

Ю. Н. Жуков

ИНЖЕНЕРНАЯ
КОМПЬЮТЕРНАЯ
ГРАФИКА

(учебник)

2010

Содержание

Введение.....	4
---------------	---

Часть первая. Электронные модели и макеты

1. Используемые понятия.....	4
2. Установка режима «Новая модель».....	9
3. Часто выполняемые операции.....	15
4. Тест-куб и названные виды.....	23
5. Построение тест-куба.....	28
6. Способы построения моделей.....	32
7. Модификация моделей.....	47
8. Незазванные виды.....	51
9. Материал, освещение, тени, распечатка.....	52
10. Общие правила создания моделей в AutoCAD.....	56
11. Пример построения макета изделия.....	59
12. Построение модели детали.....	62
13. Построение модели сборочной единицы.....	73

Часть вторая. Теоретические основы инженерной графики

14. ЕСКД и конструкторские документы.....	78
15. Обозначение конструкторских документов.....	79
16. Стандартные элементы чертежа.....	81
17. Рамка и основная надпись.....	84
18. Чертёж в системе прямоугольных проекций.....	86
19. Виды, разрезы, сечения.....	89
20. Выносные элементы.....	95
21. Нанесение размеров.....	95
22. Изображение резьбы.....	104
23. Неразъёмные соединения.....	106
24. Шероховатость поверхностей.....	107

Часть третья. Чертежи и документы

25. Чертёж общего вида.....	110
26. Сборочный чертёж.....	112
27. Спецификация.....	115
28. Чертёж детали.....	119

Часть четвёртая. Электрическая принципиальная схема

29. Используемая терминология.....	121
30. Задания на выполнение схемы.....	123
31. Условные графические обозначения.....	126
32. Буквенно-цифровые обозначения.....	128
33. Перечень элементов.....	129
34. Текстовая информация.....	131
35. Выполнение схемы.....	132
Заключение.....	133
Использованная литература.....	134
Приложение А. Задания на выполнение работы «Электрическая принципиальная схема» (20 вариантов).....	136
Приложение Б. Условные графические обозначения (УГО).....	157
Приложение В. Образцы записей элементов схемы в перечень элементов.....	165
Приложение Г. Буквенные коды элементов схемы.....	171
Приложение Д. Перечень работ, подлежащих выполнению или на лабораторных, или на практических занятиях, или в курсовой работе (согласно учебному плану).....	174
Приложение Е. Дополнительные модели изделий.....	175

Введение

Данный учебник предназначен для студентов радиотехнического факультета (РТФ) Томского университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), изучающих учебную дисциплину «Инженерная и компьютерная графика»*.

**Примечание: название предлагаемого учебника, по мнению автора, наиболее полно отражает содержание указанной учебной дисциплины, т. к. в ней рассматривается не вся компьютерная графика, а только та её часть, которая имеет отношение к инженерной.*

Учебная дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» рассматривает теоретические и практические аспекты компьютерного построения электронных моделей, макетов, чертежей и конструкторских документов изделий в полном соответствии с требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Цель учебника – дать краткие сведения о графической программе AutoCAD, показать, как на основе компьютера выполнять электронные модели, макеты, основные чертежи и конструкторские документы изделий в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Этот учебник может быть использован как в электронном виде, так и в бумажном – традиционном. Автор разрешает любому студенту напечатать самостоятельно этот учебник полностью или его отдельные разделы и использовать для изучения инженерной компьютерной графики, практического выполнения электронных моделей, макетов и чертежей изделий как в аудитории на лабораторных и практических занятиях, при выполнении курсовой работы, так и в домашней работе.

В тексте ключевые слова выделены **жирным шрифтом**, вопросы для самоконтроля – *курсивом*, примечания – одной или двумя звёздочками (*у поясняемых слов*), *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 «Неименованный вид», «Неименованный вид» и т. п.*

Часть первая Электронные модели и макеты

1. Используемые понятия

Изделие – любой предмет или набор предметов производства, подле-

жащих изготовлению на предприятии. Устанавливаются следующие виды изделий: деталь, сборочная единица, комплекс и комплект [1].

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клёпкой, сваркой, пайкой и т. п.).

Комплекс – два и более специфицированных изделий, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Комплект – два и более изделия, несоединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей.

Электронная модель изделия – электронная модель детали или сборочной единицы [2].

Электронный макет изделия – электронная модель изделия, описывающая его внешнюю форму и размеры, позволяющая полностью или частично оценить его взаимодействие с элементами производственного и/или эксплуатационного окружения, служащая для принятия решений при разработке изделия и процессов его изготовления и использования [2].

Трёхмерная твёрдотельная компьютерная модель изделия (далее везде «модель»*) – это файл, который, будучи инициализированным, может дать на экране монитора (или ином визуализирующем устройстве) 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.

**Примечание: модель полностью раскрывает конструкцию изделия, а не только его внешнюю форму.*

Трёхмерный твердотельный компьютерный макет изделия (далее везде «макет»*) – это файл, который, будучи инициализированным, может дать на экране монитора (или ином визуализирующем устройстве) бесконечное количество видов смоделированного изделия, в том числе стандартные по ЕСКД прямоугольные и аксонометрические проекции.

**Примечание: макет не раскрывает полностью конструкцию изделия, а показывает только внешнюю его форму.*

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.

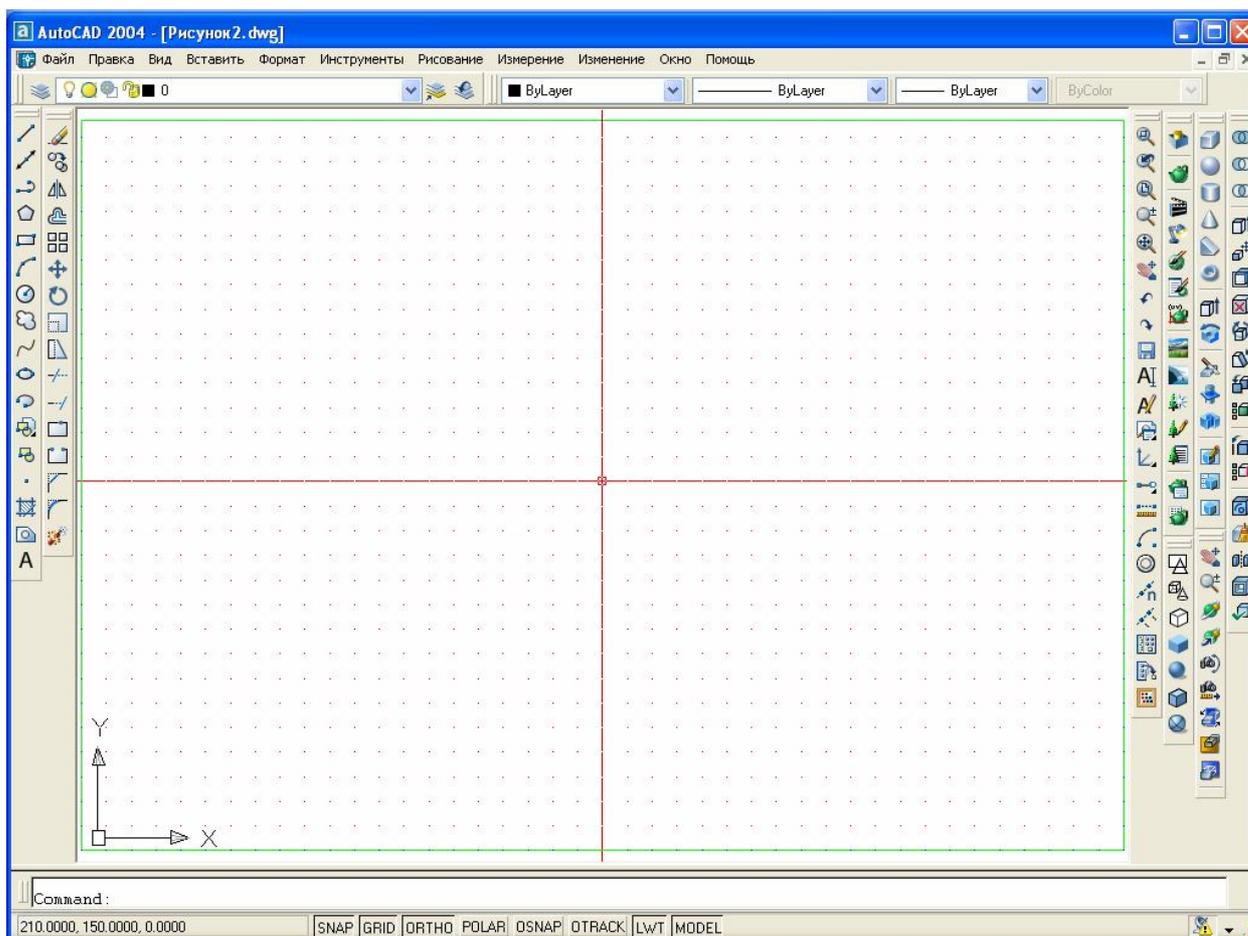


Рис. 1.1

**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 слева 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*

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, кроме декартовой и полярной, 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 поочерёдно 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. Более подробно с программой AutoCAD можно ознакомиться, например, в [3].

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 с ярлыком 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 «ОК» – 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 «ОК» – 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 «ОК» – 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 «Customize» (перенастраивать). Активизируйте подпанель «Toolbars» (инструменты) и уберите все флажки (значки вида «v»), подводя к каждому курсор и щёлкая левой клавишей мыши. Нажмите кнопку «Закреть» – 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» (переделять). Активизируйте подпанель «Toolbars» (панели инструментов). В появившемся окне «Панели инструментов» поставьте флажки около названий «3D орбита», «Изменение», «Правка тел», «Рендеринг», «Рисование», «Свойства», «Слой», «Тела» и «Тень». Нажмите кнопку «Заккрыть» – на экране появились панели инструментов (расположены хаотично). Передвиньте каждую из панелей инструментов на «своё 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» (переделять). Нажмите кнопку «Новый» – появилась «Новая панель». С помощью клавиатуры в окне «Имя панели» запишите название новой панели «Авторская» и щёлкните кнопкой «ОК» – появилась новая (пока пустая) панель инструментов. Активизируйте 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 – появилось падающее меню. Укажите курсором команду **Единицы** и щёлкните левой клавишей мыши – появилась панель «Drawing Units» (единицы измерения чертежа). С помощью кнопок вида «V» раскройте

поочерёдно 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) установить **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 «ОК» – чёрный цвет установлен.

Установите для шага и сетки значения 10. Заведите курсор в строку состояния, установите его на кнопке «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 «ОК» – 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 «ОК» – 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 специальных 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 «ОК» – 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 окне «Обновить вид при изменении UCS» установите флажок. Нажмите кнопку «ОК» – 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-А3» (цифры «11» позволят встать вашему шаблону в начале алфавитного списка многочисленных шаблонов AutoCAD и не позволят ему затеряться среди них, а запись «А3» 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-А3». 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 вдавните/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 вдавните/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 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 необходимые цифры желаемых шага и сетки. В малых окнах «Snap (F9)» и «Grid (F7)» поставьте флажки. Нажмите кнопку «ОК» – 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 вдавните/выдавните 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 притянуто 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. Плавно 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 отсекал вторую линию. Укажите первую линию и нажмите последовательно левую и правую клавиши мыши – запись в командной строке требует указать ту часть второй линии, которую желательнo 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 воображаемого 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 дальнейшего 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

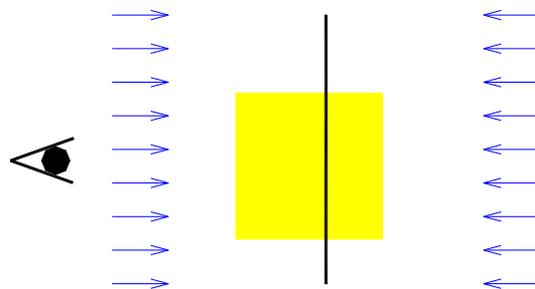


Рис.4.2

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).

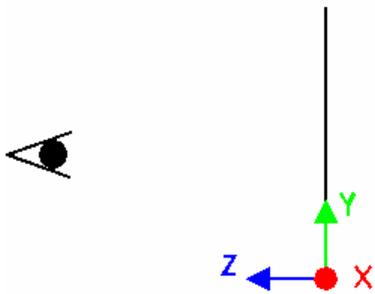


Рис. 4.3

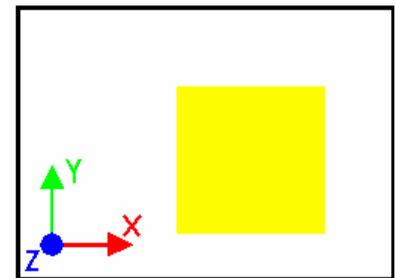


Рис. 4.4

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 конкретным установленным именованным видом AutoCAD. При установке вида «Верх» тест-куб визуализируется верхней 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 инициирован вид  «Тор» (верх) – отмечен синим цветом. Последовательно нажимают кнопки «Текущий» и «ОК» – вид сверху установлен. Можете попробовать устано-

вить 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 «Тор» (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 удаётся. Для дальнейшей работы следует иметь в виду: при установке названного вида «Тор» (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.*

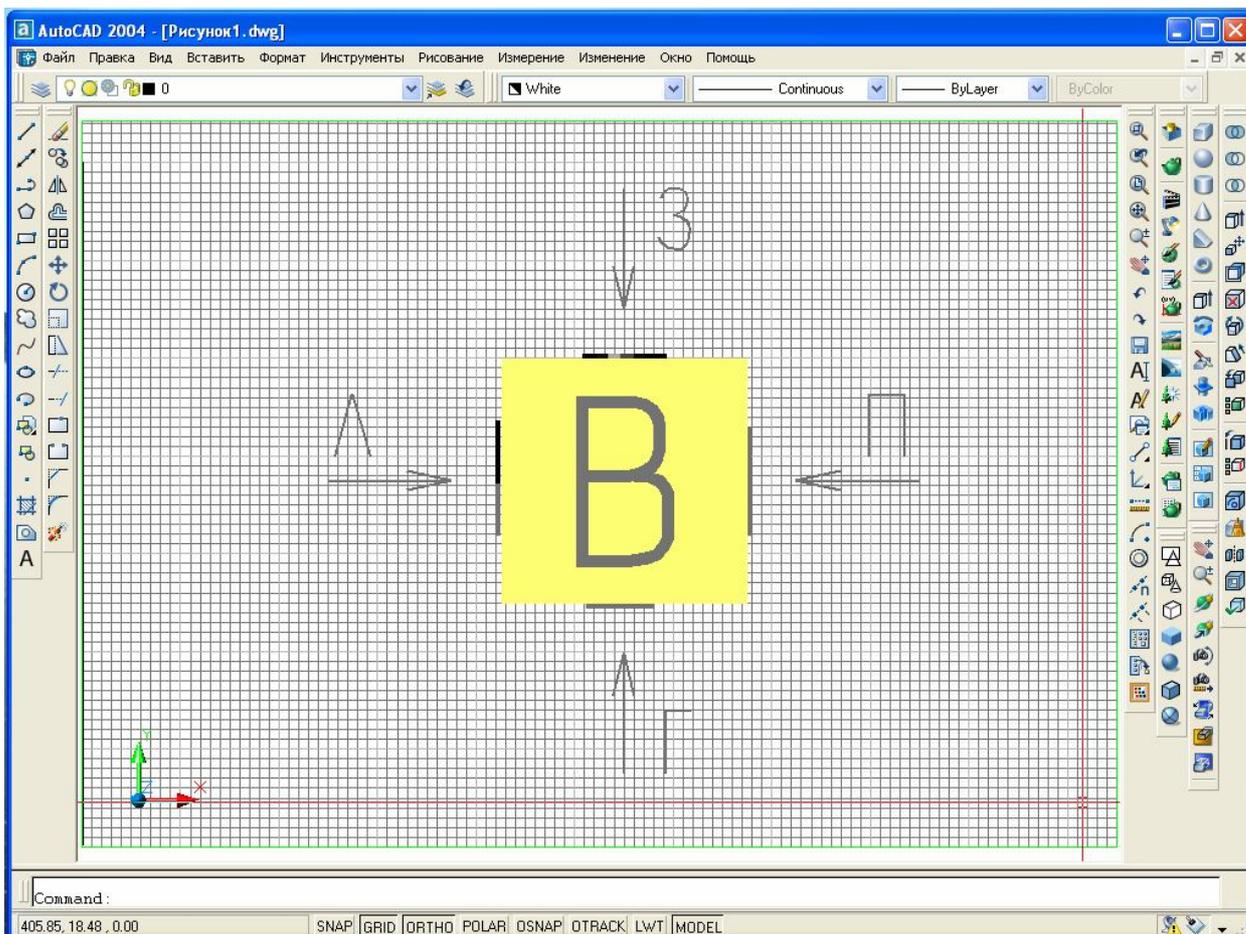


Рис. 4.5

Итак, представьте, что на плоскости XY, которая совпадает с плоскостью экрана, стоит тест-куб, на одной из граней которого изображена буква «В». 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 «В», 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

□ или □ янических 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.

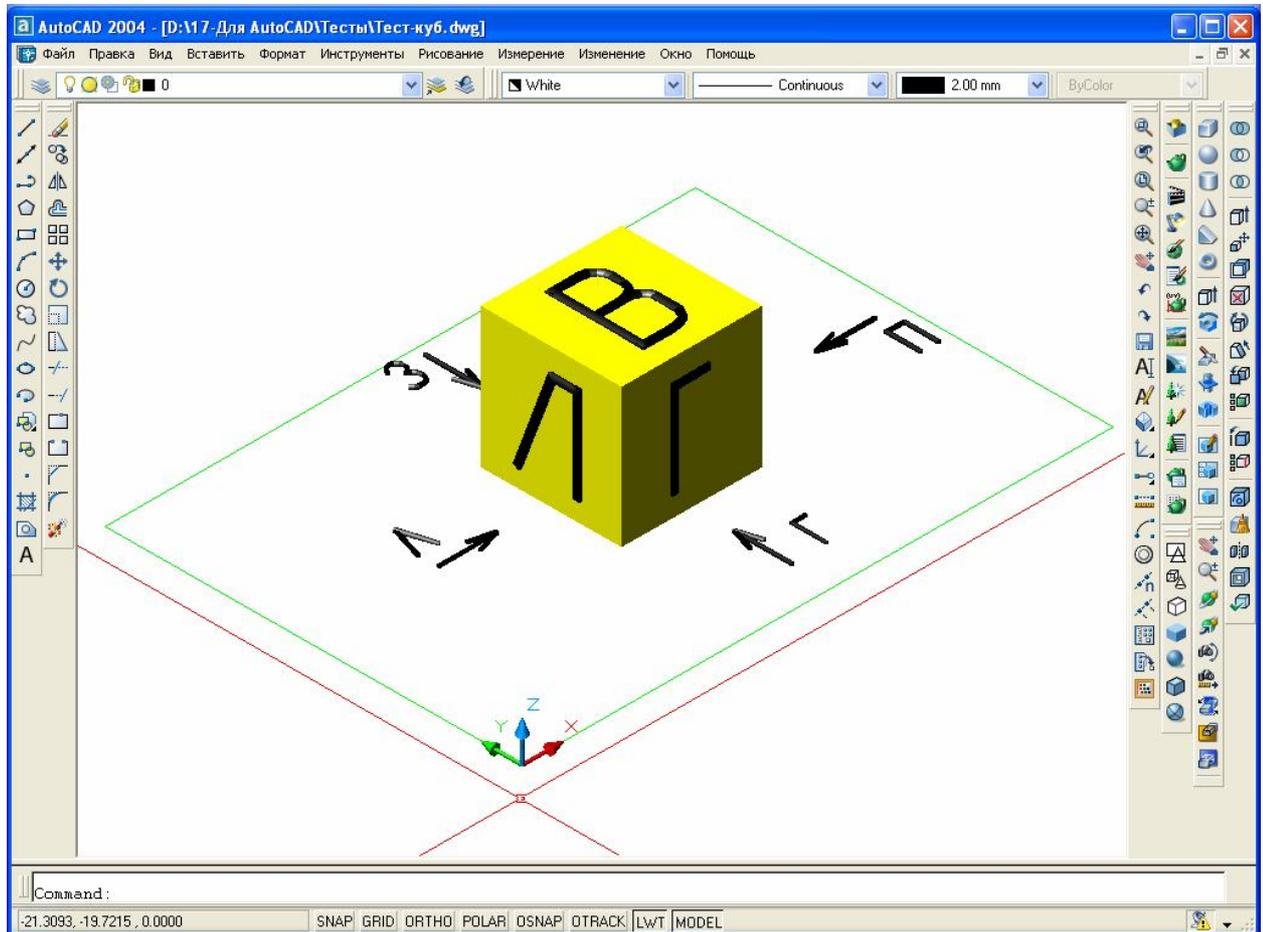


Рис. 4.6

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. Проведите 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 ломаной 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  и любую 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 «В». **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 «В» так: в первой панели инструментов щёлкните пиктограмму  «Полилиния» – запись в командной строке тре-

бует указать первую точку. Укажите первую точку буквы «В» и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку. Укажите вторую точку буквы «В» 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 или чая по мере надобности режимы шага, сетки и орто, вычертите на глаз букву «В», и в конце нажмите клавишу «Esc».

Внимание! Вычертив букву «В», 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, или 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 XU 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 $60 \times 100 \times 40$, у которого нижняя грань размерами 60×100 совпадает с координатной плоскостью XU 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 300×420 . 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 $100 \times 60 \times 40$ (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 требует 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, имеющихся 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.

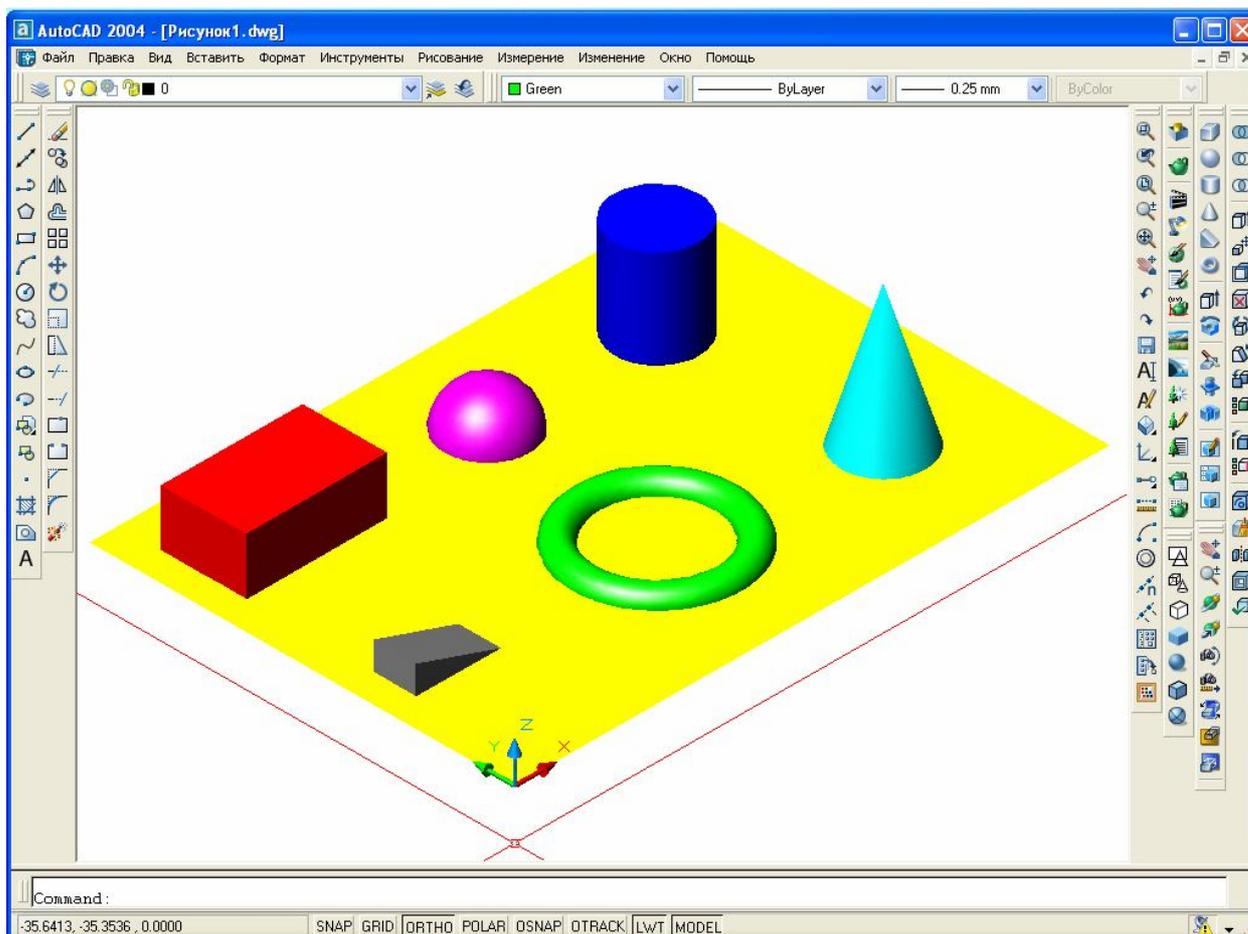


Рис. 6.1

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.

вание находится на плоскости ХУ 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 ХУ 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.

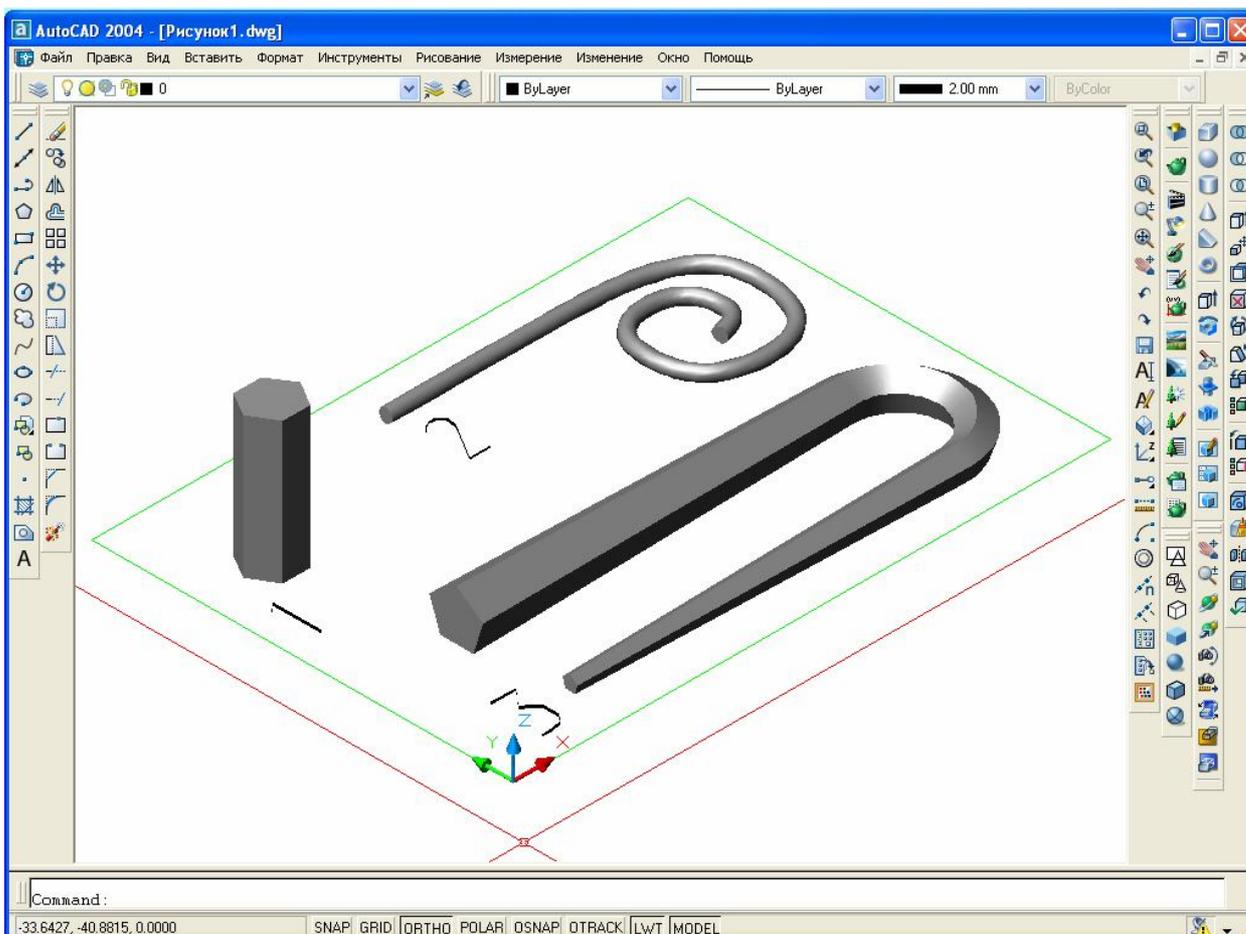


Рис. 6.2

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 ука-

зать 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 **I** 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 обра-

зует 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 видом 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.

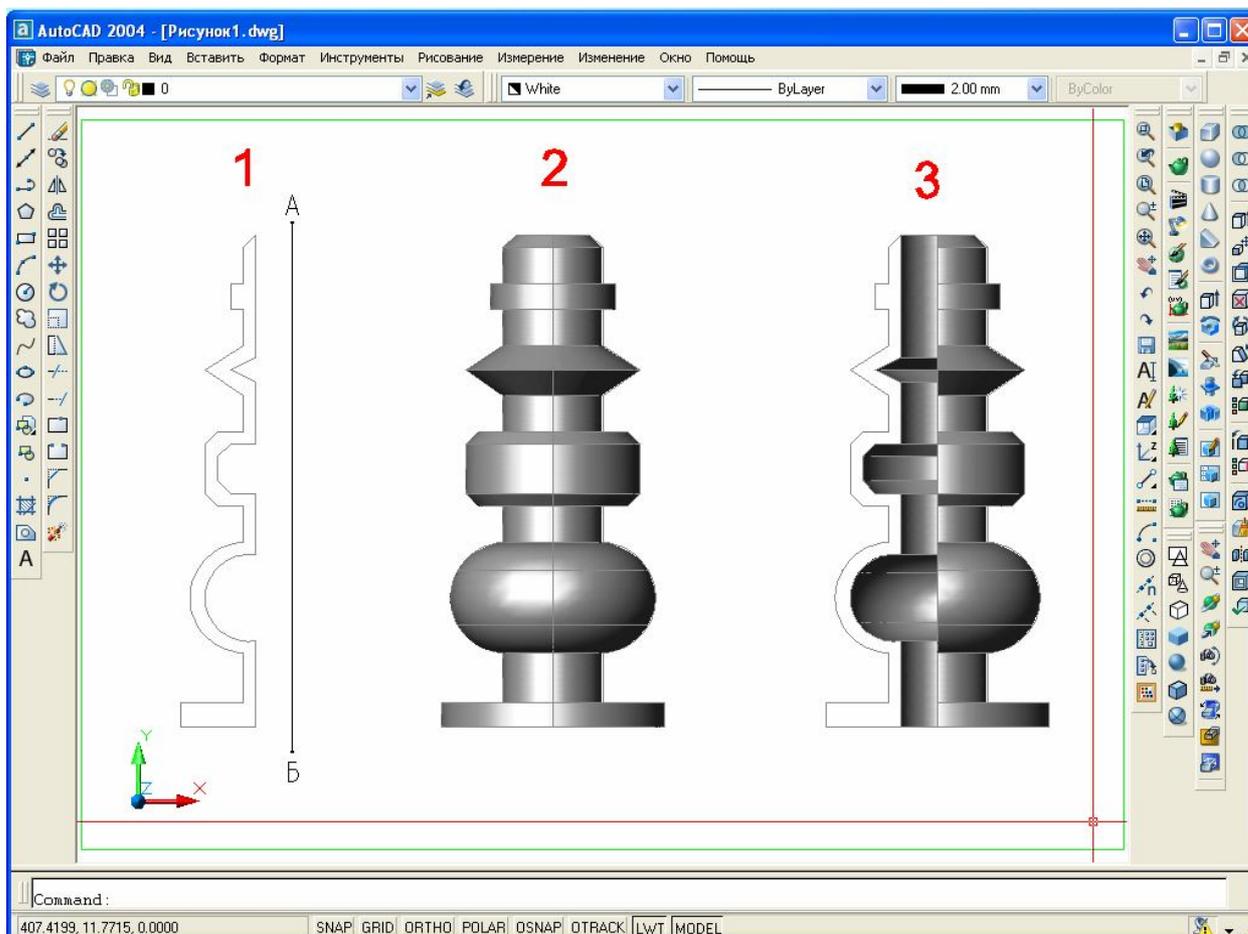


Рис. 6.3

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 «А») и нажмите левую клавишу мыши – запись в командной строке требует указать вторую точку оси вращения. Укажите вторую точку оси вращения (например, точку «В») 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 не-

зависимых друг от друга объекта, сближают их вплитык 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.

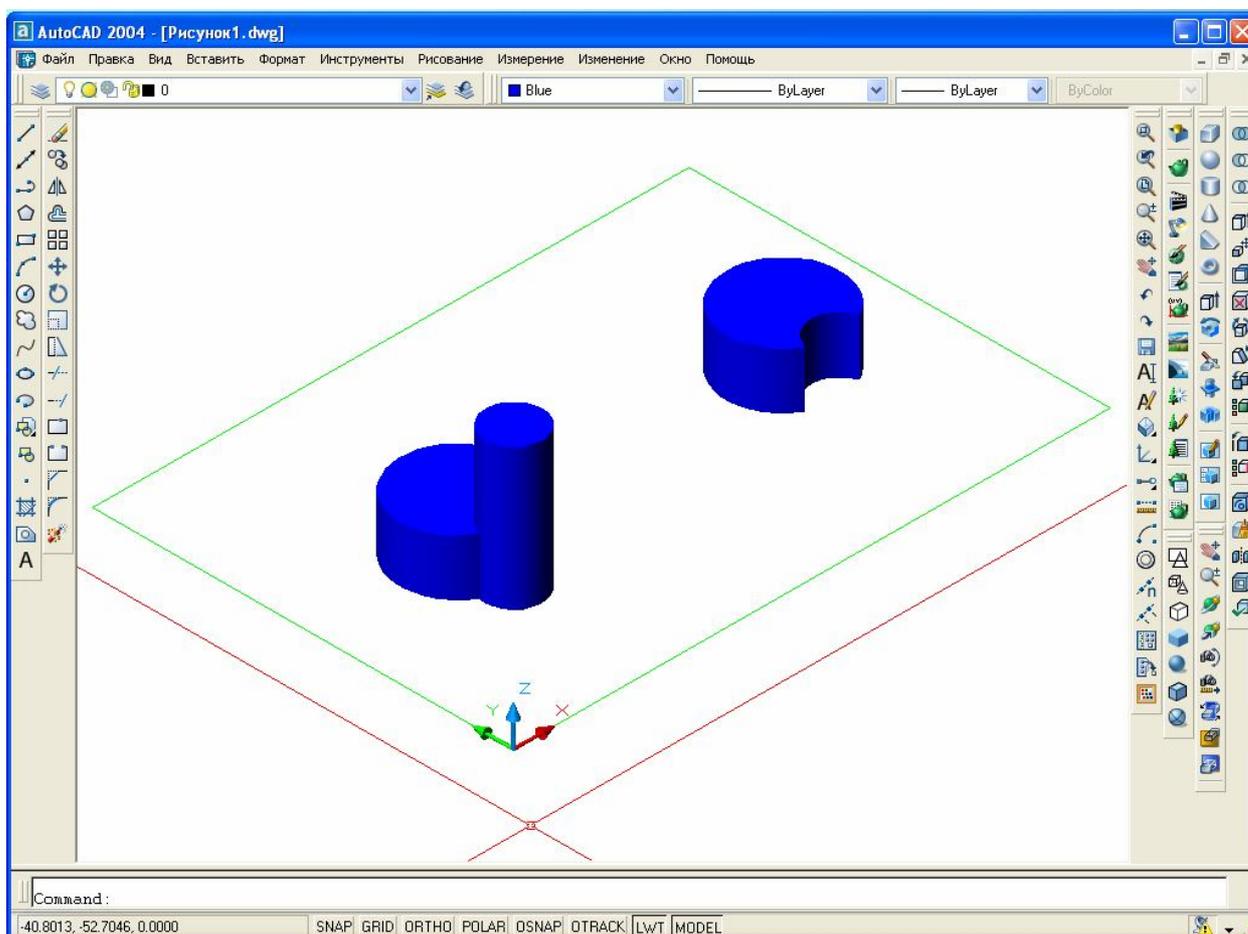


Рис. 6.4

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 командной 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). Прodelайте то же □имое 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).

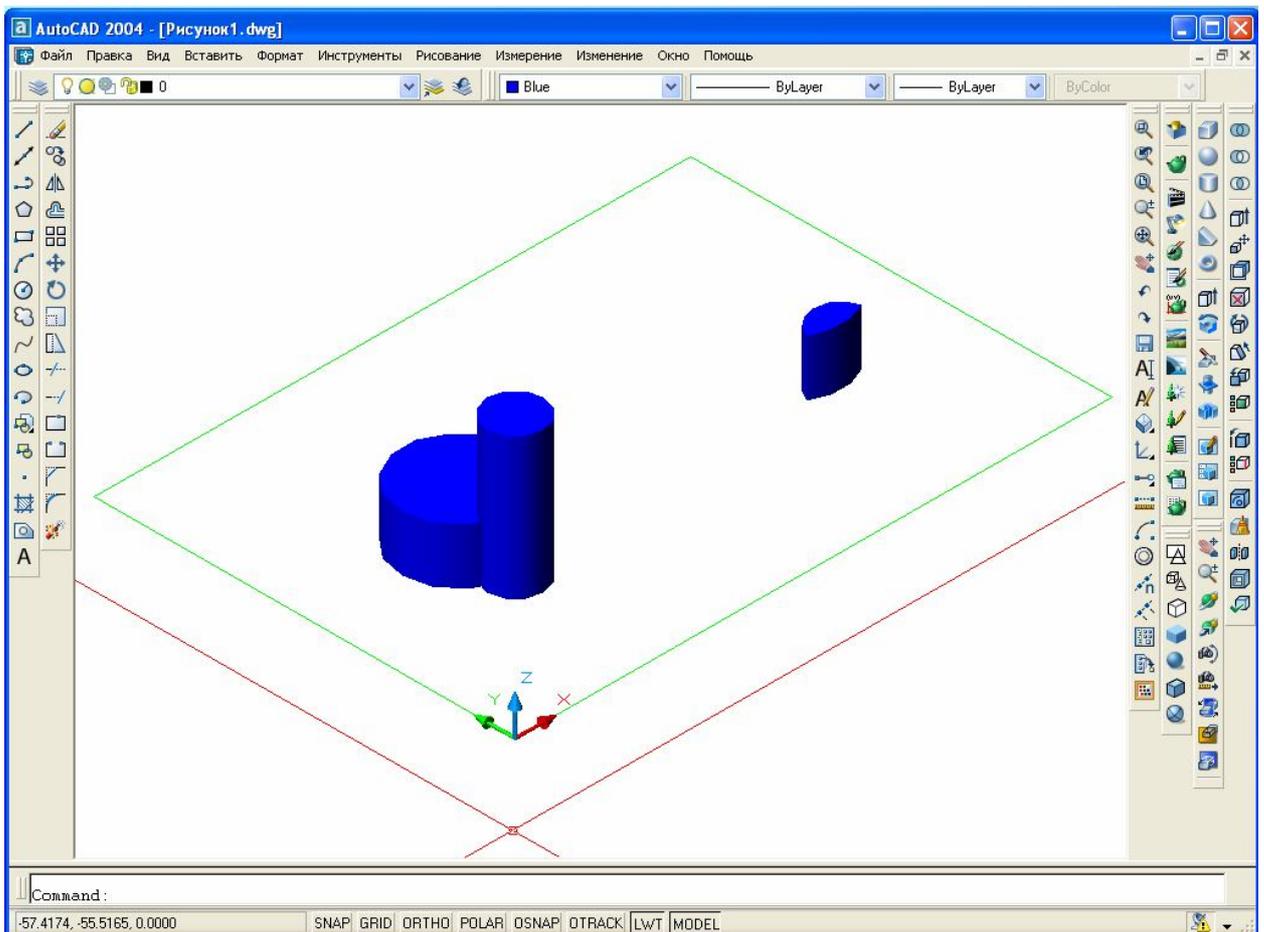


Рис. 6.5

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 значений 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.

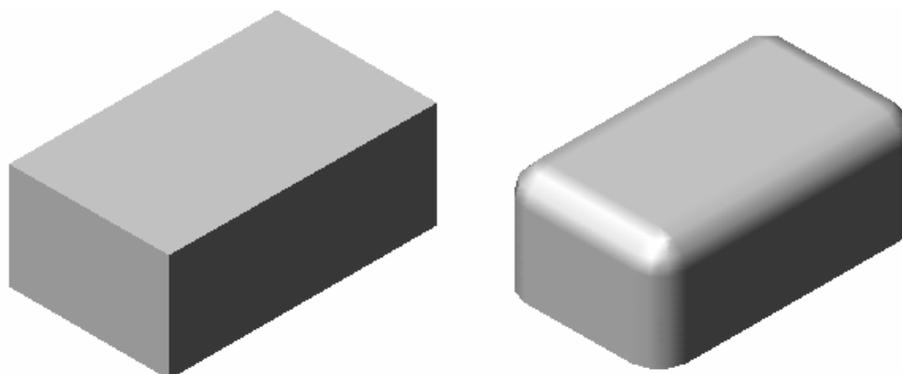


Рис. 7.1

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 значение 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.

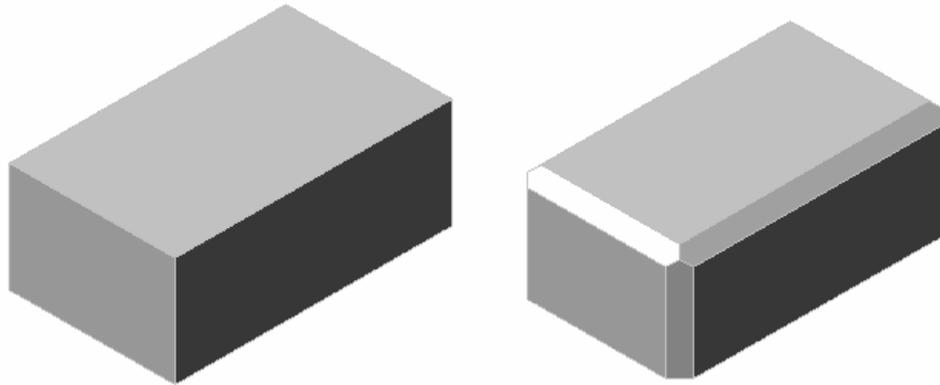


Рис. 7.2

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.

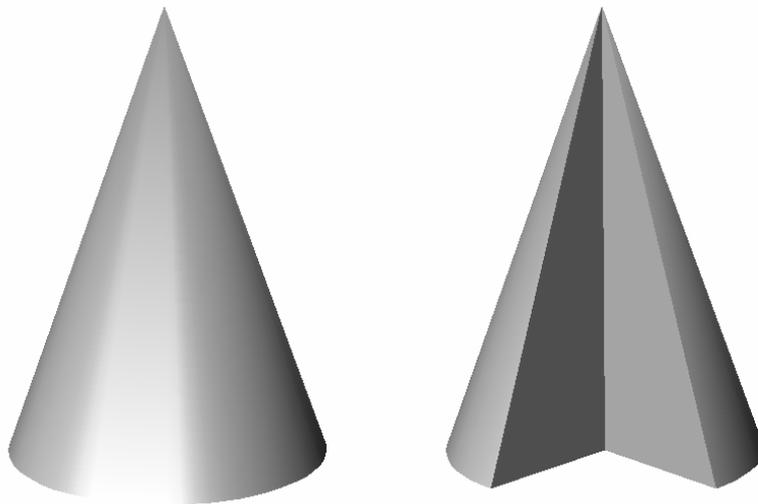


Рис. 7.3

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 расщепления объекта на две независимые части. Перейдите в режим расщепления объекта, для чего: в командной строке запишите **b** (keep Both sides – сохранить обе части) и нажмите клавишу «Enter» – тор расщеплён 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).

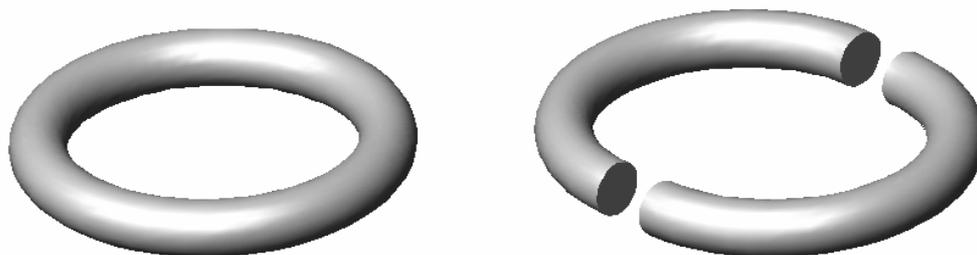


Рис. 7.4

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 вершиной 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 повёрнута, 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

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 «ОК» – 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 или янии го 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 «ОК» – появилась прежняя панель. Нажмите кнопку «ОК» – появилась другая панель. Ещё раз нажмите кнопку «ОК» – 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 модель, 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, разрешение 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 оконце «User» (пользователь) установите ключ (точку). В окне «Horiz» (горизонтальный) установите значение 4096, а в окне «Vert» (вертикальный) значение 3072. В оконце «Color Depth» (насыщенность цвета) установите ключ. В оконце «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 косоугой, 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 построения макета изделия

Задание. Построить макет конденсатора, изображенного на рис. 11.1. Размеры корпуса конденсатора: диаметр – 6 мм, длина – 18 мм, диаметр выводов – 0,5 мм, длина вывода – 8...15 мм, при этом «на глаз» торцы корпуса скруглить, выводы согнуть примерно так, как показано на рис. 11.1. Корпус конденсатора выполнить красным цветом, а выводы – серым («под металл»).

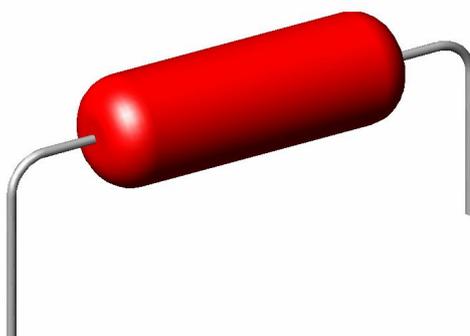


Рис. 11.1

11.1. Построение макета конденсатора

Построение макета конденсатора целесообразно осуществить несколькими последовательными этапами. Рассмотрим их подробно.

