

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

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Часть 1

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ

Учебное издание

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

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Часть 1

Учебное пособие

Редактор И.В. Калистратова
Инженер по компьютерному макетированию М.А. Филатова

Подписано в печать 31.03.2010.
Формат 60 × 84 / 16. 4,65 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 195.

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14
Министерство образования и науки Российской Федерации

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

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

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Часть 1

Утверждено Учёным советом университета
в качестве учебного пособия
для студентов 1, 2 курсов специальностей
210201 200503, 200402, 220501, 230104, 240802



Тамбов
Издательство ТГТУ
2010

УДК 678.023.001.2 (075)
ББК 3973-018.4я73
К937

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор ТГУ им. Г.Р. Державина
А.А. Арзамасцев

Доктор технических наук, профессор ТГТУ
В.М. Дмитриев

Кочетов, В.И.

К937 Инженерная и компьютерная графика : учебное пособие / В.И. Кочетов, С.И. Лазарев, С.А. Вязовов, С.В. Ковалев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 80 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0907-4.

Даны общетеоретические основы построения чертежа и правила выполнения технических чертежей изделий. Изложены правила оформления чертежей и схем изделий РЭА.

Содержит краткие сведения использования персональных ЭВМ для решения графических задач. Материалы излагаются на основе требований и правил Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Предназначено для студентов 1, 2 курсов специальностей 210201, 200503, 200402, 220501, 230104, 240802, изучающих дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», «Начертательная геометрия».

УДК 678.023.001.2 (075)

ББК 3973-018.4я73

ISBN 978-5-8265-0907-4

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2010

Введение

Чертежи и схемы как графические конструкторские документы сопровождают инженера в процессе его работы. Они нужны ему при изучении конструкции изделия, при вводе в строй новой техники, в процессе обслуживания, эксплуатации и ремонта аппаратуры, при подготовке заявок на предполагаемое изобретение, при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Особенность и сложность чертежей состоит в необходимости комплексного учета требований Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) к содержанию и правилам выполнения этих графических документов.

Цель настоящего учебного пособия – изложить в сжатом виде общетеоретические основы построения 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.

Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» готовит студентов к выполнению и чтению чертежей так же, как знание азбуки и грамматики позволяет человеку читать и писать. Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» состоит из трех структурно и методически согласованных разделов: «Начертательная геометрия», «Инженерная графика» и «Компьютерная графика». Данная дисциплина является фундаментальной в подготовке бакалавров и инженеров широкого профиля. Это одна из основных дисциплин общеинженерного цикла.

Содержание учебного пособия соответствует программе по дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» для специальностей «Радиоэлектронные системы», «Радиотехника», «Проектирование и технология радиоэлектронных средств», «Системы автоматизированного проектирования» и др.

Данное издание содержит разделы «Основы теории построения чертежа» и «Технические чертежи изделий», в которых приведены основы начертательной геометрии и инженерной графики.

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

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

| | |
|--|---------------------------------|
| 1. Плоскости проекций: | |
| горизонтальная | – Π_1 (пи) |
| фронтальная | – Π_2 |
| профильная | – Π_3 |
| аксонометрическая | – Π^A |
| дополнительная | – $\Pi_4; \Pi_5, \dots$ |
| произвольная | – Π_0 |
| 2. Координатные оси, оси проекций в пространстве и на чертеже | – x, y, z |
| 3. Новые оси проекций при замене плоскостей проекций | – x_1, x_2 |
| 4. Точки в пространстве – прописными буквами латинского алфавита, а также цифрами | – $A, B, C, \dots; 1, 2, \dots$ |
| 5. Линии в пространстве – по точкам, определяющим линию, или строчными буквами латинского алфавита | – l, m, n, \dots |
| 6. Углы в пространстве – строчными буквами греческого алфавита | – α, β, \dots |
| 7. Плоскости – строчные буквы греческого алфавита | – α, β, \dots |
| 8. Основные операции: | |
| а) равенство, совпадение | – знаком = |
| б) параллельность | – знаком \parallel |
| в) перпендикулярность | – знаком \perp |
| г) принадлежность | – знаком \in |
| д) пересечение | – знаком \cap |

1. Основы теории построения чертежа

1.1. Виды проецирования

В основе построения всех изображений, излагаемых в начертательной геометрии, лежат два метода проецирования: центральное и параллельное.

Если все лучи, называемые проецирующими прямыми, проводятся из одной точки S (центра проецирования), то полученное на плоскости проекций Π_0 изображение предмета называется его центральной проекцией.

Например, центральная проекция предмета (параллелепипеда) получается таким образом: из точки схода лучей S (рис. 1.1, а), называемой центром проекций, проводят ряд лучей через наиболее характерные точки предмета до пересечения с плоскостью проекций Π_0 .

В результате получим изображение предмета, называемое его центральной проекцией. Это изображение получается увеличенным, так как размеры изображения не соответствуют действительным размерам предмета. Поэтому центральные проекции в машиностроительных чертежах почти не применяются.

Если точку схода лучей (центр проекции S) мысленно перенести в бесконечность, то получим аксонометрическую проекцию предмета (рис. 1.1, б). При построении аксонометрической проекции предмета последний также размещается перед плоскостью проекций Π_0 , но проецирующие лучи проводят параллельно друг другу.

