающихся по направлениям 201400 "Аудиовизуальная техника", 201500 "Бытовая радиоэлектронная аппаратура", 201600 "Радиоэлектронные системы" и другим, изучающим учебную дисциплину "Инженерная и компьютерная графика".

Рецензенты:

Степанов Б. Л, - заведующий кафедрой начертательной геометрии и инженерной графики Томского политехнического университета, доцент.

Поддубный В. В. – профессор кафедры прикладной информатики Томского государственного университета, доктор технических наук, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, действительный член Международной академии информатизации.

Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим центром высшего профессионального образования для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов всех форм обучения технических специальностей (Заключение СибРУМЦ от 2 февраля 2004 г.).

© Жуков Юрий Николаевич

Введение

Данное учебное пособие предназначено для студентов радиотехнического факультета Томского университета систем управления и радиоэлектроники, обучающихся по направлениям 201400 "Аудиовизуальная техника", 201500 "Бытовая радиоэлектронная аппаратура", 201600 "Радиоэлектронные системы" и другим, изучающим учебную дисциплину "Инженерная и компьютерная графика". Оно может использоваться и в других вузах и на других факультетах для аналогичных целей.

Цель учебного пособия – на основе программы AutoCAD в краткой форме дать обучающемуся основные сведения по практическому построению трёхмерных твердотельных компьютерных моделей изделий радиотехнического и электротехнического профилей, предоставив в его распоряжение пятнадцать заданий на моделирование*.

**Примечание: в учебном процессе степень сложности задания выбирает либо преподаватель, либо сам студент – в зависимости от конкретных условий обучения.*

Образцы трёхмерных твердотельных компьютерных моделей, предложенных в заданиях, **построены автором** на компьютере с применением программы AutoCAD. Им же предложена концепция тест-куба**, в наибольшей степени отвечающая потребностям учебного процесса, как специфическая деталь.

***Примечание: понятие "тест-куб" будет рассмотрено ниже достаточно подробно.*

Учебное пособие **включает** одиннадцать разделов, в которых последовательно рассматриваются те сведения, которые необходимы обучающемуся для самостоятельного построения той или иной трёхмерной твёрдотельной компьютерной модели. Имеются упражнения и вопросы для самоконтроля. В Приложении с краткими пояснениями и цветными рисунками приведены варианты образцов трёхмерных твердотельных компьютерных моделей некоторых изделий. Все они скомпонованы, как было указано выше, в пятнадцать заданий различной сложности. В списке литературы рекомендуется два учебных пособия для расширения знаний по AutoCAD и инженерной графике. Учебное пособие включает, естественно, введение и заключение.

Успешное освоение данного учебного пособия возможно лишь при наличии хорошо развитого **пространственного воображения**. Автор надеется – с этим у вас всё в порядке.

В тексте ключевые слова выделены **жирным шрифтом**, вопросы для самоконтроля – *курсивом*, примечания – одной или двумя звёздочками, *курсивом и шрифтом меньшего размера*, команды AutoCAD - **жирным курсивом**. Поскольку в русифицированной версии AutoCAD не все команды переведены на русский язык, то команды на английском языке будут даваться с переводом*.

**Примечание: автор использовал русифицированную программу AutoCAD 2004, но студенты могут использовать любые версии этой программы, при этом названия некоторых команд и пиктограмм могут отличаться от тех, которые указаны в данном учебном пособии. Например, одна и та же команда и пиктограмма в различных версиях AutoCAD могут иметь названия: "Торус", "Тор", "Тороид" или "Неназванный вид", "Неименованный вид" и т. п.*

1. Используемые понятия

Трёхмерная твёрдотельная компьютерная модель (далее везде "модель") – это файл, который, будучи инициализированным, может дать на экране монитора бесконечное количество видов смоделированного изделия, в том числе стандартные по ЕСКД прямоугольные и аксонометрические проекции, и который может явиться исходной программой для изготовления смоделированного изделия на соответствующем станке-автомате.

Объект – общее понятие, может обозначать точку, линию, фигуру, изделие и т. п.

Режим "Новая модель" – специально настроенный автором рабочий стол AutoCAD и установленные конкретные параметры, рассчитанные для оптимальной работы по моделированию изделий в данном учебном пособии. На рис. 1.1 показан рабочий стол AutoCAD* в режиме новой модели.

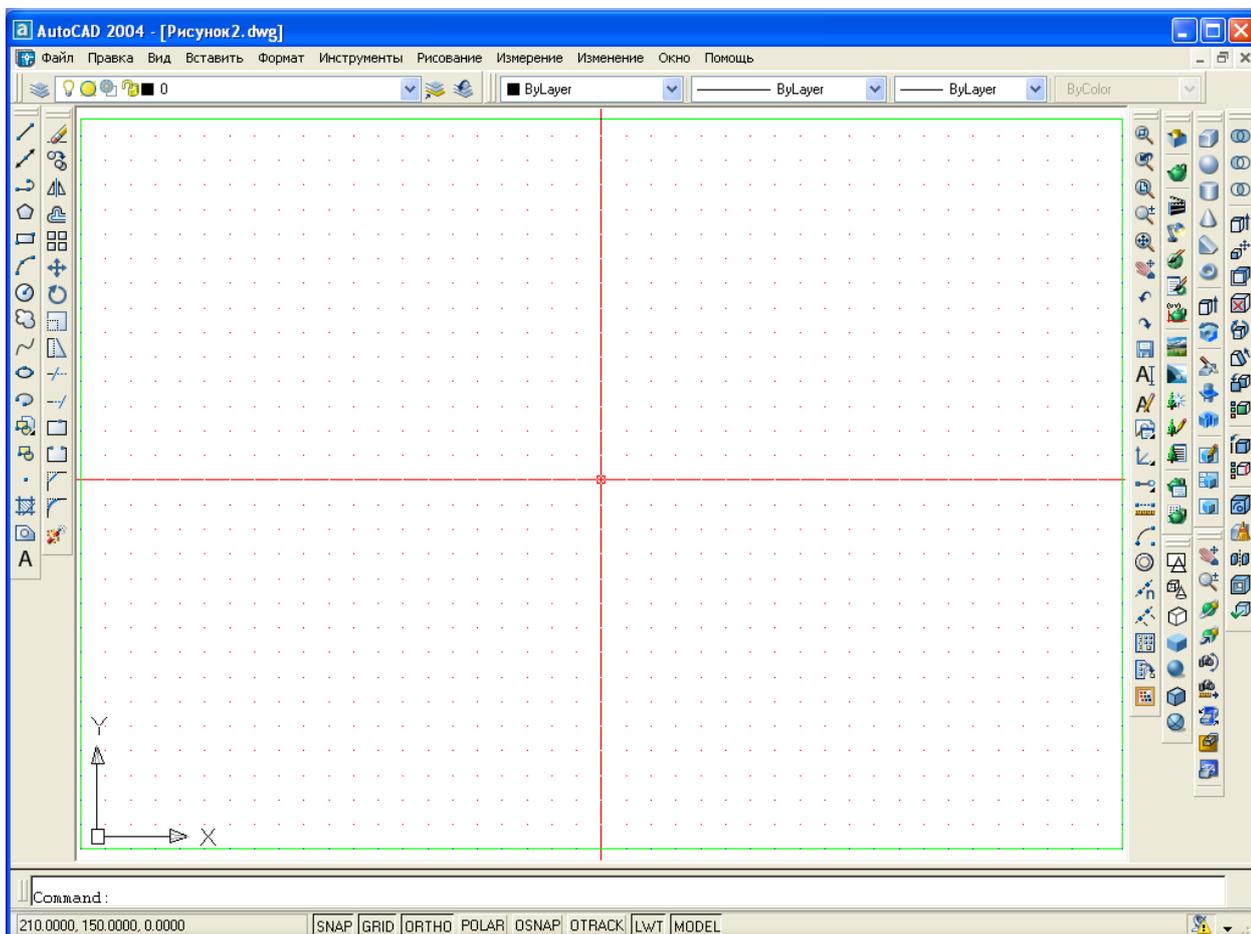


Рис. 1.1

**Примечание: данный рабочий стол AutoCAD соответствует 17-дюймовому монитору при установке параметров разрешения 768 на 1024 пикселей.*

Состав рабочего стола AutoCAD режима новой модели: строка заголовка (находится сверху), строка меню (вторая строка сверху), горизонтальная панель инструментов (третья строка сверху), первая, вторая, третья, четвёртая, пятая и шестая панели инструментов (вертикальные линейки пиктограмм с номерами сле-

ва направо*), командная строка (вторая строка снизу со словом "Command" (команда), строка состояния (первая строка снизу), графическая зона (центральная наибольшая часть рабочего стола AutoCAD). В центре графической зоны – курсор в виде пересекающихся красных линий и маленьким квадратиком (прицелом) в точке их пересечения. Зелёная рамка выполнена автором для начальной ориентации в размерах и соответствует формату А3 (297 на 420 мм).

** Примечание: горизонтальная панель инструментов состоит из двух панелей – "Слои" и "Свойства", первая вертикальная панель инструментов (левая) имеет название "Рисование", вторая – "Изменение", третья – "Авторская" (нестандартная, создана автором), четвёртая – "Рендеринг" и "Тень", пятая – "Тела" и "3D орбита", шестая – "Правка тел".*

Мировая система координат (МСК) – используемая в AutoCAD декартова система координат, когда нулевая точка начала координат располагается слева внизу графической зоны, ось X направлена горизонтально вправо, ось Y – вертикально вверх, а ось Z - от экрана в сторону оператора (наблюдателя).

Пользовательская система координат (ПСК) – декартова система координат (возможны и другие системы), когда местоположение точки начала координат, а при необходимости и направление той или иной оси координат, пользователь устанавливает по своему усмотрению.

Знак мировой системы координат – специальный знак (см. знак в левом нижнем углу графической зоны на рис. 1.1), предназначенный для информирования пользователя о работе в мировой системе координат. Может иметь конфигурацию в виде трёх цветных осей.

Знак пользовательской системы координат – специальный знак, предназначенный для информирования пользователя о работе в пользовательской системе координат. Имеет ту же конфигурацию, что и знак мировой системы координат, но без квадратика в точке пересечения координатных осей. Может иметь конфигурацию в виде трёх цветных осей.

14.65,76.32,0.00 – координаты (пример), набранные в командной строке с помощью клавиатуры, указывающие координаты точки в графической зоне в мировой системе координат. Координата по оси X равна 14.65 (четырнадцать целых и шестьдесят пять сотых миллиметра – здесь и везде далее целая часть числа от дробной отделяется точкой, а единицами длины являются миллиметры без указания размерности); координата по оси Y равна 76.32; координата по оси Z равна 0.00 – т. е. вычерчиваемая точка находится в координатной плоскости XY. Если для другого случая координата по оси Z будет иметь значение больше нуля, то это означает - точка как бы "висит" над плоскостью XY. Если координата по оси Z будет иметь значение меньше нуля (имеется знак минуса), то это означает - точка как бы "опущена" под плоскость XY.

@10<30 – относительные координаты (пример), набранные в командной строке с помощью клавиатуры, указывающие координаты точки в графической зоне в полярной** системе координат. Знак "@" указывает на то, что координаты являются относительными. Далее идёт запись полярных координат: цифра "10" указывает длину вектора от точки в графической зоне, которая была вычерчена (указана) последней, до вычерчиваемой точки, "<" – знак угла, "30" – угол (в градусах) между указанным выше вектором и вспомогательной горизонтальной линией, проведённой через точку в графической зоне, которая была вычерчена последней. При задании положительного значения угла вектор поворачивается против часовой стрелки (относительно точки в графической зоне, которая была вычерчена последней). При задании значения угла со знаком "-" (минус) вектор поворачивается по часовой стрелке.

***Примечание: в AutoCAD используются и другие системы координат, но, поскольку в данном учебном пособии они не применяются, то эти системы здесь не рассматриваются.*

Координаты курсора – численные значения координат курсора в мировой или полярной системах координат. Конкретные значения визуализируются постоянно в левой части строки состояния. Например: "23.00,65.00,15.00" – в мировой системе координат, "20<45" – в полярной системе координат. Нажимая многократно на клавиатуре клавишу "F6", можно поочередно визуализировать* координаты курсора в мировой и полярной системах координат.

**Примечание: если при многократном нажатии на клавишу "F6" не удаётся перейти от мировой системы координат к полярной, то это означает только то, что AutoCAD "не знает" от какой точки следует проводить вектор. Эту точку следует задать, либо отказаться от визуализации полярных координат.*

Активная плоскость – виртуальная плоскость, совпадающая или не совпадающая с плоскостью экрана монитора, на которой в данный конкретный момент вычерчиваются точки, линии и фигуры.

Дайте команду – в строке меню укажите курсором слово, обозначающее название избранной команды, и нажмите левую клавишу мыши.

Щёлкните пиктограмму – подведите курсор на избранную пиктограмму и нажмите левую клавишу мыши.

Нажмите кнопку – установите курсор на указанной кнопке и нажмите левую клавишу мыши.

Пояснения других понятий и терминов – по ходу изложения материала.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). *Что следует понимать под словосочетанием "трёхмерная твёрдотельная компьютерная модель"?*
- 2). *Для чего необходимо устанавливать режим новой модели?*
- 3). *Какие зоны содержит рабочий стол в AutoCAD?*
- 4). *Как расшифровываются аббревиатуры МСК и ПСК?*
- 5). *Как задать координаты точки в графической зоне?*
- 6). *Что такое "активная плоскость"?*

2. Установка режима "Новая модель"

В учебном компьютерном классе (аудитории) на вашем компьютере в AutoCAD режим новой модели, как правило, уже установлен, и с вашей стороны не требуется каких-либо корректировок и действий. Этот раздел можно пропустить и перейти сразу к следующему. Но, учитывая, что за этим же компьютером перед вами посидел и "творчески поработал" не один студент, то режим новой модели может быть несколько видоизменён или отсутствовать вовсе. Учитывая это обстоятельство, а также возможность работы студента на своём домашнем компьютере, где установить режим новой модели придётся самостоятельно, и предлагается данный раздел.

Считаем, что компьютер включён, настроен, мышь исправна, а на экране монитора – изображение рабочего стола операционной системы Windows XP (или последующей версии) с некоторым количеством ярлыков установленных программ, в том числе и ярлык AutoCAD. Внизу рабочего стола Windows XP может присутствовать или отсутствовать строка с кнопкой "Пуск" (и другими кнопками). Лучше,

если эта строка отсутствует (как на рис. 1.1), т. к. увеличивается полезная площадь экрана, что очень важно для дальнейшей работы. Если вы знакомы с Windows XP, то сделайте её скрывающейся автоматически или попросите сделать это лаборанта или преподавателя. Если эта строка будет оставлена, то для дальнейшей работы она никак не повлияет, кроме того, что будет занимать, как уже отмечалось, дефицитную для AutoCAD площадь экрана.

Найдите на рабочем столе операционной системы Windows XP ярлык AutoCAD, заведите на него курсор и дважды щёлкните левой клавишей мыши – на экране появился начальный рабочий стол AutoCAD с панелью "Startup" (запуск). Щёлкните пиктограмму  "Use a Template" (использовать шаблон) – появилось окно с названием "Select a Template" (выберите шаблон). Укажите курсором название шаблона "11-A3" (в учебной аудитории в каждом компьютере этот шаблон обычно устанавливает преподаватель) и нажмите кнопку "OK" – появился рабочий стол AutoCAD, соответствующий рис. 1.1. Если это так, то все последующие операции данного раздела можете опустить и перейти сразу к следующему разделу.

Если шаблона "11-A3" найти не удалось, то выполните нижеследующие операции, самостоятельно настройте AutoCAD и перейдите в режим новой модели.

На панели "Startup" (запуск) щёлкните пиктограмму  "Use a Wizard" (использовать волшебника) – появилось окно "Select a Wizard" (выберите волшебника). Укажите курсором вариант "Quick Setup" (быстрая настройка) и нажмите кнопку "OK" – появилась панель "Quick Setup" (быстрая настройка). В разделе "Units" (единицы) в круглое оконце "Decimal" (десятичные) поставьте ключ (точку) и нажмите кнопку "Далее" – появился раздел "Area" (область). В окне "Width" (ширина) установите число **420**, а в окне "Length" (длина) – число **297**. Нажмите кнопку "Готово" – начальная установка произведена.

Графическая зона может иметь чёрный цвет. Перекрестие курсора может иметь малые размеры и не перекрывать всю площадь графической зоны. Курсор и сетка могут быть не красными. Размеры командной строки могут быть большими, чем на рис. 1.1. Сделайте указанные параметры такими же, как на рис. 1.1. Заведите курсор в строку меню на команду **Инструменты** и щёлкните левой клавишей мыши – появилось падающее меню. Укажите курсором команду **Опции** и щёлкните левой клавишей мыши – появилась панель "Options" (опции). На выступающем корешке укажите курсором команду **Экран** и щёлкните левой клавишей мыши – появилась панель "Экран" (обычно она появляется по умолчанию). В окне "Размер перекрестия" установите цифру "100", передвинув рядом стоящий движок вправо до упора – размер перекрестия курсора установлен на 100% его максимальных размеров – в этом можно будет убедиться после закрытия панели "Options" (опции).

Нажмите кнопку "Цвета" – появилась панель "Опции цвета". В окне "Элемент окна" нажмите кнопку с треугольником – появился раскрывающийся список вариантов некоторых элементов рабочего стола AutoCAD. Укажите курсором вариант "Model tab background" (фон модели) и щёлкните левой клавишей мыши – появилось окно "Цвет". Нажмите кнопку с треугольником – появились образцы цвета. Укажите курсором вариант "White" (белый) и щёлкните левой клавишей мыши – графическая зона стала белой (убедитесь после закрытия панели "Options" - опции).

В окне "Элемент окна" нажмите кнопку с треугольником – появился список вариантов некоторых элементов рабочего стола AutoCAD. Укажите курсором вариант "Model tab pointer" (точки модели) и щёлкните левой клавишей мыши – появилось окно "Цвет". Нажмите кнопку с треугольником – появились образцы цвета. Укажите курсором красный образец и щёлкните левой клавишей мыши – курсор и

сетка стали красными. Нажмите кнопку "Применить" – панель "Опции цвета" исчезла. Нажмите последовательно кнопки "Apply" (применить) и "OK" – панель "Options" (опции) исчезла. Убедитесь в правильности выполненных корректировок.

Уберите (временно) все панели инструментов, для чего заведите курсор в строку меню на команду **Вид** и щёлкните левой клавишей мыши – появилось падающее меню. Укажите курсором команду **Панели инструментов** и щёлкните левой клавишей мыши – появилась панель "Castomaze" (передельвать). Активируйте подпанель "Toolbas" (инструменты) и уберите все флажки (значки вида "v"), подводя к каждому курсор и щёлкая левой клавишей мыши. Нажмите кнопку "Заккрыть" – все панели инструментов убраны.

В командной строке оставьте одну строку, для чего подведите курсор к верхней горизонтальной границе командной строки, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская её, сдвиньте эту границу вниз, после чего отпустите нажатую клавишу мыши. Размеры командной строки уменьшены, а графической зоны – увеличены.

Установите все панели инструментов (кроме третьей). Заведите курсор в строку меню на команду **Вид** и щёлкните левой клавишей мыши – появилось падающее меню. Укажите курсором команду **Панели инструментов** и щёлкните левой клавишей мыши – появилась панель "Customize" (передельвать). Активируйте подпанель "Toolbars" (панели инструментов). В появившемся окне "Панели инструментов" поставьте флажки около названий "3D орбита", "Изменение", "Правка тел", "Рендеринг", "Рисование", "Свойства", "Слои", "Тела" и "Тень". Нажмите кнопку "Заккрыть" – на экране появились панели инструментов (расположены хаотично). Передвиньте каждую из панелей инструментов на "свое место" – см. рис. 1.1. Чтобы передвинуть панель инструментов, надо подвести курсор на её синее поле (вне пиктограммы), нажать на левую клавишу мыши и, не отпуская её, передвинуть панель инструментов в желаемое место, после чего отпустить клавишу мыши.

Создайте нестандартную панель инструментов "Авторская" и поместите её вертикально третьей слева – см. рис. 1.1. Заведите курсор в строку меню на команду **Вид** и щёлкните левой клавишей мыши – появилось падающее меню. Укажите курсором команду **Панели инструментов** и щёлкните левой клавишей мыши – появилась панель "Customize" (передельвать). Нажмите кнопку "Новый" – появилась "Новая панель". С помощью клавиатуры в окне "Имя панели" запишите название новой панели "Авторская" и щёлкните кнопкой "OK" – появилась новая (пока пустая) панель инструментов. Активируйте подпанель "Commands" (команды) – находится на одном из корешков панели "Toolbars" (панели инструментов). Появилось окно "Категории". Поочерёдно указывая категории "File", "Edit", "View" и другие, в окне "Commands" (команды) выберите необходимые пиктограммы и перенесите их в панель инструментов "Авторская". Перенос пиктограмм осуществите так: руководствуясь рис. 1.1, найдите необходимую пиктограмму, подведите на неё курсор и нажмите левую клавишу мыши – вокруг пиктограммы появилась чёрная рамка. Не отпуская левой клавиши мыши, плавно перетащите эту пиктограмму в пустую заготовку панели инструментов "Авторская" и только после того, как там появится сигнал её принятия (тёмный вертикальный штрих), отпустите левую клавишу мыши – первая избранная пиктограмма установлена. Поступая аналогичным образом и выбирая каждый раз новую категорию, выберите и перетащите в панель инструментов "Авторская" необходимые пиктограммы – см. рис. 1.1. После установки всех требуемых пиктограмм установите эту панель инструментов вертикально третьей слева – см. рис. 1.1.

Установите типы, размерности и точности единиц измерения длин и углов, которыми будете пользоваться в данной работе. Для этого: заведите курсор в строку меню, укажите команду **Формат** и щёлкните левой клавишей мыши – по-

явилось падающее меню. Укажите курсором команду **Единицы** и щёлкните левой клавишей мыши – появилась панель "Drawing Units" (единицы измерения чертежа). С помощью кнопок вида "V" раскройте поочередно имеющиеся окна и установите необходимые параметры. В группе "Length" (длина) в окне "Type" (тип) установите* значение **Decimal** (десятичные), а в окне "Precision" (точность) установите **0.00**. В группе "Angle" (угол) в окне "Type" (тип) установите **Decimal Degrees** (десятичные градусы), а в окне "Precision" (точность) установите **0**. В окне "Units to scale drag-and-drop content" (единицы измерения в масштабе изменяемых величин) установите **Millimeters** (миллиметры). В оконце "Clockwise" (по часовой стрелке) флажок не устанавливайте – в этом случае поворот против часовой стрелки будет положительным направлением угла.

**Примечание: некоторые параметры уже установлены по умолчанию.*

Установите чёрный цвет для линий, которыми будете пользоваться при построении моделей. Заведите курсор в строку меню и дайте команду **Формат** – появилось падающее меню. Дайте команду **Цвет** – появилась панель "Select Color" (выбор цвета). Активизируйте подпанель "Index Color" (индекс цвета), укажите курсором образец чёрного цвета и щёлкните левой клавишей мыши. Нажмите клавишу "OK" – чёрный цвет установлен.

Установите для шага и сетки значения 10. Заведите курсор в строку состояния, установите его на кнопку "Grid" (сетка) или "Snap" (шаг) и нажмите правую (правую!) кнопку мыши – появилось падающее меню. Дайте команду **Settings** (параметры) – появилась панель "Drafting Settings" (параметры чертежа). Дайте команду **Snap and Grid** (шаг и сетка) – появилась панель "Snap and Grid" (обычно она уже установлена по умолчанию). С помощью курсора и клавиатуры в окна "Snap X spacing" (интервалы шага по X), "Snap Y spacing" (интервалы шага по Y), "Grid X spacing" (интервалы сетки по X) и "Grid Y spacing" (интервалы сетки по Y) впишите цифру 10. В малых окнах "Snap (F9)" и "Grid (F7)" поставьте флажки. Нажмите кнопку "OK" – требуемые шаг и сетка установлены.

Установите ширину тонкой линии 0.25 (как уже сообщалось в первом разделе, здесь и далее целые части чисел от дробных отделяем не запятой, а точкой – так принято в AutoCAD). В строке состояния заведите курсор на кнопку "LWT" (Line weight Type – типы линий различной ширины) и щёлкните правой (правой!) кнопкой мыши – появилось падающее меню. Дайте команду **Settings** (параметры) – появилась панель "Настройки ширины линии". В окне "Ширина линии" укажите курсором линию 0.25 и щёлкните левой клавишей мыши. Нажмите кнопку "OK" – размер ширины тонкой линии установлен 0.25. Теперь все линии, вычерчиваемые с помощью команд **Линия** и **Полилиния***, будут иметь ширину 0.25. Таким способом можно установить ширину линии и полилинии от 0 до 2.11, при этом можно воспользоваться кнопкой "LWT" или одним из окон горизонтальной панели инструментов (проделайте это самостоятельно). При установке нулевой ширины AutoCAD вычерчивает самую тонкую линию шириной в один пиксель.

**Примечание: перед этим ширину полилинии следует установить (другим способом) равной нулю.*

Установите (другим способом) ширину полилинии равной нулю, для этого щёлкните пиктограмму  "Полилиния" – запись в командной строке требует указать первую точку полилинии. Укажите курсором любую точку в графической зоне и щёлкните левой клавишей мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку полилинии, либо предлагает перейти в один из нескольких специ-

альных режимов: режим вычерчивания дуги, режим перехода к вычерчиванию прямой после вычерчивания дуги, режим автоматического соединения конечной точки ломаной полилинии с её начальной точкой, режим установки ширины полилинии. Установите режим установки ширины полилинии, для чего с помощью клавиатуры дайте в командной строке команду **w** (Width – ширина) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать ширину начала полилинии. Запишите в командной строке цифру **0** и щёлкните клавишей "Enter" – запись в командной строке требует указать ширину конца полилинии. Запишите в командной строке цифру **0** и щёлкните клавишей "Enter" – требуемая ширина полилинии установлена.*

**Примечание: при установке этим способом ширины полилинии отличной от нуля, полилиния будет вычерчиваться только этой установленной шириной и не будет зависеть от установки ширины с помощью кнопки "LWT" или окна горизонтальной панели инструментов.*

Внимание! В учебной практике часто встречаются обстоятельства, когда в графической зоне "вдруг" появляются какие-то рамки, выполненные толстыми и тонкими штриховыми линиями, исчезает сетка и курсор и т. п. Ваши попытки избавиться от этих рамок и вернуться к желанной графической зоне, как правило, остаются безуспешными. Причина этого "вдруг" простая – вы нечаянно или сознательно (как крупный экспериментатор) нажали в строке состояния кнопку "Model" (модель) и AutoCAD перешел из режима модели в режим листа, в котором мы в данном случае работать не собираемся. Вторичное и даже многократные нажатия этой же кнопки не возвращают в режим модели, хотя на кнопке и появляется надпись "Model" (это, вероятно, дефект AutoCAD). Выйти из положения следует так: заведите курсор в строку меню и дайте команду **Инструменты** – появилось падающее меню. Дайте команду **Опции** – появилась панель "Опции". Активизируйте подпанель "Экран". В группе "Элементы схемы" в оконце "Показывать вкладки схемы и модели" установите флажок. Последовательно нажмите кнопки "Применить" и "OK" – над командной строкой появилась новая строка с кнопками "Model" (модель), "Layout 1" (лист 1) и "Layout 2" (лист 2). Нажмите кнопку "Model" (модель) – графическая зона вернулась в исходное состояние, в режим модели. С целью расширения графической зоны, уберите только что установленную новую строку, для чего проделайте те же операции и уберите флажок. Впредь не нажимайте кнопку "Model" (модель) в строке состояния.

При построении той или иной модели придётся часто менять местоположение активной плоскости. Для того чтобы при её установке каждый раз она автоматически визуализировалась, совпадая с плоскостью XY ПСК и плоскостью экрана, необходимо установить режим обновления вида при изменении ПСК. Для этого заведите курсор в строку меню и дайте команду **Инструменты** – появилось падающее меню. Дайте команду **Названный UCS** (UCS – здесь и везде далее ПСК, т. е. пользовательская система координат) – появилась панель "UCS". Дайте команду **Settings** (параметры) – появилась панель "Settings". В оконце "Обновить вид при изменении UCS" установите флажок. Нажмите кнопку "OK" – требуемый режим установлен.

Чтобы каждый раз, садясь за компьютер, не проделывать вышеуказанные операции и не настраивать режим новой модели, а получать его в готовом виде, создайте свой шаблон и запишите в файл с названием "11-A3" (цифры "11" позволят встать вашему шаблону в начале алфавитного списка многочисленных шаблонов AutoCAD и не позволят ему затеряться среди них, а запись "A3" будет напоминать установленный формат). После того как установленный вами рабочий стол AutoCAD будет полностью совпадать с показанным на рис. 1.1 и будут выполнены все вышеуказанные операции, заведите курсор в строку меню и дайте

команду **Файл** - появилось падающее меню. Дайте команду **Сохранить как** – появилась панель "Save Drawing as" (сохранить чертёж как). В окне "File name" (имя файла) запишите "11-A3". В окне "Files of type" (типы файлов) установите вариант "AutoCAD Drawing Template File (*.dwt)" (файл шаблона чертежа AutoCAD с расширением dwt). Раскройте папку "Template" (шаблон). Нажмите кнопку "Save" (сохранить) – желаемый шаблон создан и его файл помещён в папку "Template" (шаблон).

Выполнив все указанные выше операции, вы установили режим новой модели и подстроили рабочий стол AutoCAD для комфортной работы по моделированию изделий.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). *Как инициализировать программу AutoCAD?*
- 2). *Что такое шаблон и для чего он нужен?*
- 3). *Как начальный чёрный цвет графической зоны изменить на белый?*
- 4). *Сколько панелей инструментов следует установить на рабочем столе AutoCAD?*
- 5). *Как установить нулевую ширину полилинии?*
- 6). *Как и куда записать свой шаблон?*

3. Часто выполняемые операции

При моделировании наиболее часто используются операции, связанные с включением или отключением шага, с включением или отключением сетки, вычерчиванием тонких линий, удалением объектов и т. п. Автор предполагает – обучающийся умеет выполнять эти и подобные им операции. Однако автор знает и другое – порядок выполнения многих операций быстро забывается, а в учебной аудитории учебник или конспект не всегда под рукой. Поэтому в данном разделе описаны часто выполняемые операции. Если при чтении вы установите то, что рассматриваемые операции вам уже известны – пропустите этот раздел и сразу перейдите к следующему.

Часто выполняемые операции формально можно разделить на четыре группы. Первая обеспечивает точность и комфортность работы, вторая - вычерчивание объектов, третья - редактирование объектов, и четвёртая - изменения изображения объектов на экране. Рассмотрим часто используемые операции в пределах каждой из указанных групп.

3.1. Обеспечение точности и комфортности работы

Включение/Отключение шага. На клавиатуре нажмите клавишу "F9" – шаг включён (или отключён, если перед этим он уже был включён). Последовательные нажатия этой клавиши будут включать или отключать шаг. Второй способ: в строке состояния вдавите/выдавите кнопку "Snap" (шаг).

Включение/Отключение сетки. На клавиатуре нажмите клавишу "F7" – сетка включена (или отключена, если перед этим она была уже включена). Последовательные нажатия этой клавиши будут включать или отключать сетку. Второй способ: в строке состояния вдавите/выдавите кнопку "Grid" (сетка).

Установка размера шага и межузлового расстояния сетки. Заведите курсор в строку состояния, установите его на кнопке "Grid" (сетка) или "Snap" (шаг) и нажмите правую (правую!) кнопку мыши – появилось падающее меню. Дайте ко-

манду **Settings** (параметры) – появилась панель "Drafting Settings" (параметры чертежа). Дайте команду **Snap and Grid** (шаг и сетка) – появилась панель "Snap and Grid" (обычно она уже установлена по умолчанию). С помощью курсора и клавиатуры в окна "Snap X spacing" (интервалы шага по X), "Snap Y spacing" (интервалы шага по Y), "Grid X spacing" (интервалы сетки по X) и "Grid Y spacing" (интервалы сетки по Y) впишите необходимые цифры желаемых шага и сетки. В малых окнах "Snap (F9)" и "Grid (F7)" поставьте флажки. Нажмите кнопку "OK" – желаемые шаг и сетка установлены. Обычно их делают одинаковыми.