Этап первый. Проанализируем рис. 11.1 и хотя бы приблизительно наметим предполагаемую последовательность построения макета. Корпус конденсатора можно построить, используя метод вращения, для чего предварительно построим плоскую фигуру, а затем осуществим её вращение вокруг некоторой оси на 360° . Один из выводов построим, используя метод выдавливания, для чего предварительно создадим круг диаметром 0,5 мм и вычертим путь, по которому осуществим выдавливание. Вторым выводом построим, используя пиктограмму «Зеркало» - зеркально первому создадим второй вывод. В заключение корпусу придадим красный цвет, а выводам – серый (до этого все построения будем вести чёрным цветом – для более чёткой и удобной визуализации).

Этап второй. Сделаем все необходимые установки, чтобы оптимально использовать всю площадь рабочего поля, обеспечить точность и комфортность построения фигур. Учитывая габариты конденсатора, с помощью команд **Формат** и **Лимиты** установим размеры рабочего поля 30 x 25 мм (ширина, высота), шаг и сетку установим равными 1 мм, ширину линии – 0,25 мм, цвет – чёрный. Включим шаг и сетку, максимально развернём рабочее поле, используя пиктограмму «Зуммирование – Всё».

Этап третий. В верхней части рабочего поля примерно в центре строим прямоугольник размерами 3 x 18 (здесь и везде далее запись «мм» опускаем,

так как везде используется размерность «миллиметры» - так принято в ЕСКД). Далее два верхних угла скругляем радиусами 2, используя пиктограмму «Сопряжение» (если угол не скругляется, постройте заново прямоугольник, выбрав другую начальную точку его построения). Построенный контур превращаем в плоскость, используя пиктограмму «Область». Полученная плоская фигура показана на рис. 11.2 (здесь и далее рисунки увеличены).

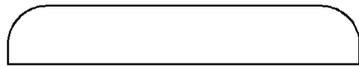


Рис. 11.2

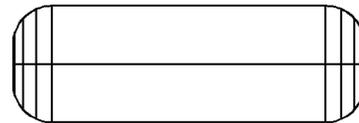


Рис. 11.3

Этап четвёртый. Используя пиктограмму «Вращать», приняв за ось вращения нижнюю линию фигуры рис. 11.2, строим фигуру вращения – см. рис. 11.3. Корпус макета конденсатора построен.

Этап пятый. Начинаем строить первый вывод. Вспоминаем, что для его построения надо построить круг, линию (путь) и дать команду выдавить круг вдоль этой линии. Для построения исходного круга вывода переустановим активную плоскость таким образом, чтобы она проходила через крайнюю левую точку оси вращения корпуса конденсатора, и эта ось была бы перпендикулярна данной активной плоскости. Для начала дадим команды **Сервис, Именованные ПСК, Режимы** и в окне «Вид в плане при смене ПСК» установим флажок, если он там отсутствовал. Щёлкаем «ОК». Находим и щёлкаем пиктограмму «ПСК Z ось», при включённом шаге указываем крайнюю левую точку оси корпуса конденсатора и щёлкаем левой клавишей мыши, сдвигаем курсор строго влево и снова щёлкаем левой клавишей мыши – корпус конденсатора поворачивается к нам торцом – установлена новая ПСК. Нулевая точка осей XYZ находится в центре корпуса конденсатора на его оси – см. рис. 11.4 (масштаб увеличен). Ось Z направлена в сторону или дателя.

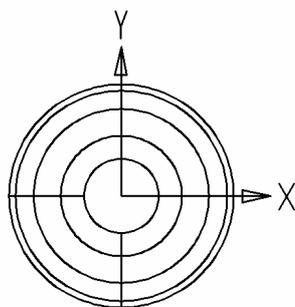


Рис. 11.4

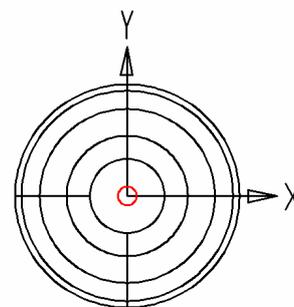


Рис. 11.5

Этап шестой. В нулевой точке осей XYZ строим круг диаметром 0,5. Для облегчения построения установим шаг и сетку 0,25 и с помощью  или  яниимы «Зуммирование – Рамка» увеличим место построения. С помощью пиктограммы «Область» превращаем окружность в плоский круг – см. рис. 11-5 (для лучшей визуализации выполнен красным цветом).

Этап седьмой. Возвращаемся к первоначальному виду сверху и от ПСК – к мировой системе координат МСК. Находим и щёлкаем пиктограммы «МСК» и «Вид сверху» - см. рис. 11.6. Как видно, рис. 11.6 визуально ничем не отличается от рис. 11.3, но на самом деле в левой центральной части находится сделанный нами в предыдущем шаге плоский круг, который выполнен нами красным цветом (если бы он был выполнен чёрным цветом, мы его не увидели бы).



Рис. 11.6

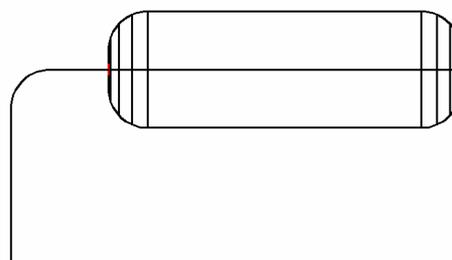
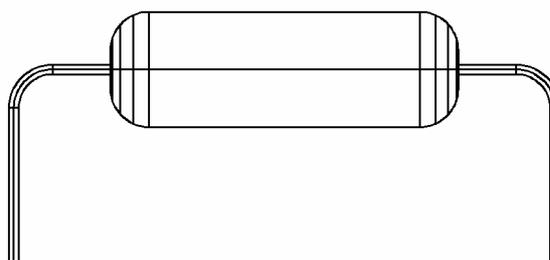
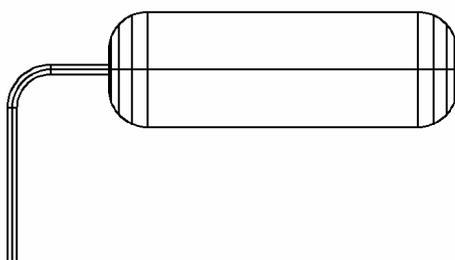


Рис. 11.7

Этап восьмой. Построим линию, которая станет направляющей (путём) для выдавливания круга и получения первого (левого) вывода конденсатора. Используя пиктограмму «Полилиния», строим сначала ломаную линию с прямым углом (5 – по горизонтали и 10 по вертикали), а затем скругляем прямой угол радиусом 2 с помощью пиктограммы «Сопряжение» - см. рис. 11.7.

Этап девятый. Используя пиктограмму «Выдавить» и указав путь (траекторию) выдавливания (линию, построенную в предыдущем этапе), строим первый (левый) вывод конденсатора – см. рис. 11.8.



Этап десятый. Для облегчения предстоящего построения переустановим шаг и сетку с 0,25 на 1. Включим шаг и сетку. Используя пиктограмму «Зеркало» и указав ось (воображаемую), которая делит корпус вертикальной линией строго пополам, строим правый вывод – см. рис. 11.9.

Этап одиннадцатый. Переустановим чёрный цвет выводов на серый, а чёрный цвет корпуса конденсатора – на красный, см. рис. 11.10.



Рис. 11.10

Этап двенадцатый. Используя различные именованные виды и пиктограмму «3М орбита», просмотрите построенный макет с различных точек зрения, например, – рис. 11.1. Запишите макет в файл. Построение макета конденсатора закончено.

12. Построение модели детали

Построим модель некоторой детали под названием «Корпус». Конструкцию корпуса будем создавать последовательно, каждый раз ставя конкретные задачи. Короче, будем «изобретать» новое изделие. Как и в предыдущем разделе, построение проведем поэтапно.

Этап первый. Выберем габариты конструируемого корпуса, например, 148 x 92 x 88 (длина, ширина, высота). Учитывая эти габариты, установим лимиты рабочего поля AutoCAD, например, 420 x 297 (размеры формата А3). Шаг и сетку установим 2, включаем сетку и шаг.

Этап второй. Пусть корпус имеет цилиндр диаметром 48 и высотой 88. Строим цилиндр на рабочем поле AutoCAD (пока в любом месте), для чего устанавливаем вид сверху, синий цвет (для лучей визуализации) и используем пиктограмму «Цилиндр».

Этап третий. Строим параллелепипед размерами 124 x 48 x 68 (длина, ширина, высота) таким образом, чтобы левая его грань совпадала с центральной осью и осью вращения построенного цилиндра так, как показано на рис. 12.1* – на изометрической проекции модели. Для построения параллелепипеда используем пиктограмму «Ящик».

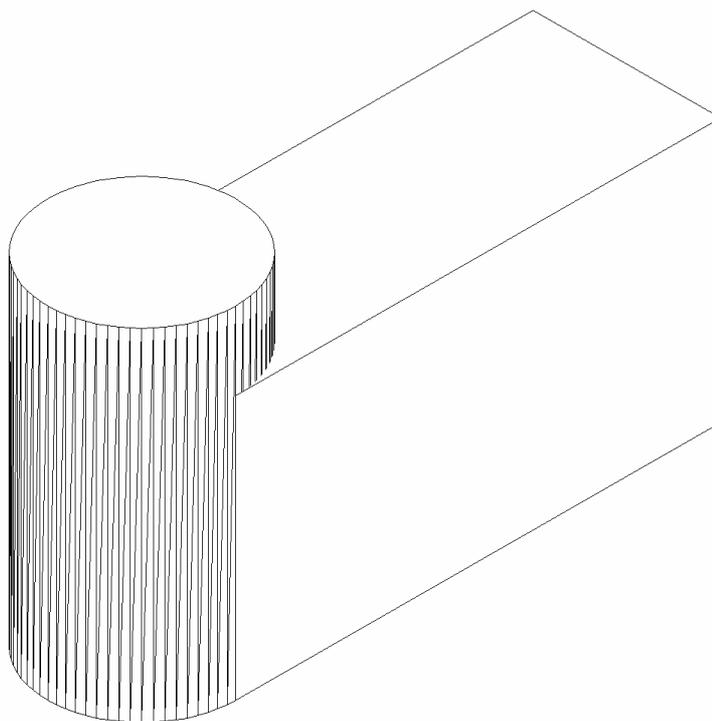


Рис. 12.1

**Примечание: с целью облегчения и удешевления печати учебного пособия (экономии красителя картриджа принтера), некоторые модели большого размера в учебном пособии показаны нераскрашенными. При визуализации их на экране дисплея во время их построения они, естественно, могут быть закрашены в любой цвет, в том числе синий.*

Этап четвёртый. Скруглим параллелепипед радиусом 48 в районе дальнего вертикального ребра – см. рис. 12.2. Скругление осуществим, используя пиктограмму «Сопряжение» и выполняя указания командной строки.

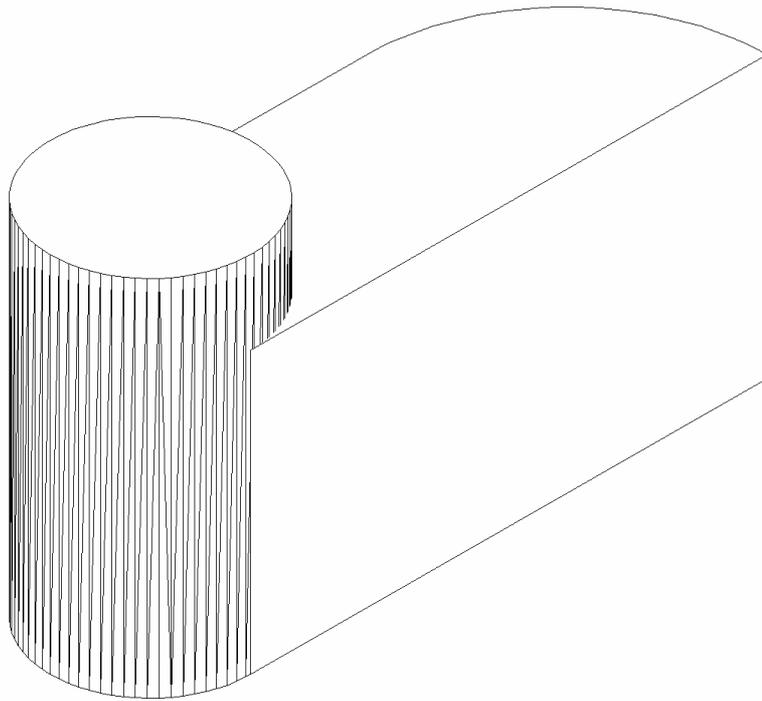


Рис. 12.2

Этап пятый. К передней грани параллелепипеда справа приставим призму с размерами 44 х 44 х 88 – см. рис. 12.3. Для построения призмы используем пиктограмму «Ящик».

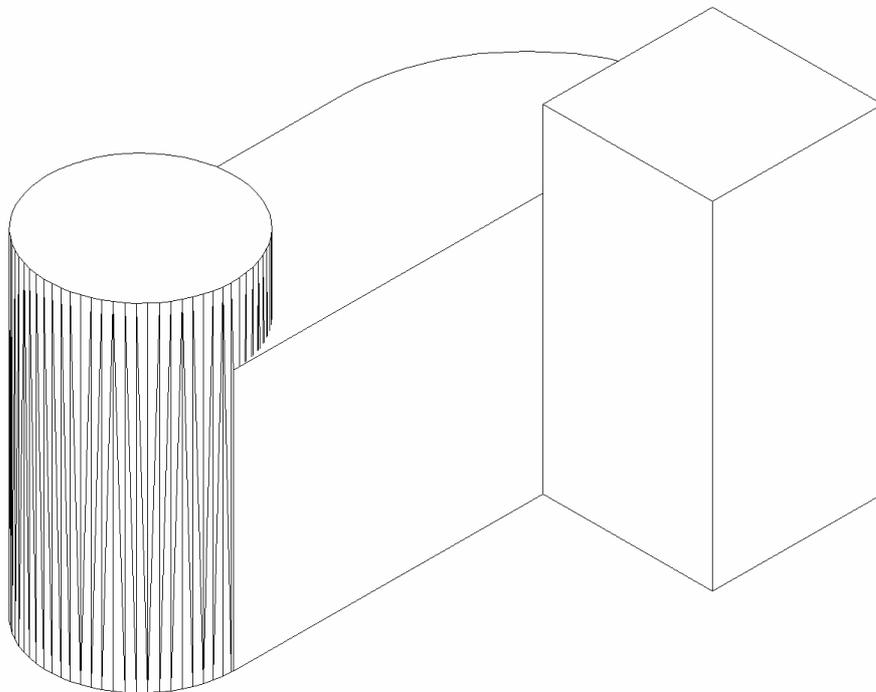


Рис. 12.3

Этап шестой. Между передней гранью параллелепипеда и призмой снизу установим ребро жесткости высотой 10, при этом длины граней, которые прилегают к граням параллелепипеда и призмы равны 44 – см. рис. 12.4. Ребро жесткости строим так: устанавливаем вид сверху, с помощью или янимы «Полилиния» строим прямоугольный треугольник с одинаковыми катетами длиной 44, с помощью пиктограммы «Область» превращаем треугольник в плоскую фигуру, с помощью пиктограммы «Выдавить» выдавливаем плоский треугольник на высоту 10 (угол схождения/расхождения граней оставляем по умолчанию равным 0).

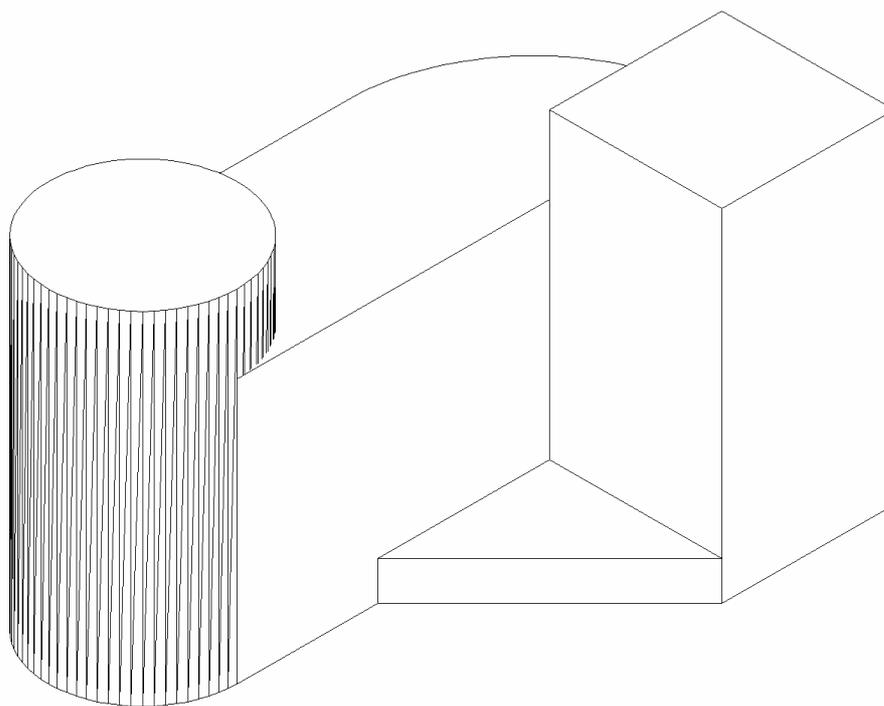


Рис. 12. 4

Этап седьмой. Внутри цилиндра сделаем сквозное отверстие с переменными диаметрами – с диаметрами 16, 32 и 40 – см. рис. 12.5, где сделан вырез одной четвёртой части цилиндра (только временно – для удобства визуализации).

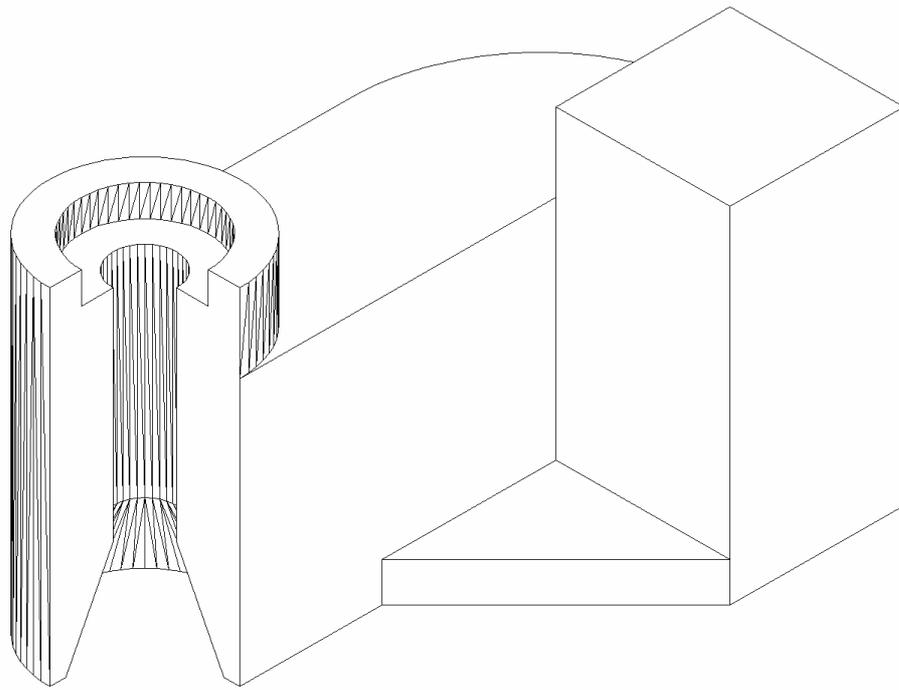


Рис. 12.5

Построение отверстия производим следующим образом: устанавливаем вид сверху, с помощью пиктограммы «ПСК Z ось» устанавливаем нулевую точку ПСК в центр окружности цилиндра и сдвигаем курсор строго вниз – появился вид, показанный на рис. 12.6*.

Примечание: если вид не изменился, то это значит, что не установлен флажок в окне «Вид в плане при смене ПСК». Установите этот флажок, для чего последовательно дайте команды: **Сервис – именованные ПСК – режимы и заново выполните седьмой этап.*

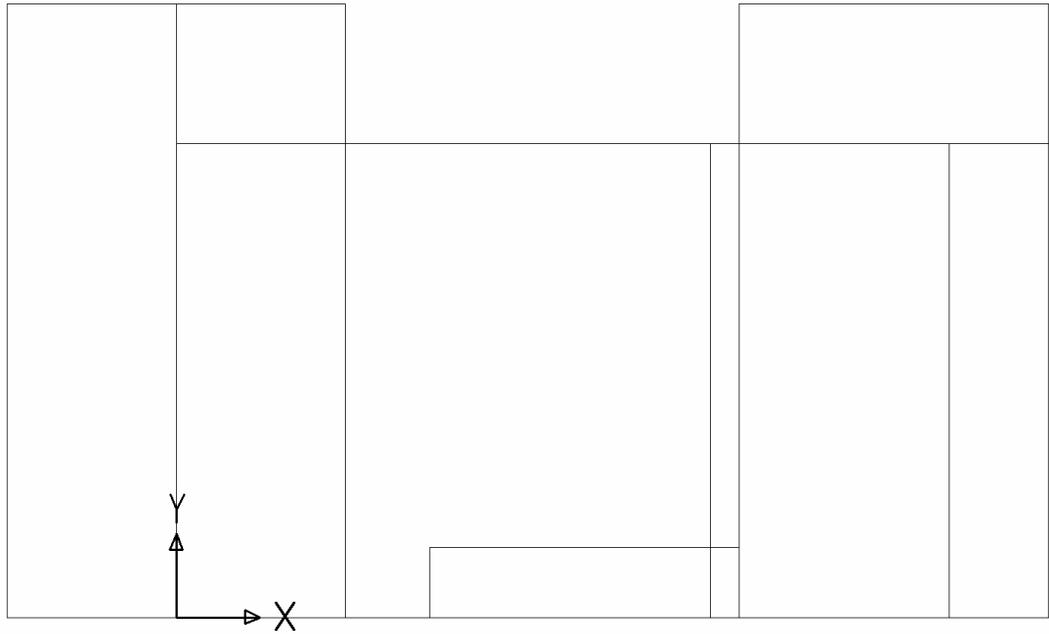


Рис. 12.6

Рис. 12.6 показывает, что активная плоскость проходит через ось вращения цилиндра и параллельна координатной плоскости XY. В активной плоскости с помощью пиктограммы «Полилиния», не забыв включить шаг и сетку размерами 2, строим контуры фигуры А с принятыми нами размерами – см. рис. 12.7. Для лучшей визуализации фигура А выполнена красным цветом.

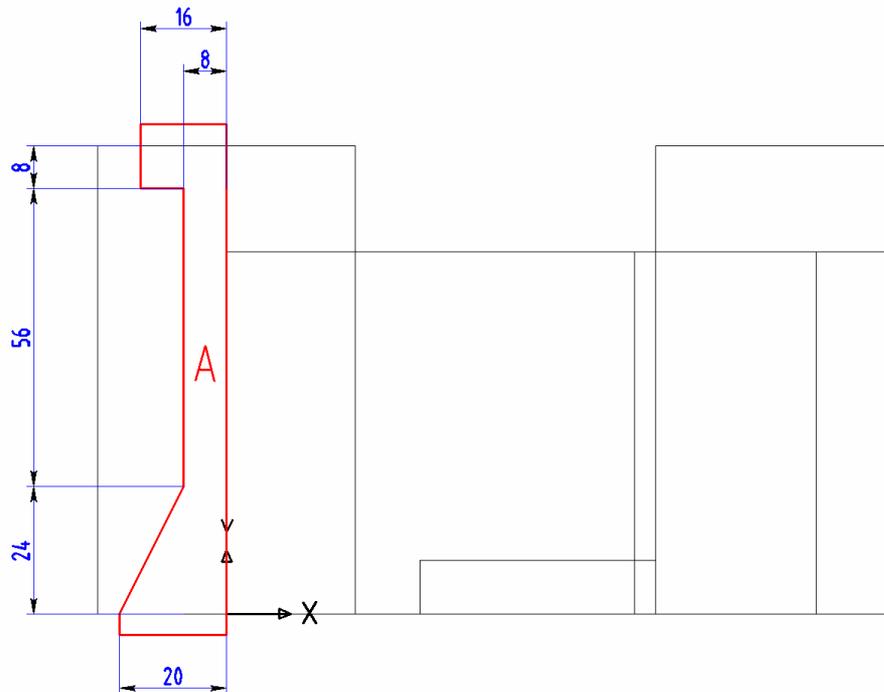


Рис. 12.7

С помощью пиктограммы «Область» превращаем контур А в плоскую фигуру А. Используя пиктограмму «Вращать» превращаем плоскую фигуру А в тело вращения сложной формы*. С помощью пиктограммы «Вычитание» вычитаем из цилиндра и параллелепипеда полученную сложную фигуру и получаем отверстие заданной нами формы – рис. 12.5 и 12.8.

**Примечание: цвет сечения основной фигуры обуславливается цветом вычитаемой (вспомогательной) фигуры, поэтому, если надо получить цвет сечения одинаковым с цветом основной фигуры, то цвет вычитаемой должен соответствовать цвету основной фигуры.*

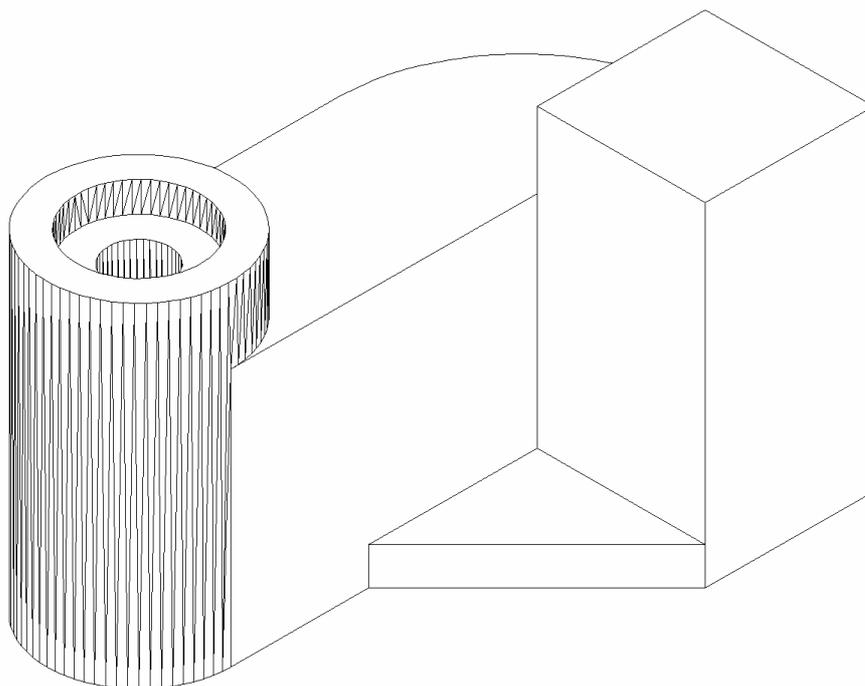


Рис. 12.8

Этап восьмой. Продолжим конструирование корпуса и выполним сквозное отверстие сложной формы в призматической её части. Установим вид сверху. С помощью пиктограммы «Ящик» в центре призмы построить вспомогательную призму размерами 28 x 28 x 88 и вычтем её из основной призмы стойки.

Далее, набрав в командной строке **уровень**, установим уровень 80, а высоту оставим «по умолчанию», т. е. 0. С помощью пиктограммы «Прямоугольник» в центре призмы построим вспомогательный прямоугольник с такими же размерами, как прямоугольное отверстие в призме. С помощью пиктограммы «Область» сделаем вспомогательный прямоугольник прямоугольной плоскостью и с помощью пиктограммы «Выдавить» выдавим его на высоту 8 и указав угол расхождения граней -45° (минус 45°). – получили усечённую пирамиду. Установим вид спереди и с помощью пиктограммы «Вычитание» вычтем усечённую пирамиду из призмы – получили в призме отверстие слож-

ной формы, см. рис. 12.9 (произвольная аксонометрическая проекция) и рис. 12.10 (изометрическая проекция).

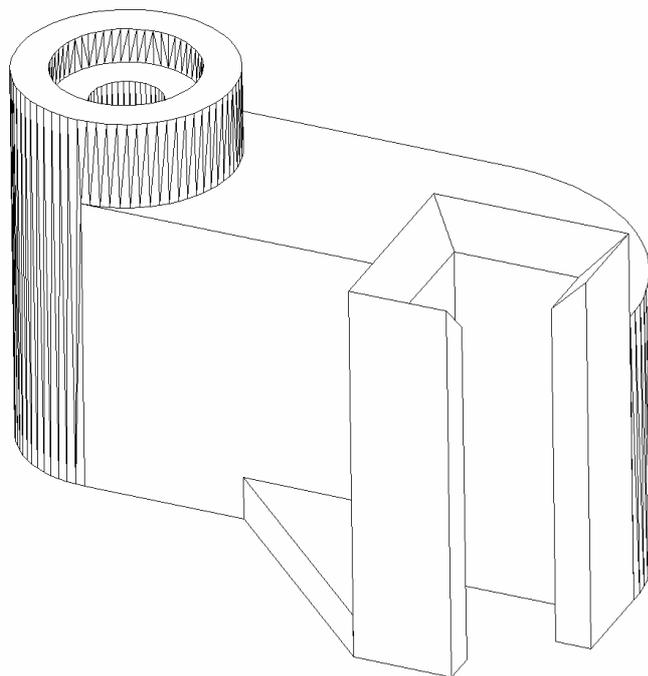


Рис. 12.9

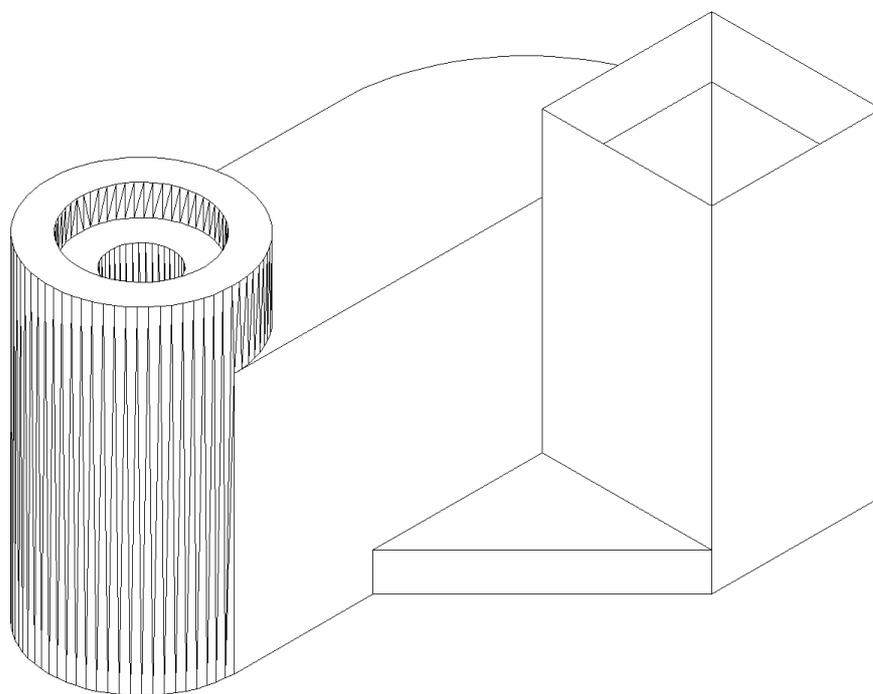


Рис. 12.10

Этап девятый. Продолжим усложнение конструкции корпуса. В стенке призмы, к которой прилегает ребро жесткости, сделаем сквозное отверстие

диаметром 16, центр этого отверстия расположим в середине стенки призмы на высоте 52. Установим вид сверху – рис. 12.11. С помощью пиктограммы «ПСК Z ось» устанавливаем новое местоположение активной плоскости, для чего указываем курсором новое местоположение нулевой точки осей XYZ в точке А, сдвигаем курсор точно влево, показывая новое направление оси Z, щёлкаем левой клавишей мыши – появился вид слева*, см. рис. 12.12.

Примечание: если вид не изменился, то это значит, что не установлен флажок в окне «Вид в плане при смене ПСК». Установите этот флажок, для чего последовательно дайте команды: **Сервис – именованные ПСК – режимы и заново выполните седьмой этап.*

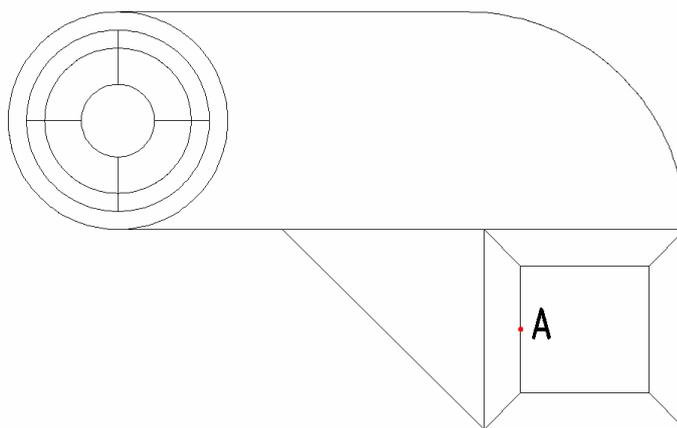


Рис. 12.11

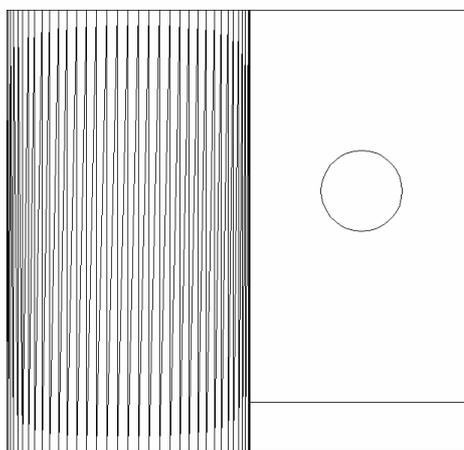


Рис. 12.12

Отверстие построено так: с помощью пиктограммы «Цилиндр» построили вспомогательный цилиндр диаметром 16 и высотой 8, с помощью пиктограммы «Вычитание» вычли вспомогательный цилиндр из стенки призмы. Конструкцию усложнили – рис. 12.13.

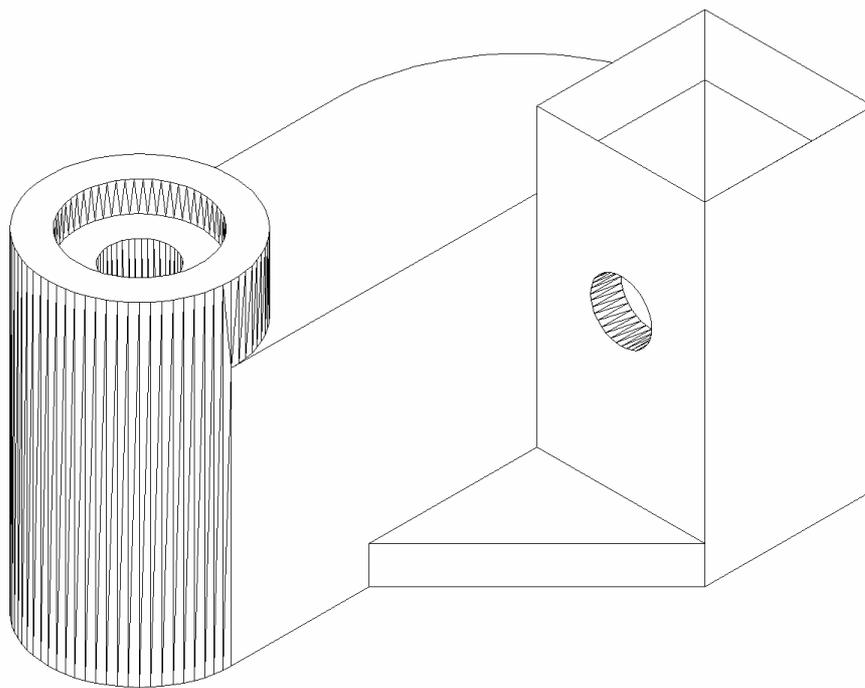


Рис. 12.13

Этап десятый. Выполним последнее усложнение конструкции нашего корпуса – создадим цилиндрическое углубление в центральной его части, см. рис. 12.14.

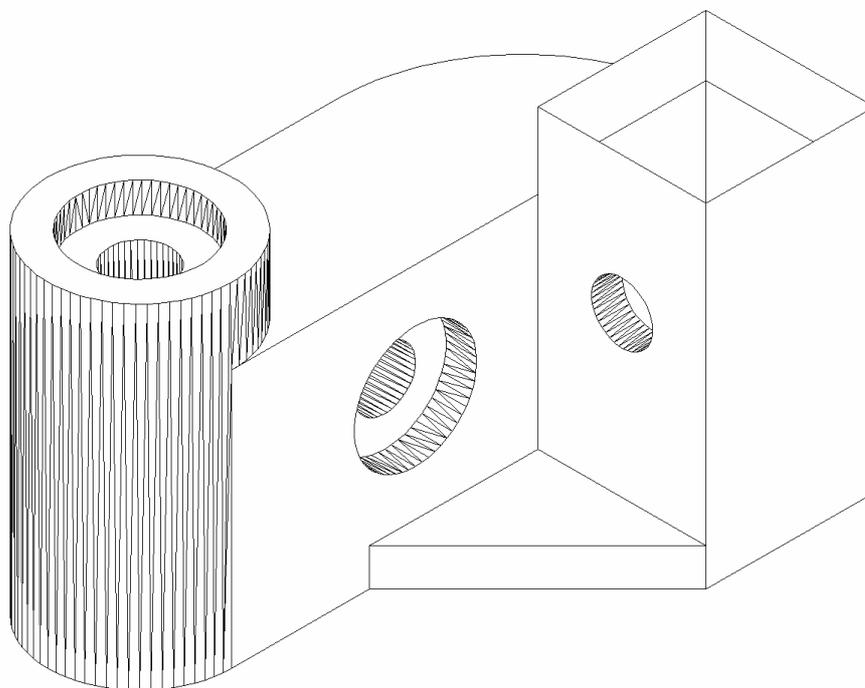


Рис. 12.14

С помощью рис. 12.15 и 12.16 поясним последовательность построения указанного выше углубления. Устанавливаем вид сверху – рис. 12.15. С помощью пиктограммы «ПСК Z ось» указываем курсором точку А, щёлкаем

левой клавишей мыши, сдвигаем курсор строго влево и щёлкаем левой клавишей мыши – появился вид слева, см. рис. 12.16.

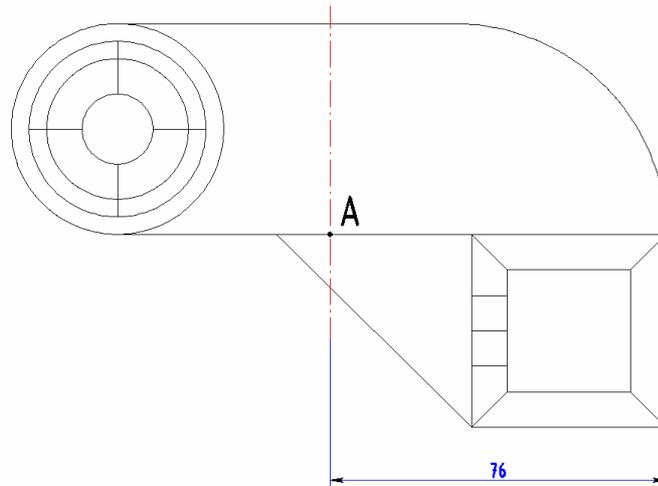


Рис. 12.15

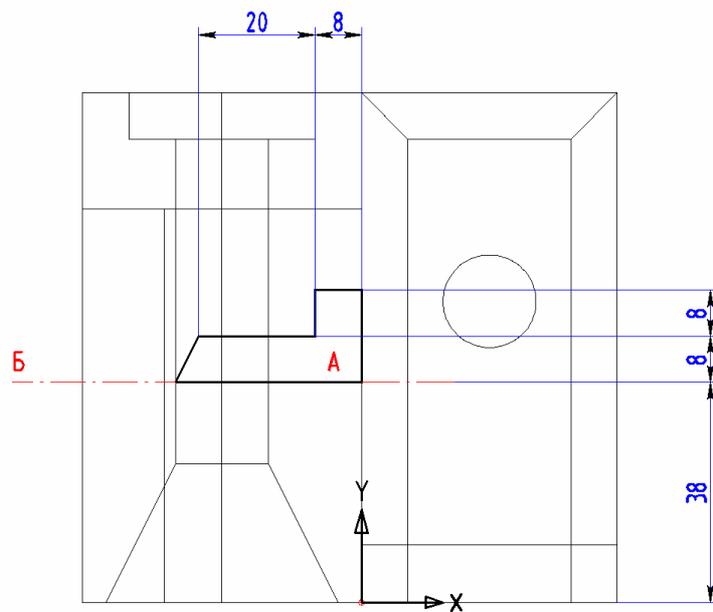


Рис. 12.16

Используя пиктограмму «Полилиния», строим контур замкнутой фигуры А согласно выбранными нами размерам. С помощью пиктограммы «Область» превращаем замкнутый контур фигуры А в плоскую фигуру А. Используя пиктограмму «Вращать», создаём тело вращения, которое затем вычитаем из корпуса с помощью пиктограммы «Вычитание». Готовая модель корпуса показана на рис. 12.17.

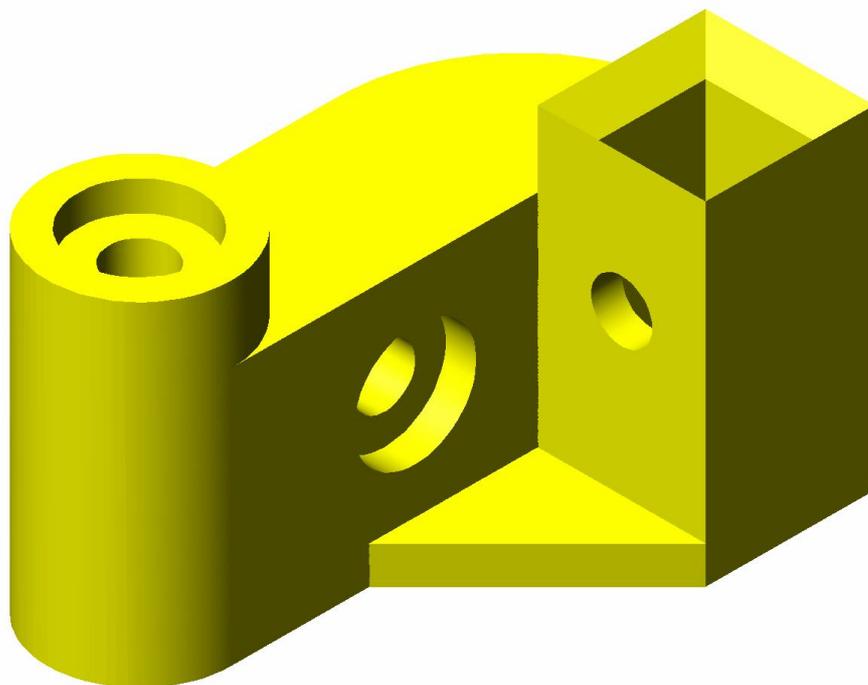


Рис. 12.17

Модель корпуса, выполненная в масштабе 1:1, полностью передаёт форму и размеры корпуса, а файл с записью этой модели может явиться программой при изготовлении корпуса на соответствующем станке-автомате. Кроме того, на основе этой модели, при необходимости, могут быть выполнены чертежи корпуса в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Корпус является деталью, т. к. выполнен из однородного материала без применения сборочных операций.

13. Построение модели сборочной единицы

Сборочная единица может состоять из двух, трёх или большего количества деталей и других сборочных единиц, т. е. в сборочную единицу могут входить и другие сборочные единицы. Например, в радиоприёмник (сборочную единицу) могут входить крышка (деталь), трансформатор (сборочная единица), винт (деталь), потенциометр (сборочная единица) и т. д. Например, в модели радиоприёмника, созданной автором (рис. 13.1 и 13.2), имеется около полусотни моделей деталей, моделей или макетов сборочных единиц. С другими моделями радиотехнических и электротехнических изделий можно ознакомиться, например, в [4].

