

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

**В.И. КОЧЕТОВ, С.И. ЛАЗАРЕВ,
С.А. ВЯЗОВОВ, С.В. КОВАЛЕВ**

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Часть 2

Утверждено Учёным советом университета
в качестве учебного пособия
для студентов 1, 2 курсов специальностей
211000, 210400, 022000, 110800, 280700



Тамбов

◆Издательство ГОУ ВПО ТГТУ◆
2011

УДК 678.023.001.2 (075)
ББК з973-018.4я73
И756

Рецензенты:

Доктор технических наук,
профессор ГОУ ВПО ТГУ им. Г.Р. Державина
А.А. Арзамазцев

Доктор технических наук, профессор ГОУ ВПО ТГТУ
В.М. Дмитриев

И756 Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / В.И. Кочетов, С.И. Лазарев, С.А. Вязовов, С.В. Ковалев. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 80 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0994-4.

Даны общетеоретические основы построения чертежа и правила выполнения технических чертежей изделий. Изложены правила оформления чертежей и схем изделий РЭА. Содержит сведения по использованию персональных ЭВМ для решения графических задач. Материал изложен на основе требований и правил Единой системы конструкторской документации.

Предназначено для студентов 1, 2 курсов специальностей 211000, 210400, 022000, 110800, 280700, изучающих дисциплину «Инженерная и компьютерная графика».

УДК 678.023.001.2 (075)
ББК з973-018.4я73

ISBN 978-5-8265-0994-4

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2011

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая книга является второй частью учебного пособия «Инженерная и компьютерная графика» [1]. Книга предназначена студентам инженерных специальностей для изучения общетеоретических основ построения чертежа, правил выполнения технических чертежей изделий и оформления чертежей и схем изделий радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Предполагается, что читатель знаком с основами начертательной геометрии, которые читаются студентам инженерных специальностей университетов Российской Федерации в рамках общих курсов на первом году обучения и основы которой изложены в первой части данного учебного пособия «Инженерная и компьютерная графика».

Цель настоящего учебного пособия – изложить общетеоретические основы построения и чтения чертежа, правила выполнения технических чертежей и схем изделий, необходимые сведения и требования к чертежам и схемам, содержащимся в различных стандартах и пособиях, выделить изменения, появившиеся в стандартах последних изданий к правилам выполнения чертежей, а также освоение методов и средств компьютерной графики; приобретение знаний и умений по работе с пакетами прикладных программ; автоматизации процесса выполнения рабочих чертежей деталей, сборочного чертежа, оформления конструкторской документации [2].

Данное издание содержит разделы «Основы выполнения и чтения технических чертежей изделий», «Графическое оформление электрических схем и печатных плат», «Основы компьютерной графики», в которых приведены основы инженерной и компьютерной графики.

Пособие может быть также использовано при выполнении курсовых и дипломных работ.

3. ОСНОВЫ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЧТЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ИЗДЕЛИЙ

3.1. РАЗЪЁМНЫЕ И НЕРАЗЪЁМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Разъёмными называют соединения, повторная сборка и разборка которых возможна без повреждения их составных частей [3]. Соединения, не предусматривающие возможность разборки и, следовательно, которые нельзя разобрать на составные изделия без повреждения, называют неразъёмными. К разъёмным соединениям относятся соединения на резьбе, с помощью резьбовых крепёжных изделий, шпоночные, шлицевые; к неразъёмным – соединения, полученные сваркой, пайкой, клёпкой, склеиванием и другими способами.

Резьбовое соединение – это соединение с помощью резьбы, обеспечивающее относительную неподвижность или заданное перемещение одной детали относительно другой.

В основе образования резьбы лежит винтовое движение некоторой фигуры (определяющей профиль резьбы), слагающееся из равномерного поступательного и вращательного движения относительно прямой, называемой осью винтового движения – осью винта. Построение винтовой линии на цилиндре показано на рис. 3.1. Для её построения надо разделить горизонтальную проекцию цилиндра – окружность – на равные части, например на 12. На фронтальной проекции на столько же частей делим ход винтовой линии. Пройдя $1/12$ часть окружности, точка оказывается на первом делении (точка 1_1), через $2/12$ части окружности – на втором делении хода (точка 2_1) и т.д. Отметив точки $1_2, 2_2$, получаем фронтальную проекцию винтовой линии – синусоиду (h – ход винтовой линии).

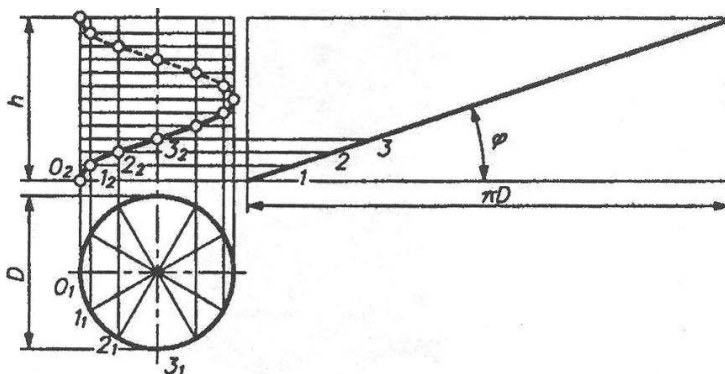


Рис. 3.1

Винтовая поверхность получается при движении образующей (формирующей, например, профиль резьбы) по винтовой направляющей.

Винты, имеющие один виток, называются однозаходными, а при нескольких витках – многозаходными (двух-, трёхзаходными и т.д.).

Шаг винта – это расстояние между смежными витками, измеренное вдоль оси винта. В однозаходных винтах шаг равен ходу.

В зависимости от формы тела и поверхности, на которой резьбовая поверхность (резьба) выполнена, она может быть цилиндрической, конической, наружной, внутренней; в зависимости от винтовой линии (направляющей) – левой, правой, однозаходной, многозаходной.

Резьбу различают также по профилю витков (рис. 3.2). Треугольный профиль применяется преимущественно для крепёжных изделий (винтов, болтов, шпилек и др.) и соединения деталей; остальные профили хороши для ходовых винтов, приводящих в движение детали механизмов. Трапецидальную нарезку имеют червяки в червячных передачах.

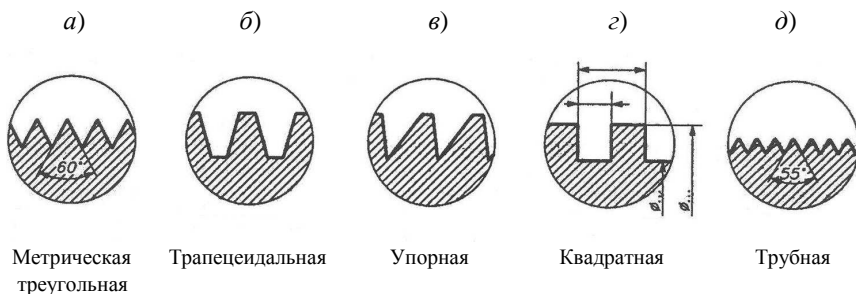
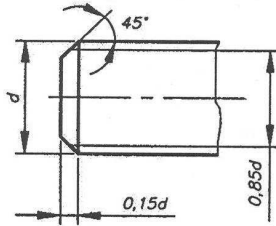


Рис. 3.2

Независимо от профиля резьбу, согласно ГОСТ 2.311–68, изображают условно. Резьбу на стержне изображают тонкой сплошной линией, доходящей до образующих конической фаски (рис. 3.3). На профильной проекции резьба показана тонкой дугой, приблизительно равной трём четвертям окружности, разомкнутой в любом месте. Расстояние между тонкими линиями, изображающими резьбу, и, следовательно, диаметр внутренней окружности, равен 0,85 диаметра стержня, т.е. наружного номинального диаметра d резьбы (рис. 3.3, а). Метрическую резьбу с крупным шагом обозначают буквой M с указанием этого диаметра (рис. 3.3, б). Существует метрическая резьба с мелким шагом, который указывают в обозначении резьбы, например: $M16 \times 1$.

а) размеры для вычерчивания



б) пример оформления

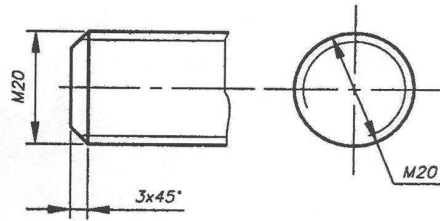
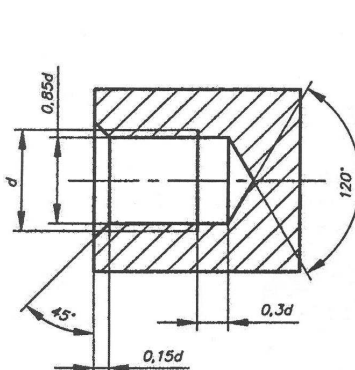


Рис. 3.3

Резьба в отверстии, с указанием размеров элементов резьбового глухого отверстия в соответствии с номинальным диаметром d , изображена на рис. 3.4, а.

На чертеже задают размер резьбы и глубину отверстия. Пример оформления резьбового отверстия и простановки размеров приведён на рис. 3.4, б.

а) размеры для вычерчивания



б) пример оформления

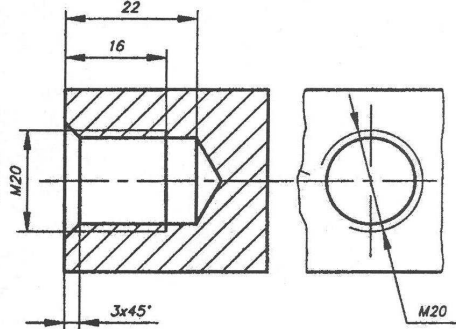


Рис. 3.4

Как на стержне, так и в резьбовом отверстии предусматривают фаску $c \times 45$, где $c - 0,15d$.

В конце резьбы на стержнях и в отверстиях обычно делают проточку (канавку), показанную на рис. 3.5, длиной $0,2...0,3d$, глубиной $0,15d$ для выхода резца.

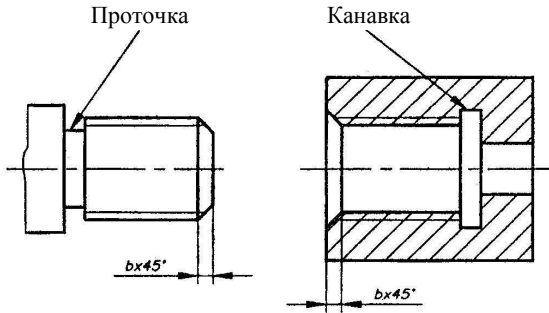


Рис. 3.5

Резбовое соединение изображено на рис. 3.6. Когда в отверстие ввёртывают стержень с резьбой, считают, что он не должен доходить до дна отверстия на $0,5$ диаметра. При этом границу резьбы показывают на чертеже. Стержень в разрезе ограничен своими контурными линиями и не заштриховывается. Контурные линии отверстия под стержнем находятся внутри, штриховку доводят до этих линий.

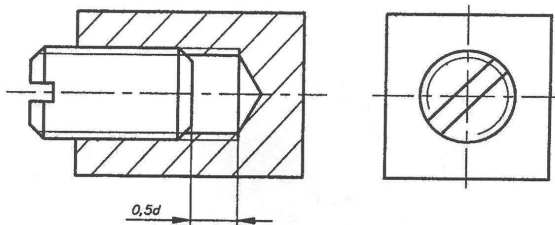


Рис. 3.6

Профили резьб, за исключением квадратного (см. рис. 3.2), стандартизованы. Для стандартных резьб установлены обозначения, характеризующие профиль, диаметр, ход и другие параметры.

Примеры обозначения резьб (рис. 3.2, $a - d$):

- $M 20; M 20 \times 1$ – резьба метрическая треугольная, 1 – шаг резьбы, указывается только для мелких резьб;

- $Tr 40 \times 2(P8)$ – резьба трапецидальная, 40 – диаметр, 2 – число заходов, P – шаг;

- $S 40 \times 2(P8)$ – резьба упорная, 40 – диаметр, 2 – число заходов, P – шаг;

- квадратная резьба не стандартизирована, обозначения не имеет, на линии-выноске делается надпись, например: «Двухзаходная левая»;
- резьба трубная цилиндрическая наружная имеет обозначение G (рис. 3.7). Трубная резьба задаётся в дюймах (1 дюйм – 25,4 мм) и определяет внутренний диаметр трубы, по которому рассчитывают её пропускную способность.

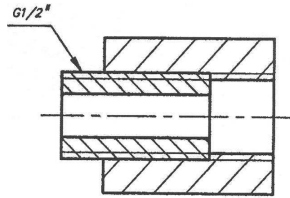


Рис. 3.7

Неразъёмные соединения могут быть получены сваркой, пайкой, склеиванием, клёпкой, сшиванием (рис. 3.8).

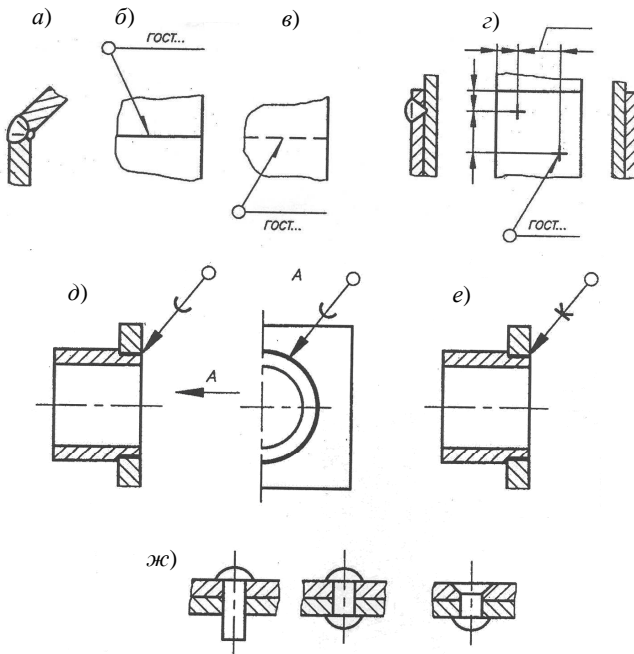


Рис. 3.8

Разрез сваренных листов с изображением шва дан на рис. 3.8, *а*. На чертеже показывают упрощённое изображение (рис. 3.8, *б*) сварного шва контурной линией, если шов видим, с надписью, для составления и чтения которой требуется стандарт или справочник; выносная линия заканчивается полустрелкой, кружок означает сварку по периметру (размер диаметра 3–4 мм). Запись стандарта над полочкой выносной линии означает «шов видимый». Невидимый шов показан на рис. 3.8, *в*. Варианты разрезов и вид при точечной сварке (крестики оформляются контурной линией с размерами штрихов, равными 5...10 мм) рассмотрены на рис. 3.8, *г*. Обозначения сварных швов регламентирует ГОСТ 2.312–72. Обозначения паяных и клееных соединений (ГОСТ 2.3130–82) приведены на рис. 3.8 *д*, *е*. В разрезе и на виде припой и клей условно изображают двойной контурной линией (2S).

На выносной тонкой линии с обычной стрелкой вычерчивают полукруглость контурной линией в случае пайки и знак, показанный на рис. 3.8, *е*, в случае склеивания. Кружок означает пайку и склеивание по периметру. Примеры заклёпочных соединений показаны на рис. 3.8, *ж*.

3.2. ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

Чертеж детали – документ, содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля (см. ГОСТ 2.102–68).

Каждая деталь сборочной единицы изготавливается отдельно или:

– литьём в формы соответствующего материала (чугуна, стали и др.) обычно с последующей механической обработкой на металлорежущих станках (токарных, фрезерных и др.);

– непосредственной обработкой на металлорежущих станках рядового, фасонного или сортового проката (болванки, прутки, листы, ленты, полосы, угольники и т.п.);

– ковкой, штамповкой соответствующих заготовок из рядового, фасонного или сортового проката с последующей обработкой (при необходимости) на металлорежущих станках.

Чертёж детали должен содержать все данные, необходимые для выбора исходного материала и выполнения всех операций по её изготовлению.

В общем случае детали на чертеже изображаются такими, какими они являются в действительности. Однако для снижения трудоёмкости выполнения чертежей, экономии времени и материалов стандартами предусмотрены условности и упрощения:

- применение разрезов, совмещённых с видами;
- условности при изображении резьб, зубьев зубчатых колес, сварки, пайки, накатки и др.;
- упрощения при нанесении размеров и т.д.

Рабочие чертежи выполняют, как правило, на все детали, входящие в изделие. Условия, при которых допускается не выполнять рабочие чертежи деталей, определены ГОСТ 2.108–68, ГОСТ 2.109–73.

Рабочие чертежи *не выпускают* на покупные (в том числе и стандартные) детали, если они применяются без дополнительной обработки, например: болты, винты, гайки и т.п.

Надписи и знаки, наносимые на плоскую поверхность детали, изображают на соответствующем виде полностью.

Пример рабочего чертежа детали приведён на рис. 3.9.