Включение/Отключение режима "Орто". На клавиатуре нажмите клавишу "F8" – режим "Орто" включён (или отключён, если перед этим он уже был включён). Последовательные нажатия этой клавиши будут включать или отключать режим "Орто" (режим, при котором можно вычерчивать только ортогональные линии). Второй способ: в строке состояния вдавите/выдавите кнопку "Ortho" (орто).

Измерение расстояния между двумя точками. Щёлкните пиктограмму  "Distance" (дистанция) – запись в командной строке требует указать первую точку. Укажите курсором первую точку и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку. Укажите курсором вторую точку и посмотрите в левый угол строки состояния – там имеется координата второй точки в полярной системе координат, например, вида "100<32", где "100" – длина вектора от первой точки до второй (это и есть измеряемое вами расстояние), "<" – знак угла, "32" – численное значение (в градусах) угла между указанным вектором и некоторой вспомогательной горизонтальной прямой, проведённой через первую точку (положительное направление угла – против часовой стрелки). Если в строке состояния включена декартова система координат, то с помощью многократного нажатия на клавиатуре клавиши "F6" добейтесь установки полярной системы координат.

Изменение цвета объекта. Подведите курсор к любой точке любой линии объекта и нажмите левую клавишу мыши – в некоторых местах объекта появились ручки (маленькие квадраты, как правило, синего цвета). Нажмите правую клавишу мыши – появилось падающее меню. Дайте команду **Свойства** – появилась панель "Properties" (свойства). В большом окне укажите курсором вариант "Color" (цвет) и нажмите кнопку с треугольником – появились образцы цвета. Укажите курсором желаемый образец цвета и нажмите левую клавишу мыши – объект изменил цвет. Удалите панель, нажав на ней кнопку с перекрестием. Уберите с объекта ручки, нажав на клавиатуре клавишу "Esc".

Отмена неверно выполненного действия. Щёлкните пиктограмму  "Undo" (отменить) – результаты последней вашей команды будут отменены. Вторичное нажатие этой же пиктограммы отменит "предпредыдущие" результаты действий. Третье, четвёртое и т. д. нажатия будут отменять соответствующие результаты ранее выполненных команд. Действие этой пиктограммы отменяет рядом стоящая пиктограмма с обратным направлением стрелки.

Привязка к концу имеющейся первой линии начала новой второй линии*. Когда запись в командной строке потребует указать точку подсоединения начала новой линии, щёлкните пиктограмму  "Привязка к конечной точке"*** и подведите курсор к концу имеющейся первой линии – на конце этой линии появился маркер (как правило, жёлтая маленькая рамка). Нажмите левую клавишу мыши – начало новой второй линии как магнитом притянато к концу имеющейся первой линии. Данное соединение является точным.

**Примечание: кроме этой привязки, в AutoCAD имеются и другие – к центру окружности, к единичной точке, к середине линии и т. п. С целью сокращения объёма данного учебного пособия, рассмотрение этих привязок опускается.*

***Примечание: этой пиктограммы на панели инструментов "Художники" в явном виде может не быть, поэтому следует поступить так. Заведите курсор на панель инструментов "Художники" и поочерёдно подведите курсор к трём пиктограммам, у которых справа внизу имеются чёрные треугольники. Остановитесь на той пиктограмме, в наименовании которой имеется слово "привязка". Нажмите и не отпускайте левую клавишу мыши – появилась дополнительная панель инструментов различных привязок. Плавнo сдвигая курсор, укажите необходимую пиктограмму и отпустите левую клавишу мыши.*

3.2. Вычерчивание объектов

Вычерчивание тонкой линии. Тонкую линию можно вычерчивать двумя способами: с помощью пиктограммы  "Линия" и с помощью пиктограммы  "Полилиния". Одиночный отрезок прямой линии можно чертить любым способом – результат одинаков. Несколько линий, образующих одну ломаную линию, также можно чертить любым способом, но ломаная линия, вычерченная первым способом, не является цельной, т. к. любой её прямой отрезок можно стереть (убрать) независимо от других. Ломаная линия, вычерченная вторым способом, является цельной линией. При попытке стереть любой её прямой отрезок - стирается вся линия целиком.

Щёлкните пиктограмму  "Линия" или  "Полилиния" – запись в командной строке требует указать первую точку линии. Укажите курсором* начальную первую точку линии и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую конечную точку линии. Укажите вторую конечную точку линии и нажмите левую клавишу мыши – первый отрезок прямой линии построен. Если вычерчивать ломаную линию необходимости нет, то нажмите на клавиатуре клавишу "Enter" или "Esc" – отрезок прямой вычерчен. Если необходимо вычертить ломаную линию, то укажите следующую точку следующего отрезка прямой и нажмите левую клавишу мыши – следующий отрезок вычерчен. Если требуется, продолжайте поступать аналогичным образом, строя третий, четвёртый и т. д. отрезки ломаной линии. В конце нажмите на клавиатуре клавишу "Enter" или "Esc".

**Примечание: эту и другие точки, конечно же, можно указывать с помощью записей в командной строке конкретных значений координат с последующими нажатиями клавиши "Enter", но при моделировании в данном учебном пособии такой способ не применяется, т. к. он является менее удобным.*

Вычерчивание окружности. Щёлкните пиктограмму  "Круг" – запись в командной строке требует указать точку центра окружности. Укажите курсором центр окружности и щёлкните левой клавишей мыши – запись в командной строке требует указать радиус окружности. Сдвиньте курсор* относительно центра окружности – появились динамически изменяющиеся радиус и окружность. Остановите курсор в желаемом месте (при желаемом радиусе окружности) и щёлкните левой клавишей мыши – окружность вычерчена.

**Примечание: можно курсор не сдвигать, а указать в командной строке размер радиуса и нажать на клавишу "Enter" – окружность с заданным радиусом построена.*

Вычерчивание кольца. Щёлкните пиктограмму  "Donut" (кольцо) – запись в командной строке требует указать размер внутреннего диаметра кольца. Запишите в командной строке желаемый размер внутреннего диаметра кольца и нажмите правую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать размер внешнего диаметра кольца. Запишите в командной строке желаемый размер внешнего диаметра кольца и нажмите правую клавишу мыши – в графической

зоне появилось кольцо, привязанное своим центром к курсору, запись в командной строке требует указать точку установки центра кольца. Подведите курсор (вместе с кольцом) к желаемой точке в графической зоне и нажмите левую клавишу мыши – кольцо вычерчено. При желании, можете указать вторую, третью и т. д. точки в графической зоне и вычертить второе, третье и т. д. кольца. После вычерчивания последнего кольца нажмите клавишу "Esc".

Вычерчивание дуги. Щёлкните пиктограмму . "Arc Center Start End" (дуга, центр, старт, конец) – запись в командной строке требует указать желаемый центр дуги. Укажите курсором центр дуги – запись в командной строке требует указать точку начала дуги, предполагая, что от этой точки дуга будет вычерчиваться против часовой стрелки. Укажите точку начала дуги – запись в командной строке требует указать конечную точку дуги. Сдвиньте курсор против часовой стрелки – за ним тянется дуга. Установите* курсор в желаемом месте и нажмите левую клавишу мыши – желаемая дуга вычерчена.

Примечание: если вам известен размер центрального угла вычерчиваемой дуги, можете в командной строке дать команду **a ("Angle" – угол) и нажать правую клавишу мыши, в командной строке записать цифровое значение этого угла и нажать клавишу "Enter" – дуга вычерчена.*

Внимание! Чтобы в дальнейшем не злоупотреблять многочисленными примечаниями при описании тех или иных операций, указывать в графической зоне ту или иную точку будем с помощью курсора, каждый раз имея в виду, что указать эту точку можно и с помощью записи в командной строке её координат с последующим нажатием клавиши "Enter".

Вычерчивание прямоугольника. Щёлкните пиктограмму  "Прямоугольник" – запись в командной строке требует указать точку первого угла прямоугольника. Укажите курсором точку первого угла желаемого прямоугольника и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать точку второго угла, противоположного углу первому. Укажите точку второго угла и нажмите левую клавишу мыши – желаемый прямоугольник вычерчен.

Вычерчивание многоугольника. Щёлкните пиктограмму  "Многоугольник" – запись в командной строке требует указать желаемое количество углов. Запишите в командной строке количество желаемых углов и нажмите правую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать центр вашего многоугольника в графической зоне. Укажите курсором центр многоугольника и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать либо режим "I" (режим задания радиуса описанной окружности), либо режим "C" (режим задания радиуса вписанной окружности). Выберите желаемый режим, например, "I", запишите в командной строке **I** ("Inscribed in circle" – вписанный в окружность) и нажмите на клавиатуре клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать радиус описанной окружности. Передвиньте курсор и установите желаемый радиус описывающей окружности, нажмите левую клавишу мыши – желаемый многоугольник вычерчен.

Вычерчивание фигуры сложной конфигурации. Щёлкните пиктограмму  "Полилиния" – запись в командной строке требует указать первую точку. Укажите первую точку желаемой фигуры и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку. Укажите вторую точку вычерчиваемой фигуры и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать третью точку. Укажите третью, четвёртую, пятую и т. д. точки, каждый раз нажимая левую клавишу мыши, и вычертите желаемую фигуру. В конце нажмите клавишу "Enter". При вычерчивании фигуры там, где это целесообразно, включайте или отключайте режим "Орто". Если потребуется сгладить ломаную

линию, используйте последовательно команды: **Изменение** (находится в строке меню), **Объект**, **Полилиния** (потребуется указать ломаную линию), **Spline** (сплайн).

3.3. Редактирование объектов

Удаление объекта. Щёлкните пиктограмму  "Стереть" – запись командной строки требует указать удаляемый объект. Заведите курсор на любую линию удаляемого объекта и нажмите левую клавишу мыши – линии объекта стали штриховыми. Нажмите правую клавишу мыши – объект удалён. Если объектов много и их надо удалить, то это можно сделать за один приём. Щёлкните пиктограмму  "Стереть" – запись командной строки требует указать удаляемый объект. Заведите курсор, например, в левый нижний угол воображаемой рамки, в которую вы намереваетесь заключить удаляемые объекты, и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать второй угол указанной рамки. Ведите курсор вправо и вверх – за ним тянется "резиновая" рамка. После того как все удаляемые объекты попадут внутрь рамки, нажмите левую клавишу мыши – все линии всех удаляемых объектов стали штриховыми. Нажмите правую клавишу мыши – все объекты удалены.

Копирование объекта. Щёлкните пиктограмму  "Копировать объект" – запись в командной строке требует указать копируемый объект. Установите курсор на любую линию копируемого объекта и нажмите левую клавишу мыши – все линии объекта стали штриховыми, а запись в командной строке требует указать базовую точку – точку, за которую объект будет захвачен и с помощью которой объект будет установлен (прицелен) на желаемое место. Укажите базовую точку и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать точку, куда следует поместить базовую точку при копировании объекта. Укажите курсором эту точку и нажмите левую клавишу мыши – объект скопирован.*

Примечание: за один приём можно вычертить сколько угодно копий одного и того же объекта, для этого, перед тем как указать базовую точку, надо в командной строке дать команду **m (Multiple – множественный) и нажать клавишу "Enter".*

Зеркальное копирование объекта. Щёлкните пиктограмму  "Зеркало" – запись в командной строке требует указать объект, чьё зеркальное изображение желательно вычертить. Укажите курсором необходимый объект и нажмите левую клавишу мыши – линии объекта стали штриховыми. Нажмите правую клавишу мыши - запись в командной строке требует указать первую точку оси, относительно которой будет вычерчен зеркальный объект. Укажите первую точку оси (вычерчивать ось не обязательно – достаточно двумя точками показать её предполагаемое местоположение) и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку оси. Укажите вторую точку оси и нажмите левую клавишу мыши. Нажмите клавишу "Enter" – зеркальное изображение объекта вычерчено.

Перемещение объекта. Щёлкните пиктограмму  "Перемещение" – запись в командной строке требует указать перемещаемый объект. Укажите курсором объект и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – запись в командной строке требует указать базовую точку. Укажите курсором базовую точку и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать в графической зоне место, куда желательно установить (прицелить) избранную выше базовую точку. Укажите курсором это место и нажмите левую клавишу мыши – объект перемещён.

Поворот объекта. Щёлкните пиктограмму  "Вращение" – в командной строке появилась запись, требующая указать объект. Укажите курсором объект, который желаете повернуть, и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – запись в командной строке требует указать точку, относительно которой необходимо повернуть объект. Укажите курсором эту точку и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать угол поворота. Запишите в командной строке числовое значение желаемого угла поворота и нажмите на клавиатуре клавишу "Enter" – желаемый поворот осуществлён*.

**Примечание: в командной строке численное значение угла можно и не записывать, а повернуть объект курсором на глаз в желаемую сторону и нажать левую клавишу мыши. Этот способ следует применять тогда, когда не требуется высокая точность угла поворота.*

Обрезка части линии. Предполагается, что в графической зоне вычерчены две взаимно пересекающиеся линии. От точки их пересечения требуется удалить одну часть одной из линий – отсечь определённую часть. Щёлкните пиктограмму  "Усечение" – запись в командной строке требует указать первую линию, с помощью которой (как ножом) будете отсекать вторую линию. Укажите первую линию и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – запись в командной строке требует указать ту часть второй линии, которую желательнее отсечь (удалить). Укажите курсором отсекаемую часть второй линии и нажмите левую клавишу мыши – часть линии обрезана. Нажмите клавишу "Enter".

Удаление участка линии. Щёлкните пиктограмму  "Разрыв" – запись в командной строке требует указать линию, в которой необходимо удалить конкретный участок между двумя конкретными точками. Укажите курсором первую точку линии и нажмите левую клавишу мыши – линия стала штриховой. Укажите курсором вторую точку и нажмите левую клавишу мыши – участок линии между указанными точками удалён.

Выполнение фаски. Щёлкните пиктограмму  "Скругление" – запись в командной строке требует указать первую линию угла, на котором необходимо сделать фаску. Укажите курсором первую линию и нажмите левую клавишу мыши – линия стала штриховой, а запись командной строки требует указать вторую линию угла. Укажите вторую линию угла и нажмите левую клавишу мыши – фаска выполнена*.

**Примечание: если размер фаски вас не устраивает, то задайте его сами. Перед тем, как указать первую линию угла, запишите в командной строке d (Distance – дистанция) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать численное значение расстояния на этой линии от угла до конца фаски. В командной строке укажите это расстояние и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать расстояние на второй линии от угла до конца фаски. В командной строке укажите численное значение этого расстояния и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать первую линию угла. Щёлкните первую линию – фаска выполнена. Все последующие фаски будут иметь эти размеры, пока вы их не переустановите.*

Скругление угла. Щёлкните пиктограмму  "Сопряжение" – запись в командной строке требует указать первую линию угла, который требуется скруглить, либо перейти в тот или иной режим указания параметров скругления. Перейдите в режим указания радиуса скругления. В командной строке запишите r (Radius - радиус) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать размер радиуса скругления. В командной строке запишите численное значение желаемого радиуса скругления и нажмите клавишу "Enter" – размер радиуса скругления задан, командная строка очищена. Снова щёлкните пиктограмму 

"Сопряжение" – запись в командной строке требует указать первую линию угла. Укажите курсором первую линию и нажмите левую клавишу мыши – линия стала штриховой. Аналогично укажите курсором вторую линию – угол скруглён.

3.4. Изменения изображений объектов на экране

Масштабирование окном. Щёлкните пиктограмму  "Zoom Window" (масштабирование окном) – запись в командной строке требует указать первую точку окна. Укажите курсором первую точку окна, например, левую нижнюю точку обрабатываемого окна, в которое вы намереваетесь поместить объект, чтобы увеличить затем окно с объектом до размеров графической зоны. Нажмите левую клавишу мыши, после чего сдвиньте курсор вправо и вверх – за курсором тянется красное "резиновое" окно. Установите курсор в такую точку, чтобы ваш объект находился в окне "впритык", и нажмите левую клавишу мыши – объект визуализирован максимально увеличенным во всю площадь графической зоны. Щёлкните пиктограмму  "Zoom Previous" (масштабирование предыдущее) – предыдущий вид возвращён.

Масштабирование в реальном времени. Щёлкните пиктограмму  "Zoom Realtime" (масштабирование в реальном времени) – в графической зоне появился видоизменённый курсор в виде самой пиктограммы. Установите курсор примерно в центр графической зоны, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская её, плавно перемещайте курсор вверх (изображение увеличивается), либо вниз (изображение уменьшается). Остановитесь, когда размеры объекта вас устраивают, и отпустите левую клавишу мыши. Нажмите клавишу "Esc". Щёлкните пиктограмму  "Zoom Previous" (масштабирование предыдущее) – предыдущий вид возвращён.

Панорамирование в реальном времени. Щёлкните пиктограмму  "Pan Realtime" (панорамирование в реальном времени) – в графической зоне появился видоизменённый курсор в виде самой пиктограммы (ладони). Установите курсор в любое место графической зоны и, нажав левую клавишу мыши, перемещайте курсор вместе с панорамой в любое место графической зоны. Когда панорама вас устраивает, отпустите левую клавишу мыши. Подобные операции можно проделывать любое количество раз, каждый раз устанавливая курсор в желаемое место, нажимая левую клавишу мыши, перемещая курсор вместе с панорамой, и отпуская левую клавишу мыши. После окончательной установки панорамы нажмите клавишу "Esc" – курсор принял прежний вид перекрестия. Щёлкните пиктограмму  "Zoom Previous" (масштабирование предыдущее) – предыдущий вид возвращён.

Визуализация до границ формата. Щёлкните пиктограмму  "Zoom All" (масштабировать всё) – установленный формат (в нашем случае 297 на 420) визуализирован* в границах графической зоны "впритык".

**Примечание: реализуется только при установке МСК.*

Визуализация до границ вычерченных объектов. Щёлкните пиктограмму  "Zoom Extents" (масштабирование протяжённостей) – все вычерченные объекты (один или несколько) максимально увеличиваются в границах графической зоны "до упора".

Названные виды. В AutoCAD имеется несколько видов с конкретными названиями (именами): "Верх", "Низ", "Спереди", "Сзади" и другие. Для дальней-

шего изложения материала чёткое представление об этих видах имеет ключевое значение и требует повышенного пространственного воображения. Именно поэтому рассмотрение этих видов вынесено в отдельный следующий раздел.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). Как включить и отключить шаг?
- 2). Как включить и отключить сетку?
- 3). В каких случаях целесообразно применять режим "Орто"?
- 4). Как вычертить ломаную линию?
- 5). Как зеркально скопировать объект?
- 6). Как масштабировать изображение рамкой?

4. Тест-куб и названные виды

Если бы наблюдатель имел "волшебный" монитор, который бы модель некоторого жёлтого куба визуализировал без всякого экрана, а прямо в пространстве, то наблюдалась бы картина, схематично изображенная на рис. 4.1.



Рис. 4.1

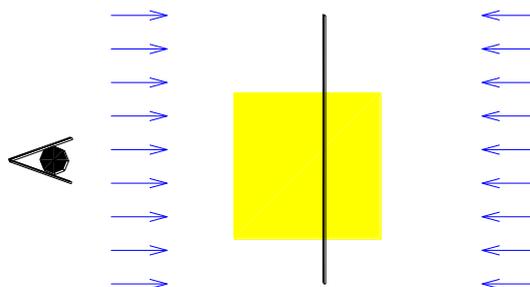


Рис.4.2

Наблюдатель мог бы обойти этот куб с любой стороны, опуститься под куб или подняться над кубом и посмотреть любую его грань. Наблюдатель мог бы оставаться на месте, а с помощью соответствующих команд поворачивать куб в свою сторону той или иной гранью, и также просмотреть все грани.

К сожалению, "волшебного" монитора пока нет, поэтому AutoCAD помещает модель куба в зону экрана (на рис. 4.2 плоскость экрана показана с торца в виде чёрной линии), при этом всё, что попало в плоскость экрана, на этой плоскости и остаётся. Всё, что находится между этой плоскостью и наблюдателем, методом прямоугольного проецирования AutoCAD проецирует на плоскость экрана (проецирующие лучи показаны синими стрелками), а всё, что находится за экраном – тоже проецирует методом прямоугольного проецирования на плоскость экрана, но с противоположной стороны. С плоскостью экрана совмещает плоскость XY декартовой системы координат, при этом нулевую точку начала координат помещает в левом нижнем углу плоскости экрана (точнее – графической зоны), ось X направляет вправо, ось Y – вверх, а ось Z - на наблюдателя (имеются в виду положительные направления осей). Саму модель из зоны экрана AutoCAD как бы убирает – см. рис. 4.3 (вид на экран с торца), и рис. 4.4 (вид со стороны наблюдателя). На экране (точнее – в графической зоне) наблюдатель видит только одну грань куба и знак МСК (при визуализации модели в цвете, знаки МСК и ПСК имеют одинаковый вид – в виде цветных осей X, Y и Z).

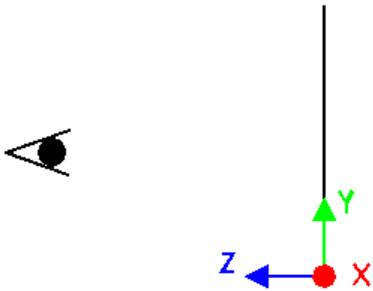


Рис. 4.3

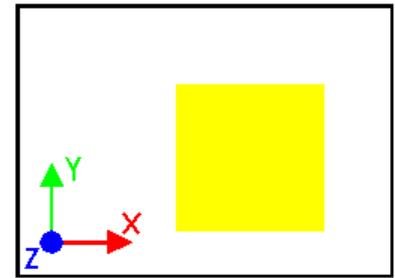


Рис. 4.4

Вид модели, показанный на рис. 4.4, получен в AutoCAD после установки названного* вида "Верх" – вид сверху. И действительно, наблюдатель находится как бы "на вершине" оси Z и оттуда смотрит на модель сверху. Поскольку на рис. 4.4 куб виден сверху, то грань, которую наблюдатель видит, логично назвать "верхней гранью" и написать на ней, например, букву "В" – верхняя грань. Это и будет сделано ниже при построении тест-куба**.

**Примечание: под термином "названный" здесь и везде далее имеется в виду конкретный вид на экране, имеющий в AutoCAD конкретное название. Все другие виды названий не имеют.*

***Примечание: тест-куб – это предложенная автором модель куба жёлтого цвета с длиной ребра 100, на каждой грани которого написаны выпуклые буквы, нанесённые в связи с конкретно установленным именованным видом AutoCAD. При установке вида "Верх" тест-куб визуализируется гранью с буквой "В" (верхняя грань), при установке вида "Спереди" тест-куб визуализируется передней гранью с буквой "Г" (главная или передняя грань), при установке вида "Слева" тест-куб визуализируется левой гранью с буквой "Л" (левая грань) и т. д. Нижняя грань тест-куба находится в координатной плоскости XY МСК, а все другие его грани имеют положительные координаты по оси Z. Жёлтый цвет не является обязательным, и может быть заменён пользователем на другой цвет.*

Установка вида сверху осуществляется так: на панели инструментов "Художники" щёлкают пиктограмму  "Названные виды" – появляется панель "View" (вид) с открытой подпанелью "Orthographic & Isometric"* (ортографическая и изометрическая). В окне по умолчанию уже инициализирован вид  "Top" (верх) - отмечен синим цветом. Последовательно нажимают кнопки "Текущий" и "ОК" – вид сверху установлен. Можете попробовать установить вид сверху, правда, смотреть пока нечего. В следующем разделе построим тест-куб и посмотрим все названные виды. Сейчас же следует чётко разобраться в сущности того или иного названного вида, представить модель в пространстве и определить взаимосвязь конкретного вида с моделью. Используем уже построенный автором тест-куб для облегчения рассмотрения названных видов.

**Примечание: если открыта подпанель "Named Views" (названные виды), то укажите курсором подпанель "Orthographic & Isometric" (ортографическая и изометрическая) и нажмите левую клавишу мыши.*

На рис. 4.5, для примера, показан тест-куб после установки названного вида "Top" (верх).

Как видно из рис. 4.5, в графической зоне визуализирован тест-куб (вид сверху), знак координат, показывающий направления координатных осей, и чёрная сетка, показывающая местоположение активной плоскости. Видно, что она параллельна координатной плоскости XY, но её координату по оси Z из рис. 4.5 определить не удастся. Для дальнейшей работы следует иметь в виду: при установке

названного вида "Top" (верх) активная плоскость автоматически устанавливается с координатой по оси Z, равной нулю, т. е. чёрная* сетка совпадает с координатной плоскостью XY МСК.

**Примечание: в AutoCAD сетка визуализируется либо в виде красных точек (см. рис. 1.1), либо в виде чёрных ортогональных линий – как на рис. 4.5. Вид сетки зависит от использования той или иной пиктограммы в панели инструментов "Тени". При неизменной установке межузлового расстояния сетки, чёрная сетка визуализируется с десятикратным уплотнением линий по сравнению с плотностью красных точек.*

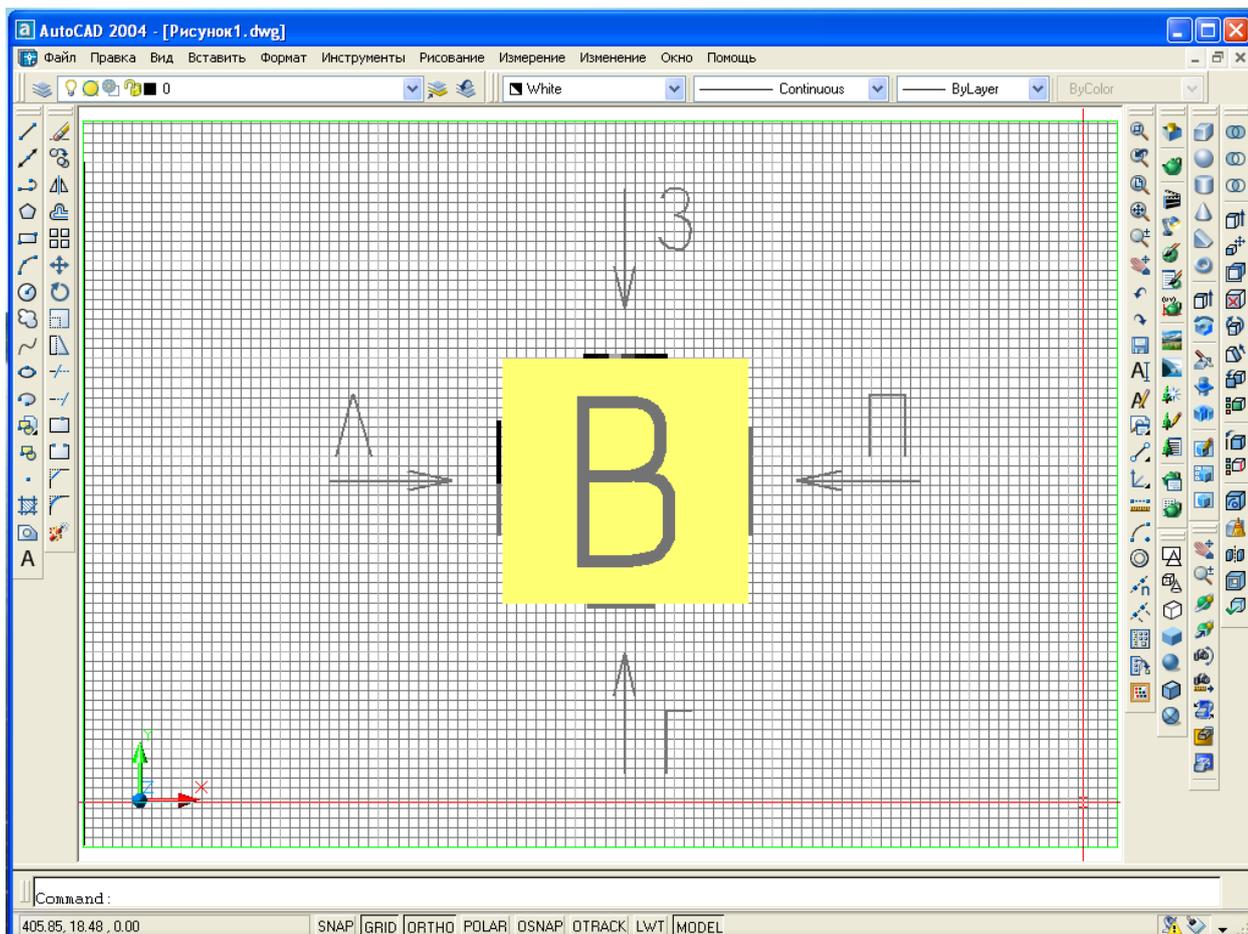


Рис. 4.5

Итак, представьте, что на плоскости XY, которая совпадает с плоскостью экрана, стоит тест-куб, на одной из граней которого изображена буква "B". Этот вид на любую модель, в том числе и на тест-куб, в AutoCAD принято называть видом сверху и задавать его с помощью пиктограммы  "Top" (верх). Если AutoCAD визуализирует на плоскости XY вид модели с направления "Г" (см. рис. 4.5), то такой вид принято называть видом спереди и задавать его с помощью пиктограммы  "Front" (перед). При визуализации модели с направлений "Л", "П", "З" и "Н" (на рис. 4.5 направление "Н" не показано – идёт из-за экрана в направлении оператора) используются пиктограммы соответственно  "Left" (слева),  "Right" (справа),  "Back" (зад) и  "Bottom" (низ).

На гранях тест-куба написаны буквы таким образом, что при визуализации его сверху, визуализируется грань с буквой "B", при визуализации его спереди визуализируется грань с буквой "Г" (главный вид, вид спереди – как принято в ЕСКД),

при визуализации его слева визуализируется грань с буквой "Л" и т. д. Изучать и осваивать виды в AutoCAD с помощью тест-куба удобно.

Кроме указанных выше шести названных видов, в AutoCAD имеется ещё четыре названных вида, показывающих модель в прямоугольных изометрических проекциях. Эти проекции задают с помощью пиктограмм:  "Southwest Isometric" (юго-западная изометрия),  "Southeast Isometric" (юго-восточная изометрия),  "Northeast Isometric" (северо-восточная изометрия) и  "Northwest Isometric" (северо-западная изометрия). Для примера, на рис. 4.6 показана юго-западная изометрия тест-куба.