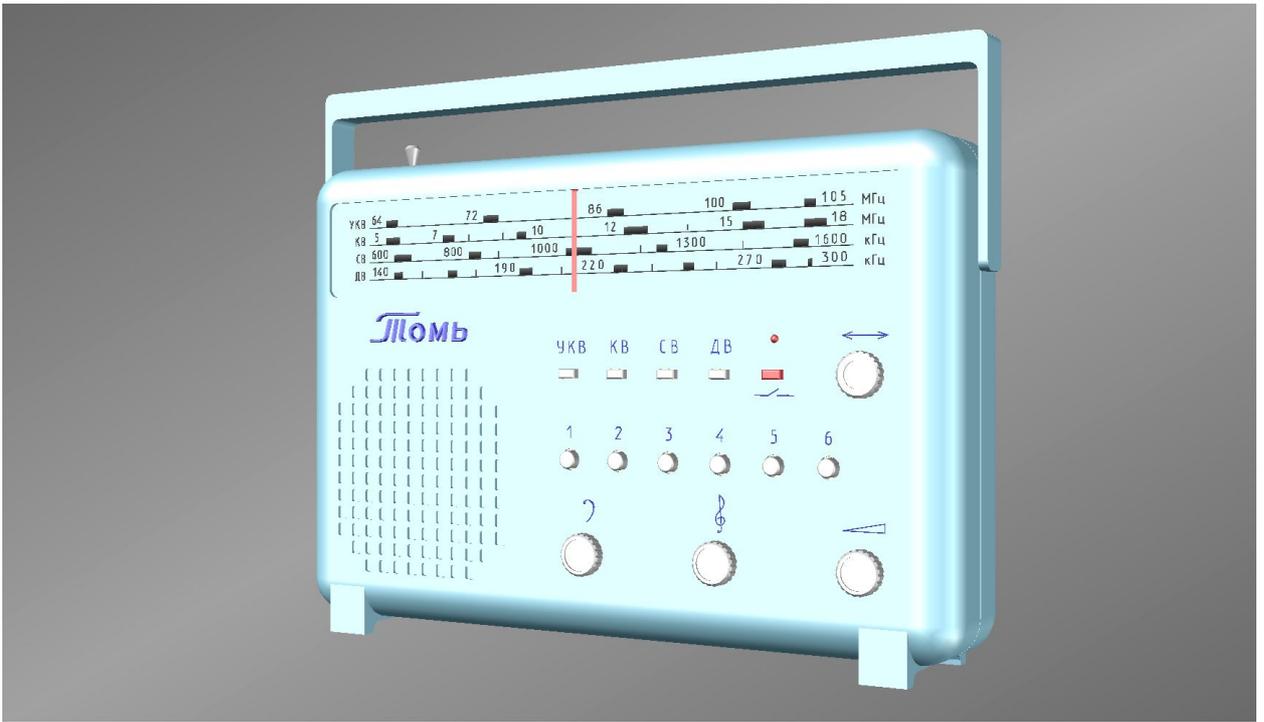


Рис. 13.1

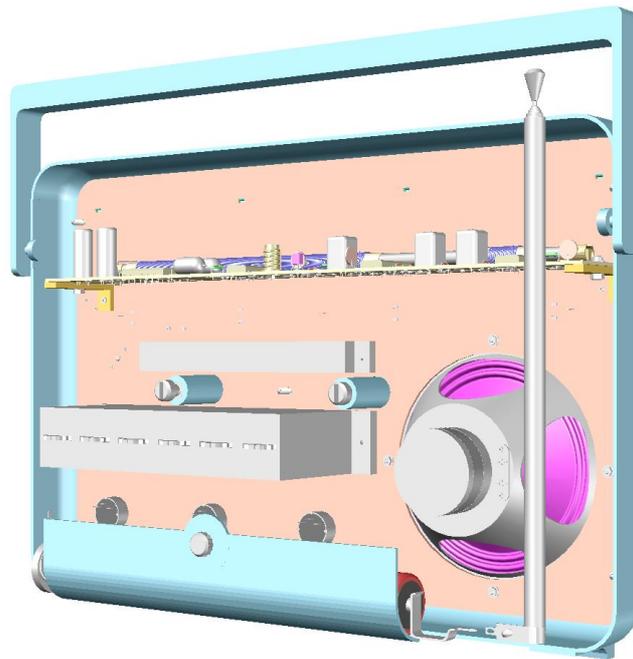


Рис. 13.2

Современная инженерная компьютерная графика позволяет создавать модели очень сложных сборочных единиц, например, самолет Боинг 777, в котором более трёх миллионов деталей и сборочных единиц и который был создан без единого бумажного чертежа.

Учитывая ограниченные рамки учебного пособия, рассмотрим создание модели простой сборочной единицы – стойки, состоящей из трёх деталей:

корпуса, штыря и заглушки, см. рис. 13.3.

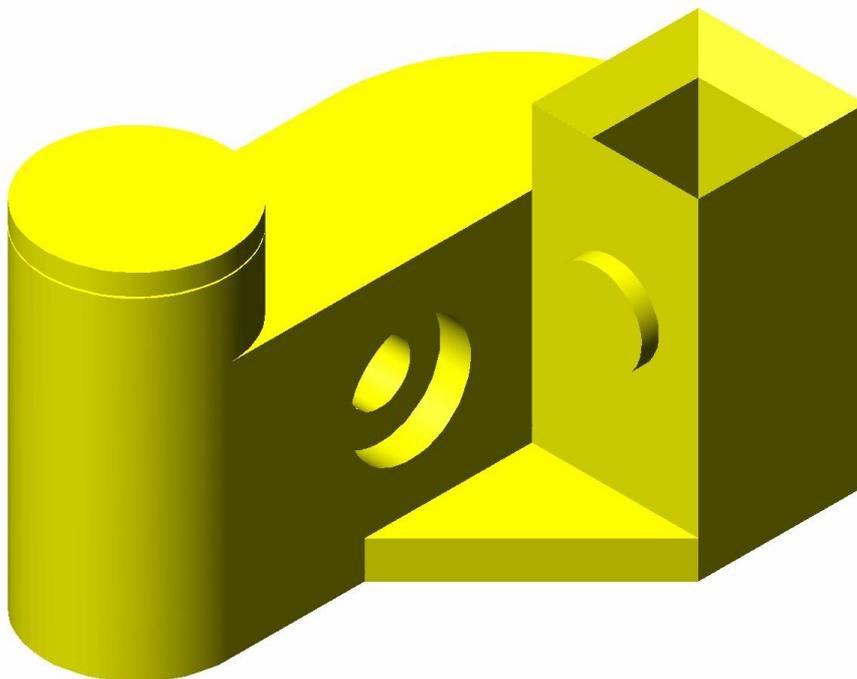


Рис. 13.3

Как и в предыдущих разделах, рассмотрим построение модели стойки поэтапно.

Этап первый. В качестве первой детали используем корпус, модель которого построили в предыдущем разделе. Установим вид сверху. С помощью пиктограммы «ПСК Z ось» установим курсор в центр цилиндра и щёлкнем левой клавишей мыши, передвинем курсор строго вниз и щёлкнем левой клавишей мыши – получим вид спереди. Активная плоскость в этом случае проходит через ось вращения цилиндра и параллельна координатной плоскости XY. С помощью пиктограммы «Полилиния» вычертим контур фигуры А, оставляя зазоры между контуром фигуры А и поверхностями корпуса 0,5. Для точного соблюдения зазоров предварительно установим шаг 0,5. Используя пиктограмму «Область» превратим контур фигуры А в плоскую фигуру А, см. Рис. 13.4. Используя пиктограмму «Вращать» и фигуру А, и указав ось вращения цилиндра, получим тело вращения – модель детали, которую назовём штырём.

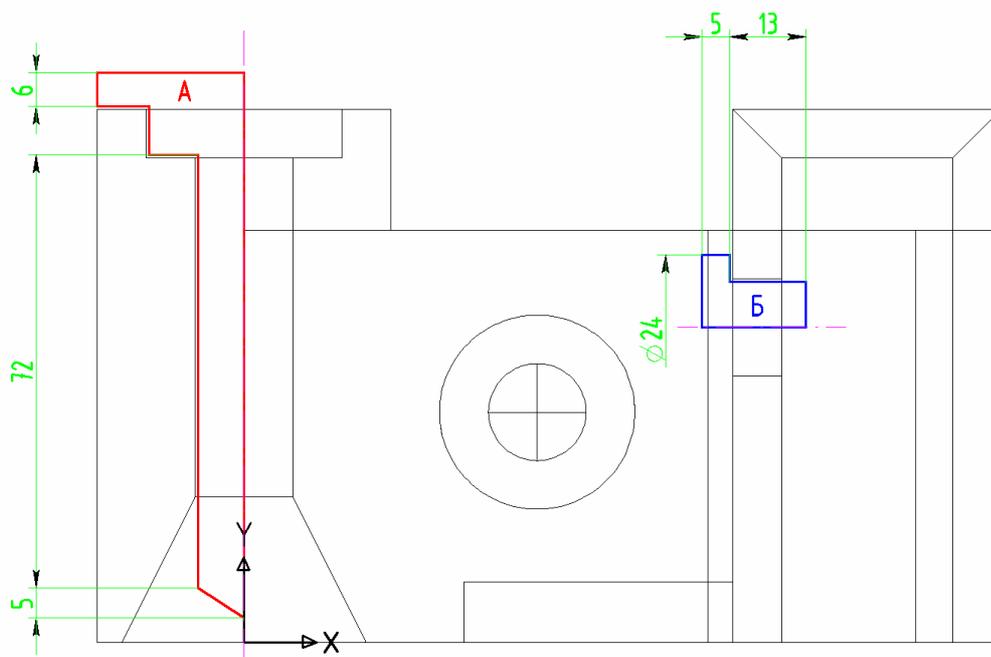


Рис. 13.4

Этап второй. Установим вид сверху. С помощью пиктограммы «ПСК Z ось» установим новую активную плоскость таким образом, чтобы она проходила через ось вращения отверстия призмы и была параллельна координатной плоскости XY – получим вид спереди, см. рис. 13.4. С помощью пиктограммы «Полилиния» строим контур фигуры Б, используя пиктограмму «Область», превращаем этот контур в плоскую фигуру Б. Применив пиктограмму «Вращать», получим тело вращения – модель детали, которую назовём заглушкой. На рис. 13.5 модель стойки показана с вырезами – для демонстрации её внутренней конструкции.

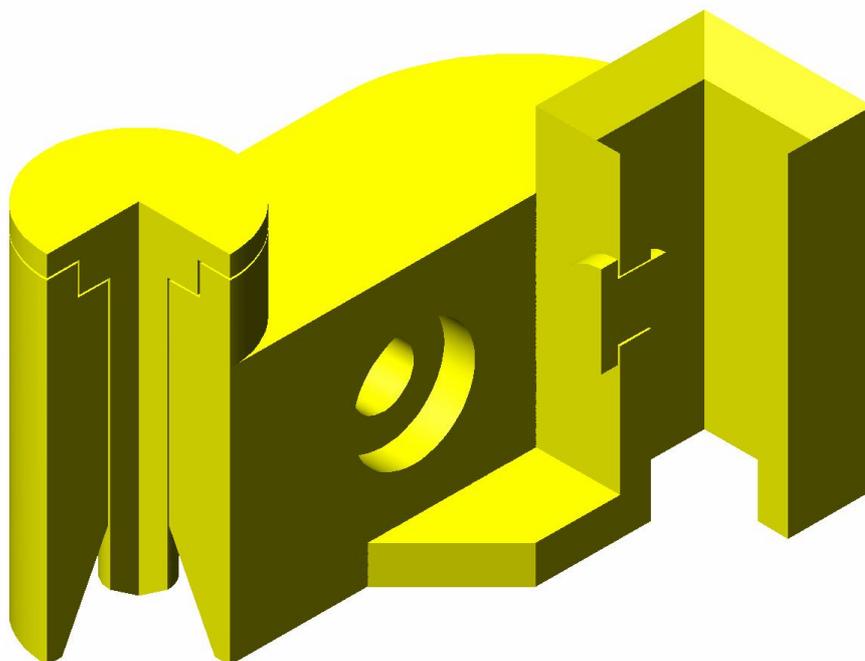


Рис. 13.5

На рис. 13.5 показана изометрическая проекция стойки с вырезами. Как видно, некоторые сечения плохо визуализируются – сливаются с другими частями стойки. Для лучшей визуализации модели или макета иногда целесообразно использовать иные аксонометрические проекции, тем более, что графические программы позволяют делать это очень просто. Иногда сечения целесообразно визуализировать иным цветом, чем цвет самого изделия, для этого вспомогательная фигура, которая вычитается из изделия, должна иметь цвет не изделия, а сечения. Пример показан на рис. 13.6.

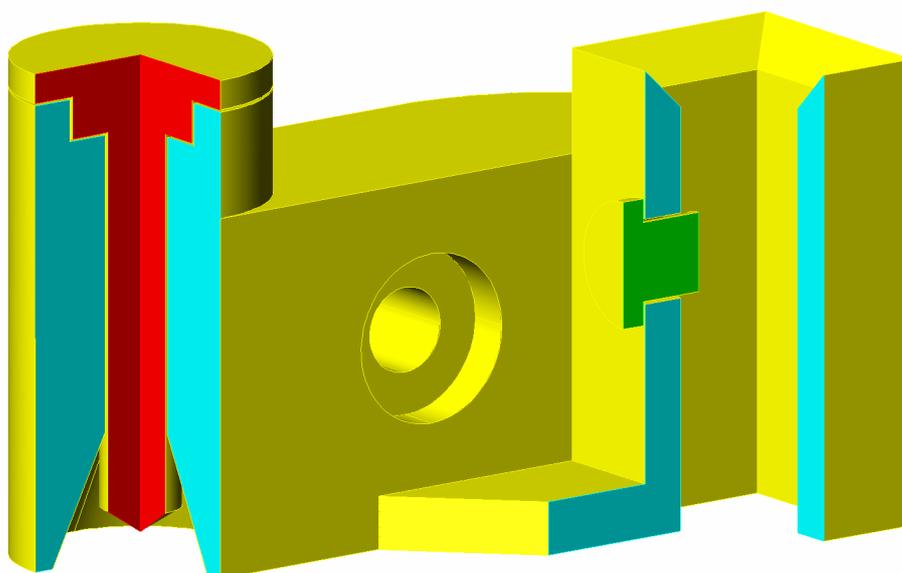


Рис. 13.6

Показанные вырезы выполнены с помощью пиктограмм «Ящик» и «Вычитание», при этом цвета вычитаемых параллелепипедов выбирались: красный (для штопора), голубой (для корпуса) и зелёный (для заглушки). Цвета обуславливают некоторую искусственность, но зато дают большую наглядность.

Часть вторая

Теоретические основы инженерной графики

14. ЕСКД и конструкторские документы

Теоретической основой инженерной графики являются начертательная геометрия и стандарты ЕСКД. В докомпьютерный период начертательная геометрия являлась теоретической основой построения чертежей и аксонометрических проекций. Без знания начертательной геометрии невозможно было выполнить чертежи. С появлением компьютеров и графических программ, впитавших весь багаж начертательной геометрии, инженеры избавились от скрупулёзной и трудоёмкой работы по вычерчиванию окружностей, дуг, кривых линий и т. п. Инженеры не строят вручную аксонометрические проекции изделий, не вычерчивают сложные графические композиции в поисках точек пересечения прямой с плоскостью, линий пересечения конуса с шаром и т. п. , Теперь эту работу быстро, точно и качественно выполняет компьютер. Именно поэтому в данном учебном пособии автор счёл целесообразным исключить разделы начертательной геометрии. При желании, если всё же студента заинтересует классика начертательной геометрии, то её можно найти в [5, 6].

С 1968 года в Российской Федерации действует Единая система конструкторской документации – ЕСКД. ЕСКД – это некоторая совокупность стандартов, которые регламентируют правила выполнения чертежей, схем, пояснительных записок и т.п. Кроме стандартов ЕСКД имеются стандарты предприятий, технические условия на изделия и материалы, технические регламенты. Всё это – нормативная база инженерной графики. Использование этой базы – неперемное условие успешной инженерной деятельности. Материал, излагаемый ниже, соответствует требованиям ЕСКД.

Для начала, дадим определения основным понятиям.

Стандарт ЕСКД (ГОСТ ЕСКД) – это нормативный документ, устанавливающий определённые требования по тому или иному разделу инженерной деятельности и рекомендуемый для исполнения во всех предприятиях Российской Федерации. Стандарт ЕСКД обозначают, например, так: ГОСТ 2.001-70, где «ГОСТ» означает «государственный стандарт», цифра «2» – класс стандарта (все стандарты ЕСКД имеют класс 2), «001» – первая цифра – классификационная группа стандартов, две последние цифры – порядковый

ганизации-разработчика. Для учебных целей можно использовать код, предложенный преподавателем, например, «РТФ1».

Код классификационной характеристики берут из **Классификатора ЕСКД** – многотомного сборника Госстандарта Российской Федерации или его сайта в Интернете. В учебной практике этот код берут из литературы или учебного стенда, указанных преподавателем.

Порядковый регистрационный номер устанавливает подразделение организации-разработчика, ответственное за хранение конструкторской документации. В учебной практике этот номер можно указывать в виде «000».

Показанное на рис. 15.1 обозначение конструкторского документа используют только для основных конструкторских документов – чертежа детали и спецификации. Для неосновных конструкторских документов после указания порядкового регистрационного номера добавляют (без разделительной точки) код неосновного конструкторского документа, который можно найти в стандарте ЕСКД [8]. Например, для сборочного чертежа (неосновного конструкторского документа) следует дописать код «СБ», для электрической принципиальной схемы – «ЭЗ», для чертежа общего вида – «ВО» и т.п.

Таблица 15.1

Коды классификационных характеристик изделий
(выписка из Классификатора ЕСКД)

Наименование изделия	Код классификационной характеристики		Наименование изделия	Код классификационной характеристики	
	сборочной единицы	детали		сборочной единицы	детали
Амортизатор	304243	753681	Основание		733000
Аттенюатор	467716		Панель	301790	741000
Бандаж	301543	712000	Переходник	302428	746690
Болт		758120	Плата печатн.		754700
Вал		715000	Полукольцо		711000
Вибратор ант.		757841	Предохранитель	302634	746700
Винт		758100	Прижим		741000
Вкладыш		763560	Призма		741000
Волновод		757810	Прокладка		754119
Вставка		766200	Пружина		753500
Втулка		713000	Приёмн. радио	464324	
Гайка		758400	Пьезоэлемент		757680
Гнездо		715000	Радиатор		752514
Генератор	468760		Разъединитель	674210	
Громкоговоритель	467284		Рамка		741000
Диафрагма		752178	Регулятор	306322	
Диффузор		723600	Рейка		751812
Защёлка	304264	745600	Решетка		752600
Зеркало		755510	Ролик		726380

Излучатель ант.		757842	Рычаг		743100
Изолятор		757510	Сердечник		757255
Индикатор	467814		Скоба, хомут	301532	745400
Каретка	304126	724500	Стержень		757877
Клавиатура	468631		Стойка	301350	734000
Кассета	301331		Толкатель	304546	713000
Катушка		712000	Токосъёмник	468556	
Клапан		752310	Телефон	468626	
Клемма		745300	Трансформатор	671200	
Кнопка	303659	711000	Упор	304274	734000
Кожух, корпус	305140	711000	Усилитель	468740	
Колодка	304231	733000	Фланец	301510	753100
Кольцо		711000	Цилиндр		711000
Контакт		741200	Циферблат	305451	754210
Крышка	301170	751620	Шайба		758480
Линейка	304124	745000	Шасси		745500
Линза		756100	Шкала	305451	754220
Магнитопровод		757252	Штанга	304592	724500
Магнит		757150	Шток	306743	715000
Манжет		754170	Штырь		715000
Маховик		711000	Шуруп		758240
Мембрана		752465	Экран	305126	745000
Микрофон	467271		Эксцентрик		751610
Накладка		753781	Электрод		757300
Наконечник	303428	746690	Якорь магнит.		743640
Направляющая		734000			
Ось		715000			

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких составных частей состоит обозначение конструкторского документа?
2. Где искать код классификационной характеристики?
3. Чем отличаются обозначения основного и неосновного конструкторских документов?

16. Стандартные элементы чертежа

Стандарты ЕСКД лимитируют элементы чертежа: форматы, масштабы, линии, чертёжные шрифты – см. [9 - 12].

Чертежи следует выполнять на листах белой плотной бумаги (или на экране монитора) размерами 210 x 297 мм – формат А4, 297 x 420 мм – формат А3, 420 x 594 мм – формат А2 и т.д. Формат А4 можно использовать только в вертикальном положении (малая сторона снизу), все другие форматы – в любом положении.

Применяют масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10 и другие.

Масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1 и другие. Если изделие изображается в натуральную величину, то это соответствует масштабу 1:1.

В чертеже следует применять следующие линии: сплошную толстую основную (ширина от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от размеров и насыщенности чертежа); сплошную тонкую (ширина от 1/3 до 1/2 от ширины основной толстой линии); сплошную волнистую (ширина такая же, как сплошной тонкой линии); штрих-пунктирную тонкую (ширина такая же, как основной тонкой линии); штриховую (ширина такая же, как ширина сплошной тонкой линии). Примеры линий показаны на рис. 16.1.

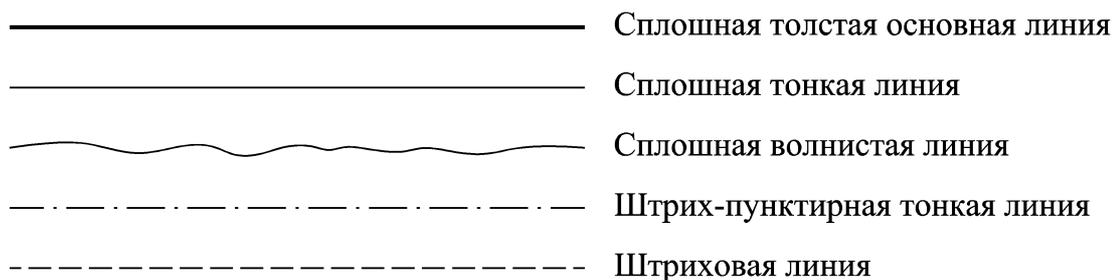


Рис. 16.1

В штрихпунктирной линии длину штрихов можно брать в пределах 5...30 мм, а расстояния между штрихами – 3...5 мм. Длина пунктира не регламентирована (но это не точка, а пунктир, предлагается брать примерно 0,4 мм).

В штриховой линии длину штрихов можно брать в пределах 2...8 мм, а расстояния между штрихами – 1...2 мм.

В учебной практике при ручном выполнении чертежа на ватмане на форматах А4 и А3 целесообразно брать ширину сплошной толстой основной линии 0,8 мм, а при компьютерном выполнении – 0,5 мм.

Все линии на чертеже должны быть чёрными, чёткими и высококонтрастными.

Во всех конструкторских документах следует использовать стандартный шрифт по ГОСТ 2.304-81. Шрифт указывается размером, например, шрифт 3,5 или шрифт 5 и т.д. Шрифт может быть типа А и типа Б, может быть прямым или наклонным. Шрифт типа А выполняют линиями, толщина которых равна 1/14 размера шрифта, а шрифт типа Б выполняют линиями, толщина которых равна 1/10 размера шрифта. Наклонные шрифты имеют угол наклона равный 75°. На рисунке 16.2 показаны образцы прямого и наклонного шрифта типа Б размера 5, а в таблице 1 – параметры и показатели нескольких шрифтов типа А.

Образцы шрифтов типа Б
(прямого и наклонного)

АБВГДЕЁЖЗИЙКЛМНОПРСТУФХЦЧШЩЪЬЭЮЯ
абвгдеёжзийклмнопрстуфхцчшщъьэя
1234567890 №, ø8 □9 .

АБВГДЕЁЖЗИЙКЛМНОПРСТУФХЦЧШЩЪЬЭЮЯ
абвгдеёжзийклмнопрстуфхцчшщъьэя
1234567890 №, ø4 □8 .

Рис. 16.2

В учебной практике можно использовать любой стандартный шрифт. При работе на форматах А4 и А3 обычно используют шрифты размеров 3,5 (основной текст и размерные цифры) и 5 (обычно для наименований изделий и обозначений конструкторских документов). При ручном выполнении чертежа удобно использовать наклонный шрифт, т.к. кисть руки более приспособлена для работы с инструментом – карандашом. При выполнении чертежа на компьютере оба шрифта равнозначны. Если в графической программе шрифт ЕСКД отсутствует, можно применить имеющийся шрифт, например, типа Arial или Times New Roman.

Кроме рассмотренных выше, ЕСКД регламентирует и другие стандартные элементы чертежа – размерные стрелки, стрелки направления взгляда (проецирования), знаки шероховатости поверхностей и т.п., которые будут рассмотрены по ходу изложения материала.

Таблица 16.1

Параметры шрифта	Показатель			
Размер шрифта	3,5	5	7	10
Высота прописной буквы и цифры, мм	3,5	5	7	10
Высота строчной буквы, мм	2,5	3,5	5	7
Расстояние между двумя смежными буквами или цифрами, мм	0,5	0,7	1	1,4
Расстояние между двумя смежными словами, мм	1,5	2,1	3	4,2
Минимальный шаг строк, мм	5,5	8	11	16
Толщина линий шрифта, мм	0,25	0,35	0,50	0,70

Вопросы для самоконтроля

1. Какие масштабы уменьшения регламентированы ЕСКД?
2. Какие размеры имеет формат А4?
3. Чем шрифт ЕСКД типа А отличается от шрифта типа Б?
4. Какие линии применяются в чертеже?

17. Рамка и основная надпись

На чертеже должна быть рамка и основная надпись. На любом формате (А4, А3, А2 и т.д.) рамку выполняют сплошной толстой основной линией, при этом от краёв формата (листа) сверху, справа и снизу отступают по 5 мм, а слева – 20 мм. Поле слева предназначено для возможной подшивки чертежа и некоторых дополнительных записей.

Основная надпись предназначена для указания необходимых сведений по данному чертежу. Она выполняется сплошными основными толстыми и тонкими линиями. На рисунке 26 основная надпись показана двумя вариантами: сверху – только линиями с указанными размерами, снизу – с необходимыми записями. В графу 1 записывают обозначение конструкторского документа; в графу 2 – наименование изделия (на первом месте должно стоять имя существительное); в графу 3 – материал, из которого изготовлена деталь (эта графа заполняется только для чертежа детали); в графу 4 – наименование или код предприятия-разработчика; в графу 5 – масштаб; в графу 6 – массу детали (заполняют только для чертежа детали); в графу 7 – литеру документа (например, «Э» – для эскизного проекта, «Т» – для технического проекта, «Р» – для рабочей документации); в графу 8 – порядковый номер листа (на доку-
Ю. Н. Жуков, Инженерная компьютерная графика

ментах, состоящих из одного листа, графу не заполняют); в графу 9 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе); в графу 10 – фамилию разработчика документа; в графу 11 – фамилию лица, проверившего документ; в графу 12 – фамилию лица, осуществившего технический контроль; графа 13 – свободная (используется при специальной приёмке документа); в графу 14 – фамилию лица, осуществившего нормоконтроль; в графу 15 – фамилию лица, утвердившего данный документ. Назначение оставшихся граф должно быть понятно из рис. 17.1.

Основную надпись рисунка 26 применяют для чертежей и схем. Для текстовых документов, например, для спецификации и пояснительной записки, применяют упрощенную основную надпись – см. рис. 17.2 (для первого листа) и рис. 17.3 (для второго и последующих листов). В графы этих основных надписей записывают те же сведения, которые указаны соответствующими цифрами на рисунке 17.1.

Для заполнения графы 1 целесообразно использовать шрифт 10 или 7, графы 2 – шрифт 7 или 5, для всех остальных – шрифт 3,5.

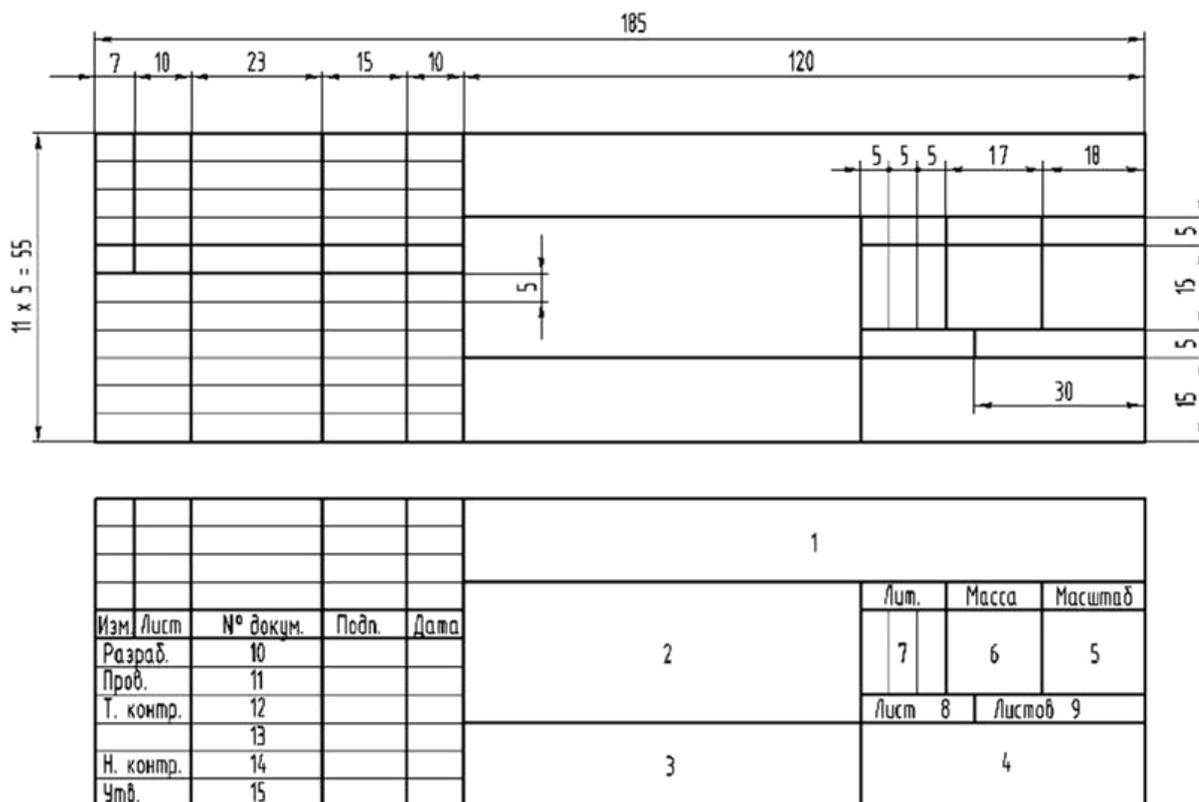


Рис. 17.1

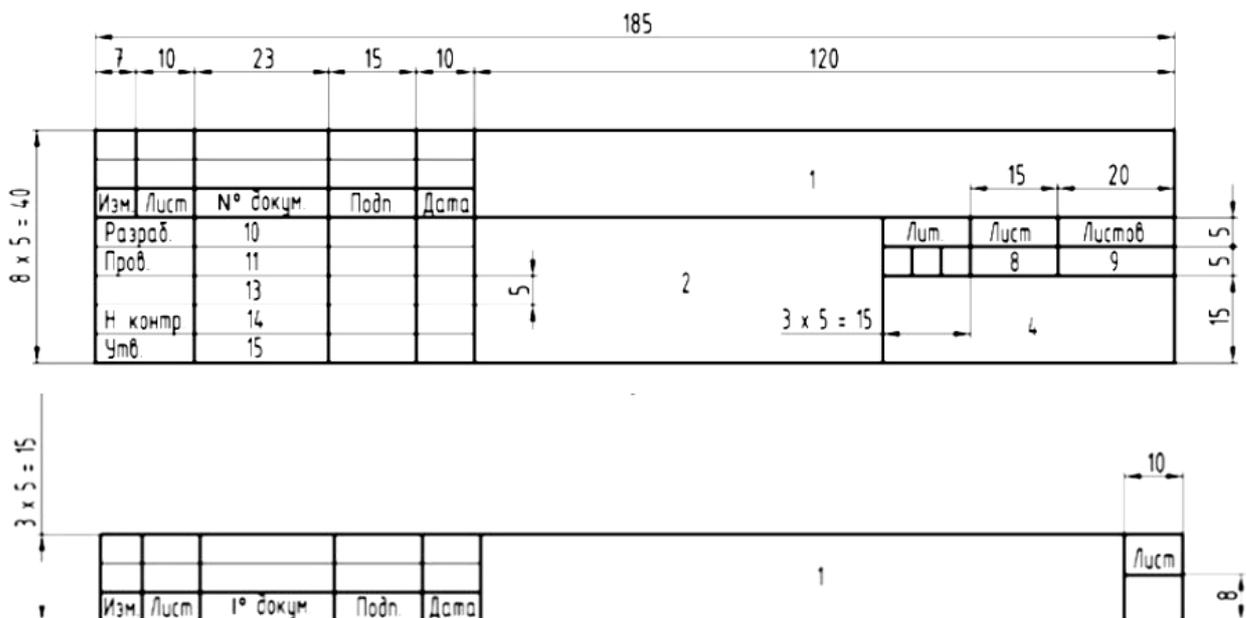


Рис. 17.2

Вопросы для самоконтроля

1. На каком рисунке изображён образец основной надписи для чертежа или схемы?
2. На чертеже детали в какую графу основной надписи записывают материал?
3. Что записывают в первую графу основной надписи?

18. Чертёж в системе прямоугольных проекций

Рассмотренный в предыдущих разделах комплексный чертёж, имеющий изображения на трёх плоскостях, не позволяет полностью раскрывать все конструкторские особенности изделий, особенно сложных. В связи с этим, в качестве стандартного чертежа была предложена система прямоугольных проекций на шести основных и на неограниченном количестве дополнительных плоскостях проекций, зафиксированная в ГОСТ 2.305-68. Изображения – виды, разрезы, сечения – основополагающем стандарте инженерной графики [13].

Предлагается изображаемое изделие поместить как бы внутри полого куба, плоские грани которого изнутри являются шестью основными плоскостями проекций. С помощью метода прямоугольного проецирования последовательно проецируют изделие на внутренние поверхности основных плоскостей проекций, получая шесть изображений (проекций), которые договорились называть «видами». Воображаемый наблюдатель, находясь внутри куба, глядя каждый раз на изделие и его изображение в направлении проеци-

рующих лучей, будет видеть шесть основных видов: спереди (главный), сверху, слева, справа, снизу и сзади. После этого некоторые грани куба «разрывают» по рёбрам и разворачивают в одну общую плоскость – плоскость листа чертежа. На рис. 18.1 показан пример такого чертежа.

Плоскости 1, 2 и 3 называют так же, как и в комплексном чертеже: 1 – фронтальная, 2 – горизонтальная, 3 – профильная плоскости проекций. Названия остальных плоскостей проекций стандартом не регламентированы.

Кроме основных плоскостей проекций 1 – 6, на чертеже может использоваться необходимое количество дополнительных плоскостей проекций с дополнительными видами. Внутри куба устанавливают дополнительную плоскость проекций, которая не параллельна ни одной из основных плоскостей проекций, и методом прямоугольного проецирования проецируют на неё изделие, получая дополнительный вид. После этого дополнительную плоскость проекций, вместе с дополнительным видом, разворачивают относительно линии пересечения указанной дополнительной плоскости с фронтальной плоскостью проекций до совмещения её с плоскостью чертежа – с фронтальной плоскостью проекций.

На практике граничные линии плоскостей проекций не показывают, линии пересечений граней куба и используемые координатные оси декартовой системы координат опускают, основные виды не подписывают, но располагают их в проекционной взаимосвязи.

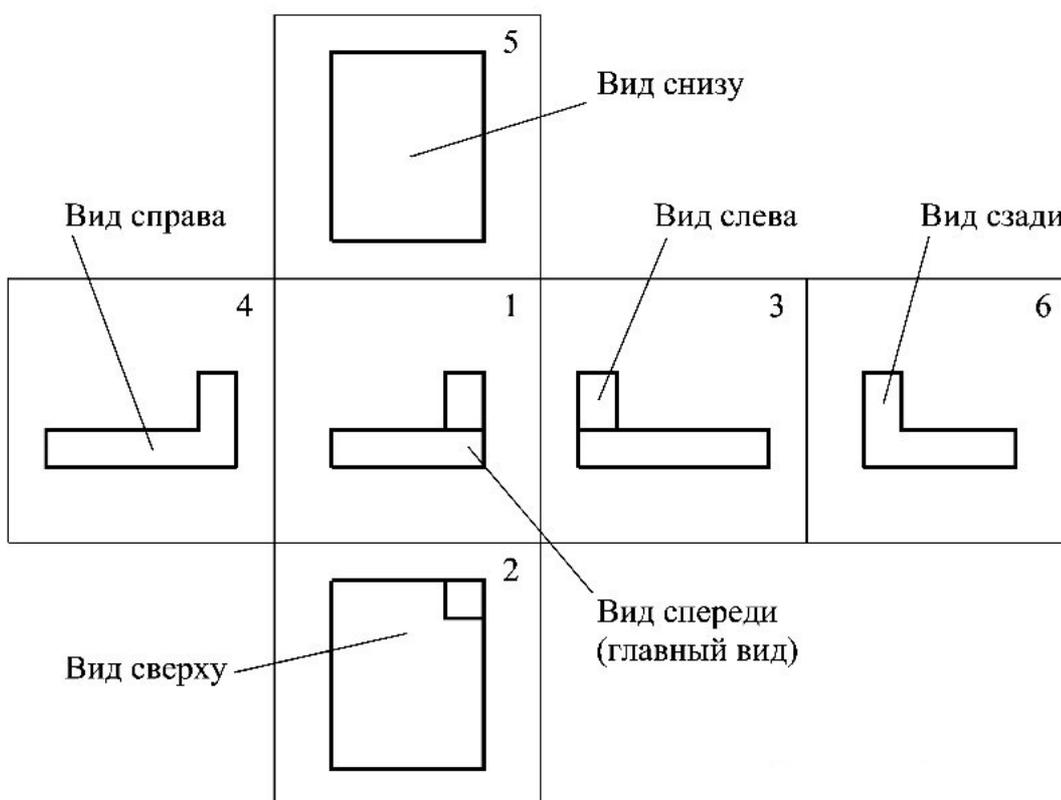


Рис. 18.1

Направление взгляда на дополнительный вид указывают стрелкой на соответствующем основном виде, дополнительный вид помещают либо в проекционной взаимосвязи с соответствующим основным видом, либо на свободном месте чертежа. Около стрелки и над дополнительным видом пишут прописную букву русского алфавита, начиная с буквы «А». Сказанное поясняется рис. 18.2.

Дополнительный вид применяют тогда, когда требуется конкретную часть изделия изобразить на виде без искажения формы, а на основных видах сделать это не удаётся. На рис. 18.2 дополнительный вид показан справа внизу.

Изображение отдельного ограниченного места поверхности изделия называют «местным видом», который показывают стрелкой и обозначают буквой так же, как и дополнительный вид (на рис. 18.2 показано два варианта местных видов, они расположены около вида сверху). Местный вид может быть ограничен волнистой линией (линией обрыва), расположенной как можно ближе к интересующему месту изделия. Местный вид можно ограничить только контурными линиями интересующей части изделия (на рис. 18.2 этот местный вид изображен над стрелкой).

На законченном чертеже следует выбрать и оставить, естественно, только либо дополнительный вид, либо один из вариантов местных видов (предпочтительно простейший).

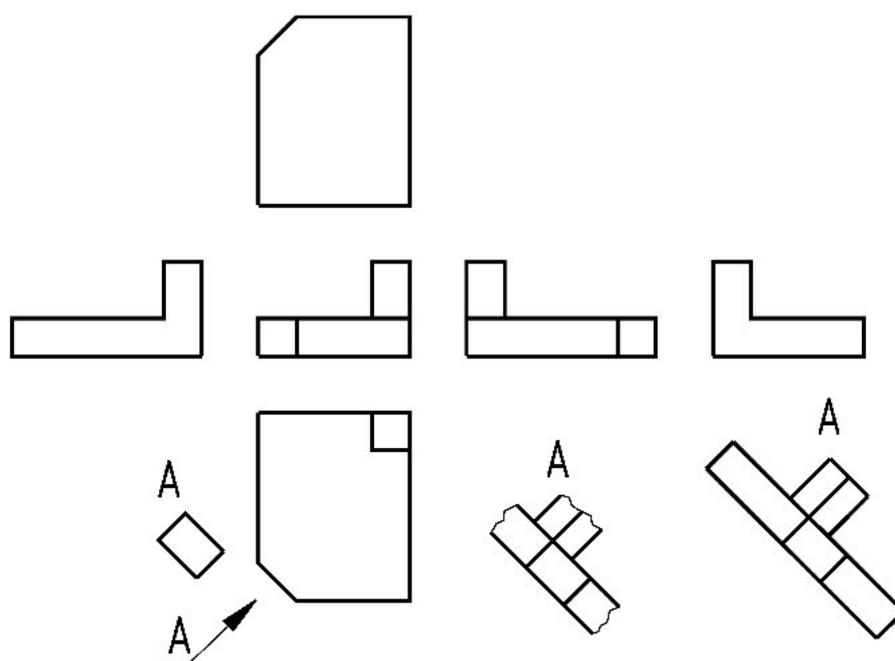


Рис. 18.2

С целью сокращения количества видов на чертеже, допускается показывать невидимые линии, выполняя их тонкими штриховыми линиями.

Количество видов на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для полного и однозначного раскрытия конструкции изделия. Начинать

следует с главного вида, который должен нести наибольшее количество информации, чем последующие виды. Если с помощью одного главного вида раскрыть конструкцию изделия не удаётся, следует выполнить следующий вид, например, вид сверху. Если и этого окажется недостаточным, то применяют другие виды, а также разрезы, сечения и выносные элементы, которые рассматриваются в следующих разделах.

Вопросы для самоконтроля

- 1. Как осуществляют проецирование изделия на шесть плоскостей проекций?*
- 2. Сколько основных видов в стандартной системе прямоугольных проекций?*
- 3. Где, относительно вида спереди, расположен вид слева?*
- 4. Сколько может быть дополнительных видов?*
- 5. Когда необходим местный вид?*
- 6. Как определить необходимое количество видов на чертеже?*

19. Виды, разрезы, сечения

В предыдущем разделе мы уже познакомились с видами стандартного чертежа. В этом разделе рассмотрим их в связи с разрезами и сечениями. Для начала дадим определения этим понятиям, в том числе и для вида.

Вид – это изображение изделия на плоскости проекций видимой наблюдателем поверхности этого изделия. Допускается изображать и невидимые линии изделия, при этом видимые линии изображают сплошными толстыми основными, а невидимые – штриховыми тонкими линиями.

Разрез – это изображение изделия на плоскости проекций видимой наблюдателем той части изделия, которая попала в секущую плоскость, и всего того, что находится за секущей плоскостью. Та часть изделия, которая находится между секущей плоскостью и наблюдателем условно не показывается.

Сечение – это изображение изделия на плоскости проекций только той его части, которая попала в секущую плоскость. Если сечение «разваливается» на отдельные не связанные между собой части, то его применять не допускается (вместо сечения следует применить разрез).

Для дальнейшего рассмотрения в качестве изделий используем детали той или иной сложности. Здесь целесообразно указать, что деталь может быть симметричной в целом либо по одной оси симметрии, либо по двум взаимно перпендикулярным осям симметрии. Естественно, деталь может быть несимметричной. Деталь можно считать простой, если она состоит из простых и правильных тел – параллелепипеда, цилиндра, шара и т.п. Деталь будем считать сложной, если она содержит большое количество тел, в том числе тел с криволинейными поверхностями, Детали могут содержать отвер-

ствия, выступы, углубления, фаски и т.п. Если деталь ограничена поверхностями вращения, имеющих одну общую ось вращения, то указанную ось можно считать и осью симметрии.

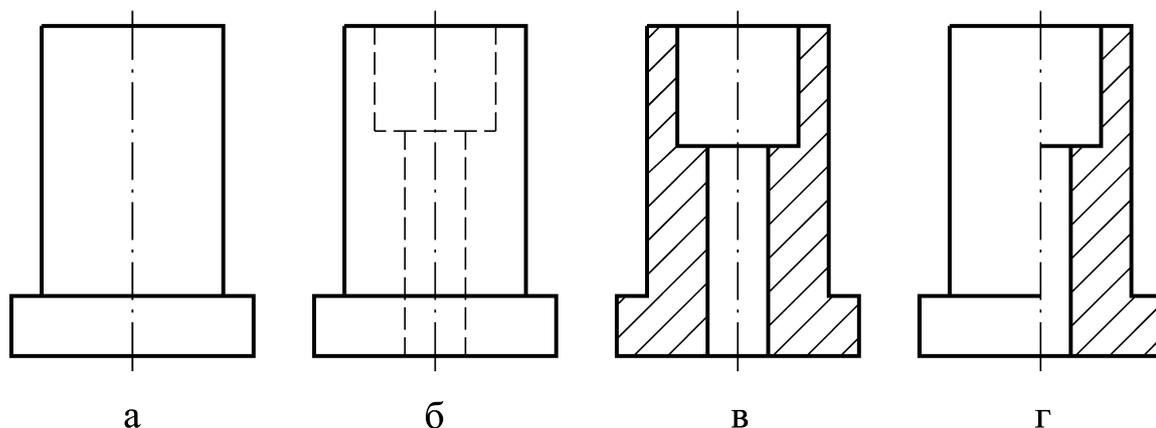


Рис. 19.1

На рис. 19.1 показан главный вид детали с поверхностями вращения и общей осью вращения. Там же показаны его модификации при использовании фронтальной секущей плоскости, проходящей через ось вращения: а – главный вид, б – главный вид с невидимыми линиями, в – фронтальный разрез, г – половина главного вида и половина фронтального разреза, совмещённые на одном изображении на месте главного вида.

Из четырёх вариантов изображений на рис. 19.1 правильным является вариант «г», т.к. из него становится понятным и главный вид, и фронтальный разрез. Линией раздела в этом случае является ось симметрии (она же ось вращения).

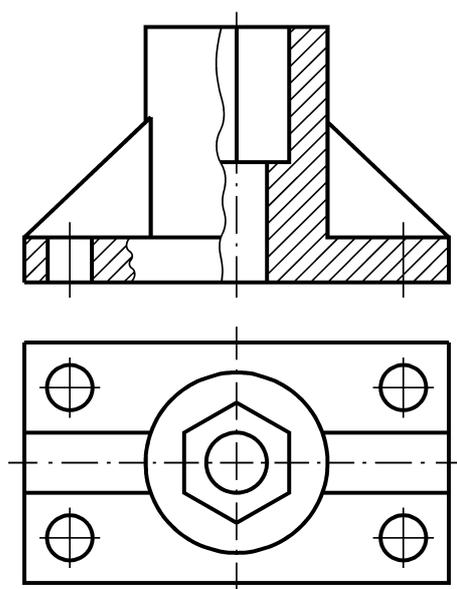


Рис. 19.2

Если при совмещении вида с разрезом надо показать разреза или вида больше, чем половину, то в качестве разделительной линии используют тонкую волнистую линию (линию обрыва), сместив её в сторону от центра так, как показано на рис. 19.2. В указанном примере на разрезе надо было показать ребро шестигранного углубления.

Если в детали имеются рёбра жесткости, непустотелые валы, спицы, рукоятки без полостей и т.п., и если они попали в секущую плоскость, то последние на разрезах не штрихуются – см. рис. 19.2, где ребро жесткости, расположенное справа и попавшее в секущую плоскость, не заштриховано.

Если положение отверстия на видах определяется однозначно, то применяют, так называемый, «местный разрез» – см. рис. 19.2.

При изображении круглых отверстий необходимо показывать центровые и осевые линии этих отверстий с помощью штрихпунктирных тонких линий. Если диаметр отверстия или его высота на чертеже равна 12 мм или меньше, то штрихпунктирные линии осей выполняют в виде одного штриха, выходящего за контурные линии на 1...5 мм (для учебных чертежей на форматах А4 или А3 целесообразно брать 2 мм) – см. рис. 19.2. Центровые линии в центрах окружностей должны пересекаться штрихами (а не пунктирами). Осевые линии отверстий на видах и разрезах изображают всегда, даже в том случае, если само отверстие на виде или разрезе не видно, а оно скрывается за той или иной плоскостью – см. рис. 19.2.