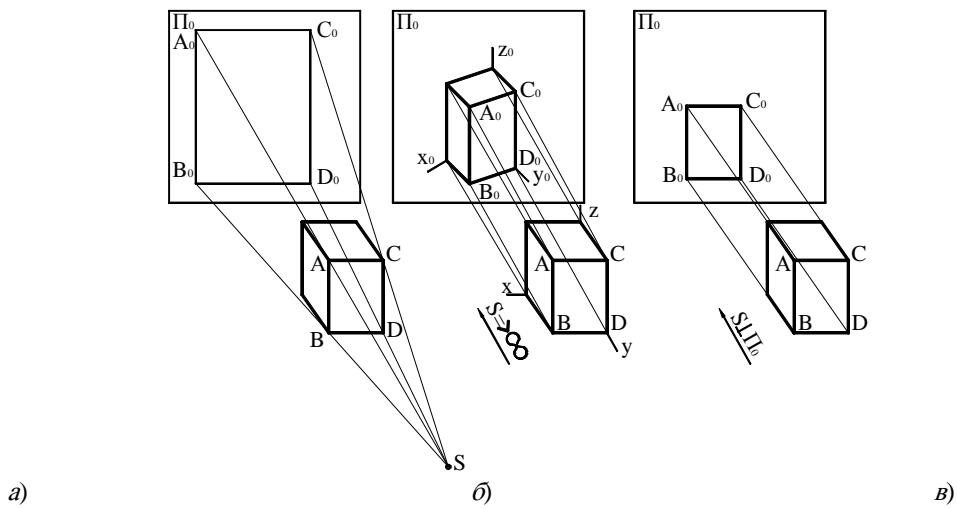


Рис 1.1

АксонOMETрические предметы дают наглядное, но искажённое изображение предмета: прямые углы преобразуются в острые или тупые, окружности – в эллипсы. В технике аксонOMETрические проекции применяются только в тех случаях, когда требуется наглядное изображение предмета.

В машиностроительных чертежах наиболее распространены прямоугольные (ортогональные) проекции, которые являются частным случаем параллельного проецирования. Проецирующие параллельные лучи составляют с плоскостью проекции прямой угол (отсюда название «прямоугольные проекции»).

Предмет (рис. 1.1, в) располагают перед плоскостью проекций так, чтобы большинство его линий и плоских поверхностей (например, ребра и грани параллелепипеда) были параллельны этой плоскости. Тогда эти линии и поверхности будут изображаться на плоскости проекций в действительном виде. В дальнейшем мы будем изучать прямоугольное проецирование предмета.

1.2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЙ

1. Каждая точка и прямая в пространстве проецируются соответственно в точку и на прямую (рис. 1.2).
2. Отрезок прямой, параллельный плоскости проекций (рис. 1.2), проецируется на эту плоскость в натуральную величину ($MN \parallel M_1N_1$).
3. Проекция отрезка не может быть больше самого отрезка ($C_1D_1 \leq CD$).
4. Если точка принадлежит прямой, то и проекция точки принадлежит этой прямой (рис. 1.3).
5. Если прямые параллельны, то их проекции параллельны между собой (рис. 1.3).
6. Отношение отрезков прямой равно отношению проекции этих отрезков (рис. 1.3), (теорема Фаллеса).
7. Проекция геометрической фигуры по величине и форме не изменится при параллельном перемещении плоскости проекций (рис. 1.4).

Проекционные изображения, используемые при выполнении чертежей, должны отвечать следующим основным требованиям:

- быть обратимыми, т.е. такими, чтобы по ним можно было изготовить изображённый предмет;
- быть наглядными, т.е. такими, чтобы по ним можно было представить предмет;
- обладать относительной простотой графического построения.

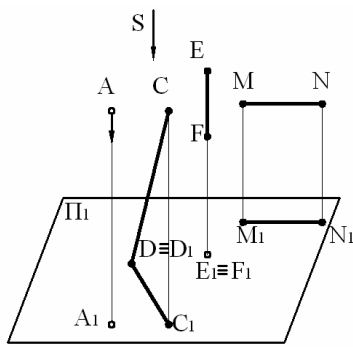


Рис. 1.2

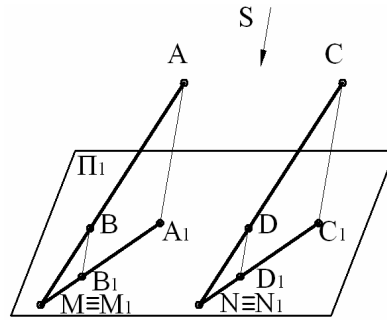


Рис. 1.3

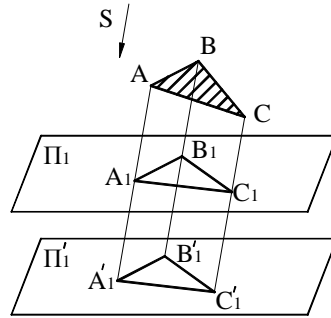


Рис. 1.4

1.3. Проекция точки на двух плоскостях проекций

Ортогональные проекции представляют собой систему прямоугольных проекций на взаимно перпендикулярных плоскостях.

Ортогональная пространственная модель строится следующим образом: в пространстве выделяются две взаимно перпендикулярные плоскости Π_1 (горизонтальная плоскость проекций) и Π_2 (фронтальная плоскость проекций), которые принимаются за основные плоскости проекций. Линию пересечения этих плоскостей проекций называют осью проекций и обозначают буквой x (рис. 1.5).

Построение в системе плоскостей Π_1 и Π_2 проекции точки A выполняем следующим образом: проведя из точки A перпендикуляры к Π_1 и Π_2 , получаем проекции точки – фронтальную A_2 и горизонтальную A_1 .

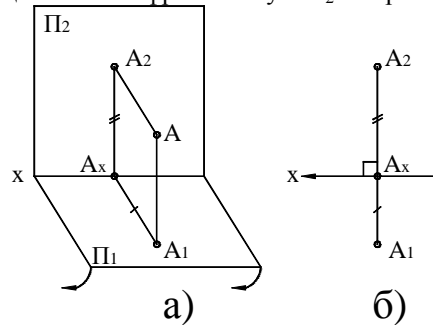


Рис. 1.5

Совместим плоскость Π_1 с плоскостью Π_2 , вращая вокруг линии пересечения X . В результате получаем комплексный чертёж (эпюр Монжа) точки A (рис. 1.5, б). Для упрощения комплексного чертежа границы плоскостей Π_1 и Π_2 не указывают (рис. 1.5, б).