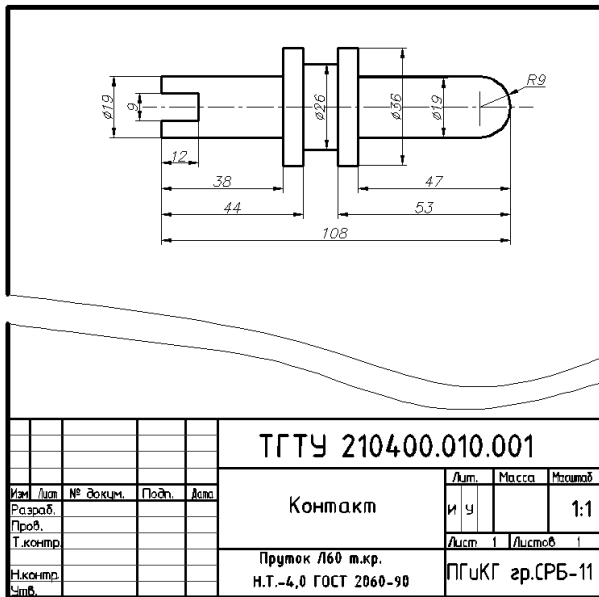


Рис. 3.9

3.3. ЭСКИЗЫ

Эскиз детали – временный документ, выполненный без помощи чертёжных инструментов (от руки) и содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля (ГОСТ 2.125–88).

В виде эскиза может быть выполнен любой чертёж – рабочий чертёж детали, чертёж общего вида, сборочный чертёж и т.д. Эскиз должен быть выполнен и оформлен так же, как и рабочий чертёж, без помощи чертёжных инструментов. Размеры частей детали и относительная величина изображений выдерживаются в пределах глазомерной точности. Все остальные требования, которые предъявляются к чертежу детали, полностью относятся и к эскизу. Эскизы используются как при конструировании новых изделий, так и в производстве, например, при аварийном ремонте прибора новая деталь может быть изготовлена по эскизу, а не по чертежу. Выполнение эскиза занимает значительно меньше времени, чем выполнение рабочего чертежа. Эскизы рекомендуется выполнять на бумаге в клетку соответствующего формата. Сетка линий клеток облегчает проведение горизонтальных и вертикальных линий, линий штриховки под углом 45° и надписей. На эскизах, особенно выполняемых в учебных целях, разрешается проводить окружности и дуги большого радиуса при помощи циркуля, учитывая отсутствие у студентов необходимых навыков. Выполнение эскиза детали (с натуры) практически не отличается от выполнения рабочего чертежа детали. Эскиз обычно выполняют мягким карандашом (марки М, 2М). Пример выполнения эскиза дан на рис. 3.10.

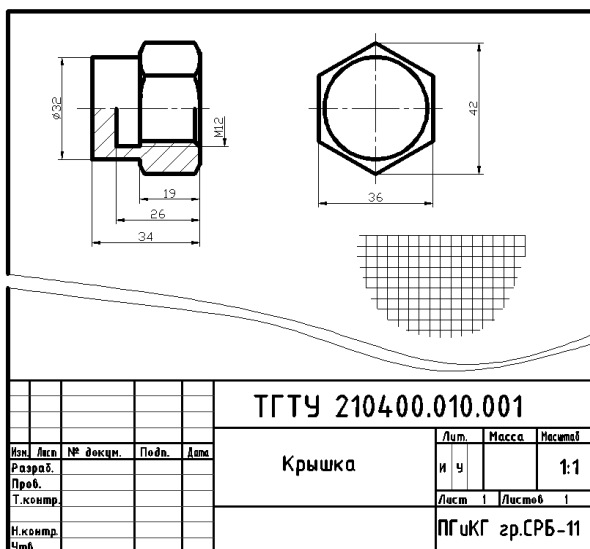


Рис. 3.10

3.4. ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА

Чертёж общего вида – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия (ГОСТ 2.102–68) [4].

Чертёж общего вида (пример на рис. 3.11) в общем случае должен содержать (см. ГОСТ 2.119–73):

а) изображения изделия (виды, разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы;

б) наименования, а также обозначения (если они имеются) составных частей изделия;

в) размеры и другие наносимые на изображения данные.

На чертеже общего вида изображения изделия выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД для рабочих чертежей (рабочего чертежа детали, сборочного чертежа).

Элементы чертежа общего вида (номера позиций, технические требования, надписи и др.) также выполняются по правилам, установленным стандартами ЕСКД для рабочих чертежей.

Наименования и обозначения составных частей изделия на чертежах общего вида указывают одним из следующих способов:

а) на полках линий-выносок;

б) в таблице, размещаемой на чертеже общего вида;

в) в таблице, выполненной на отдельных листах формата А4.

При наличии таблицы на полках линий-выносок указывают номера позиций составных частей изделия.

Примечание. На учебных чертежах обычно используют последний способ и таблицу выполняют по форме спецификации (рис. 3.12). Форма таблицы, установленная ГОСТ 2.119–73, отличается от формы спецификации, но это расхождение можно считать допустимым для курса инженерной графики.

Как отмечалось, чертёж общего вида выполняется на стадии проектирования нового изделия и является исходным документом чертежей деталей.

Вопросы проектирования новых изделий в курсе инженерной графики не рассматриваются, так как студенты не имеют необходимых знаний для конструирования изделий, поэтому все вопросы, связанные с выполнением чертежа общего вида, также не рассматриваются. Достаточно отметить дополнительно, что все рекомендации по выполнению сборочного чертежа, в равной мере относятся и к чертежу общего вида.

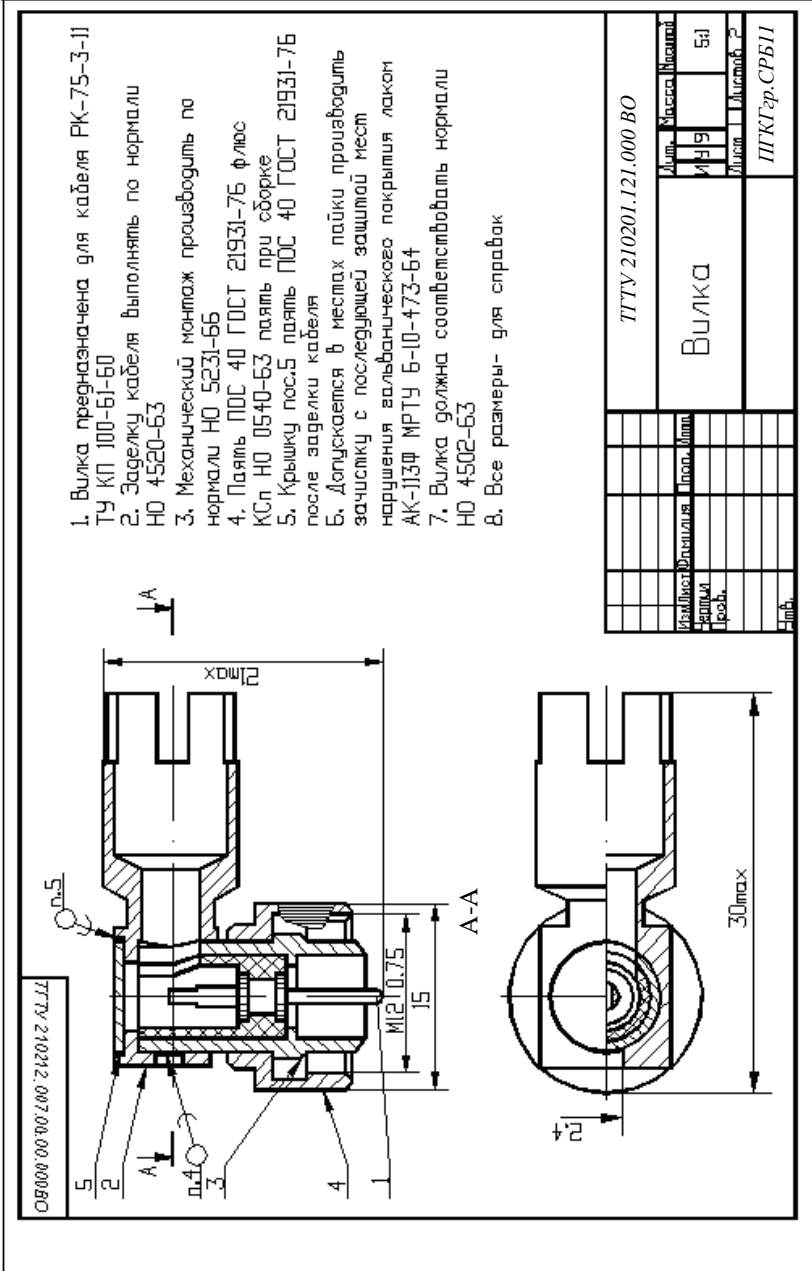


Рис. 3.11

Чертёж общего вида (см. рис. 3.11) в основном отличается от сборочного чертежа (см. рис. 3.13) тем, что:

- вскрывает конструкцию всего изделия и каждой его составной части (детали);

- содержит большее число изображений, включая дополнительные виды, разрезы, сечения и т.п., так как иначе нельзя выявить конструкцию элементов деталей изделия;

- содержит большее число размеров как определяющих взаимное расположение деталей, так и уточняющих форму элементов деталей изделия.

В учебном процессе обычно используется готовый чертёж общего вида изделия для выполнения по нему рабочих чертежей деталей.

Упрощённое обозначение чертежа общего вида при заполнении основной надписи согласно рис. 3.11: *ТТУ. 210201. 121 000 ВО.*

3.5. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

Сборочный чертёж – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля (ГОСТ 2.102–68) [5].

Сборочный чертёж (см. рис. 3.13) отражает взаимное расположение и связи составных частей сборочной единицы, обеспечивает её сборку и контроль. Спецификация сборочной единицы, представленной на рис. 3.13, приведена на рис. 3.14.

Для составления сборочных чертежей необходимы знания и навыки, полученные при изучении предшествующих разделов.

Чертёж должен быть подробно разработан с выявлением геометрических форм деталей, входящих в сборочную единицу. Если необходимо, применяются дополнительные виды и разрезы, а также изображения или сечения отдельных деталей. Для экономии места строят частичные изображения, половины проекций и разрывы.

На сборочном чертеже наносят минимальное количество размеров: габаритные, установочные и присоединительные к смежным устройствам. В числе технических требований, указываемых на чертеже, должно быть написано: *Все размеры для справок* или *Размеры для справок со звёздочкой* при наличии размеров, необходимых для изготовления и контроля сборочной единицы в целом (на чертеже эти размеры тоже помечают звёздочкой).

Спецификация (см. пример на рис. 3.14) содержит перечень всех составных частей, входящих в данное специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к нему и его неспецифицируемым составным частям. Форму и порядок заполнения спецификации устанавливает ГОСТ 2.108–68.

Спецификацию выполняют на отдельных листах с особыми формами основных надписей для первого (рис. 3.15, *а*) и последующих листов (рис. 3.15, *б*).

Графы спецификации заполняют в следующем порядке (см. пример на рис. 3.14):

1. *Документация* – обозначение сборочного чертежа специфицируемого изделия (в графе наименование – *Сборочный чертёж*) и другие документы, например электрическая принципиальная схема изделия.

Затем с указанием позиций и количеств записывают:

2. *Сборочные единицы* – обозначения и наименования входящих сборочных единиц в последовательности возрастания обозначений.

3. *Детали* – обозначения и наименования деталей, не вошедших в сборочные единицы, в порядке возрастания обозначений.

8	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	15		
								6	6	8
8x5=40	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
	Разраб.						15	Литера	Лист	Листов
	Проверил									
	Н. контр.									
	Утв.									
	17	23	15	10						

а)

15						7	Лист	10
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

б)

Рис. 3.15

4. *Стандартные изделия* – по алфавиту, сначала крепежные изделия, затем электрорадиоизделия. В пределах каждого наименования – в порядке возрастания стандартов; в пределах каждого обозначения стандарта – в последовательности возрастания параметров или размеров. В примечаниях указывают буквенно-цифровые обозначения радиоизделий по принципиальной схеме.

5. *Прочие изделия*, например, применённые по техническим условиям (ТУ), – по алфавиту и возрастанию параметров.

6. *Материалы* – по видам в последовательности: металлы чёрные; металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные; металлы цветные, благородные и редкие; кабели, провода и шнуры; пластмассы и пресс-материалы; бумажные и текстильные материалы; резиновые и кожевенные материалы; минеральные, керамические и стеклянные; лаки, краски; прочие материалы. В пределах каждого вида материалы записывают в алфавитном порядке наименований, а в пределах каждого наименования – по возрастанию размеров или других технических параметров. Указывают количество, массу, длину провода и т.п.

Номера позиций

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы (т.е. после заполнения спецификации).

Номера позиций указывают на полках линий-выносок, проводимых от изображения составных частей изделия и, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций составных частей, выделяя их двойной полкой (рис. 3.16, а, 19).

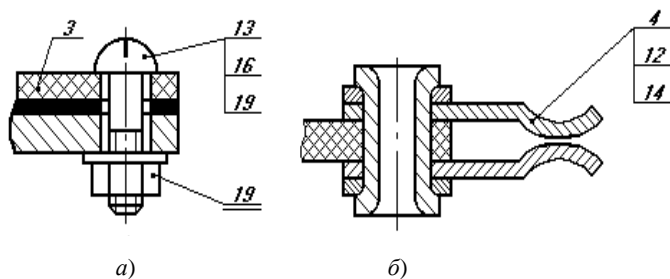


Рис. 3.16

Допускается проводить одну общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для:

– группы крепёжных деталей, относящихся к одному месту крепления (рис. 3.16, *а*);

– группы деталей с отчётливо выраженной взаимосвязью, исключаяющей различное понимание, если на чертеже невозможно подвести линию-выноску к каждой составной части. В этих случаях линию-выноску отводят от изображения той составной части, номер которой указывается первым (рис. 3.16, *б*).

Номера позиций указывают, как правило, на основных видах или заменяющих их разрезах и относят к видимым частям изделия. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа, вне контура изображения. Рекомендуется группировать их в одну колонку или строчку, располагая по возможности на одной линии и в возрастающем порядке.

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один два размера *больше*, чем размер шрифта размерных чисел на том же чертеже.

Если сборочная единица включает неразъёмное соединение, то на сборочном чертеже указывают номер позиции всего неразъёмного соединения, а не отдельных его деталей. На каждое из неразъёмных соединений выпускают отдельный сборочный чертёж (см. рис. 3.17 – сборочный чертёж контакта *1* по рис. 3.11).

Рекомендуется порядок выполнения сборочного чертежа, показанный на рис. 3.13, 3.14.

3.6. ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ОБЩИХ ВИДОВ И СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Чтение чертежей общих видов и сборочных чертежей – это процесс определения конструкции, размеров и принципа работы изделия по его чертежу.

Рекомендуется следующая **последовательность чтения чертежа**:

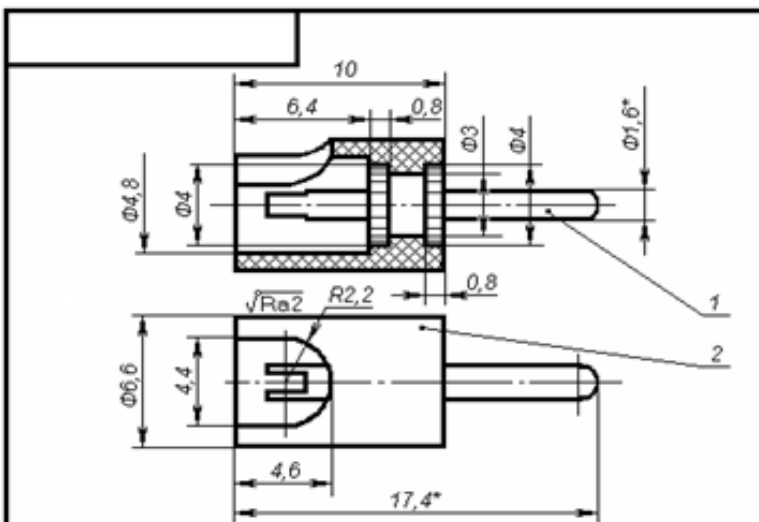
1. По основной надписи установить название изделия, его массу, масштаб изображения, номер чертежа и организацию, выпустившую чертёж.

2. Определить назначение изделия и его габаритные размеры.

3. Ознакомиться с содержанием и взаимной связью изображений чертежа.

4. Ознакомиться с содержанием технических требований.

5. По спецификации установить наименование каждой детали и определить её изображения на чертеже.



1. Все размеры опрессовки поз.2 обеспечить пресс-формой
 2.* Размеры для справок

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Детали</i>		
A4		1	ТГТУ 210212.007.01.00.001	Контакт	1	
		2		<i>Пресс-материал</i>		
				Прессматериал		
				АГ-4В ГОСТ 20437-89	0,2	кг
ТГТУ. 210201. 121 000 СБ						
Изд.	Лист	№ Докум	Глоб.	Дата	Лит.	Масса
					И У 9	5 : 1
Чертил		Власов			Лист 3	Листов 8
Проев.					ПГУКГ, зр. Р-11	
Утв.						