В зависимости от ориентации секущих плоскостей в пространстве относительно разрезаемой детали, различают: фронтальный разрез (секущая плоскость является фронтальной – см. примеры на рис. 19.1 и 19.2), горизонтальный разрез (секущая плоскость является горизонтальной), вертикальный разрез (секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций).

Разрез является простым, если он образован одной секущей плоскостью. Разрез называют «сложным», если он образован двумя или большим количеством секущих плоскостей. Разрез называют «сложным ступенчатым», если секущие плоскости параллельны между собой. Разрез считают «сложным ломаным», если секущие плоскости взаимно пересекаются.

Если секущая плоскость проходит через ось симметрии, и при этом разрез находится в проекционной связи с соответствующим видом, то такой разрез на чертеже никак не обозначают. Во всех других случаях (кроме местного разреза, который тоже не обозначают) разрезы обозначаются так, как показано на чертежах рис. 19.3 и 19.4.

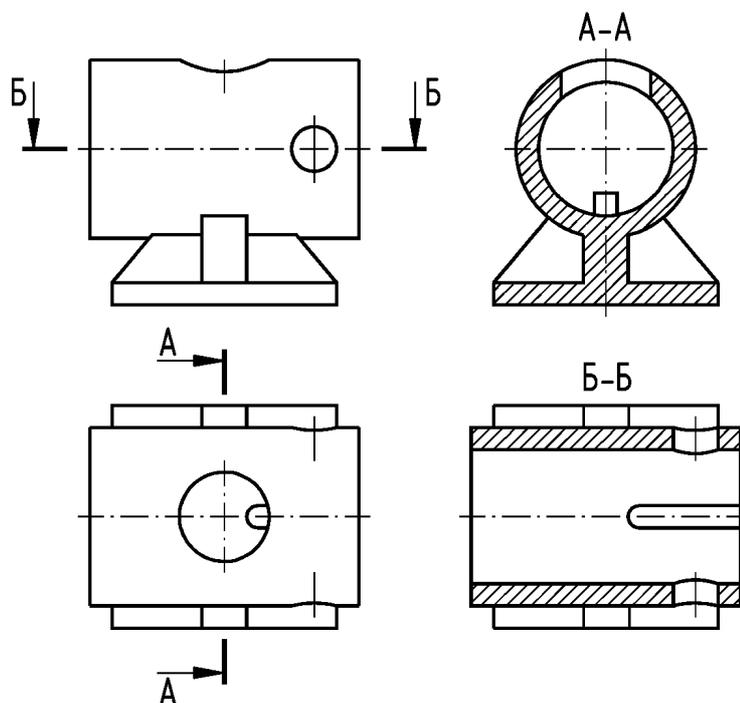


Рис. 19.3

Местоположение секущей плоскости обозначают с помощью толстой разомкнутой линии, стрелок, указывающих направление проецирующих лучей и взгляда наблюдателя, и прописных букв русского алфавита, которые располагают около стрелок так, как показано на рис. 19.3 и 19.4. Толщина разомкнутой линии должна быть в пределах $(1,0 \dots 1,5)s$, где s – толщина принятой на чертеже толстой основной линии; длина штриха – не менее 8 мм, а стрелки должны касаться внешних концов штрихов на расстоянии $2 \dots 3$ мм от этих концов. Общая длина стрелки должна быть не менее 10 мм, длина её наконечника – не менее 5 мм, а угол стрелки должен быть равен $15 \dots 20^\circ$. Конфигурация стрелки показана, например, на рис. 19.3.

На рис. 19.3 имеем: А-А – профильный разрез, Б-Б – горизонтальный разрез. Если профильный разрез помещают на месте вида слева (как на рис. 19.3), то его располагают в той же ориентации, что и вид слева. Горизонтальный разрез Б-Б можно располагать на месте вида сверху (на рис. 19.3 это место занято видом сверху) или на любом свободном месте – как на рис. 19.3.

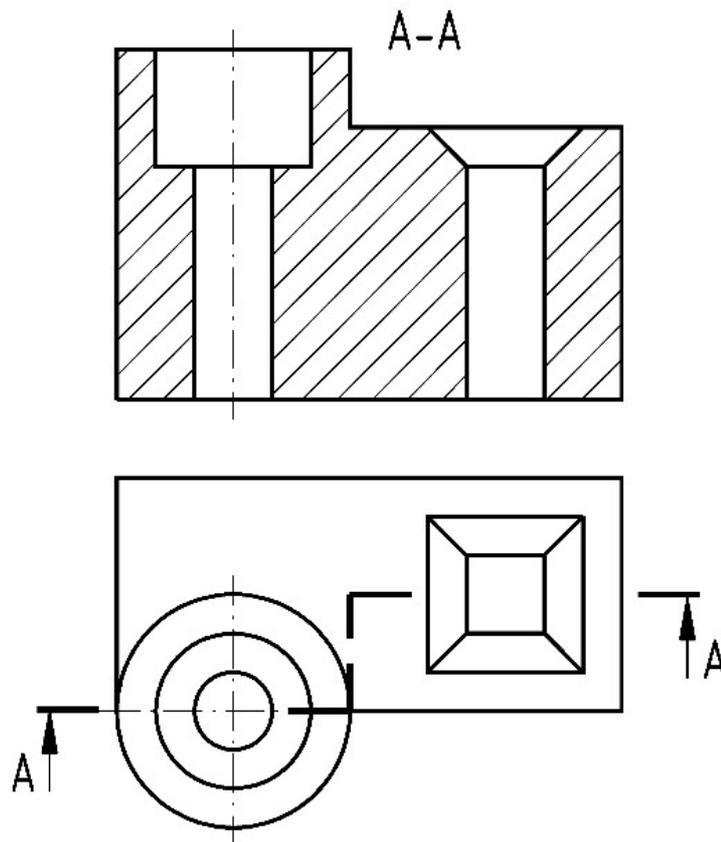


Рис. 19.4

На рис. 19.4 дан чертёж некоторой детали со сложным фронтальным ступенчатым разрезом А-А. Указанный разрез находится на месте главного вида, а две фронтальные секущие плоскости обозначены линиями сечений со стрелками и буквами А.

Следует обратить внимание, что в месте излома линий сечений на самом сечении никаких разделительных линий быть не должно.

Может показаться странным факт отсутствия на чертеже рис. 19.4 главного вида, однако в стандартах ЕСКД на эту тему никаких запретов нет.

Сечения на чертежах обозначают так же, как и разрезы. Как и разрезы, сечения бывают фронтальными, горизонтальными, профильными и вертикальными. Сечения применяют тогда, когда необходимо показать только то, что находится непосредственно в секущей плоскости и не показывать то, что находится за ней. Примеры чертежей сечений показаны на рис. 19.5.

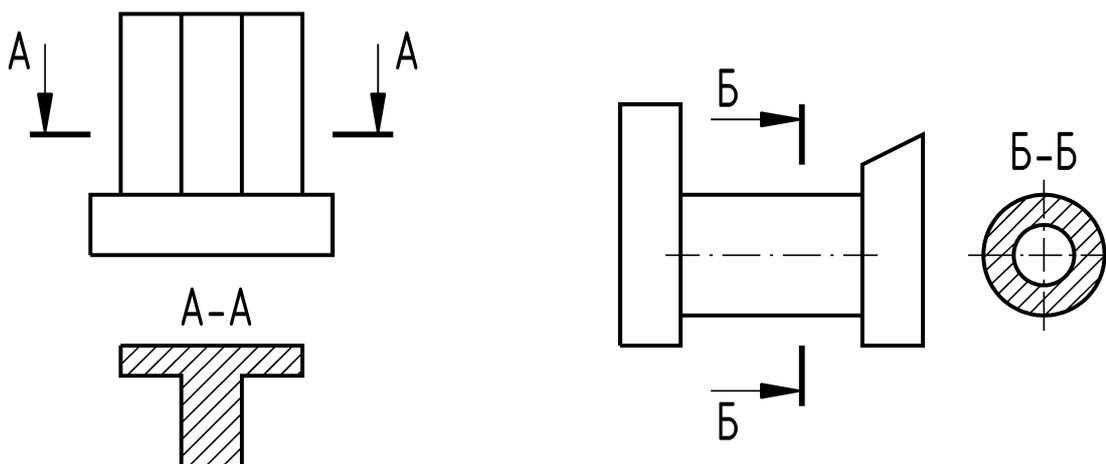


Рис. 19.5

Штрихуют разрезы в зависимости от используемого материала детали, например, так, как показано на рис. 19.6, при этом угол наклона линии штриховки берут равным 45° , а расстояния между линиями – 1 ... 10 мм (в зависимости от размеров заштриховываемых участков и их принадлежности к той или иной детали – в сборочных единицах).

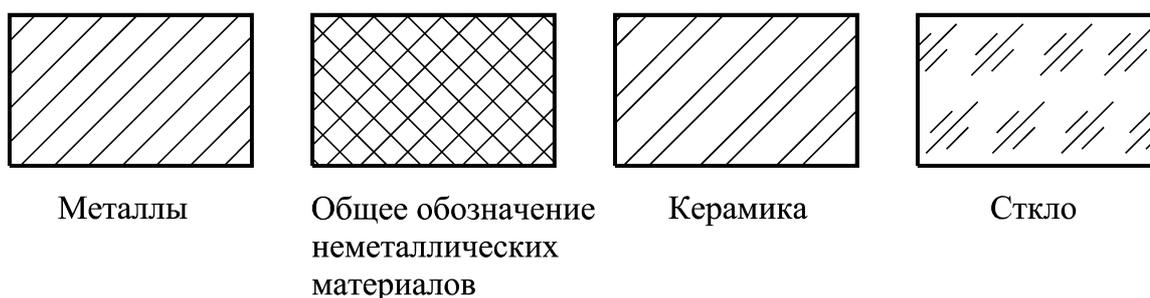


Рис. 19.6

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое вид, разрез, сечение?
2. Какой разрез называют простым?
3. Какой разрез называют сложным?
4. Какие разрезы называют ступенчатыми и ломаными?
5. Какие разрезы называют фронтальными, горизонтальными, профильными и вертикальными?
6. Какие разрезы на чертеже не обозначают?
7. Как на чертеже обозначают разрезы и сечения?
8. Где на чертеже располагают разрезы и сечения?

20. Выносные элемент

Выносной элемент – это изображение на чертеже части вида или разреза, как правило, увеличенное и вынесенное на свободное поле чертежа предпочтительно как можно ближе к тому месту, которое увеличивается. Пример выносного элемента показан на рис. 20.1.

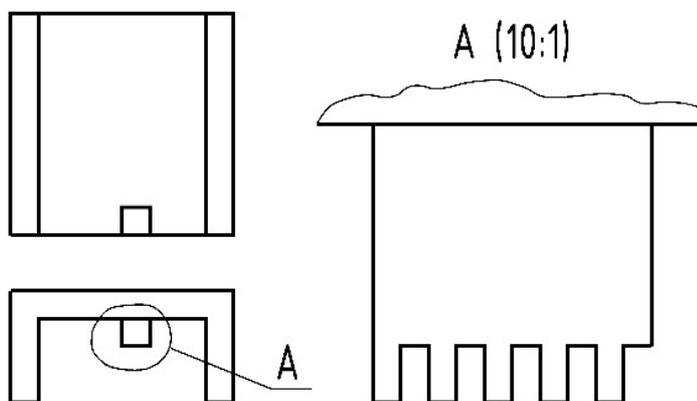


Рис. 20.1

На виде или разрезе ту его часть, которую надо увеличить, обводят замкнутой кривой линией (лучше не окружностью), чертят от неё выносную линию с полкой, над которой ставят прописную букву русского алфавита. Над выносным элементом пишут ту же букву и в круглых скобках указывают применённый новый масштаб увеличения.

Выносные элементы применяют тогда, когда на видах, разрезах и сечениях имеются мелкие элементы, изобразить которые в избранном для данных видов изображений масштабе не удаётся, либо удаётся, но линии сливаются и плохо читаются. Здесь уместно заметить, что, если на чертеже две смежные линии находятся на расстоянии 2 мм или меньше, то стандарт ЕСКД [13] разрешает отступать от принятого масштаба в сторону его увеличения для места с указанными линиями.

Вопросы для самоконтроля

1. *Что имеют в виду под выносным элементом?*
2. *В каких случаях применяют выносные элементы?*
3. *Как на чертеже обозначают и подписывают выносной элемент?*
4. *Можно ли нарушать масштаб в том месте, где две линии находятся на расстоянии 1 мм и сливаются?*

21. Нанесение размеров

На рис. 21.1 показаны простейшие примеры нанесения размеров на чертежах деталей в виде плоских (листовых) прямоугольников.

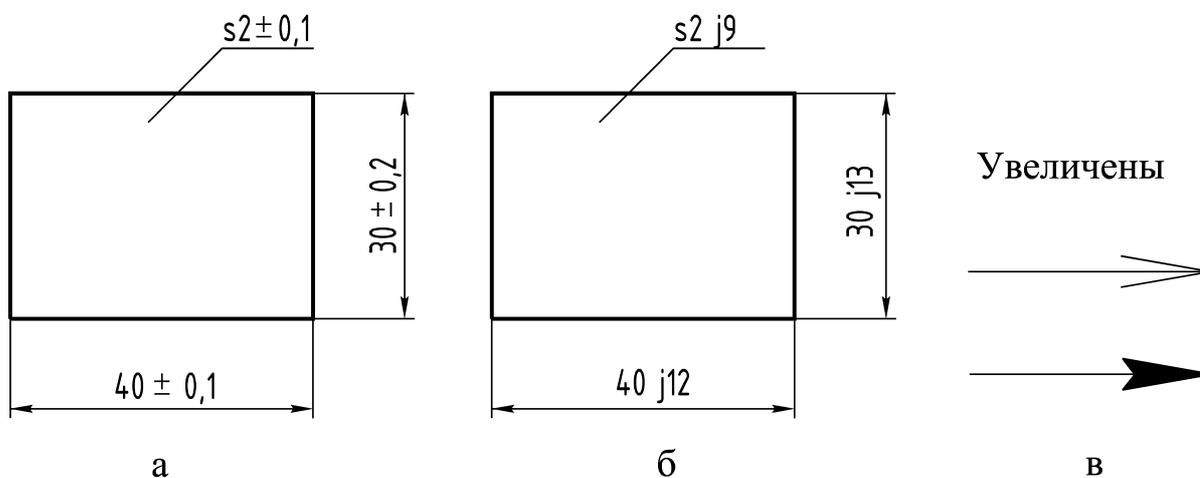


Рис. 21.1

Размеры на чертеже указывают с помощью размерных цифр, показателей предельных отклонений размеров, выносных линий, идущих от измеряемых участков, размерных линий со стрелками, выносных линий с полками, малой латинской буквы *s* для указания толщины листового материала.

Все размеры принято измерять в миллиметрах и записывать на чертеже их цифровые значения без указания размерности. То же самое относится и к цифровым значениям предельных отклонений.

Выносные и размерные линии выполняют тонкими сплошными линиями. Выносные линии проводят под прямыми углами относительно измеряемого отрезка прямой (в особых случаях это правило допускается не соблюдать).

Размерные линии со стрелками на концах проводят параллельно измеряемому участку так, как показано на рис. 21.1. Выносные линии должны выходить за концы стрелок на 1 ... 5 мм (для учебных чертежей предлагается выводить на 1 ... 2 мм).

Длина наконечника стрелки должна быть не менее 2,5 мм (для учебных чертежей целесообразно брать длину наконечника стрелки 3 мм). Угол, образующий наконечник стрелки, равен примерно 20° . Стандартные конфигурации стрелки показаны на рис. 21.1 в.

Размерные линии не должны подходить к контурным линиям видов, разрезов, сечений и выносных элементов ближе, чем 10 мм. Две смежные размерные линии не должны находиться друг относительно друга ближе, чем 7 мм.

Размерные цифры следует писать около размерных линий, не касаясь последних. Ориентация цифр должна быть такой, как показано на рис. 21.1.

Толщину листового материала указывают с помощью выносной линии с полкой, над которой пишут строчную латинскую букву *s* и цифровое значение толщины листа с указанием предельного отклонения этого размера.

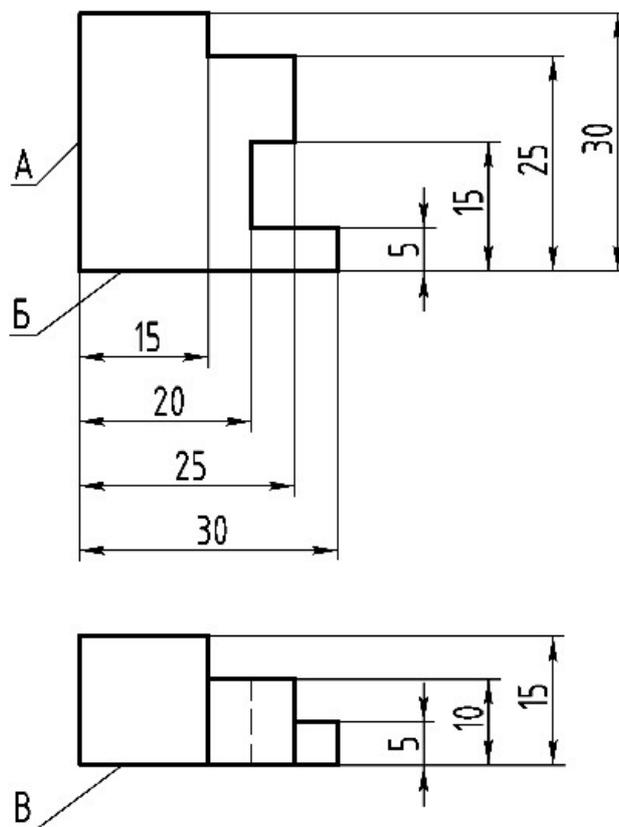


Рис. 21.2

Параметры предельных отклонений размеров показывают в каких пределах может изменяться указанный размер при изготовлении конкретного изделия. Например, на рис. 21.1 «а» размер 40 может изменяться в большую сторону до 40,1, а в меньшую – до 39,9. В настоящее время параметры предельных отклонений задают, используя, так называемые, «квалитеты» – см. рис. 21.1 «б». Учитывая тот факт, что предельные отклонения являются предметами изучения технологических дисциплин, в дальнейшем при изложении материала будем их опускать.

На рис. 21.2 показан чертёж некоторой детали с проставленными размерами. Такую простановки размеров называют «от базовых плоскостей» – от плоскостей А, Б и В. Как видно из рис. 21.2, каждое измерение осуществлено от той или иной базовой плоскости. В зависимости от требований технологии не все измерения осуществляют от той или иной базовой плоскости, в этом случае некоторые размеры проставляют, так называемой, «цепочкой» – см. рисунок 40.

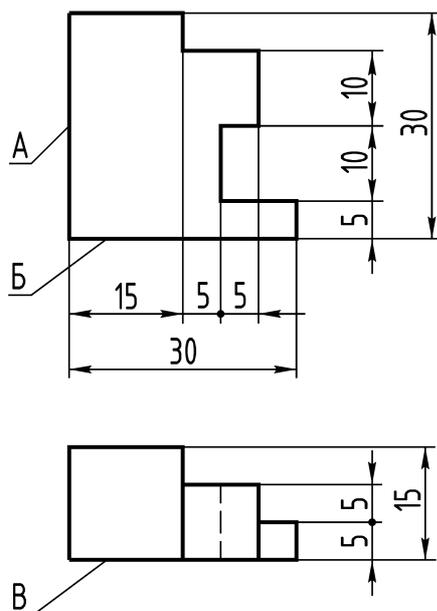


Рис. 21.3

Если места для изображения стрелок мало, то используют засечки или точки, как на рис. 21.3. Если места для изображения стрелок достаточно, то точки или засечки ставить не следует.

Размеры, показывающие высоту, ширину и длину изделия называют «габаритными». Их следует проставлять «персонально» и всегда.

В учебной практике можно применять любой из указанных в рис. 21.2 и рис. 21.3 способов простановки размеров, а на практике – в зависимости от технологии изготовления изделия.

Базовые плоскости на чертеже не обозначают (на рис. 21.2 и рис. 21.3 они обозначены для облегчения изложения материала).

Если вид, разрез, сечение или выносной элемент детали имеют оси симметрии, то размеры следует проставлять так, как показано на чертеже рис. 21.4. В этом случае следует придерживаться следующих правил.

Правило первое. Так как главный вид является наиболее информативным (а он должен быть таким), то наибольшее количество размеров должно быть на главном виде чертежа детали.

Правило второе. Если деталь имеет несколько одинаковых отверстий, то диаметр такого отверстия указывают только в одном месте и там же записывают количество таких отверстий в детали (например, «4 отв. Ø10»).

Правило третье. Если деталь имеет отверстия, то необходимо указывать межосевые расстояния – размеры между центрами отверстий.

Правило четвёртое. Если в детали имеется функционально законченный элемент в виде отверстия, углубления, выступа и т.п., то его размеры следует проставлять в том месте чертежа, где наиболее полно раскрыта конструкция этого элемента.

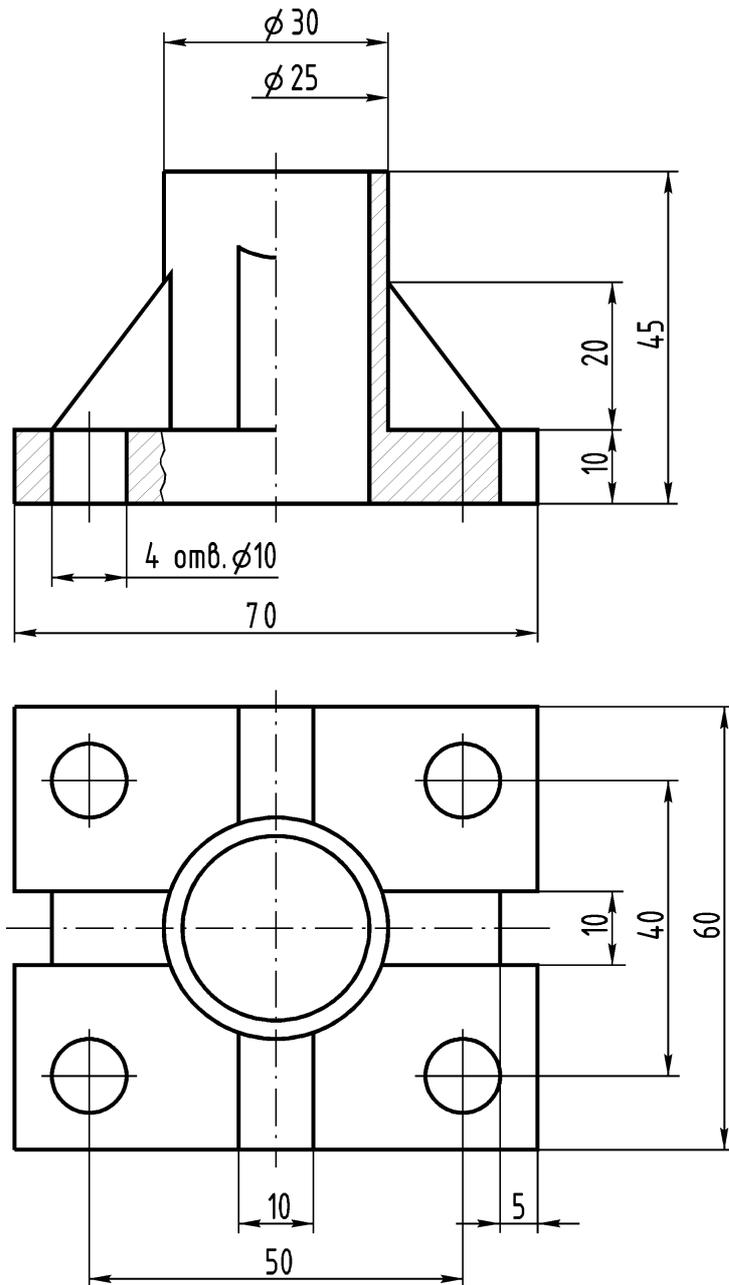


Рис. 21.4

На рис. 21.5 дан чертёж некоторой плоской детали толщиной 3 мм. Размеры углов в данном варианте обусловлены заданными местоположениями вершин этих углов. Размеры углов можно показать так, как изображено на рис. 21.6 при выполнении чертежа конкретной детали можно применять тот и другой варианты указания размеров углов. При реальном конструировании выбор варианта задания размеров углов обуславливается конкретной технологией изготовления таких деталей.

Как видно из рис. 21.6, размер угла показывается с помощью размерной линии в виде дуги окружности со стрелками. Размерная цифра со знаком градуса ставится над дугой по её центру или рядом с дугой, от которой проводят

выносную линию с полкой (применяют при малых углах).

Размеры окружностей показывают только через указания их диаметров, а размеры дуг – указанием их радиусов. Примеры простановки размеров окружностей и дуг показаны на рис. 21.7.

Если симметричная деталь имеет несколько отверстий, равномерно распределённых на осевой окружности, то угол между осью симметрии и линией, проходящей через центр окружности отверстия, показывают только в одном месте – см. рис. 21.8. Здесь следует обратить внимание на вид сверху, где указаны отверстия с диаметрами 20 и 8 мм. В принципе, эти диаметры можно было бы указать и на главном виде, но это было бы неправильно. Вспомним правило: если на чертеже имеется функционально законченный элемент в виде отверстия, углубления, выступа и т.п., то его размеры следует указывать в том месте чертежа, где этот элемент конструктивно раскрыт наиболее полно. Если деталь является несимметричной и в ней имеется несколько отверстий (одинаковых или разных), то угловые размеры следует указывать для всех отверстий, кроме тех, которые лежат на центральных вертикальных и горизонтальных осях – см. рис. 21.9.

Если на чертеже рисунка 45 местоположение секущей плоскости указывать не надо, то на чертеже рис. 21.9 секущую плоскость необходимо указать. На рис. 41.9 применён выносной элемент Б.

На рис.10 даны варианты нанесения размеров фасок. Если образующая конической поверхности фаски находится к оси вращения под углом 45° , то размеры фаски проставляют так, как показано в варианте «а». Размеры фасок под другими углами проставляют так, как показано в вариантах «б» или «в».

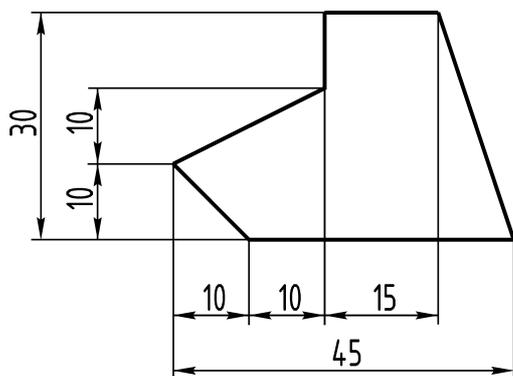


Рис. 21.5

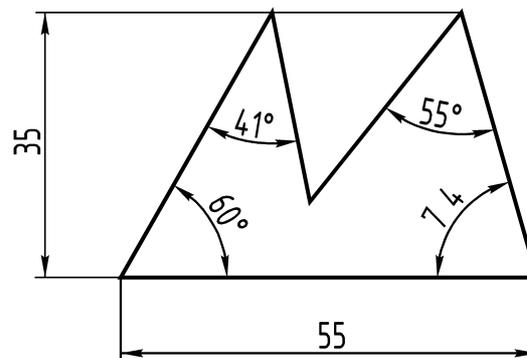


Рис. 21.6

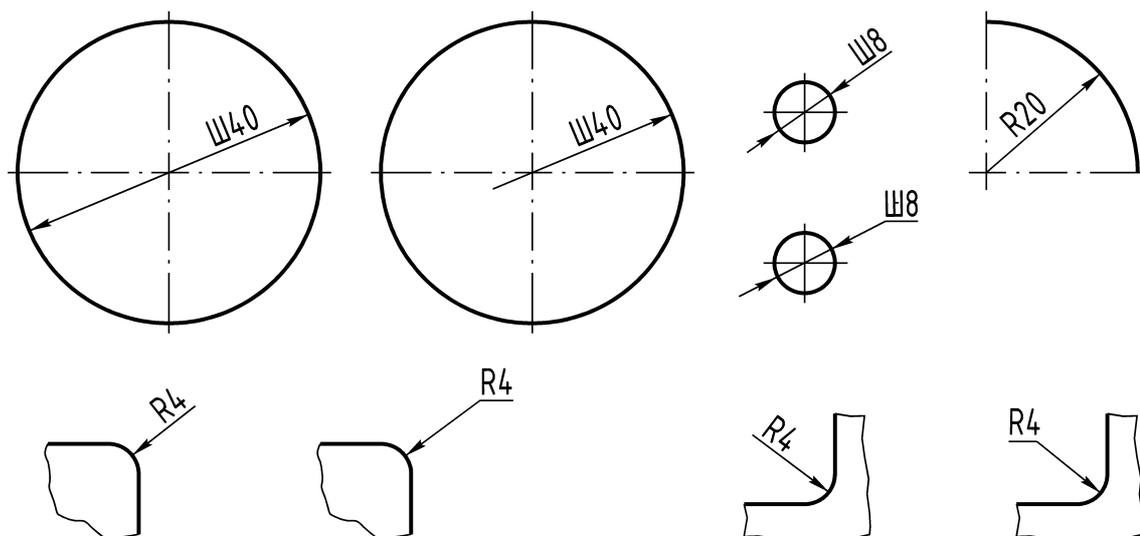


Рис. 21.7

На рис. 21.11 показан чертёж плоской детали с сопрягающимися контурными линиями. При нанесении размеров такой детали необходимо фиксировать центры сопрягающихся дуг и указывать их радиусы. Если один и тот же размер вынужденно указан дважды (такая позиция называется «замкнутая цепочка»), то один из размеров должен стать справочным, при этом он записывается со звёздочкой, а на свободном поле чертежа делается запись вида «* Размеры для справок». На рис. 21.11 справочным размером является размер с цифрой 55*, замкнутую цепочку с ним образуют размеры 45 и R10.

Если на чертеже встретится фигура вида рис. 21.12, то размеры её можно проставлять двумя показанными способами – «а» или «б». В этом случае замкнутую цепочку образуют размеры 10 (он же диаметр) и R5 (половина диаметра).

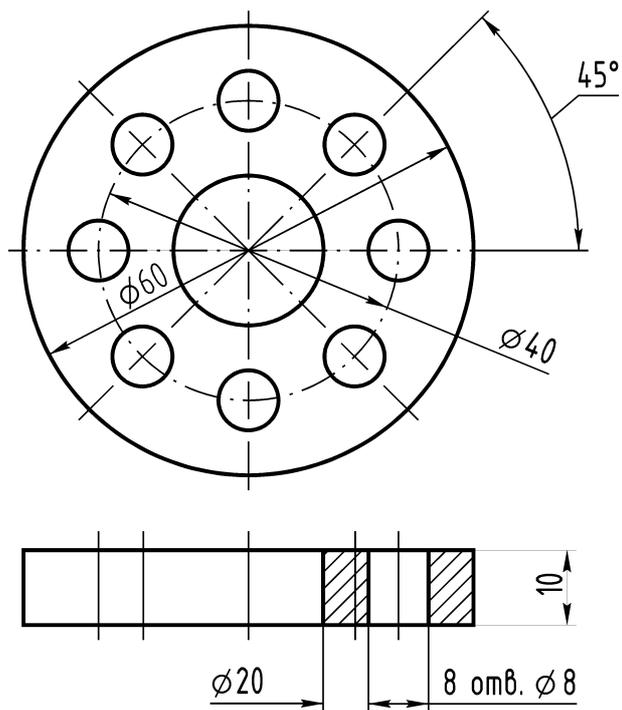


Рис. 21.8

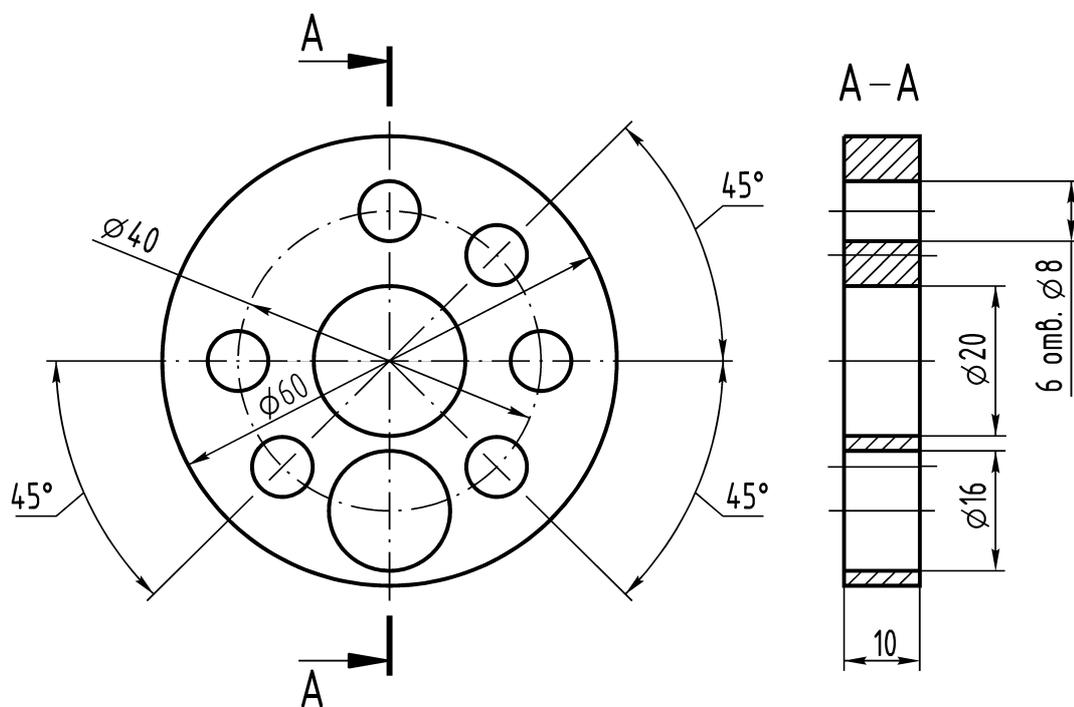


Рис. 21.9

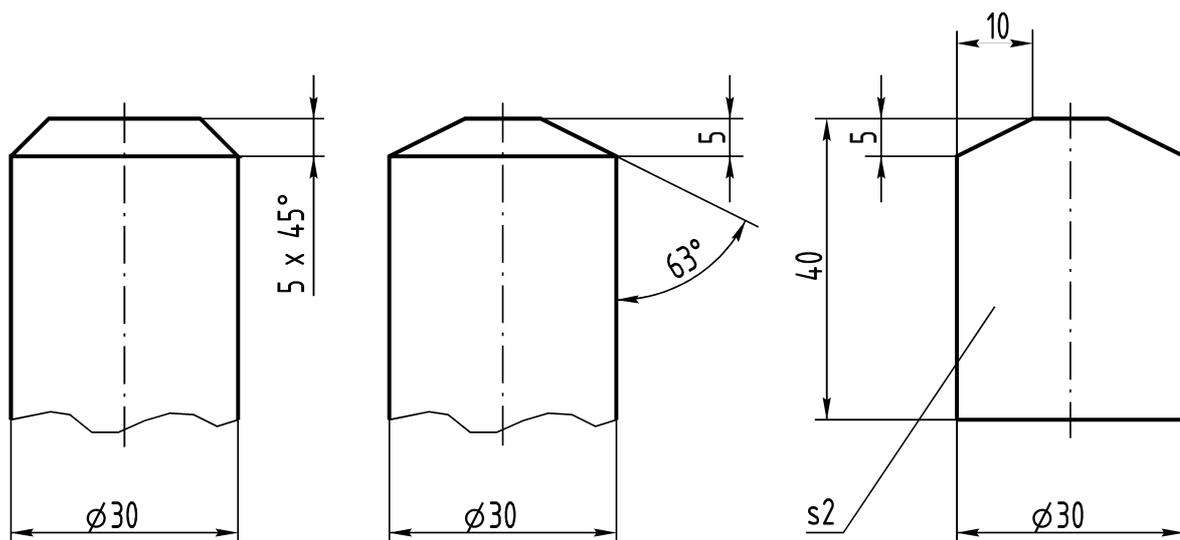
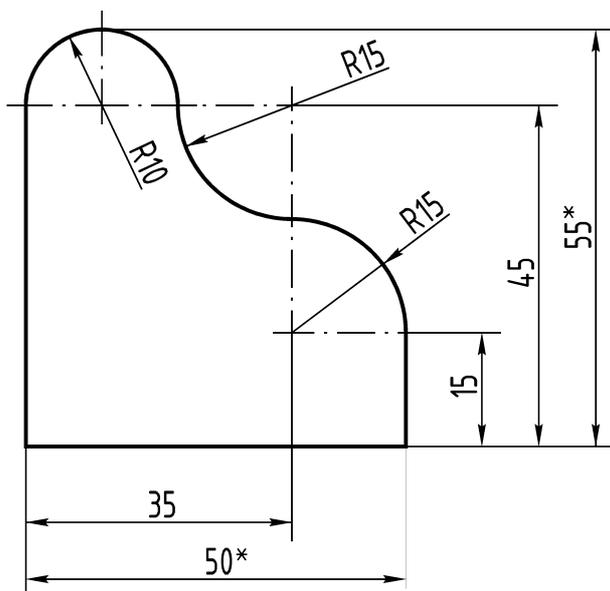
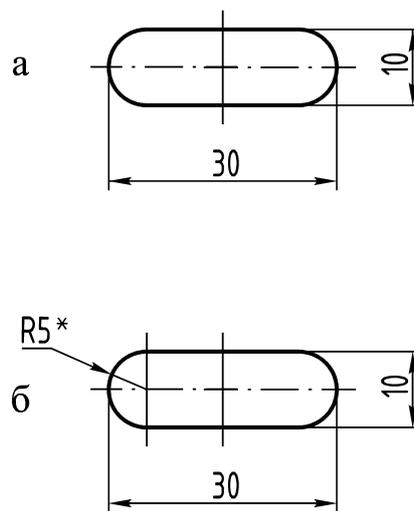


Рис. 21.10



* Размеры для справок

Рис. 21.11



* Размер для справки

Рис. 21.12

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего служит выносная линия?
2. Как выглядит размерная линия?
3. Какую конфигурацию и размеры имеет стрелка выносной линии?
4. Как проставляют размеры от базовой плоскости?
5. Как наносят размеры симметричной детали?
6. Что означает понятие «замкнутая цепочка»?
7. В каком случае около размерной цифры ставят звездочку?

22. Изображение резьбы

Резьба – это чередующиеся выступы и впадины на поверхности тела вращения, расположенные по винтовой линии. С помощью резьб осуществляют разъёмные соединения. Резьбы имеют винты, болты, гайки, поверхности деталей, отверстия в деталях и т.д. На рис. 22.1 показаны варианты резьб на стержне, в отверстии, внутри и снаружи некоторой цилиндрической детали.

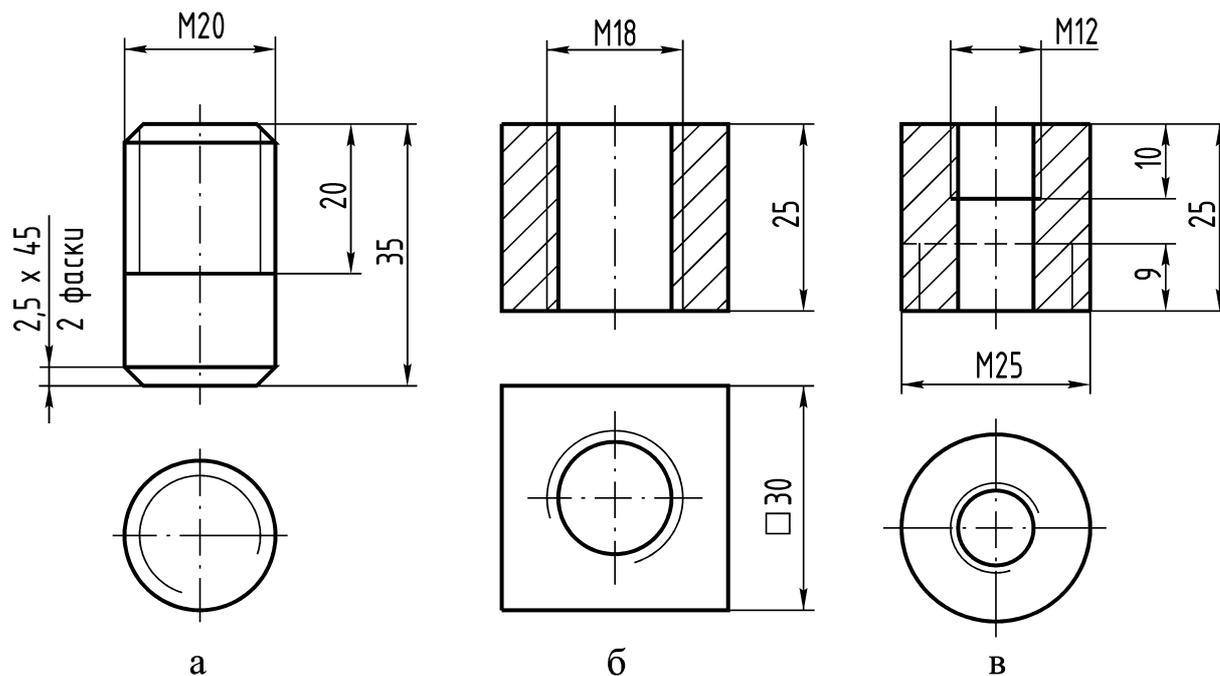


Рис. 22.1

На рис. 22.1 «а» показан чертёж цилиндрического стержня с метрической резьбой. В продольном положении (на главном виде) резьбу обозначают с помощью тонких сплошных линий, расположенных внутри вида стержня на расстоянии не менее 0,8 мм и не более шага резьбы от толстых контурных линий (шаг резьбы равен приблизительно 0,1 диаметра стержня). Конец резьбы обозначают сплошной толстой линией. Тонкие линии должны пересекать линию фаски и доходить до конца стержня. В поперечном положении (на виде сверху) резьбу показывают в виде разорванной на $\frac{1}{4}$ окружности, выполненной сплошной тонкой линией. Разрывать окружность можно в любом месте. Фаску на виде сверху не показывают. Вместо знака диаметра перед цифровым значением диаметра стержня с резьбой пишут букву «М» – для метрической резьбы. Другие типы резьб обозначают другими буквами. На рис. 22.1 показаны варианты «б» и «в» некоторых резьб.

На рис. 22.2 показан чертёж двух пластин, соединённых винтом. Поскольку винт является стандартным изделием, его размеры на чертеже не

ставят и обозначают так, как показано на рис. 22.2, где «M20» указывает на то, что резьба винта является метрической с диаметром 20 мм, «30» – длина рабочей части винта в мм, «ГОСТ 1491-80» – стандарт, определяющий конфигурацию головки винта. Следует обратить внимание на то, что на виде сверху шлиц (прорезь под отвёртку) повёрнут на 45° относительно оси симметрии, что не соответствует расположению шлица на главном виде. На обоих видах шлицы показаны правильно, т.к. на чертежах шлицы в окружностях (на любом виде) следует изображать повёрнутыми на 45° относительно горизонтальной (или вертикальной) рамки чертежа.

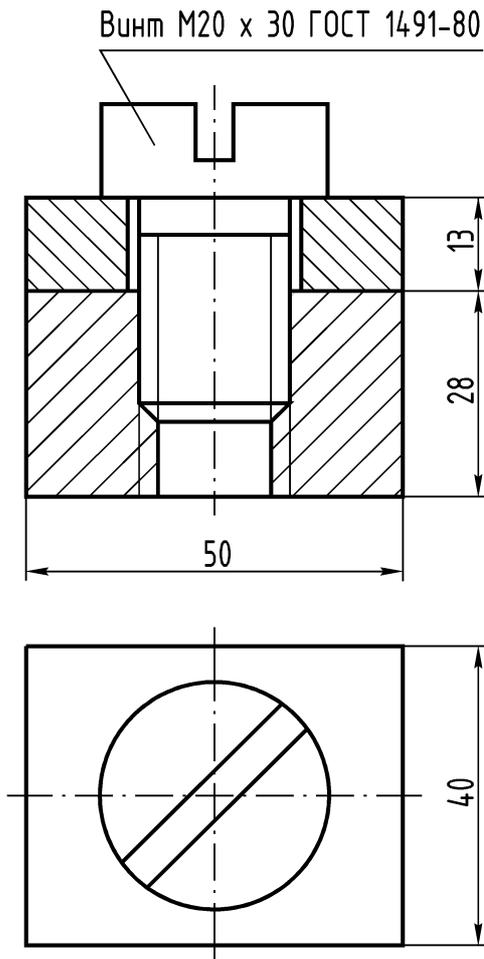


Рис. 22.2

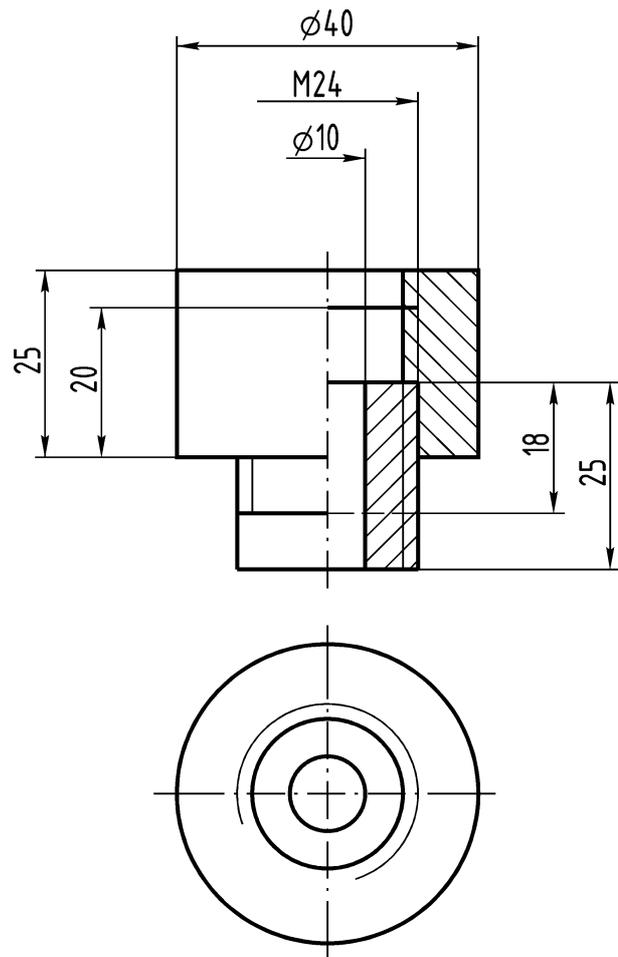


Рис. 22.3

На рис. 22.3 показан чертёж двух цилиндрических деталей, соединённых между собой с помощью резьбы. На одной детали резьба наружная, на другой – внутренняя. Видимый конец резьбы изображают сплошной толстой линией, а невидимый – штриховой тонкой.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое резьба?