Линии $A_1 A_x$ и $A_2 A_x$ – называются линиями связи проекции точки A .

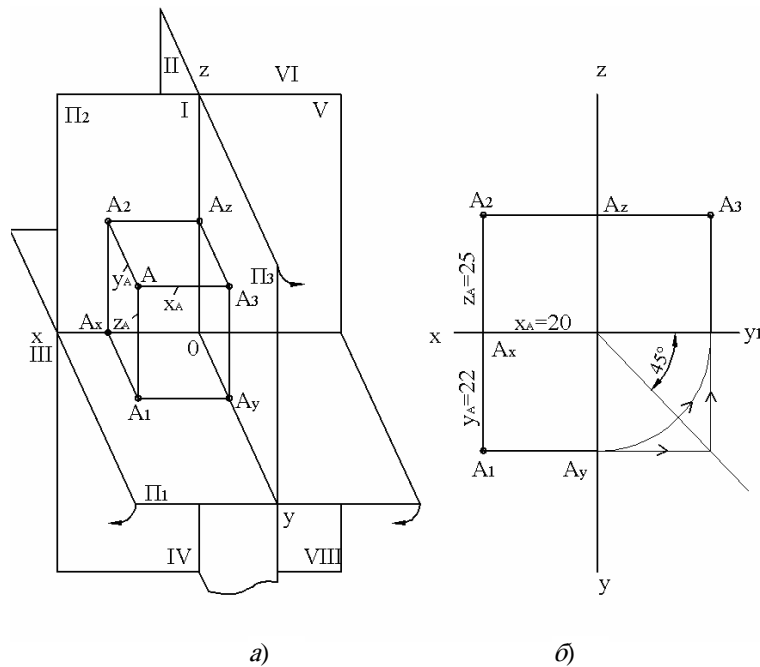


Рис. 1.6

Сопоставляя рис. 5, а и рис. 5, б, легко заметить, что расстояния

$$|A_1A_x| = |AA_2|; |A_2A_x| = |AA_1|.$$

Перейдя к комплексному чертежу, мы утратили пространственную картину, но как увидим дальше, такой чертёж обеспечивает точность и удобоизмеряемость изображений при значительной простоте построений.

1.4. Проекция точки на трех плоскостях проекций

В практике составления чертежей и при решении некоторых задач возникает необходимость введения третьей плоскости проекций, перпендикулярной к двум имеющимся. Эту новую плоскость проекций обозначают Π_3 и называют профильной плоскостью проекций (рис. 1.6, а). Три плоскости проекций делят пространство на восемь октантов, которые нумеруют в порядке, указанном на рис. 1.6, а. В курсе инженерной графики при выполнении изображений предмет располагают в I-м октанте.

Для образования комплексного чертежа совмещают Π_1 и Π_3 с плоскостью Π_2 . В результате получается трёхпроекционный комплексный чертёж, например точки A с осями X , Y и Z (рис. 1.6, б).

Отрезки проецирующих линий от точки A до плоскостей проекций называются координатами точки и обозначаются: X_A – абсцисса; Y_A – ордината; Z_A – аппликата (рис. 1.6).

Если заданы координаты точки A (например, $X_A = 20$ мм, $Y_A = 22$ мм, $Z_A = 25$ мм), то можно построить три проекции этой точки (рис. 1.6, б).

1.5. Проекция прямой и её различные положения относительно плоскостей проекций

Линия – это множество всех последовательных положений движущейся точки.

Прямая – разновидность линии, движущаяся точка которой не изменяет направления своего движения. Для построения проекции прямой на двухпроекционном комплексном чертеже рассмотрим пространственную модель (рис. 1.7, а).

Прямоугольную проекцию отрезка AB строим следующим образом: опускаем перпендикуляры из точек A и B на плоскости Π_1 и Π_2 , получаем соответственные горизонтальные проекции A_1 и B_1 и фронтальные проекции A_2 и B_2 этих точек. Соединив проекции прямыми линиями, получим искомые горизонтальную и фронтальную проекции отрезка AB . Комплексный чертёж представлен на рис. 1.7, б.

Помимо общего положения, прямая линия может занимать относительно плоскостей проекций следующие частные положения:

а) прямая $AB(h)$, параллельная горизонтальной плоскости проекции Π_1 – *горизонталь*. Фронтальная проекция горизонтали $A_2 B_2 \parallel$ оси OX , а горизонтальная проекция горизонтали проецируется в натуральную величину отрезка $A_1 B_1 = AB$ (рис. 1.8, а);

б) прямая $CD(f)$, параллельная фронтальной плоскости проекций Π_2 , называется *фронталью*. Здесь C_1D_1 – горизонтальная проекция \parallel оси OX , а фронтальная проекция прямой равна натуральной величине отрезка: $C_2D_2 = CD$ (рис. 4, б);

в) *профильная прямая* – это прямая $EF(p)$, параллельная профильной плоскости проекций. Здесь горизонтальная E_1F_1 и фронтальная E_2F_2 проекции располагаются на одном перпендикуляре к оси OX , а профильная проекция равна натуральной величине отрезка: $E_3F_3 = EF$ (рис. 1.8, в).