Копировал

Формат А4

Рис. 3.17

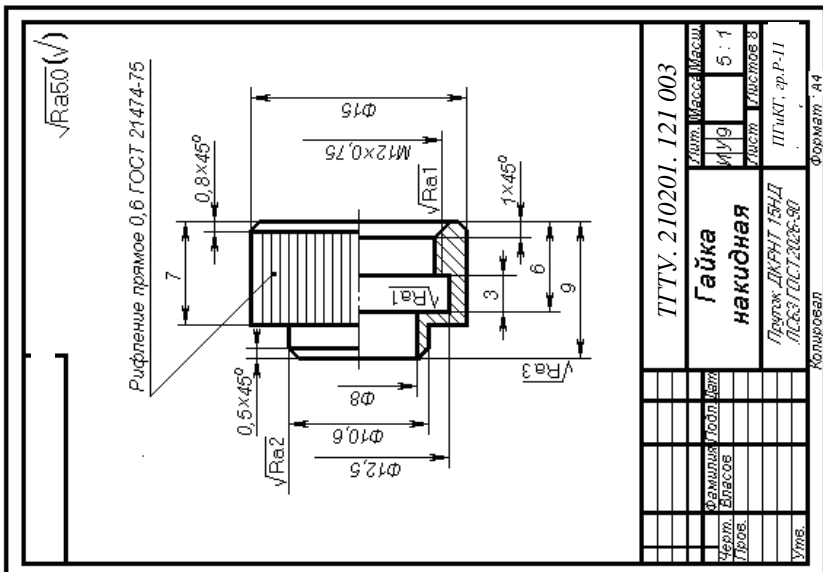
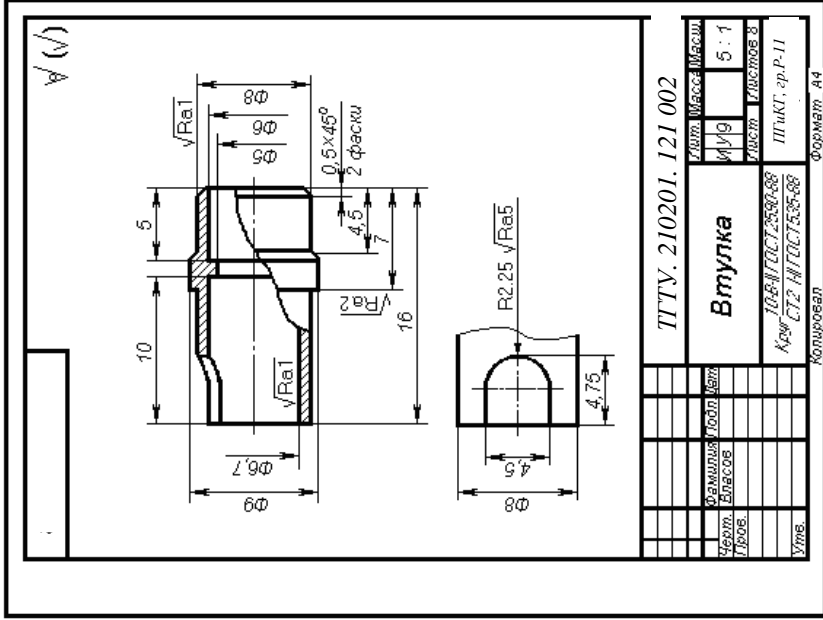


Рис. 3.18

6. Установить способы соединения отдельных деталей и их взаимодействие; определить крепёжные детали; установить пределы перемещения подвижных деталей.

7. Определить геометрические формы и размеры отдельных деталей (определить их конструкцию).

8. Мысленно представить внешние и внутренние формы изделия и всю его конструкцию.

9. Разобраться в работе изделия (если есть описание, то его необходимо использовать).

10. Определить порядок сборки и разборки изделия.

3.7. ДЕТАЛИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ОБЩИХ ВИДОВ

Деталирование – процесс выполнения рабочих чертежей деталей изделия по его чертежу общего вида.

Деталирование в конструкторских бюро применяется для уточнения форм и размеров отдельных деталей вновь проектируемого изделия, а также для составления рабочих чертежей деталей.

Деталирование в учебном процессе развивает пространственное представление и закрепляет знания и навыки в чтении чертежей и их выполнении.

Порядок выполнения рабочего чертежа детали по чертежу общего вида аналогичен выполнению такого чертежа с натуры.

Пример выполнения рабочих чертежей деталей по чертежу общего вида дан на рис. 3.18.

4. ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

4.1. ВИДЫ И ТИПЫ СХЕМ

Схема – документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними (ГОСТ 2.102–68) [6].

Виды и типы схем, а также общие требования к их выполнению устанавливает ГОСТ 2.701–84.

Схемы значительно упрощают изображение изделия и облегчают изучение его устройства в случаях, когда нет надобности в изображении конструкции деталей изделия.

Схемы в зависимости от элементов и связей между ними подразделяются на следующие виды: электрические – Э; гидравлические – Г; пневматические – П; кинематические – К; оптические – Л.

Допускаются также схемы: вакуумные – В; газовые – Х; автоматизации – А; комбинированные – С.

Схемы в зависимости от основного назначения подразделяются на следующие типы: структурные – 1; функциональные–2; принципиальные (полные) – 3; соединений (монтажные) – 4; подключения – 5; общие – 6; расположения – 7; прочие – 8, объединённые – 0.

Структурная схема – схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязь.

Функциональная схема – схема, разъясняющая процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом.

Принципиальная (полная) схема – схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними в изделии и, как правило, дающая детальное представление о принципах работы изделия.

Схема соединений (монтажная) – схема, показывающая соединения составных частей изделия и определяющая провода, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединения.

Схема подключения – схема, показывающая внешние подключения изделия.

Общая схема – схема, определяющая составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации.

Схема расположения – схема, определяющая относительное расположение составных частей изделия.

Наименование схемы определяется её видом и типом, например: «Схема электрическая принципиальная».

Шифр схемы состоит из буквы, определяющей её вид и цифры, обозначающей её тип, например: схема электрическая принципиальная – Э3; схема электрическая соединений – Э4.

Схемы выполняются без соблюдения масштаба, компактно, но без ущерба для ясности и удобства их чтения.

Линии связи выполняются толщиной от 0,2 до 1,0 мм в зависимости от размеров схемы. Рекомендуется применять толщину этих линий в пределах 0,3 – 0,4 мм.

Число изломов и пересечений линий связи должно быть наименьшим. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм.

Графические обозначения элементов схем следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи. Если в условных графических обозначениях имеются утолщенные линии, то их следует выполнять толще линий связи в два раза.

Элементы схемы, составляющие функциональную группу или устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, допускается выделять штрихпунктирными линиями, равными по толщине линиям связи.

Элементы схемы, составляющие устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему, выделяют на общей принципиальной схеме сплошной линией, равной по толщине линиям связи.

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

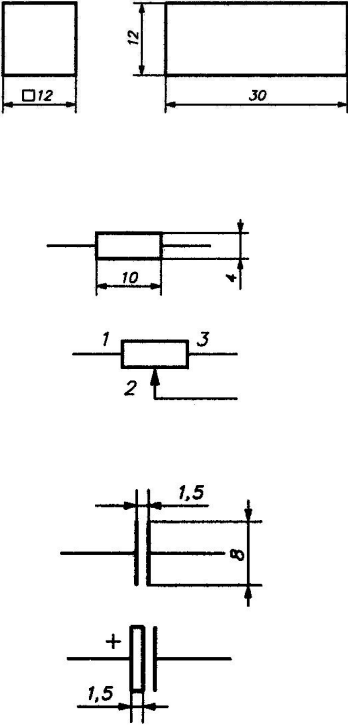
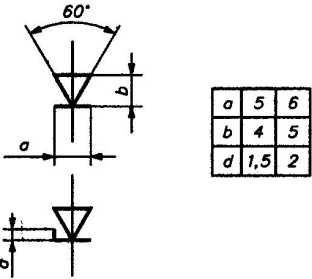
Применяются три способа графического оформления схем.

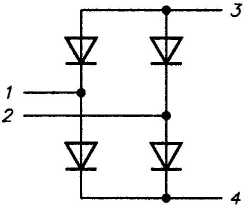
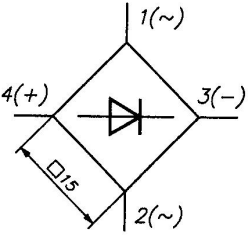
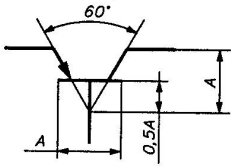

1. Элементы схемы изображаются условными графическими обозначениями (УГО), установленными в стандартах ЕСКД. УГО для электрических принципиальных схем (выборка для учебных заданий) приведены в табл. 4.1.

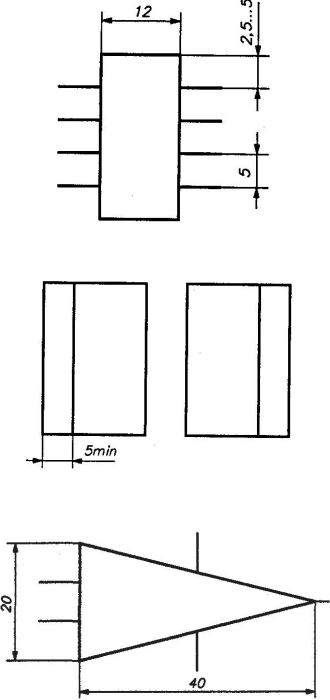



2. Отдельные устройства изображаются геометрическими фигурами, например прямоугольниками (фрагмент электрической структурной схемы представлен на рис. 4.1);

3. Элементы схем изображаются упрощенными внешними очертаниями (в том числе – в аксонометрии).

Таблица 4.1

Обозначение	Наименование	Государственный стандарт									
	<p><i>Обозначения общего применения</i></p> <p>Прибор, устройство</p> <p><i>Резисторы</i></p> <p>Постоянный</p> <p>Переменный</p> <p><i>Конденсаторы</i></p> <p>Постоянной ёмкости (общее обозначение)</p> <p>Электролитический поляризованный</p>	<p>ГОСТ 2.728-74</p>									
 <table border="1" data-bbox="386 1193 487 1284" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>1,5</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	a	5	6	b	4	5	d	1,5	2	<p><i>Приборы полупроводниковые</i></p> <p>Диод</p> <p>Стабилитрон односторонний</p>	<p>ГОСТ 2.730-73</p>
a	5	6									
b	4	5									
d	1,5	2									

Обозначение	Наименование	Государственный стандарт
    <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 200px;"> A 9 11 </div>	<p style="text-align: center;"><i>Приборы полупроводниковые</i></p> <p>Однофазная мостовая выпрямительная схема (развёрнутое изображение)</p> <p>Однофазная мостовая выпрямительная схема (упрощённое изображение)</p> <p style="text-align: center;"><i>Транзисторы</i></p> <p>Типа PNP</p> <p>Типа NPN</p>	<p>ГОСТ 2.730-73</p>

Обозначение	Наименование	Государственный стандарт
	<p style="text-align: center;"><i>Элементы цифровой техники</i></p> <p>Микросхема</p> <p>основное поле с входами (слева) и выходами</p> <p>С дополнительными полями</p> <p>Усилитель</p>	ГОСТ 2.743-82
	Усилитель	ГОСТ 2.729-74
	Модулятор	
	Фильтр	

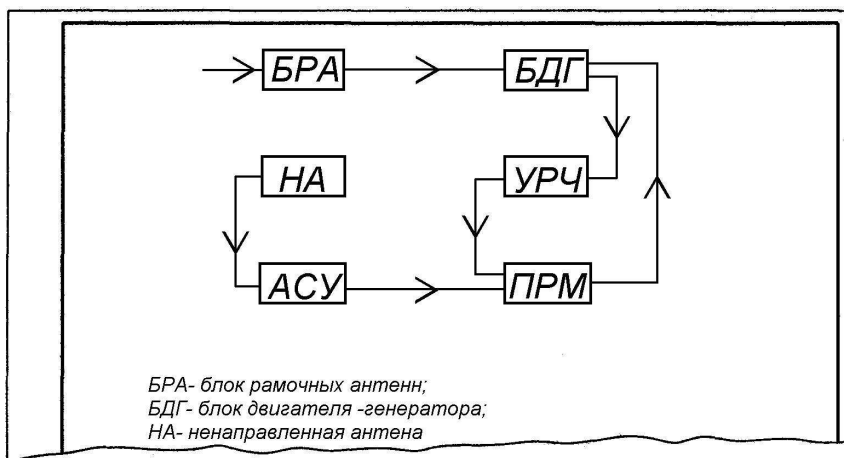


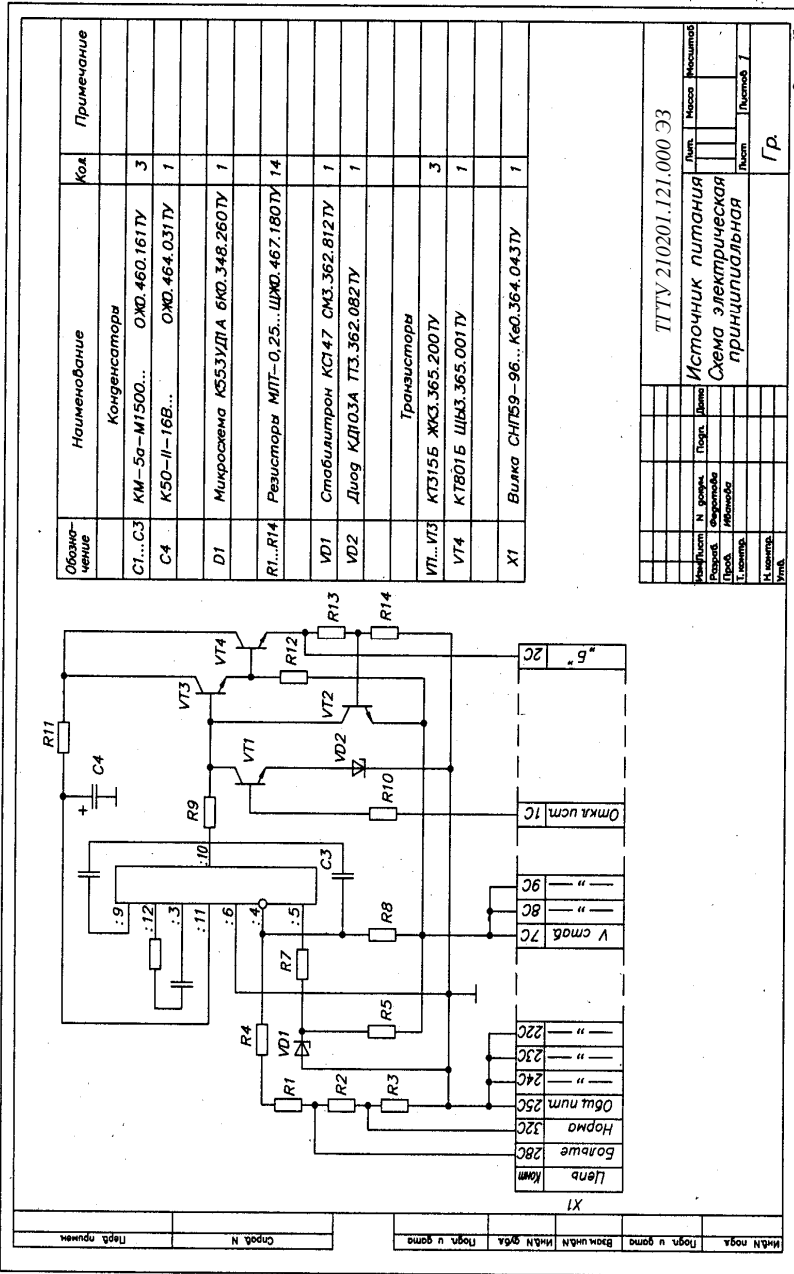
Рис. 4.1

4.2. ОФОРМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Электрическая принципиальная схема – документ (см. рис. 4.2), определяющий полный состав электрических элементов изделия, дающий детальное представление о принципах работы изделия, служит основой для разработки конструкции и используется при изготовлении и эксплуатации изделий. Схема должна содержать перечень элементов.

Элементы на схемах изображают *совмещённым* и *разнесённым* способами. При совмещённом способе составные части элементов или устройств показываются на схеме в непосредственной близости друг к другу (изображение реле совмещённым способом см. на рис. 4.3, а); при разнесённом – в разных местах для большей наглядности (рис. 4.3, б). При изображении на схеме элемента разнесённым способом позиционное обозначение элемента проставляют возле каждой составной части.

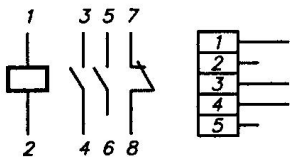
Позиционное обозначение в общем случае состоит из трёх частей. В первой части указывают вид элемента (устройства) одной или несколькими буквами (буквенные коды распространённых видов приведены в табл. 4.2), например: *R* – резистор; *C* – конденсатор (для уточнения вида



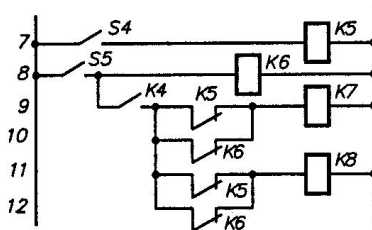
Обозначение	Наименование	Код	Примечание
<i>Конденсаторы</i>			
C1...C3	КМ-5а-М1500... ОЖД.460.161ТУ	3	
C4	К50-И-16В... ОЖД.464.031ТУ	1	
D1	Микрохема К553УД1А БКД.348.260ТУ	1	
R1...R14	Резисторы МЛТ-0.25...ШЖД.467.180ТУ	14	
VD1	Стабилитрон КС147 СМЗ.362.812ТУ	1	
VD2	Диод КД103А ТТЗ.362.082ТУ	1	
<i>Транзисторы</i>			
VT1...VT3	КТ315Б ЖКЗ.365.200ТУ	3	
VT4	КТ801Б ШБЗ.365.001ТУ	1	
X1	Вилка СНГБ9-96...Ке0.364.043ТУ	1	

ТТУ 210201.121.000 Э3			
Источник питания			
Схема электрическая принципиальная			
Лист	№	Итого	Листов
1	1	1	1
Гр.			Гр.