2. С помощью каких линий изображают резьбу на чертеже?
3. Как обозначают конец резьбы?
4. Что означает запись «Винт М20 х 30 ГОСТ 1491-80»?

23. Неразъёмные соединения

К неразъёмным соединениям относят соединения с помощью пайки, склеивания, клёпки, сшивания скобами и т.п. Правила их изображения на чертежах регламентированы стандартом ЕСКД [14].

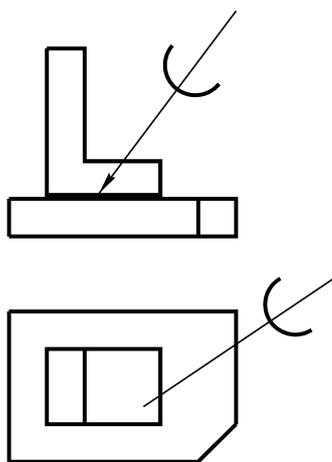


Рис. 23.1

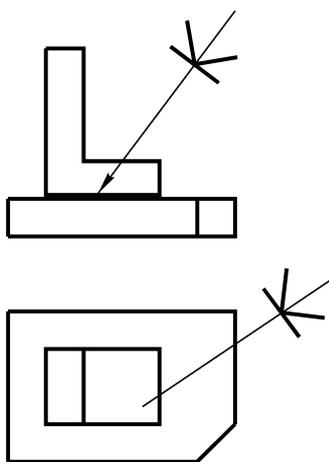


Рис. 23.2

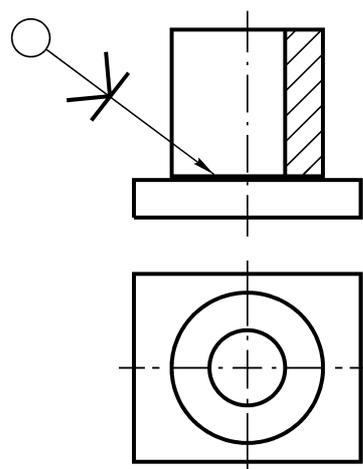


Рис. 23.3

На рис.23.1 показан чертёж двух деталей, соединённых с помощью пайки. Место спайки указывают сплошной толстой линией двойной толщины, тонкой выносной линией со стрелкой, направленной на указанную линию двойной толщины, и знаком в виде полуокружности диаметром 4 ... 8 мм, выполненной основной толстой линией.

На рис.23.2 показан чертёж двух деталей, соединённых с помощью склейки. Место склейки указывают так же, как и пайки, но применяют знак в виде буквы «К». Высоту знака берут равной 4 ... 8 мм и выполняют его основной толстой линией.

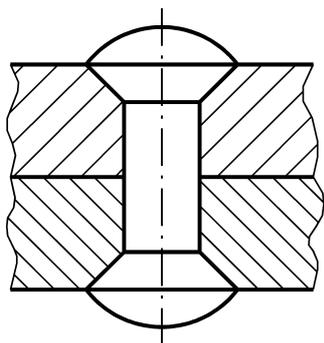


Рис. 23.4

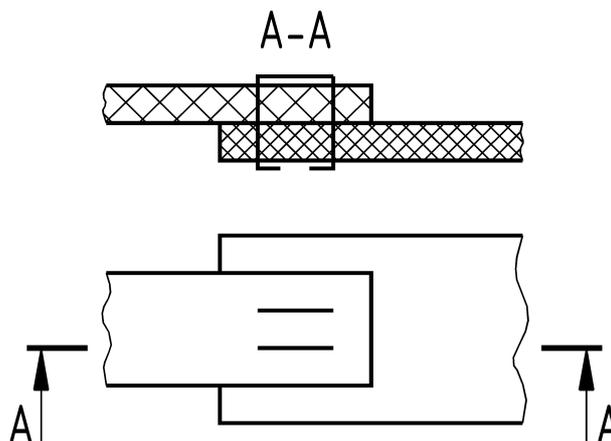


Рис. 23.5

Если пайка или склейка осуществлена по некоторой замкнутой кривой или по периметру, то в конце выносной линии изображают окружность диаметром 3 ... 5 мм и выполняют её сплошной тонкой линией – см. рис.23.3.

На рис.23.4 показано (в разрезе) соединение заклёпкой, которая на разрезе не штрихуется. Не штрихуются на разрезах так же винты, болты, гайки и шайбы. Конфигурация заклёпок бывает, естественно, разная. На рис.23.4 показана заклёпка с полукруглой основной и замыкающей головками. С другими видами головок заклёпок, при необходимости, можно познакомиться в [14].

На рис.23.5 показан чертёж соединения двух листов скобками. Такие соединения широко применяются при изготовлении, например, тары.

Вопросы для самоконтроля

1. Как обозначают место спайки двух деталей?
2. Как обозначают место склейки двух деталей.
3. Как обозначить пайку или склейку по периметру детали?
4. Как обозначить на чертеже соединение скобами?

24. Шероховатость поверхностей

Под понятием «шероховатость поверхности» принято понимать некоторую совокупность микроскопических выступов и впадин на поверхности детали. Показатели шероховатости поверхности установлены стандартом [15] и 16], а обозначения шероховатости на чертеже – стандартом ЕСКД [16].

Шероховатость конкретных поверхностей указывают с помощью знака шероховатости (с полкой или без полки), параметра и его цифрового значения. Под полкой и над ней, при необходимости, могут быть указаны ещё несколько параметров. На рис.24.1 показаны примеры указания шероховатости поверхностей некоторой детали. Использован один параметр шероховатости. На рис. 24.2 (сверху) показано увеличенное изображение знака шероховатости.

сти с полкой, где «А» – расстояние, равное высоте размерной цифры на чертеже. Знак шероховатости выполняют сплошной тонкой линией. В зависимости от ориентации изображаемой поверхности на чертеже, меняется и ориентация знака шероховатости с параметром и цифровым значением.

Если несколько поверхностей имеют одинаковую шероховатость и образуют замкнутый контур, при этом одна поверхность плавно переходит в другую, то к знаку добавляют окружность диаметром 4 ... 5 мм (см. рис. 24.2 снизу) и показывают знак один раз на одной из поверхностей данного контура.

Если шероховатость некоторых поверхностей указана на чертеже, а все остальные поверхности имеют одинаковую шероховатость, то эту шероховатость показывают только один раз в правом верхнем углу чертежа так, как изображено на рис. 24.2. Знак в круглых скобках выполнен сплошной тонкой линией и имеет такие же размеры, как знаки на чертеже для указанных поверхностей, а большой знак с полкой – в полтора раза больше и выполнен основной толстой линией. Вся композиция должна находиться на расстояниях 5 ... 10 мм от верхней и правой линий рамки чертежа.

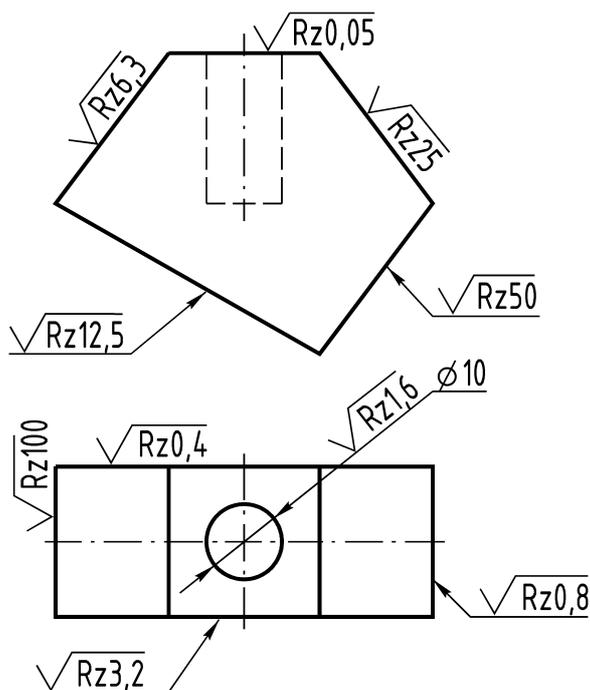


Рис. 24.1

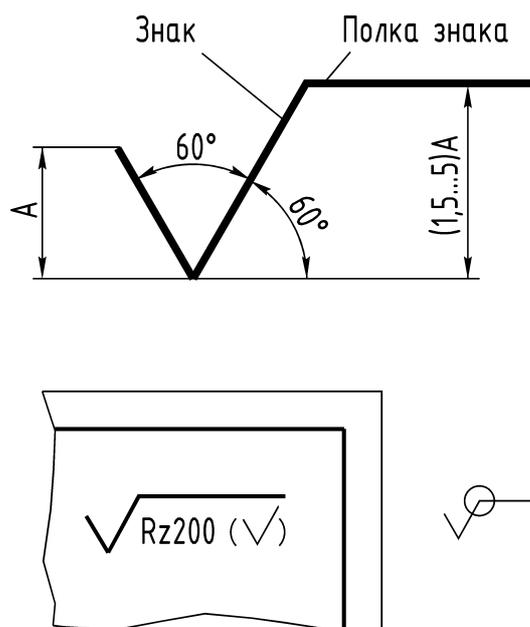


Рис. 24.2

Если на чертеже все поверхности без исключения имеют одинаковую шероховатость, то в правом верхнем углу чертежа ставят только один большой знак шероховатости с соответствующим параметром.

Шероховатость поверхностей детали обуславливается технологией её изготовления. Поскольку технологические вопросы в данном учебном пособии не рассматриваются, то ограничимся указанием только одного параметра шероховатости, например, Rz.

Rz – высота неровностей профиля по десяти точкам. Стоящая рядом цифра, например, Rz100, указывает числовое значение этого параметра в микрометрах (размерность после цифр не ставят). Рассмотрим, что из себя представляет параметр Rz (физический смысл), и как его рассчитывают.

Заметим, идеально ровных поверхностей в природе нет. Если некоторую деталь разрезать поперёк и на срезе посмотреть на профиль поверхности через микроскоп, то можно увидеть многочисленные выступы и впадины различной высоты и конфигурации. Изобразим в увеличенном виде этот профиль на формальном графике – см. рис. 24.3.

На рис. 24.3 сплошной толстой линией изображены неровности профиля избранной поверхности детали на выбранной длине L – базовой длине, которая задана соответствующим стандартом (обычно это единицы микрометров). Примерно посередине проведена средняя линия, выше которой образованы выступы, ниже – впадины. На базовой длине L выбирают пять самых больших выступов и рассчитывают их среднеарифметическую величину – отрезок АВ. Выбирают на базовой длине L пять самых глубоких впадин и рассчитывают их среднеарифметическую величину – отрезок ВС. Сумму среднеарифметических значений выбранных выступов и впадин – величину отрезка АВС – и называют «высотой неровностей профиля по десяти точкам», обозначая на чертеже как Rz с соответствующими цифрами.

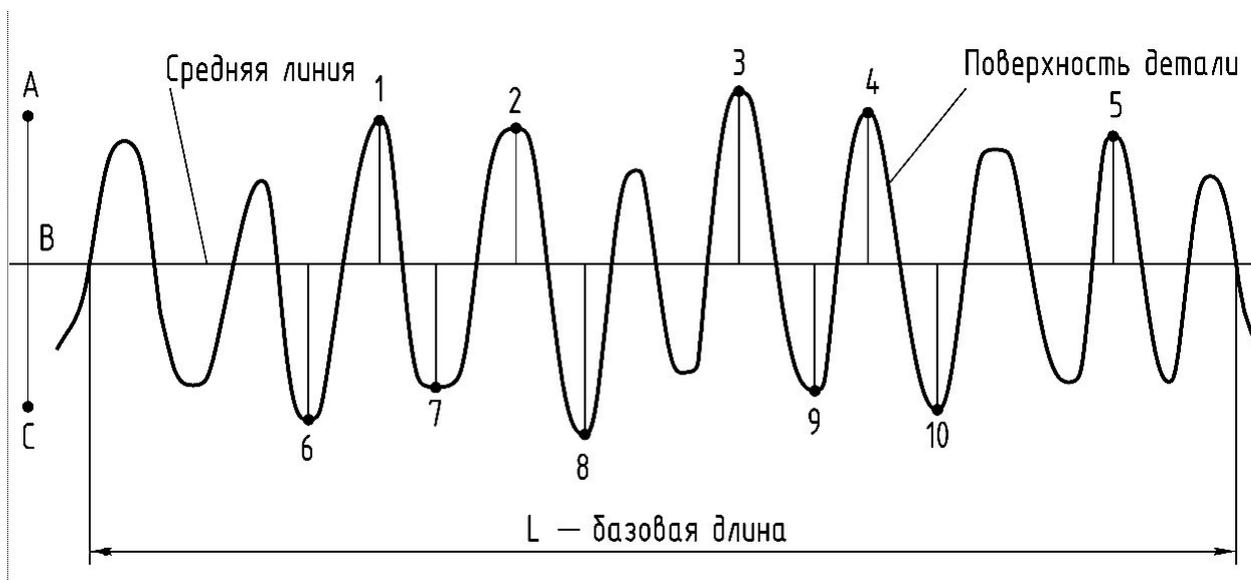


Рис. 24.3

Численные значения Rz следует выбирать из стандартного числового ряда предпочтительных значений: 400 (наиболее грубая поверхность), 200, 100, 50, 25, 12,5, 6,3, 3,2, 1,6, 0,8, 0,4, 0,2, 0,1, 0,05, 0,025 (наиболее ровная поверхность). Для учебных чертежей предлагается использовать, например, Rz100 и Rz25.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое шероховатость поверхности?
2. Как обозначают на чертеже шероховатость поверхности?
3. Что означает окружность в знаке шероховатости поверхности?
4. Что такое Rz и как его рассчитывают?
5. Из какого числового ряда выбирают значения Rz?

Часть третья Чертежи и документы

25. Чертёж общего вида

При защите дипломного проекта выполненные модели и конструкторские документы представляются комиссии, как правило, в последовательности: модель, чертёж общего вида, сборочный чертёж, спецификация, чертежи деталей, другие материалы. В этой же последовательности рассмотрим чертежи и документы применительно к сравнительно простой сборочной единице – стойке, модель которой выполнена в предыдущих разделах и которая изображена на рис. 13.3.

Чертёж общего вида – это документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных частей и поясняющий принцип работы изделия [8].

Чертёж общего вида изделия должен содержать [18]:

- рамку с заполненной основной надписью;
- изображение изделия, которое по-возможности наиболее полно раскрывает его состав и конструкцию (как правило, аксонометрическую проекцию с использованием цвета);
- выносные линии с полками, которые указывают на основные составляющие изделия, при этом на полках пишутся наименования составных частей либо ставятся цифровые позиции и рядом приводится поясняющая таблица;
- при необходимости указываются некоторые размеры;
- при необходимости приводятся технические требования;
- при необходимости поясняется принцип работы изделия.

На рис. 25.1 показан чертёж общего вида стойки (уменьшен), выполненный на основе её модели.

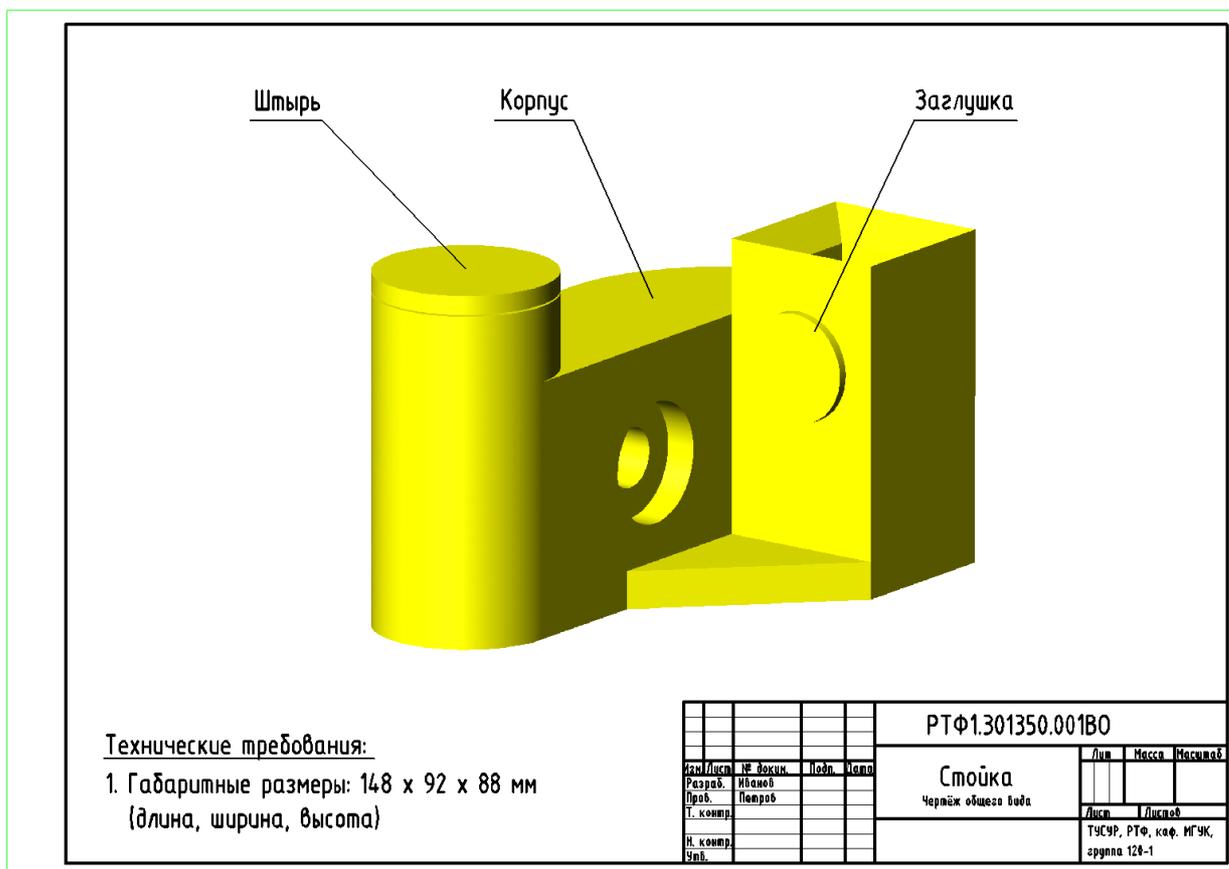


Рис. 25.1

На основе модели, чертёж общего вида изделия строится последовательно – поэтапно.

Этап первый. Пусть файл модели стойки имеет наименование «Стойка.dwg». Этот файл является векторным и имеет полную информацию для визуализации трёхмерного изделия – стойки. При построении плоского чертежа общего вида удобно использовать не векторный dwg-файл, а растровый bmp-файл. Используя векторный файл «Стойка.dwg», получим растровый файл «Стойка.bmp», для чего: визуализируем на экране файл «Стойка.dwg» и увеличим модель стойки во весь экран; дадим команды **файл – экспорт – сохранить – Enter** – растровый файл «Стойка.bmp» создан. Этот файл является плоской «фотографией» стойки. Чёткость изображения этой «фотографии» определяется разрешающей способностью экрана дисплея.

Этап второй. Учитывая габариты модели, выбираем формат А3 и вычерчиваем на нём рамку и основную надпись*. Заполняем соответствующие графы – см. рис. 26.1.

*Примечание: обычно рамка с основной надписью делаются однократно, записываются в избранную папку в виде блока и впоследствии, при выполнении различных чертежей, используется многократно.

Этап третий. Даём команды **Вставка – Растровое изображение** - появляется панель «Выбор файла изображения – Стойка.bmp – Открыть – Ю. Н. Жуков, Инженерная компьютерная графика

ОК – появилась панель «Растровое изображение» - **ОК** – двигая курсор вправо вверх, на глаз устанавливаем примерные границы изображения модели стойки – **ОК** – на экране изображение модели стойки. Если размеры стойки не устраивают, то необходимо полученное изображение стереть и повторить этот этап заново. Отъюстировать местоположение стойки можно с помощью пиктограммы «Перенести»*.

**Примечание: переносить изображение стойки можно только в том случае, если она заключена в рамку. Рамку можно включать и отключать с помощью пиктограммы «Объекты – изображения – контур».*

Этап четвёртый. С помощью пиктограммы «Полилиния» от штыря, корпуса и заглушки вычертим выносные линии с полками, над которыми с помощью пиктограммы «Однострочный текст» напишем их наименования. На свободном поле чертежа, как правило сверху или слева от основной надписи, запишем технические требования, например, габаритные размеры стойки. Запишем чертёж общего вида в файл с названием, например, «Стойка ВО.dwg».

26. Сборочный чертёж

Сборочный чертёж изделия – это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля [8].

Сборочный чертёж должен содержать [17]:

- рамку с заполненной основной надписью;
- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;
- размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъёмных соединений (сварных, паяных и др.);
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- габаритные размеры изделия;
- установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры;
- техническую характеристику изделия (при необходимости);
- координаты центра масс (при необходимости).

Сборочные чертежи следует выполнять, как правило, с упрощениями.

Допускается не показывать [17]:

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплётки и другие мелкие элементы;
- зазоры между стержнем и отверстием;
- крышки, щиты, кожухи, перегородки и т.п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: «Крышка поз. 3 не показана»;
- видимые составные части изделий или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями;
- надписи на табличках, фирменных планках, шкалы и других подобных деталях, изображая только их контур.

Изделия из прозрачного материала изображают как непрозрачные.

Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строку по возможности на одной линии.

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

Пример сборочного чертежа для стойки показан на рис. 26.1.

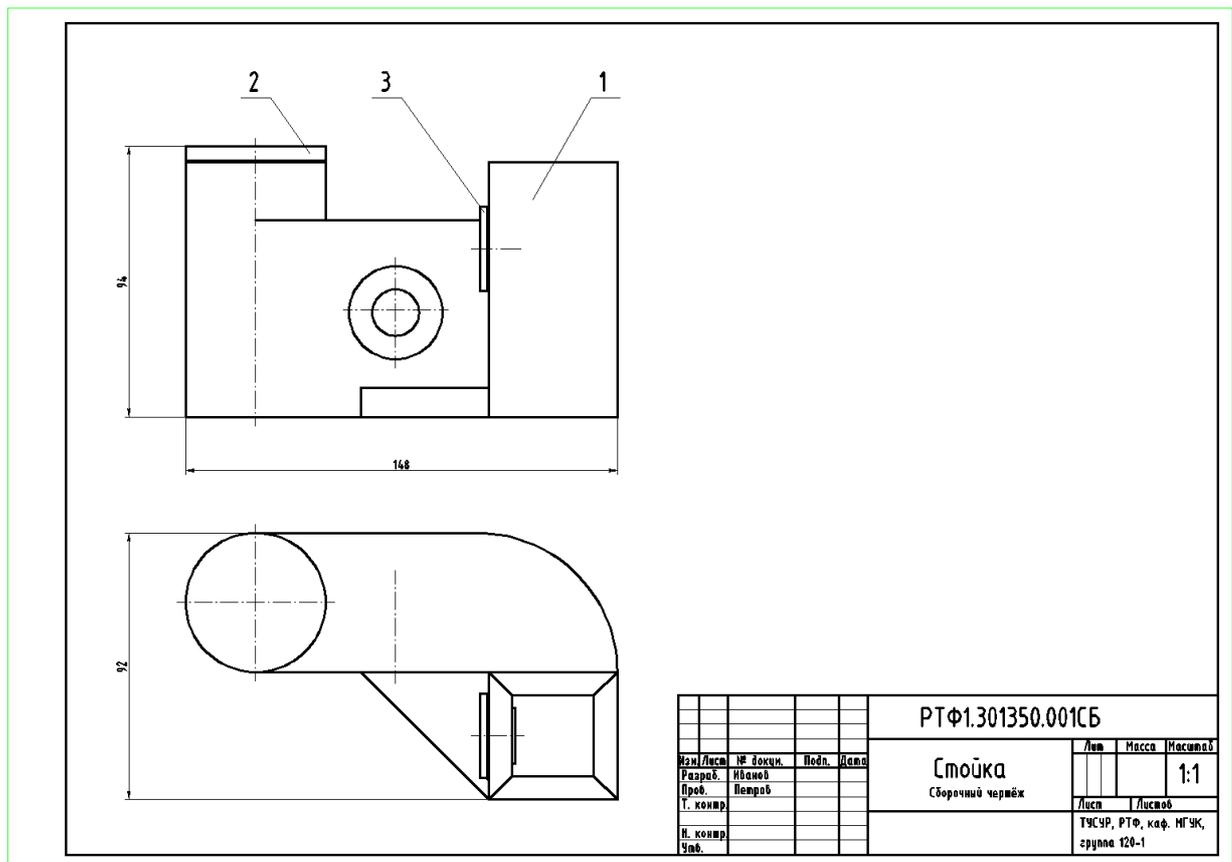


Рис. 26.1

Сборочный чертёж удобно строить, используя имеющуюся модель сборочной единицы – Стойки, см. рис. 13.3. Строим этот чертёж поэтапно.

Этап первый. Даём команды **Файл – Создать** и задаём формат А3 (210 на 297 мм). С помощью пиктограмм «Полилиния» и «Однострочный текст» вычерчиваем рамку и графы основной надписи. Заполняем основную надпись, см. рис. 26.1. Даём название этому чертежу (файлу) – «Сборочный чертёж.dwg». Будем считать этот чертёж «Первым». С помощью пиктограммы «Временно свернуть» (в правом верхнем углу в виде дефиса) временно свернём первый чертёж – в левом нижнем углу появилась закладка первого чертежа.

Этап второй. Визуализируем файл с моделью стойки. Дадим ему новое название, например, «Стойка вр.dwg» - временный файл стойки, который после построения сборочного чертежа можно удалить). Будем считать этот чертёж «Вторым» и запишем его файл в какую-либо папку. Временно свернём второй чертёж – в левом нижнем углу появилась вторая закладка. Поочередно активизируя эти закладки, далее будем визуализировать, по мере необходимости, то первый чертёж, то второй. Включаем шаг и сетку с шагом 2 мм.

Этап третий. Визуализируем второй чертёж и установим вид сверху. С помощью пиктограммы «Скрытые линии» уберём цвет с модели (при построении сборочного чертежа он мешает). Запишем этот вид (вид сверху) в буфер памяти системного блока компьютера: установим курсор снизу слева от модели и щёлкнем левой клавишей мыши; установим курсор сверху справа от модели и щёлкнем левой клавишей мыши (появились цветные квадратики, так называемые, «ручки»); щёлкаем правой клавишей мыши (появилась вспомогательная панель с меню команд); устанавливаем курсор на команду **Копировать с базовой точкой** и щёлкаем левой клавишей мыши (запись в командной строке требует указать базовую точку); указываем мышью базовую точку (например, на модели крайнюю снизу слева) и щёлкаем сначала левой клавишей мыши, а затем клавишей «Esc» - модель стойки видом сверху занесена в буфер памяти системного блока компьютера. Сворачиваем второй чертёж.

Этап четвёртый. Разворачиваем первый чертёж. Убеждаемся, что шаг и сетка включены. Щёлкаем правой клавишей мыши – появляется вспомогательное меню. Даём команду **Вставить** – запись в командной строке требует указать точку вставки. Указываем курсором местоположение точки на чертеже, где, по нашему мнению, целесообразно разместить левую нижнюю точку вида сверху модели стойки и щёлкаем левой клавишей мыши – вид сверху модели стойки установлен. Сворачиваем первый чертёж.

Этап пятый. Разворачиваем второй чертёж. Убеждаемся, что шаг и сетка включены. Устанавливаем вид спереди. Записываем в буфер памяти системного блока компьютера вид спереди модели стойки (точно так же, как вид сверху, см. этап третий), при этом базовую точку выбираем снизу слева вида спереди модели стойки. Сворачиваем второй чертёж.

Этап шестой. Разворачиваем первый чертёж. Убеждаемся, что шаг и сетка включены. Щёлкаем правой клавишей мыши – появляется вспомогательное меню. Даём команду **Вставить** – запись в командной строке требует указать точку вставки. Указываем курсором местоположение точки на чертеже, где, по нашему мнению, целесообразно разместить левую нижнюю точку вида спереди модели стойки и щёлкаем левой клавишей мыши – вид спереди модели стойки установлен. При установке вида спереди обеспечить его точную проекционную взаимосвязь с видом сверху (для этого и требовалась постоянная установка шага и сетки).

Этап седьмой. С помощью пиктограммы «Полилиния» обведём видимые контурные линии обоих видов толстыми основными линиями толщиной 0,6 мм. Штрихпунктирными тонкими линиями толщиной 0,3 мм вычертим осевые линии. После того, как все контурные линии обоих видов вычерчены, можно стереть исходные модели стойки, используя пиктограмму «Стереть».

Этап восьмой. С помощью пиктограмм «Полилиния» и «Однострочный текст» вычерчиваем выносные линии и выполняем необходимые записи, см. рис. 26.1. С помощью команд **Размеры – Линейные** указываем габаритные размеры модели стойки. Сборочный чертёж стойки готов.

На чертеже для всех окружностей, поверхностей и тел вращения должны быть показаны оси, выполненными штрихпунктирными линиями, которые должны выходить за линии контуров на 1...5 мм (в зависимости от размеров чертежа, для формата А3 целесообразно примерно 2 мм). Если на чертеже размеры окружности, поверхности или тела вращения 12 мм или меньше, то осевые линии или оси вращения выполняют в виде одного штриха.

Сборочные чертежи выполняют всегда в системе прямоугольных проекций с указанием и соблюдением масштаба. Если на чертеже две смежные линии сливаются и расстояние между ними 2 или меньше миллиметра, то в этих местах разрешается искусственно увеличить масштаб и предотвратить слияние линий.

Стойка – простая сборочная единица, поэтому в её сборочном чертеже достаточно всего двух видов. В сборочных чертежах более сложных сборочных единиц могут быть построены другие виды – вид слева, вид справа и т. д. Строятся эти виды аналогично построенным видам сверху и спереди. Точно так же строятся разрезы и сечения, с той лишь разницей, что вид строится на основе цельной модели, а разрез и сечение – на основе модели с разрезом или сечением.

27. Спецификация

Спецификация – это документ, определяющий состав сборочной еди-

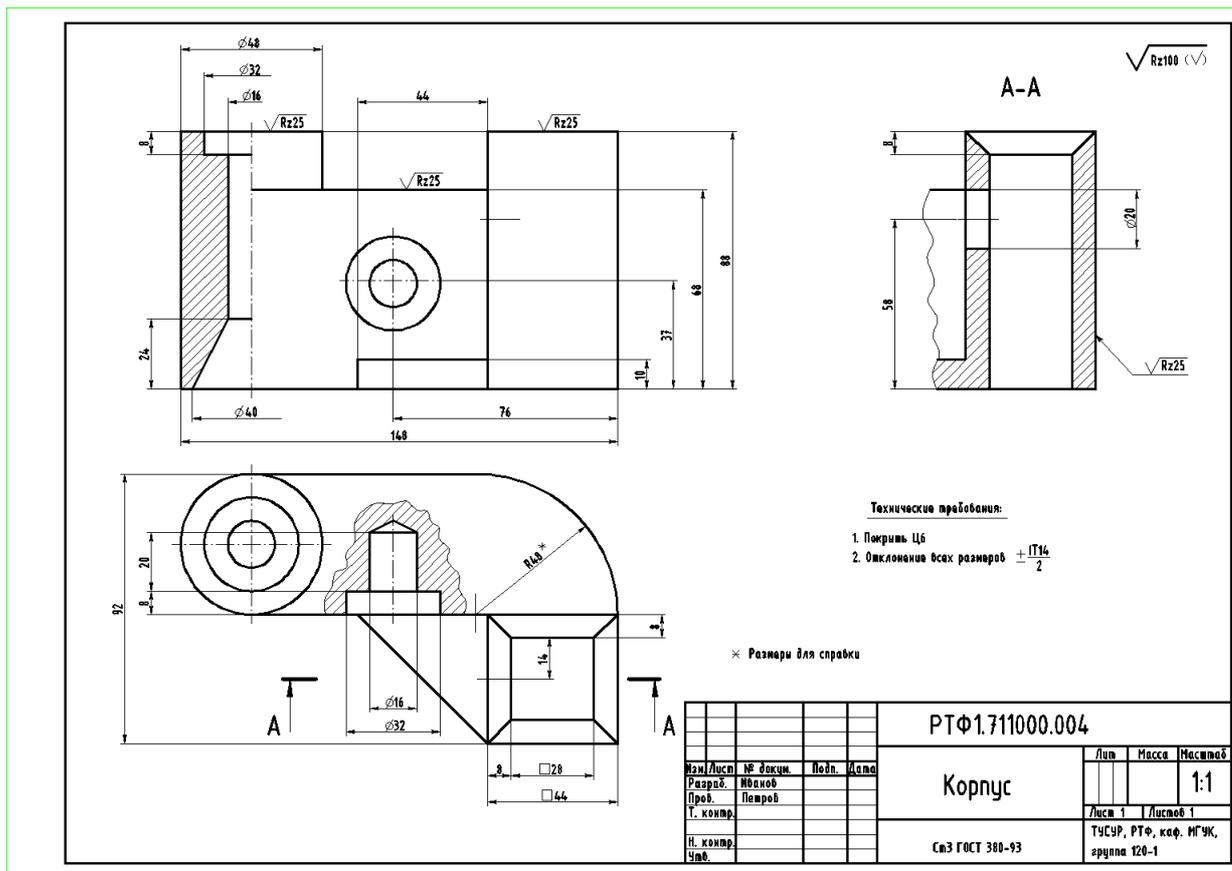


Рис. 28.2

Чертёж детали строится аналогично вышеописанному построению сборочного чертежа.

При построении чертежа детали, а также сборочного чертежа, следует выполнять все требования стандартов ЕСКД. Укажем некоторые из них.

На чертеже детали все имеющиеся разрезы и сечения должны иметь одинаковую штриховку.

На чертеже не должно быть, так называемых, «замкнутых цепочек» (например, один и тот же размер показан дважды). Если всё же по каким-либо причинам замкнутая цепочка оставлена на чертеже, то один из повторяющихся размеров должен быть обозначен звёздочкой (например, 23*), а на свободном поле чертежа (как правило, над основной надписью) должна быть сделана запись: «* Размеры для справки».

Вид спереди (главный вид) должен нести максимум информации о конструкции детали (поэтому он и «главный»).

На разрезах, такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колёс, тонкие стенки типа рёбер жесткости и т. п., показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента.

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу

(пазу, выступу, отверстию и т. п.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором форма данного элемента показана наиболее полно.

Количество одинаковых отверстий всегда указывают полностью, а их размеры – только один раз.

В наименовании изделия, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например, «Конденсатор подстроечный».

Обозначение материала должно содержать наименование материала, марку, если она для данного материала установлена, номер стандарта или технических условий (ТУ), например, Сталь 45 ГОСТ 1050-74.

Более подробно о требованиях к чертежам можно прочесть в стандартах ЕСКД [13 и 17].

Часть четвёртая

Электрическая принципиальная схема

29. Используемая терминология

Схема – это документ, на котором показаны в виде условных графических изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними [8].

Существует несколько видов схем, например: гидравлическая, кинематическая, электрическая и другие. В данном учебном пособии рассматривается только схема электрическая.

Схем электрических существует несколько типов: структурные, функциональные, принципиальные и другие. В этом учебном пособии рассматривается только схема электрическая принципиальная.

Схема электрическая принципиальная (далее везде «Схема») – это документ, на котором в виде условных графических изображений или обозначений изображены все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи [8, 25, 26].

Элемент схемы – составная часть схемы, которая выполняет определённую функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение и собственные условные графические и буквенно-цифровые обозначения [25].

Элементами схемы, например, являются: линия связи, резистор, конденсатор, диод, транзистор и т.п.

Условное графическое обозначение – изображение на схеме того или

иного элемента схемы.

В схемах электрических принципиальных используют стандартные условные графические обозначения [27]. При отсутствии стандартного графического обозначения допускается использовать нестандартное графическое обозначение, при этом на схеме должно быть необходимое пояснение.

Позиционное обозначение – цифровое, буквенное, буквенно-цифровое обозначение элемента, устройства и функциональной группы на схеме.

Линия связи на схеме – условное графическое обозначение электрического провода или токопроводящей части печатной платы.

Резистор на схеме – условное графическое обозначение резистора. Резистор – изделие, предназначенное для оказания сопротивления электрическому току с целью регулирования тока и напряжения.

Конденсатор на схеме – условное графическое обозначение конденсатора. Конденсатор – изделие, предназначенное для использования в электрических цепях с целью сосредоточения электрической ёмкости.

Диод полупроводниковый на схеме – условное графическое обозначение указанного диода. Диод – изделие, предназначенное для выпрямления переменного тока, детектирования, преобразования частоты и переключения электрических цепей.

Транзистор на схеме – условное графическое обозначение транзистора. Транзистор – изделие, предназначенное для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний, коммутации сигналов и т.д. Имеются транзисторы PNP типа, NPN типа, полевые и другие.

Тиристор на схеме – условное графическое обозначение тиристора. Тиристор – изделие, предназначенное для коммутации электрического тока в цепях инверторов, преобразователей, выпрямителей и т.д.

Симистор на схеме – условное графическое обозначение симистора. Симистор – двунаправленный симметричный триодный тиристор (см. тиристор). Применяется для тех же целей, что и тиристор.

Микросхема, как и предыдущие изделия, изображается на схеме в виде условного графического обозначения. Микросхема – изделие, предназначенное для определённого спектра преобразования электрических сигналов. В одной микросхеме может быть скомпоновано несколько миллионов резисторов, конденсаторов, транзисторов и т.п.

Неразъёмное соединение на схеме – условное графическое обозначение неразъёмного соединения, как правило, в виде паяного или сварного соединения. Применяется для жесткого надёжного соединения элементов схемы.

Другие термины – по ходу изложения.

Вопросы для самоконтроля

1. Что следует понимать под схемой электрической принципиальной?
2. Что может являться элементом схемы?

3. *Что следует предпринять, если в схеме используется нестандартное условное графическое обозначение?*
4. *Для чего предназначен резистор?*

30. Задания на выполнение схемы

В данном учебном пособии имеется двадцать вариантов заданий на выполнение учебной работы «Схема электрическая принципиальная» - см. Приложение 1. Каждый студент выполняет свой вариант задания. Номер варианта задания назначает преподаватель.

На рис. 1 показан пример задания.

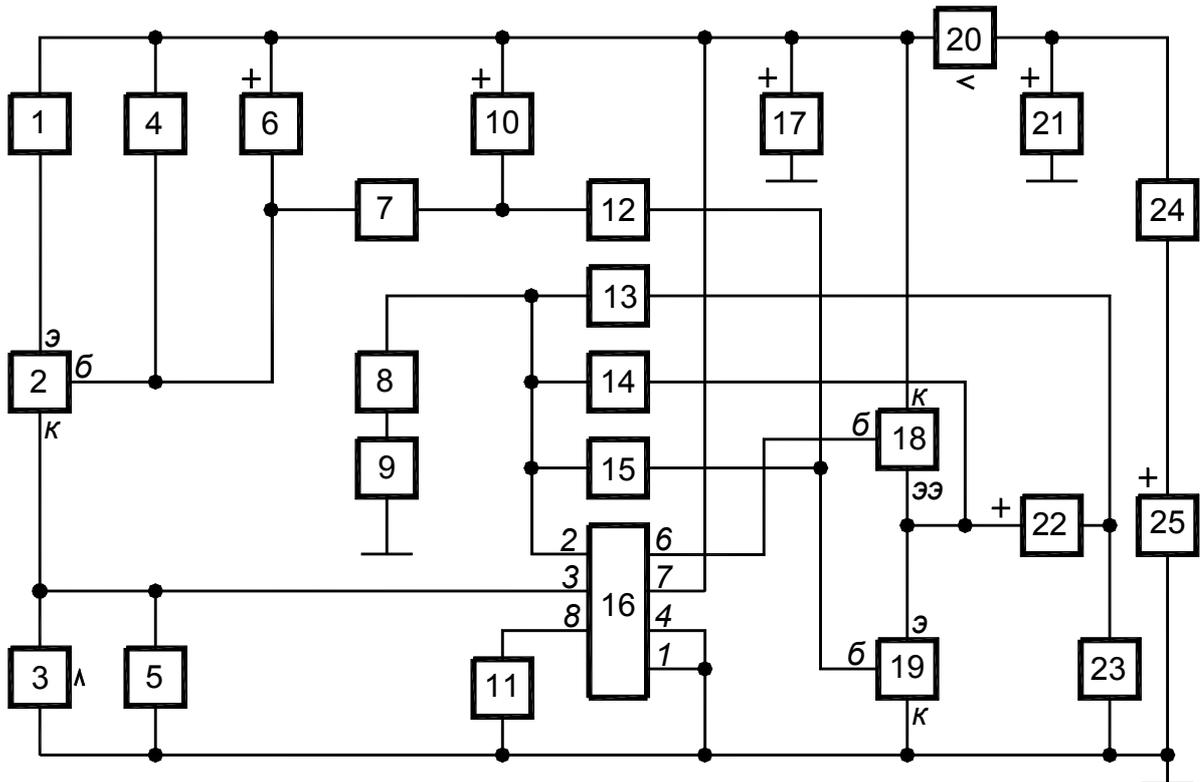
Как видно из рис. 1, задание включает:

- номер варианта;
- наименование радиотехнического изделия;
- сферу применения этого изделия;
- схему, каждый элемент которой показан в виде прямоугольника или квадрата с номером, при этом около некоторых из них показаны цифры, буквы или знаки, указывающие номера или названия выводов (выводов), а также полярность их подсоединения;
- сведения об элементах, используемых в схеме;
- указание литературы, откуда взята схема.

Вариант № 21

Телефонный ИК приёмник*

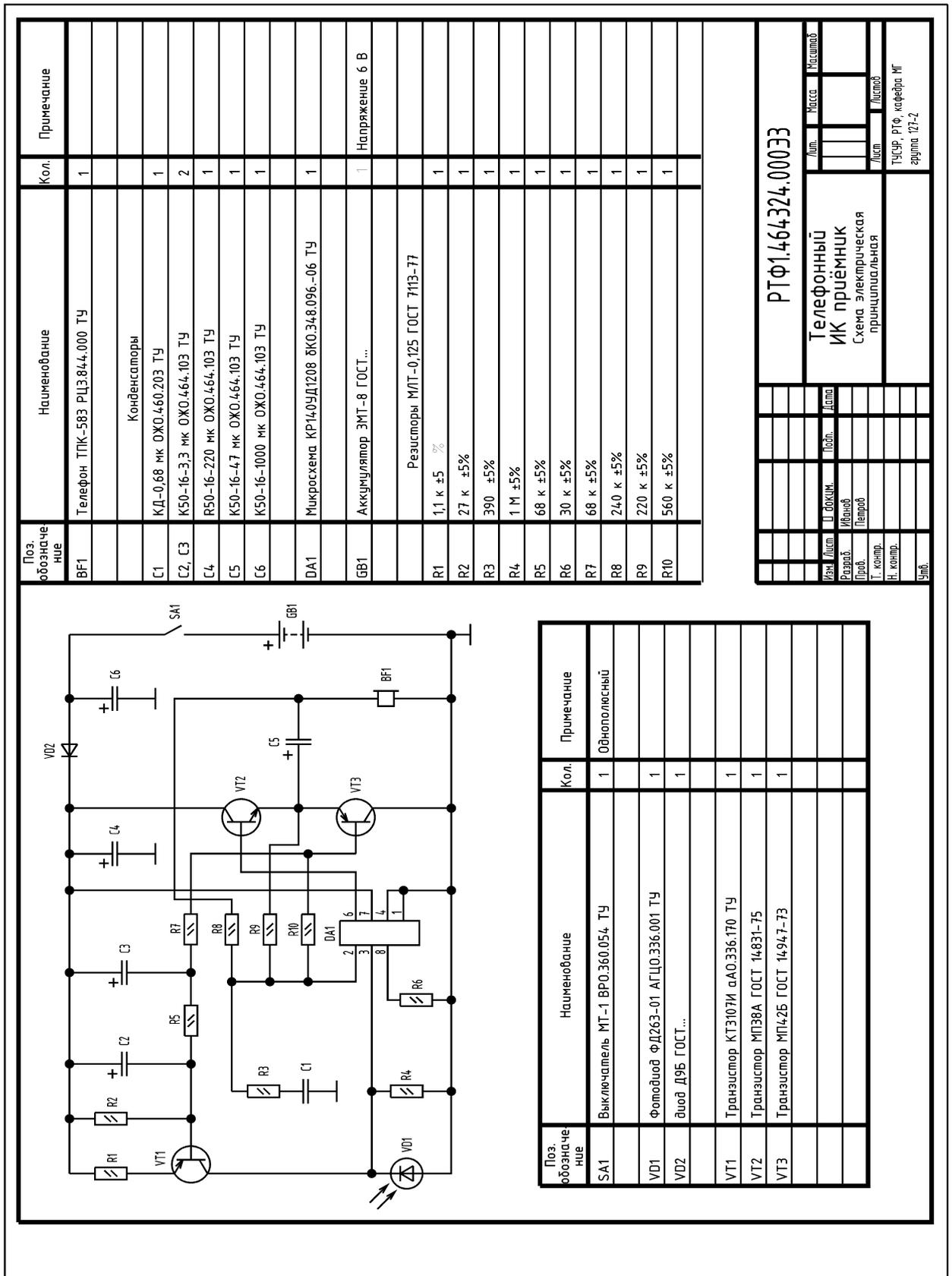
Применяется для приёма сигналов инфракрасного излучения в ИК телефонии



Обозначения: 1 – резистор МЛТ-0,125-1,1 к; 2 – транзистор КТ3107И; 3 – фотодиод ФД263; 4 – резистор МЛТ-0,125-27 к; 5 – резистор МЛТ-0,125-1 М; 6 и 10 – конденсаторы К50-16-3,3 мк; 7 – резистор МЛТ-0,125-68 к; 8 – резистор МЛТ-0,125-390; 9 – конденсатор КД-0,68 мк; 11 – МЛТ-0,125-30 к; 12 – резистор МЛТ-0,125-68 к; 13 – резистор МЛТ-0,125-240 к; 14 – резистор МЛТ-0,125-220 к; 15 – резистор МЛТ-0,125-560 к; 16 – микросхема КР140УД1208; 17 – конденсатор К50-16-220 мк; 18 – транзистор МП38А; 19 – транзистор МП42Б; 20 – диод Д9Б; 21 – конденсатор К50-16-1000 мк; 22 – конденсатор К50-16-47 мк; 23 – телефон ТПК-583; 24 – выключатель МТ-1; 25 – аккумулятор 3МТ-8 (6 В).