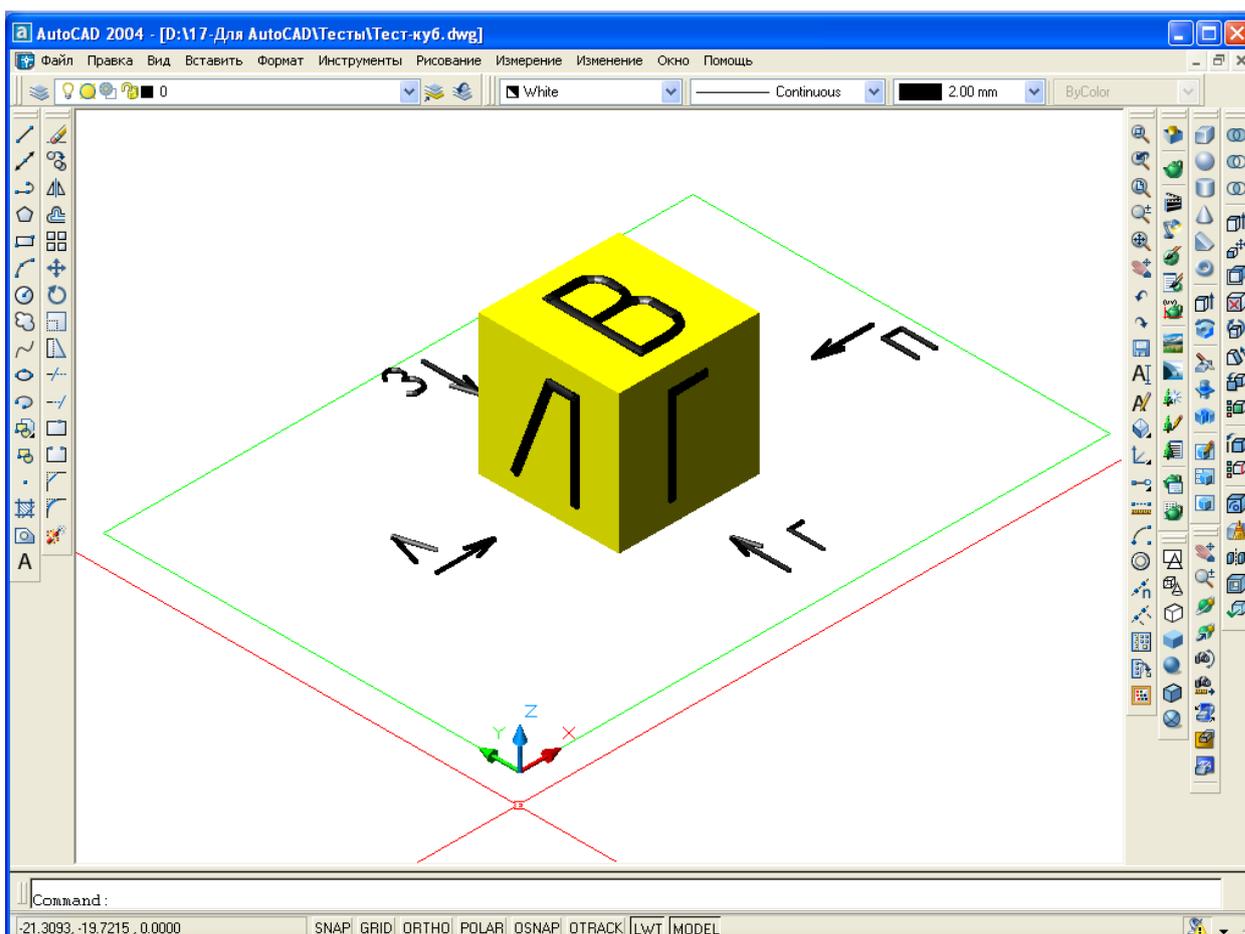


Рис. 4.6

Вопросы для самоконтроля:

- 1). *Что такое тест-куб? Для чего он нужен?*
- 2). *Какие названные виды имеются в AutoCAD?*
- 3). *При установке вида сверху где находится активная плоскость?*
- 4). *Какие грани тест-куба видны на северо-восточной изометрии?*
- 5). *Как установить вид снизу?*

5. Построение тест-куба

Требуется: построить тест-куб жёлтого цвета с длиной ребра 100; записать его на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Тест-куб"; просмотреть его, используя десять названных видов.

Построение целесообразно осуществить поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели, включив режимы шага, сетки и орто.

Этап второй. Установите режим вычерчивания жёлтым цветом. Для этого: в строке меню дайте команду **Формат** – появилось падающее меню; дайте команду **Цвет** – появилась панель "Select Color" (выбор цвета); в окне подпанели "Index Color" (индекс цвета) укажите жёлтый образец и последовательно нажмите левую клавишу мыши и кнопку "ОК" – жёлтый цвет установлен. Теперь все объекты будут вычерчиваться жёлтым цветом, пока он не будет переустановлен.

Этап третий. Постройте жёлтый куб с длиной ребра 100. Для этого: в пятой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Блок" – запись в командной строке требует указать вершину параллелепипеда. Установите курсор в пока чистой графической зоне в точку с координатами 170.00,100.00,0.00 и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую вершину параллелепипеда или дать указание перейти в один из возможных режимов – в режим "Cube" (куб, режим построения куба*) или в режим "Length" (длина, режим последовательного указания длины, ширины и высоты при построении параллелепипеда). Перейдите в режим построения куба, для чего в командной строке запишите **c** (Cube - куб) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать длину ребра куба. В командной строке запишите **100** и нажмите клавишу "Enter" – куб с длиной ребра 100 построен, но в графической зоне визуализированы только жёлтые рёбра.

**Примечание: при использовании режима "Cube" AutoCAD строит куб таким образом, что нижняя грань куба устанавливается в плоскости XY МСК, а все другие грани – над этой плоскостью, т. е. в зоне положительных значений координат по оси Z (если задано положительное число – размер ребра), и под этой плоскостью, т. е. в зоне отрицательных значений координат по оси Z (если задано отрицательное число – размер ребра).*

Этап четвёртый. Раскрасьте куб в жёлтый цвет и посмотрите, что изменится в графической зоне. Затем снова вернитесь к исходному виду, когда куб визуализировался только жёлтыми рёбрами. Прodelайте эти операции несколько раз (раскрасить/не раскрасить) и освоите их капитально, т. к. далее будете применять их очень часто. **Раскрасьте** куб, для этого: в четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Плоские тени" – грань стала жёлтой, в графической зоне появилась чёрная сетка, а слева внизу - координатный знак в виде трёх цветных осей координат. **Не раскрасьте** куб, для этого: в четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "2D каркас" – жёлтыми стали только рёбра, появилась красная сетка и знак МСК.

Этап пятый. Поскольку буквы на гранях куба предстоит писать широкой и объёмной (толстой*) полилинией, установите ширину полилинии 5, а толщину 2. **Ширину** установите так: в первой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Полилиния" – запись в командной строке требует указать первую точку ломаной линии. Укажите любую (любую!) точку в графической зоне и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку лома-

ной линии либо перейти в один из нескольких предлагаемых режимов, в том числе в режим установки ширины ломаной линии. Запишите в командной строке **w** (Width – ширина) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать ширину ломаной линии в её начале. Запишите в командной строке **5** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать ширину ломаной линии в её конце и по умолчанию предлагает такую же, как была установлена для начала линии. Соглашайтесь, и нажимайте клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать вторую точку ломаной линии - укажите вторую точку ломаной линии (в любом месте) и нажмите последовательно левую клавишу мыши и клавишу "Esc" – пробная линия шириной 5 вычерчена. Теперь все ломаные линии будут вычерчиваться шириной 5, пока вы не переустановите ширину заново. Сотрите пробную линию. **Высоту** установите так: в строке меню дайте команду **Формат** – появилось падающее меню. Дайте команду **Толщина** – запись в командной строке требует указать толщину ломаной линии. В командной строке запишите **2** и нажмите клавишу "Enter" – толщина ломаной линии при всех последующих вычерчиваниях будет 2, пока её не переустановите.

**Примечание: толщина ломаной линии – это как бы толщина "краски", которой ломаная линия вычерчивается. Если оставить толщину равную 0.00 (а именно такая используется по умолчанию), то чёрный цвет буквы и жёлтый цвет грани, находясь в одной плоскости, будут взаимно конкурировать за свой цвет и AutoCAD не будет знать – какому цвету отдать предпочтение и визуализирует частично и тот, и другой. Чтобы буквы выглядели на гранях полностью чёрными, их следует сделать объёмными – придать толщину над гранью куба.*

Этап шестой. Установите активную плоскость на уровне верхней грани и вычертите ломаной линией на верхней грани (а в данный момент именно она визуализирована) букву "B". **Установите** активную плоскость на уровне верхней грани так: запишите в командной строке имя команды **elev** (Elevation – уровень) и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать уровень. Запишите в командной строке цифру **100** и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать высоту линии и предлагает по умолчанию значение **2**. Согласитесь с этим предложением и нажмите левую клавишу мыши – заданные значения уровня и толщины установлены. **Вычертите** букву "B" так: в первой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Полилиния" – запись в командной строке требует указать первую точку. Укажите первую точку буквы "B" и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку. Укажите вторую точку буквы "B" и нажмите левую клавишу мыши – указанный вами первый отрезок линии вычерчен, а запись в командной строке требует указать следующую точку ломаной линии. Указывая третью, четвёртую и т. д. точки, нажимая каждый раз левую клавишу мыши, включая и отключая по мере надобности режимы шага, сетки и орто, вычертите на глаз букву "B", и в конце нажмите клавишу "Esc".

Внимание! Вычертив букву "B", установите исходный уровень равный нулю, а толщину оставьте равной 2.

Этап седьмой. Переустановите активную плоскость, совместив её с передней гранью куба, и вычертите на передней грани букву "Г" (главная или передняя грань). **Переустановите** активную плоскость так: в третьей панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Z ось вектора UCS" - запись в командной строке требует указать начальную (нулевую) точку новой устанавливаемой ПСК. Укажите курсором любую точку передней грани (она перпендикулярна координатной плоскости XY МСК, поэтому выглядит в виде линии) и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать направление оси Z новой устанавливаемой ПСК. Включите режим орто (если он был отключён) и сдвиньте курсор

строго вниз на любое расстояние, после чего нажмите левую клавишу мыши – в графической зоне визуализирована передняя грань и появился знак ПСК (в виде двух стрелок, если раскрашивание выключено, и в виде трёх стрелок, если раскрашивание включено).

**Примечание: эта пиктограмма может быть скрыта. Пощёлкайте схожие с ней пиктограммы и в одной из падающих панелей инструментов её обнаружите.*

Вычертите на передней грани букву "Г" (главная или передняя грань) – делайте это так же, как вычерчивали только что букву "В".

Внимание! Вычертив букву "Г", установите исходный вид сверху.

Этап восьмой. Переустановите активную плоскость, совместив её с задней гранью куба, и вычертите на ней букву «З» (задняя грань). **Переустановите** активную плоскость так: в четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Z ось вектора UCS" – запись в командной строке требует указать начальную (нулевую) точку новой устанавливаемой ПСК. Укажите курсором любую точку задней грани куба и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать направление оси Z новой устанавливаемой ПСК. При включённом режиме орто сдвиньте курсор на любое расстояние строго вверх и нажмите левую клавишу мыши – перед вами задняя грань куба и знак ПСК. Если режим раскрашивания включён, то грань жёлтая, а знак ПСК изображён в виде трёх стрелок, если режим раскрашивания отключён, то жёлтыми являются только рёбра, а знак ПСК изображён в виде двух стрелок. **Вычертите** на задней грани букву "З" (задняя грань) – сделайте это так же, как выше вычерчивали буквы "В" и "Г".

Внимание! Вычертив букву "З", снова вернитесь в режим вида сверху.

Этап девятый. По аналогии с операциями в седьмом и восьмом шагах, на левой грани куба вычертите букву "Л" (левая грань), а на правой – букву "П" (правая грань). После вычерчивания каждой буквы **не забывайте** возвращаться в режим вида сверху!

Этап десятый. На оставшейся нижней грани куба запишите букву "Н" (нижняя грань). Для этого: установите вид спереди – перед вами передняя грань. Установите активную плоскость так, чтобы она совпала с нижней гранью куба, при этом ось Z ПСК должна быть направлена в сторону наблюдателя. В четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Z ось вектора UCS" - запись в командной строке требует указать начальную (нулевую) точку новой устанавливаемой ПСК. Укажите курсором любую точку нижней грани куба и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать направление оси Z новой устанавливаемой ПСК. При включённом режиме орто сдвиньте курсор строго вниз и нажмите левую клавишу мыши – требуемая активная плоскость установлена, ось Z новой ПСК направлена в сторону пользователя, перед вами нижняя грань куба. Напишите на ней букву "Н" – это делайте так же, как ранее делали при вычерчивании предшествующих букв.

Внимание! После написания буквы "Н" установите вид сверху.

Этап одиннадцатый. Запишите модель тест-куба на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Тест-куб" в папку, указанную преподавателем, либо в свою с соответствующим названием, если работаете на домашнем компьютере.

Этап двенадцатый. Посмотрите свой тест-куб, используя все десять названных видов AutoCAD. Как это делается – вы уже знакомы в четвёртом разделе, можете вернуться к нему снова, если кое-что успели позабыть.

Итак, теперь у вас есть свой "персональный" тест-куб. При его построении применён способ использования типовой модели AutoCAD – куба. Кроме этого

способа, в AutoCAD имеется ещё несколько других способов построения моделей. Рассмотрим их в следующем разделе.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). *Какие размеры и цвет имеет тест-куб?*
- 2). *Какие фигуры можно построить, используя пиктограмму "Блок"? Как она выглядит?*
- 3). *Как выглядит тест-куб, когда он раскрашен, и когда не раскрашен?*
- 4). *Что означает термин «толщина» применительно к ломаной линии?*
- 5). *Почему буквы на гранях тест-куба выполнены объёмными?*

6. Способы построения моделей

6.1. Способ использования типовой модели

Суть способа ясна из его названия – пользователь использует уже готовую типовую модель, например, куб, параллелепипед, шар и т. п. Для практического освоения этого способа выполните несколько взаимосвязанных упражнений.

Упражнение первое.

Задание. Установите режим новой модели. Постройте жёлтую плоскость прямоугольной формы, совпадающую с координатной плоскостью XY МСК, при этом один угол этой плоскости имеет координаты 0,0,0, а второй – 420,300,0. В верхнем левом углу этой плоскости постройте красный параллелепипед размерами 60 x 100 x 40, у которого нижняя грань размерами 60 x 100 совпадает с координатной плоскостью XY МСК, а другие грани находятся в зоне положительных значений координат по оси Z.

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели – см. второй раздел. Установите значение 10 для шага и сетки.

Этап второй. Постройте жёлтую плоскость размерами 300x420. Для этого: в строке меню дайте команду **Формат** – появилось падающее меню. Дайте команду **Цвет** – появилась панель "Select Color" (выбор цвета). Укажите курсором жёлтый образец и нажмите последовательно левую клавишу мыши и кнопку "ОК" – жёлтый цвет установлен. В первой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Прямоугольник" – запись в командной строке требует указать первый угол прямоугольника. При включенных шаге, сетке и режиме орто укажите курсором точку с координатами 0,0,0 и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать второй угол прямоугольника. Укажите курсором точку с координатами 420,300,0 и нажмите левую клавишу мыши – жёлтый прямоугольник вычерчен. Но это ещё не плоскость. Превратите жёлтую прямоугольную рамку в жёлтую плоскость, ограниченную этой рамкой. В первой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Область" – запись в командной строке требует указать линию, ограничивающую будущую область (плоскость). Укажите курсором любую точку жёлтой линии и нажмите левую клавишу мыши – жёлтая линия стала штриховой. Нажмите правую клавишу мыши – требуемая плоскость (область) создана. Поэкспериментируйте с режимами раскрасить/не раскрасить и убедитесь в том, что перед вами действительно жёлтая плоскость, а не жёлтая линия-рамка.

Этап третий. Постройте красный параллелепипед размерами 100x60x40 (длина, ширина, высота) с координатами одной из нижних вершин 20,210,0. Для этого: переустановите цвет с жёлтого на красный, проделав аналогичные операции, что вы проделали во втором этапе. В пятой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Блок" – запись в командной строке требует указать первую вершину параллелепипеда. На жёлтой плоскости укажите курсором точку с координатами 20,210,0 и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую вершину параллелепипеда либо перейти в один из двух режимов. Перейдите в режим установки размеров параллелепипеда, для чего запишите в командной строке **L** (Length – длина) и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать длину параллелепипеда. Запишите в командной строке **100** и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать "Width" – ширину параллелепипеда. Запишите в командной строке **60** и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать "Height" – высоту параллелепипеда. Запишите в командной строке **40** и нажмите левую клавишу мыши – требуемый параллелепипед построен. Поэкспериментируйте с режимами раскрасить/не раскрасить, с установкой различных названных видов и убедитесь в том, что вы построили действительно параллелепипед.

Внимание! После экспериментов по просмотру параллелепипеда, установите вид сверху.

Упражнение второе.

Задание. Продолжите упражнение первое и добавьте малиновый шар, при этом центр шара должен находиться в точке с координатами 210,230,0 а радиус – иметь размер 30.

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите режим малинового цвета (переустановите предыдущий красный цвет на малиновый). Операция переустановки цвета ранее многократно описана, поэтому здесь и в дальнейшем описываться не будет.

Этап второй. Постройте требуемый шар, для этого: в пятой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Сфера" – запись в командной строке требует указать место расположения центра шара. При включённых режимах шага, сетки и орто укажите курсором точку с координатами 210,230,0 и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать размер радиуса шара. Запишите в командной строке **30** и нажмите клавишу "Enter" – требуемый шар в заданном месте построен.

Третий этап. Используя режимы раскрасить/не раскрасить и различные установки названных видов, просмотрите созданные модели.

Внимание! После экспериментов по просмотру установите вид сверху.

Упражнение третье.

Задание. Продолжите первые два упражнения и добавьте синий цилиндр, при этом круглое основание цилиндра должно совпадать с координатной плоскостью XY МСК, центр круга основания должен находиться в точке с координатами 330,230,0, размер радиуса 30, а высота равна 70.

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите синий цвет.

Этап второй. Постройте требуемый цилиндр, для этого: в пятой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Цилиндр" – запись в командной строке тре-

бует указать место расположения центра окружности основания цилиндра. Запишите в командной строке $330,230,0$ и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать радиус круга основания цилиндра. Запишите в командной строке число **30** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать высоту цилиндра. Запишите в командной строке **70** и нажмите клавишу "Enter" – требуемый цилиндр построен.

Упражнение четвёртое.

Задание. К имеющимся трём моделям добавьте модель голубого круглого прямого конуса, круглое нижнее основание которого находится на координатной плоскости XY МСК, центр основания имеет координаты $340,80,0$, радиус основания равен 30, высота составляет 100.

Выполните упражнение в два этапа.

Этап первый. Установите голубой цвет.

Этап второй. Постройте требуемый конус, для этого: в пятой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Конус" – запись в командной строке требует указать место расположения центра основания. Запишите в командной строке **340,80,0** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать радиус конуса. В командной строке запишите **30** и нажмите клавишу "Enter". Запись в командной строке требует указать высоту конуса. Запишите в командной строке **70** и нажмите клавишу "Enter" – конус построен.

Упражнение пятое.

Задание. К имеющимся четырём моделям добавьте модель серого клина, прямоугольное основание которого совпадает с координатной плоскостью XY МСК и имеет размеры 30 (ширина), 60 (длина), 20 (высота). Длина ориентирована вдоль оси X МСК, точка основания (ближайшая к нулевой точке МСК) имеет координаты $20,90,0$.

Выполните упражнение в два этапа.

Этап первый. Установите серый цвет.

Этап второй. Постройте требуемый клин, для этого: в четвёртой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Клин" – запись в командной строке требует указать первую точку угла основания (ближайшую к нулевой точке МСК). При включённых режимах шага, сетки и орто укажите курсором точку с координатой $20,90,0$ и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать либо второй угол основания клина, либо указать один из двух режимов, в который необходимо перейти. Перейдите в режим "Length" (длина), для чего запишите в командной строке **L** (Length – длина) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать длину клина. В командной строке запишите **60** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать ширину клина. В командной строке укажите **30** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать высоту клина. В командной строке запишите **20** и нажмите клавишу "Enter" – требуемый клин построен.

Упражнение шестое.

Задание. К имеющимся пяти моделям добавьте модель зелёного тора. Центр с координатами $200,100,0$ и средняя осевая окружность тора с радиусом 50

должны находиться в координатной плоскости XY МСК, радиус трубы тора равен 10.

Выполните упражнение в два этапа.

Этап первый. Установите зелёный цвет.

Этап второй. Постройте требуемый тор, для этого: в пятой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Торус" – запись в командной строке требует указать центр тора. Запишите в командной строке **200,100,0** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать радиус осевой окружности тора. В командной строке запишите **50** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать радиус трубы тора. В командной строке запишите **10** и нажмите клавишу "Enter" – требуемый тор построен.

Итак, шесть типовых моделей, имеющих в AutoCAD, построены. Просмотрите их, используя названные виды и режимы раскрасить/не раскрасить. На рис. 6.1, для примера, показана юго-западная изометрия построенных моделей.

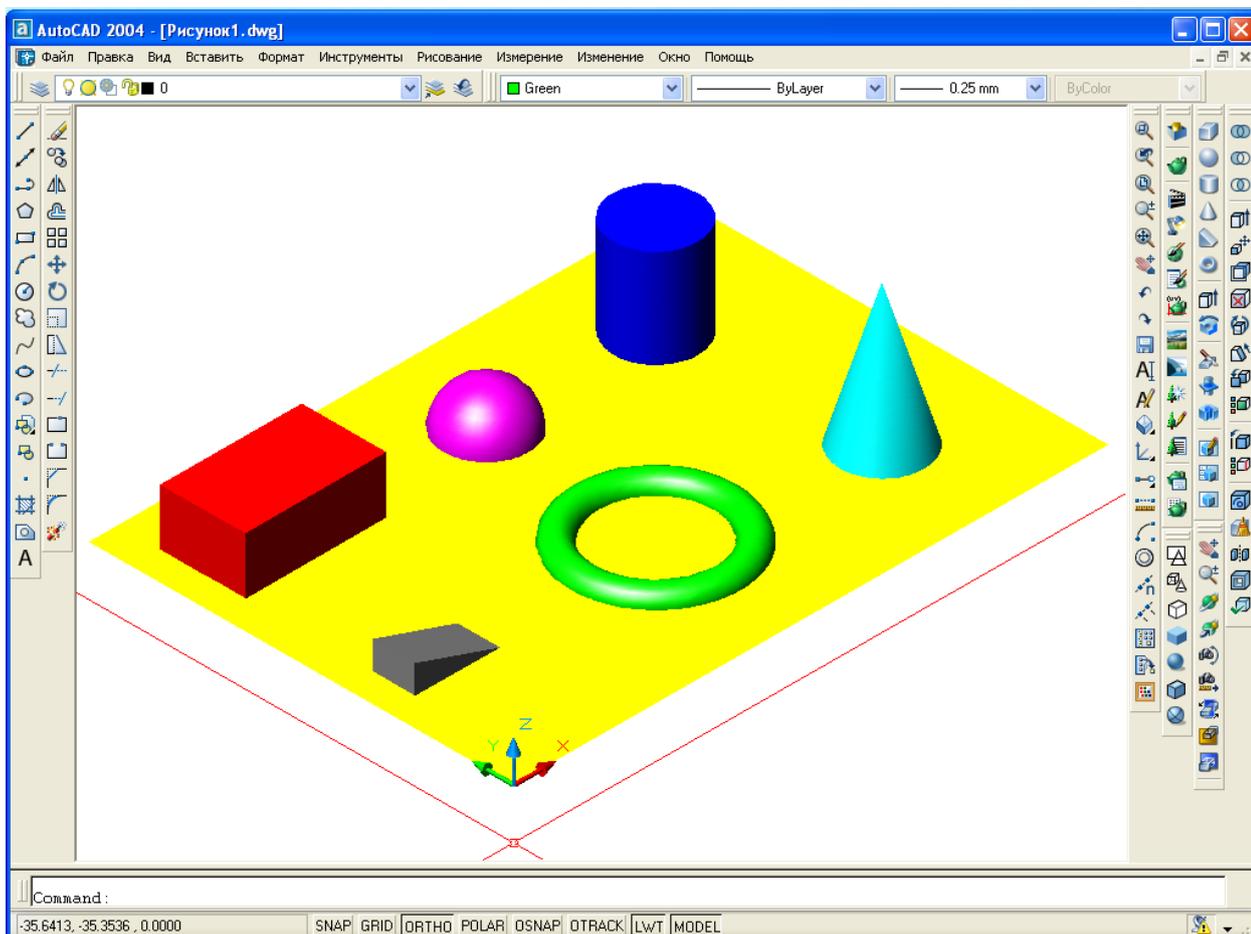


Рис. 6.1

Как видно из рис. 6.1, половина шара и половина тора находятся над координатной плоскостью XY МСК, а их вторые половины – под этой плоскостью. Остальные модели стоят на координатной плоскости XY МСК и находятся над ней, т. е. в зоне положительных значений координат по оси Z.

6.2. Способ вытеснения

Суть способа: на исходной плоскости строят плоскую фигуру необходимой формы и вытисняют её вверх над исходной плоскостью (задают положительное направление вытеснения) или под исходной плоскостью (задают отрицательное направление вытеснения), получая в итоге требуемый объект. Термин "вытеснение" не следует понимать в буквальном смысле – это всего лишь образ. Для данного способа более подошел бы термин "наращивание" – наращивание толщины плоской фигуры по её исходной форме. Для практического освоения способа **выполните** три упражнения.

Упражнение первое.

Задание. Создайте модель прямой шестиугольной призмы с параметрами: радиус описанной окружности основания 20, высота 100, нижнее основание находится на плоскости XY МСК, координаты центра описанной окружности нижнего основания 50,220,0.

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели – см. второй раздел.

Этап второй. На плоскости XY создайте шестиугольник с заданными параметрами, для чего в первой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Многоугольник" – запись в командной строке требует указать желаемое количество сторон многоугольника. Запишите в командной строке цифру **6** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать центр описанной или вписанной окружности. Укажите курсором точку с координатами 50,220,0 и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать какая окружность будет использоваться – описанная или вписанная. По умолчанию предлагается описанная – "I" (Inscribed – описанная). Согласитесь с этим предложением и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать радиус описанной окружности. Запишите в командной строке цифру 20 и нажмите клавишу "Enter" – шестиугольник вычерчен (пока не плоскость, а только контуры).

Этап третий. Превратите шестиугольник (линии контура) в шестиугольник плоскость, для этого в первой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Область" – запись в командной строке требует указать замкнутую линию, внутри которой необходимо создать плоскость. Укажите курсором любую точку шестиугольника и щёлкните последовательно левой и правой клавишами мыши – плоский шестиугольник построен.

Этап четвёртый. Выдавите вверх шестиугольник на высоту 100, для чего в пятой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Вытеснение" – запись в командной строке требует указать исходную плоскость. Укажите курсором любую точку контура шестиугольника и щёлкните левой клавишей мыши – запись в командной строке требует указать высоту выдавливания. Запишите в командной строке цифру **100** и нажмите клавишу "Enter" – заданная призма построена.

Этап пятый. Измените чёрный цвет шестиугольной призмы на серый – для лучшей визуализации – см. позицию 1 на рис. 6.2.

Этап шестой. Просмотрите шестиугольную призму с различных сторон, используя названные виды.

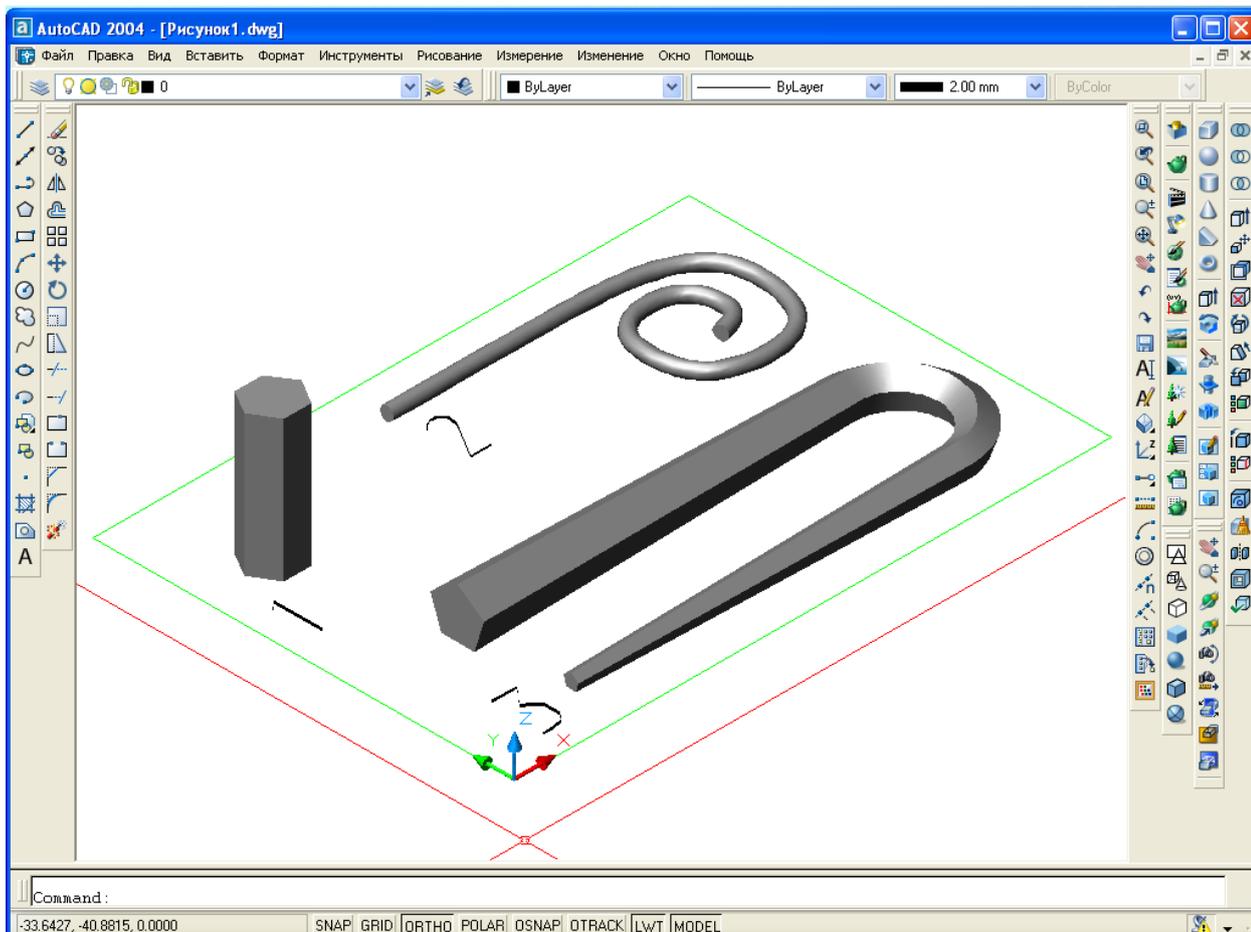


Рис. 6.2

Упражнение второе.

Задание. Постройте модель детали в виде завитка, выполненного из круглого прутка с диаметром 10 – см. позицию 2 на рис. 6.2 .

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели.

Этап второй. Создайте круг (плоский) диаметром 10, для чего установите вид сверху, режим "не раскрасить", задайте значение шага и сетки 10, включите шаг и сетку. В третьей панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Z ось вектора UCS" – запись в командной строке просит указать новую точку начала координат ПСК. Укажите курсором точку с координатами 140,230,0 и щёлкните левой клавишей мыши – запись в командной строке просит указать новое направление оси Z вашей ПСК. Включив режим орто, сдвиньте курсор вниз и щёлкните левой клавишей мыши – перед вами новая активная плоскость. Постройте в ней окружность с диаметром 10 и с центром в начале координат вашей ПСК – 140,230,0. Превратите линию окружности в плоский круг. Как это сделать – см. третий этап предыдущего упражнения. Установите вид сверху, на котором созданный круг выглядит в виде линии, т. к. визуализирован с торца.

Этап третий. Используя пиктограмму  "Полилиния", вычертите на глаз кривую линию в виде завитка, при этом начало этой линии должно находиться либо непосредственно на круге, созданном в предыдущем этапе, либо в непосредственной близости от него. Эта линия в последующем этапе даст направление вытеснения завитка. Сгладьте вычерченную полилинию, для чего в строке меню

дайте команду **Изменение** – появилось падающее меню. Дайте команду **Объект** - появилось дополнительное падающее меню. Дайте команду **Полилиния** – запись в командной строке требует указать полилинию, которую необходимо сгладить. Укажите курсором эту линию и последовательно щёлкните левой и правой клавишами мыши – появилась дополнительная панель меню. Дайте команду **Spline** (сплайн – плавная линия) – ломаная линия стала плавной.

Этап четвёртый. Вытесните круг диаметром 10 в направлении линии завитка, для чего в пятой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Вытеснение" – запись в командной строке требует указать объект, который необходимо вытеснить. Укажите круг с диаметром 10 и щёлкните последовательно левой и правой клавишами мыши - запись в командной строке требует указать либо высоту вытеснения, либо путь, по которому следует произвести вытеснение. Дайте в командной строке команду **p** (path – путь) и щёлкните клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать линию пути вытеснения. Укажите курсором линию завитка и щёлкните левой клавишей мыши – требуемая модель построена.

Этап пятый. Измените чёрный цвет модели на серый – для лучшей визуализации.

Этап шестой. Просмотрите построенную модель, используя именованные виды.

Упражнение третье.

Задание. Создайте модель детали в виде изогнутого прутка, имеющего в поперечнике правильный пятиугольник, уменьшающий свои размеры в поперечнике от начала прутка к его концу с углом схождения в один градус. Размеры и конфигурацию выполнить на глаз примерно так, как показано позицией 3 на рис. 6.2.

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели.