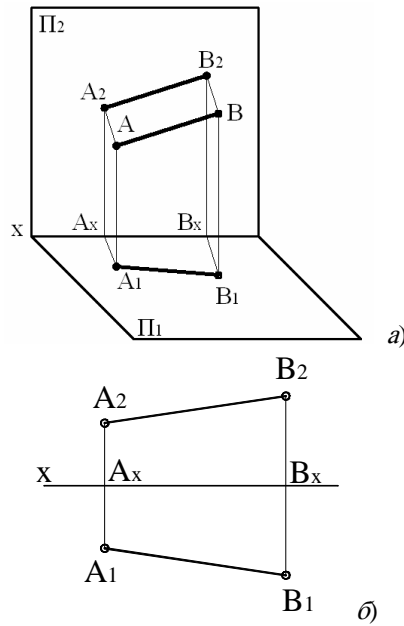


Рис. 1.7

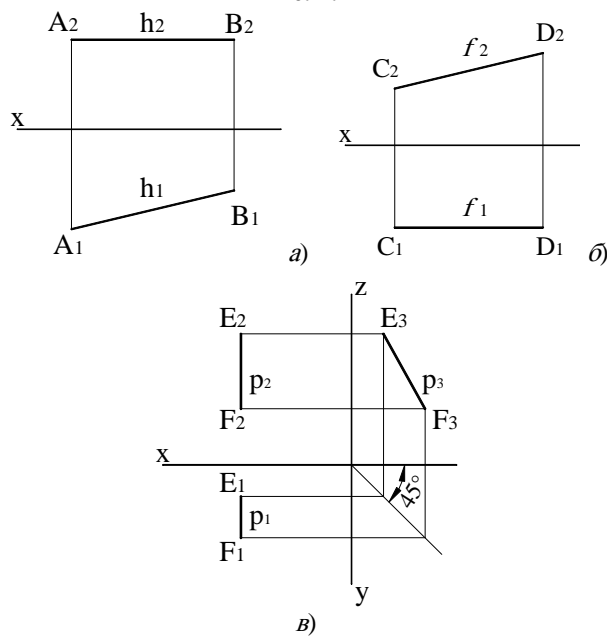


Рис. 1.8

Проецирующие прямые

В зависимости от того, какой плоскости проекций они перпендикулярны, проецирующие прямые бывают:

- а) *горизонтально-проецирующая* – $AB \perp \Pi_1$ ($A_2B_2 \perp x$, рис. 1.9, а);
- б) *фронтально-проецирующая* – $CD \perp \Pi_2$ ($C_1D_1 \perp x$, рис. 1.9, б);
- в) *профильно-проецирующая* – $EF \perp \Pi_3$ ($E_2F_2 \perp z$, $E_1F_1 \perp y$, рис. 1.9, в).

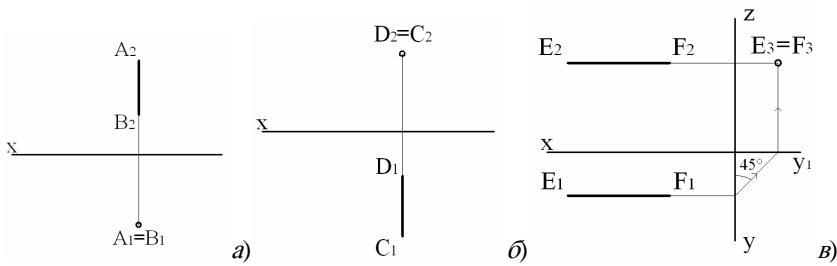


Рис. 1.9

1.6. Точка на прямой

Пусть дан комплексный чертёж прямого общего положения прямой AB (рис. 1.10) и фронтальная проекция точки $K(K_2)$, принадлежащей этой прямой. Тогда и горизонтальная проекция этой точки принадлежит прямой AB . Это следует из свойства 4 (с. 7) параллельных проекций.

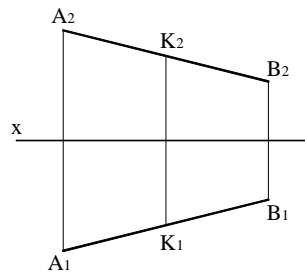


Рис. 1.10

1.7. Проекция прямого угла

При решении графических задач одной из основных геометрических операций является проведение на комплексном чертеже взаимно перпендикулярных прямых, прямой и плоскости, плоскостей.

Сформулируем без доказательства следующую теорему о проецировании прямого угла на плоскости проекции: если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекции, а вторая ей неперпендикулярна, то прямой угол проецируется на эту плоскость без искажения (рис. 1.11).