Рис. 4.2



a)



б)

Рис. 4.3

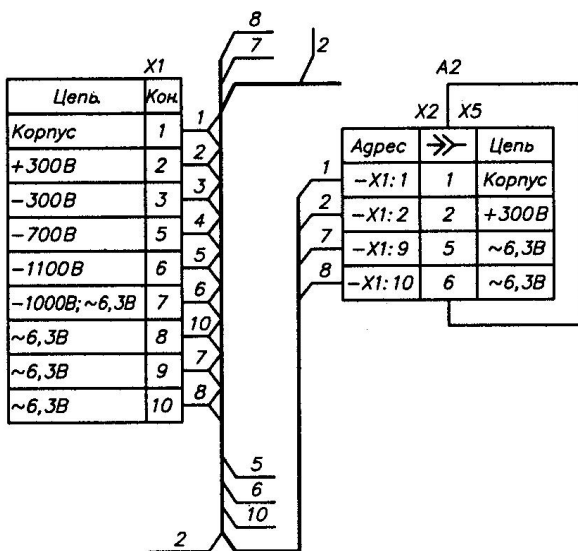


Рис. 4.4

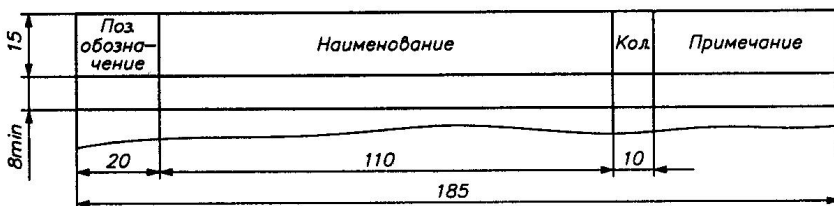


Рис. 4.5

Таблица 4.2

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов радиоизделий	Примеры видов радиоизделий	Двухбуквенный код
<i>C</i>	Конденсатор	–	–
<i>D</i>	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	<i>DA</i>
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Предохранитель плавкий	<i>FU</i>
<i>H</i>	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор световой сигнализации	<i>HL</i>
<i>R</i>	Резисторы	Потенциометр	<i>RP</i>
<i>S</i>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатель Кнопочный многомодульный	<i>SB</i> <i>SBI.1</i> <i>SBI.2</i>
<i>T</i>	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	<i>TA</i>
<i>V</i>	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Транзистор	<i>VD</i> <i>VT</i>
<i>X</i>	Соединения контактные	Соединение разборное (вилка, розетка)	<i>XT</i>

Надпись *X1:1* означает, что провод *1* связывает соединитель *X2* с соединителем *X1*, а именно с его контактом *1*. Цифры *1, 2, 5, 6* обозначают контакты соединителя *X2* – *X5*, подключённые к цепям *Корпус*, *+300 В* и др. Порядок расположения контактов в схеме определяется удобством

чтения схемы. В графе «Конт.» записывают номер контакта соединителя, в графе «Цепь» – характеристику цепи (рис. 4.4).

Для однозначного определения элементов, входящих в состав изделия и изображённых на схеме, каждому элементу (устройству) схемы присваивают буквенно-цифровые позиционные обозначения согласно ГОСТ 2.710–81. В обозначении элемента допускается применять двухбуквенный код, например, для полупроводникового прибора-диода *VD*); во второй части – порядковый номер элемента (устройства) в пределах данного вида, например: *R1, R2, ..., R12; C1, C2, ..., C14*; в третьей части допускается указывать соответствующее функциональное назначение, например *C41* – конденсатор *C4*, используемый как интегрирующий. Сведения о функциях элементов и устройств не относятся к инженерной графике, они даются в специальной литературе.

Порядковые номера элементам присваивают, начиная с единицы, в пределах группы с одинаковыми позиционными обозначениями согласно последовательности расположения элементов на схеме, считая сверху вниз в направлении слева направо. Позиционные обозначения проставляют рядом с условными графическими обозначениями элементов с правой стороны или над ними. При изображении на схеме элемента разнесенным способом позиционное обозначение указывают около каждой составной части (рис. 4.3).

Данные об элементах, входящих в состав изделия и изображенных на схеме, записывают в перечень элементов, который помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. В первом случае перечень оформляется в виде таблицы (рис. 4.2), заполняемой сверху вниз; её располагают, как правило, над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. Продолжение перечня помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы. Во втором случае перечень элементов выполняется на формате А4 с основной надписью по ГОСТ 2.104–68 (форма 2 и 2а), с присвоением шифра, состоящего из буквы П (перечень) и кода схемы, к которой выпускается перечень, например: ПЭЗ – перечень элементов к принципиальной электрической схеме. В графах перечня элементов указывают следующие данные (рис. 4.5):

- в графе «Поз. обозначение» приводятся позиционные обозначения элементов (устройств);
- в графе «Наименование» – наименование элементов (устройств) в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применён, а также обозначение этого документа (основной конструкторский документ: ГОСТ, ТУ);

- в графе «Примечание» – технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании (при необходимости).

Элементы записывают в перечень группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. Элементы одного типа с одинаковыми электрическими 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: $R3, \dots, R8$, а в графу «Кол.» – общее количество таких элементов.

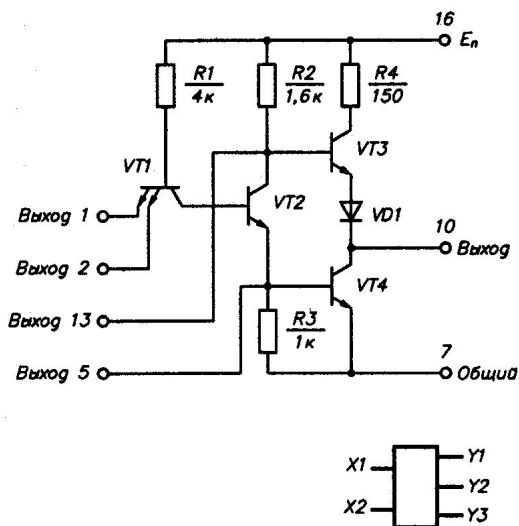
На рисунке 4.6 показаны примеры записи элементов, у которых одинаковые:

- *наименования*, записывают в виде общего заголовка один раз на каждом листе перечня;
- *обозначения документов*, на основании которых эти элементы применены.

На электрической принципиальной схеме интегральной микросхемы (рис. 4.7) элементы в перечень не записывают; их расчётные номиналы и другие данные проставляют около УГО элементов или на поле схемы. Кроме этого, должны быть указаны номера внешних выводов и при необходимости здесь же помещают функциональную схему.

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Код</i>	<i>Примечание</i>
	<i>Резисторы ОМЛТ..</i>		
	<i>Резисторы СП ГОСТ 5574–65</i>		
	<i>Резисторы ПЭВ ГОСТ 6513–66</i>		
<i>R1</i>	<i>ОМЛТ–0,5–200 Ом ± 10%</i>	<i>1</i>	
<i>R2</i>	<i>СП–1–А–560 Ом ± 10% ОС–3–12</i>	<i>1</i>	
<i>R3</i>	<i>ПЭВ–10–3 кОм ± 5%</i>	<i>1</i>	
<i>R4</i>	<i>ОМЛТ–2–630 Ом ± 5%</i>	<i>1</i>	
<i>R5, R6</i>	<i>ОМЛТ–0,5–910 кОм ± 10%</i>	<i>2</i>	

Рис. 4.6



Выход	Назначение цепи
1	Вход X1
2	Вход X2
3	—
5	Выход Y1
10	Выход Y2
13	Выход Y3
7	Общия
16	Питание Eп

Рис. 4.7

Пример обозначения электрической принципиальной схемы при заполнении основной надписи в учебных условиях согласно рис. 4.2: ИГ 06.07.17.00.00 ЭЗ.

4.3. ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

В приборах с радио- или электротехническими устройствами широко применяются *печатные узлы*. Обычно их конструируют по модульному принципу – как ячейки, обладающие свойствами совместимости, с единой системой габаритных и присоединительных размеров. Печатный узел (печатная плата в сборе) представлен на рис. 4.8, спецификация к нему – на рис. 4.9, 4.10. Печатная плата (рис. 4.11) в сборе состоит из:

- *печатной платы-детали* (заготовка на рис. 4.8) с навесными радиоизделиями (конденсаторами, резисторами и др.);
- *панели* (см. рис. 4.12);
- *ручки* (см. рис. 4.13);
- *соединителя* (вилки или розетки, рис. 4.14, 4.15).

Печатная плата-деталь представляет собой изоляционное основание – пластину из гетинакса или стеклотекстолита с нанесёнными на ней проводниками и контактными площадками в виде тонких электропроводящих плёнок, называемых *печатным монтажом* (прил. П.3).

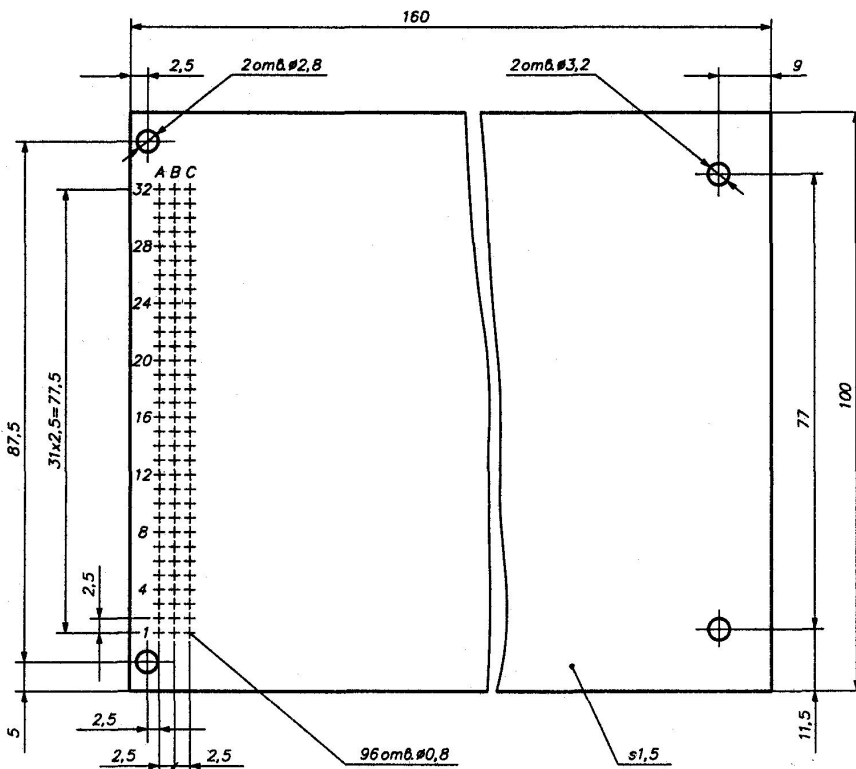


Рис. 4.11

В зависимости от присутствия печатного монтажа на одной или двух сторонах различают *односторонние* (см. рис. 4.16, где 1 – материал основания; 2 – проводящий рисунок) и *двусторонние* платы. Для перехода с одной стороны на другую в двусторонних платах используются металлизированные отверстия или пустотелые заклепки (см. рис. 4.17, где 1 – металлизированное отверстие; 2 – химико-технологическое покрытие).

Существуют также *многослойные* печатные платы (см. рис. 4.18, где 1 – материал основания; 2 – проводящий рисунок; 3 – сквозное металлизированное отверстие; 4 – переходное отверстие), в которых печатные слои разделены диэлектрическим слоем.

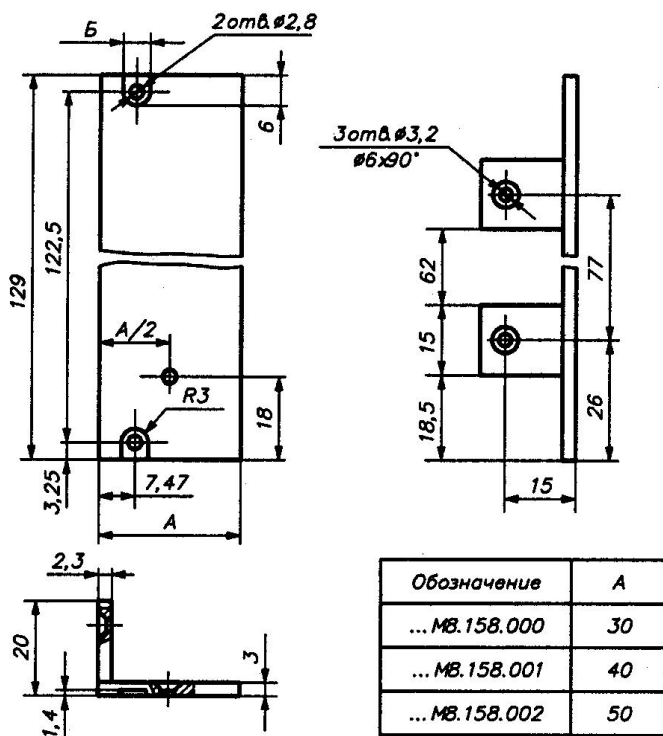
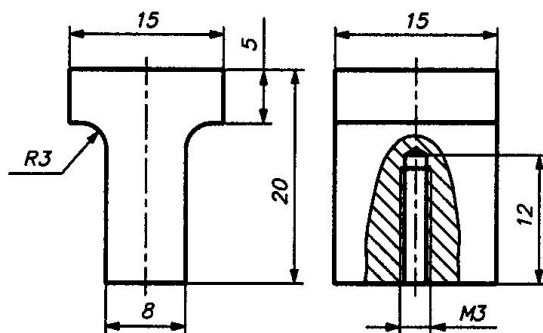


Рис. 4.12



Ручка ... МВ.671.640

Рис. 4.13

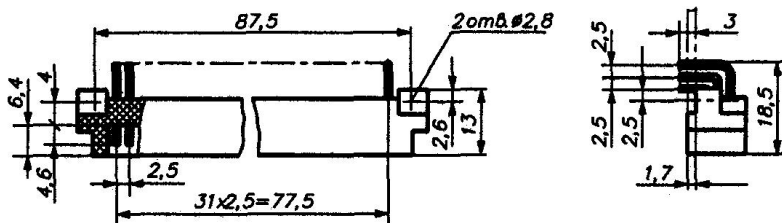


Рис. 4.14

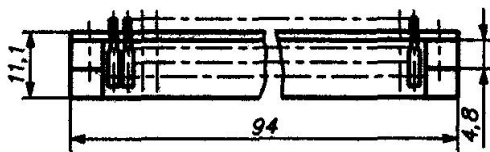


Рис. 4.15

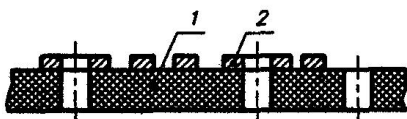


Рис. 4.16

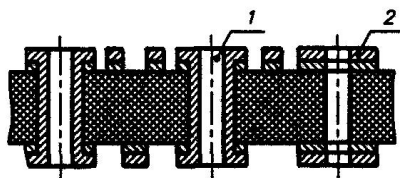


Рис. 4.17

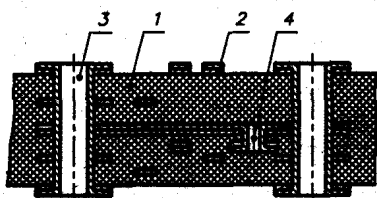


Рис. 4.18

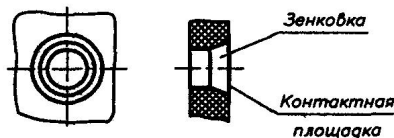


Рис. 4.19

Навесные радиоизделия – диоды, резисторы, конденсаторы и другие припаивают к плате на стороне, противоположной печатному монтажу, и на двусторонних платах – на стороне, где печатных проводников меньше. Для этого в плате сделаны металлизированные монтажные отверстия, которые зенкуют и окружают контактными площадками (см. рис. 4.19). В такие отверстия также впаивают штыри (контакты) соединителя.

Разметка печатной платы – см. рис. 4.20.

Предусматривают и крепёжные отверстия, не металлизированные изнутри, для установки панели, соединителя, ручки и крупных элементов – трансформаторов, переменных сопротивлений, уголков для установки, например диодов, конденсаторов, микросхем и т.д. (прил. П.4).

Разработку печатного узла ведут согласно электрической принципиальной схеме.