Этап второй. Создайте пятиугольник (плоский) с диаметром описанной окружности, например, 40, для чего установите вид сверху, режим "не раскрасить", задайте значение шага и сетки 10, включите шаг и сетку. В третьей панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Z ось вектора UCS" – запись в командной строке просит указать новую точку начала координат ПСК. Укажите курсором точку с координатами, например, 50,130,0 и щёлкните левой клавишей мыши – запись в командной строке просит указать новое направление оси Z вашей ПСК. Включив режим орто, сдвиньте курсор влево и щёлкните левой клавишей мыши – перед вами новая активная плоскость. Постройте на ней пятиугольник с диаметром описанной окружности 40 и с центром в начале координат вашей ПСК – 50,130,0. Превратите линию пятиугольника в плоский пятиугольник, ограниченный этой линией. Как это сделать – см. третий этап первого упражнения этого раздела. Установите вид сверху, на котором созданный пятиугольник выглядит в виде линии, т. к. визуализирован с торца.

Этап третий. Используя пиктограмму  "Полилиния", вычертите на глаз кривую линию, при этом начало этой линии должно находиться либо непосредственно на пятиугольнике, созданном в предыдущем этапе, либо в непосредственной близости от него. Эта линия в последующем этапе даст направление вытеснения модели изогнутого прутка. Сгладьте вычерченную линию, для чего в строке меню дайте команду **Изменение** – появилось падающее меню. Дайте команду **Объект** - появилось дополнительное падающее меню. Дайте команду **Полилиния** – запись в командной строке требует указать ломаную линию, которую необходимо сгладить. Укажите курсором эту линию и последовательно щёлкните

левой и правой клавишами мыши – появилась дополнительная панель меню. Дайте команду **Spline** (сплайн – плавная линия) – ломаная линия стала плавной.

Этап четвёртый. Вытесните пятиугольник в направлении вычерченной линии, для чего в пятой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Вытеснение" – запись в командной строке требует указать объект, который необходимо вытеснить. Укажите пятиугольник и щёлкните последовательно левой и правой клавишами мыши - запись в командной строке требует указать либо толщину вытеснения, либо путь, по которому следует произвести вытеснение. Дайте в командной строке команду **p** (path – путь) и щёлкните клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать либо линию пути вытеснения, либо угол схождения/расхождения вытесняемой модели. В командной строке дайте команду **t** (taper – сужаться) – запись в командной строке требует указать угол схождения завитка от начала к концу. Запишите в командной строке заданный угол схождения **1** и щёлкните левой клавишей мыши – требуемая модель построена.

Этап пятый. Измените чёрный цвет модели на серый – для лучшей визуализации.

Этап шестой. Просмотрите построенную модель, используя названные виды.

6.3. Способ вращения

Суть способа заключается в следующем: берут плоскую фигуру и вращают её на тот или иной угол вокруг заданной оси, при этом объём пространства, которое захватывает плоская фигура при своём вращении, и образует создаваемую модель.

Для практического освоения способа выполните упражнение.

Упражнение.

Задание. В графической зоне вычертите тонкой линией на глаз замкнутую ломаную линию примерно такой же конфигурации, как показано на рис. 6.3 (позиция 1) и рядом с ней справа – вертикальную ось АВ. Используя способ вращения, постройте модель детали, если осью вращения является ось АВ. На рис. 6.3 вид сверху показана требуемая деталь: 2 – вид без выреза, 3 – вид с вырезом одной четверти.

Выполните задание поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели.

Этап второй. Тонкими линиями постройте ломаную замкнутую линию примерно такой же конфигурации, как она изображена на рис. 6.3, позиция 1, а также прямую осевую линию АВ. Для этого: в первой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Полилиния" – запись в командной строке требует указать первую точку вычерчиваемой линии. Укажите первую точку вычерчиваемой ломаной линии и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку ломаной линии. Укажите вторую точку ломаной линии и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать третью, четвёртую и т. д. линии вычерчиваемой ломаной линии. Укажите необходимые точки вычерчиваемой ломаной линии, каждый раз нажимая левую клавишу мыши. В конце нажмите клавишу "Esc" – требуемая ломаная линия вычерчена. Аналогично вычертите осевую линию АВ.

Этап третий. Преобразуйте вычерченную ломаную замкнутую линию в плоскую фигуру, ограниченную данной ломаной линией. Для этого: в первой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Область" – запись в командной строке

требует указать замкнутую линию. Укажите курсором замкнутую ломаную линию (в любом месте) и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – требуемая плоская фигура создана.

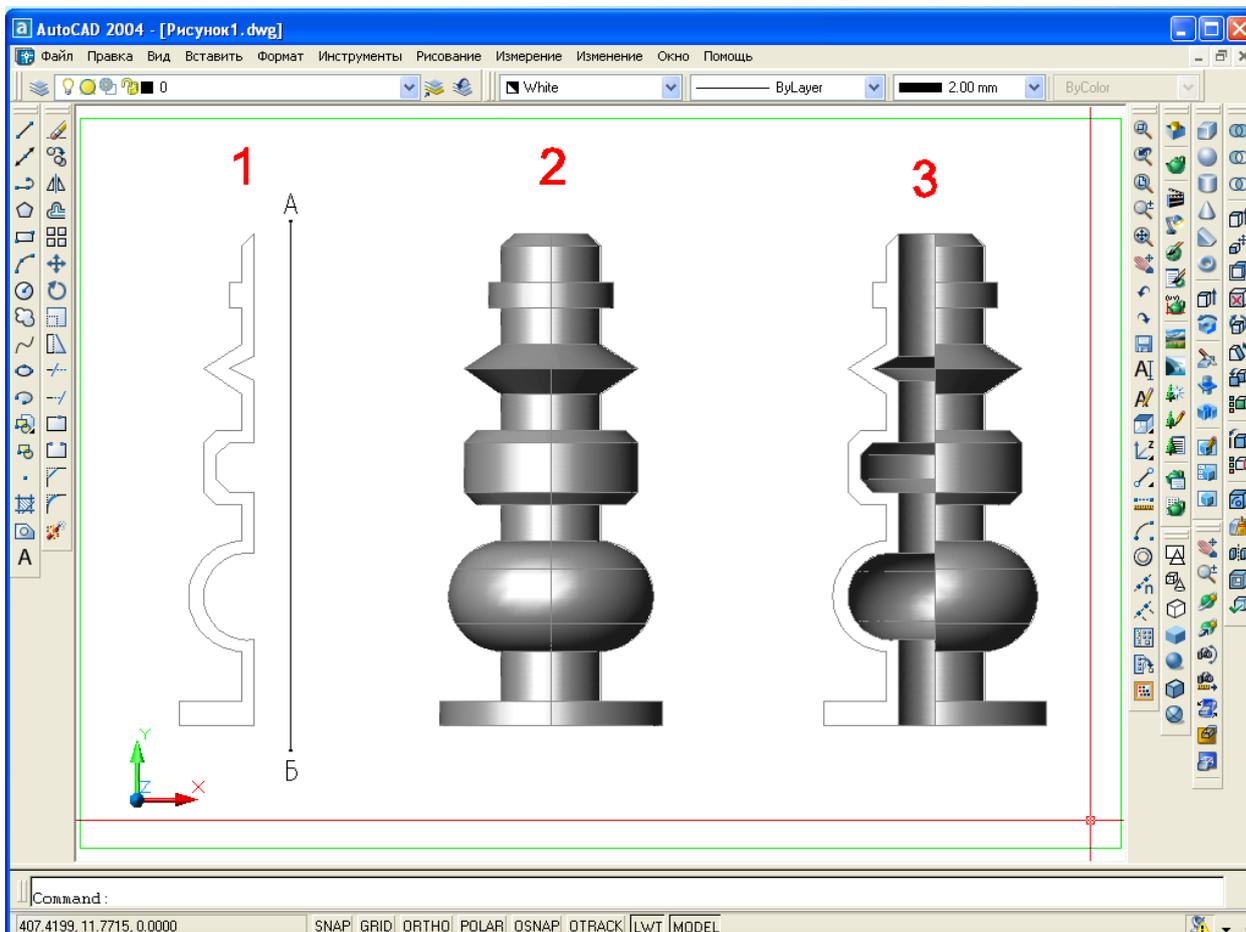


Рис. 6.3

Этап четвёртый. Используя способ вращения, постройте требуемое тело вращения. Для этого: в пятой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Вращение" – запись в командной строке требует указать плоскую фигуру, которую предстоит вращать. Укажите курсором построенную фигуру и последовательно нажмите левую и правую клавиши мыши – запись в командной строке требует указать первую точку оси вращения. Укажите первую точку оси вращения (например, точку "A") и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку оси вращения. Укажите вторую точку оси вращения (например, точку "B") и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – требуемое тело вращения построено.

Этап пятый. Переустановите чёрный цвет тела вращения на серый.

Этап шестой. Просмотрите построенную модель с различных сторон, используя названные виды.

6.4. Способ объединения

Суть способа заключается в следующем: строят два или несколько независимых друг от друга объекта, сближают их вплотную и, если требуется, "вдвигают" их необходимым образом друг в друга, а затем превращают эту композицию в единый цельный объект.

Для практического освоения способа выполните упражнение.

Упражнение.

Задание. Постройте параллелепипед, шар и цилиндр. Частично вдвиньте их друг в друга и создайте некоторую композицию синего цвета – объект. Конфигурацию и размеры объекта установите на свой вкус. На рис. 6.4 (фигура слева) показана юго-западная изометрия одного из возможных вариантов этого объединённого объекта.

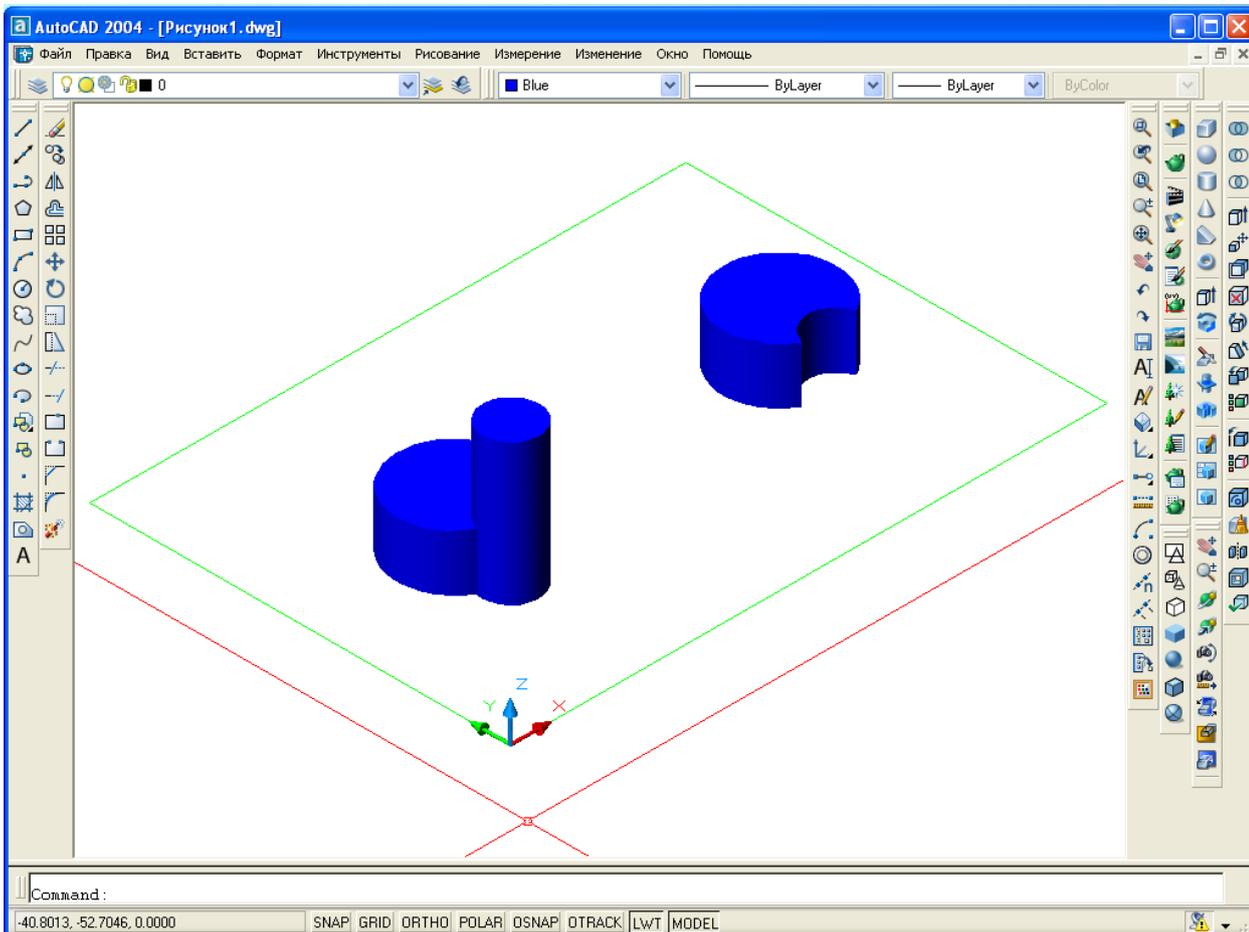


Рис. 6.4

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели.

Этап второй. Постройте параллелепипед, шар и цилиндр – см. подраздел 6.1.

Этап третий. Сдвигая параллелепипед, шар и цилиндр друг к другу или вдвигая их друг в друга, постройте некоторую композицию. Для этого: во второй линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Перемещение" – запись в команд-

ной строке требует указать перемещаемый объект. Укажите курсором, например, на шар и нажмите последовательно левой и правой клавишами мыши – запись в командной строке требует указать базовую точку, за которую вы намереваетесь перемещать шар. Укажите курсором точку, которая вам понравится (на шаре или около шара) и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать место установки базовой точки. Укажите курсором некоторую точку внутри, например, параллелепипеда и нажмите левую клавишу мыши – шар соответствующей частью вошел в параллелепипед (или параллелепипед вошел в шар). Прделайте то же самое с цилиндром, введя его целиком или частично, например, в параллелепипед. Требуемая композиция построена.

Этап четвёртый. Построенную композицию превратите в единый цельный объект. Для этого: в пятой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Союз" – запись в командной строке требует указать все объединяемые объекты. Последовательно укажите курсором каждый объединяемый объект, каждый раз нажимая левую клавишу мыши, после чего нажмите правую клавишу мыши – требуемый цельный объект из "намертво" объединённых параллелепипеда, шара и цилиндра построен.

Этап пятый. Измените черный цвет построенного объекта на синий.

Этап шестой. Используя названные виды, просмотрите построенный объект с различных сторон.

6.5. Способ вычитания

Суть способа заключается в следующем: если первый объект пересекает второй объект и у них имеется общая часть (объём), то удаляют второй объект вместе с той частью (объёмом), которая была общей и для первого, и для второго объектов, при этом первый объект остаётся.

Для практического освоения способа выполните упражнение.

Упражнение.

Задание. Постройте модели взаимно пересекающихся параллелепипеда, шара и цилиндра. Размеры фигур и их взаимное расположение выберите произвольно. Вычтите из параллелепипеда шар и цилиндр и получите модель заданного объекта. Измените её цвет с чёрного на синий. На рис. 6.4 (фигура справа) показан один из вариантов такой модели.

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели.

Этап второй. В графической зоне постройте параллелепипед и пересекающие его шар и цилиндр.

Этап третий. Вычтите из параллелепипеда шар и цилиндр. Для этого: в шестой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Вычитание" – запись в командной строке требует указать объект, из которого предстоит вычесть другие объекты. Укажите курсором на любую линию параллелепипеда и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – запись в командной строке требует указать вычитаемый объект. Укажите курсором любую линию шара и нажмите левую клавишу мыши. Укажите курсором любую линию цилиндра и последовательно нажмите левую и правую клавиши мыши – модель построена.

Этап четвёртый. Измените чёрный цвет модели на синий.

Этап пятый. Используя названные виды, просмотрите модель с разных сторон.

6.6. Способ пересечения

Суть способа заключается в следующем: если первый объект пересекается со вторым объектом и у них имеется общая часть (объём), то оставляют только их общую часть (объём), а всё остальное удаляют.

Для практического освоения способа выполните упражнение.

Упражнение.

Задание. Постройте два взаимно пересекающихся цилиндра с различными радиусами и высотами. Размеры фигур и их взаимное расположение выберите произвольно. Оставьте их общую часть (объём), а всё остальное удалите – получите модель детали. На рис. 6.5 показана модель детали (справа), и исходная композиция цилиндров до вычитания необщих частей (слева).

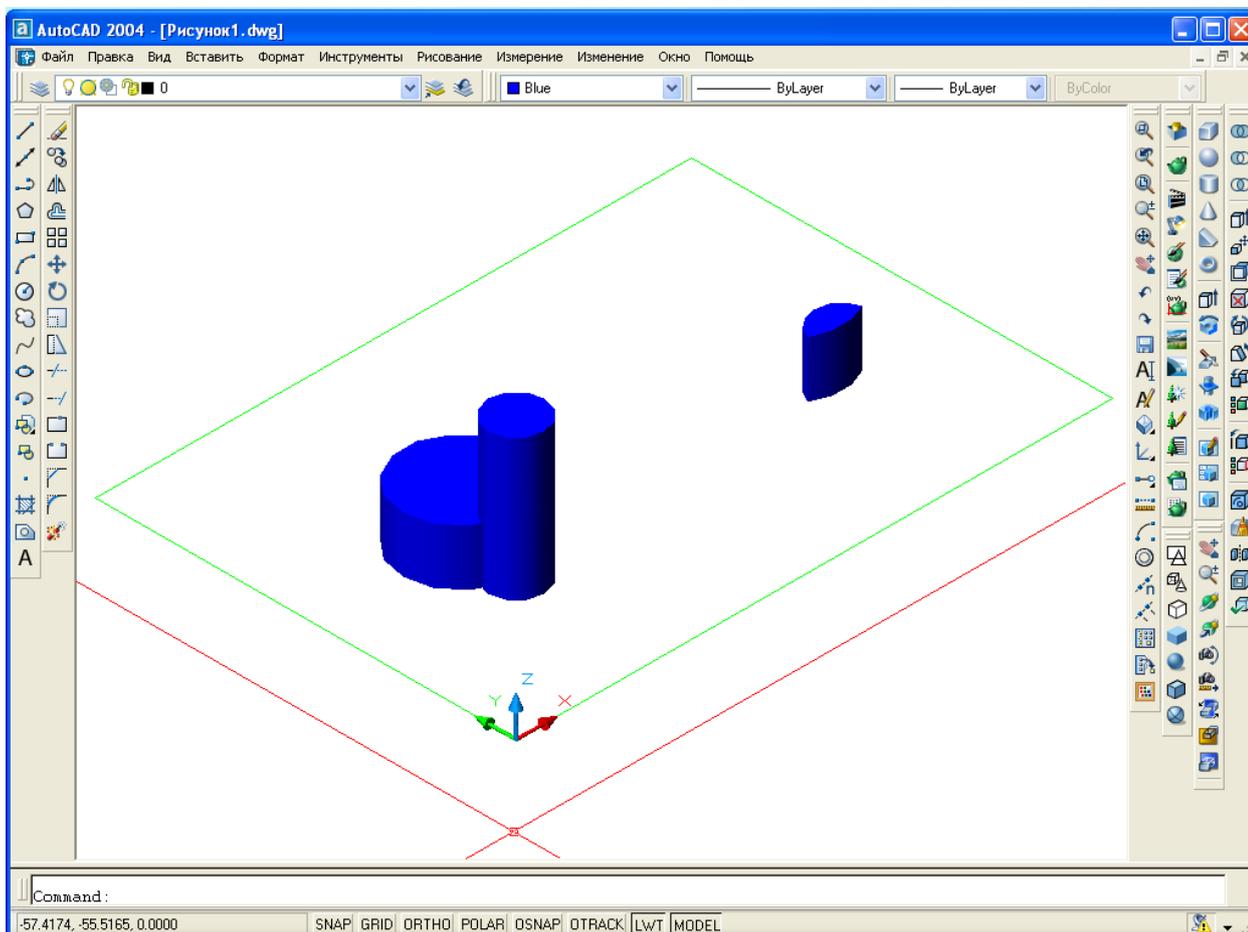


Рис. 6.5

Выполните упражнение поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели.

Этап второй. Постройте два взаимно пересекающихся цилиндра с различными радиусами и высотами. Размеры и взаимное расположение этих цилиндров выберите по своему усмотрению.

Этап третий. Оставьте их общую часть (объём), а всё остальное удалите – получите модель заданной детали. Для этого: в шестой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Пересечение" – запись в командной строке требует указать пересекающиеся объекты. Укажите курсором последовательно первый и второй цилиндры, каждый раз нажимая левую клавишу мыши. Нажмите правую клавишу мыши – требуемая модель детали построена.

Этап четвёртый. Замените чёрный цвет модели детали на синий.

Этап пятый. Используя названные виды, просмотрите модель с различных сторон.

Итак, вы рассмотрели шесть способов построения моделей. Применяв один из них, несколько или все сразу, можно построить модель любой сложности. Построенную модель можно модифицировать, например, скруглить углы или сделать фаску у пересекающихся граней, сделать вырез, удалив четвертую или иную часть детали и т. п. Рассмотрим некоторые приёмы модификации моделей.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). В чём суть способа использования типовой модели?
- 2). Какие типовые модели имеются в AutoCAD?
- 3). Как задать цвет модели?
- 4). В чём суть способа вытеснения?
- 5). В чём суть способа вращения?
- 6). В чём суть способа вычитания?

7. Модификация моделей

Модификации моделей рассмотрим на нескольких конкретных примерах.

7.1. Скругление углов пересекающихся граней

Дано: серый параллелепипед с размерами 60 x 100 x 40, при этом его нижняя грань совпадает с координатной плоскостью XY МСК, а все верхние - находятся в зоне положительных значения координат по оси Z.

Требуется: скруглить все верхние и боковые углы радиусом 10.

Модификация: во второй линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Сопряжение" – запись в командной строке требует указать первый объект или один из трёх вариантов установки новых режимов. Укажите вариант установки режима задания радиуса скругления, для чего в командной строке запишите r (radius – радиус) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать желаемый радиус скругления или согласиться с предлагаемым по умолчанию. Запишите в командной строке **10** и нажмите клавишу "Enter" – командная строка очистилась, желаемый радиус программно установлен.

Установите юго-западную изометрию параллелепипеда – это необходимо для того, чтобы иметь возможность видеть каждое ребро параллелепипеда. Сейчас это потребуется. Установите режим не раскрашивания.

Снова во второй линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Сопряжение" – запись в командной строке требует указать первый объект – первое скругляемое ребро. Укажите первое скругляемое ребро и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать радиус скругления и предлагает 10 - его значение по умолчанию. Поскольку этот радиус выше нами и установлен,

согласитесь с предложенным радиусом по умолчанию и нажмите правую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать второе ребро. Последовательно укажите восемь рёбер, каждый раз нажимая левую клавишу мыши. В конце нажмите клавишу "Enter" – необходимые скругления выполнены. На рис. 7.1 слева показан параллелепипед до модификации, а справа – после.

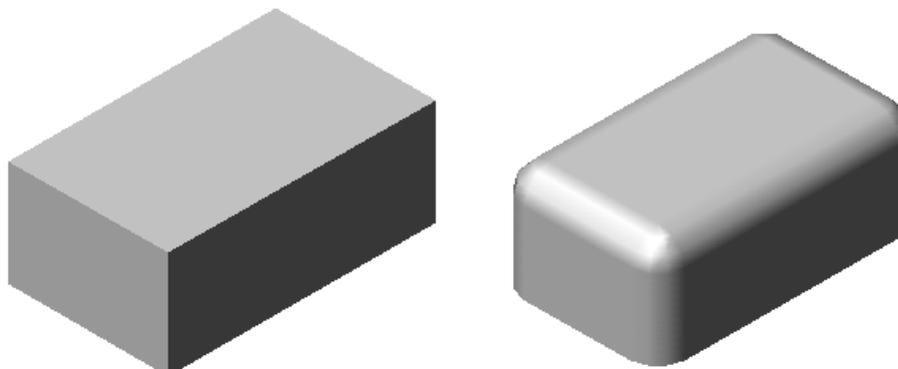


Рис. 7.1

7.2. Выполнение фасок на углах граней

Дано: серый параллелепипед с размерами 60 x 100 x 40, при этом его нижняя грань совпадает с координатной плоскостью XY МСК, а все верхние - находятся в зоне положительных значения координат по оси Z.

Требуется: в зонах всех рёбер (кроме нижних) выполнить фаски (отступ от ребра 5).

Модификация: во второй линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму "Скругление" – запись в командной строке требует указать первый объект – первое ребро. Укажите первое ребро и нажмите левую клавишу мыши – одна из граней очерчена штриховыми линиями, запись в командной строке требует подтвердить выбор этой грани. Нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать размер отступа от указанного ребра на инициированной грани. Запишите в командной строке **5** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать размер отступа от этого же ребра, но на прилегающей грани (не очерченной штриховыми линиями). Запишите в командной строке **5** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует ещё раз указать ребро, вдоль которого необходимо выполнить фаску. Укажите это ребро и нажмите левую клавишу мыши – ребро стало штриховым. Нажмите клавишу "Enter" - фаска на месте данного ребра выполнена. Аналогично выполните и оставшиеся семь фасок. На рис. 7.2 слева показан вариант параллелепипеда до модификации, справа – после.

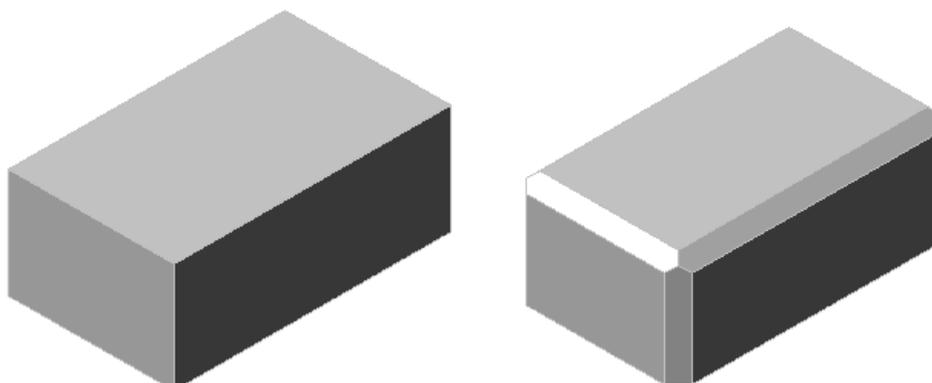


Рис. 7.2

7.3. Вырез части модели

Дано: серый конус произвольных размеров.

Требуется: вырезать четверть конуса.

Модификация: постройте серый параллелепипед таким образом, чтобы он перекрывал четвертую часть конуса, а потом вычтите параллелепипед из конуса – конус останется без своей четвертой части, что и требуется. Воспользуйтесь пиктограммой  "Блок" и постройте требуемый параллелепипед (как его строить – см. шестой раздел). Воспользуйтесь пиктограммой  "Вычитание" и вычтите параллелепипед из конуса (как вычесть – см. тот же шестой раздел). На рис. 7.3 слева показана юго-западная изометрия варианта конуса без выреза, справа – с вырезом одной четверти.

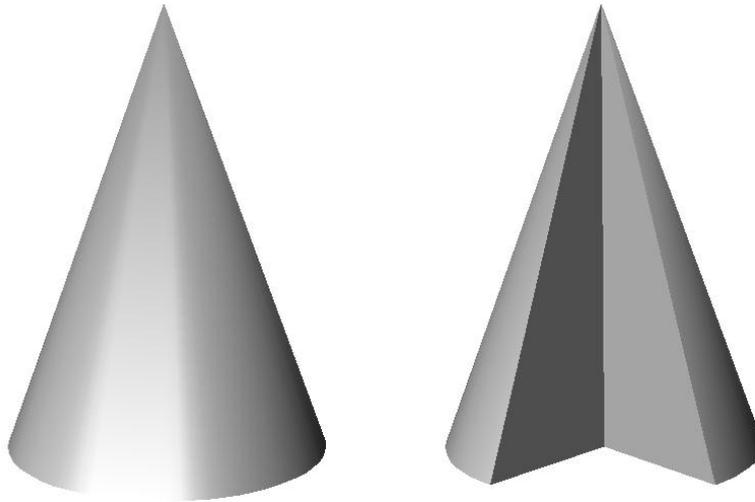


Рис. 7.3

7.4. Рассечение модели на две независимые части

Дано: серый тор произвольного размера.

Требуется: рассечь тор пополам плоскостью, проходящей через ось вращения образующей тора.

Модификация: в пятой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  "Срез" – запись в командной строке требует указать объект. Укажите курсором любую линию тора и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – запись в командной строке требует указать первую точку секущей плоскости. Укажите первую точку секущей плоскости (она должна пройти через ось вращения образующей тора) и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку секущей плоскости. Укажите вторую точку секущей плоскости и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать третью точку секущей плоскости. В командной строке запишите координаты точки, которая должна принадлежать секущей плоскости (в принципе, таких точек много) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать объект, который необходимо оставить (а другой удалить) или перейти в режим только рассечения объекта на две независимые части. Перейдите в режим рассечения объекта, для чего: в командной строке запишите **b** (keep Both sides – сохранить обе части) и нажмите клавишу "Enter" – тор рассечён на две независимые половинки. На рис. 7.4 показана юго-западная изометрия тора до модификации (слева)

и после модификации (справа, половинки тора для большей наглядности раздвинуты).

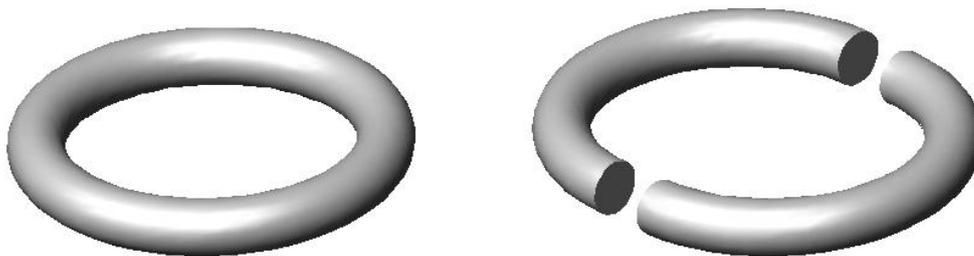


Рис. 7.4

Итак, вы познакомились с некоторыми приёмами модификации моделей. В AutoCAD имеются и другие приёмы, например, сдвинуть грань параллелепипеда в ту или иную сторону, повернуть эту грань на тот или иной угол, изменить цвет одного ребра и т. п. С целью сокращения объёма данного учебного пособия, эти приёмы не рассматриваются. При желании, обучающийся сможет освоить их самостоятельно (пиктограммы находятся в шестой линейке пиктограмм).

До сих пор вы пользовались названными видами. В принципе, для учебной практики этих видов вполне достаточно, но для некоторых моделей желательно использовать другие виды, при которых их конструкции раскрываются более полно и наглядно. В следующем разделе рассмотрим способы получения неназванных видов. Если вас это не интересует – пропустите следующий раздел без всякого ущерба для понимания последующих.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). Как скруглить угол в зоне ребра параллелепипеда?
- 2). Как задать радиус скругления?
- 3). Как выполнить фаску в зоне ребра параллелепипеда?
- 4). Как задать величину фаски?
- 5). Как вырезать часть модели?
- 6). Как рассечь модель на две независимые части?

8. Неназванные виды

Неназванный вид можно установить тремя способами. Установите режим новой модели и постройте любую типовую модель.

Установка неназванного вида с помощью пиктограммы  "3D орбита". В пятой линейке пиктограмм щёлкните указанную пиктограмму – в графической зоне появилась чёрная сетка и зелёная композиция, содержащая большую окружность и на ней четыре малых окружности, расположенных в точках квадрантов большой окружности. Укажите курсором, например, верхнюю малую окружность, нажмите левую клавишу и, не отпуская её, плавно перемещайте курсор вниз – модель наклоняется вершиной на вас. Отпустите левую клавишу мыши – неназванный вид получен. Нажмите клавишу "Enter".

Укажите курсором левую малую окружность, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская её, плавно перемещайте курсор вправо – модель наклоняется вер-

шиной вправо. Отпустите левую клавишу мыши – неназванный вид построен. Нажмите клавишу "Esc".

Укажите курсором любое место вне большого круга, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская её, плавно перемещайте курсор по часовой стрелке (или против) относительно центра большой окружности – модель поворачивается относительно этого же центра. Отпустите левую клавишу мыши – модель повернута, неназванный вид построен. Нажмите клавишу "Esc".