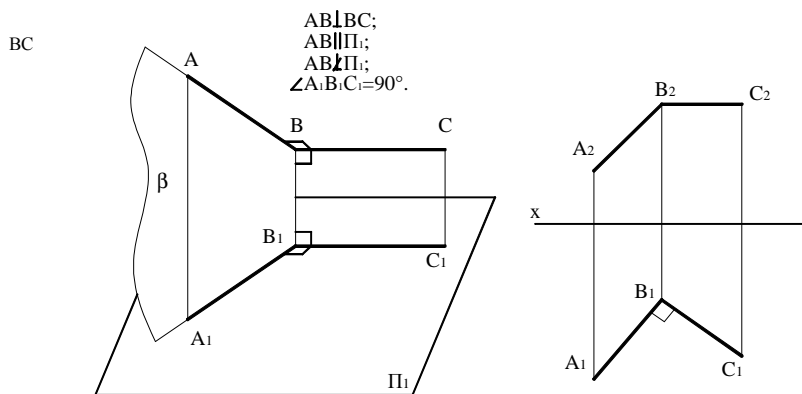


Рис. 1.11

1.8. Определение длины отрезка

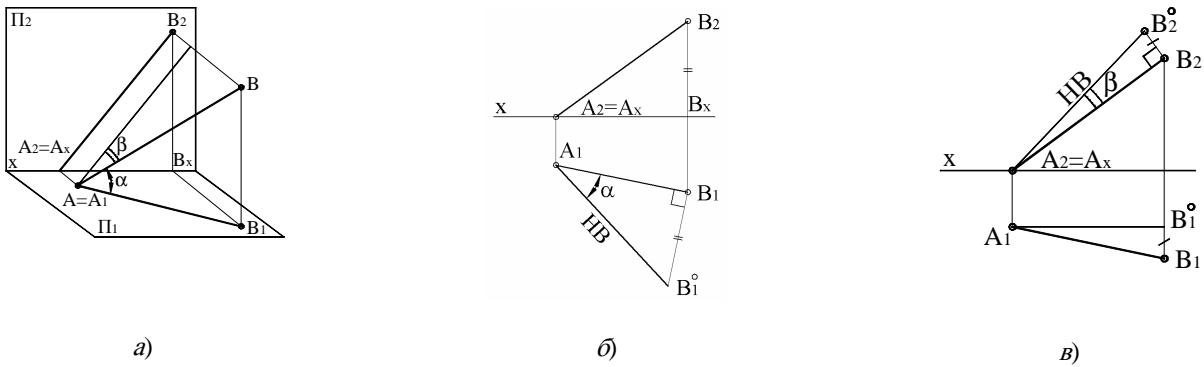


Рис. 1.12

Рассмотрим пространственную модель (рис. 1.12, а). ΔABB_1 – прямоугольный. Гипотенуза AB является натуральной длиной отрезка, а проекция A_1B_1 – катетом. Второй катет BB_1 определяет превышение одного конца отрезка над другим относительно плоскости проекций Π_1 и проецируется без искажения на фронтальную плоскость проекций Π_2 . Угол α – угол наклона прямой AB к горизонтальной плоскости проекций Π_1 .

Построения натуральной величины (HB) отрезка AB на комплексном чертеже показаны на рис. 1.12, б, в. Этот способ получил название **способа прямоугольного треугольника**: длина отрезка измеряется гипотенузой прямоугольного треугольника, одним катетом которого является проекция отрезка на плоскость, а другим – разность расстояний концов его до этой плоскости.

1.9. Задание плоскости на чертеже

Плоскость – это поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей l по двум пересекающимся прямым – направляющим m и n (рис. 1.13).

В пространстве положение плоскости определяется:

- а) тремя точками, не лежащими на одной прямой;
- б) прямой и точкой;
- в) двумя пересекающимися прямыми;
- г) двумя параллельными прямыми;
- д) плоской фигурой (например, треугольник).

Более наглядно плоскость может быть изображена при помощи прямых, по которым она пересекается с плоскостями проекций. Такие прямые называются следами плоскости. На рис. 1.14, а показано пересечение плоскости α с плоскостями Π_1 и Π_2 , где α_1 – горизонтальный след плоскости; α_2 – фронтальный след плоскости; α_x – точка схода следов. На рис. 1.14, б показан комплексный чертёж следов плоскости.

В зависимости от положения, занимаемого плоскостью относительно плоскостей проекций, различают:

- а) *проецирующие плоскости*, когда плоскость перпендикулярна одной из плоскостей проекций (рис. 1.15);
- б) *плоскости уровня*, когда плоскость параллельна одной из плоскостей проекций (рис. 1.16);
- в) *плоскость общего положения*, когда плоскость неперпендикулярна ни к одной из плоскостей проекций (рис. 1.14).

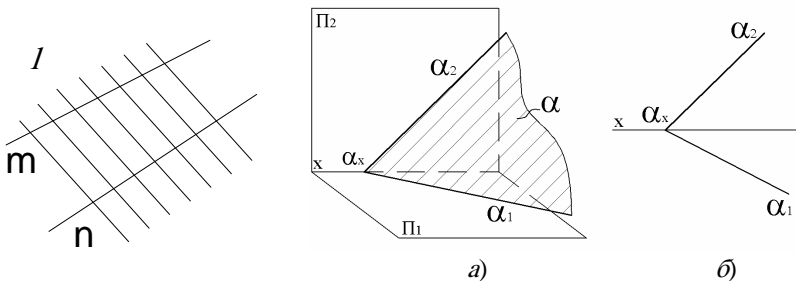


Рис. 1.13

Рис. 1.14

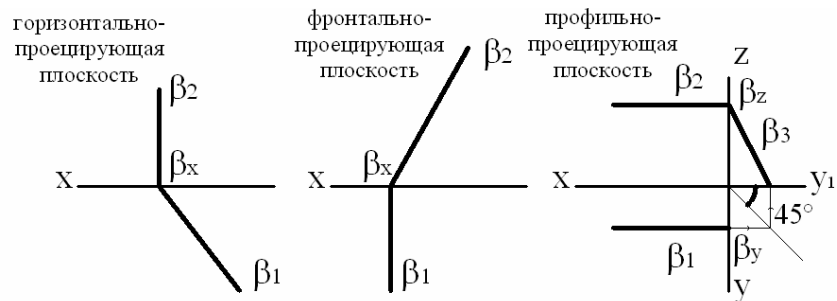


Рис. 1.15



Рис. 1.16

1.10. Прямые особого положения в плоскости

К характерным линиям плоскости, занимающим в ней особое положение, относят ее линии уровня: горизонтали, фронтали, профильные прямые и линии наибольшего наклона.

Горизонталями плоскости называются принадлежащие ей прямые, параллельные плоскости Π_1 . Для построения в плоскости треугольника ΔABC (рис. 1.17, а) горизонталь $h = AK$ вначале проводят фронтальную проекцию $h_2 = A_2K_2$ горизонтальной, а затем находят горизонтальную проекцию K_1 точки K , зная, что она принадлежит стороне BC . Далее проводят горизонтальную проекцию $h_1 = A_1K_1$ искомой горизонтальной.

На рис. 1.17, б горизонталь с проекциями h_1, h_2 лежит в плоскости α , заданной следами α_1, α_2 , причем фронтальная проекция прямой h_2 имеет общую точку со следом α_2 , а горизонтальная проекция горизонтали h_1 параллельна следу плоскости α_1 .