*Примечание: использована литература [20, 121].

Рис. 30.1



РТФ.1464324.00033			
Телефонный ИК приемник			
Схема электрическая принципиальная			
Лист	№ докум.	Дата	Масштаб
Резерв.	Измен.		
Проб.	Перед		
И. конпр.			
И. конпр.			
Суб.			
		Лист	Масса
		Лист	Листов
		УСУР, РТФ, кафедр. МГ	
		Формат 127-2	

Рис. 30.2

Студент, выполняющий схему на компьютере, должен:

- 1) ознакомиться с заданием и данным методическим пособием, которые выдаёт преподаватель;
- 2) подготовить на экране дисплея стандартный формат А3;
- 3) вычертить рамку и основную надпись в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД;
- 4) вычертить схему в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД, заменив нестандартные условные графические обозначения, имеющиеся в задании, на стандартные обозначения в схеме на экране дисплея;
- 5) обозначить все условные графические обозначения элементов схемы, используя стандартные буквенно-цифровые обозначения;
- 6) вычертить и заполнить перечень элементов в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД;
- 7) заполнить основную надпись, руководствуясь требованиями данного учебного пособия;
- 8) в назначенный срок законченную схему сдать преподавателю для проверки. Образец схемы показан на рис. 30.2.

Сдаваемая схема должна содержать:

- 1) рамку с заполненной основной надписью;
- 2) условные графические обозначения элементов схемы;
- 3) буквенно-цифровые обозначения элементов схемы;
- 4) перечень элементов;
- 5) текстовую информацию (при необходимости).

Вопросы для самоконтроля

1. Где взять свой вариант задания?
2. Что содержит задание и что следует выполнить?
3. Что должна содержать схема?
4. В какой последовательности рекомендовано выполнять схему?

31. Условные графические обозначения

Условные графические обозначения (далее УГО) вычерчиваются в левой верхней четверти формата А3 – см. рис. 30.2. Они компоуются и взаимосвязываются таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей. Действительное расположение составных частей изделия при вычерчивании УГО не учитывают или учитывают приближенно. Располагать УГО в схеме не обязательно так, как они расположены в задании, но линии связи должны быть как можно короче.

При компоновке и вычерчивании УГО следует соблюдать указанные ниже правила, которые основаны на требованиях стандартов ЕСКД [25, 26].

Правило первое. УГО вычерчивают тонкими сплошными линиями толщиной 0,3 мм без соблюдения масштаба, с конфигурацией и размерами, которые указаны в соответствующих стандартах ЕСКД.

Пояснение. В стандартах ЕСКД [27] размеры указаны только для некоторых УГО. Если для конкретного УГО его размеры в стандарте не указаны, то его следует вычерчивать таким же, каким оно изображено в соответствующем стандарте. УГО можно поворачивать на угол, кратный 90° . Для примера, на рис. 31.1 показано три стандартных УГО.



Рис. 31.1

В Приложении 3 приведены УГО, необходимые для выполнения всех учебных вариантов схем. Как и в стандартах ЕСКД, размеры указаны только для части УГО. Размеры остальных УГО следует брать непосредственно из Приложения 3, где все УГО изображены с такими же размерами, с какими они показаны в соответствующих стандартах ЕСКД [27].

Правило второе. Все линии связи вычерчивают тонкими сплошными линиями (рекомендуемая толщина 0,3 мм), как правило, в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Пояснение. Примеры наклонного проведения линий связи показаны в Приложении А – см. варианты №3 и №12. Длину наклонной линии связи следует по возможности ограничивать.

Линия связи, соединяющая два УГО, может быть либо прямой, либо ломаной. При компоновке УГО следует стремиться к тому, чтобы линии связи между ними были по возможности прямыми, либо с минимально возможным количеством изломов.

Правило третье. При компоновке УГО рекомендуется пользоваться строчным способом, т. е. изображать УГО последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи – рядом, образуя параллельные строки (горизонтальные или вертикальные).

Правило четвёртое. Расстояние между соседними УГО должно быть не менее 2,0 мм; расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3,0 мм; расстояние между соседними выводами УГО микросхемы должно быть не менее 5 мм.

Вопросы для самоконтроля

1. Какими линиями следует вычерчивать УГО?

2. Откуда брать размеры того или иного УГО?
3. Как следует ориентировать линии связи?
4. На каком минимальном расстоянии могут находиться две соседние линии связи?

32. Буквенно-цифровые обозначения

Правило пятое. Элементы, входящие в изделие и изображенные на схеме в виде УГО, должны иметь буквенно-цифровые обозначения, расположенные справа или сверху рядом с соответствующим УГО [28].

Правило шестое. Порядковые номера элементам схемы следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов, которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например: R1, R2, R3 и т. д.; C1, C2, C3 и т. д. Порядковые номера однотипным элементам схемы должны быть присвоены в соответствии с последовательностью их расположения на схеме в направлении сначала сверху вниз, а потом – слева направо.

Правило седьмое. При изображении на схеме элемента разнесённым способом, позиционное обозначение элемента проставляют около каждой составной части.

Пояснение. Разнесённый способ означает то, что элемент схемы изображается не одним УГО, а двумя или большим количеством однотипных УГО, что сокращает длины линий связи и делает схему более компактной. На рис. 32.1 одна и та же микросхема изображена разнесённым способом в виде трёх составных частей. Согласно седьмому правилу, буквенно-цифровые обозначения проставлены около каждой её составной части.

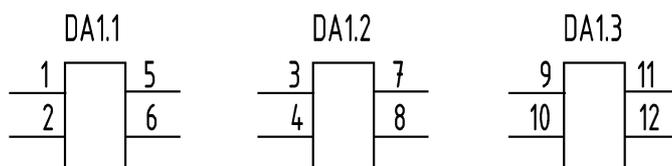


Рис. 32.1

Правило восьмое. При изображении УГО микросхемы, около каждого вывода сверху должен быть указан его номер – см. рис. 32.1.

При необходимости, на схеме могут быть обозначены теми или иными знаками выводы и других элементов схемы.

Кроме элементов, схема может содержать устройства и функциональные группы. Поскольку в учебных схемах предложенных вариантов устройств и функциональных групп нет, правила их обозначения в данном учебном пособии опущены. Факультативно с ними можно ознакомиться в

соответствующих стандартах ЕСКД [25].

Все размеры графических обозначений допускается пропорционально изменять (например, пропорционально увеличивать в больших демонстрационных схемах). В учебных схемах следует использовать те размеры УГО, которые указаны в соответствующих стандартах ЕСКД [27] и в Приложении 3 данного учебного пособия.

33.Перечень элементов

Правило девятое. Данные об элементах схемы должны быть записаны в перечень элементов – таблицу, расположенную над основной надписью не ближе 12 мм от неё и продолженную (при необходимости) слева от основной надписи. Продолженная часть таблицы не должна касаться основной надписи и линий рамки.

Пояснение. Таблицу перечня элементов следует выполнять основными сплошными толстыми линиями (рекомендуемая толщина 0,8 мм) и сплошными тонкими линиями (рекомендуемая толщина 0,3 мм) – см. рис. 7.



Рис. 33.1

При необходимости, перечень элементов может быть выполнен в виде самостоятельного документа на одном или нескольких листах формата А4 (в предложенных учебных схемах такой необходимости нет).

В графе "Поз. обозначение" следует записывать буквенно-цифровое обозначение элемента схемы, например, "R1"; или "R1, R2" (если два элемента схемы одинаковы); или "R1-R6" (если шесть элементов схемы одинаковы) и т. п.

В графе "Наименование" указывают наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент применён, и обозначение этого документа – государственный стандарт (ГОСТ), техническое условие (ТУ) и т. п. Например: "Резистор МЛТ-0,125-10 к ±5% ГОСТ 7113-77".

В графе "Кол." записывают количество элементов, информация о которых указана в данной строке таблицы.

В графе "Примечание" рекомендуется указывать технические данные элемента схемы, не содержащиеся в его наименовании. В учебной схеме эти графы можно не заполнять.

Правило десятое. Элементы в перечень записывают сверху вниз группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

Пояснение. Для примера, в Приложении 4 показан порядок записи в перечень элементов. Здесь же указаны наименования в соответствии с документами, на основании которых эти элементы применены, а также обозначения этих документов – ГОСТ и ТУ.

При записи номинальных значений резисторов и конденсаторов, с целью обеспечения краткости записей, допускается применять упрощенный способ обозначения единиц измерений.

Для резисторов:

- от 0 до 999 Ом – без указания единиц измерения;
- от $1 \cdot 10^3$ до $999 \cdot 10^3$ Ом – в килоомах с обозначением единицы измерения строчной буквой "к";
- от $1 \cdot 10^6$ до $999 \cdot 10^6$ Ом – в мегаомах с обозначением единицы измерения прописной буквой "М";
- свыше $1 \cdot 10^9$ - в гигаомах с обозначением единицы измерения прописной буквой "Г".

Для конденсаторов:

- от 0 до $9999 \cdot 10^{-12}$ Ф – в пикофарадах без указания единиц измерения;
- от $1 \cdot 10^{-8}$ до $9999 \cdot 10^{-6}$ Ф – в микрофарадах с обозначением единицы измерения строчными буквами "мк".

Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов, а при большом количестве элементов внутри групп – и между элементами.

Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу "Поз. обозначение" вписывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например, "R5,R6" или "R2-R7", а в графу "Кол." – общее количество таких элементов.

При записи элементов одинакового наименования, отличающихся техническими характеристиками и другими данными и имеющих одинаковое буквенное позиционное обозначение, допускается в графе "Наименование" записывать:

- наименование этих элементов в виде общего наименования;
- в общем наименовании – наименование, тип и обозначение документа (ГОСТ, ТУ и т.п.), на основании которого эти элементы применены.

Для выполнения учебных схем необходимые буквенно-цифровые обозначения элементов приведены в Приложении 4, а буквенные коды – в Приложении 5. В схеме можно использовать либо только однобуквенные коды, либо одно- и двухбуквенные коды одновременно – см. рис. 2.

Вопросы для самоконтроля

1. Куда следует записывать данные об элементах схемы?
2. На каком минимальном расстоянии может находиться перечень элементов над основной надписью?
3. Как следует заполнять перечень элементов?
4. Что следует записывать в графе "Наименование"?
5. Может ли в графе "Поз. обозначение" запись вида "R5" следовать ниже записи "R12"?

34.Текстовая информация

На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется назначением схемы.

Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями.

Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях не должны применяться сокращения слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текстовые данные в зависимости от их содержания и назначения могут быть расположены: рядом с графическими обозначениями, внутри графических обозначений, над линиями связи, в разрыве линий связи, рядом с концами линий связи и на свободном поле схемы.

Текстовые данные, относящиеся к линиям, ориентируют параллельно горизонтальным участкам соответствующих линий. При большой плотности схемы допускается вертикальная ориентация данных. Некоторые примеры текстовой информации показаны на рис. 34.1.

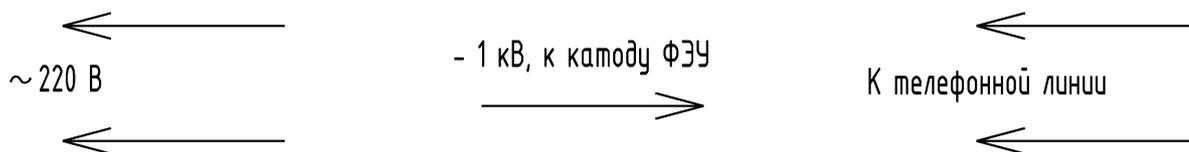


Рис. 34.1

Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях приводят на схеме текстовые данные?

2. *Какие требования предъявляются к текстовым данным на схеме?*

35. Выполнение схемы

Инсталлируйте программу AutoCAD (желательно русифицированную любой версии, начиная с версии 14) и активизируйте её. Установите только те панели инструментов, которые необходимы для двумерного черчения. Панели инструментов для трёхмерного моделирования не устанавливайте – это позволит максимально увеличить рабочее поле на экране.

Установите режим "Модели" – это основной режим работы AutoCAD. Не используйте режим "Листа" – он менее удобен. Установите размерность "миллиметры".

Установите лимиты чертежа 279 на 420 мм и обведите этот прямоугольник линией зелёного цвета – зелёная рамка будет дисциплинировать, указывая каждый раз границы формата А3.

Установите нулевое значение полилинии и в дальнейшем не меняйте его. При вычерчивании схемы вам потребуется только два вида линий: непрерывная толстая основная толщиной 0,8 мм и непрерывная тонкая толщиной 0,3 мм.

Установите вес линии 0,3 и, используя необходимые пиктограммы в линейках инструментов, вычертите на рабочем поле только те элементы схемы, которые имеются в вашем задании. Назовём эти элементы "базовыми". Их будет около десятка. Вычерчивайте их каждый в отдельности без всяких взаимных связей. Вы создаёте исходную базу элементов схемы. Для определения конфигурации базовых элементов и их размеров используйте это методическое пособие. После вычерчивания всех базовых элементов передвиньте их в правую половину формата, а левую оставьте для последующего вычерчивания схемы.

Копируйте поочерёдно и последовательно захватывайте с помощью курсора тот или иной базовый элемент, передвигайте его влево и располагайте на "законное место" в выстраиваемой схеме. Не бойтесь ошибиться. Передвигайте и сдвигайте базовые элементы сколько угодно раз и добейтесь оптимального и эстетически приемлемого их взаимного расположения. Схема должна быть не только правильной, грамотной и компактной, но и эстетичной – красивой.

Согласно заданию, той же тонкой линией 0,3 мм проведите все линии связи. Как правило, они должны быть горизонтальными, вертикальными и как можно короче. Не забудьте оставить места для буквенно-цифровых и цифровых обозначений, которые предписано стандартом ЕСКД располагать около элемента схемы только справа или сверху.

Вычертив схему в левой половине формата А3, сотрите в правой половине формата все теперь уже не нужные базовые элементы. Можно было бы их превратить в блоки и впоследствии многократно использовать для вычер-

чивания других схем, но для данного учебного задания этого не требуется. Стирайте!

Задайте новый вес линии, а именно 0,8 и вычертите рамку с основной надписью, для заполнения которой используйте шрифт размера 3,5 типа "ISOCPEUR" – он соответствует требованиям ЕСКД. Обозначение конструкторского документа запишите шрифтом размера 7, а название изделия – шрифтом 5 или 3,5.

Этой же линией 0,8 вычертите все толстые линии таблицы перечня элементов. Задав ширину линии 0,3, вычертите и тонкие линии этой таблицы. Не забудьте: таблица перечня элементов схемы не должна доходить до верхней линии основной надписи ближе 12 мм.

Шрифтом "ISOCPEUR" размера 3,5 выполните буквенно-цифровые и цифровые обозначения всех элементов схемы.

Шрифтом "ISOCPEUR" размера 3,5 заполните перечень элементов. Не забудьте: последовательность записи осуществляется сверху вниз по латинскому алфавиту буквенно-цифровых обозначений. Если таблица перечня элементов заполнена до конца, а все элементы не записаны, то слева от основной надписи под схемой повторите головки таблицы перечня элементов, вычертите несколько строк и завершите записи. Дополнительная таблица не должна касаться основной надписи, рамки и элементов схемы.

Готовую схему, выполненную на экране монитора, сдайте преподавателю для проверки или напечатайте её и сдайте в бумажной форме. Если в вашем распоряжении принтер, печатающий только до формата А4, то разбейте схему на две части (два формата А4), напечатайте их, а затем склейте до формата А3. Если при масштабе 1:1 схема полностью не пропечатывается, то чуть-чуть уменьшите масштаб печати.

Заключение

Учитывая, что учебная дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» изучается студентами РТФ ТУСУР на первом курсе, когда со специальными дисциплинами студенты ещё не знакомы, в данном учебнике автор использовал сравнительно простые модели и макеты изделий (конденсатор, штырь, заглушку, стойку). При необходимости, в учебном процессе могут использоваться, естественно, и более сложные модели изделий, см. например, приложение Е.

Автор будет благодарен за любые замечания и предложения, которые позволят улучшить данный учебник. Замечания посылать по электронной почте: yunzh@mail.ru.

Использованная литература

1. ГОСТ 2.101-68. Единая система конструкторской документации. Виды изделий. – М.: Госстандарт, 1988.
2. ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель. – М.: Стандартинформ, 2006.
3. Полещук Н. Н., Савельева В. А. Самоучитель AutoCAD 2004. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 640 с.: ил.
4. Жуков Ю. Н. Трёхмерные твердотельные компьютерные модели: учеб. пособие / Ю. Н. Жуков. = Томск: Томск. Гос. Ун-т систем упр. И радиоэлектроники, 2006, - 99 с.
5. В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. Курс начертательной геометрии.: учеб. пособие / Под ред. Ю. Б. Иванова. – 23-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит., 1988. – 272 с.
6. Ю. Н. Жуков. Инженерная и компьютерная графика: учеб. пособие. – Томск: издат. Томского ЦНТИ, 2001, 99 с.
7. ГОСТ 2.201-80. Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов. – М.: Госстандарт, 1995.
8. ГОСТ 2.102-2007. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов. – М.: Госстандарт, 2007.
9. ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. Форматы. – М.: Госстандарт, 2007.
10. ГОСТ 2.302-68. Единая система конструкторской документации. Масштабы. – М.: Госстандарт, 2007.
11. ГОСТ 2.303-68. Единая система конструкторской документации. Линии. – М.: Госстандарт, 2007.
12. ГОСТ 2.304-81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертёжные. – М.: Госстандарт, 2007.
13. ГОСТ 2.305-68. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения. – М.: Госстандарт, 2007.
14. ГОСТ 2.313-82. Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения неразъёмных соединений. – М.: Госстандарт, 2007.
15. ГОСТ 2789-73. Единая система конструкторской документации. Шероховатость поверхности. – М.: Госстандарт, 2007.
16. ГОСТ 2.309-73. Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей. – М.: Госстандарт, 2007.
17. ГОСТ 2.109-73. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам. – М.: Госстандарт, 2007.
18. ГОСТ 2.118-73. Единая система конструкторской документации. Техническое предложение. – М.: Госстандарт, 2007.

19. ГОСТ 2.108-68. Единая система конструкторской документации. Спецификация. – М.: Госстандарт, 1988.
20. Виноградов Ю. А. Радиололюбительские конструкции в системах контроля и защиты. Вып. 4. – М.: Солон-Р, 2001
21. Шелестов И. П. Радиололюбителям. Полезные схемы. Кн. 1. – М.: Солон-Р, 2000.
22. Шелестов И. П. Радиололюбителям. Полезные схемы. Кн. 3. – М.: Солон-Р, 2000.
23. Евсеев А. Н. Полезные схемы для радиололюбителей. Вып. 2. – М.: Солон-Р, 2000.
24. Виноградов Ю. А. Радиололюбителю-конструктору: Си-Би связь, дозиметрия, ИК-техника, электронные приборы, средства связи. – М.: ДМК, 1999.
25. ГОСТ 2.701-84. Единая система конструкторской документации. Схемы. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
26. ГОСТ 2.702-75. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
27. Единая система конструкторской документации. Сб. стандартов. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
28. ГОСТ 2.710-81. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. – М.: Изд-во стандартов, 2000.

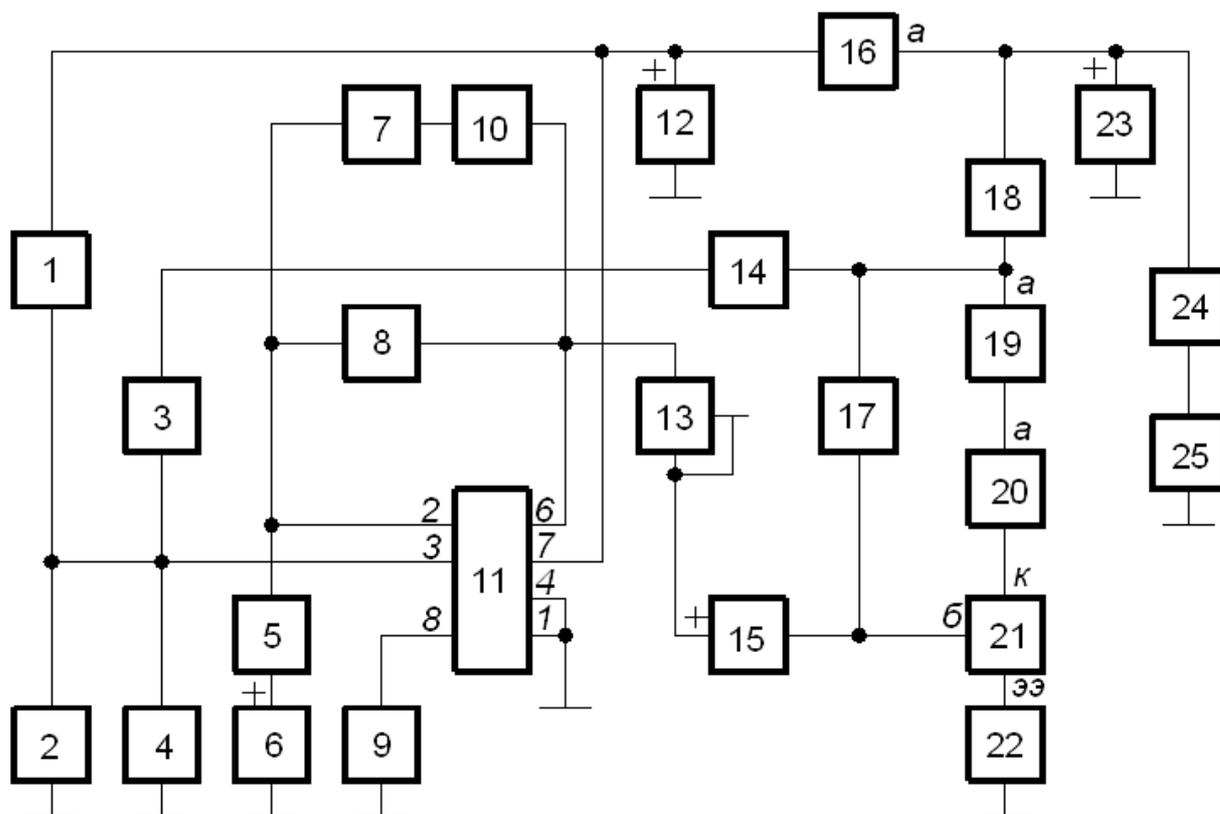
Приложение А

**Задания
на выполнение работы
"Схема электрическая принципиальная"
(двадцать вариантов)**

Вариант №1

Телефонный ИК передатчик

Применяется для передачи телефонных сигналов с помощью инфракрасного (ИК) излучения



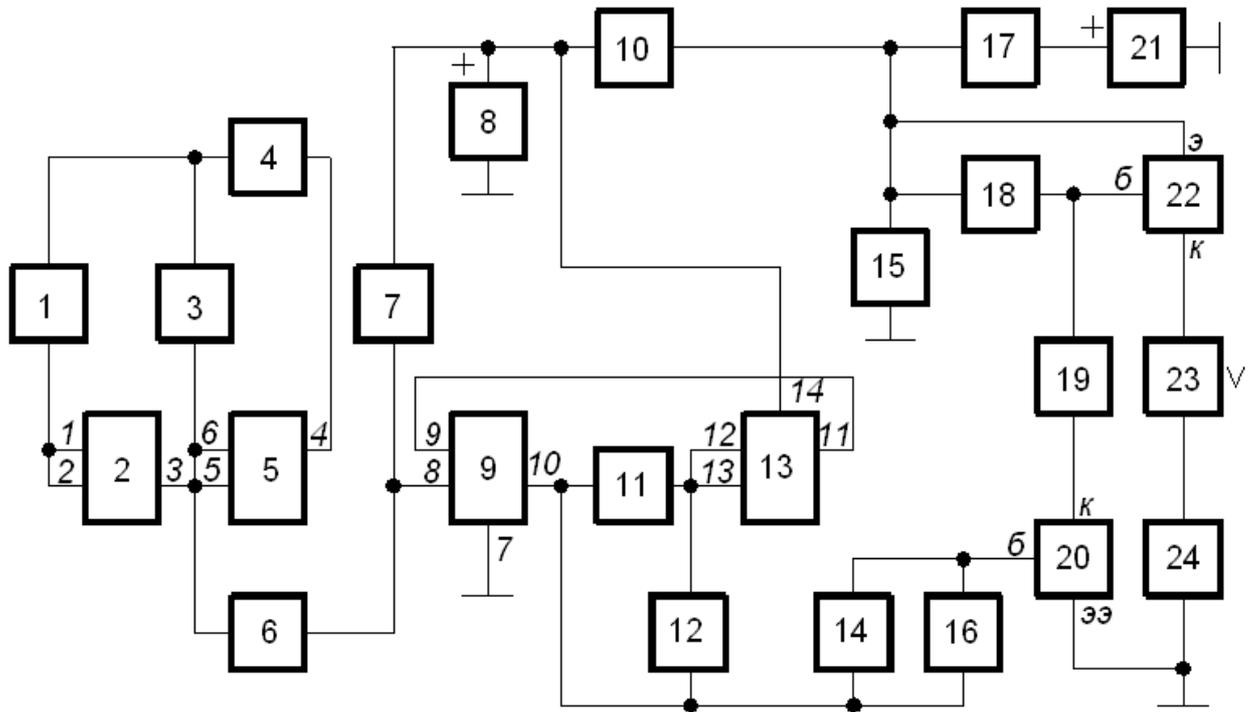
Обозначения: 1 - резистор МЛТ-0,125-22 к; 2 - микрофон СЗН-15Е; 3 - резистор МЛТ-0,125-10 к; 4 - конденсатор КД-1000; 5 - резистор МЛТ-0,125-620; 6 - конденсатор К50-16-3,3 мк; 7 - резистор МЛТ-0,125-51 к; 8 - резистор МЛТ-0,125-22 к; 9 - резистор МЛТ-0,125-68 к; 10 - конденсатор КД-1000; 11 - микросхема КР140УД1208; 12 - конденсатор К50-16-220 мк; 13 - резистор СПЗ-38а-20 к; 14 - конденсатор К53-30-0,01 мк; 15 - конденсатор К53-30-3,3 мк; 16 - диод Д9Б; 17 - резистор МЛТ-0,125-39 к; 18 - резистор МЛТ-0,125-22; 19 и 20 - диоды АЛ156Б; 21 - транзистор КТ3102ЕМ; 22 - резистор МЛТ-0,125-3,9; 23 - конденсатор К50-16-1000 мк; 24 - выключатель КМ-1; 25 - аккумулятор ЗМТ-8 (6 В).

Примечание: использована литература [20, с. 120].

Вариант №2

ИК генератор

Применяется для формирования импульсного инфракрасного излучения в виде тонкого луча для охранных систем



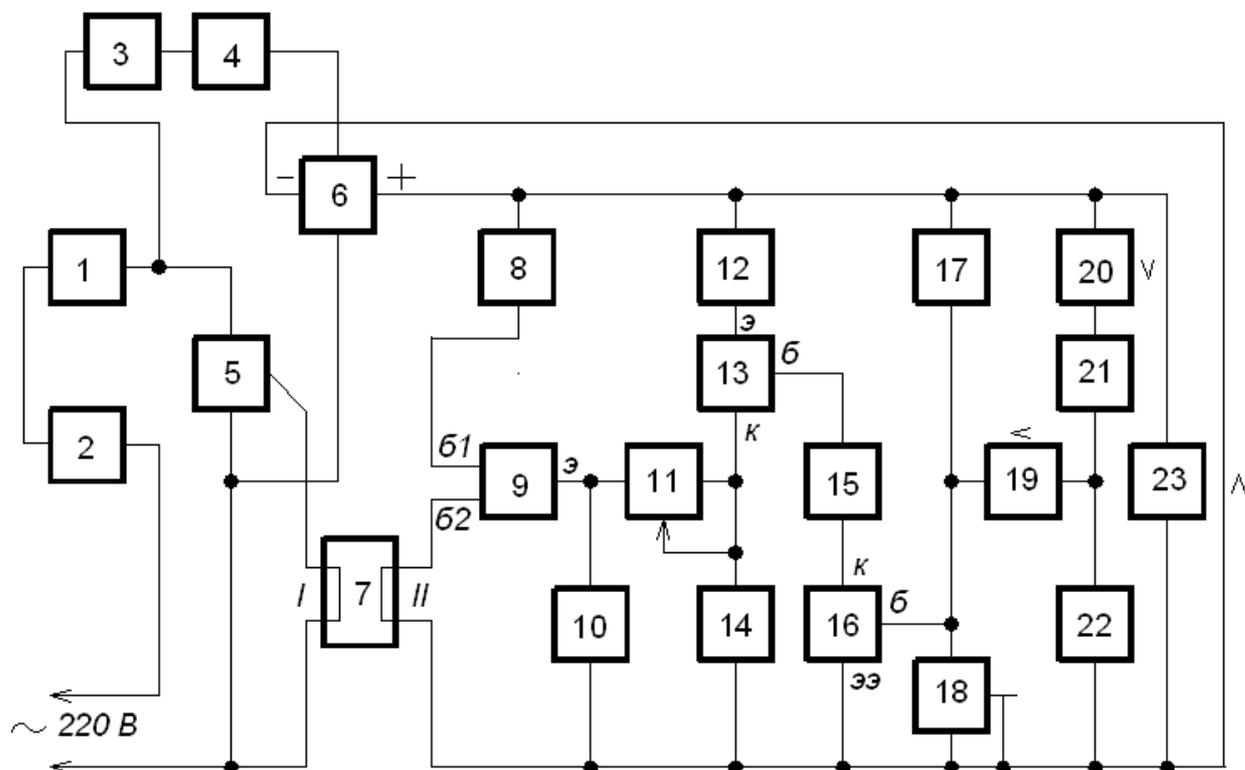
Обозначения: 1 резистор МЛТ-0,125-270 к; 2, 5, 9, 13 - четыре части одной и той же микросхемы К561ЛА7; 3 - резистор МЛТ-0,125-3 М; 4 - конденсатор КМ-6-0,1 мк; 6 - конденсатор КД-200; 7 - резистор МЛТ-0,125-10 к; 8 - конденсатор К50-16-47 мк; 10 - резистор МЛТ-0,125-51 к; 11 - конденсатор КД-1000; 12 - резистор МЛТ-0,125-10 к; 14 - конденсатор КД-51; 15 - конденсатор К50-16-220 мк; 16 - резистор МЛТ-0,125-270 к; 17 - выключатель КМ-1; 18 - резистор МЛТ-0,125-39 к; 19 - резистор МЛТ-0,125-2 к; 20 - транзистор КТ3102ЕМ; 21 - аккумулятор ЗМТ-8 (6 В); 22 - транзистор КТ973А; 23 - светодиод АЛ147А; 24 - резистор МЛТ-0,125-3,9.

Примечание: использована литература [20, с. 127].

Вариант №3

Светорегулятор

Применяется для плавного изменения яркости свечения обычных 220-вольтовых ламп накаливания (до 1000 Вт).



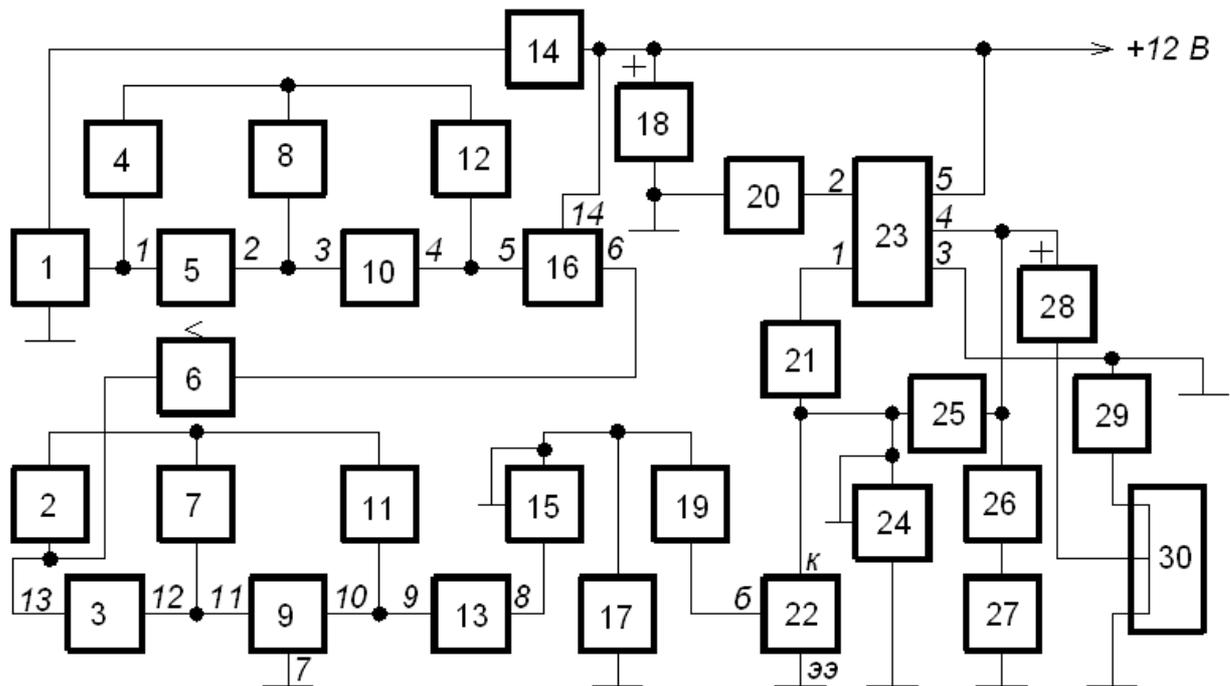
Обозначения: 1 - лампа накаливания Б 220/240 100 Вт; 2 - выключатель ТП-1-2; 3 - резистор МЛТ-2-19,1 к; 4 - резистор МЛТ-2-21,1 к; 5 - симистор ТС122-20-6; 6 - диод КД212А (четыре диода в выпрямительном мосте); 7 - трансформатор, I-80-ПЭЛШО 0,12, II-60-ПЭЛШО 0,12; 8 - резистор МЛТ-0,25-680; 9 - транзистор (однопереходный) КТ117А; 10 - конденсатор К73-17-0,22 мк; 11 - резистор СПЗ-4а-47 к; 12 - резистор МЛТ-0,25-3,6 к; 13 - транзистор КТ3107Б; 14 - резистор МЛТ-0,25-150 к; 15 - резистор МЛТ-0,5-150 к; 16 - транзистор КТ3102А; 17 - резистор МЛТ-0,25-1,5 М; 18 - резистор СПЗ-19а-10 к; 19, 20 - два диода КД212А; 21 - резистор МЛТ-0,25-1,5 М; 22 - конденсатор К52-1-100 мк; 23 - стабилитрон Д816А.

Примечание: использована литература [21, с. 143].

Вариант №4

Звуковой сигнализатор

Применяется для охраны автомобилей. Выдаёт сигнал с изменяющейся звуковой частотой.



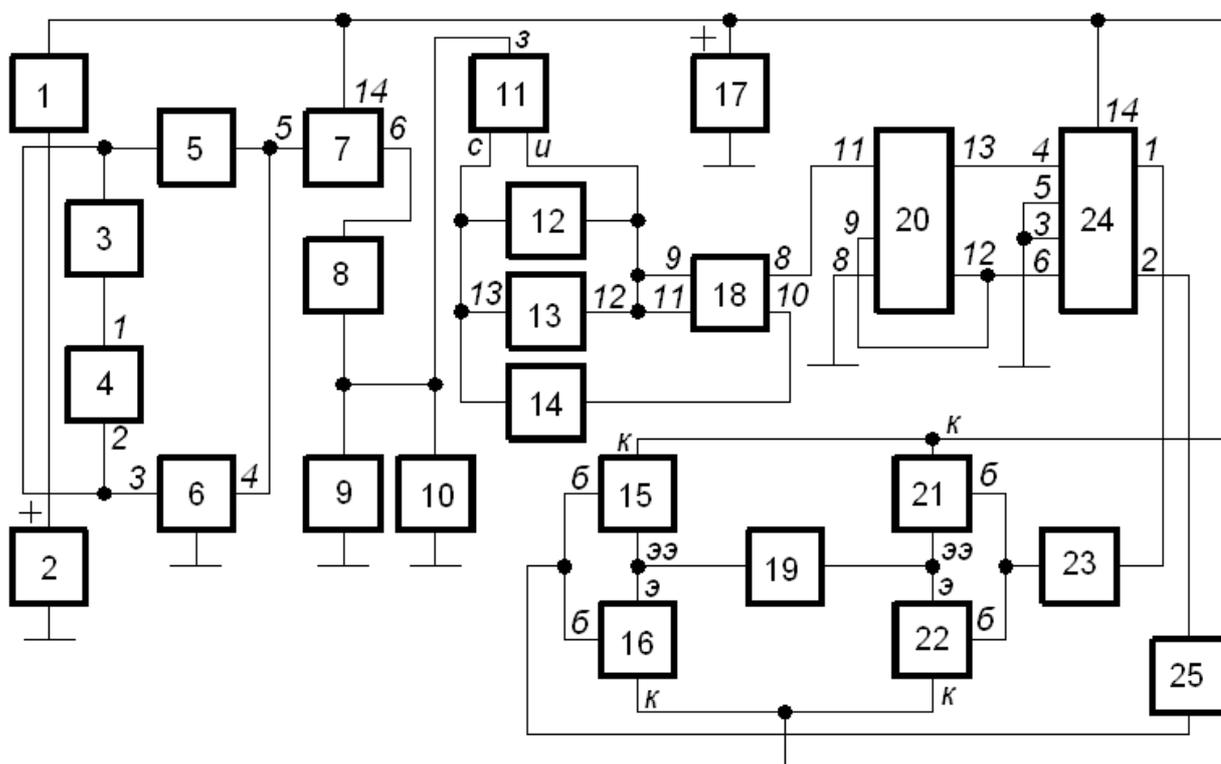
Обозначения: 1 - переключатель 3П3Н; 2 - резистор МЛТ-0,25-10 к; 3, 5, 9, 10, 13, 16 - шесть частей одной и той же микросхемы К561ЛН2; 4 - резистор МЛТ-0,25-10 к; 6 - диод КД521А; 7 - резистор МЛТ-0,25-390 к; 8 - резистор МЛТ-0,25-3 М; 11, 12 - конденсаторы КМ-6-1 мк; 14 - резистор МЛТ-0,25-1 к; 15 - резистор СП3-19а-1 М; 17 - конденсатор КМ-16-1 мк; 18 - конденсатор К50-16-220 мк; 19 - резистор МЛТ-0,25-47 к; 20 - конденсатор КМ-16-0,68 мк; 21 - конденсатор КМ-6-0,015 мк; 22 - транзистор КТ3102; 23 - микросхема К174УН14; 24 - резистор СП3-19а-680; 25 - резистор МЛТ-0,25-2,7 к; 26 - резистор МЛТ-0,25-2,2; 27 - конденсатор КМ-6-0,1 мк; 28 - конденсатор К50-16-220 мк; 29 - пьезосигнализатор ОСА-110; 30 - трансформатор 1600+80 ПЭЛ-0,12.

Примечание: использована литература [22, с. 127].

Вариант №5

Сирена

Применяется в охранной сигнализации. Даёт плавно
меняющийся по частоте звук, похожий на сигнал
милицейской сирены

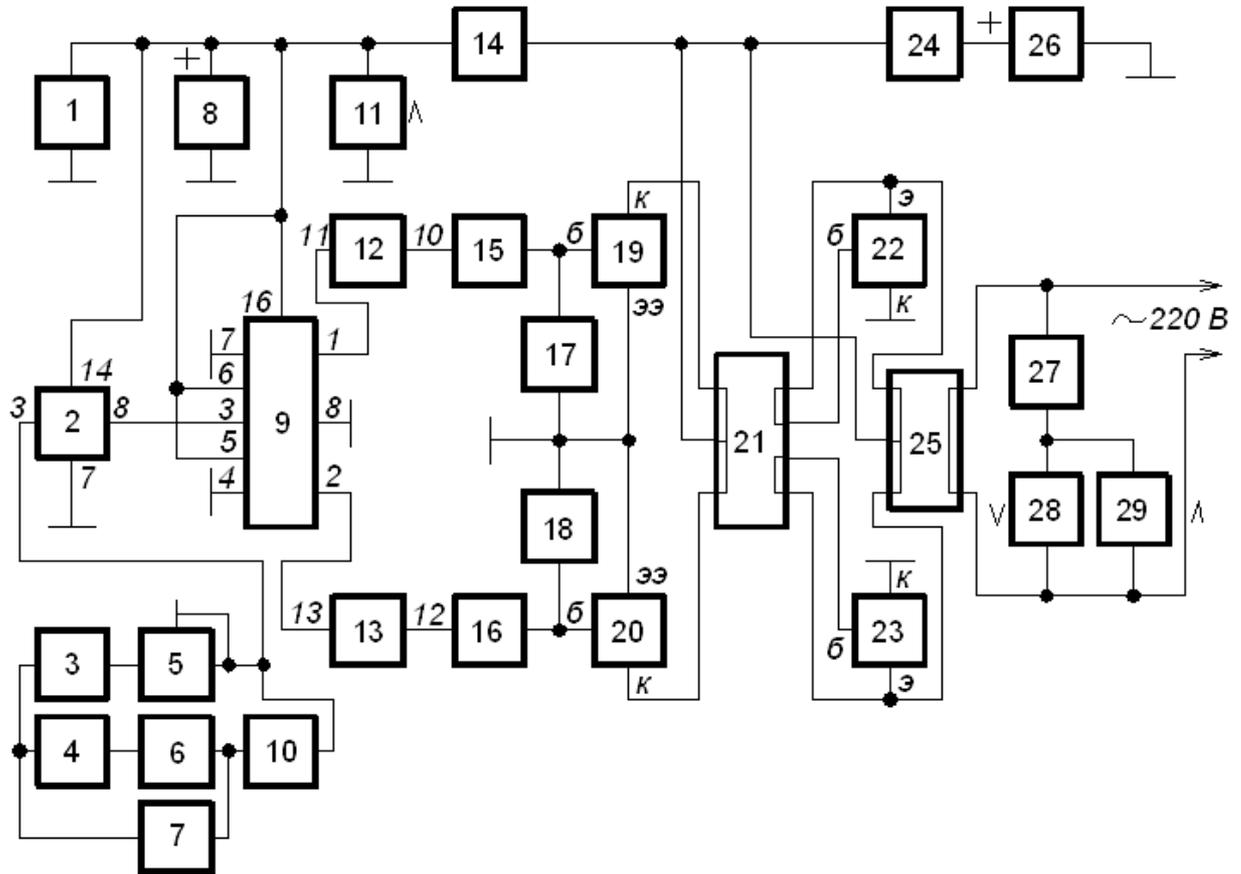


Обозначения: 1 - выключатель КМ-1; 2-аккумулятор ЗМТ-8 (6 В); 3-резистор МЛТ-0,125-10 к; 4, 6, 7, 13, 18 - пять частей одной и той же микросхемы К561ЛН2; 5 - конденсатор КМ-6-1 мк; 8 - резистор МЛТ-0,125-510 к; 9 - резистор МЛТ-0,125-1 М; 10 - конденсатор КМ-6-1 мк; 11 - транзистор полевой с изолированным затвором КП313А; 12 - резистор МЛТ-0,125-1 М; 14 - конденсатор КМ-6-0,33 мк; 17 - конденсатор К50-16-470 мк; 20, 24 - две части одной и той же второй микросхемы К561ТМ2; 15, 21 - транзисторы КТ827Б; 16, 22 - транзисторы КТ825Б; 19 - громкоговоритель 10ГД-8; 23, 25 - резисторы МЛТ-0,125-1 к.

Примечание: использована литература [22, с. 131].

Устройство аварийного электропитания

Предназначено для питания электроприборов (до 200 ватт)
при аварийном отключении электроэнергии в сети

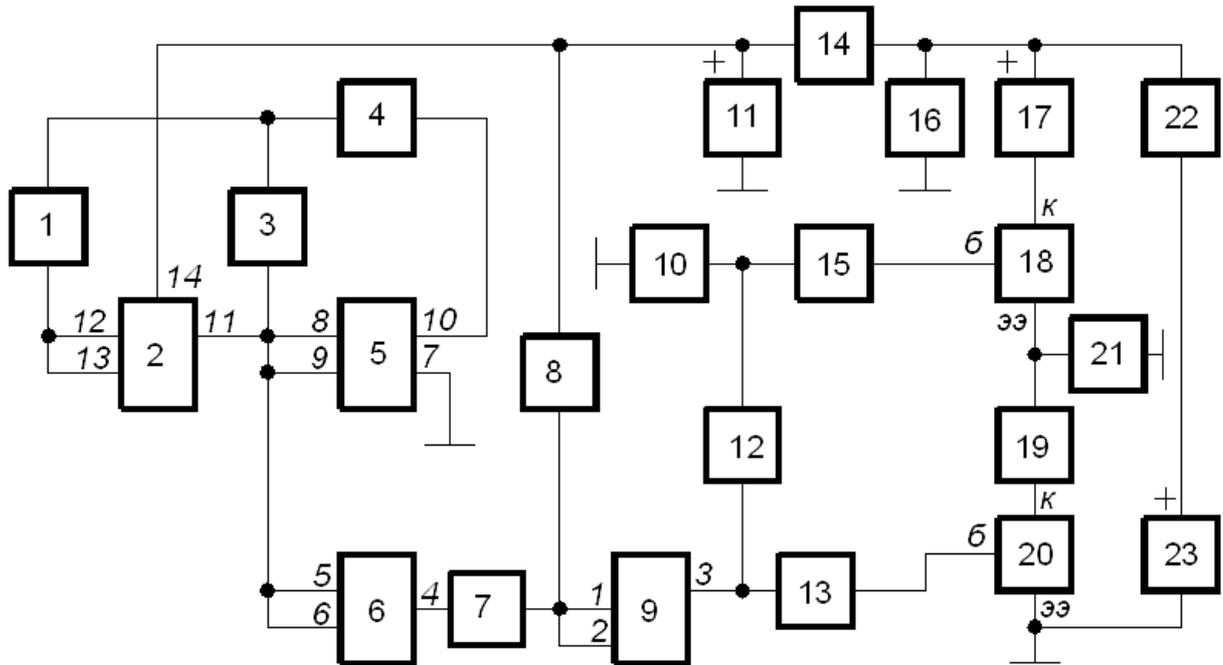


Обозначения: 1 - конденсатор КМ-6-0,1 мк; 2 - 2, 4, 6, 10, 12, 13 - шесть частей одной и той же микросхемы К561ЛН2; 3 - резистор МЛТ-0,25-5,1 к; 5 - резистор СПЗ-19а-10 к; 7 - конденсатор КМ-6-0,33 мк; 8 - конденсатор К50-16-1000 мк; 9 - микросхема К561ТВ1; 11 - стабилитрон Д818Е; 14 - резистор МЛТ-0,25-240; 15, 16 - резисторы МЛТ-0,25-1 к; 17, 18 - резисторы МЛТ-0,25-10 к; 19, 20 - транзисторы КТ815Б; 21 - трансформатор 500 ПЭВ-2 0,21 / 30+30 ПЭВ-2 0,4; 22, 23 - транзисторы П210Щ; 24 - выключатель КМ-1; 25 - трансформатор 96 ПЭВ-2 2,5 / 920 ПЭВ-2 0,56; 26 - аккумулятор 6МТС-9 (12 В); 27 - резистор МЛТ-1-51 к; 28 - светодиод АЛ307КМ; 29 - диод КД510А.