Аналогично описанному выше, захватывая курсором разные малые окружности и передвигая их в разных направлениях, получите несколько неназванных видов модели.

Установка неназванного вида с помощью пиктограммы  "3D непрерывная орбита". В третьей линейке пиктограмм щёлкните указанную пиктограмму – курсор видоизменился и появилась чёрная сетка. Укажите курсором любое место в графической зоне, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская её, сделайте плавное движение курсором в ту или другую сторону и отпустите левую клавишу мыши – модель пришла в движение. Понаблюдайте за динамическим изменением неназванных видов. Нажмите левую клавишу мыши – модель остановилась. Снова установите курсор в любое место графической зоны, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская её, сделайте движение курсором в желаемом направлении – модель начала двигаться или вращаться в указанном направлении. Когда вид модели покажется интересным, нажмите левую клавишу мыши – модель зафиксировалась. В конце нажмите клавишу "Enter" – неназванный вид получен.

Итак, теперь вы можете устанавливать как названные, так и неназванные виды. Какие из них покажутся вам наиболее удобными для работы – решайте сами. Но одно можно сказать точно: видом сверху придётся пользоваться наиболее часто, так как именно от него удобно переходить к любому другому виду.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). Сколько неназванных видов имеется в AutoCAD?
- 2). Как задать неназванный вид с помощью пиктограммы "3D орбита"? Как выглядит эта пиктограмма?
- 3). Можно ли с помощью пиктограммы "3D орбита" выполнить неназванный вид, который был бы одинаков с одним из названных видов?
- 4). Когда целесообразно применять неназванные виды?

9. Материал, освещение, тени, распечатка на принтере

Создаваемой модели можно придать любой цвет, что можно увидеть на предыдущих рисунках. Для придания модели более естественного вида, что требуется при создании распечатки на принтере, можно присвоить ей тот или иной материал, например, "под золото", осветить с заданной стороны параллельным пучком света и получить тени на подставке, предварительно установленной под модель. Всё это (и не только!) позволяет сделать AutoCAD. Рассмотрим кратко последовательность действий при установке материала, освещения и получения теней.

9.1. Установка материала модели

В четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Библиотека материалов" – появилась панель с аналогичным названием. Из имеющегося списка

материалов выберите желаемый, указав на него курсором и нажав левую клавишу мыши – название материала выделено синей полосой. Нажмите последовательно кнопки "Import" (импорт) и "OK" – панель исчезла, название материала занесено в другую панель, которую предстоит визуализировать.

В четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Материалы" – появилась панель с аналогичным названием, где имеется название избранного только что материала. Нажмите кнопку "Attach" (прикрепить) – панель исчезла и запись в командной строке требует указать объект, которому следует присвоить избранный материал. Укажите курсором избранный объект и щёлкните левой клавишей мыши – снова появилась предыдущая панель. Нажмите кнопку "OK" – панель исчезла, материал установлен, но это можно увидеть только осуществив рендеринг – выполнив модель из данного материала (rendering – интерпретация, обмазка, штукатурка).

Осуществите рендеринг, для чего в четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Рендеринг" – появилась панель с аналогичным названием. В окне "Rendering Type" (типы рендеринга) установите "Photo Real" (реалистическое фото). В окне "Destination" (предназначение) установите "Viewport" (контрольное окно). В группе под названием "Rendering Options" (варианты рендеринга) во всех оконцах поставьте флажки. Остальные установки оставьте без изменения (если нет уверенности в целесообразности их изменения). Нажмите кнопку "Render" – модель выполнена из установленного материала.

В AutoCAD имеются широкие возможности видоизменения материалов (менять насыщенность цвета, прозрачность, шероховатость и т. п.), однако их рассмотрение выходит за рамки данного учебного пособия. При желании, рассмотрите их самостоятельно.

9.2. Установка освещения модели и режима теней

В AutoCAD имеются широкие возможности освещения модели с различных направлений тремя источниками света: точечным источником – условной лампочкой, потоком параллельных между собой лучей – условно солнечным светом и направленным световым пучком – условным прожектором. Учитывая ограниченные рамки учебного пособия, рассмотрим только один из них – солнечный свет.

В четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Освещение" – появилась панель с аналогичным названием. В окне (рядом с кнопкой "New") установите режим "Distant Light" (удалённый свет) и нажмите кнопку "New" (новый) – появилась панель "New Distant Light" (новый удалённый свет). В окне "Light Name" (имя света) запишите имя своего источника света, например "Солнце". В окне "Azimuth" (азимут) установите – 135 (минус 135), а в окне "Altitude" (высота над уровнем моря) цифру 45. В оконце "Shadow On" (включить тени) поставьте флажок, если хотите установить режим теней, или уберите его, если режим теней отключаете. Нажмите кнопку "Shadow Options" (варианты теней) – появилась панель с аналогичным названием. В оконце "Shadow Volumes/Ray Traced Shadows" (уровни тени/проведённая трассировка теней) поставьте флажок и нажмите кнопку "OK" – появилась прежняя панель. Нажмите кнопку "OK" – появилась другая панель. Ещё раз нажмите кнопку "OK" – панель исчезла, свет "Солнце" установлен, режим теней включён (или отключён), однако на модели это не видно. Чтобы установленные свет и режим теней визуализировать, надо применить рендеринг. Как это делать – см. предыдущий подраздел.

При необходимости можно скорректировать сделанные выше установки света и режима теней, для чего снова щёлкните пиктограмму  "Освещение" – снова появится уже знакомая панель "Lights" (освещения). Нажмите кнопку "Modify" (видоизменить) – появилась панель "Modify Distant Light" (видоизменить удалённый свет). Сделайте желаемые переустановки и нажмите кнопку "ОК" – появилась другая панель. Снова нажмите кнопку "ОК" – корректировка закончена. Снова выполните рендеринг и убедитесь в наличии ожидаемых изменений освещения и теней.

При установке направления освещения первое время вы встретитесь с некоторыми трудностями выбора необходимых углов азимута и высоты над уровнем моря. Здесь вам может помочь тест-куб рис. 4.5. Вернитесь к этому рисунку. Если вы установите угол азимута 180, а угол высот 0, то свет будет направлен по стрелке "Г", при этом освещённой будет только грань "Г", а все остальные будут неосвещёнными – тёмными. Если произвести корректировку и установить угол азимута -90 (минус 90), а угол высоты оставить прежним, т. е. равным 0, то свет будет направлен по стрелке "Л", при этом освещённой будет только грань "Л", а все другие будут тёмными. Если произвести корректировку и установить угол азимута 0, а угол высоты оставить прежним, т. е. равным 0, то при этом освещённой будет только грань "З", а все остальные будут тёмными.

Теперь поэкспериментируйте с углом высоты. Если вы установите угол азимута 180, а угол высоты 90, то свет будет направлен сверху на грань "В", при этом все другие грани будут тёмными. Если вы оставите тем же угол азимута, а угол высоты установите равным -90 (минус 90), то освещённой будет нижняя грань "Н", а все другие будут тёмными.

Если установить угол азимута 135, а высоты 45, то освещёнными окажутся грани "Г", "Л" и "В", а все другие окажутся тёмными, при этом тень от тест-куба будет падать на подставку (если она предварительно установлена) под углом 45 градусов.

Как видно, вариантов освещения модели может быть очень много, а если иметь в виду, что можно использовать ещё точечный источник света и прожектор, то AutoCAD предоставляет вам практически неограниченное количество вариантов освещения моделей и теней от них.

9.3. Подготовка модели для печати на принтере

Изображение созданной модели, при необходимости, можно напечатать на принтере (или плоттере) и получить цветную распечатку. Если воспользоваться, например, струйным принтером EPSON R200 и фотобумагой для струйных принтеров, то полученная распечатка будет иметь такое же высокое качество, как и цветная фотография.

Модель создаётся и записывается в файл типа "*. dwg", где информация о модели представлена на основе векторов. Такой файл напечатать на принтере, как правило, не удаётся. Если конвертировать файл типа "*.dwg" в файл типа, например, "*.bmp", то его можно будет напечатать на любом принтере. AutoCAD предоставляет такую возможность.

Визуализируйте на экране созданную модель и установите желаемые вид, освещение и тени. Осуществите рендеринг, для чего в четвёртой панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Рендеринг" – появилась панель с аналогичным названием. В окне "Rendering Type" (типы рендеринга) установите "Photo Real" (реалистическое фото). В окне "Destination" (предназначение) установите "Render Window" (рендер-окно). В группе под названием "Rendering Options" (варианты рендеринга) во всех оконцах поставьте флажки. Остальные установки

оставьте без изменения (если нет уверенности в целесообразности их изменения). Нажмите кнопку "Render" – модель визуализирована на панели "Render Window" (рендер-окно), у которого сверху имеется информация о названии файла, его типе, разрешении в пикселях по вертикали и горизонтали, о количестве бит на один пиксель при изображении цвета. На этой панели щёлкните пиктограмму

 "Варианты рендер-окна" – появилась панель с аналогичным названием. В окне "User" (пользователь) установите ключ (точку). В окне "Horiz" (горизонтальный) установите значение 4096, а в окне "Vert" (вертикальный) значение 3072. В окне "Color Depth" (насыщенность цвета) установите ключ. В окне "Fit" (подгонка) установите флажок и нажмите кнопку "ОК" – панель исчезла, на экране изображение модели. Вновь осуществите рендеринг, который будет выполнен уже с новыми параметрами настройки. Запомните данный файл с расширением "*.bmp", записав его в соответствующую папку. Используйте полученный файл для распечатки модели на том или ином принтере. Этот файл с указанными выше параметрами при использовании качественного принтера и фотобумаги может обеспечить распечатку очень высокого качества, содержащую 12 мегапикселей, что соответствует качеству фотографий лучших цифровых фотоаппаратов.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). Как задать необходимый материал модели?
- 2). Какие виды источников освещения имеются в AutoCAD?
- 3). Как меняется направление освещения модели источником света с параллельными лучами (солнечный свет) при различных углах азимута и высоты над уровнем моря?
- 4). Как задать и включить режим теней?
- 5). Как создать высококачественную распечатку (фотографию) созданной модели?

10. Общие правила создания моделей в AutoCAD

Одну и ту же модель можно создать различными способами. Описать все способы принципиально невозможно. Однако есть некоторые общие правила, которым следует придерживаться при моделировании в AutoCAD любой модели любого изделия – детали, сборочной единицы, комплекса или комплекта. Некоторые из этих правил рассмотрены ниже.

Правило первое. Лимиты рисования (формат графической зоны с сеткой) выбирайте, исходя из габаритов моделируемого изделия, при этом длина и ширина формата должны быть на 10...50% больше длины и ширины изделия.

Пояснение. В AutoCAD принято работать с реальными размерами изделия. Единицы измерения длины оператор выбирает сам. Это могут быть миллиметры, сантиметры, километры и т. п. Построение модели ведётся как бы в реальной действительности с реальными размерами. Построив модель, при выполнении чертежа оператор может применить необходимый масштаб.

Правило второе. При моделировании сборочной единицы каждую деталь моделируйте на отдельном слое, за исключением тех случаев, когда это явно нецелесообразно, например, когда детали одинаковые или их очень мало.

Пояснение. При моделировании одной детали у оператора обычно проблем нет – линии хорошо видны, их легко стирать, обрезать, удлинять и т. п. Когда же деталей много, то указанные операции выполнять очень трудно. Оператор работает с одной деталью, а в это же время другие детали загораживают или вовсе закрывают необходимую для работы деталь. Если же каждая деталь будет выполнена на своём отдельном слое, то работать можно только с ней, не выводя на экран другие детали. Это очень удобно. По умолчанию моделирование ведётся на нулевом слое (Layer 0). Чтобы установить новый слой на горизонтальной панели инструментов щёлкните пиктограмму  "Менеджер свойств слоя" – появилась панель с таким же названием. Нажмите кнопку "Новый" – появилась синяя полоса и вам предлагается новый слой с названием "Layer 1". Можно согласиться с таким названием, но лучше назвать слой так же, как называется моделируемая на этом слое деталь. Запишите новое название и нажмите кнопку "Текущий" – установлен новый слой. Аналогично задавайте последующие слои. Отключить слой при необходимости можно, указав курсором около его названия знак в виде жёлтой лампочки и щёлкнув левой клавишей мыши – лампочка "погаснет" (изменит цвет на синий). Вводить и отключать любые слои можно многократно без ограничений.

Правило третье. Вертикальные и горизонтальные линии проводите при включённом режиме орто.

Пояснение. Чтобы модель получилась точной, горизонтальные и вертикальные линии должны быть идеально точными. При выключенном режиме орто и выключенном шаге возможны ошибки, которые не всегда можно заметить вовремя. А когда это становится заметным и модель получается кособокой, исправлять приходится иногда либо очень долго, либо начинать модель с самого начала.

Правило четвёртое. Создавая замкнутый контур той или иной фигуры, пользуйтесь привязкой.

Пояснение. Строя, например, сложную фигуру с помощью полилинии, приходится прерывать построение, а потом снова продолжать, привязывая начало новой линии к концу старой – построенной ранее. На глаз сделать эту привязку точно удаётся сделать не всегда. Если же в замкнутом контуре окажется "щель" (линии не соединены), то этот контур превратить в плоскую фигуру или заштриховать не удастся. Привязку осуществите так: сначала щёлкните пиктограмму "Полилиния" или "Линия", затем щёлкните пиктограмму, например, "Привязка к конечной точке" (находится на третьей панели инструментов) и подведите курсор к тому или иному концу ранее вычерченной линии – появляется жёлтый квадратик (маркер) и курсор, как магнитом, притягивается к указанному концу линии. Нажмите левую клавишу мыши – точное соединение осуществлено.

Правило пятое. Перемещать объекты следует при включенном шаге и ортографическом виде.

Пояснение. Если переместите объект на юго-западной или иной изометрии или вообще на любом неназванном аксонометрическом виде, то результат перемещение, к вашему удивлению, не будет соответствовать вашим ожиданиям. Это связано с тем, что, наблюдая аксонометрические проекции, оператор видит ненатуральные размеры и конфигурации изображенных объектов. Расстояния между объектами, измеренные на аксонометрическом виде, как правило, не соответствуют истинным расстояниям между ними.

Правило шестое. При создании модели сборочной единицы между деталями оставляйте необходимые зазоры.

Пояснение. Модель должна соответствовать реальному изделию, в котором всегда имеются те или иные зазоры. Более того, зазоры делают модель более чёткой, подчёркивая конфигурацию каждой детали.

Правило седьмое. При построении модели сборочной единицы для каждой детали используйте различные цвета, а по завершении модели – придайте деталям необходимые (естественные) цвета.

Пояснение. Если в сборочной единице много деталей, и если все они выполнены из однородного материала, например, из стали, то в однородной серой массе деталей бывает очень трудно ориентироваться. Если же временно придать всем деталям разные цвета, то работа с ними существенно облегчается. После завершения модели сборочной единицы деталям можно придать естественный цвет, в том числе для всех – серый.

Правило восьмое. Работайте всегда с включёнными шагом, сеткой и режимом орто, отключайте их только при крайней необходимости.

Пояснение. AutoCAD очень точная программа. Она позволяет строить и визуализировать во всю ширину графической зоны отрезки прямых длиной 1×10^{-8} мм (при установке размерности "миллиметры"). Более того, в графической зоне визуализируется отрезок прямой длиной ещё на три порядка меньше отрезка, указанного выше (правда, визуализируется не во всю ширину графической зоны). Строить на глаз точные отрезки линий невозможно. При использовании шага, сетки и режима орто можно устанавливать очень точные размеры линий и фигур, а высокая точность – гарантия высокого качества создаваемой модели.

Вопросы для самоконтроля:

- 1). *Зачем размеры формата должны определяться габаритными размерами моделируемого изделия?*
- 2). *Что такое "слой" и для чего он нужен?*
- 3). *Что такое "привязка" и зачем она нужна?*
- 4). *Зачем необходимо замыкать контур фигуры?*
- 5). *Что даёт включение шага, сетки и режима орто?*
- 6). *Можно ли визуализировать во всю ширину графической зоны AutoCAD прямую линию длиной в одну тысячную долю микрометра, если установлена размерность "миллиметры"?*

11. Пример выполнения задания

Задание

Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель резистора, не раскрывая его внутреннего содержания. Конструкцию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – длина корпуса 10 мм (допустимое отклонение

$\pm 20\%$). На рис. 9.1 показан резистор (увеличен). Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Резистор".

Резистор включает: корпус (красный цвет) и два вывода (серый цвет).

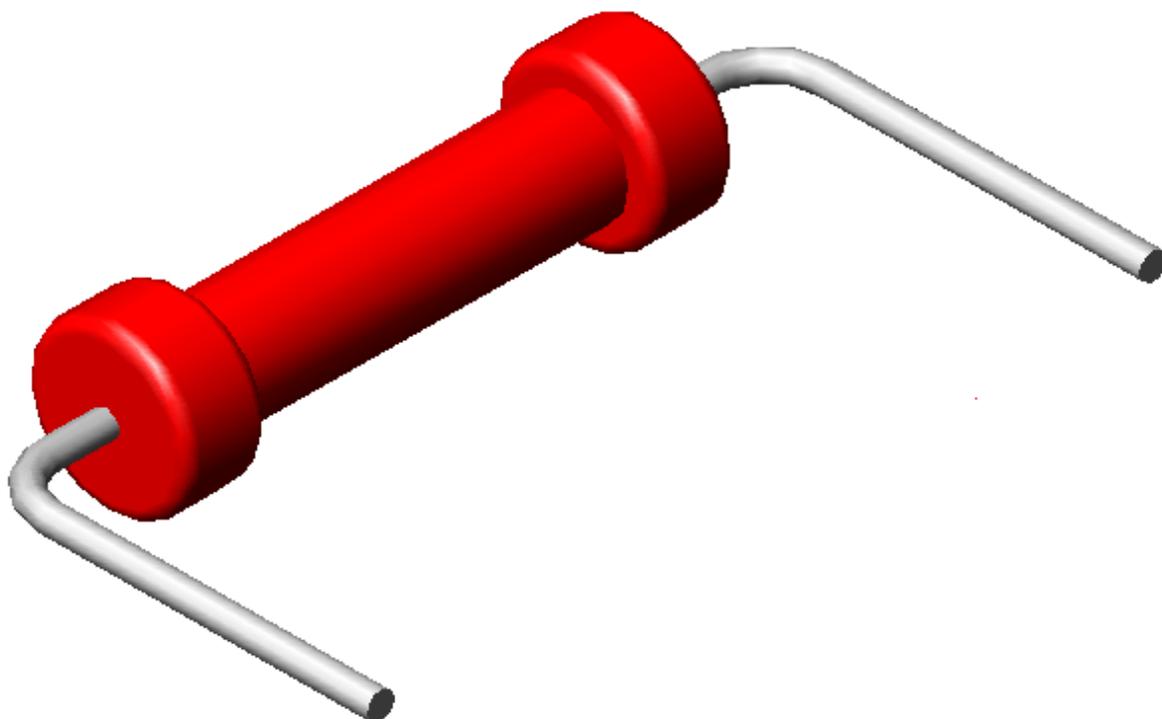


Рис. 9.1

Построение модели выполните поэтапно.

Этап первый. Установите режим новой модели. Как это делать – см. второй раздел.

Этап второй. Переустановите формат графической зоны, т. к. установленный в первом этапе формат 300 на 420 для построения данной модели велик. Установите формат графической зоны, например, 20 на 15, для этого: в строке меню дайте команду **Формат** – появилось падающее меню. Дайте команду **Ограничения** – запись в командной строке требует указать координаты левого нижнего угла формата и по умолчанию предлагает координаты "0,0,0". Соглашайтесь с координатами по умолчанию и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать координаты правого верхнего угла формата. Запишите в командной строке **20,15** и нажмите клавишу "Enter" – формат 20 на 15 установлен.

Этап третий. Переустановите размеры шага и сетки, т. к. размер шага 4 и сетки 4 для нового формата велики. Установите размер шага 0.25, а размер сетки 1, для этого: в строке состояния укажите курсором кнопку "Шаг" (или "Сетка") и нажмите правую клавишу мыши – появилось падающее меню. Дайте команду **Параметры** – появилась панель "Чертёжные настройки" с инициализированной (как правило) подпанелью "Привязка и сетка". В зоне "Привязка" в окнах "К плоскости X" и "К плоскости Y" запишите число **0.25**, а в зоне "Сетка" в окнах "Сетка плоскости X" и "Сетка плоскости Y" запишите число **1**. Нажмите кнопку "ОК" – требуемые размеры шага и сетки установлены.

Этап четвёртый. Для вычерчивания корпуса резистора установите красный цвет. Для этого: в строке меню дайте команду **Формат** – появилось падающее меню. Дайте команду **Цвет** – появилась панель "Выбор цвета". Укажите курсором красный образец и последовательно нажмите левую кнопку мыши и кнопку "OK" – красный цвет установлен.

Этап пятый. Проанализируйте рис. 9.1 и хотя бы приблизительно наметьте план дальнейших действий. Ваши рассуждения могут быть приблизительно такими: целесообразно сначала построить корпус, потом один вывод, а в завершение, используя способ зеркального копирования, построить второй вывод. Видно, что корпус является телом вращения. Целесообразно выполнить его, используя способ вращения. Сначала можно построить замкнутую линию необходимой конфигурации, преобразовать её в плоскую фигуру, а затем использовать эту плоскую фигуру в качестве образующей для получения тела вращения – корпуса резистора. Вывод можно построить, например, из трёх частей или использовать "способ выдавливания". Рассмотрим построение вывода из трёх частей, а применить "способ выдавливания" обучающийся может попробовать самостоятельно. Итак, вывод строим из трёх частей. Первая часть – это короткий цилиндр, который непосредственно подсоединён к корпусу. Вторая часть – это четверть тора. Третья часть – это длинный цилиндр. Цилиндры целесообразно построить, используя способ вращения. Для этого надо построить плоские прямоугольники необходимых размеров, и использовать их в качестве образующих при создании тел вращения – цилиндров. Четверть тора можно построить с помощью пиктограммы  ("Тор"). Построить сначала полный тор, а потом удалить три четверти тора, как ненужные. В заключение можно использовать пиктограмму  ("Объединение") и объединить все разрозненные части резистора в единое целое – в цельную модель резистора. В последующих этапах намеченный план будет реализован конкретно.

Этап шестой. Постройте плоскую фигуру, которая будет в дальнейшем выполнять роль образующей при построении корпуса способом вращения. Для этого: в первой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Полилиния") – запись в командной строке требует указать первую точку вычерчиваемой линии. При включённых режимах шага, сетки и орто укажите первую точку требуемой линии и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку вычерчиваемой линии. Укажите вторую, третью и т. д. точки вычерчиваемой линии, каждый раз нажимая левую клавишу мыши. Замкнув вычерчиваемую ломаную линию, нажмите клавишу 'Esc' – замкнутая ломаная линия вычерчена. Скруглите четыре угла радиусом 0.25, для этого: во второй линейке пиктограмм

щёлкните пиктограмму  ("Скругление") – запись в командной строке требует указать первую линию или один из трёх режимов, который может быть установлен. Установите режим *r* ("Radius" – радиус, режим установки радиуса) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать желаемый радиус скругления. Запишите в командной строке **0.25** и нажмите клавишу "Enter" – командная строка очистилась, но размер желаемого радиуса скругления программно установлен.

Снова щёлкните пиктограмму  ("Скругление") – запись в командной строке требует указать первую линию или один из трёх режимов, который может быть установлен. Укажите курсором первую линию угла, который надо скруглить, и нажмите левую клавишу – запись в командной строке требует указать вторую линию этого же угла. Укажите вторую линию этого же угла и нажмите левую клавишу мыши – угол скруглён радиусом 0.25. Проведите аналогичные операции с оставшимися тремя углами замкнутой линии. Преобразуйте замкнутую

линию в плоскую фигуру, для этого: в первой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Область") – запись в командной строке требует указать замкнутую линию контура создаваемой области (плоской фигуры). Укажите курсором любую точку замкнутой линии и последовательно нажмите левую и правую клавиши мыши – требуемая плоская фигура (образующая корпуса) построена. Сказанное выше поясняется рис. 9.2 (изображение увеличено).

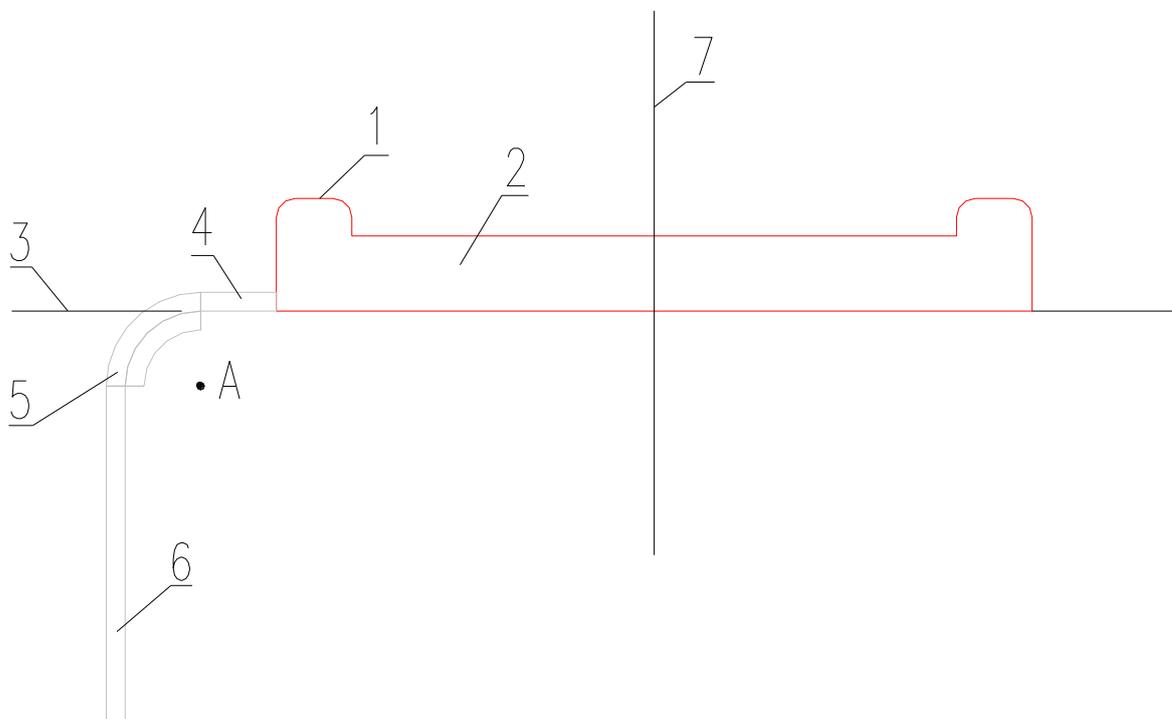


Рис. 9.2

Пояснение к рисунку: 1 – контурная замкнутая линия, 2 – плоская фигура (образующая), 3 – ось вращения, 4 - плоский прямоугольник (образующая), 5 – четверть тора, 6 – плоский прямоугольник (образующая), 7 – ось симметрии, А - центр тора.

Этап седьмой. Используя построенную плоскую фигуру и способ вращения, постройте корпус резистора. Для этого: в четвёртой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Вращать") – запись в командной строке требует указать образующую. Укажите курсором любую точку плоской фигуры (образующей) и последовательно нажмите левую и правую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать первую точку оси вращения. Укажите курсором первую точку оси вращения и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку оси вращения. Укажите вторую точку оси вращения и нажмите левую клавишу мыши – корпус резистора построен.

Этап восьмой. Переустановите цвет с красного на серый, для этого проделайте аналогичные операции, что уже проделали в четвёртом этапе.

Этап девятый. Постройте короткий цилиндр – первую часть вывода резистора. Для этого: в первой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Прямоугольник") – запись в командной строке требует указать первый угол прямоуголь-

ника. Укажите первый угол прямоугольника (см. позицию 4 рис. 9.2) и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать второй угол прямоугольника. Укажите второй угол прямоугольника и нажмите левую клавишу мыши – прямоугольная рамка построена. Преобразуйте вычерченную прямоугольную рамку в плоский прямоугольник. Для этого: в первой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  («Область») – запись в командной строке требует указать замкнутую линию. Укажите курсором линию прямоугольной рамки (в любом месте) и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – требуемый плоский прямоугольник создан.

Используя плоский прямоугольник и способ вращения, постройте короткий цилиндр. Для этого: в четвёртой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Вращать") – запись в командной строке требует указать образующую. Укажите курсором любую линию плоского прямоугольника и последовательно нажмите левую и правую клавиши мыши - запись в командной строке требует указать ось вращения. Укажите первую точку оси вращения (см. позицию 3 рис. 9.2) и нажмите первую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку оси. Укажите вторую точку оси и нажмите левую клавишу мыши – короткий цилиндр построен.

Этап десятый. Постройте четверть тора – вторую часть вывода резистора. Для этого: в четвёртой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Тор") – запись в командной строке требует указать центр тора. Укажите курсором центр тора (см. рис. 9.2, точка "А") и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать радиус осевой (средней) окружности тора. Укажите курсором конечную точку этого радиуса и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать радиус трубы тора. Запишите в командной строке **0.25** (размер установленного ранее шага) и нажмите клавишу "Enter" – тор построен. Удалите три четверти тора, оставив одну треть (см. позицию 5 рис. 9.2). Для этого: в командной строке запишите **elev** ("Elevation" – уровень) и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать новый уровень или согласиться с предлагаемым по умолчанию. Запишите в командной строке **-1** и нажмите клавишу "Enter" – запись в командной строке требует указать новое значение высоты или согласиться с предлагаемой по умолчанию ("0.00"). Согласитесь с предлагаемым по умолчанию и нажмите клавишу "Enter" – установлен новый уровень активной плоскости. Теперь она находится под координатной плоскостью XY МСК на расстоянии одного миллиметра). Далее. В третьей линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Ящик") – запись в командной строке требует указать первый угол ящика. Прежде чем указать первый угол ящика, следует иметь в виду: ящик должен перекрывать только удаляемую половину тора. Теперь (со знанием дела) укажите первый угол ящика и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать второй угол ящика. Зная назначение ящика, укажите точку второго угла ящика и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать высоту ящика. Нижнее основание создаваемого ящика будет стоять на активной плоскости, которая находится под центром тора на расстоянии 1. Чтобы объём ящика перекрывал объём тора, высота ящика должна быть не менее 1.25. Укажите высоту ящика 2 (с запасом, не помещает) и нажмите клавишу "Enter" – ящик построен. Аналогичным образом постройте ещё один ящик, который должен перекрыть удаляемую часть тора. Теперь вычтете оба ящика из тора и оставьте только необходимую треть тора (см. позицию 5 рис. 9.2). Для этого: в пятой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Вычитание") – запись в командной строке требует указать объект, из которого

го требуется вычесть другие объекты. Укажите курсором на любую линию тора и последовательно нажмите левую и правую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вычитаемые объекты. Последовательно укажите курсором первый и второй ящики, каждый раз нажимая левую клавишу мыши, в конце нажмите правую клавишу мыши – осталась необходимая треть тора.

Этап одиннадцатый. Постройте длинный цилиндр. Сделайте это так же, как строили короткий цилиндр в девятом этапе.

Этап двенадцатый. Скопируйте зеркально построенный вывод резистора на противоположный торец корпуса. Для этого: во второй линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Зеркало") – запись в командной строке требует указать копируемый объект. Укажите курсором последовательно линии короткого цилиндра, длинного цилиндра и четвёртой части тора, каждый раз нажимая левую клавишу мыши, нажмите правую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать первую точку оси симметрии. Укажите первую точку оси симметрии (любую, см. позицию 7 рис. 9.2) и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку оси симметрии. Укажите любую вторую точку на оси симметрии и нажмите левую клавишу мыши. Нажмите клавишу "Enter" – второй вывод построен.

Этап тринадцатый. Объедините* самостоятельные разрозненные части модели в цельную единую модель резистора. Для этого: в пятой линейке пиктограмм щёлкните пиктограмму  ("Объединение") – запись в командной строке требует указать объединяемые объекты. Последовательно укажите курсором объединяемые части, каждый раз нажимая левую клавишу мыши, в конце нажмите правую клавишу мыши – модель резистора стала цельной.