4.4. ЧЕРТЁЖ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ-ДЕТАЛИ

Основные правила оформления печатных плат-деталей устанавливает ГОСТ 2.417–78 [7]. Чертежи односторонних и двусторонних плат (рис. 4.20) именуют: *Плата*. Рекомендуются масштабы 4:1; 2:1; 1:1. На чертеже изображают вид на одну или две (для двусторонних) стороны печатной платы, с печатным монтажом и отверстиями. На виде наносят прямоугольную координатную сетку тонкими линиями. Рекомендуемые шаги координатной сетки: 2,5; 1,25; 0,625. Размеры платы выбирают согласно ГОСТ 10317–79 и отраслевым стандартам. Проводники располагают по линиям координатной сетки. Проводники шириной до 2,5 мм изображают сплошной толстой основной линией, являющейся осью симметрии проводника. Действительная ширина оговаривается в технических требованиях (см. рис. 4.20, п. 5).

Монтажные отверстия, расстояния между которыми кратны шагу координатной сетки, располагают в её узлах, остальные – согласно установочным размерам приборов (реле, микросхем, соединителя и др.). Если установочные размеры навесных элементов не кратны шагу координатной сетки, то одно отверстие располагают в узле координатной сетки, а остальные – задают размерами непосредственно на изображении платы (рис. 4.21, а) или на вынесенном элементе (рис. 4.21, б). Вынесенный элемент используют для облегчения чтения чертежа. Расположение отверстий для установки панели, соединителя и других деталей указывают размерами по общим правилам (см. рис. 4.20).

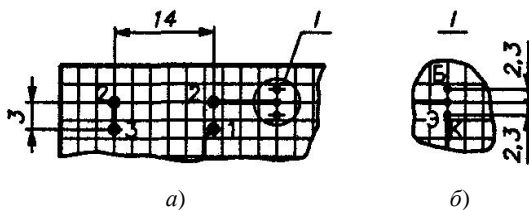


Рис. 4.21

На чертеже платы все монтажные отверстия изображают упрощённо – одной окружностью (без окружности зенковки и контактной площадки) и одного диаметра. Чтобы их различать, применяют условные обозначения (рис. 4.22). Действительные размеры отверстий, их количество, размеры контактных площадок и другие сведения помещают на чертеже в таблице (рис. 4.23).

На плате могут быть места, которые нельзя занимать проводниками (например, под шайбу и гайку крепления). Это место обводят штрихпунктирной линией (рис. 4.24) и делают соответствующую запись в технических требованиях: «Места, обведённые штрихпунктирной линией, проводниками и контактными площадками не занимать».

Координатную сетку с шагом из числа рекомендованных нумеруют подряд или через определённые интервалы. За нуль (рис. 4.25) принимают центр крайнего левого нижнего отверстия или нижний левый угол платы.

Указание о маркировании печатной платы составляют в соответствии с ГОСТ 2.314–68. Маркировку располагают на чертеже с одной или двух сторон. Маркировка (см. рис. 4.20) содержит:

- обозначение печатной платы (...M7.102.000);
- позиционные обозначения навесных элементов согласно электрической принципиальной схеме (R1..., C1..., ...);
- буквенные обозначения выводов транзистора (Б, Э, К);
- обозначение положительного вывода полярного изделия (диода, конденсатора);
- цифровое обозначение первого вывода, или «ключа» (см. рис. 4.26).

Диаметр, мм	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5
Условное обозначение отверстий					

Рис. 4.22

30		30		35		30		30		20
Условное обозначение отверстий	Диаметры отверстий	Наличие металлизации в отверстиях		Диаметры контактных отверстий		Количество отверстий				
										8

Рис. 4.23

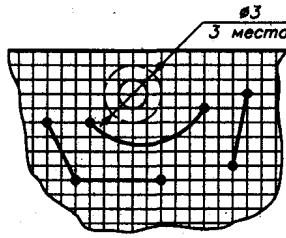


Рис. 4.24

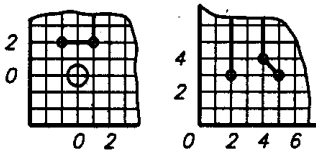


Рис. 4.25

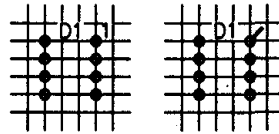


Рис. 4.26

Все обозначения выполняют прямым шрифтом 2,5 мм.

Чертёж содержит технические требования, расположенные над основной надписью, на расстоянии не менее 12 мм от неё. В них записывают все сведения, которые не могут быть переданы графически на чертеже (см. рис. 4.20).

4.5. ЧЕРТЁЖ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

Печатным узлом называют печатную плату с навесными радиоизделиями – резисторами, конденсаторами и другие, выводы которых вставлены в отверстия платы и припаяны [8].

Сборочный чертёж (см. рис. 4.8) даёт полное представление о форме, расположении и установке навесных радиоизделий и других деталей. Допускается упрощённое изображение радиоизделий с сохранением габаритных размеров, если это не мешает правильному пониманию чертежа. Навесные элементы располагают рядами или под углом 90° друг к другу (рис. 4.27: *a* – рекомендуемое размещение, *б* – допускается, *в* – не допускается) с зазором 2...3 мм между платой и элементом (если это расстояние не оговорено в нормативно-техническом документе на элемент). Варианты установки навесных элементов приведены в табл. 4.3.

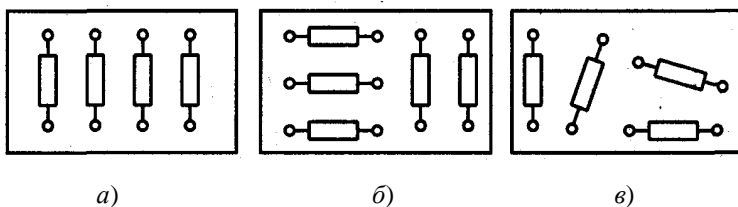


Рис. 4.27

Таблица 4.3

Обозначение варианта	Конструктивное выполнение	Обозначение варианта	Конструктивное выполнение
<i>Ia</i>		<i>Va</i>	
<i>IIa</i>		<i>VIIa</i>	
<i>IIIa</i>		<i>VIIIa</i>	

В технических требованиях [9] приводится соответствующая запись (см. рис. 4.8, п. 7). Если расстояние между выводами навесного элемента менее 2,5 мм, то для гибких выводов допускается увеличение установочного размера до 2,5 мм и соответственно изгиб проводников. На средний вывод транзисторов, устанавливаемых по варианту *VIIa*, и на все выводы транзисторов и микросхем, устанавливаемых по варианту *Va*, надевают электроизоляционные трубки. Внутренний диаметр трубки

выбирают из ряда: 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 1,75; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 мм, причём не менее чем на 0,2 мм больше диаметра вывода. В технических требованиях записывают: «На базу (коллектор) транзистора поз надеть трубку поз», где вместо многоточия ставят номер позиционного обозначения трубки из спецификации. Позиционного обозначения на трубку на самом чертеже не проставляют.

В местах крепления установочных деталей – панелей, соединителя, радиаторов и других – дают местные разрезы (см. рис. 4.8).

Чертёж содержит габаритные и установочные размеры, которые наносят по общим правилам. При необходимости указывают расстояния навесных элементов над платой [10].

В соответствии с электрической принципиальной схемой на чертеже должны быть указаны позиционные обозначения радиоэлементов, нумерация и обозначения выводов приборов, полярность элементов и обозначение сборочного чертежа.

Согласно спецификации (см. рис. 4.11) по общим правилам на чертеже проставляют позиционные обозначения на полках линий-выносок. В основной надписи в учебных условиях записывают обозначение (*ТТУ 210201.121.00 СБ*), наименование печатного узла и масштаб.

Технические требования располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм.

Спецификацию (см. рис. 4.9 и 4.10) оформляют по ГОСТ 2.108–68. В разделах «Сборочные единицы» и «Детали» запись производят в порядке возрастания номеров чертежей. В раздел «Стандартные изделия» сначала вносят крепёжные изделия в алфавитном порядке их наименований, затем – радиоизделия, применённые по ГОСТам, тоже в алфавитном порядке их наименований (но не позиционных обозначений!). В раздел «Прочие изделия» в алфавитном порядке пишут радиоизделия, применённые по техническим условиям. В пределах одного наименования запись делают в порядке возрастания основных параметров. В раздел «Материалы» записывают электроизоляционные трубки и другие материалы. В графе «Примечание» приводят позиционные буквенно-цифровые обозначения радиоизделий в соответствии с электрической принципиальной схемой узла [11].

5. ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

5.1. ГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AutoCAD 48

5.1.1. AutoCAD Графический пользовательский интерфейс

Для пользователей, привыкших к стандарту Windows и только начинающих осваивать AutoCAD, его интерфейс может показаться весьма привлекательным. Здесь хотелось бы отметить, что подробное описание использования отдельных элементов интерфейса можно найти в руководстве пользователя или другой стандартной документации. Пользователям, знакомым со стандартным интерфейсом Windows и предыдущими версиями системы, краткого описания основных возможностей элементов интерфейса будет вполне достаточно, чтобы успешно им пользоваться. Итак, после того как вы загрузили систему, на экране появится графическое окно AutoCAD (рис. 5.1). На экране можно выделить четыре функциональные зоны: рабочая графическая зона, непосредственно в которой и происходит создание чертежа; системное меню и панели инструментов; командная строка; строка состояния [3, 12, 13, 14].

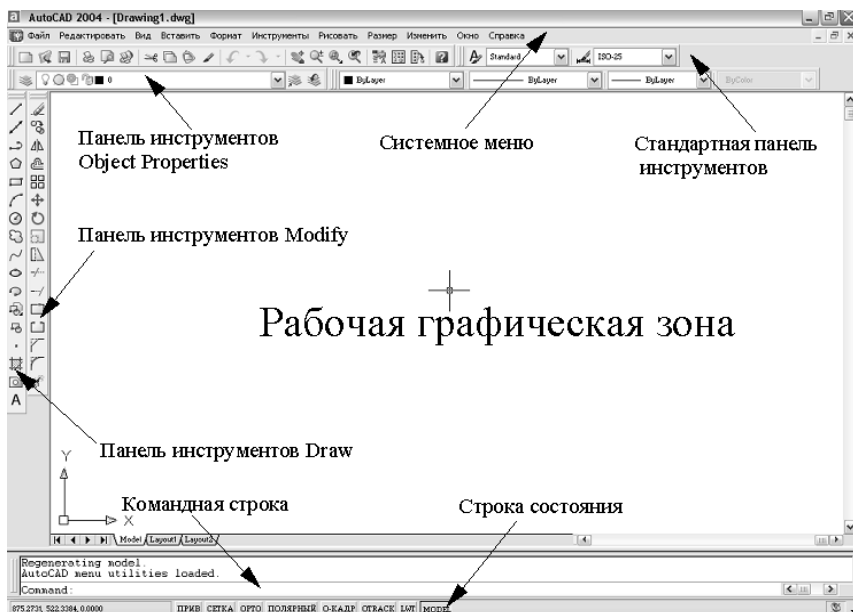


Рис. 5.1

5.1.2. Ввод команд

Команды являются важнейшими элементами графического пользовательского интерфейса AutoCAD, поскольку все изменения в системе происходят в результате выполнения той или иной команды. В AutoCAD 2000 существует около 800 команд. Для большинства приложений Windows стандартным способом ввода команды является манипуляция с системным или контекстным меню. В AutoCAD существует несколько возможностей ввода различных команд через использование: системного меню, контекстных меню, панели инструментов, командной строки.

5.1.3. Настройка программы



Запускаем программу \Rightarrow ярлык пакета: AutoCAD \Rightarrow активизируем его \Rightarrow происходит загрузка пакета (нажать левой кнопкой мыши два раза) и появится диалоговое окно *Начало работы*.

Необходимо подвести указатель мыши на кнопку с одним из вариантов работы, изображённых в верхней части окна (рис. 5.2).



AutoCAD 2004

Рис. 5.2

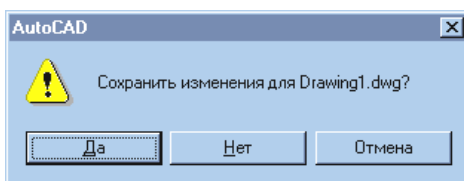
Открыть рисунок , простейший шаблон , по шаблону и вызов мастера, а затем нажать левой кнопкой мыши по кнопке.

Чертежи системы AutoCAD хранятся в файлах с расширением dwg. Имена файлов могут содержать русские и латинские буквы, цифры, специальные знаки (@, #, \$, &, -), а также пробелы. Остальные символы, как правило, не допускаются, так как являются служебными и могут быть неправильно интерпретированы операционной системой Windows.

Для удобства работы желательно пользовательские чертежи хранить в отдельных папках и ни в ком случае не записывать в основные и вспомогательные папки AutoCAD, иначе такие файлы будут засорять программное обеспечение, а также могут быть утеряны при смене версии.

Операции над файлами собраны в падающем меню **Файл**:

- Новый (New)** – открывает в рабочей области новый рисунок по *простейшему шаблону* или по *специальному шаблону* согласно нашему выбору → идентично окну *Начало работы*.
- Открыть (Open)** – вызывает диалоговое окно *Выбор файла*. В этом пункте нужно найти папку и левой кнопкой мыши выбрать имя открываемого файла с расширением *dwg*. Просмотреть в области *Предварительный просмотр* отмеченный рисунок, после чего нажать кнопку *Открыть*.
- Частичная загрузка** – при необходимости можно открыть поочерёдно сразу несколько рисунков, причём любые из них могут быть открыты не полностью (*частичная загрузка рисунка*).
- Закрыть (Close)** – может быть закрыт любой из открытых рисунков. AutoCAD анализирует, сохранены ли изменения на рисунке, и если нет, то задаёт вопрос *Сохранить изменения в _имя файла_ (Save changes to ...)*



Необходимо с помощью мыши щелкнуть по кнопке *Да*, если изменение нужно сохранить, или *Нет*, если изменения не нужны.

- Сохранить (Save)** – позволяет сохранять изменения открытого рисунка в файле с тем же именем.
- Сохранить как ... (Save as ...)** – это запись в другой файл. Откроется окно, в котором нужно для сохранения выбрать папку и ввести имя файла (расширение *dwg* не указывается, оно будет добавлено автоматически). В данном окне есть также возможность с помощью поля *Тип файла* сохранения рисунка в одном из *дополнительных форматов*, которые понимает AutoCAD 2002(2004). При создании новых рисунков AutoCAD даёт им условные имена: *Drawing1, Drawing2, ...* Пользователь может дать им свои имена (Вал, штангенциркуль, корпус и т.д.).

- Экспорт* (Export) – преобразование в требуемый формат процедурами экспорта. Применяется при необходимости использовать информацию из файла чертежа в другом приложении.
- Печать* (Print) – позволяет получать вычерченные бумажные копии или электронные чертежи.
- Утилиты* (Utilities) – список дополнительных команд.
- Очистить* (Clear) – очистка рабочей области чертежа.
- Выход* (Exit) – для выхода из сеанса редактирования.
- Свойства рисунка* – как и Microsoft Office, AutoCAD даёт возможность сохранить вместе с рисунком некоторую авторскую информацию. Для этого выбрать пункт *Свойства рисунка*, который открывает одноименное диалоговое окно.
 - в этом окне имеются кнопки четырёх вкладок, которые выбираются щелчком левой кнопки мыши. Вкладки *Общие* и *Статистика* содержат данные, заносимые системой AutoCAD, а вкладки *Документы* и *Прочие* заполняются непосредственно автором чертежа. Все эти данные охраняются вместе с чертежом.

Если выбран **Простейший шаблон**: выбираем единицы измерения *Метрические* и нажимаем по кнопке *ОК*.

Если использовать **Шаблон**: этот вид шаблона используется после того, как выполнен чертёж, используя вкладку *Модель*, и при выводе его на печать нужно переключаться в пространство листа.

Этот вид шаблона используется для технических чертежей, которые будут выводиться на печать. Чертёж деталей выполняется в пространстве модели, а затем, выбрав нужный шаблон (например *Формат A4_EСКД.dwt*), используя вертикальную линейку прокрутки, нажать *ОК*, перейти в пространство листа *Layout1*.


Если использован **Волшебник** или выбран **Мастер**: в этом окне возможен выбор из двух режимов:

- быстрая подготовка (с формой 210×297);
- детальная подготовка.

В режиме *Быстрой подготовки* будут запрошены только тип линейных единиц и размеры зоны рисования.

Более подробная *Настройка детальная*.

Настраиваются:

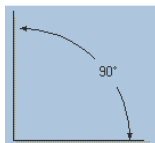
Единицы измерения – выбрать десятичные (поставив точку напротив названия – ); можно выбрать точность из контекстного меню



Угол – выбрать тип угловых единиц и их точность, выбираем десятичные градусы с точностью до целых (0).



Точность показываемых значений угла

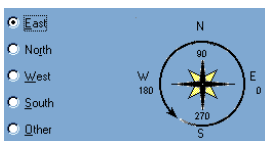


Графический предпросмотр

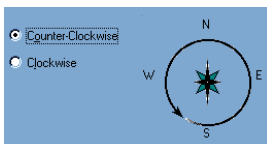


Стиль отображения единиц и самих углов

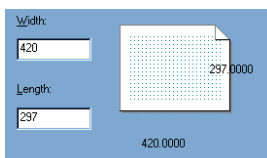
Нулевой угол – выбрать направление нулевого угла, выбираем восток:



Отсчёт углов – выбираем против часовой стрелки:



Область рисунка (Area) – ширина 420, длина 297:



В основном окне надо определить начальные размеры зоны рисования, которая называется зоной лимитов. Она отмечена сеткой. *Левый нижний* угол этой прямоугольной зоны имеет нулевые координаты, а верхний правый угол определяется пользователем. По умолчанию эта зона формата А3 (420×297), но можно выбрать и другие размеры, используя поля *Ширина* и *Длина*.