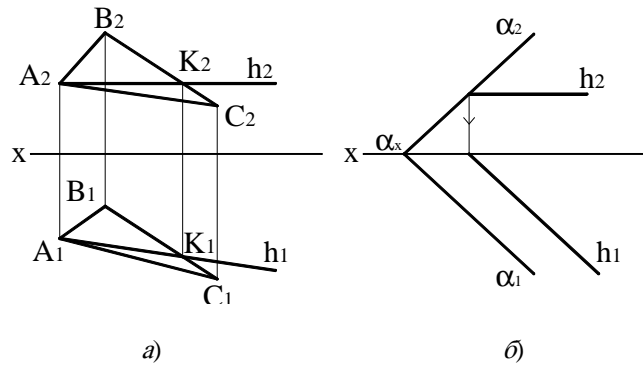


Рис. 1.17

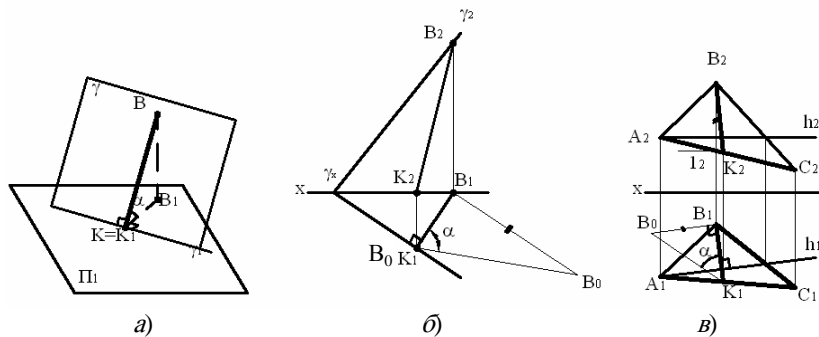


Рис. 1.18

Линиями наибольшего наклона плоскости называются прямые, лежащие в ней и перпендикулярные к горизонталям, фронталям и профильным прямым плоскости. Из трёх линий наибольшего наклона к плоскостям проекций отметим линию наибольшего наклона к плоскости Π_1 . Эту линию называют **линией ската** (рис. 1.18, а). Согласно правилам проецирования прямого угла, горизонтальная проекция линии ската $B_1K_1 \perp \gamma_1$ к горизонтальному следу плоскости γ (рис. 1.18, б). Так как

BK также $\perp \gamma_1$, то $\angle BKB_1 = \alpha$ есть линейный угол двугранного угла, образованного плоскостями γ и Π_1 . Следовательно, линия ската может служить для определения угла наклона этой плоскости к плоскости Π_1 .

На рис. 1.18, в проекции B_1K_1, B_2K_2 линии ската BK в плоскости треугольника с проекциями $A_1B_1C_1, A_2B_2C_2$ проведены перпендикулярно горизонтали с проекциями h_1 и h_2 . Угол α , составленный прямой BK с плоскостью Π_1 , определён из прямоугольного треугольника $B_0B_1K_1$ построенного на проекции B_1K_1 и катете $B_0B_1 = B_2h_2$.

Рассмотренные нами прямые особого положения в плоскости весьма часто применяются в качестве вспомогательных в различных построениях и при решении задач.

1.11. Позиционные задачи

Позиционными называются задачи, связанные с определением взаимного расположения различных геометрических фигур.

Существуют две исходные позиционные задачи, используемые для решения остальных позиционных задач: о принадлежности точки поверхности и о взаимном пересечении поверхностей.

Взаимное положение двух прямых линий

Прямые могут быть параллельными, пересекающимися и скрещивающимися.

Чтобы провести через данную точку A (рис. 1.19) прямую, параллельную данной прямой LM , следует провести через точку A_1 прямую, параллельную L_1M_1 , и через точку A_2 прямую, параллельную L_2M_2 .

Пересекающиеся прямые – прямые, имеющие одну общую точку. Если прямые пересекаются между собой, то их одноимённые проекции пересекаются между собой в точке, являющейся проекцией пересечения этих прямых. Необходимым и достаточным условием установления факта пересечения прямых общего положения является то, чтобы точки пересечения одноимённых проекций оказались на линии связи (рис. 1.20).

Скрещивающиеся прямые – прямые, не имеющие общей точки на одной линии связи (рис. 1.21).

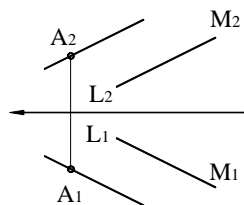


Рис 1.19

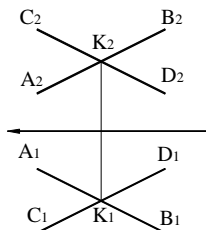


Рис 1.20

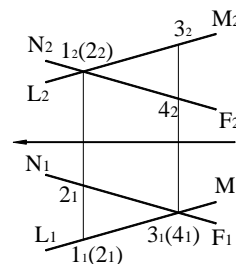


Рис. 1.21

Конкурирующие точки

Точки, расположенные на одной проецирующей прямой, называются конкурирующими, иначе говоря, это несовпадающие точки, у которых совпадает одна из одноимённых проекций.

Конкуренция этих точек проявляется в видимости их относительно плоскостей проекции Π_1 или Π_2 .

На рис. 1.22 точка K принадлежит прямой AB , а точка L принадлежит прямой CD . Эти точки одинаково удалены от плоскости Π_2 , но расстояния их от плоскости Π_1 различны: точка L по отношению к плоскости Π_1 закрывает в направлении взгляда, указанного стрелкой, точку K (рис. 1.22, б).

Следовательно, относительно плоскости Π_1 точка L видима, а точка K – невидима.

Если несколько точек расположены на общей для них проецирующей прямой, то видимой будет только одна из них:

а) по отношению к плоскости Π_1 – точка, наиболее удалённая от Π_1 ;

б) по отношению к плоскости Π_2 – точка, наиболее удалённая от Π_2 . Согласно рис. 1.22, б $L_2L_1 > K_2K_1$, видимой относительно плоскости Π_1 будет L , принадлежащая прямой CD , а точка K закрыта точкой L . Обозначения проекций «закрытых» точек помещены в скобках.