Этап четырнадцатый. Построенную модель резистора запишите на жёсткий диск вашего компьютера в файл с названием "Резистор". Для этого: в строке меню дайте команду **Файл** – появилось падающее меню. Дайте команду **Сохранить как** – появилась панель "Save Drawing as" (Сохранить чертёж как). В окне "Имя файла" запишите имя файла "Резистор". В большом окне "Папка" найдите свою папку и откройте её. Если своей папки нет, то создайте такую, для этого: на рас-

крытой панели щёлкните пиктограмму  ("Создание новой папки") – появилась новая папка с пустым окном. Запишите в это окно название своей папки, например, свою фамилию "Иванов" и нажмите клавишу "Enter". Нажмите кнопку "Сохранить" – ваш файл "Резистор" записан на жёсткий диск компьютера в папку "Иванов".

**Примечание: после объединения вернуться назад (например, с целью редактирования той или иной ранее самостоятельной части) не удастся.*

Этап четырнадцатый. Построенную модель резистора запишите на жёсткий диск вашего компьютера в файл с названием "Резистор". Для этого: в строке меню дайте команду **Файл** – появилось падающее меню. Дайте команду **Сохранить как** – появилась панель "Save Drawing as" (Сохранить чертёж как). В окне "Имя файла" запишите имя файла "Резистор". В большом окне "Папка" найдите свою папку и откройте её. Если своей папки нет, то создайте такую, для этого: на рас-

Вопросы для самоконтроля:

- 1). Почему целесообразно работать в режиме новой модели, а не в каком-либо ином режиме AutoCAD?*
- 2). Когда целесообразно работать с включёнными режимами шага, сетки и орто?*
- 3). Можно ли построить всю модель в одном цвете, а в конце изменить цвета на другой?*
- 4). Для чего потребовалось строить тор?*
- 5). Как превратить замкнутую линию в плоскую фигуру, ограниченную этой замкнутой линией?*

6). Для чего потребовалось использовать команду **elev**?

Заключение

Построение трёхмерных твердотельных компьютерных моделей пока ещё не стало явлением простым и обычным. Не многие инженеры, а тем более студенты, могут сказать: я построю любую трёхмерную твёрдотельную модель. Но зато тот, кто освоил их построение, может существенно повысить производительность и комфортность технического творчества, изобретательства и текущей инженерной деятельности.

Моделируя за компьютером, вам не надо ни материалов, ни паяльника, ни дрели, ни токарного станка. На виртуальном уровне компьютер предоставляет всё это в полном объёме. На уровне модели вы создаёте виртуальное изделие, которое можно изобразить на экране монитора или на листе бумаги, которое можно рассмотреть с многочисленных точек зрения, которое можно разрезать или разобрать на части, и которое, в конечном счёте, можно изготовить на соответствующем станке-автомате, переместив его из виртуального мира в мир реальный.

Приближается время, когда многие новые изделия будут проектироваться инженерами и конструкторами сначала в виде трёхмерных твердотельных компьютерных моделей, а потом изготавливаться на станках-автоматах в необходимых количествах. Дело осталось "за немногим": нужны инженеры, умеющие строить такие модели, и нужны станки-автоматы, умеющие изготавливать эти модели. Вторую задачу решают и непременно решат те, кто посвятил себя автоматизации производственных процессов. Первую же задачу решают уже сегодня преподаватели и студенты в вузах. Автор надеется, что данное учебное пособие поможет студентам понять, по крайней мере, что такое **трёхмерная твёрдотельная компьютерная модель**.

Приложение

Задания

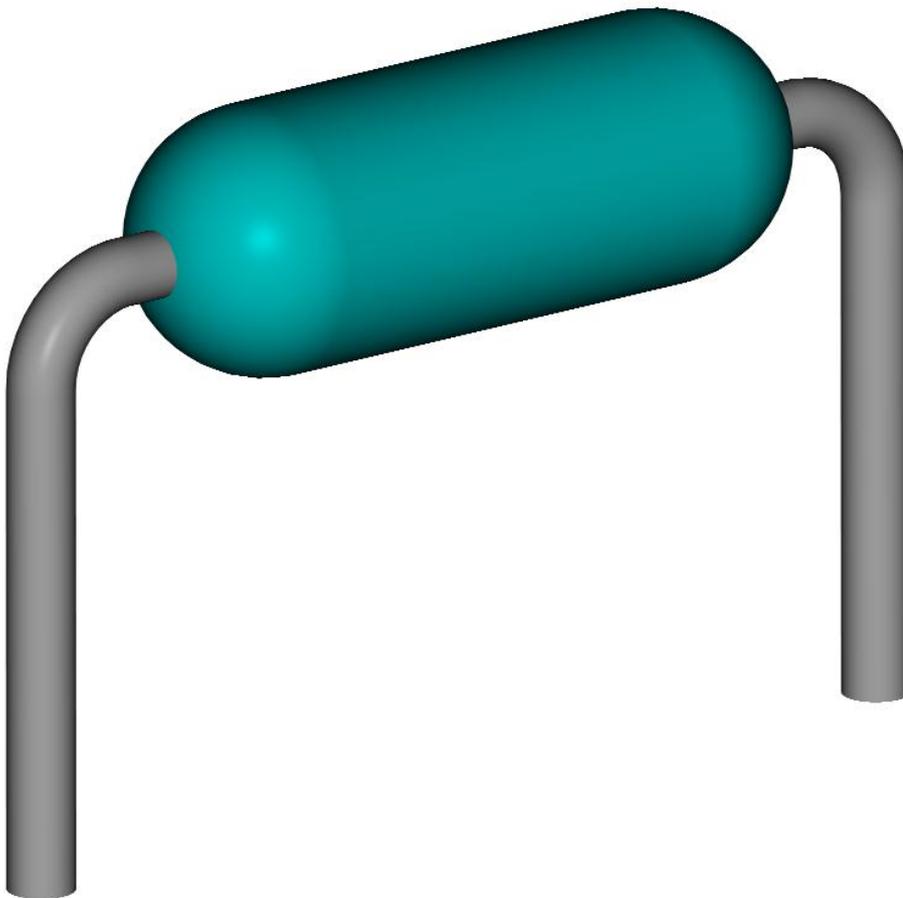
Задание №1

Диод

Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель диода, не раскрывая его внутреннего содержания. Конструкцию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – длина корпуса 8 мм*. На рисунке показан диод (увеличен). Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Диод".

Диод включает: корпус (зелёный цвет) и два вывода (серый цвет).

**Примечание: здесь и везде далее допускается отклонение ориентировочных размеров в пределах $\pm 20\%$.*

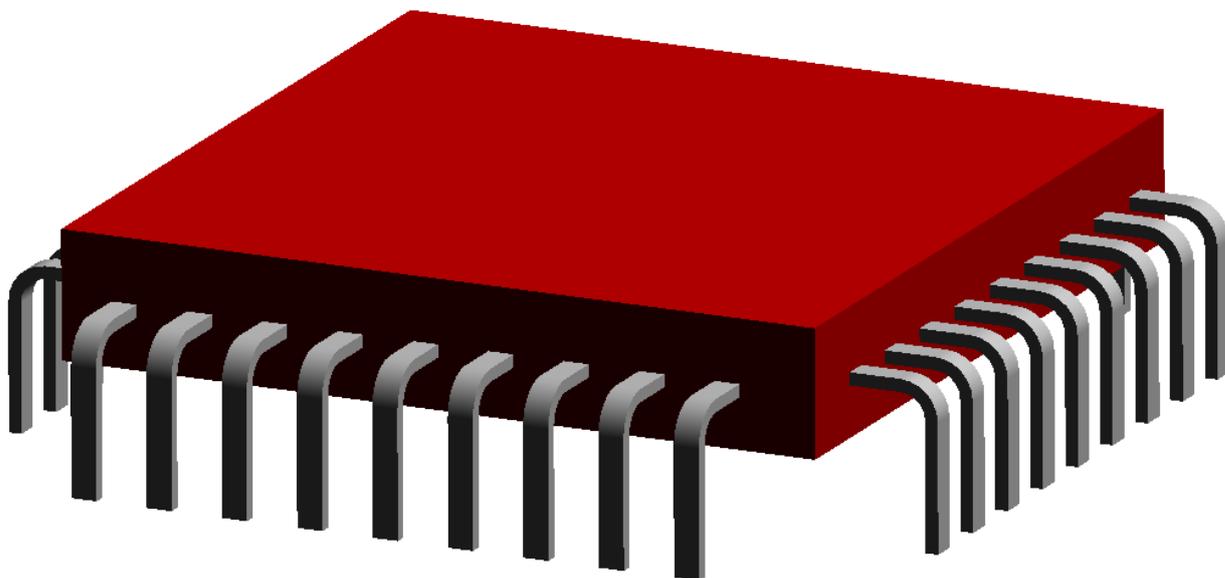


Задание №2

Микросхема

Построить трёхмерную твёрдотельную модель микросхемы, не раскрывая её внутреннего содержания. Конструкцию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – длина корпуса 50 мм. На рисунке показана микросхема (увеличена). Построенную модель микросхемы записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Микросхема".

Микросхема включает: корпус (красный цвет) и выводы (серый цвет).

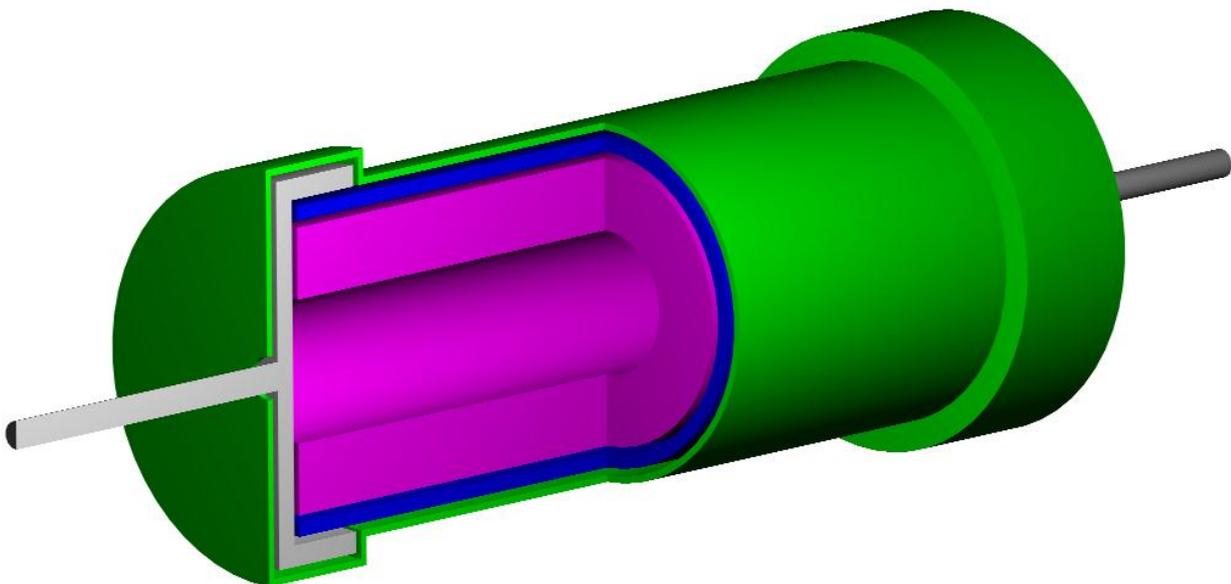


Задание №3

Резистор

Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель резистора, раскрыв его внутреннее содержание. Конфигурацию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – длина резистивного слоя 10 мм. На рисунке показан резистор (увеличен). Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Резистор".

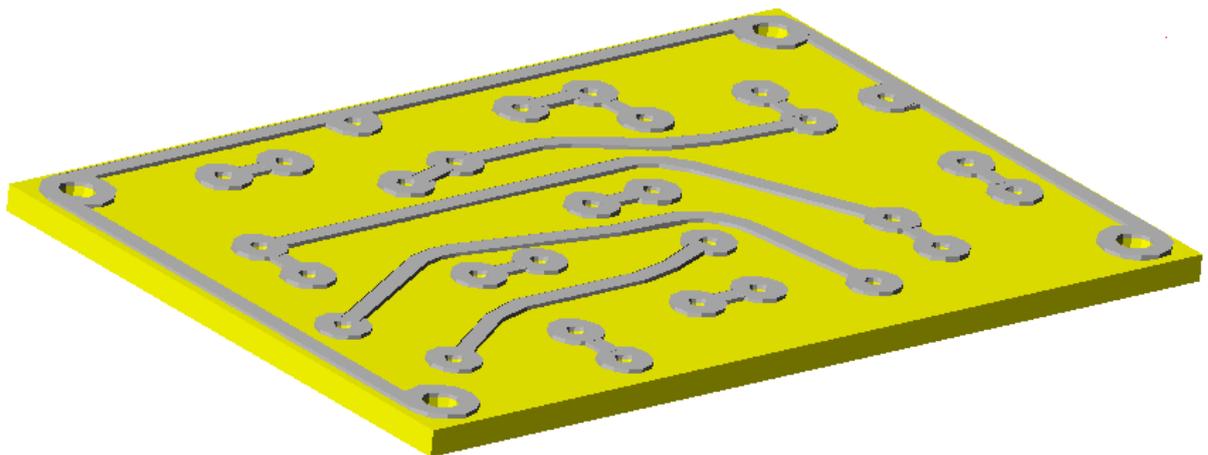
Резистор содержит: трубку-основание (малиновый цвет), резистивный слой (синий цвет), два контакта (серый цвет) и слой защитного лака (зелёный цвет).



Задание №4

Печатная плата

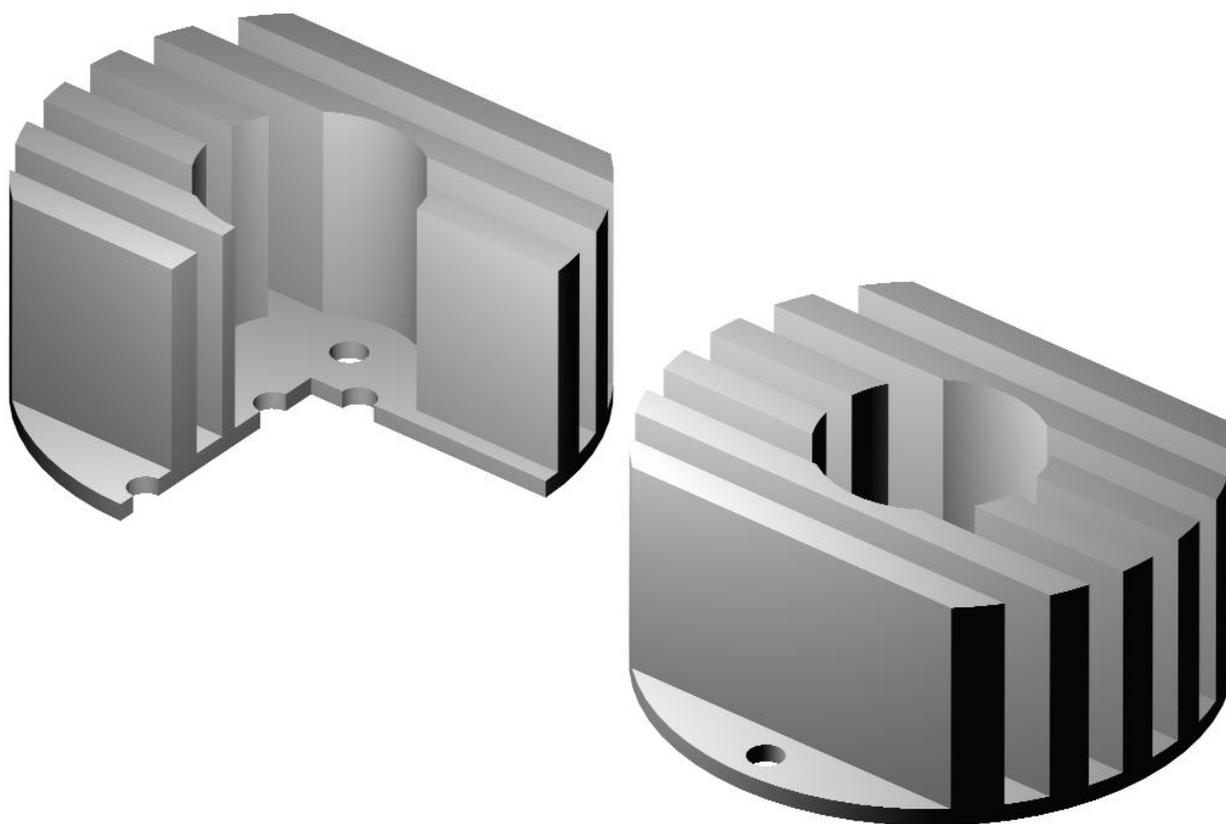
Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель печатной платы. Конфигурацию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – диаметр отверстия 1 мм (под радиоэлемент). На рисунке показана печатная плата. Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Печатная плата".



Задание №5

Радиатор

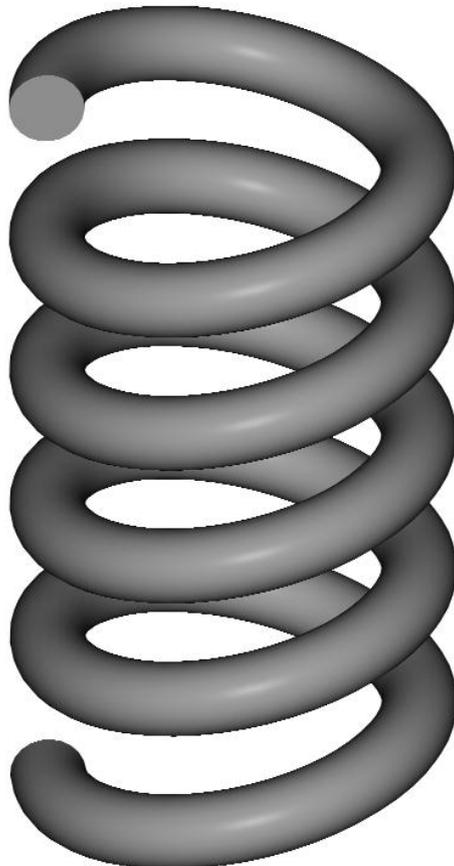
Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель радиатора. Конфигурацию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – диаметр основания 30 мм. На рисунке показан радиатор (увеличен). Построенную модель записать на жесткий диск компьютера в файл с названием "Радиатор".



Задание №6

Пружина

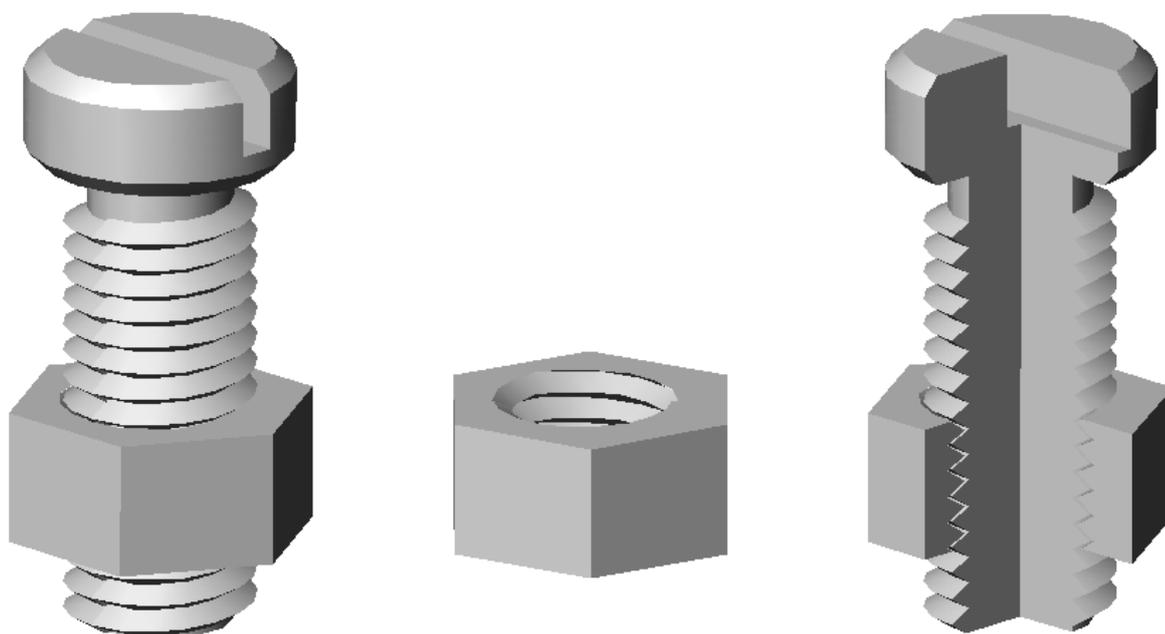
Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель пружины. Конфигурацию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – средний диаметр витка 10 мм. На рисунке показана пружина (увеличена). Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Пружина".



Задание №7

Винт с гайкой

Построить трёхмерные твердотельные модели винта и гайки. Конфигурации, размеры и цвета винта и гайки выполнить на глаз. Ориентировочный размер – диаметр метрической резьбы 10 мм. На рисунке показаны винт с гайкой (увеличены). Построенные модели записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Винт с гайкой".



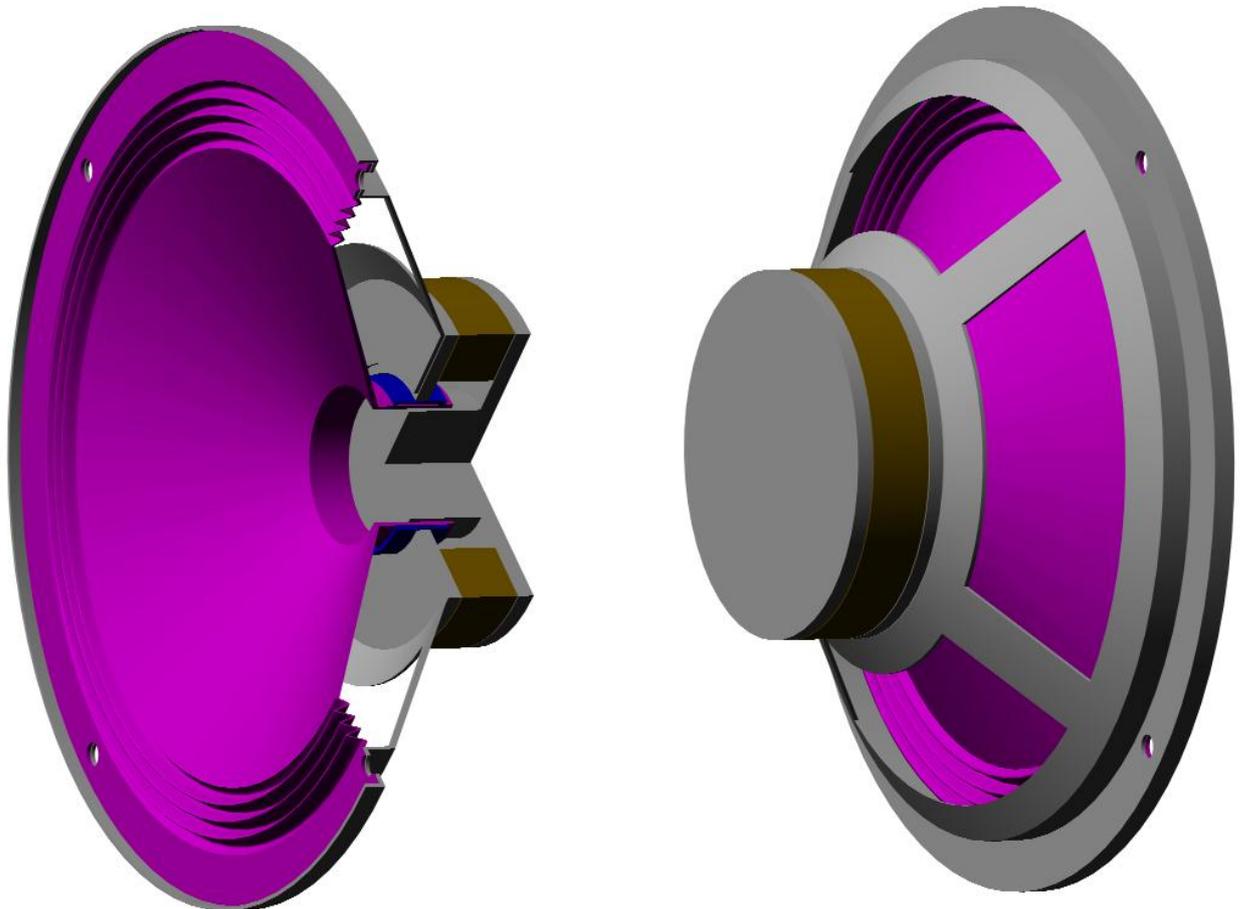
Задание №8

Громкоговоритель

Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель громкоговорителя. Конфигурацию, размеры и цвет громкоговорителя выполнить на глаз. Ориентировочный размер – диаметр корпуса 100 мм. На рисунке показан громкоговоритель*. Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Громкоговоритель".

Громкоговоритель содержит: корпус (серый цвет), магнитопровод-кольцо (серый цвет), магнитопровод-сердечник (серый цвет), диффузор (малиновый цвет), провод звуковой катушки (синий цвет), магнит (коричневый цвет).

**Примечание: провод звуковой катушки выполнен условно (в виде сплошной ленты), выводы звуковой катушки опущены, клеевые слои, с помощью которых прикреплены к корпусу магнит и магнитопроводы, не изображены.*

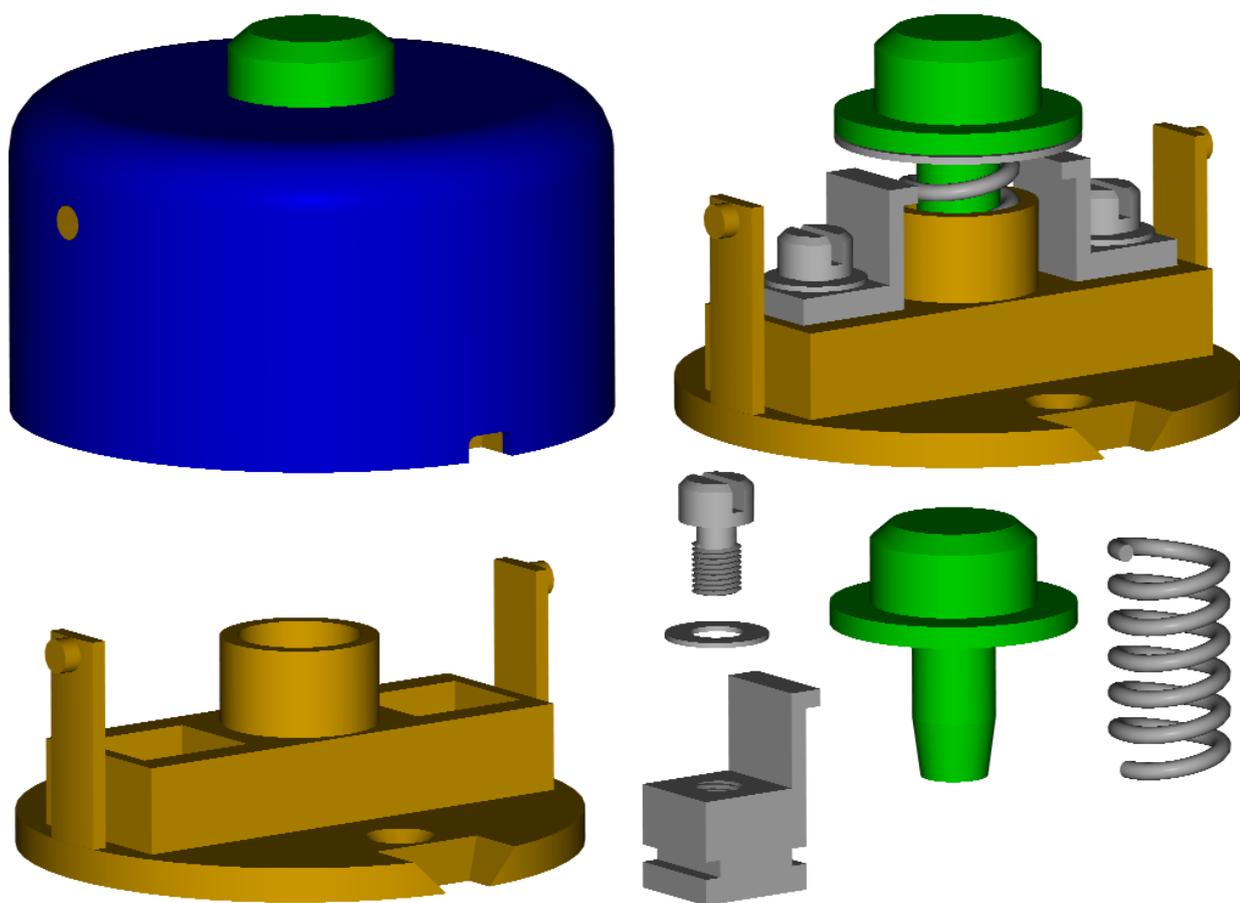


Задание №9

Кнопка

Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель кнопки. Конструкцию, размеры и цвет кнопки выполнить на глаз. Ориентировочный размер – диаметр крышки 50 мм. На рисунке показана кнопка (увеличена). Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Кнопка".

Кнопка содержит: основание (коричневый цвет), два угловых контакта (серый цвет), две шайбы (серый цвет), два винта (серый цвет), пружину (серый цвет), дисковый контакт (серый цвет), кнопку (зелёный цвет) и крышку (синий цвет).

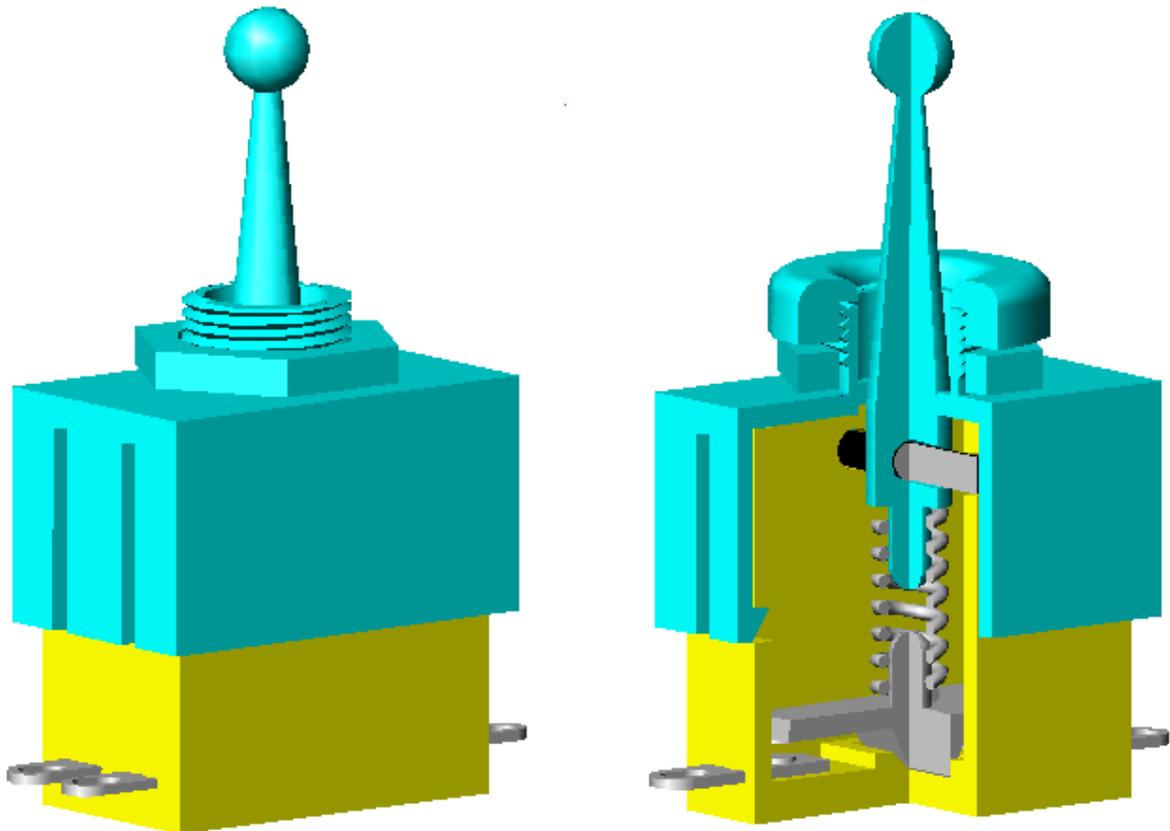


Задание №10

Переключатель

Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель переключателя. Конструкцию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – высота 40 мм. На рисунке показан переключатель (увеличен). Построенную модель записать на жесткий диск компьютера в файл с название "Переключатель".