В левом нижнем углу графического экрана изображена пиктограмма осей координат. Ось *X* направлена вдоль горизонтальной кромки экрана, ось *Y* – вдоль вертикальной. Основная система координат, в которой, по умолчанию, начинаем работы, называется Мировой (МСК). Ось *Z* направлена от плоскости экрана к вам (это важно, если работать не на плоскости, а в пространстве).

Хотя заданы размеры зоны лимитов, не обязательно строго придерживаться этих ограничений. Выход за пределы лимитов допустим.

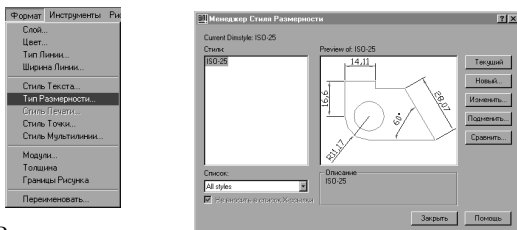
При необходимости размеры области черчения (рисования) можно в любой момент изменить:

Нажать *Сетка*, затем через меню дать команду *Формат*→*Ограничено*, указать левый нижний угол, а затем правый верхний угол (на экране) – сетка переменится.

5.1.4. Настройка размерных параметров

К размерным параметрам относятся величины стрелок, размещение, шрифт размерного числа и др. Эти параметры должны соответствовать действующим стандартам: ГОСТ 2.307–68. Различные варианты простановки размеров требуют настройки и корректировки размерных параметров.

Возникло диалоговое окно, «путешествую» по которому, можно найти настройки всех размерных параметров (рис. 5.3).



Вид вызванного из главного меню пункта формат

Рис. 5.3

Пусть, например, высота размерного шрифта (она по умолчанию 2,5 мм), стрелок и переход выносных линий за размерные оказались меньше требуемых значений в два раза. Эти параметры можно изменить одной корректировкой в диалоговом окне размерного стиля. Для этого необходимо выполнить следующие шаги:

Modify (Изменить)/*Fit* (Расположение/Размещение)/*Use Overall Scale of* (Общий линейный масштаб/масштаб размерных элементов)/2;

OK – покинуть окно *Fit*/ указать *Set Current* (сделать текущим)/Заккрыть (рис. 5.4).

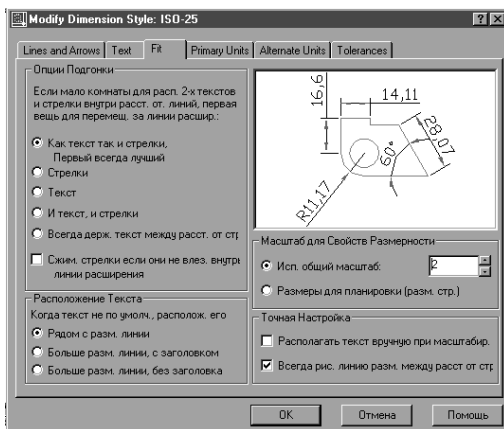


Рис. 5.4

Внесённые корректировки будут учтены при простановке новых размеров. Для внесения их в ранее проставленные размеры выполнить редактирование размеров.

Можно также вносить изменения в размерный стиль, настраивая его:

- форма и размер стрелок;
- расположение текста, его высота, цвет;
- размещение размерного числа, отступ от размерной линии;
- точность единиц измерения (сколько цифр после запятой);
- масштаб измерения (закладка: *Основные единицы*).

Если перед простановкой размеров осуществлено масштабирование чертежа, то при простановке размеров это нужно учесть, чтобы размерное число было *действительным*.

В диалоговом окне (рис. 5.5) например: длина детали 200 мм, она не помещается на формате А4, после применения операции *Масштаб* к 0,5 деталь уменьшится в два раза.

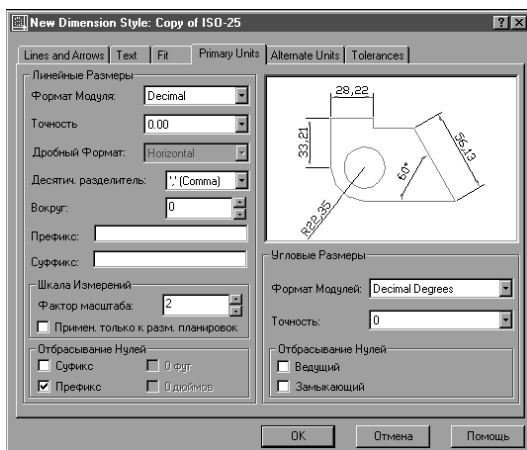


Рис. 5.5

При проставлении размеров, размерное число также уменьшится в два раза. Чтобы этого не происходило, нужно проставить величину масштабного коэффициента [9]. Как определить масштабный коэффициент *Масштаб*, всегда указывается в формате листа (рис. 5.6).

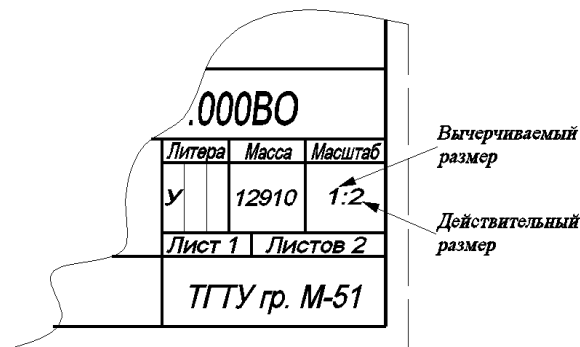


Рис. 5.6

На рисунке 5.6 М 1:2, а масштабный коэффициент равен $k = \frac{\text{действительный размер}}{\text{вычерчиваемый размер}}$, следовательно, это отношение для нашего случая:

$$k = \frac{2}{1} = 2, \text{ при } M = 1:2;$$

аналогично при других значениях:

$$k = \frac{1}{2} = 0,5, \text{ при } M = 2:1;$$

$$k = \frac{1}{4} = 0,25, \text{ при } M = 4:1.$$

Настройка размерных стилей

Простановка линейных размеров для контура показана на рис. 5.7.

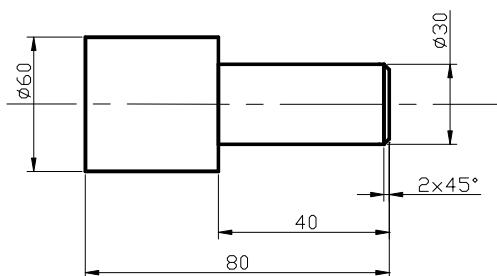


Рис. 5.7

Выбираем из падающего меню *Размеры* или кнопку панели инструментов «Размеры»

Первая команда Dimension/Linear(Размер/Линейный)

 – кнопка команды.

Результат: возникло сообщение «*Определите начало первой выносимой линии размера*» или «*Select object*». Сейчас возможны два варианта действий. В первом нужно указать точки, между которыми проставляем размер; во втором варианте требуется указать элемент, для него система сама выделит характерный размер – расстояние между концами отрезка, радиус или диаметр дуги или круга.

Рассмотрим второй вариант:

- нажать клавишу *Enter* или правую кнопку мыши;
- указать прицелом отрезок контура длиной 40 мм.

Результат: на экране отслеживается размер, в командной строке выведен перечень опций:

– задать опцию Text (ввести t)

Результат: возникло сообщение «Текст размера <40.00>», которым система просит указать размерное число и одновременно показывает его значение.

Сейчас вновь возможны два варианта действий:

1. Можно принять подсказку, правой кнопкой мыши, – текст в угловых скобках будет проставлен в качестве размерного числа.

2. Можно задать любое другое значение, введя его с клавиатуры.

Если принята подсказка, то форматируется так называемый «ассоциативный» размер, размерное число которого изменится при масштабировании вместе с изображением или при редактировании размера. Если число введено с клавиатуры, оно остаётся *неизменным* при изменениях объекта (увеличении или уменьшении). В основном будем применять второй вариант, т.е. посмотрим подсказку, но введём нужное число.

В частности, при этом можно скомпенсировать неточности построений.

Введём нужное число (например, 40).

Перемещая курсор, задать щелчком нужное положение размерной линии.

5.1.5. Диаметр и радиус окружности

Последовательность действий следующая:

1. Dimension \Rightarrow Diameter \Rightarrow указать окружность \Rightarrow t – в ответ на предложение системы о величине размера ввести %%c40 – здесь %%c является кодировкой знака диаметр \varnothing [$\varnothing 40$].

2. Указать положение размерной линии (подобным образом можно поставить размер радиуса дуги).

3. Завершить простановку размеров детали (рис. 5.8).

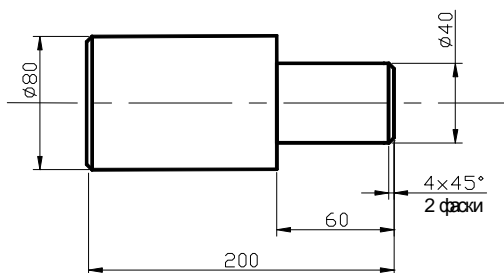


Рис. 5.8

5.1.5. Простановка размеров фаски

1. Указать положение первой и второй выносной линий.
 2. Набрать с клавиатуры t , и нажать *Enter*.
 3. Ширина фаски $<4>$ – зона в скобках, если мы согласны, то указать $4 \times 45\% d \setminus X2$ фаски.
 4. Указать положение размерной линии, и нажать *Enter*.
- Если надпись под чертой: например $\%c20 \setminus X2$ отв. (рис. 5.9).

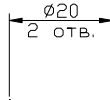


Рис. 5.9

5.1.6. Текст

Надписи на графическом экране могут быть созданы с помощью команды *Текст* из падающего меню *Редактирование* или команд *Мтекст*, *Дтекст* из экранного меню *Рисуй 2*.

Прежде чем написать какой-либо текст, надо выбрать стиль текста. В падающем меню *Формат* активизируем команду *Текстовые стили*. Появляется диалоговое окно *Текстовые стили* (рис. 5.10).

Имя стиля сохраняем *Standard*. Из имен шрифтов выбираем с помощью прокрутки *Gost type A.shx*. В окне *Угол наклона* набираем с клавиатуры величину угла 15° от нормали к основанию текста по часовой стрелке.

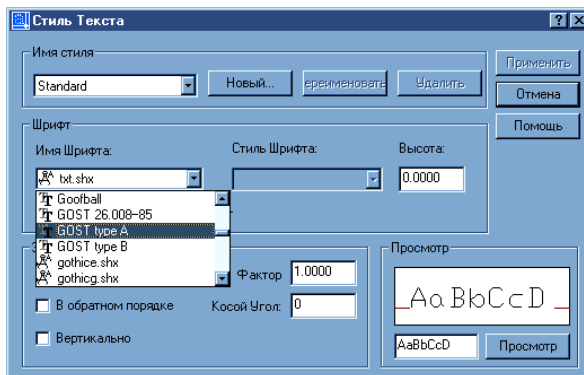


Рис. 5.10

В окне *Высота* устанавливаем высоту шрифта 0. Это значит, что при написании какого-либо текста система будет запрашивать требуемую высоту текста. Назначаем степень растяжения знаков 0,8. Завершаем выбор нажатием на кнопку *Применить* или *Закрыть*.

В AutoCAD можно набирать текст в трёх вариантах (слева направо): *Динамический текст*, *Однострочный текст* и *Многострочный текст* (мультитекст).

Динамический текст наиболее удобен при написании текста в любых выбранных местах графического экрана. При наборе текста с клавиатуры он сразу просматривается на графическом экране.

Однострочный текст, при наборе с клавиатуры, виден только в зоне командных строк. Только после завершения набора с помощью клавиши *Enter* текст появляется на экране.

Многострочный текст позволяет набирать длинный текст. Эта команда обладает такими же возможностями, как и Microsoft Word.

Рассмотрим команду *текст*. После обращения к этой команде система делает запрос:

_text Выравнивание/Стиль/⟨Начальная точка⟩:

Выбираем на графическом экране начальную точку текста. Система делает запрос на высоту текста:

Высота <10>: (В угловых скобках указана высота текста применительно к заданным буквам. Если эта высота нас устраивает, то нажмите *Enter*; если нет, то назначте с клавиатуры нужную высоту текста).

Система делает запрос на угол поворота текста относительно оси x.

Угол поворота <0>: (Подтверждаем клавишей *Enter*, что текст будет располагаться горизонтально).

Система предлагает набрать нужный текст:

Текст: (Набираем с клавиатуры).

Если после набора текста от первой выбранной точки провести курсор мыши в новое место графического экрана и нажать на левую кнопку мыши, то от этой точки можно набирать новый текст и т.д.

Нажатие на клавишу *Enter* один раз приводит к переходу текста на новую строку, в который первый символ находится под первым символом предыдущей строки.

Нажатие на клавишу *Enter* два раза приводит к завершению работы с текстом.

Если в тексте нужно добавить знаки, например Ø, ° и других знаков необходимо использовать следующие управляющие коды:

%% pnn – вставка символа процента, %.

%%O – включение, выключение надчеркивания.

%%U – включение, выключение подчеркивания.

%%d – вставка символа углового градуса, °.

%%c – вставка символа диаметра, Ø.

%%p – вставка символа плюс/минус, ±.

Отсутствие выравнивания даёт возможность выбрать другой вариант привязки надписи к чертежу.

5.1.7. Редактирование текста



– кнопка команды. Для редактирования надписей в панели *Редактирование 2 (Modify II)* предусмотрена кнопка *Редактирование текста* и пункт *Текст* падающего меню редактирования (или *изменения*), которые вызывают команду *Диалред (DDEDIT)*.

Команда запрашивает: *Выберите пункт: или [Отмена]*.

Если указать однострочный текст, то появляется диалоговое окно: *редактирование текста*. В выделенном поле *Текст* нужно внести необходимые изменения и нажать на кнопку ОК.

Ещё одно удобное средство редактирования однострочных текстов – команда *Изменить (Change)*, вводимая с клавиатуры. Она позволяет изменить любые параметры надписи:

Первый запрос – выберите объекты, нажмите *Enter*.

Точка изменения или свойства, нажмите *Enter*.

Новая точка, вставка текста <не изменять> – если текст перемещать не надо, то нажать *Enter*.

Новый текстовый стиль <*Standard*> – если не хотите менять стиль – то *Enter*.

Новая высота <7>, введите новую высоту, набрав число с клавиатуры <5>, *Enter*.

Новый угол поворота <0>, *Enter*.

Новый текст:, *Enter*.

5.1.8. Команды общего редактирования



– кнопка *ERASE*.

Команды *стереть* – стирает с экрана выбранные объекты и удаляет их из рисунка.

Можно использовать «ручки». Последовательность действий следующая:

1. Выделить «ручками» объект или мышью, и нажать на клавишу Delete.



– кнопка команды *копировать (COPY)*. Последовательность действий следующая:

1. Выделить объект для копирования.
2. Указать базовую точку или перемещение, или несколько на объекте.
3. Вторую точку перемещения или считать перемещением первую точку.

В результате образуется копия выбранных объектов, которая смещена относительно оригинала на заданный вектор.

4. Если вместо указания второй точки перемещения нажать на Enter, то координаты введённой первой точки становятся координатами перемещения. Этот вариант используется, когда сдвиг объекта заранее известен.

Например: вторая окружность копируется по координатам $x, y (50, -20)$ (рис. 5.11).

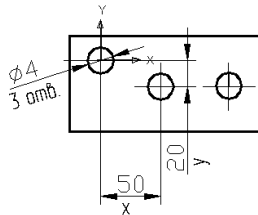


Рис. 5.11

На запрос первой точки: 50, -20; на запрос второй точки нажать Enter.

Опция *Несколько (Multiple)* выполняет многократное копирование выбранных объектов (векторы копирования имеют одну и ту же первую точку, но различные вторые точки) (рис. 5.12).



– кнопка команды *Зеркало (Mirror)* – позволяет отображать симметричные элементы относительно оси.

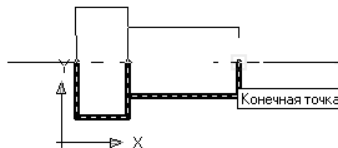


Рис. 5.12

Последовательность действий следующая:

1. Выделить объекты отображения (секущей рамкой или левой кнопкой мыши) и нажать *Enter*.
2. Указать первую точку на оси отражения (использовать привязку) левой кнопкой мыши.
3. Указать вторую точку на оси отражения левой кнопкой мыши.
4. Нажать клавишу *Enter* или правую кнопку мыши (это соответствует ответу «Да»)- не удалять объекты оригинала).



– кнопка команды *Перенести (MOVE)* – позволяет переместить выбранные объекты параллельно вектору, заданному двумя точками. Последовательность действий следующая:

1. Выделить объект параллельно вектору, заданному двумя точками.
2. На запрос указать первую точку (базовую точку).
3. На запрос задать вторую точку или считать перемещением первую точку.

Если нажать на клавишу *Enter*, то координаты первой точки будут рассматриваться как координаты перемещения.