Примечание: использована литература [23, с. 215].

Микромощный радиопередатчик

Применяется для охранной сигнализации. Располагается в вещах - портфеле, рюкзаке, чемодане и т.п.



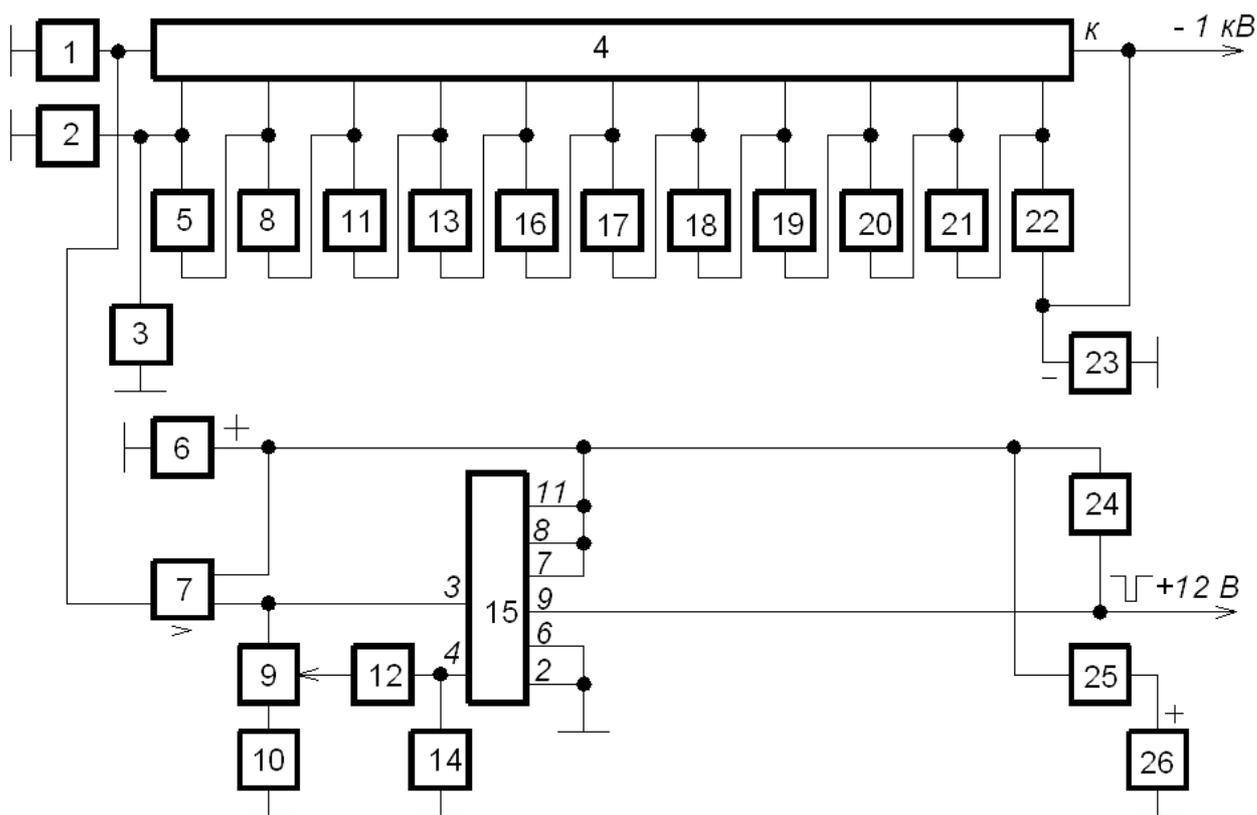
Обозначения: 1 - резистор МЛТ-0,125-750 к; 2, 5, 6, 9 - четыре части одной и той же микросхемы К561ЛА7; 3 - резистор МЛТ-0,125-3 М; 4 - конденсатор КМ-6-0,033 мк; 7 - конденсатор КМ-6-0,033 мк; 8 - резистор МЛТ-0,125-750 к; 10 - резонатор кварцевый РГ-01; 11 - конденсатор К50-16-33 мк; 12 - резистор МЛТ-0,125-3,6 к; 13 - резистор МЛТ-0,125-270 к; 14 - резистор МЛТ-0,125-51 к; 15 - резистор МЛТ-0,125-3,9 к; 16 - конденсатор КМ-6-0,15 мк; 17 - катушка индуктивности 30 вит., ПЭВШО 0,25; 18, 20 - транзисторы КТ3102Е; 19 - резистор МЛТ-0,125-220; 21 - конденсатор КД-100; 22 - выключатель ТВ-1; 23 - аккумулятор ЗМТ-8 (6 В).

Примечание: использована литература [24, с. 9].

Вариант №8

Фотоголовка сцинтилляционного детектора

Применяется для регистрации ионизирующего излучения.



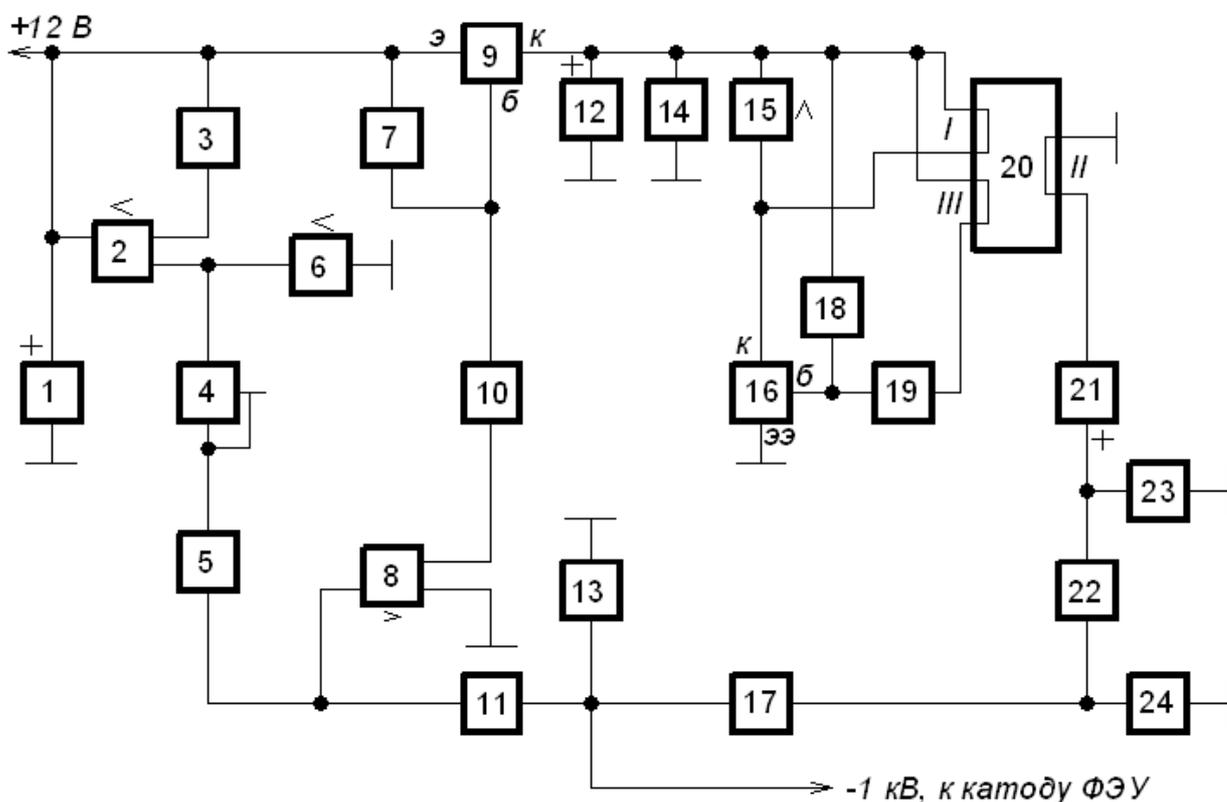
Обозначения: 1 - резистор МЛТ-0,125-820 к; 2 - конденсатор КД-1000; 3, 5 - резисторы МЛТ-0,125-3,3 М; 4 - умножитель фотоэлектронный ФЭУ-85; 6 - конденсатор К50-16-2,2 мк; 7 - транзистор КП303Г; 8, 11, 13, 16-22 - резисторы МЛТ-0,125-3 М; 9 - резистор МЛТ-0,125-680; 10 - резистор МЛТ-0,125-22 к; 12 - резистор МЛТ-0,125-13 к; 14 - конденсатор КМ-6-0,15 мк; 15 - микросхема К554СА3; 23 - конденсатор КД-330-1,6 кВ; 24 - резистор МЛТ-0,125-8,2 к; 25 - выключатель ТВ-1; 26 - аккумулятор СТ-12.

Примечание: использована литература [24, с. 107].

Вариант №9

Преобразователь для питания ФЭУ

Применяется для электропитания фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) фотоголовки детектора ионизирующей радиации

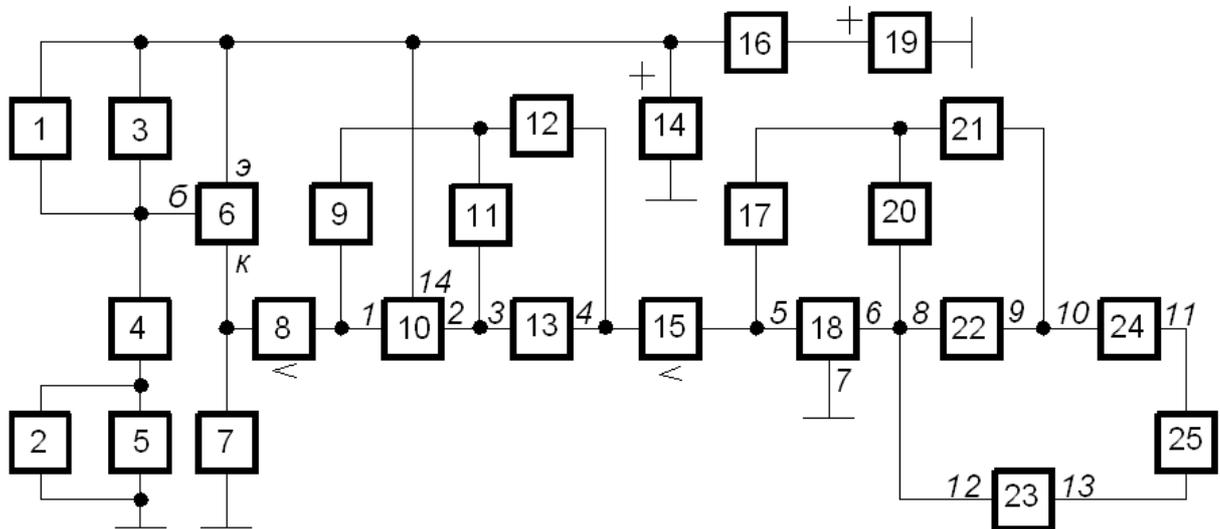


Обозначения: 1 - конденсатор К50-16-220 мк; 2 - транзистор КП103Е; 3 - резистор МЛТ-0,125-910; 4 - резистор СП38-А-1 М; 5 - резистор МЛТ-0,125-5,1 М; 6 - стабилитрон КС175Ц; 7 - резистор МЛТ-0,125-5,6 к; 8 - транзистор КП303Г; 9 - транзистор КТ3107Д; 10 - резистор МЛТ-0,125-18 к; 11 - резистор МЛТ-0,125-620 М; 12 - конденсатор К50-16-220 мк; 13 - конденсатор КД-3300-1,6 кВ; 14 - конденсатор К10-176-0,68 мк; 15 - диод КД510А; 16 - транзистор КТ3117А; 17 - резистор МЛТ-0,125-270 к; 18 - резистор МЛТ-0,125-6,2 к; 19 - конденсатор К10-176-0,33 мк; 20 - трансформатор I-8-ПЭВШО 0,15 / II-800-ПЭВ-2 0,15 / III-3-ПЭВШО 0,15; 21 - столб выпрямительный 2Ц111А-1; 22 - резистор МЛТ-0,125-270 к; 23, 24 - конденсаторы К15-5-Н70-3300-1,6 кВ.

Примечание: использована литература [24, с. 107].

Датчик "Мокрые пелёнки"

Применяется в быту для ухода за ребёнком.

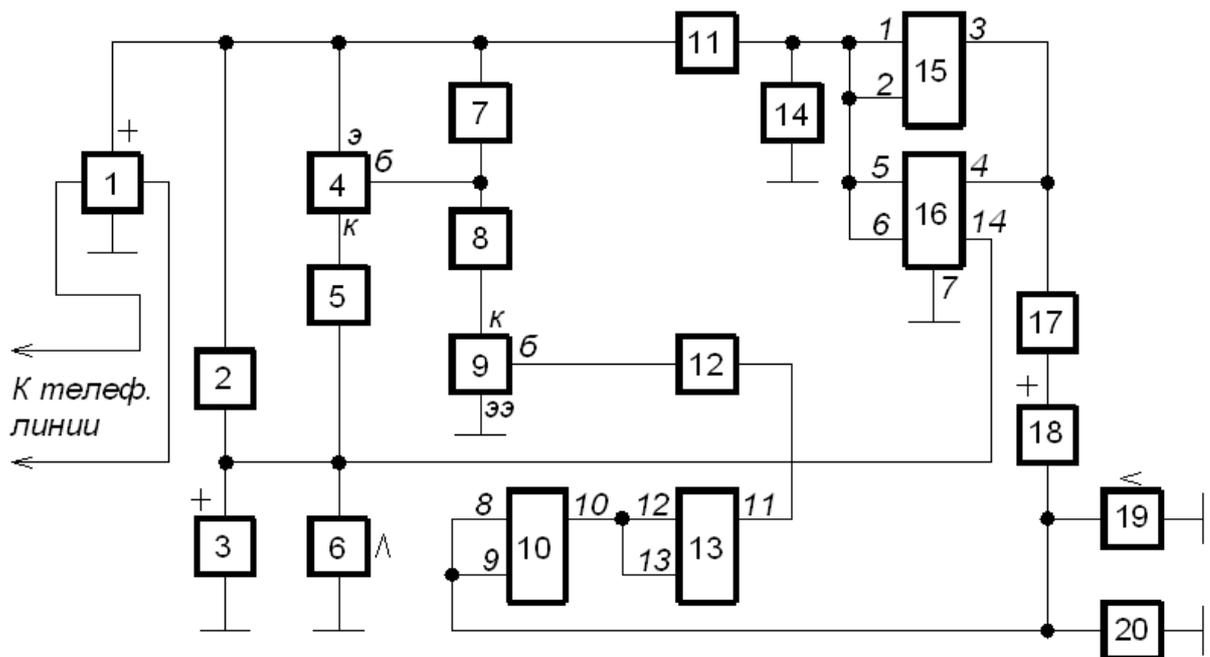


Обозначения: 1 - конденсатор КМ-6-0,01 мк; 2 - датчик влаги, две изолированные латунные пластины 15 x 40 мм; 3, 4, 7 - резисторы МЛТ-0,125-30 к; 5 - конденсатор КМ-6-0,01 мк; 6 - транзистор КТ3107Д; 8, 15 - диоды КД510А; 9 - резистор МЛТ-0,125-430 к; 10, 13, 18, 22-24 - шесть частей одной и той же микросхемы К561ЛН2; 11 - резистор МЛТ-0,125-3 М; 12 - конденсатор КМ-6-0,1 мк; 14 - конденсатор К50-16-100 мк; 16 - выключатель МТ-1; 17 - резистор МЛТ-0,125-430 к; 19 - аккумулятор ЗМТ-8 (6 В); 20 резистор МЛТ-0,125-51 к; 21 - конденсатор КМ-6-0,01 мк; 25 - пьезосигнализатор ЗП-22.

Примечание: использована литература [24, с. 139].

Телефонный блокиратор

Применяется как имитатор снятой телефонной трубки при несанкционированном подключении к данному телефонному аппарату



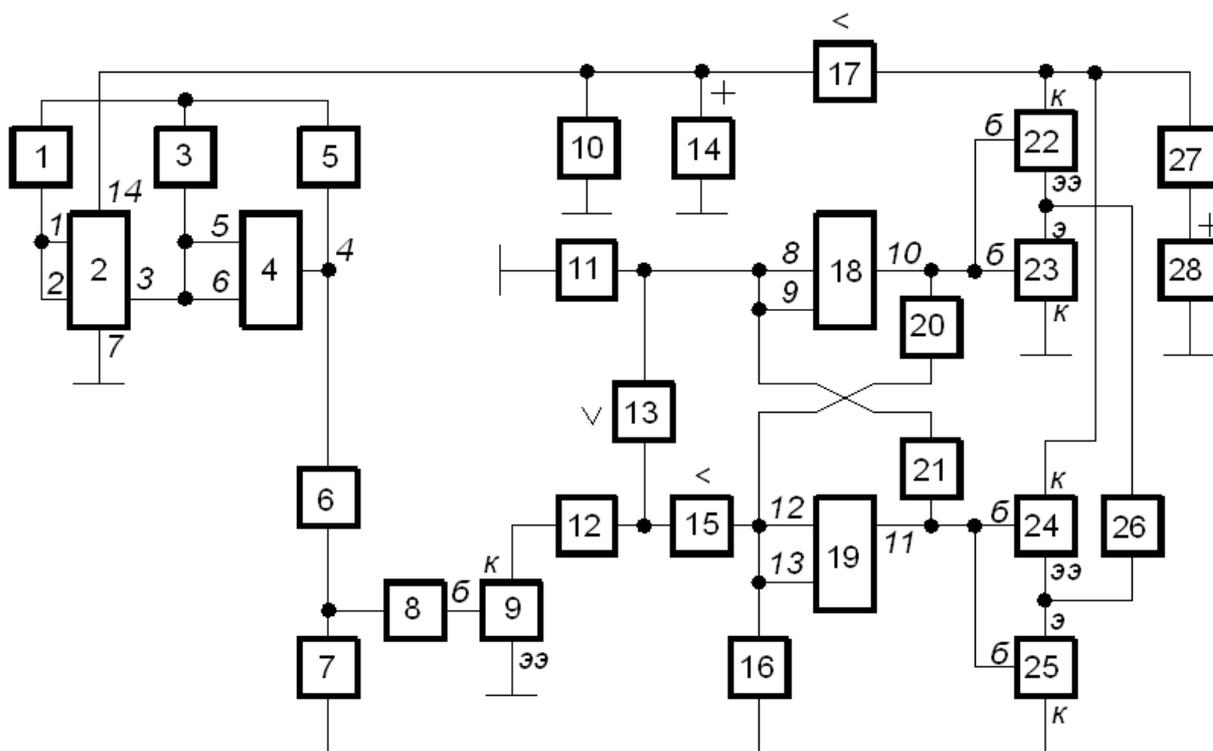
Обозначения: 1 - мост диодный, 4 диода КД522Б; 2 - резистор МЛТ-0,25-300 к; 3 - конденсатор К50-16-1000 мк; 4 - транзистор КТ851А; 5 - резистор МЛТ-0,5-620; 6 - стабилитрон КС147А; 7 - резистор МЛТ-0,125-3,9 к; 8 - резистор МЛТ-0,25-5,1 к; 9 - транзистор КТ940А; 10, 13, 15, 16 - четыре части одной и той же микросхемы К561ЛЕ5; 11 - резистор МЛТ-0,25-910 к; 12 - резистор МЛТ-0,125-15 к; 14 - резистор МЛТ-0,125-82 к; 17 - резистор МЛТ-0,125-1 к; 18 - конденсатор К50-16-47 мк; 19 - диод КД522Б; 20 - резистор МЛТ-0,125-1 М.

Примечание: использована литература [24, с. 153].

Вариант №12

Ультразвуковой генератор

Присмеляется для отпугивания грызунов и комаров

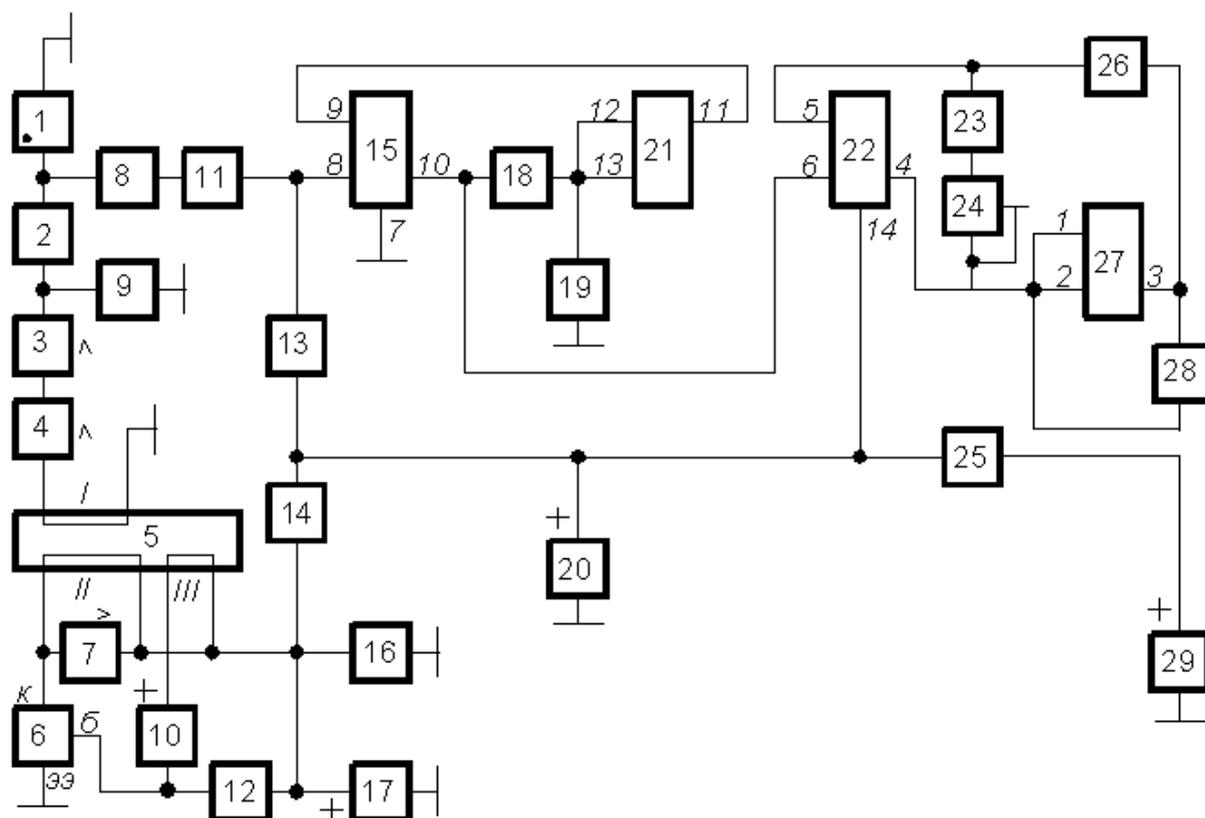


Обозначения: 1 - резистор МЛТ-0,125-12 к; 2 - 2, 4, 18, 19 - четыре части одной и той же микросхемы К176ЛА7; 3 - резистор МЛТ-0,125-200 к; 5 - конденсатор К10-176-0,47 мк; 6 - резистор МЛТ-0,125-390 к; 7 - конденсатор КМ-6-0,47 мк; 8 - резистор МЛТ-0,125-2 к; 9 - транзистор КТ315Г; 10 - конденсатор КМ-6-0,1 мк; 11 - резистор МЛТ-0,125-150 к; 12, 16 - резисторы МЛТ-0,125-150 к; 13, 15, 17 - диоды КД509А; 14 - конденсатор К50-16-47 мк; 20, 21 - конденсаторы КД-200; 22, 24 - транзисторы КТ829А; 23, 25 - транзисторы КТ853А; 26 - громкоговоритель ЗГДВ-1; 27 - выключатель МТ-1; 28 - аккумулятор ЗМТ-8 (9 В).

Примечание: использована литература [24, с. 185].

Радиационный индикатор

Применяется для обнаружения проникающего излучения радиоизотопов, находящихся в продуктах питания, вещах, строениях и т.п.



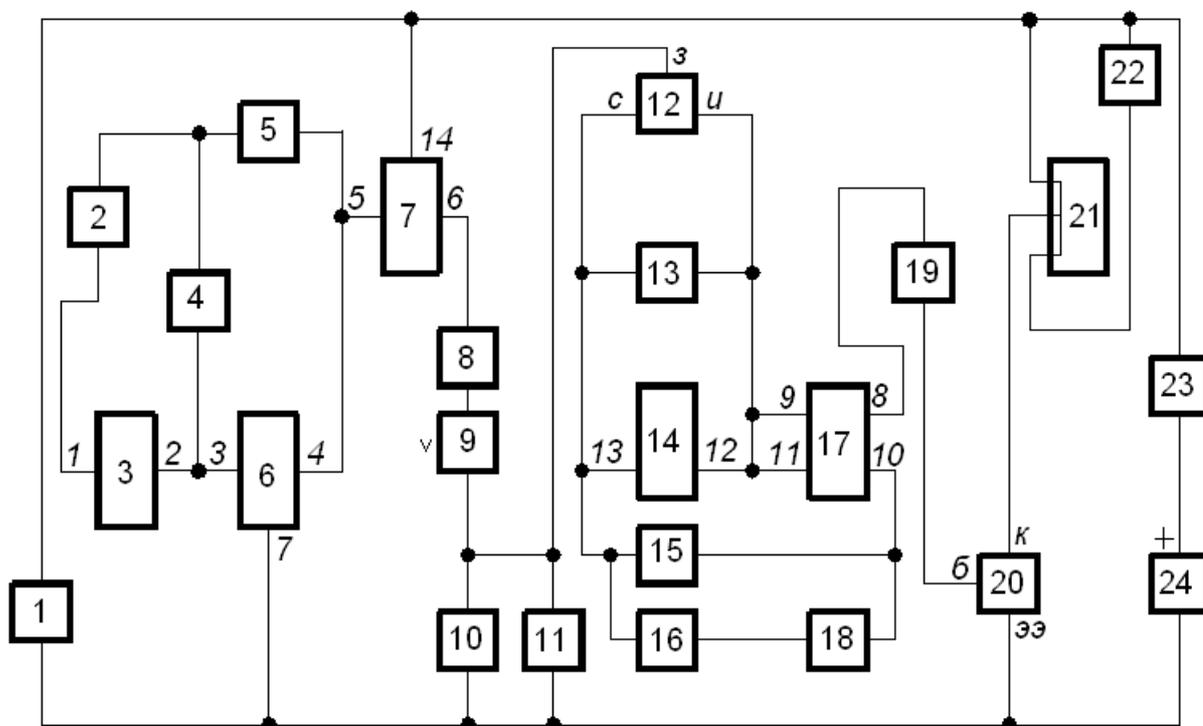
Обозначения: 1 - счётчик Гейгера СБМ20; 2 - резистор МЛТ-0,125-15 М; 3, 4 - диоды КД102А; 5 - трансформатор 1: 420 ПЭВ-2-0,07, 2: 8 ПЭВШО-0,15, 3: 3 ПЭВШО-0,15; 6 - транзистор КТ630В; 7 - диод КД 510А; 8 - конденсатор К15-15-Н70 - 2,2 - 500 В; 9 - конденсатор К15-15-Н70 - 2200 - 600 В; 10 - конденсатор К50-16-3,3 мк; 11 - резистор МЛТ-0,125-75 к; 12 - резистор МЛТ-0,125-130 к; 13 - резистор МЛТ-0,125-3 М; 14 - резистор МЛТ-0,125-390; 15, 21, 22, 27 - четыре части одной и той же микросхемы К561ЛА7; 16 - конденсатор КМ-6-0,22 мк; 17 - конденсатор К50-16-100 мк; 18 - конденсатор КМ-6-0,01 мк; 18 - конденсатор КМ-6-0,01 мк; 19 - резистор МЛТ-0,125-1 М; 20 - конденсатор К50-16-100 мк; 23 - резистор МЛТ-0,125-24 к; 24 - резистор СП3-19а-51 к; 25 - выключатель МТ-1; 26 - конденсатор КМ-6-0,01 мк; 28 - пьезосигнализатор ЗП-22; 29 - аккумулятор ЗМТ-8 (9 В).

Примечание: использована литература [20, с. 91].

Вариант №14

Имитатор голосов птиц

Применяется в детских игрушках, в театральных пьесах и т.д.



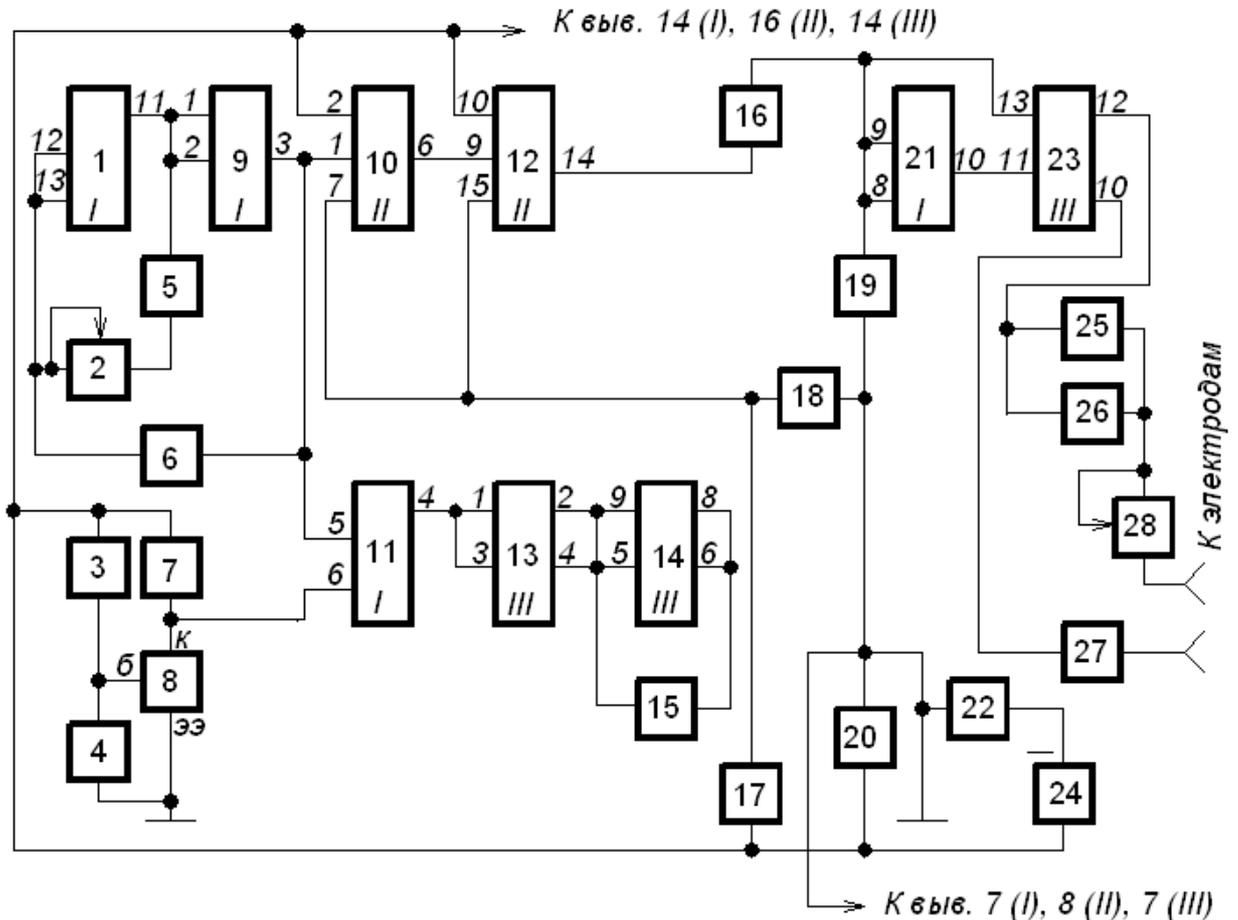
Обозначения: 1 - конденсатор К50-16-1 мк; 2 - резистор МЛТ-0,125-10 к; 3, 6, 7, 14, 17 - пять частей одной и той же микросхемы К564ЛН2; 4 - резистор МЛТ-0,125-510 к; 5 - конденсатор К50-16-1 мк; 8 - резистор МЛТ-0,125-200 к; 9 - диод КД521А; 10 - резистор МЛТ-0,125-1 М; 11 - конденсатор К50-16-1 мк; 12 - транзистор полевой с изолированным затвором КП313А; 13 - резистор МЛТ-0,125-1 М; 15 - конденсатор КМ-6-0,015 мк; 16 - конденсатор КМ-6-0,068 мк; 18, 23 - выключатели МТ-1; 19 - резистор МЛТ-0,125-10 к; 20 - транзистор КТ829А; 21 - трансформатор 80 + 250 ПЭЛ 0,12; 22 - пьезоизлучатель ЗП-1; 24 - аккумулятор ЗМТ-8 (4,5 В).

Примечание: использована литература [21, с. 129].

Вариант №15

Электроакупунктурный стимулятор

Применяется в медицине для стимулирования биологически активных точек на теле человека.



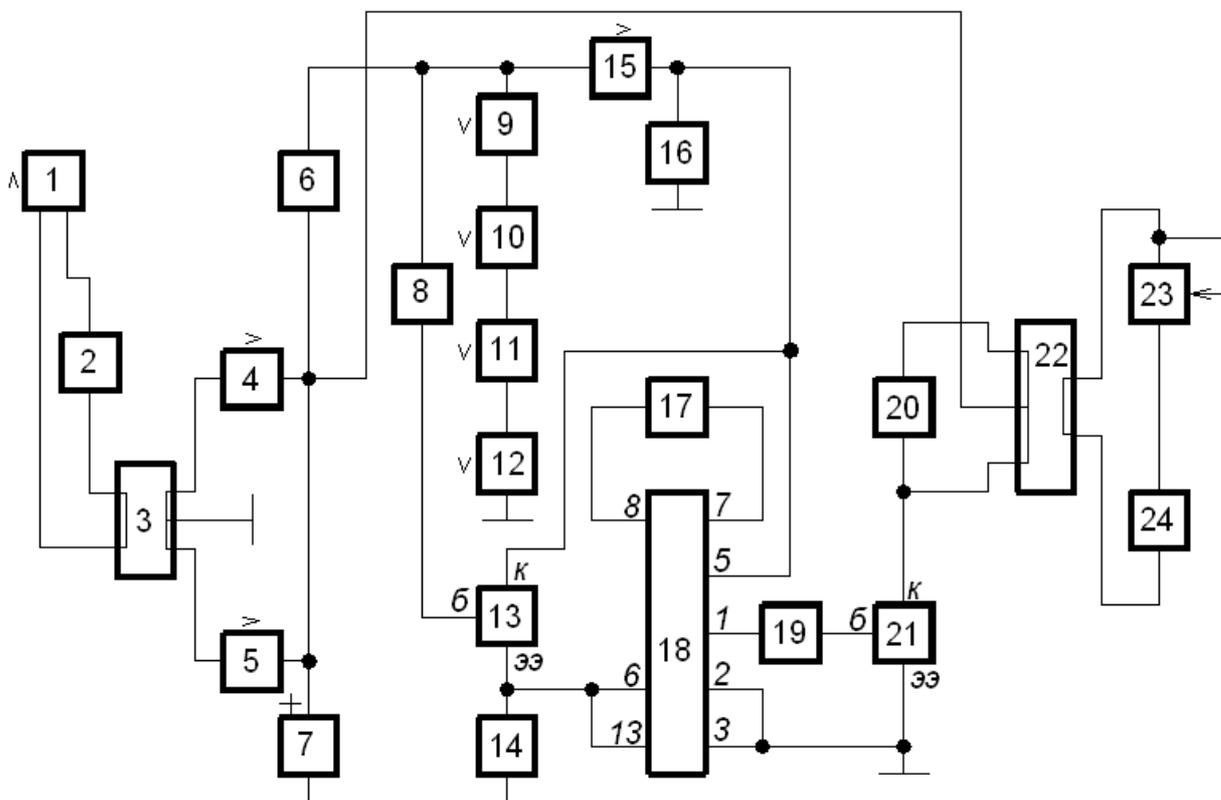
Обозначения: 1, 9, 11, 21 - четыре части одной и той же первой микросхемы К561ЛА7; 2 - резистор СП2-2-0,5-47 к; 3 - резистор С2-23-510 к; 4, 5, 7, 18, 19 и 27- резисторы МЛТ-0,125-47 к; 6 - конденсатор К10-17-0,015 мк; 8 - транзистор КТ3102Е; 10, 12 - две части одной и той же микросхемы К561ИЕ10; 13, 14, 23 - три части одной и той же микросхемы К561ЛН2; 15 - пьезоизлучатель ЗП-22; 16, 22, 25 - переключатели ПГ2-18-3П4Н; 17, 20 - конденсаторы К10-17-0,33 мк; 24 - аккумулятор ЗМТ-8 (9 В); 26 - микроамперметр М109 (50-0-50 мкА); 28 - резистор СП2-2-0,5-330 к.

Примечание: использована литература [21, с. 131].

Вариант №16

Музыкальный звонок

Применяется для установки у входной двери в квартире. При каждом новом нажатии на кнопку звонка меняется его мелодия.



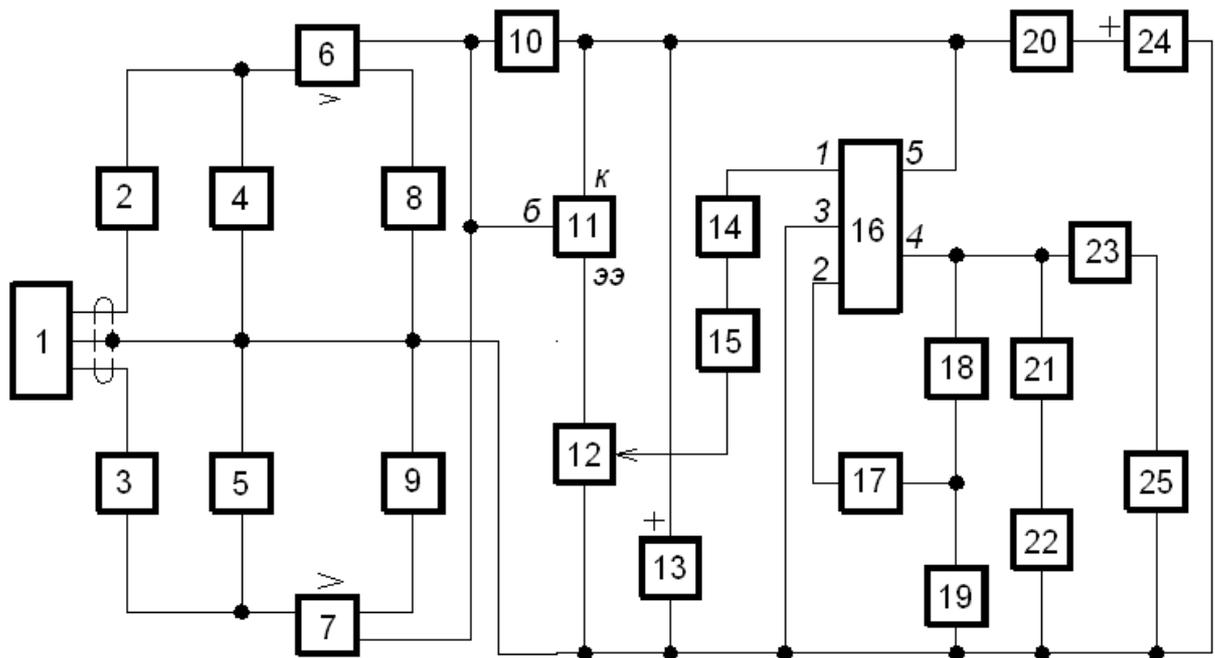
Обозначения: 1 - вилка двухконтактная ME-001; 2 - кнопка КМ; 3 - трансформатор 220 / 9 В - ТП; 4, 5, 9, 10, 11, 12, 15 - диоды КД106А; 6 - резистор МЛТ-0,5-1 к; 7, 16 - конденсаторы К50-35-470 мк; 8, 14 - резисторы МЛТ-0,125-2 М; 13 - транзистор КТ3102Б; 17 - кварцевый резонатор РГ-01; 18 - микросхема УМС8 - 08; 19 - резистор МЛТ-0,125-10; 20 - конденсатор К10-17-0,1 мк; 21 - транзистор КТ630В; 22 - трансформатор 500 + 500 ПЭВ 0,15 / 25 ПЭВ 0,25; 23 - резистор ППБ-1А-330; 24 - громкоговоритель 0,5ГД-37.

Примечание: использована литература [22, с. 47].

Вариант №17

Усилитель НЧ

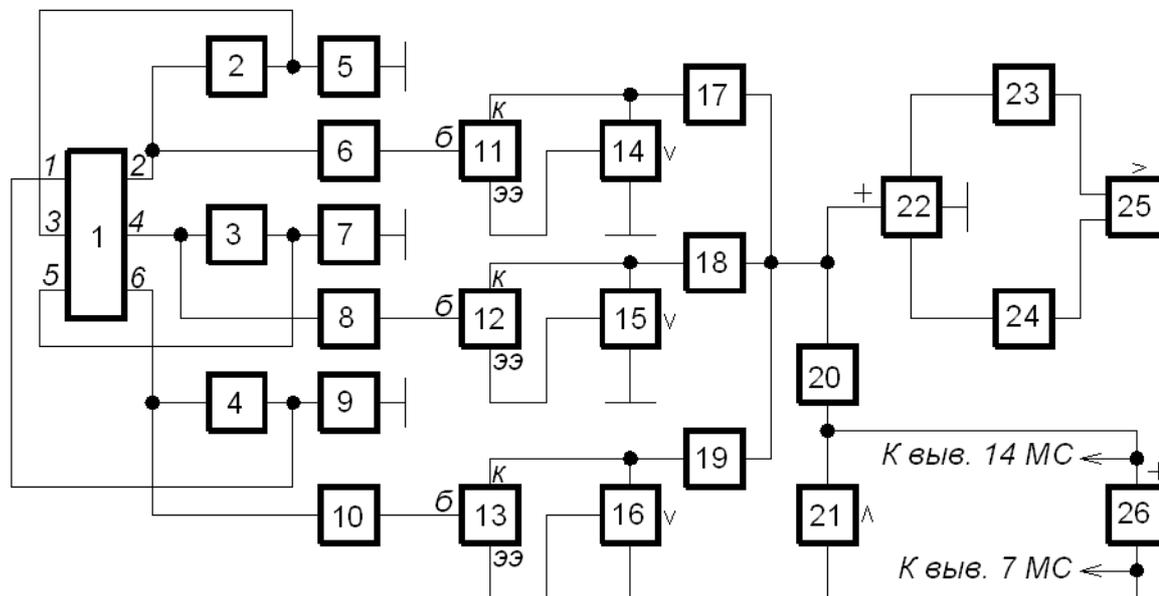
Применяется в стереосистемах для подключения третьего динамика с целью улучшения воспроизведения низких звуковых частот.



Обозначения: 1 - соединитель трёхконтактный (вилка) ВД1; 2, 3 - конденсаторы К10-17а-0,33 мк; 4, 5 - резисторы МЛТ-0,25-100 к; 6, 7 - транзисторы КП303В; 8, 9 - резисторы МЛТ-0,25-1 к; 10 - резистор МЛТ-0,25-8,2 к; 11 - транзистор КТ3102Б; 12 - резистор СП3-33-10 к; 13 - конденсатор К50-35-470 мк; 14 - резистор МЛТ-0,25-1 к; 15 - конденсатор К50-35-22 мк; 16 - микросхема К174УН14; 17 - конденсатор К50-35-220 мк; 18 - резистор МЛТ-0,25-3 к; 19 - резистор МЛТ-0,25-75; 20 - выключатель КМ-1; 21 - резистор МЛТ-0,5-2; 22 - конденсатор К10-176-0,1 мк; 23 - конденсатор К50-35-1000 мк; 24 - аккумулятор 6МТС-9 (12 В); 25 - громкоговоритель 0,5ГД-37.

Примечание: использована литература [22, с. 196].