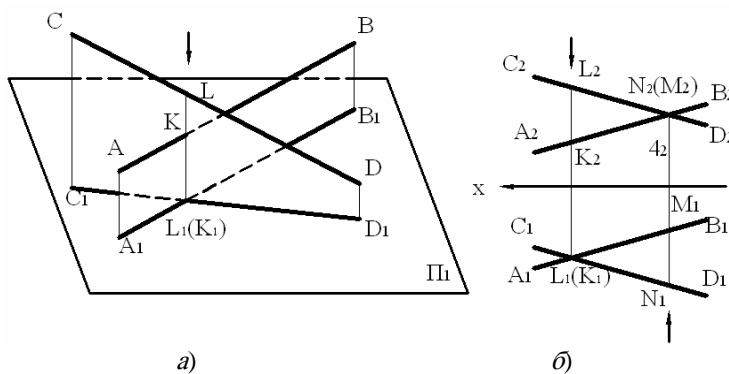


Рис. 1.22

Взаимное положение прямой и плоскости

Прямая относительно плоскости может занимать в пространстве следующие три положения:

- принадлежать плоскости;
- пересекать плоскость;
- быть параллельной плоскости.

Для определения взаимного положения прямой и плоскости используют способ вспомогательных плоскостей, заключающийся в следующем:

1) через данную прямую проводят вспомогательную плоскость и строят линию пересечения этой плоскости и данной плоскости;

2) устанавливают взаимное положение данной прямой и прямой пересечения плоскостей (найденное положение определяет взаимное положение данной прямой и плоскости).

Для иллюстрации указанного приема на рис. 1.23 через данную прямую AB проводят некоторую вспомогательную плоскость β и рассматривают взаимное положение прямой MN при пересечении плоскостей Π_1 и β и прямой AB . При этом возможны три случая:

- прямая MN сливается с прямой AB ($AB \in MN \rightarrow AB \in \Pi_1$), что соответствует положению а);
- прямая MN пересекает AB ($AB \cap MN \rightarrow AB \cap \Pi_1$), положение б);
- прямая $MN \parallel AB$ ($AB \parallel MN \rightarrow AB \parallel \Pi_1$), положение в), где \in – принадлежность прямой плоскости, \cap – пересечение.

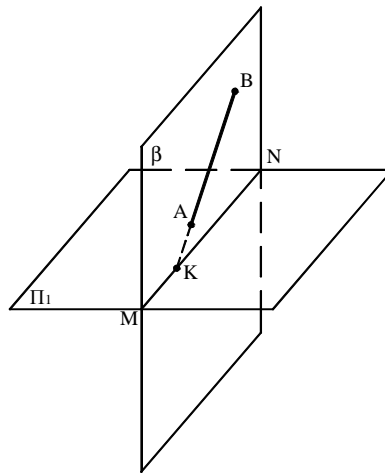


Рис. 1.23

Взаимное положение двух плоскостей

В общем случае две плоскости могут быть параллельными или пересекаться между собой.

Основным признаком параллельности плоскостей является следующий: если плоскости α и β (рис. 1.24, а) параллельны, то в каждой из них можно построить по две пересекающиеся прямые AB и BC , DE и EF так, чтобы прямые одной плоскости были соответственно параллельны прямым другой плоскости или, если плоскости α и β заданы следами (рис. 1.24, б), то два пересекающихся следа одной плоскости параллельны одноимённым следам другой плоскости.

Рассмотрим случай взаимного пересечения плоскостей. Линией пересечения двух плоскостей является прямая. Проекция прямой пересечения двух плоскостей общего положения определяются проекциями двух точек, принадлежащими одновременно обеим плоскостям.

В случае если две пересекающиеся плоскости заданы их следами, то построение линии их пересечения сводится к нахождению точек пересечения одноимённых следов плоскостей, которые одновременно являются следами линии пересечения этих плоскостей (рис. 1.25).

Для построения проекций линии пересечения MN плоскостей α и β надо:

- найти точку M_1 пересечения следов α_1 и β_1 и точку N_2 в пересечении следов α_2 и β_2 , а по ним – проекции M_2 и N_1 ;
- провести через одноимённые точки проекций прямые линии M_2N_2 и M_1N_1 .

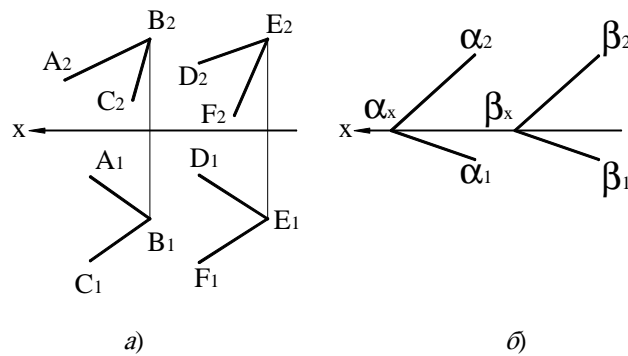


Рис. 1.24

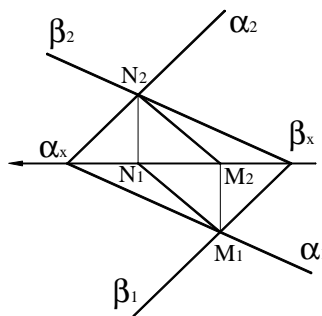


Рис. 1.25

1.12. Метрические задачи.

Условия проецирования без искажения

Метрическими называются задачи, связанные с определением значений метрических величин: длина отрезка, расстояние между плоскостями, истинные значения углов и т.д.

При ортогональном проецировании геометрических фигур, произвольно расположенных по отношению к плоскостям проекций, последние проецируются на эти плоскости с искажением.

В основе решения метрических задач лежит одно из свойств ортогонального проецирования, состоящее в том, что любая фигура, параллельная плоскости проекций, проецируется на эту плоскость без изменения форм и размеров.