Составные части переключателя: корпус (жёлтый цвет), крышка (голубой цвет), рычаг (голубой цвет), гайка под ключ (голубой цвет), гайка лицевая (голубой цвет), ось (чёрный цвет), пружина (серый цвет), коромысло (серый цвет), четыре контакта (серый цвет).

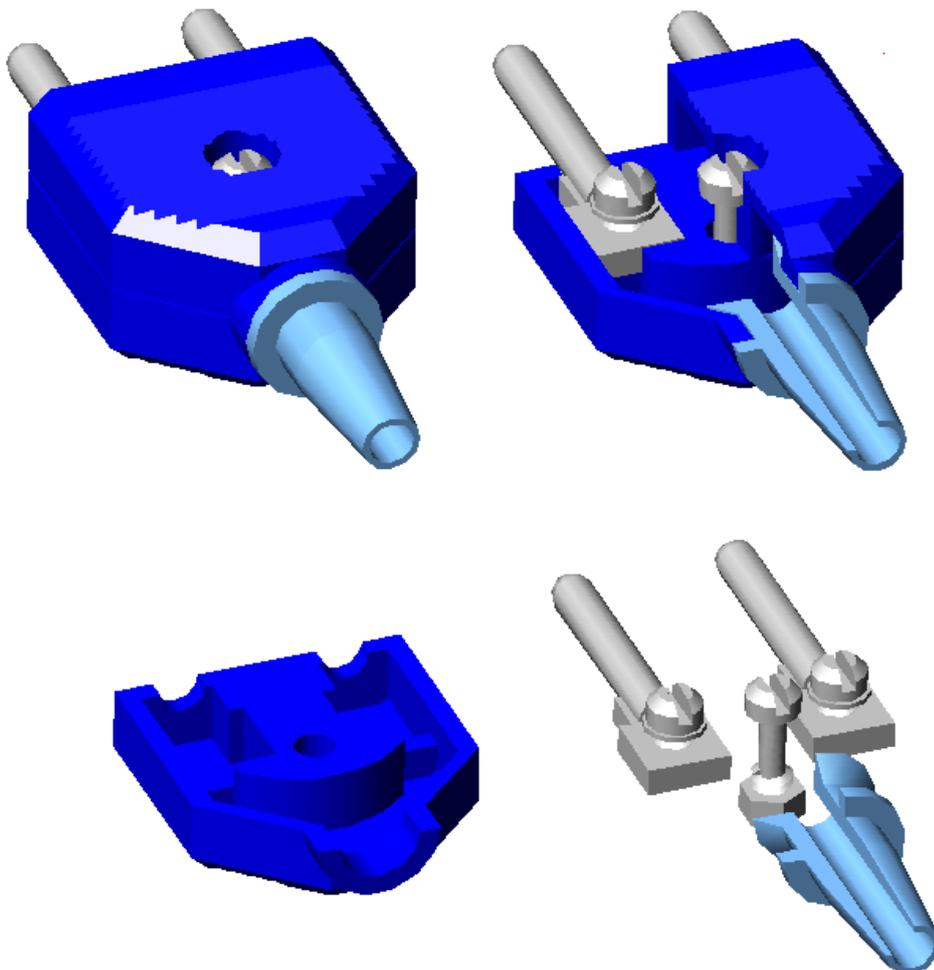


Задание №11

Вилка

Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель вилки. Конструкцию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – длина вилки 60 мм. На рисунке показана вилка. Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Вилка".

Составные части вилки: основание (синий цвет), крышка (синий цвет), два контакта (серый цвет), два коротких винта (серый цвет), две шайбы (серый цвет), длинный винт (серый цвет), шайба (серый цвет), хвостовик (голубой цвет).

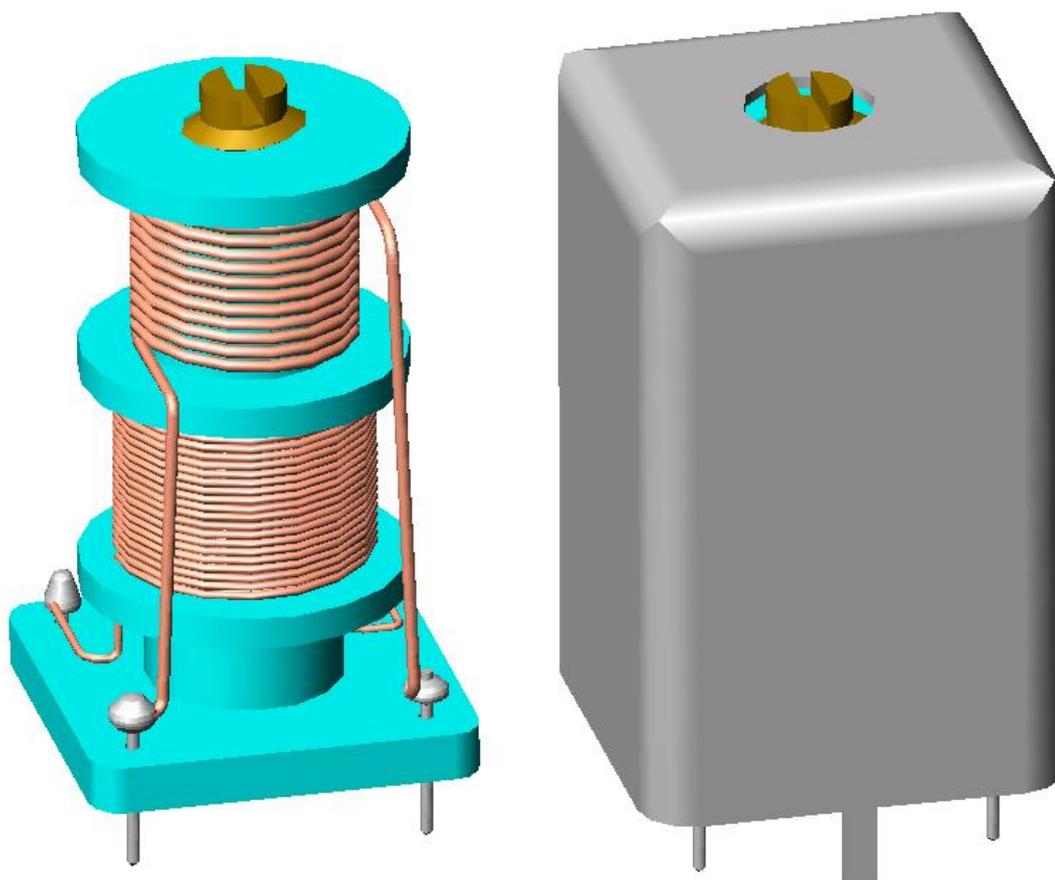


Задание №12

Трансформатор

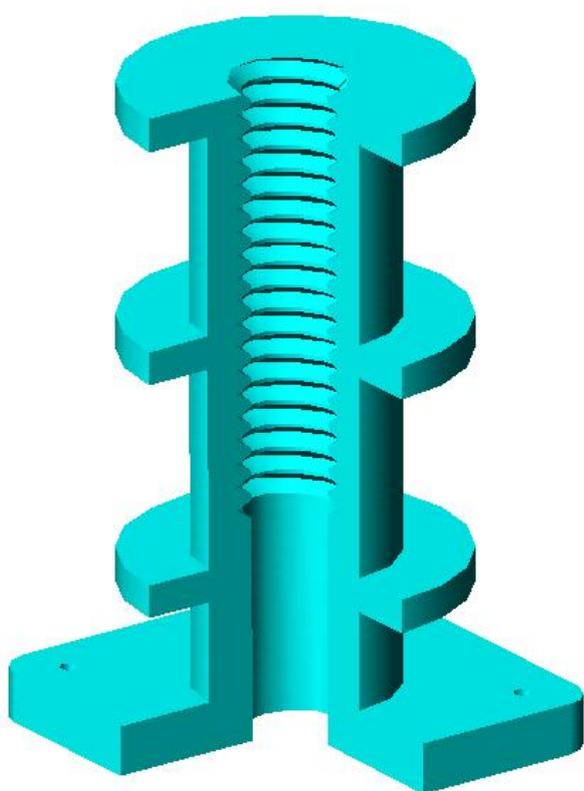
Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель трансформатора (высокочастотного). Конструкцию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – высота 50 мм. На рисунке показан трансформатор (увеличен). Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Трансформатор".

Составные части трансформатора: корпус (голубой цвет), большая обмотка провода (оранжевый цвет), малая обмотка провода (оранжевый цвет), ферритовый сердечник (коричневый цвет), четыре контакта (серый цвет), четыре капли припоя (серый цвет), экран (серый цвет).



Задание №12 (продолжение)

Трансформатор

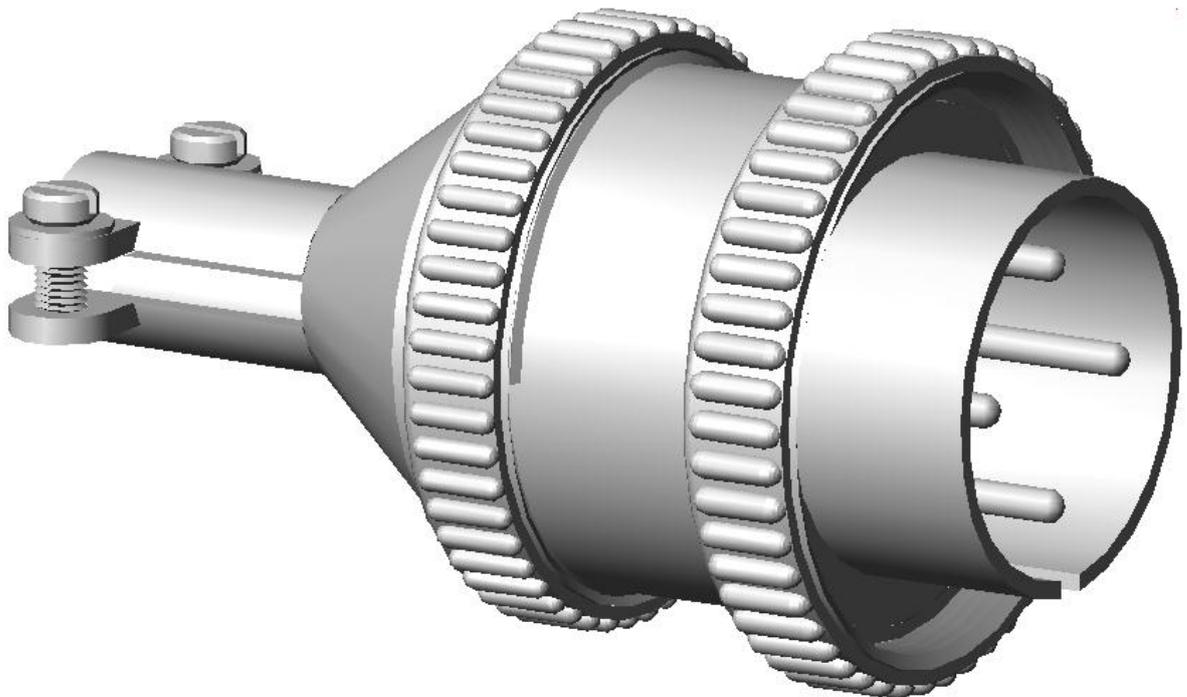


Задание №13

Разъём

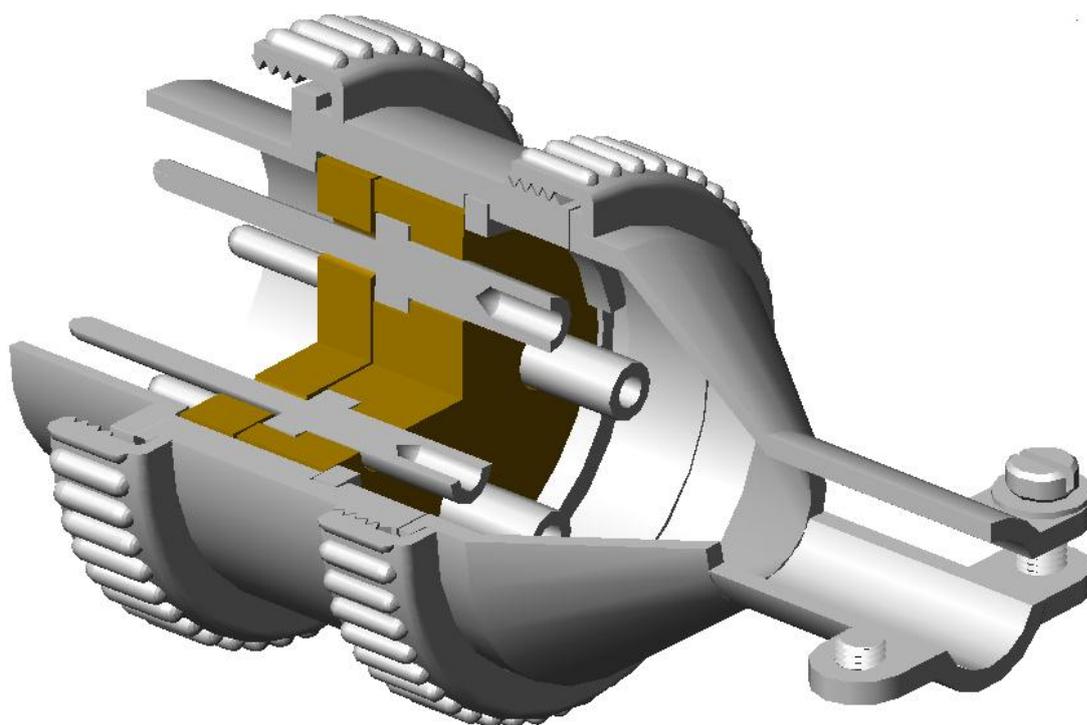
Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель разъёма (вилки). Конструкцию, размеры и цвет выполнить на глаз. Ориентировочный размер – длина 50 мм. На рисунке показан разъём (увеличен). Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Разъём".

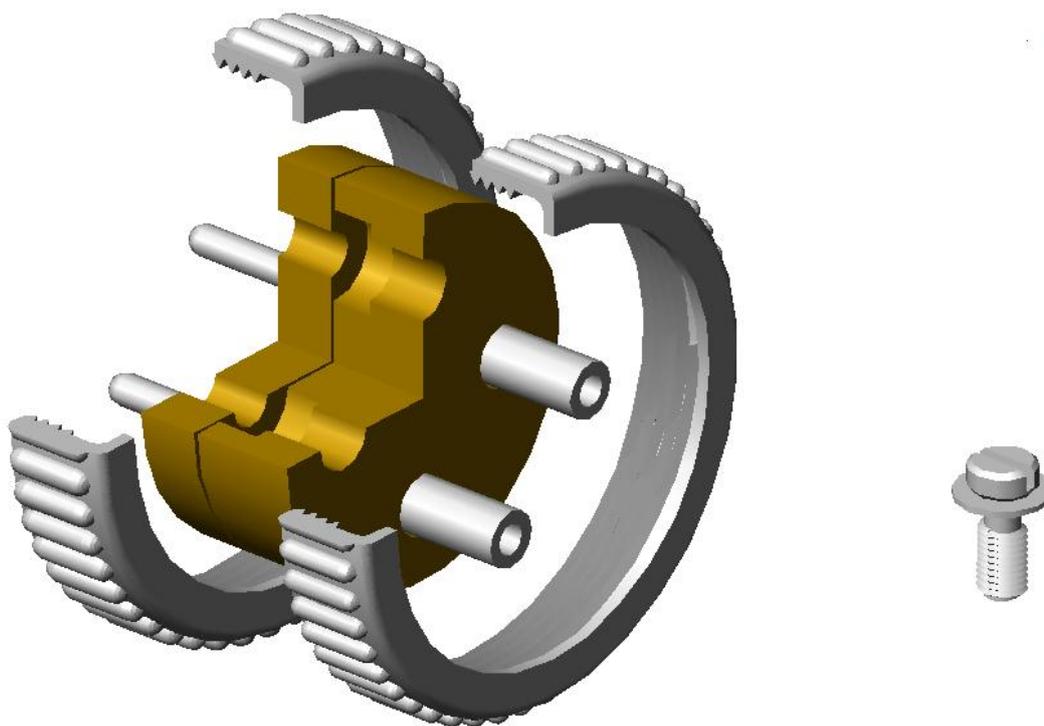
Составные части разъёма: корпус (серый цвет), большая гайка (серый цвет), хвостовик (серый цвет), малая гайка (серый цвет), два винта (серый цвет), две шайбы (серый цвет), малая решётка (коричневый цвет), большая решётка (коричневый цвет), четыре контакта (серый цвет), фиксатор (серый цвет).



Задание №13 (продолжение)

Разъём



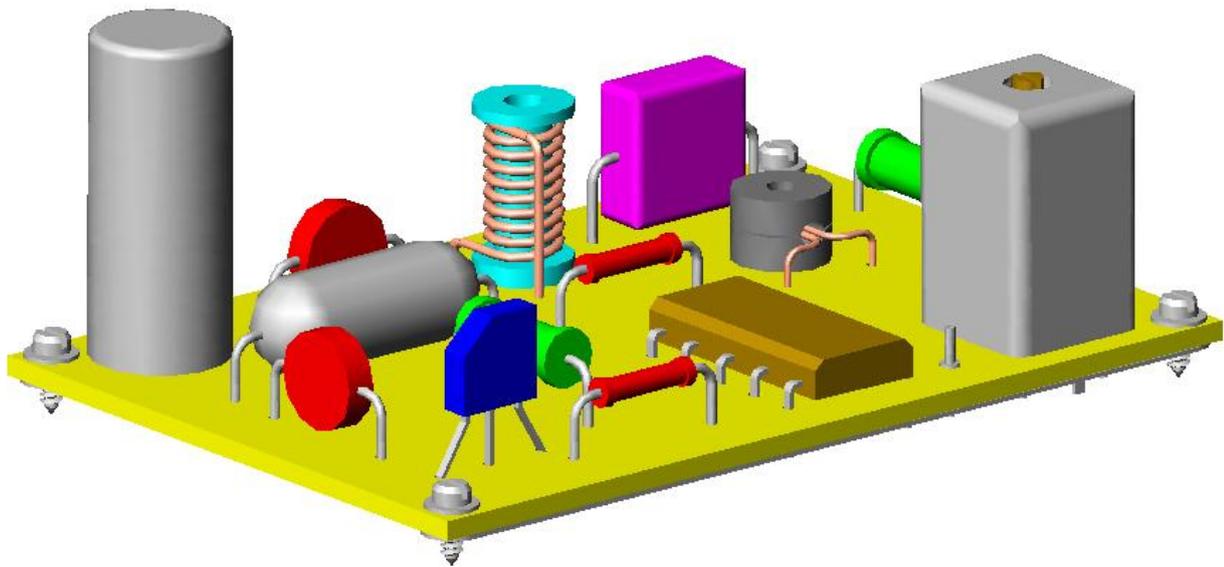


Задание №14

Плата с радиоэлементами

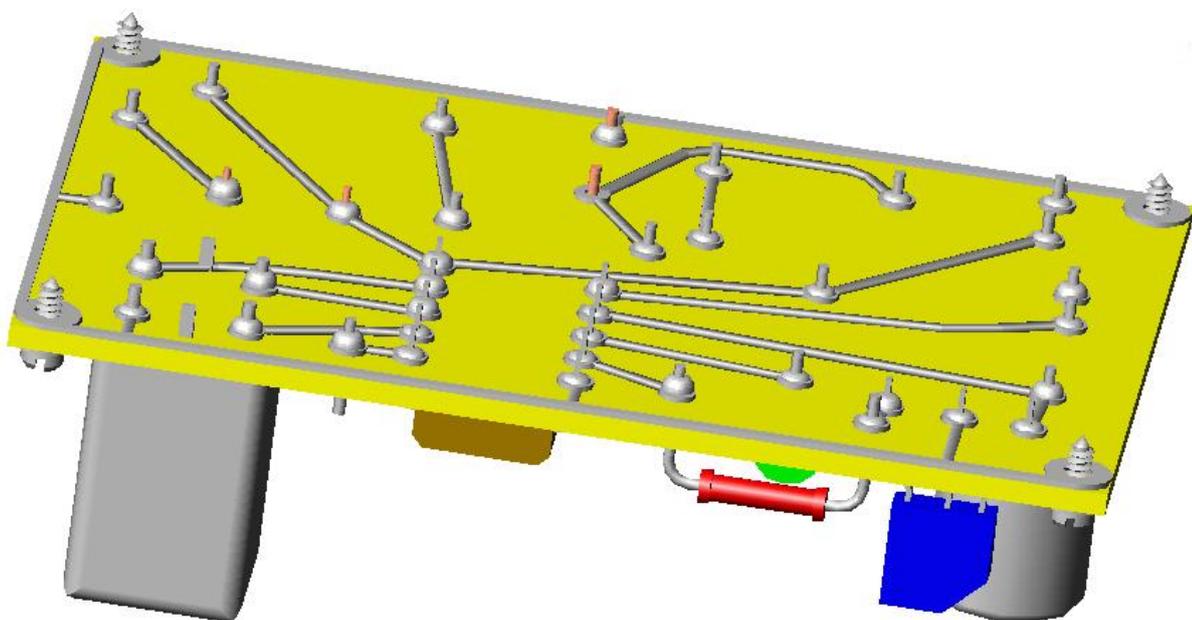
Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель платы с радиоэлементами, не раскрывая внутреннего содержания последних. Конфигурации, размеры и цвета выполнить на глаз. Ориентировочный размер – длина платы 120 мм. На рисунке показана плата с радиоэлементами. Построенную модель записать на жёсткий диск компьютера в файл с названием "Плата с радиоэлементами".

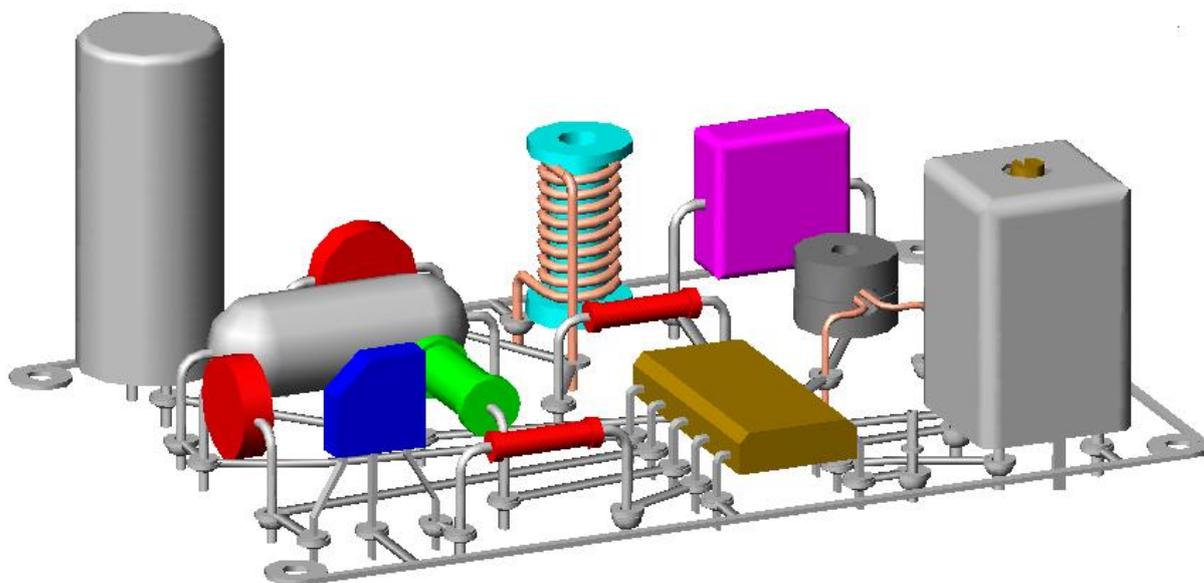
Составные части платы с радиоэлементами: плата (жёлтый цвет), печатный монтаж (серый цвет), электролитический конденсатор (серый цвет), два круглых конденсатора (красный цвет), прямоугольный конденсатор (малиновый цвет), горизонтальный цилиндрический конденсатор (серый цвет), два малых резистора (красный цвет), два больших резистора (зелёный цвет), дроссель (голубой и оранжевый цвета), высокочастотный трансформатор (серый и коричневый цвета), катушка индуктивности с магнитопроводом (чёрный и оранжевый цвета), микросхема (коричневый и серый цвета), транзистор (синий и серый цвета), стойка (серый цвет), капли припоя по числу выводов радиоэлементов (серый цвет), четыре шурупа (серый цвет), четыре шайбы (серый цвет).



Задание №14 (продолжение)

Плата с радиоэлементами



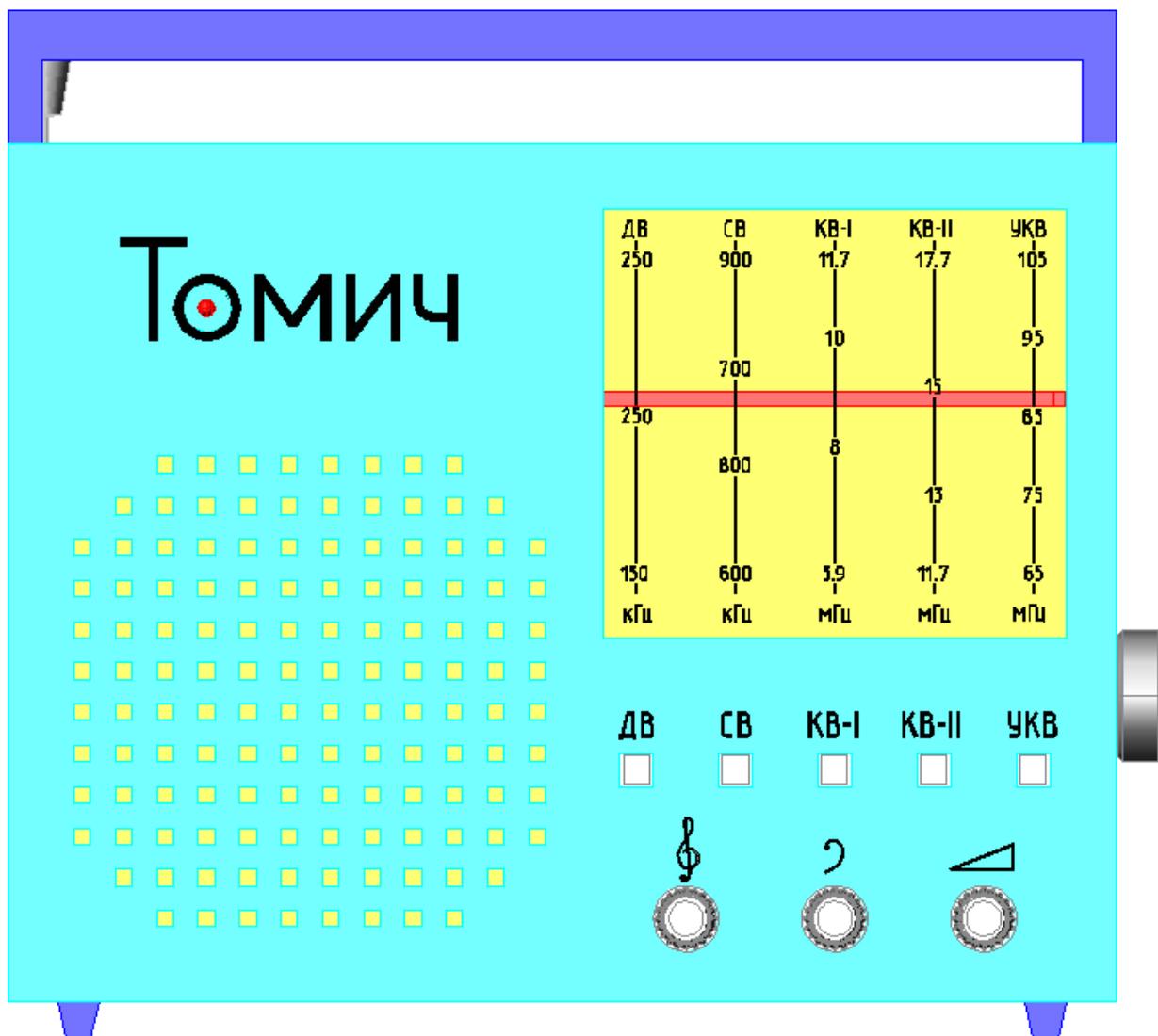


Задание №15

Радиоприёмник

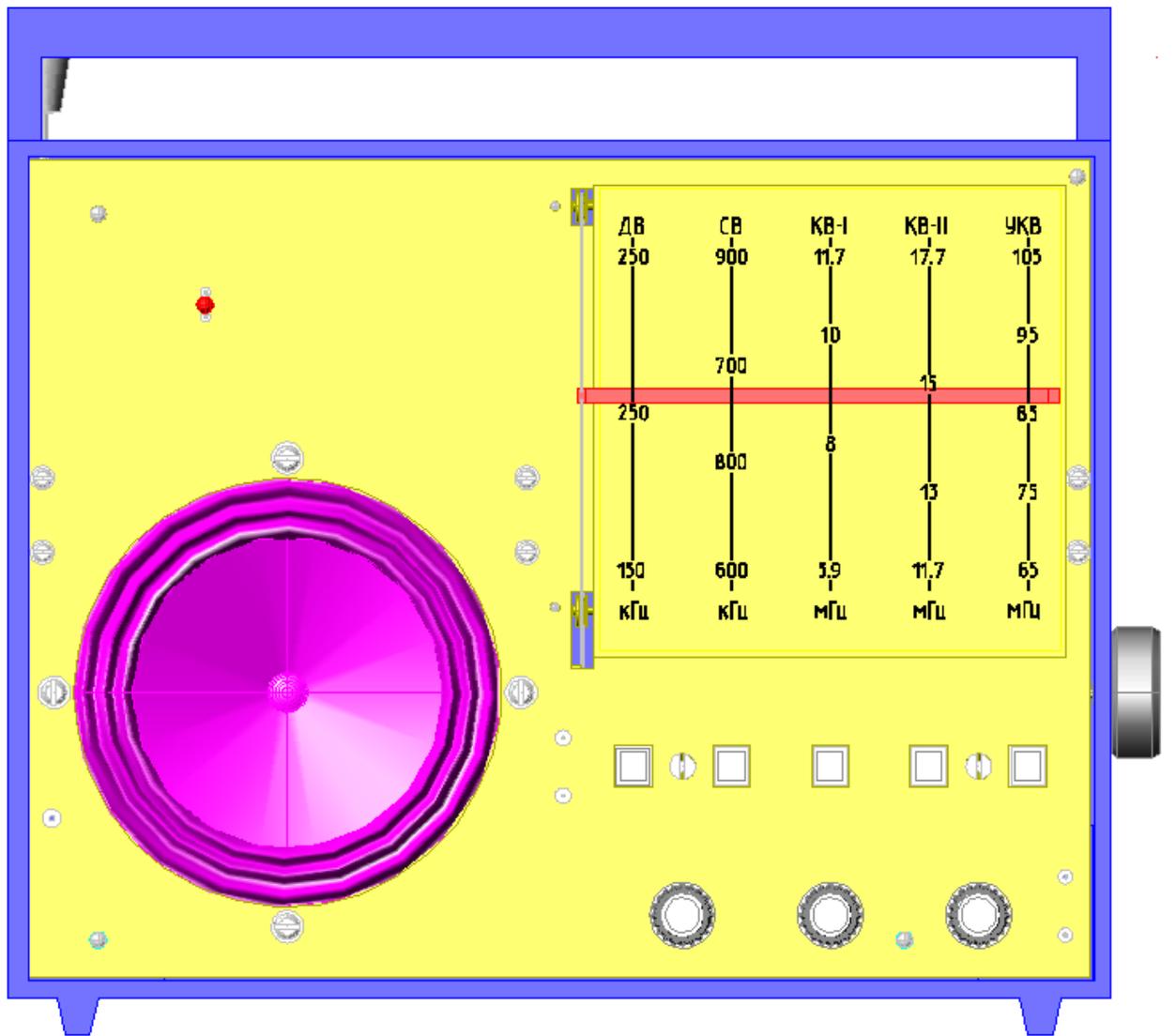
Построить трёхмерную твёрдотельную компьютерную модель радиоприёмника, не раскрывая внутреннего содержания его составных частей. Конструкцию, размеры и цвета выполнить на глаз. Ориентировочный размер – длина радиоприёмника 250 мм. На рисунках показан радиоприёмник и его составные части.