Переключатель ёлочных гирлянд



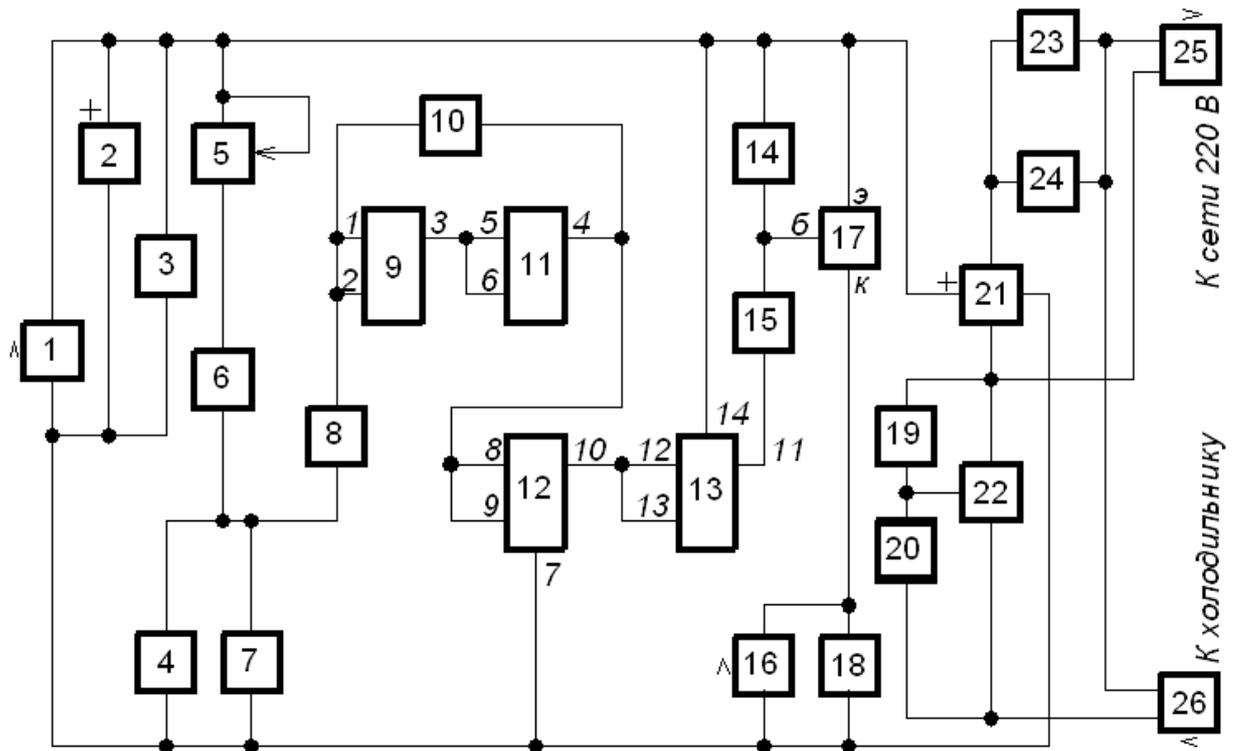
Обозначения: 1 - микросхема К555ЛН1; 2, 3, 4 - резисторы МЛТ-0,25-4,7 к; 5, 7, 9 - конденсаторы К50-35-50 мк; 6, 8, 10 - резисторы МЛТ-0,25-5,1 к; 11, 12, 13 - транзисторы КТ940А; 14, 15, 16 - тиристоры КУ201Л; 17, 18, 19 - гирлянды электрических ламп, на 220 В; 20 - резистор МЛТ-1-30 к; 21 - конденсатор К50-35-100 мк; 22 - выпрямительный мост, четыре диода КЦ405А; 23 - выключатель ТВ-1; 24 - предохранитель ПК-30-0,15 А; 25 - соединитель (вилка) ВД1; 26 - стабилизатор КС147А.

Примечание: использована литература [23, с. 59].

Вариант №19

Регулятор холодильника

Применяется для включения и отключения электродвигателя компрессора в зависимости от температуры в холодильнике.



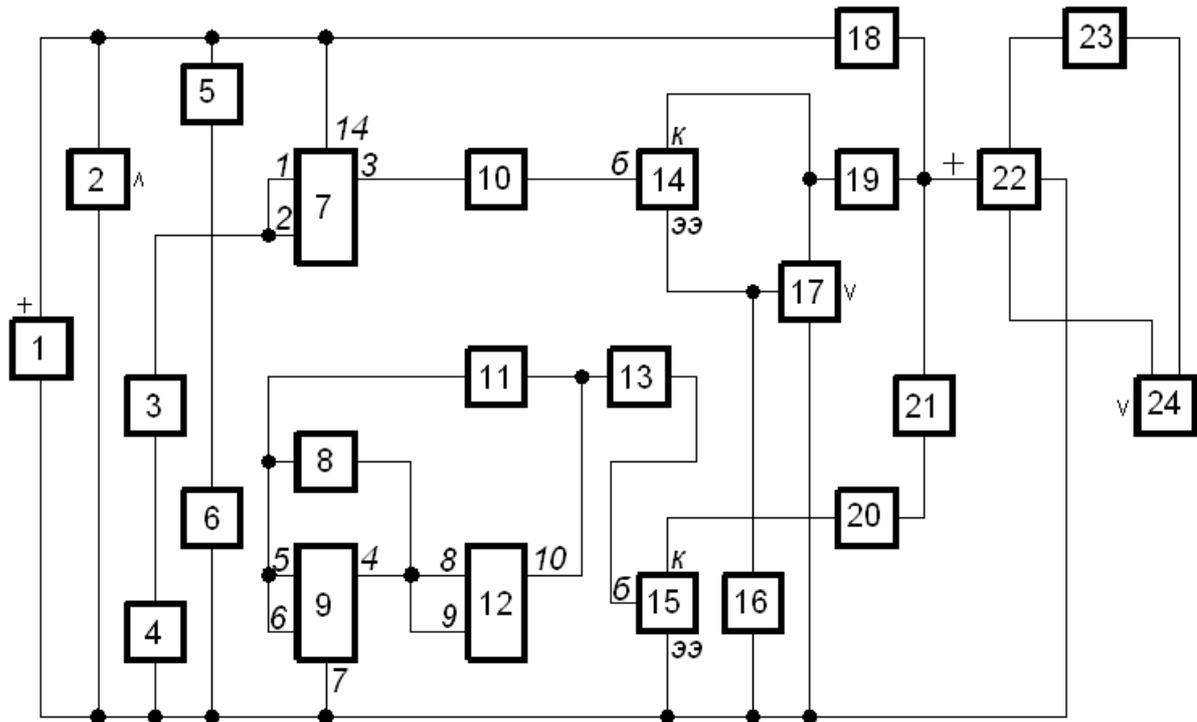
Обозначения: 1 - стабилитрон Д814Д; 2 - конденсатор К50-35-1000 мк; 3, 4 - конденсаторы К10-176-0,1 мк; 5 - резистор СП3-33-10 к; 6 - резистор МЛТ-0,25-8,2 к; 7 - терморезистор КМТ-1-6,8 к; 8 - резистор МЛТ-0,25-43 к; 9, 11, 12, 13 - одна и та же микросхема К561ЛА7; 10 - резистор МЛТ-0,25-2 М; 14, 15 - резисторы МЛТ-0,25-5,1 к; 16 - диод КД522Б; 17 - транзистор КТ502Б; 18 - реле РЭС-64; 19 - контакт реле по п.18; 20 - резистор МЛТ-0,25-27; 21 - мост выпрямительный КЦ405А; 22 - симистор КУ208Г; 23 - конденсатор К73-17-0,33 мк; 24 - резистор МЛТ-0,25-220 к; 25 - соединитель двухконтактный ВД1 (вилка); 26 - соединитель двухконтактный РД1 (розетка).

Примечание: использована литература [23, с. 130].

Вариант №20

Автомат лестничного освещения

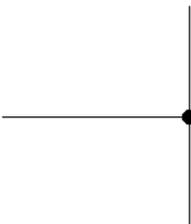
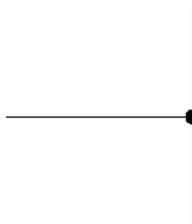
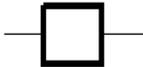
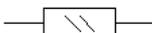
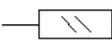
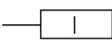
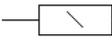
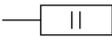
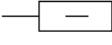
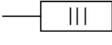
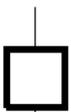
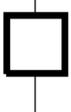
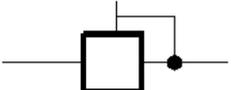
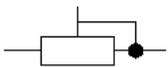
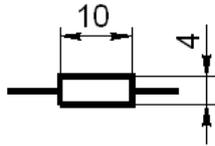
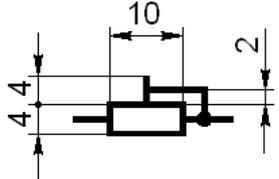
Применяется для автоматического отключения лестничного освещения по истечении нескольких минут после его включения кнопкой.

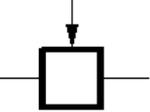
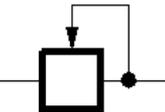
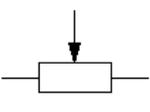
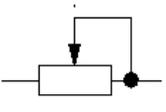
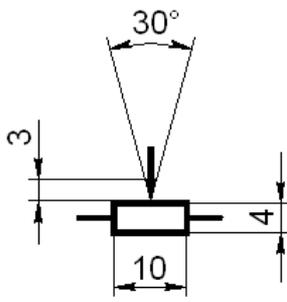
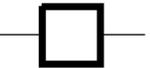
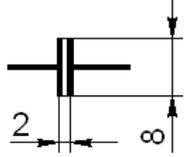
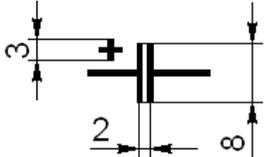
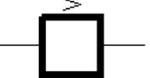
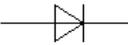
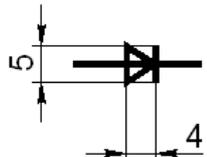
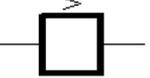
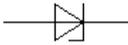
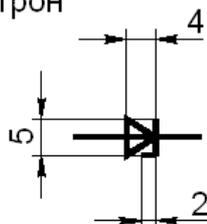


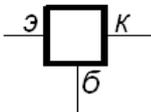
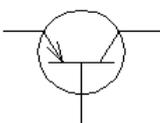
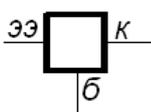
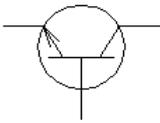
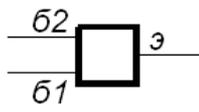
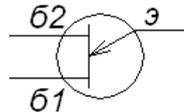
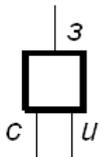
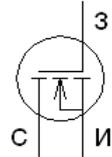
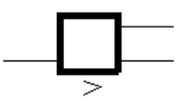
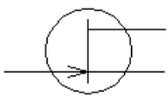
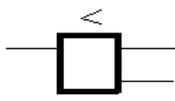
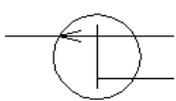
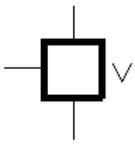
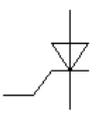
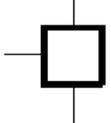
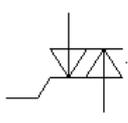
Обозначения: 1, 6 - конденсаторы К50-35-20 мк; 2 - стабилитрон КС182Ж; 3 - кнопка КП-1; 4, 10 - резисторы МЛТ-0,125-10 к; 5 - резистор МЛТ-0,25-5,1 к; 7, 9, 12 - три части одной и той же микросхемы К176ЛА7; 8 - резистор МЛТ-0,25-1 М; 11 - конденсатор К10-17а-0,68 мк; 13 - резистор МЛТ-0,25-10 к; 14, 15 - транзисторы КТ605Б; 16 - резистор МЛТ-0,25-100; 17 - тиристор КУ202Н; 18 - резистор МЛТ-0,5-100 к; 19 - осветительная лампа Б 220/240 100 Вт; 20 - резистор МЛТ-0,25-200 к; 21 - неоновая лампа ТН-0,3; 22 - выпрямительный мост, четыре диода КД202К; 23 - предохранитель ПК-30-10 А; 24 - соединитель двухконтактный ВД1 (вилка).

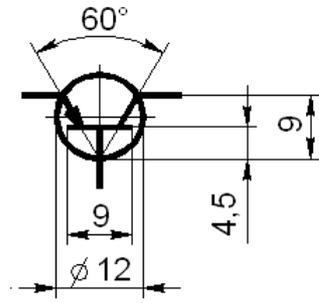
Примечание: использована литература [23, с. 133].

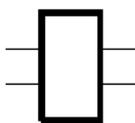
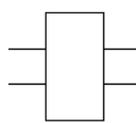
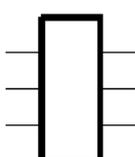
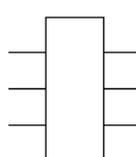
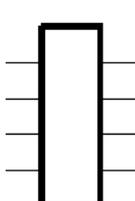
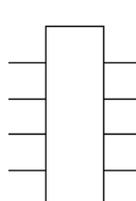
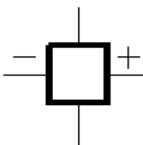
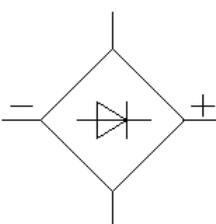
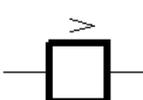
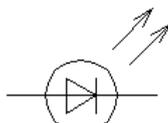
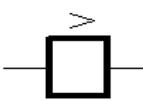
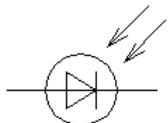
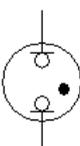
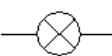
Приложение Б
Условные графические обозначения (УГО)

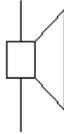
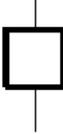
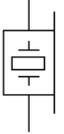
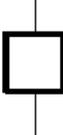
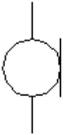
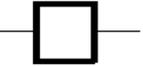
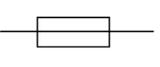
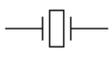
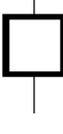
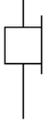
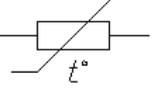
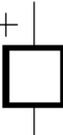
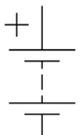
Условное графическое обозначение		Наименование условного графического обозначения и краткие пояснения
нестандартное в задании	стандартное в схеме	
		Горизонтальная линия связи.
		Вертикальная линия связи.
		Неразъёмное соединение. Диаметр 1,5 ... 2 мм.
		Неразъёмное соединение горизонтальной и вертикальной линий связи.
		Резистор постоянный. В зависимости от номинальной рассеиваемой мощности его условное графическое обозначение следует изображать так:  0,125 Вт  1 Вт  0,25 Вт  2 Вт  0,5 Вт  3 Вт
		
		
		
		
		
		Резистор подстроечный. 
		

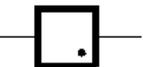
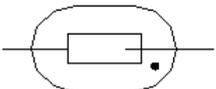
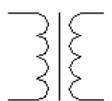
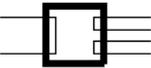
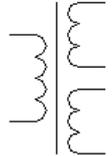
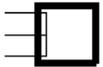
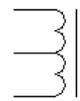
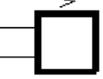
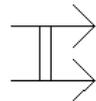
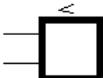
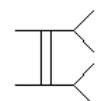
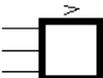
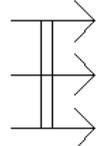
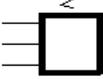
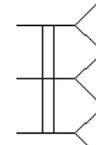
Условное графическое обозначение		Наименование условного графического обозначения и краткие пояснения
нестандартное в задании	стандартное в схеме	
 	 	<p>Резистор переменный.</p> 
		<p>Конденсатор постоянной ёмкости.</p> 
		<p>Конденсатор постоянной ёмкости полярный.</p> 
		<p>Диод</p> 
		<p>Стабилитрон</p> 

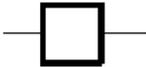
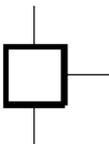
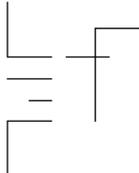
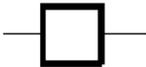
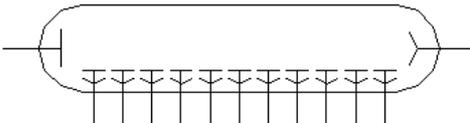
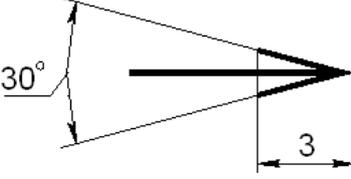
Условное графическое обозначение		Наименование условного графического обозначения и краткие пояснения
нестандартное в задании	стандартное в схеме	
		Транзистор типа PNP
		Транзистор типа NPN.
		Транзистор однопереходный.
		Транзистор полевой с изолированным затвором.
		Транзистр полевой с каналом N-типа.
		Транзистор полевой с каналом P-типа.
		Тиристор управляемый по катоду.
		Симистор

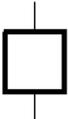
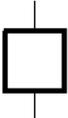
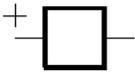
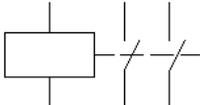
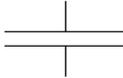


Условное графическое обозначение		Наименование условного графического обозначения и краткие пояснения
нестандартное в задании	стандартное в схеме	
		Микросхема с четырьмя выводами.
		Микросхема с шестью выводами.
		Микросхема с восемью выводами.
		Мост выпрямительный диодный.
		Светодиод
		Фотодиод
		Лампа неоновая.
		Лампа накаливания. Диаметр 6 ... 8 мм.

Условное графическое обозначение		Наименование условного графического обозначения и краткие пояснения
нестандартное в задании	стандартное в схеме	
		Громкоговоритель
		Пьезоизлучатель
		Микрофон
		Микроамперметр
		Предохранитель плавкий.
		Резонатор кварцевый
		Телефон
		Терморезистор
		Аккумулятор
		Корпус

Условное графическое обозначение		Наименование условного графического обозначения и краткие пояснения
нестандартное в задании	стандартное в схеме	
		Счётчик Гейгера.
		Трансформатор с двумя обмотками.
		Трансформатор с тремя обмотками.
		Трансформатор со средней точкой.
		Штырь
		Гнездо
		Соединитель двухконтактный (вилка).
		Соединитель двухконтактный (розетка).
		Соединитель трёхконтактный (вилка).
		Соединитель трёхконтактный (розетка).

Условное графическое обозначение		Наименование условного графического обозначения и краткие пояснения
нестандартное в задании	стандартное в схеме	
		Выключатель (кнопка).
		Переключатель однополюсный.
		Выключатель однополюсный.
		Стрелка. Применяется для обозначения затвора полевого транзистора, эмиттера транзистора NPN или PNP типа, направления светового потока в свето- и фотодиодах, на конце оборванной линии связи.
		Умножитель фотоэлектронный (ФЭУ) с одиннадцатью анодами вторичной эмиссии. <i>Примечание: расстояния между анодами вторичной эмиссии и длину условного графического изображения ФЭУ можно увеличить.</i>
		 <p>Масштаб 4:1</p>

Условное графическое обозначение		Наименование условного графического обозначения и краткие пояснения
нестандартное в задании	стандартное в схеме	
  	 <p>Стандартного нет</p> 	<p>Реле электрическое с замыкающими контактами (показано два контакта).</p>  Датчик влаги. <p>Так как это УГО нестандартное, то его начертание и название следует пояснить на свободном поле схемы.</p> <p>Столб выпрямительный.</p>

Приложение В
Образцы записей элементов схемы в перечень элементов

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
<i>A1</i>	<i>Датчик влаги.</i>	<i>1</i>	<i>Нестандартный</i>
<i>BA1</i>	<i>Громкоговоритель 0,5ГД-37 ГОСТ...</i>	<i>1</i>	
<i>BA2</i>	<i>Громкоговоритель 10ГД-8 ГОСТ...</i>	<i>1</i>	
<i>BD1</i>	<i>Счётчик Гейгера ГОСТ...</i>	<i>1</i>	
<i>BF1</i>	<i>Телефон ТПК-583 РЦ3.844.000ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>BM1</i>	<i>Микрофон СZN-15Е ГОСТ...</i>	<i>1</i>	
	<i>Конденсаторы</i>		
<i>С1</i>	<i>КД-1000 ОЖО.460.203 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С2</i>	<i>К50-16-220 мк ОЖО.464.103 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С3</i>	<i>К53-30-0,01 мк ОЖО.464.233 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С4</i>	<i>КМ-6-0,1 МК ГОСТ...</i>	<i>1</i>	
<i>С5</i>	<i>К73-17-0,22 мк ОЖО.461.087 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С6</i>	<i>К52-1-100 мк ОЖО.464.039 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С7</i>	<i>К10-176-0,68 ОЖО.460.172 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С8</i>	<i>К15-5-Н70-3300-1,6 кВ ОЖО.460.147 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С9</i>	<i>К15--Н70-ОЖО.460.162 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С10</i>	<i>К10-17-0,015 мк ОЖО.460.172 ТУ</i>	<i>1</i>	
<i>С11</i>	<i>К50-35-470 мк ОЖО.460.214 ТУ</i>	<i>1</i>	

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
	<i>Микросхемы</i>		
DA1	КР140УД1208 δКО.348.096-06 ТУ	1	
DA2	К561ЛА7 δКО.348.457-11 ТУ	1	
DA3	К561ЛН2 δКО.348.457-12 ТУ	1	
DA4	К174УН14 δКО.347.175 ТУ	1	
DA5	К561ТМ2 δКО.348.457-04 ТУ	1	
DA6	К561ТВ1 δКО.348.457-06 ТУ	1	
DA7	К554СА3 δКО.348.279-02 ТУ	1	
DA8	К561ЛЕ5 δКО.348.457-05 ТУ	1	
DA9	К176ЛА7 δКО.348.047-02 ТУ	1	
DA10	К567ЛА7 δКО.348.457-11 ТУ	1	
DA11	К564ЛН2 δКО.347.064 ТУ	1	
DA12	К561ИЕ10 δКО.348.457-04 ТУ	1	
DA13	К567ЛН2 δКО.348.457-12 ТУ	1	
DA14	УМС8-08 ГОСТ...	1	
DA15	К555ЛН1 δКО.348.289-01 ТУ	1	
		1	
EL1	Лампа накаливания Б220/240 100 Вт ГОСТ...	1	
		1	
FU1	Предохранитель плавкий ПК-30-0,15 А	1	
	АГО.481.501 ТУ		
GB1	Аккумулятор ЗМТ-8 ГОСТ...	1	
GB2	Аккумулятор 6МТС-9 ГОСТ...	1	
GB3	Аккумулятор 6СТ-190 ТРН ГОСТ...	1	
HA1	Пьезосигнализатор ЗП-1 12МО.081.085 ТУ	1	
HA2	Пьезосигнализатор (пьезоизлучатель) ЗП-22 ГОСТ..	1	
HA3	Пьезосигнализатор ОСА-110 ГОСТ...	1	

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
KA1	Реле РЭС-64 ГОСТ...	1	
PA1	Амперметр М105 ГОСТ 22261-82	1	
	<i>Резисторы</i>		
R1	СПЗ-33-10 к ОЖО.468.185 ТУ	1	
R2	МЛТ-0,125-22 к ±5% ГОСТ 7113-77	1	
R3	СПЗ-38а-20 к ±5% ОЖО.468.351 ТУ	1	
R4	МЛТ-0,25-3,6 к ±5% ГОСТ 7113-77	1	
R5	МЛТ-0,5-150 к ±5% ГОСТ 7113-77	1	
R6	МЛТ-1-30 к ±5% ГОСТ 7113-77	1	
R7	МЛТ-2-19,1 к ±5% ГОСТ 7113-77	1	
R8	СПЗ-4а-47 к ±10% ОЖО.468.404 ТУ	1	
R9	СПЗ-19а-10 к ±10% ОЖО.468.134 ТУ	1	
R10	СПЗ8-А-10 к ±10% ОЖО.468.351 ТУ	1	
R11	СП2-2-0,5-47 к ±10% ОЖО.468.359 ТУ	1	
R12	С2-23-510 к ±10% ОЖО.467.081 ТУ	1	
R13	ППБ-1А-330 ±10% ОЖО.468.512 ТУ	1	
RK1	Терморезистор КМТ-1-6,8 к ±10% ОЖО.468.086 ТУ	1	
SA1	Выключатель КМ-1 ВРО.360.002 ТУ	1	
SA2	Выключатель ТП-1-2 УСО.360.054 ТУ	1	
SA3	Выключатель ТВ-1 ВРО.360.002 ТУ	1	
SA4	Выключатель МТ-1 ВРО.360.002 ТУ	1	
SA5	Переключатель ЭПЗН ВРО.360.002 ТУ	1	
SA6	Переключатель ПГ2-18-ЭП4Н ОЮ3.602.375 ТУ	1	
SB1	Кнопка КМ ОЮ0.360.011 ТУ	1	

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
SB2	Кнопка КП-1 ГОСТ...	1	
ТА1	Трансформатор I-8-ПЭВШО 0,15/II-800 ПЭВ-2-0,15/ III-ПЭВШО 0,15	1	
UZ1	Столб выпрямительный 2Ц111А аАО.339.044 ТУ	1	
UZ2	Мост выпрямительный КЦ405А ГОСТ...	1	
VD1	Диод Д9Б ГОСТ...	1	
VD2	Фотодиод ФД263 ГОСТ...	1	
VD3	Светодиод АЛ156Б АДБК 432220.056 ТУ	1	
VD4	Светодиод АЛ147А АДБК.432220.056 ТУ	1	
VD5	Диод КД212А ЦЗ.362.006 ТУ	1	
VD6	Диод КД521А ДРЗ.362.035 ТУ	1	
VD7	Светодиод АЛ307КМ аАО.336.076 ТУ	1	
VD8	Диод КД510А ТГЗ.362.100 ТУ	1	
VD9	Диод КД522Б ДРЗ.362.029 ТУ	1	
VD10	Диод КД509А ТТЗ.362.067 ТУ	1	
VD11	Диод КД102А ТТЗ.362.074 ТУ	1	
VD12	Диод КД106А ТТЗ.362.068 ТУ	1	
VD13	Диод КЦ405А ГОСТ...	1	
VD14	Диод КД202К УЖЗ.363.038 ТУ	1	
VD15	Стабилитрон Д816А аАО.336.545 ТУ	1	
VD16	Стабилитрон Д818Е СМЗ.362.045 ТУ	1	
VD17	Стабилитрон КС175Ц ХЫЗ.369.001 ТУ	1	
VD18	Стабилитрон КС147А аАО.336.836 ТУ	1	
VD19	Стабилитрон Д814Д аАО.336.207 ТУ	1	
VD20	Стабилитрон КС182Ж аАО.336.110 ТУ	1	

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
VL1	Лампа неоновая ТН-0,3 ГОСТ...	1	
VL2	Умножитель фотозлектронный ФЭУ-85	1	
	СУЗ.358.106 ТУ		
VS1	Тиристор КУ201Л УЖЗ.362.030 ТУ	1	
VS2	Тиристор КУ202Н УЖЗ.362.022 ТУ	1	
VS3	Симистор КУ208Г УЖО.336.049 ТУ	1	
VS4	Симистор ТС122-20-6 ГОСТ...	1	
	<i>Транзисторы</i>		
VT1	МП42Б ГОСТ 14947-73	1	
VT2	МП38А ГОСТ 14831-75	1	
VT3	КТ3107И аАО.336.170 ТУ	1	
VT4	КТ605Б аАО.336.302 ТУ	1	
VT5	КТ502Б аАО.336.182 ТУ	1	
VT6	КТ940А аАО.339.150 ТУ	1	
VT7	КП303В Ц20.336.601 ТУ	1	
VT8	КТ3102Б ГОСТ...	1	
VT9	КТ630В аАО.336.146 ТУ	1	
VT10	КТ853А ГОСТ...	1	
VT11	КТ3102ЕМ аАО.336.122 ТУ	1	
VT12	КТ973А аАО.336.331 ТУ	1	
VT13	КТ117А ТТЗ.365.000 ТУ	1	
VT14	КТ3107Б ГОСТ...	1	
VT15	КТ3102А ГОСТ...	1	
VT16	КТ3102 ГОСТ...	1	
VT17	КП313А аАО.336.118 ТУ	1	
VT18	КТ827Б аАО.365.194 ТУ	1	
VT19	КТ825Б аАО.365.194 ТУ	1	

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
VT20	КТ815Б аАО.336.185 ТУ	1	
VT21	КТ3102Е ГОСТ...	1	
VT22	КП303Г Ц20.336.601 ТУ	1	
VT23	КП103Е аАО.339.766 ТУ	1	
VT24	КТ3107Д ГОСТ...	1	
VT25	КТ3117А аАО.339.256 ТУ	1	
VT26	КТ851А аАО.339.383 ТУ	1	
VT27	КТ940А аАО.339.150 ТУ	1	
VT28	КТ315Г ЖК3.365.200 ТУ	1	
VT29	КТ829А аАО.339.139 ТУ	1	
XP1	Соединитель одноконтактный ВД-1 (вилка) аАО.364.010 ТУ	1	
XP2	Соединитель двухконтактный ВД-1 (вилка) аАО.364.010 ТУ	1	
XP3	Соединитель трёхконтактный ВД-1 (вилка) аАО.364.010 ТУ	1	
XP4	Соединение контактное (штырь) тип... ГОСТ...	1	
XS1	Соединитель одноконтактный РД-1 (розетка) аАО.364.010 ТУ	1	
XS2	Соединитель двухконтактный РД-1 (розетка) аАО.364.010 ТУ	1	
XS3	Соединитель трёхконтактный РД-1 (розетка) аАО.364.010 ТУ	1	
XS4	Соединение контактное (гнездо) тип... ГОСТ...	1	

Приложение Г
Буквенные коды элементов схемы

Одно- буквен- ный код	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двух- буквен- ный код
А	Устройство (общее обозначение)		
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или много-разрядные преобразователи или датчики для указания или измерения.	Громкоговоритель Детектор ионизирующего излучения Телефон (капсюль) Микрофон Пьезоэлемент	ВА ВД ВФ ВМ ВQ
С	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные, Микросборки	Микросхема аналоговая	DA
		Микросхема цифровая	DD
E	Элементы разные	Лампа осветительная	EL
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Предохранитель плавкий	FU
	Генераторы, источники питания		
G		Батарея, аккумулятор	GB
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Прибор световой сигнализации	HL

Одно- буквен- ный код	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двух- буквен- ный код
К	Реле, контакторы, пуска- тели		
L	Катушки индуктивности, дроссели		
М	Двигатели		
Р	Приборы, измерительное оборудование	Амперметр	РА
Q	Выключатели и разъеди- нители в силовых цепях Резисторы	Разъединитель	QS
R		Терморезистор	RK
		Потенциометр	RP
S	Устройства коммутаци- онные в цепях управления, сигнализации и из- мерительных	Выключатель, переключа- тель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
T	Трансформаторы, авто- трансформаторы		
U	Устройства связи. Пре- образователи электриче- ских величин в электри- ческие	Выпрямитель	UZ
V	Приборы электровакуум- ные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS

Одно- буквен- ный код	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двух- буквен- ный код
W	Линии и элементы СВЧ	Ответвитель	WE
		Короткозамыкатель	WK
		Вентиль	WS
		Антенна	WA
X	Соединения контактные	Токосъёмник	XA
		Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Соединитель высокочастот- ный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным при- водом	Электромагнит	YA
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Фильтр кварцевый	ZQ
		Ограничитель	ZL

Приложение Д

Перечень работ, подлежащих выполнению или на лабораторных, или на практических занятиях, или в курсовой работе (согласно учебному плану)

Все работы выполняются в компьютерном классе, каждым студентом, за предоставленным ему компьютером. На всех компьютерах установлена программа AutoCAD. Каждую работу студент выполняет самостоятельно и сдаёт её преподавателю, представляя её непосредственно на экране дисплея. Работы выполняются и сдаются последовательно, согласно данному перечню.

1. Установка интерфейса «Новая модель».
2. Построение примитивов.
3. Построение тест-куба.
4. Построение простых моделей (куб, шар, конус и т. п.).
5. Построение трёх простых моделей способом выдавливания.
6. Построение простой модели способом выдавливания.
7. Построение простой модели способом вычитания.
8. Построение простой модели способом пересечения.
9. Выполнение фасок, скруглений и вырезов на простых моделях.
10. Разрезка простой модели.
11. Построение макета конденсатора.
12. Построение модели детали «Корпус».
13. Построение модели сборочной единицы «Стойка».
14. Построение чертежа общего вида сборочной единицы «Стойка».
15. Построение сборочного чертежа стойки.
16. Построение спецификации стойки.
17. Построение чертежа детали «Штырь».
18. Построение чертежа детали «Корпус».
19. Построение электрической принципиальной схемы изделия.

Приложение Е
Дополнительные модели изделий

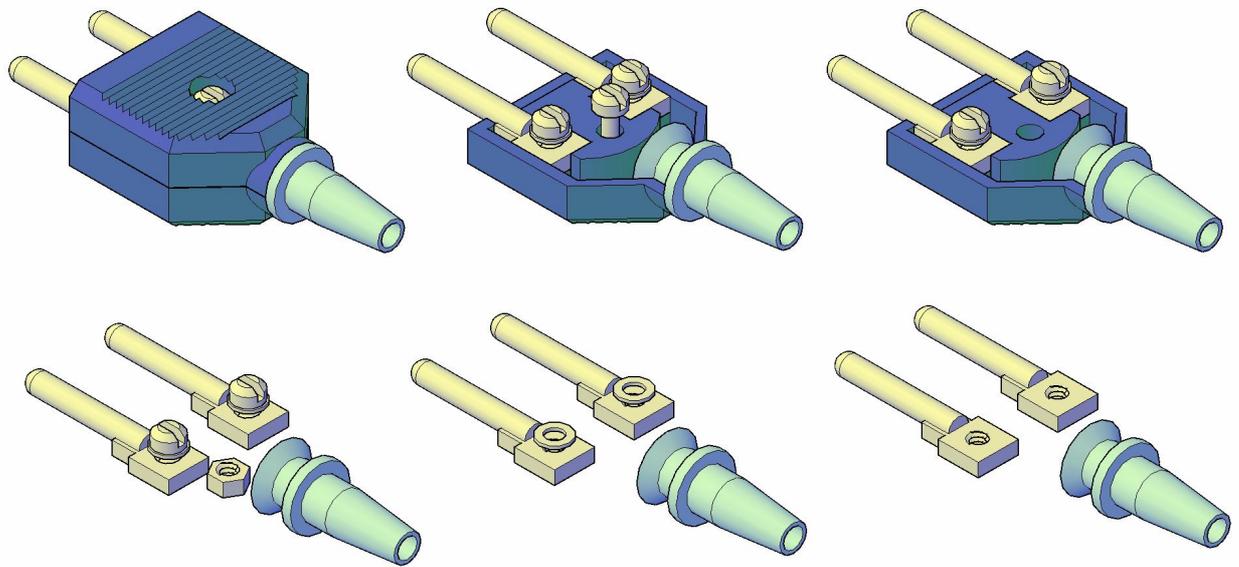


Рис. Е1. Модель электрической вилки

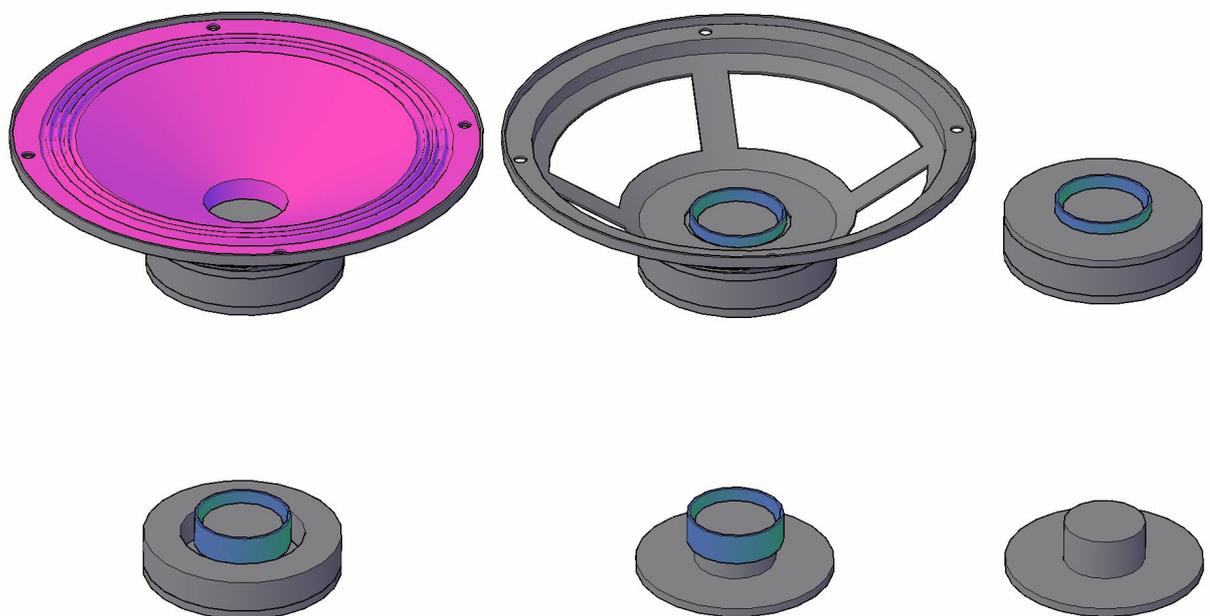


Рис. Е2. Модель громкоговорителя

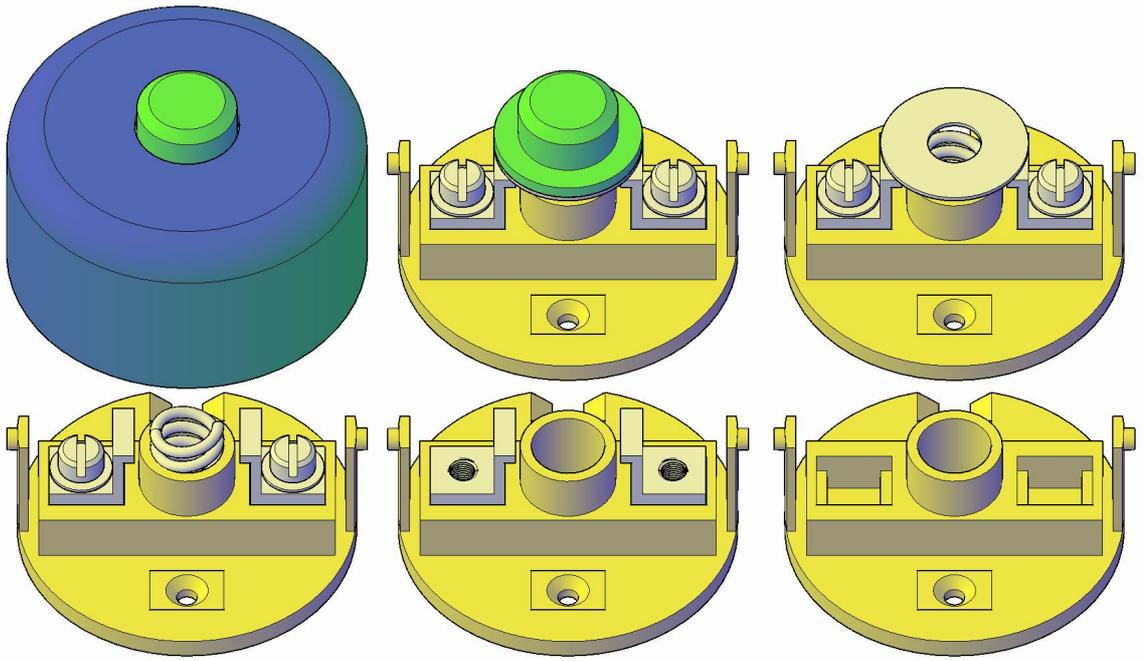


Рис. Е3. Кнопка электрического звонка

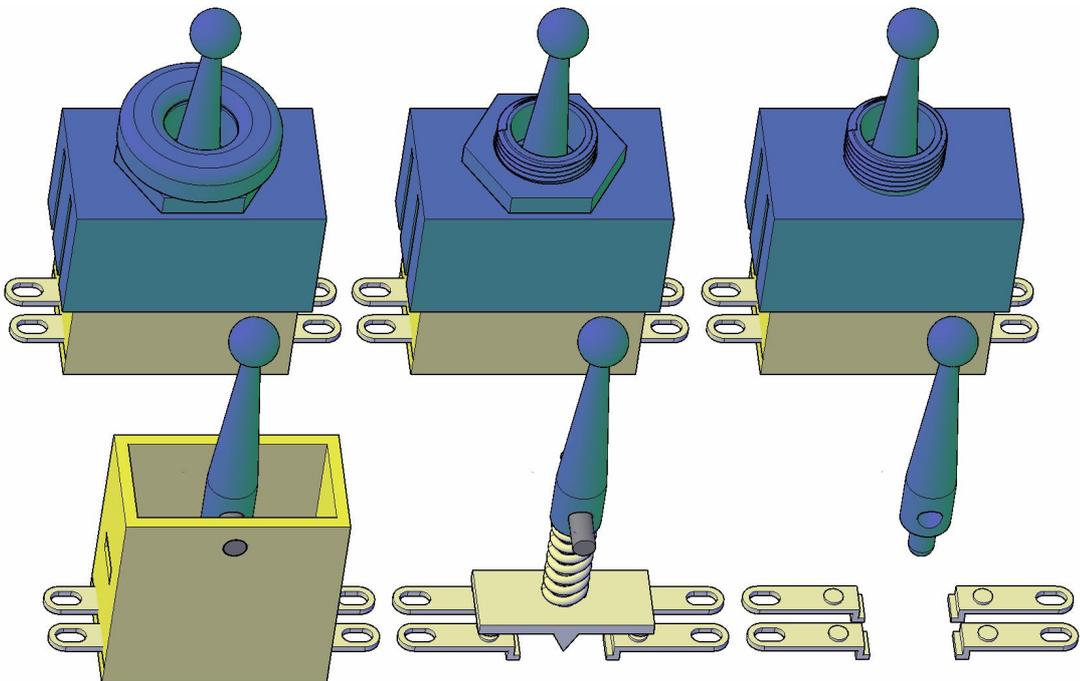


Рис. Е4. Модель электрического тумблера

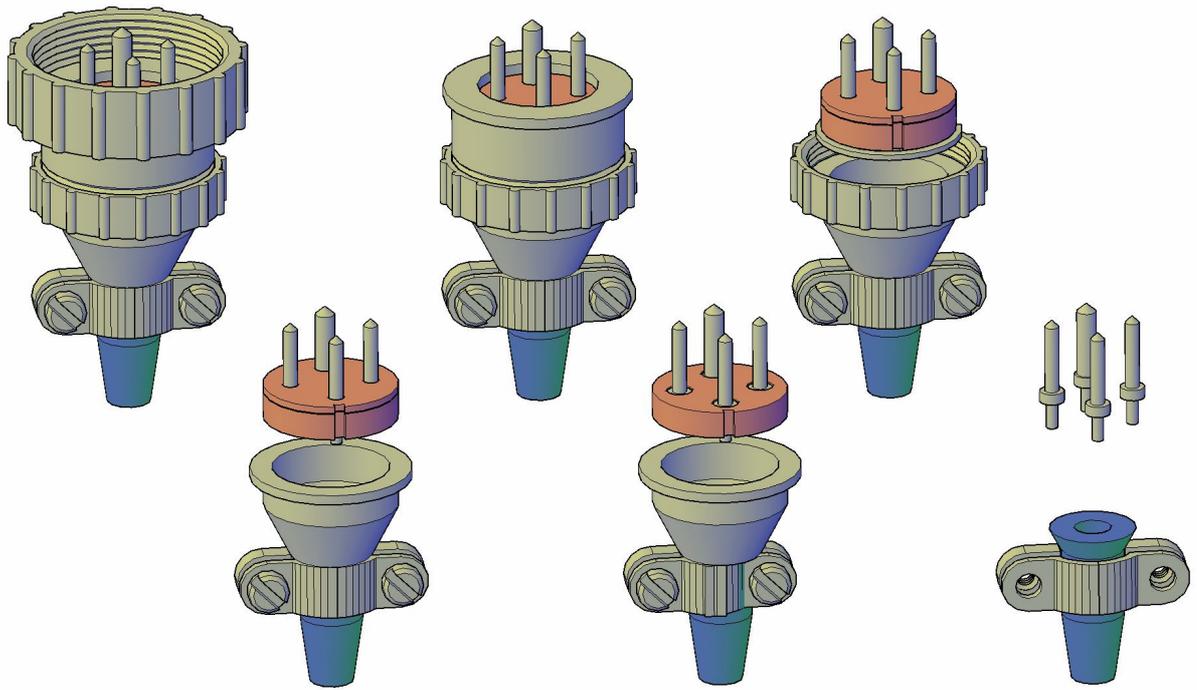


Рис. Е5. Электрический разъём (вилка)

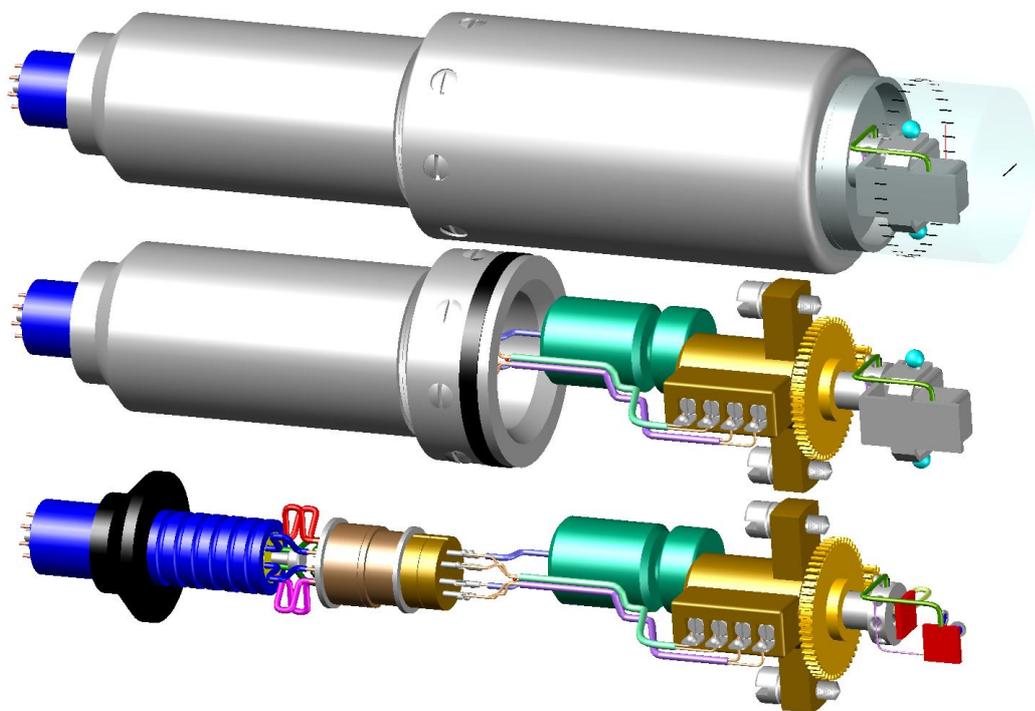


Рис. Е6. Телекамера для просмотра внутренних стенок труб