4. Переместить объект в нужное место на чертеже (отключив *ORTO*):

- левая кнопка мыши;
- выделить секущей рамкой объект (левой кнопкой мыши); объект выделится пунктирной линией;
- указать базовую точку на объекте (с привязкой) левой кнопкой мыши, нажать *Enter*;
- подвести курсор мыши к базовой точке и переместить объект в нужное положение и нажать левую кнопку мыши.



– кнопка команды *Повернуть (ROTATE)* – даёт возможность повернуть выбранные объекты относительно базовой точки на заданный угол.

Текущие установки отсчёта углов в ПСК:

ANGDIR – против часовой стрелки.

Последовательность действий следующая:

1. Запрос после выбора объектов: указать базовую точку.
2. Угол поворота или опорный угол – указать вводом с клавиатуры или с помощью мыши.

Вместо ввода угла можно указать угол поворота с помощью опции *Опорный угол (REFERENTECE)*.

Например, чтобы повернуть на такой угол, чтобы надпись стала горизонтальной, последовательность действий следующая:

1. Нажать кнопку левой кнопкой мыши.
 2. Выбрать объект и нажать *Enter*.
 3. Указать базовую точку (например, точку 1).
 4. На запрос: *Угол поворота* или *Опорный угол* выбрать опцию *Опорный угол [R]*.
 5. Опорный угол <0>: выбрать точку 1 и в ответ на запрос: Вторая точка.
 6. Указать вторую точку.
 7. Новый угол (*New Angle*) с клавиатуры: 0.
- Результат: размер повернут до горизонтального положения.



– кнопка команды *Разорвать (BREAK)* – например, нужно разорвать линию, чтобы потом её удалить.

Последовательность действий следующая:

1. Указать объект (это будет первая точка разрыва).
2. Указать вторую точку разрыва или, при нажатии клавиши *Enter*, ею станет первая точка.



– кнопка команды *Обрезать (TRIM)* (рис. 5.13).

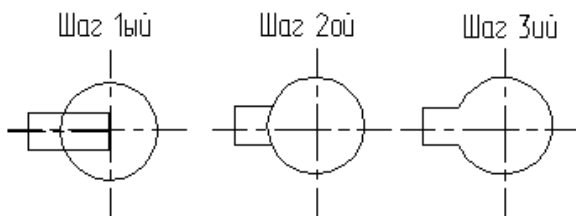


Рис. 5.13

Последовательность действий следующая:

1. Текущие установки: проекция – ПСК Кромки – Без продолжения.
2. Выберите режущие кромки (удаляя часть окружности, выберете и нажмите *Enter*).
3. Выбрать обрезаемый объект или *Проекция/Кромка/Отменить* – выбирает объект, который нужно обрезать – это часть дуги окружности.

Затем повторяем операцию *Удалить* для оставшихся линий от паза.

Последовательность действий следующая:

1. Указать режущие кромки – это будет окружность.

2. Указать обрезаемую часть линий.



– кнопка команды *Фаски (CHAMFER)* – если действующие параметры фаски (снять по 10 мм с каждого) вас устраивают, то можно прямо перейти к указанию первого отрезка. Если нет, то устанавливаются другие параметры длин фаски (5×5) (рис. 5.14).

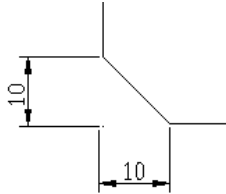


Рис. 5.14

Последовательность действий следующая:

1. Нажать на кнопку.
2. В командной строке: нажать клавишу *d* (*Длина/DISTANCE*), нажимаем на клавишу *Enter*.
3. Запрос: первая длина фаски $\langle 10.000 \rangle$: 5 (ввести число 5).
4. Запрос: вторая длина фаски $\langle 5 \rangle$: (здесь можно нажать *Enter*).
5. Команда заканчивает на этом работу. Нужно вызвать её ещё раз $\langle \text{Enter} \rangle$, которая повторяет последнюю команду.
6. В ответ на запрос: выберите первый отрезок или *полИ-ния/Длина/Угол/Обрезка/Метод*, отметить первый отрезок.
7. Выбрать левой кнопкой мыши второй отрезок.



– кнопка команды *Сопряжение (FILLET)*.

Последовательность действий следующая:

1. Левой кнопкой мыши нажать кнопку.
2. Текущие настройки: режим – С ОБРЕЗКОЙ, радиус сопряжения – 10.000.
3. В командной строке: *r* – *Enter*.
4. $\langle 10 \rangle$: указать свой *R* сопряжения: например 4,5.
5. $\langle 4.5 \rangle$ – *Enter*.
6. *Enter*.
7. В командной строке: укажите первую линию левой кнопкой мыши.
8. В командной строке: укажите вторую линию левой кнопкой мыши.



– кнопка команды *Увеличить (LENGTHEN)*.

1. Первый запрос команды: выберите ответ *Дельта/проЦент/Всего/*

Например: *_Delta* (число удлинения).

_Dynamic (величина удлинения указывается динамически мышкой).

Например: удлинить линию вправо на 10 мм (рис. 5.15).

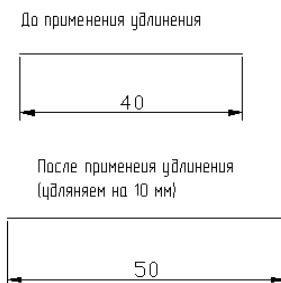


Рис. 5.15

Последовательность действий следующая:

1. Выбрать объект.

2. В командной строке: *DElta*, и нажать *Enter*.

3. Приращение длины или Угол $\langle 0... \rangle$:

+10 – в случае увеличения отрезка;

-10 – в случае уменьшения отрезка.

4. Выбрать объект для измерения – левой кнопкой мыши указать на прямой, ближе к тому компоненту, который нужно удлинить, и нажать *Enter*.



– кнопка команды *Масштаб (SCALE)*.

Последовательность действий следующая:

1. Указать базовую точку.

2. Масштабим опорный отрезок.

Для увеличения объектов нужно ввести число большее 1 \Rightarrow 2; 2,5; 4; 5 (масштаб 2:1, 2:2,5; 4:1, 5:1).

Для уменьшения меньше 1 \Rightarrow $\frac{1}{2}$ (0,5); $\frac{1}{4}$ (0,25); $\frac{1}{3}$ (0,2) (масштабы 1:2; 1:4; 1:5).

При увеличении объекта или его уменьшении нужно учитывать масштаб при простановке размеров. Если масштаб был применён до простановки размеров, нужно настроить стиль размеров с учётом масштабного коэффициента размерного числа. Если этого не сделано, то размерное число также увеличится или уменьшится (что будет ошибкой).

5.2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AutoCAD

В виде примера рассмотрим выполнение чертежа функциональной электрической схемы ВЧ-преобразователя, радиоизделия которой изображены на рис. 5.16 кружками: 1, 2, 11 – конденсаторы; 3, 6, 7, 8, 9, 10, 12 – резисторы; 4, 5, 14 – диоды; 13 – усилитель; 15 – модулятор; 16 – фильтр.

Номера позиций, заключённые в окружности, заменяются на изображения элементов или устройств, схемы которых приведены в табл. 4.1.

При выполнении функциональной электрической схемы рекомендуется использовать готовые чертежи рамок, основной надписи и перечня элементов и устройств схемы, для чего необходимо создать диск с файлами «Рамка», «Основная надпись» и «Перечень элементов и устройств».

Работу начать с нажатия кнопки «Пуск», выбрать пункт главного меню «Программа», а затем щёлкнуть по значку «AutoCAD», найдя его в соответствующем подменю (Пуск → Все программы → Autodesk → AutoCAD).

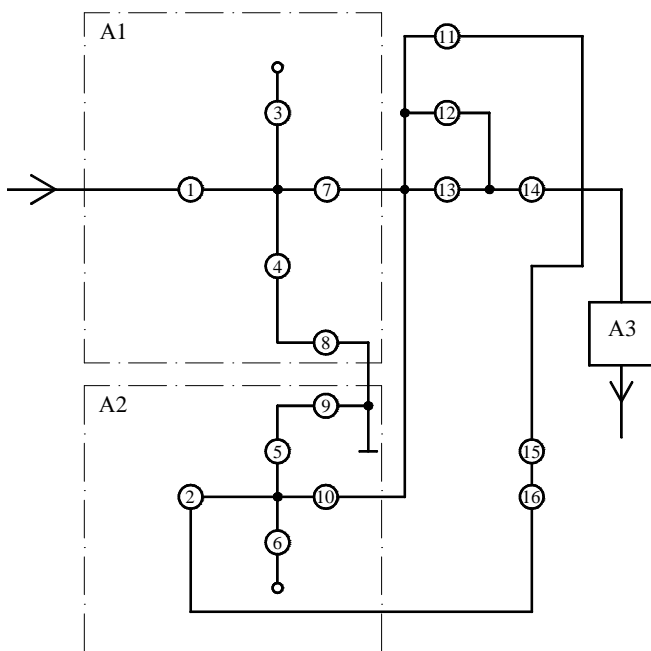




Рис. 5.16

5.2.1. Последовательность выполнения «Рамка» и «Основная надпись»

1. Загрузка AutoCAD200X, определение формата листа и единиц измерения.

Запуск AutoCAD 200X в операционной системе WindowsXP/2000 выполняется двойным щелчком левой кнопкой мыши на пиктограмме на рабочем столе или командой *Пуск* ➤ *Программы* ➤ *AutoCAD200X* ➤ *AutoCAD200X* Кнопка *Пуск* расположена на панели задач чаще всего в нижней части экрана.

Для настройки системы, если вы находитесь в начале сеанса работы, используются диалоговые окна *Начало работы* или *Создание нового рисунка*,

управляющие созданием нового чертежа, кнопка . В этих диалоговых окнах следует выбрать кнопку *Вызов мастера* ,

пункт *Детальная подготовка*. Нажмите кнопку *ОК*. Измените точность представления единиц измерения и выберите из раскрывающегося списка *Точность 0*. Нажмите кнопку *Далее*. Измените установку точности измерения углов и нажмите кнопку *Далее*. Щёлкните по кнопке *Далее*, чтобы принять предлагаемое по умолчанию направление нулевого угла. Снова щёлкните по кнопке *Далее*, приняв ориентацию отсчёта углов против часовой стрелки. На следующем шаге задаётся область, используемая для рисования. Для задания формата А4 введите 210 в поле *Ширина* и 297 в поле *Длина*. Щёлкните по кнопке *Готово*.

2. Настройка параметров рабочего экрана.

Откройте диалоговое окно *Настройка*, которое вызывается из падающего меню *Сервис* ➤ *Настройка...* Щёлкните мышью по закладке *Экран*. В поле *Гладкие дуги и окружности* введите 10000. Нажмите кнопку *Цвета*. Выберите из раскрывающегося списка *Цвета* белый цвет рабочего поля чертежа.

3. Создание текстового стиля для выполнения надписей.


При загрузке системы по умолчанию установлен стиль текста *STANDARD*, в котором установлен шрифт *txt.shx*. Для выполнения надписей на чертеже удобно использовать шрифт *ISOCPEUR*. Для создания нового стиля шрифта в диалоговом окне *Стиль текста*, которое открывается с помощью меню *Формат* ➤ *Текстовые стили...*, нажмите кнопку *Новый*. В новом окне ввести имя нового стиля текста, например *ТЕКСТ*. Нажмите кнопку *Enter*. В окне *Текстовые стили* в поле списка *Имя стиля* установите стиль *ТЕКСТ*, а в поле списка *Шрифт* выберите нужный шрифт *ISOCPEUR*. В поле *Угол наклона* установите 15. Нажмите кнопку *Применить*, кнопку *Заккрыть*.

4. Настройка стиля для простановки размеров.


Откройте диалоговое окно *Диспетчер размерных стилей*, используя падающее меню *Размеры* ➤ *Стиль...*. Щёлкните мышью по кнопке *Новый...* В новом диалоговом окне введите имя нового стиля. В диалоговом окне *Новый размерный стиль* выберите закладку *Линии и стрелки*. В поле *Размер стрелки* введите 5. В поле *Отступ от объекта* задайте 0. Из раскрывающихся списков *Стрелки* выберите *Заполненная замкнутая*. Щёлкните по закладке *Текст*. В списке *Стиль текста* укажите имя созданного в п. 3 стиля *ТЕКСТ*, в списке *Высота текста* задайте 3.5, а в поле *Отступ от размерной линии* укажите значение 1.3.


Щёлкните по закладке *Размещение*. Отметьте опцию подгонки *Текст и стрелки*. Щёлкните по закладке *Основные единицы*. В раскрывающемся списке *Округление* выберите 1 (округление до целых). Нажмите кнопку *ОК*, а затем кнопку *Заккрыть*.

5. Выполнение чертежа рамки и основной надписи.

Воспользуйтесь инструментом *Прямоугольник* . Ответьте на подсказки следующим образом:

Первый угол: 20, 5. Нажмите кнопку *Enter* (↵). *Второй угол: 205, 292* ↵.

Выполните команду *Отрезок* . Введите координаты концов отрезка 20, 60 ↵ и 205, 60 ↵. Нажмите *Enter* (↵). Перезапустите команду, снова нажав клавишу *ENTER*. Введите новые координаты концов отрезка:

37, 60 и 37, 5. Нажмите *Enter*. Используя инструмент , выполните команду *Подобие*. Ответьте на подсказки следующим образом:

Определите величину отступа или [Точка] <Точка>: 23 ↵.

Выберите объект для подобия или <выход>:

Укажите мышью отрезок, построенный на предыдущем этапе. После подсказки *Определите точку со стороны отступа* щёлкните мышью левее построенного отрезка. Будет построен отрезок, параллельный указанному, который расположен на расстоянии 23 мм левее. Аналогично закончите построение штампа.

Для заполнения штампа выполните команду *Однотрочный текст*, используя падающее меню *Рисование* ➤ *Текст* ➤ *Однотрочный*. Необходимо ответить на подсказки следующим образом:

Начальная точка текста или [Выравнивание / Стиль]: 39, 36 ↵. *Высота <2.5000>:3.5* ↵

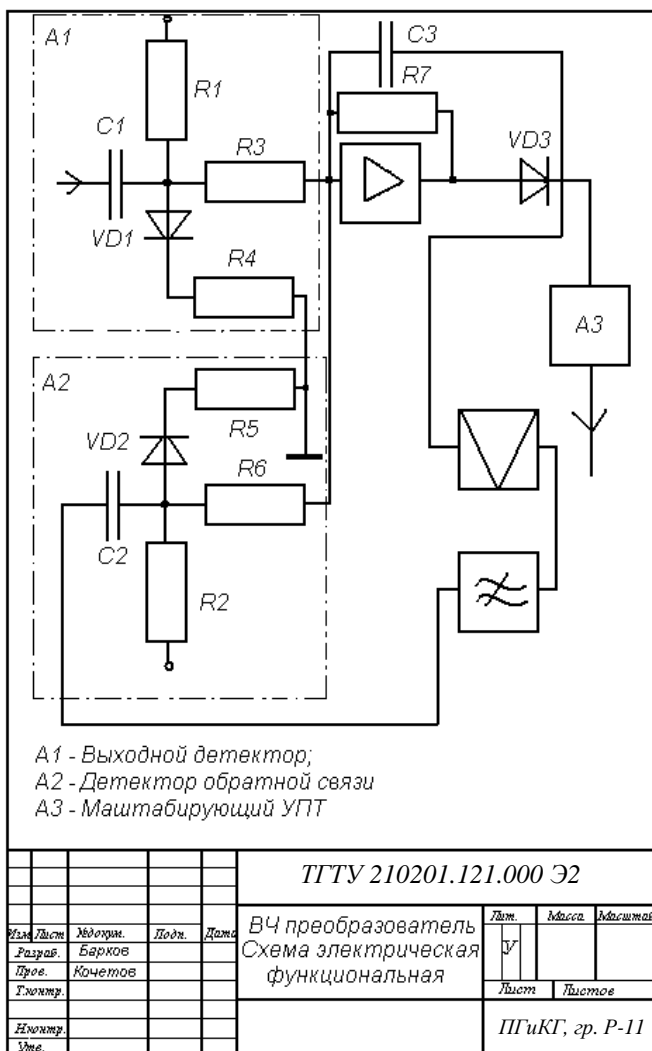


Рис. 5.17

При заполнении основной надписи используйте шрифты №8, 10 и 14. Сохранить файл: (Файл > Сохранить как).

Пример выполненной функциональной схемы на формате А4 представлен на рис. 5.17.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инженерная и компьютерная графика даёт студенту умение и необходимые навыки выполнять и читать технические чертежи, чтобы понять как конструкцию, так и способ применения изображаемого изделия, а также выполнять эскизы деталей и конструкторскую документацию.