Составные части радиоприёмника: корпус (синий цвет), передняя панель (голубой цвет), шкала диапазонов (чёрный и жёлтый цвета), три ручки (чёрный цвет), ручка настройки (чёрный цвет), светодиод (красный цвет), несущая панель (светло-коричневый цвет), три потенциометра (серый цвет), движковый переменный резистор (чёрный и серый цвета), верньерное устройство (светло-коричневый и серый цвета), громкоговоритель (серый, малиновый и синий цвета), телескопическая антенна (серый цвет), четыре гальванических элемента (красный и серый цвета), печатная плата с радиоэлементами (различные цвета), несколько крепёжных винтов, гаек и шайб (серый цвет).



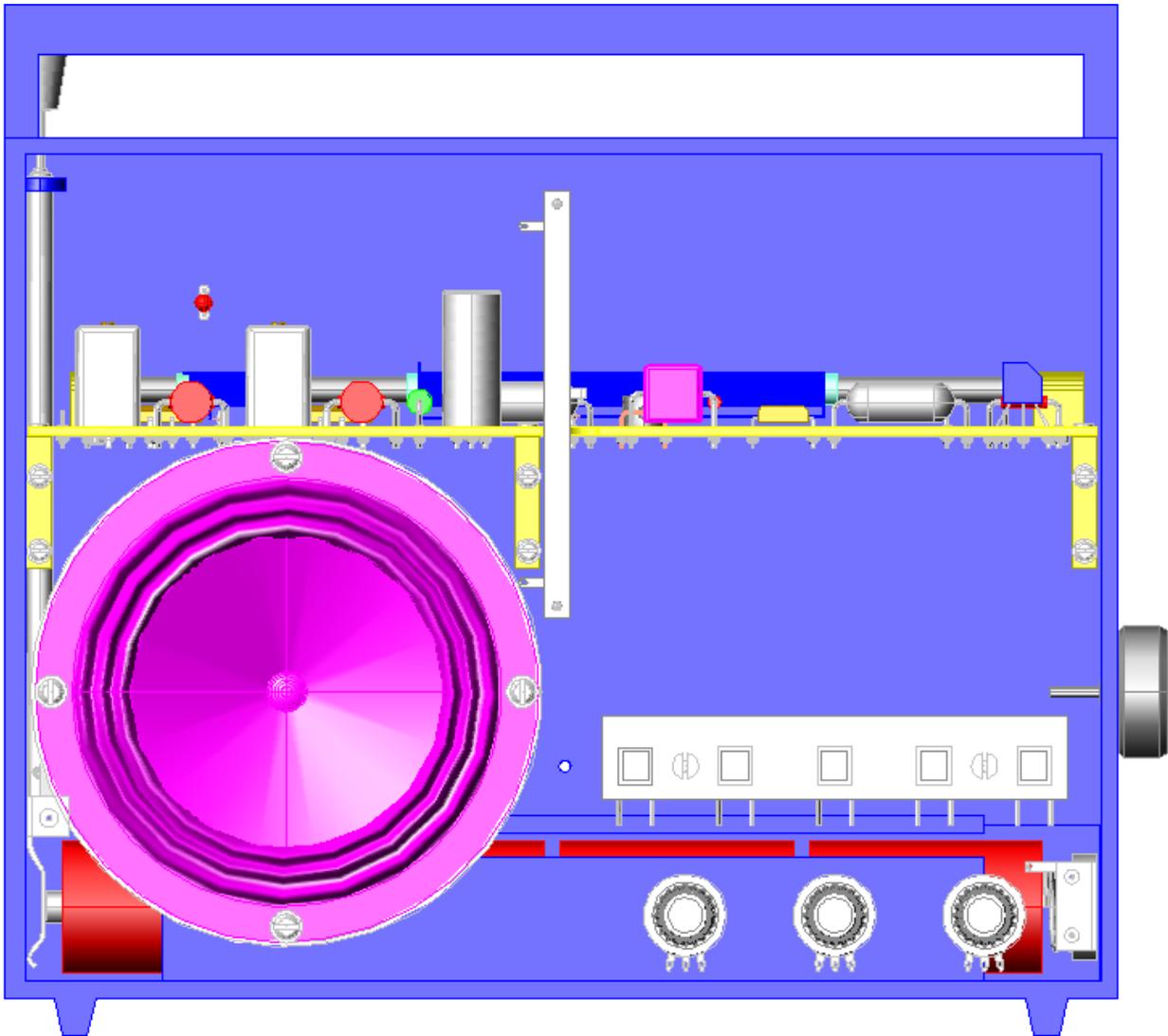
Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (без лицевой панели)



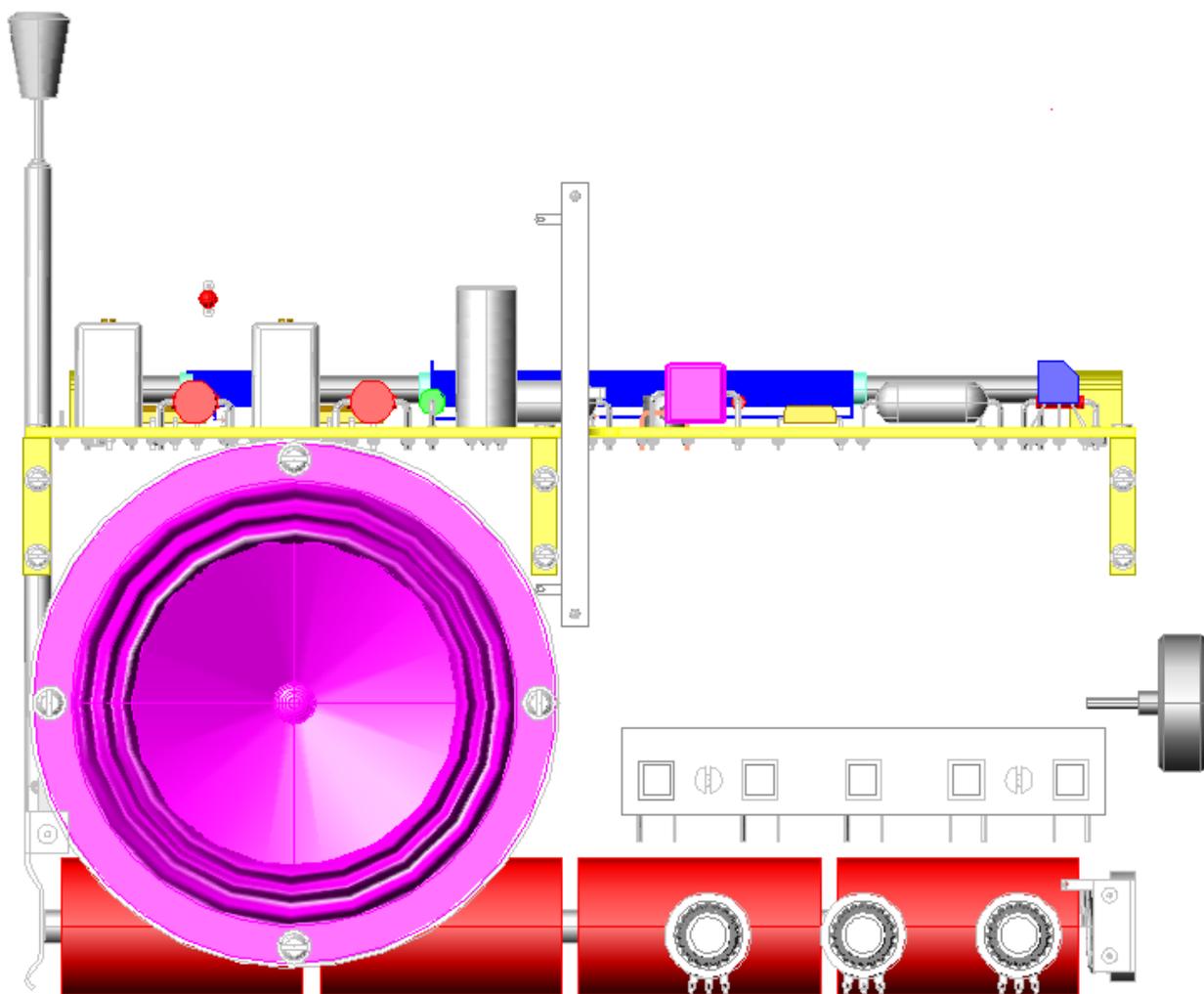
Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (без лицевой и несущей панелей)



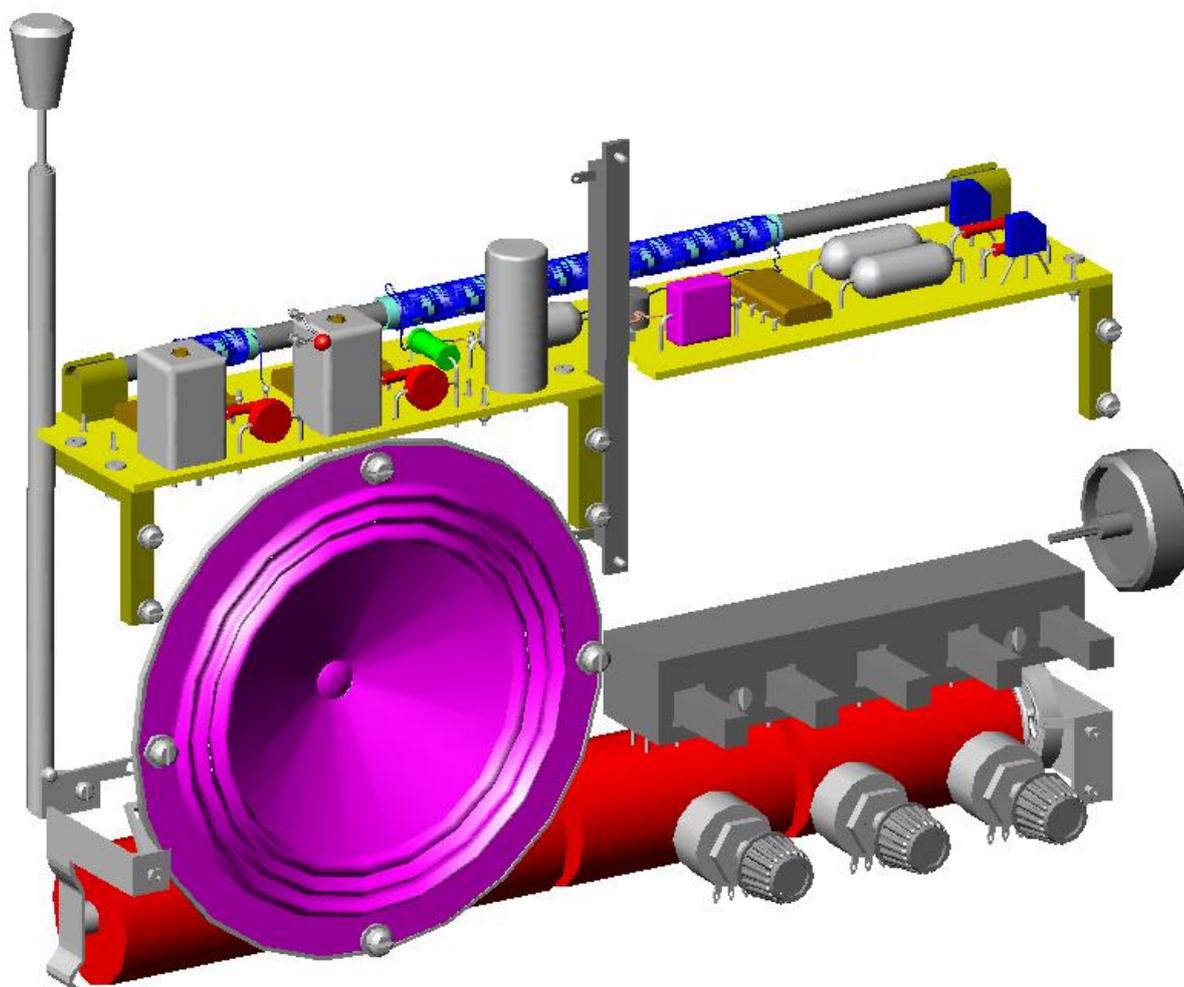
Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (без корпуса, лицевой и несущей панелей)



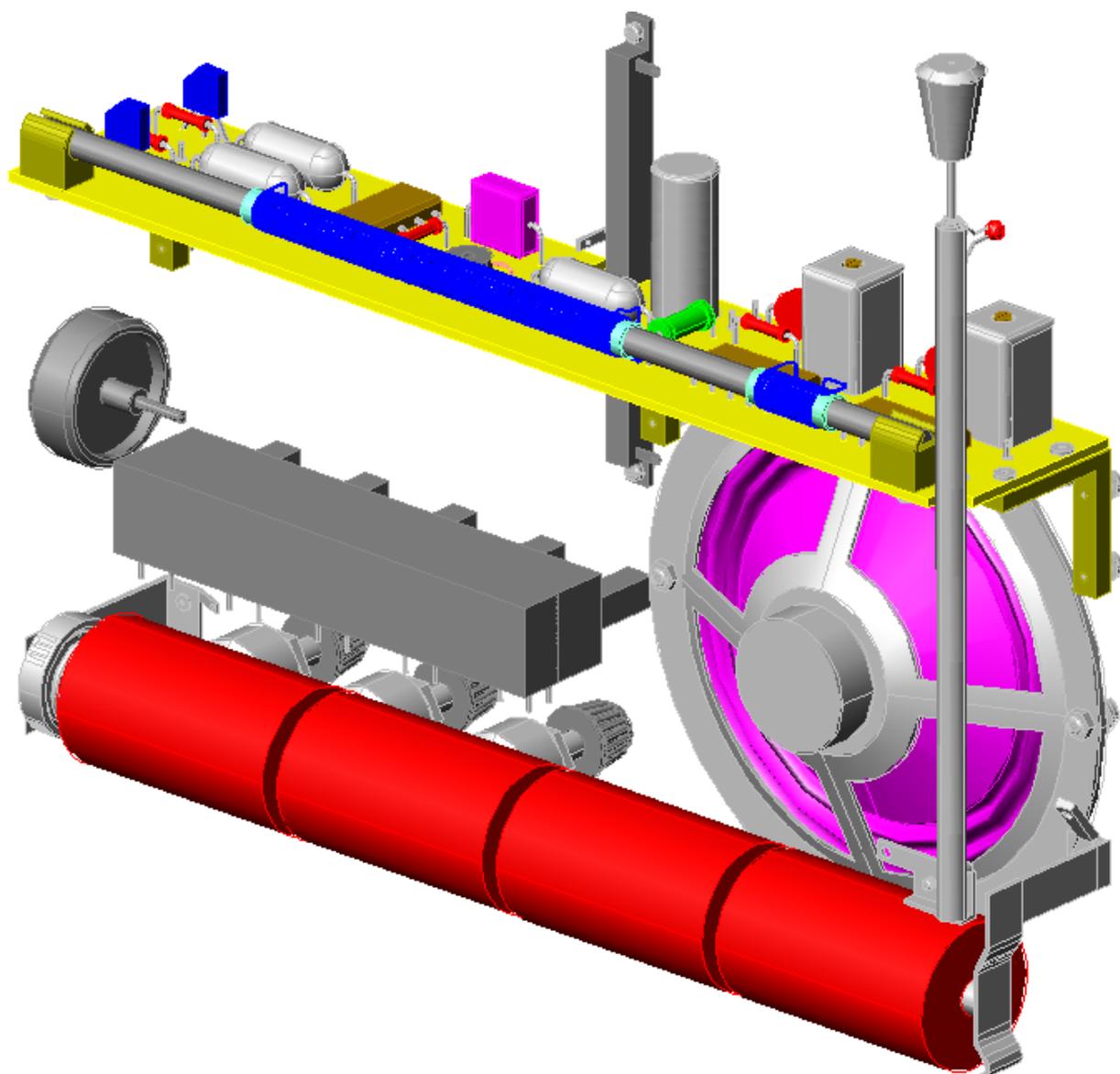
Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (без корпуса, лицевой и несущей панелей)



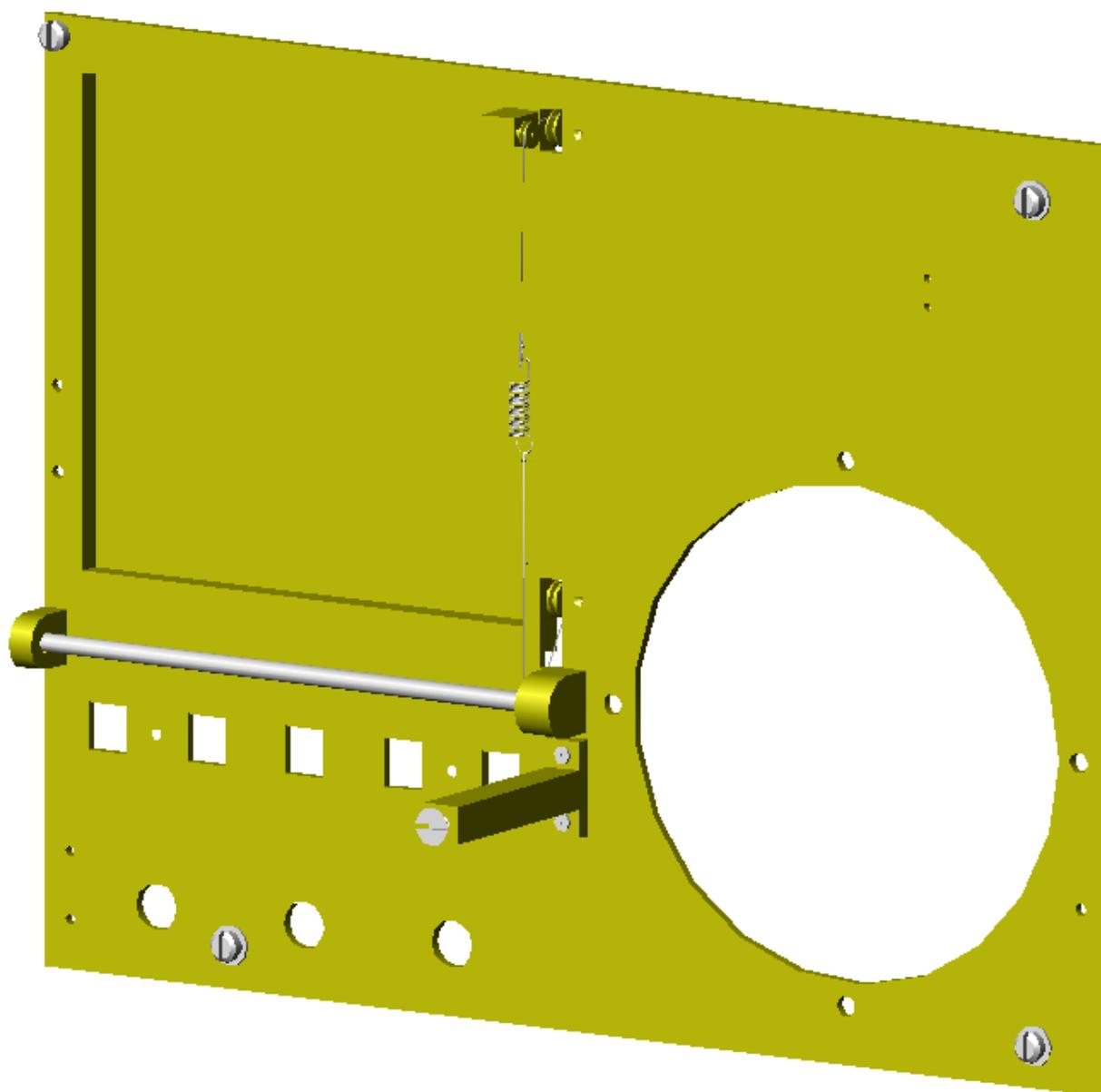
Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (без корпуса, лицевой и несущей панелей)



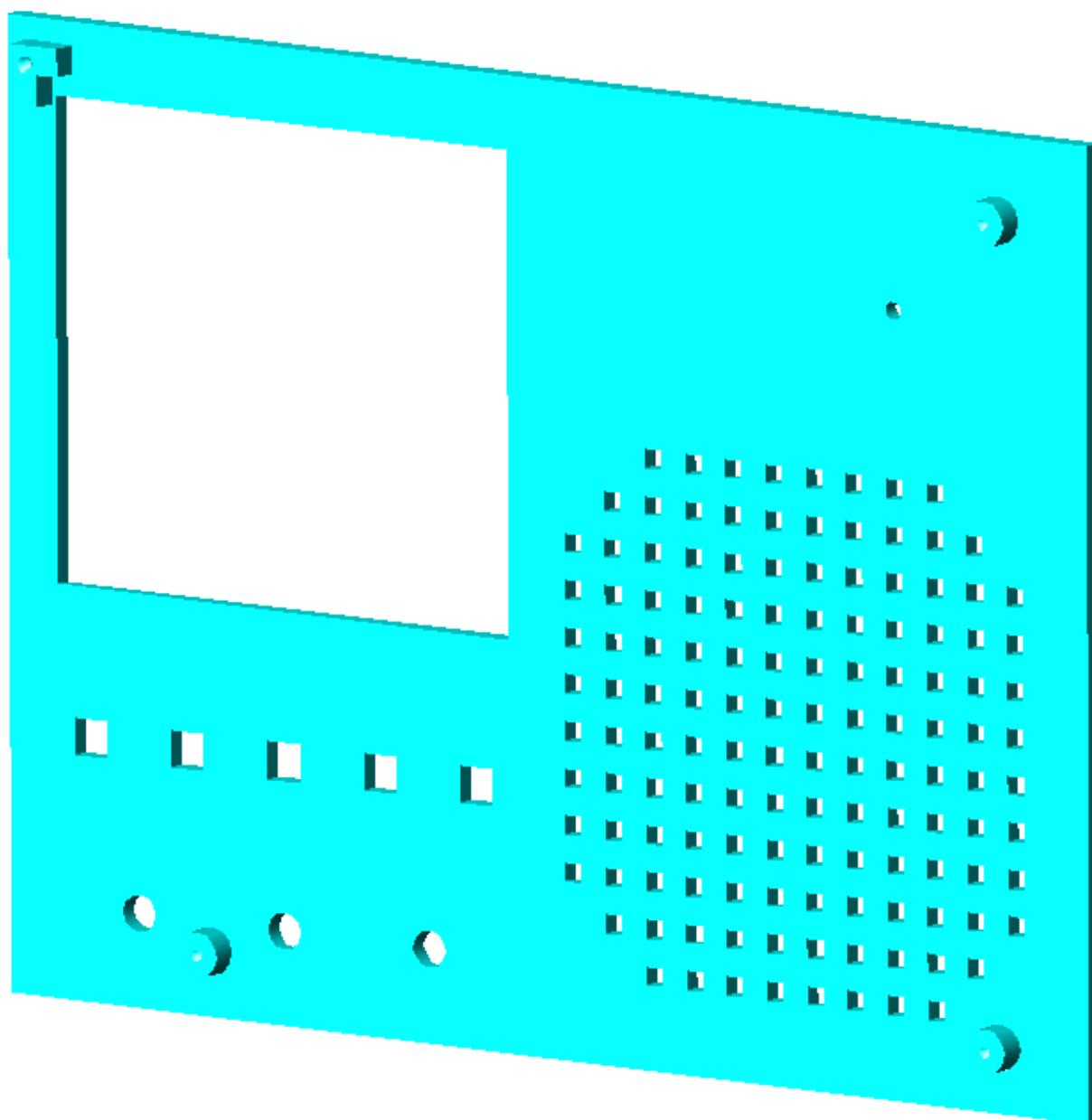
Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (несущая панель)



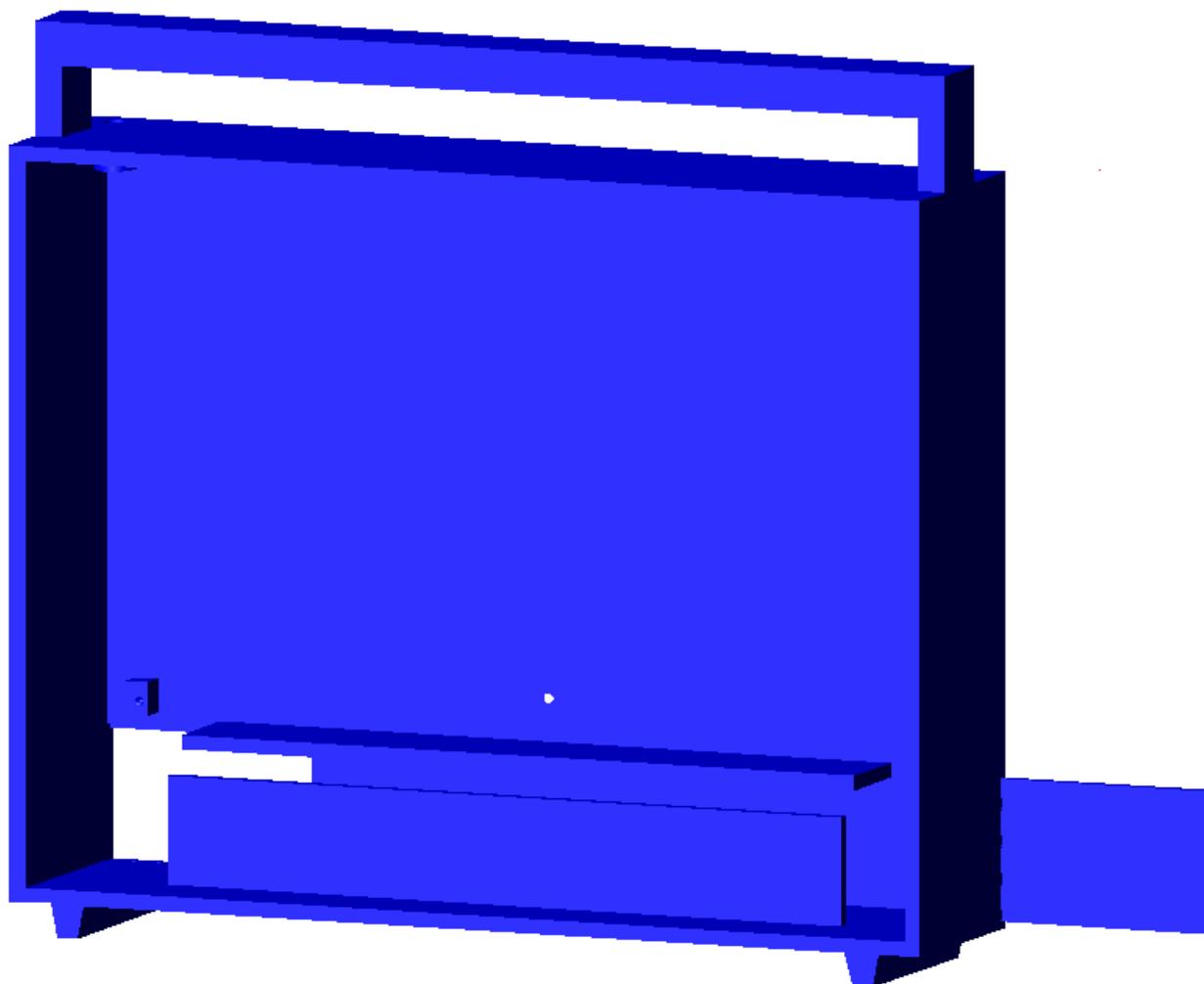
Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (передняя панель)



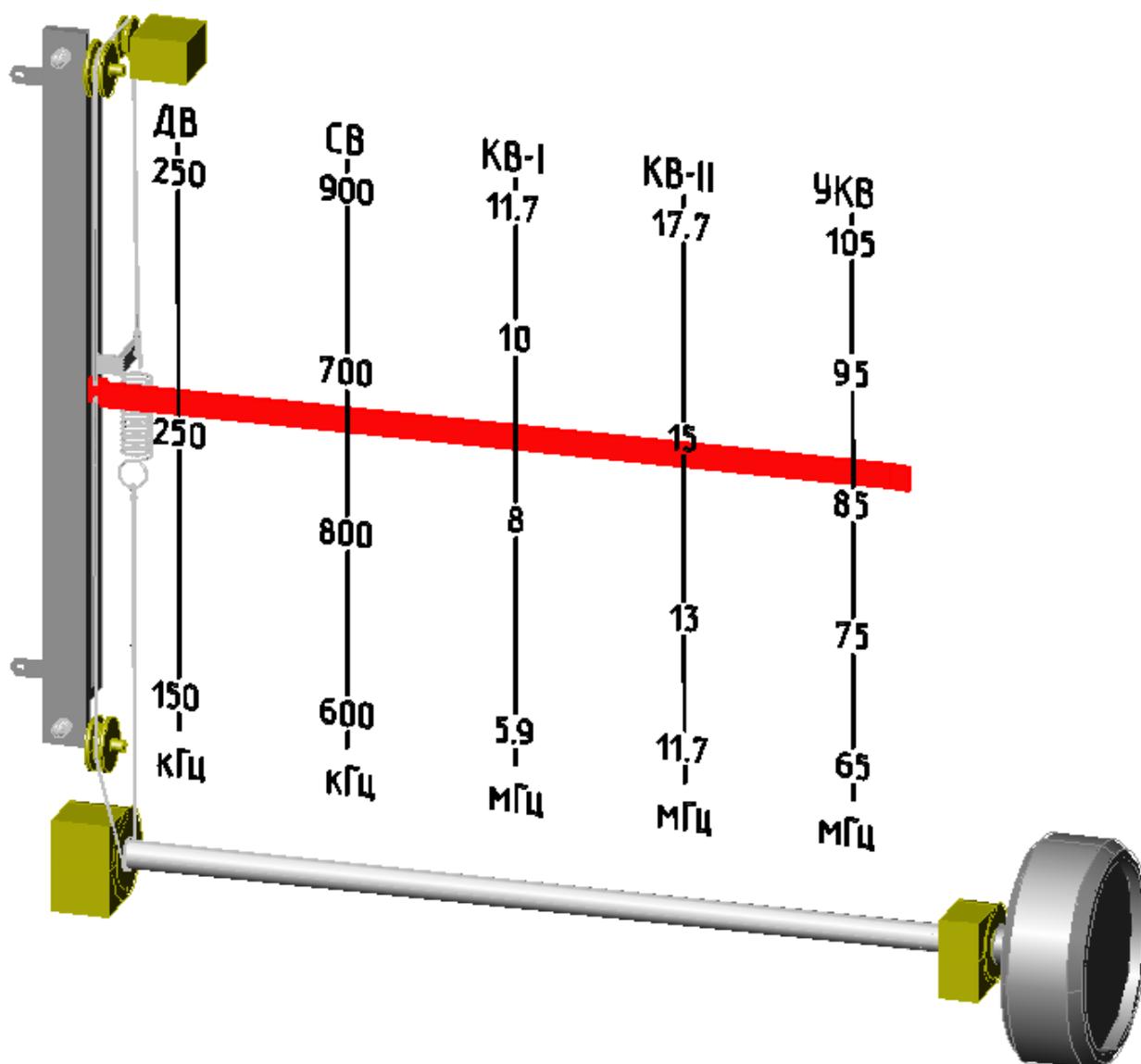
Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (корпус)



Задание №15 (продолжение)

Радиоприёмник (верньерное устройство)



Список литературы

1. Полещук Н. Н., Савельева В. А. Самоучитель AutoCAD 2004. – СПб.: БХВ – Петербург, 2003. – 640 с.: ил.
2. Жуков Ю. Н. Инженерная и компьютерная графика. Учебное пособие: - Томск: ЦНТИ, 2002. - 99 с.: ил.

Содержание

Введение	3
1. Используемые понятия	4
2. Установка режима "Новая модель".....	5
3. Часто выполняемые операции	11
4. Тест-куб и именованные виды	18
5. Построение тест-куба	22
6. Способы построения моделей	25
7. Модификация моделей	37
8. Неназванные виды	40
9. Материал, освещение, тени, распечатка на принтере	41
10. Общие правила создания моделей в AutoCAD	44
11. Пример выполнения задания	46
Заключение.....	52
Приложение. Задания	53
Список литературы.....	81