Одной из самых популярных в мире систем автоматизированного проектирования и выпуска рабочей конструкторской и проектной документации избранная многими разработчиками в качестве базовой графической платформы для создания машиностроительных, архитектурных, строительных, геодезических программ и систем инженерного анализа является система AutoCAD. С помощью AutoCAD создаются двумерные и трёхмерные проекты различной степени сложности в области архитектуры и строительства, машиностроения, радиотехники и т.д. Формат хранения данных AutoCAD де-факто признан международным стандартом хранения и передачи проектной документации. Принимая во внимание цели и задачи обучения, следует учитывать некоторые психологические аспекты графической деятельности, связанные с отображением мысленно созданного образа объекта. Пространственное представление человека всегда вначале мысленно создаёт некую объёмную модель объекта, которая является основой для преобразования её в ортогональные проекции. Идеология двухмерного проектирования заключается в выполнении изображений на основе воображаемого человеком трёхмерного объекта с помощью набора различных линий и функций. Каждая проекция детали строится отдельно в проекционной связи и, в данном случае, автоматизируется лишь сам процесс получения изображения и проставления размеров. Необходимость развития пространственного представления студентов требует такого подхода, при котором на начальном этапе изучения программных продуктов желательно использование двухмерных систем либо их двухмерных модулей. После выполнения несложных ортогональных проекций деталей можно переходить к твёрдотельному моделированию. Использование программных продуктов в учебном процессе технологического факультета требует особого подхода с учётом указанных выше факторов. При этом некоторые «избыточные» для учебного процесса функции систем, превышающие достаточный теоретический и практический объём знаний и умений, могут не изучаться.

Освоение студентами технических вузов инженерной и компьютерной графики позволяет: повысить уровень подготовки кадров для различных отраслей промышленности; ускорить процесс выполнения и улучшить качество учебных графических работ; использовать полученные знания и умения для разработки курсовых и дипломных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная и компьютерная графика: учебное пособие / В.И. Кочетов, С.И. Лазарев, С.А. Вязовов, С.В. Ковалев. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – Ч. 1. – 80 с.
2. Стандарты ЕСКД, ЕСТПП и другие по состоянию на 01.01.91.
3. Романычева, Э.Т. Инженерная и компьютерная графика / Э.Т. Романычева, Т.Ю. Соколова, Г.Ф. Шандурина. – М. : ДМК Пресс, 2001. – 593 с.
4. Власов, В.П. Инженерная графика / В.П. Власов. – М. : Машиностроение, 1979. – 279 с.
5. Левитский, В.С. Машиностроительное черчение / В.С. Левитский. М. : Высшая школа, 1994. – 383 с.
6. Технические чертежи и схемы изделий радиоэлектронной аппаратуры : учебное пособие / В.И. Кочетов, А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.Г. Однолько, М.В. Соколов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 80 с.
7. Чекмарев, А.А. Инженерная графика / А.А. Чекмарев. – М. : Высшая школа, 2005. – 365 с.
8. Попов, Г.Н. Машиностроительное черчение : справочник / Г.Н. Попов, С.Ю. Алексеев. – СПб. : Политехника, 1994. – 380 с.
9. Федоренко В.А. Справочник по машиностроительному черчению / В.А. Федоренко, А.И. Шошин ; под ред. Г.Н. Поповой. – 14-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1982. – 416 с.
10. Суворов, С.Г. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах : справочник / С.Г. Суворов, Н.С. Суворова. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 368 с.
11. Боголюбов, С.К. Черчение / С.К. Боголюбов. – М. : Машиностроение, 1985. – 336 с.
12. Инженерная графика. Машинная графика / С.И. Лазарев, И.А. Зауголков, Ю.А. Тепляков и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. – 72 с.
13. Основы компьютерной графики в среде AutoCAD 2000 : учебное пособие / А.М. Климов, И.А. Зауголков, Ю.А. Тепляков и др. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 80 с.
14. Кочетов В.И. Инженерная и компьютерная графика : учебно-метод. пособие / В.И. Кочетов, Л.Н. Усов. – Тамбов : ТВВАИУРЭ, 2005. – 27 с.
15. Лагерь, А.И. Инженерная графика / А.И. Лагерь. – М. : Машиностроение, 1985. – 176 с.
16. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Анурьев. – В 3 т. – 8-е изд. – М. : Машиностроение, 1999. – Т. 1. – 912 с.
17. ИУС (Информационный указатель стандартов) по состоянию 1989 – 2004.

ПРИЛОЖЕНИЯ

П.3. Материалы общего применения

В промышленности применяется большое количество различных материалов, требования к которым определены соответствующими стандартами. В настоящем приложении частично рассмотрены наиболее часто встречающиеся материалы [15].

Серый чугун (ГОСТ 1412–85) выпускается следующих марок: малопрочный – СЧ 00; средней прочности – СЧ 10; СЧ 15, СЧ 18 и повышенной прочности – СЧ 21, СЧ 24 и др.

В обозначении марки чугуна число означает предел прочности при растяжении.

Пример условного обозначения серого чугуна марки СЧ 21: *Чугун СЧ 21 ГОСТ 1412–85*.

Ковкий чугун (ГОСТ 1215–79) выпускается следующих марок: КЧ 30, КЧ 33, КЧ 35, КЧ 37 и др.

Антифрикционный чугун (ГОСТ 1585–85) выпускается марок АСЧ-1, АСЧ-2, АСЧ-3 и т.д.

Чугун поставляется на предприятия для изготовления деталей в виде чушек и болванок (круглого или квадратного сечения).

Сталь углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380–94) выпускается марок: Ст 0, Ст 1, Ст 2, ... Ст 6, БСт 1, ... БСт 6, ВСт 1, ... ВСт 5. С увеличением количества углерода (в марке стали отражено цифрой) в составе стали увеличивается её твёрдость и хрупкость.

Пример условного обозначения стали марки Ст 3: *Ст 3 ГОСТ 380–84*.

Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 1050–88) изготавливается. Следующих марок: 08, 10, 15, 20, 25, ... 60, а также 05, 70, 75, 80, 85, 65Г, 70Г. В марке стали цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буква Г – повышенное содержание марганца.

Пример условного обозначения стали марки 45: *Сталь 45 ГОСТ 1050–88*.

По видам обработки сталь делится на горячекатаную и кованую; калиброванную; сталь круглую со специальной отделкой поверхностей – серебрянку. В зависимости от назначения горячекатаная и кованая сталь делится на подгруппы: а – для горячей обработки давлением; б – для холодной обработки (обточки, фрезерования и т.д.) по всей поверхности.

Сортамент стали должен соответствовать требованиям:

горячекатаной круглой – ГОСТ 2590–88;

горячекатаной квадратной – ГОСТ 2591–88;

горячекатаной шестигранной – ГОСТ 2879–88;
горячекатаной полосовой – ГОСТ 103–76;
калиброванной круглой – ГОСТ 7417–8;
калиброванной квадратной – ГОСТ 8559–88;
калиброванной шестигранной – ГОСТ 8560–88;
калиброванной полосовой – ГОСТ 11443–88;
серебрянки – ГОСТ 14955–88.

Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543–71) выпускается следующих марок: 15Х, 20Х, 30Х, ... 38ХЛ, 12ХНЗА, и т.д.

В обозначении марки стали первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы – основную легирующую присадку. Если эта присадка превышает 1,5%, то после буквы ставят цифру, указывающую примерное содержание этого элемента в целых единицах, например: *Сталь 12ХН2* – хромоникелевая сталь, содержащая углерода – около 0,12%, хрома – около 1% и никеля – около 2%. Буквы за цифрами означают: В – вольфрам; Г – марганец; М – молибден; Н – никель; Р – бор; С – кремний; Т – титан; Ф – ванадий; Х – хром; Ю – алюминий и т.д.

Буква А в конце обозначения марки стали указывает, что это высококачественная сталь (особо чистая по содержанию вредных примесей – серы, фосфора).

Пример условного обозначения легированной стали: Сталь 30Х ГОСТ 4543–71.

Латунь (ГОСТ 4066–90, ГОСТ 15527–90, ГОСТ 17711–93 и др.) представляет собой медно-цинковый сплав с добавлением других элементов (олова, никеля, марганца, свинца и др.). Латунь выпускается следующих марок: ЛС, ЛСд, ЛС1, ...Л96, Л90, ... Л70, ЛС8 ... ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ... ЛК80-3Л, ЛКС80-5-3, и т.д.

В обозначении марки латуни буквы означают: Л – латунь; А – алюминий; Ж – железо; К – кремний; Мц – марганец; Н – никель; О – олово; С – свинец; Ф – фосфор.

Цифры в обозначении марки латуни означают: первое число – процент меди, затем через тире – процентное содержание элементов, указанных после буквы Л, например: Л68 – латунь с содержанием меди около 68%, остальное – цинк; ЛМцНЖ 52-2-2-1 – латунь с содержанием меди около 52%; марганца – около 2%, никеля – около 2% и железа – около 1%, а остальное – цинк.

Латунь для изготовления деталей поставляется на предприятия в виде прутков, проволоки, лент.

Пример условного обозначения латуни: ЛАЖ 60-1-1 ГОСТ 17711–93.

Алюминиевые сплавы (ГОСТ 4004–97; ГОСТ 2685–97; ГОСТ 4784–97; ГОСТ 1583–93 и др.) представляют собой сплав алюминия с другими элементами (кремнием, медью, магнием, цинком). Алюминиевые сплавы выпускаются следующих марок:

АЛ12, АЛ94, АЛ9пч, ... АД0, АД1, ММ, АМг2, ...

В обозначении марки буквы и цифры означают: А – алюминиевый сплав; Л – литье; 1, 2, ... – условный номер сплава.

Алюминиевые сплавы большой твёрдости называют дюралюминами, например: Д1, Д16, ... (ГОСТ 13726–97). Пример условного обозначения алюминиевого сплава: Д16 ГОСТ 13726–97.

Алюминий поставляется на предприятия для изготовления деталей в виде чушек, прутков, проволоки, лент, листов.

П.4. Материалы электроизоляционные

В электро- и радиоэлектронной промышленности широко применяются различные электроизоляционные материалы; неорганические диэлектрики, пленки, пластмассы и т.д. [16].

Твёрдые диэлектрики разделяются на природные (натуральный каучук, янтарь и т.п.) и *синтетические* (синтетический каучук, полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид и т.п.).

Электроизоляционные **материалы** типа электроизоляционной бумаги, электрокартона, фибры и т.п. получают в результате пропитки растительных волокон (древесины, хлопка, натурального шелка) или синтетических (капрона, стекловолокна и т.п.) различными составами и последующей термической или механической обработки.

Компаундами полимерными называются композиции на основе эпоксидных, полиэфирных и других смол, а также на основе битумов, высокообразованных диэлектриков и термопластичных полимеров (полистирола, полиизобутилена и др.), жидкие в момент применения, а затем затвердевающие.

Компаунды применяются для пропитки обмоток электрических машин и аппаратов, а также для заливки полостей в кабельных муфтах, дресселях и т.п. с целью их герметизации.

Пластмассами называются материалы на основе природных или синтетических полимеров, способные при нагревании и давлении формоваться в изделия различной конфигурации и затем устойчиво сохранять приданную форму. Изделия из пластмасс изготавливаются прессованием, литьем и механической обработкой.

Пластмассы по отношению к нагреву делят на две группы:

1) *терморективные* (реактопласты) – при нагревании разрушаются и при охлаждении не восстанавливают своих свойств;

2) *термопластичные* (термопласты) – при нагревании расплавляются, при охлаждении возвращаются в исходное состояние.

Слоистые пластмассы состоят из чередующихся слоев листового наполнителя (бумаги или ткани) и связующего материала (например, гетинакс, текстолит и др.).

В гетинаксах используются специальные сорта бумаги, в текстолитах – хлопчатобумажные ткани и в стеклотекстолитах – бесщелочные стеклянные ткани.

В качестве связующего материала используют лаки: бакелитовые – для волокнистых тканей и кремнийорганические – для стеклянных тканей.

Клеевые слюдяные материалы – миканиты, микрофолии, микаленты – состоят из листочков слюды, склеенных либо различными смолами, либо различными лаками.

Электрокерамические **материалы** получаются в результате термической обработки (отжига) исходных масс, состоящих из различных минералов (глины, талька и т.п.) и других веществ. Электрокерамические материалы делят на изоляционные (для изоляторов), конденсаторные (для конденсаторов) и сегнетокерамические (для радиотехники).

Резина выпускается листовая (ГОСТ 17133–71 и ГОСТ 12855–67), а также в виде трубок, колец, шлангов и т.д.

Эбонит – твёрдая резина с содержанием серы 40...60%, например эбонит электротехнический (ГОСТ 2748–77).

Обозначение электротехнических материалов на чертежах выполняют в соответствии со стандартами. В таблице П.4.1 приведены наименования, марки, классы некоторых электротехнических материалов [17].

Таблица П.4.1

Наименование	Марки, классы	Пример условного обозначения
Гетинакс электротехнический листовой $s = 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; \dots 50,0^*$	I; II; III; V; V–I; VI; VII; VIII	Гетинакс V-1 12,0 ГОСТ 2718–74
Листы из непластифицированного поливинилхлорида (винипласт листовой) $s = 1,0; 1,5; 2,0; \dots 20,0^*$	ВН; ВНЭ; ВП; ВД	Листы винипласта ВН 1500×800×2,0 ГОСТ 9639–71

Наименование	Марки, классы	Пример условного обозначения
Массы прессовочные мочевино- и меламиноформальдегидные (аминопласты)	А; Б; В; Г; Д; Е	Аминопласт, класс А, группа А1, сорт ..., цвет ..., ГОСТ 9359–73
Массы прессовочные фенольные	О; Сп; Э; Вх; У; Ж; ...	Фенопласт Ж1-010-40 черный ГОСТ 5689–73
Материал прессовочный АГ-4	В; С; НС	Пресс-материал АГ-4 В ГОСТ 20437–75
Материал прессовочный ДСВ	Л; О; П	ДСВ-2-Р-2М марки Л ГОСТ 17478–72
Миканит прокладочный $s = 0,5; 0,6; 0,7; \dots 5,0^*$	ПМГ; ПФГ; ПСГ; ПФК	Миканит ПФГ 0,5 ГОСТ 6121–75
Миканит формовочный $s = 0,15; 0,20; \dots 1,5^*$	ФМГ; МГА; ФФГ	Миканит ФФГ 0,25 ГОСТ 6122–75
Плѐнка полиэтиленовая	М; С; Н	Плѐнка полиэтиленовая Мс 0,050×1400 1 сорт ГОСТ 10354–73
Плѐнка целлюлозная (целлофан)	1; 2	ГОСТ 7730–74
Полистирол общего назначения	ПСЭ-1; ПСЭ-2; ПСМД; ...	ПСМ-чѐрный-2-4 ГОСТ 20282–74
Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные: Э – эпоксидная; Д – дифенилолпропановая	ЭД-22; ЭД-20; ЭД-16; ЭД-14; ЭД-10; ЭД-8	Смола ЭД-20 ГОСТ 10587–76
Стекло органическое конструкционное $s = 0,8; 1,0; 1,5; \dots 24,0^*$	СОЛ: СТ-1; 2–55	СОЛ 5×1400×1600 ГОСТ 15809–70

Наименование	Марки, классы	Пример условного обозначения
Стеклотекстолит электро-технический листовой $s = 0,35; 0,5; 0,6; \dots 50,0^*$	СТ; СТ-Б; СТ-И; СТ-П	Стеклотекстолит СТ-10,0 ГОСТ 12652-74
Текстолит конструкционный $s = 0,5; 0,7; 0,8; \dots 70,0^*$	ПТК; ПТ; ПТМ-1; ПТМ-2	Текстолит ПТМ-1-20 ГОСТ 5-72
Текстолит электротехнический листовой $s = 0,3; 0,5; 0,6; \dots 50,0^*$	А; Б; Г; В4; ЛТ	Текстолит Б-3,0 ГОСТ 2910-74
Фторопласт-3	А; Б; В	Ф-3 В ГОСТ 13744-76
Фторопласт-3	1; 2; 3	Ф-4, сорт 1 ГОСТ 10007-72
Целлулоид $s = 0,30; \dots 50,0^*$	А; Б; В	Целлулоид Ап1,1,20 белый 1 сорт ГОСТ 21285-75
Эбонит электротехнический. Пластины, стержни, трубки	А; Б; В	Стержень эбонит Б-40 ГОСТ 2748-77

Примечание. * s – толщина материала, мм.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
3. ОСНОВЫ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЧТЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ИЗДЕЛИЙ	4
3.1. Разъёмные и неразъёмные соединения	4
3.2. Чертежи деталей	9
3.3. Эскизы	10
3.4. Чертежи общего вида	12
3.5. Сборочные чертежи	15
3.6. Чтение чертежей общих видов и сборочных чертежей	20
3.7. Детализация чертежей общих видов	23
4. ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	24
4.1. Виды и типы схем	24
4.2. Оформление электрической принципиальной схемы	29
4.3. Печатные платы	35
4.4. Чертёж печатной платы – детали	43
4.5. Чертёж печатного узла	45
5. ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ	48
5.1. Графическая система автоматизированного проектирования AutoCAD 48	48
5.2. Выполнение электрической схемы с помощью графической системы автоматизированного проектирования AutoCAD	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	72
ПРИЛОЖЕНИЯ	73

Учебное издание

КОЧЕТОВ Виктор Иванович
ЛАЗАРЕВ Сергей Иванович
ВЯЗОВОВ Сергей Александрович
КОВАЛЕВ Сергей Владимирович

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Часть 2

Учебное пособие

Редактор З.Г. Чернова
Инженер по компьютерному макетированию И.В. Евсеева

Подписано в печать 27.06.2011
Формат 60×84 /16. 4,65 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 294

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14