Решение задач на определение расстояний между точкой и прямой, параллельными прямыми, прямой и плоскостью, точкой и плоскостью, двумя плоскостями сводится в конечном итоге к нахождению расстояния между двумя точками.

Отметим, что для решения этих задач необходимо:

а) провести плоскость, перпендикулярную к прямой (при определении расстояния между точкой и прямой);

б) опустить перпендикуляр из данной точки на плоскость (при определении расстояния между точкой и плоскостью).

Таким образом, решение этих задач сводится к построению взаимно перпендикулярных прямых, прямой и плоскости, плоскостей.

Теоретической предпосылкой для построения на чертежах проекций прямых и плоскостей, перпендикулярных друг другу в пространстве служит ранее сформулированная теорема о частном случае проекции прямого угла.

Построение взаимно перпендикулярных прямой и плоскости

Прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна двум любым пересекающимся прямым этой плоскости. В качестве таких прямых можно взять «горизонталь» и «фронталь» на плоскости. В этом случае углы между перпендикуляром и «горизонталью», перпендикуляром и «фронталью» будут проецироваться без искажения на плоскости Π_1 и Π_2 соответственно.

На рис. 1.26 задана плоскость, определяемая двумя пересекающимися прямыми AN и AM , причем AN является горизонталью, а AM – фронталью этой плоскости. Прямая AB , изображенная на чертеже, перпендикулярна к AN и к AM и, следовательно, перпендикулярна к определяемой ими плоскости.

Итак, если прямая перпендикулярна к плоскости, то необходимо и достаточно, чтобы её горизонтальная проекция была перпендикулярна к горизонтальной проекции «горизонтали», а фронтальная проекция этой прямой перпендикулярна к фронтальной проекции «фронтали».

Очевидно, когда плоскость задана следами (рис. 1.27), мы получаем следующий вывод: если прямая перпендикулярна к плоскости, то горизонтальная проекция этой прямой перпендикулярна к горизонтальному следу плоскости $l_1 \perp \alpha_1$, а фронтальная проекция перпендикулярна к фронтальному следу плоскости $l_2 \perp \alpha_2$. K – точка пересечения прямой l с плоскостью α .

На рис. 1.28 показано построение перпендикуляра к плоскости ΔABC . Перпендикуляр проведён через точку $K(m_1 \perp l_1; m_2 \perp l_2)$.

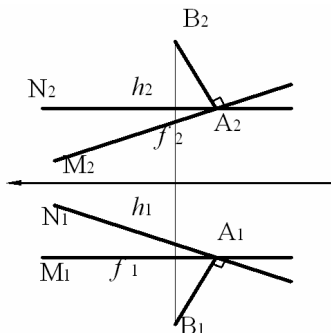


Рис. 1.26

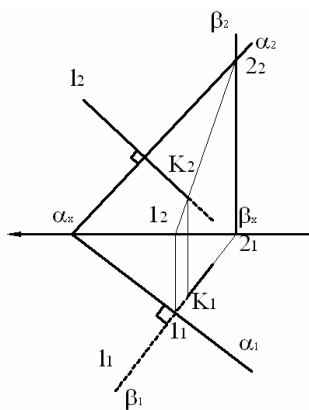


Рис. 1.27

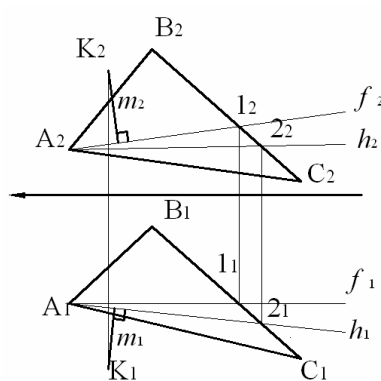


Рис. 1.28

Построение взаимно перпендикулярных плоскостей

Построить плоскости α , перпендикулярную плоскости β , можно двумя путями:

- 1) пл. α проводится через прямую, перпендикулярную к пл. β ;
- 2) пл. α проводится перпендикулярно прямой, лежащей в плоскости β или параллельной этой плоскости.

На рис. 1.29 показано построение плоскости, перпендикулярной к плоскости, заданной ΔCDE . Дополнительным условием здесь служит то, что искомая плоскость должна проходить через прямую AB . Следовательно, искомая плоскость определяется прямой AB и перпендикулярна к плоскости треугольника. Для проведения этого перпендикуляра к пл. ΔCDE в ней взяты «фронталь» CN и «горизонталь» CM . Если $B_2K_2 \perp C_2N_2$ и $B_1K_1 \perp C_1M_1$, то $BK \perp \Delta CDE$. Образованная пересекающимися прямыми AB и BK плоскость перпендикулярна к пл. ΔCDE , так как проходит через перпендикуляр к этой плоскости.

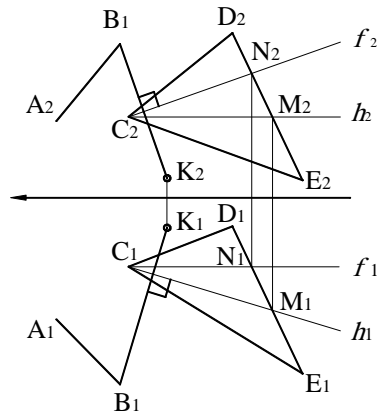


Рис 1.29

1.13. Способы преобразования чертежа

Трудоёмкость решения задач в инженерной графике зависит не только от их сложности, но и от того, какое положение занимают исходные объекты по отношению к плоскостям проекции. Рассмотрим некоторые способы решения задач с помощью специальных преобразований заданных плоскостей.

Графическое решение задач может быть значительно упрощено, если осуществить переход от общих положений прямых линий и плоских фигур к их частным положениям относительно плоскостей проекций. Наиболее выгодным частным положением проецируемой фигуры следует считать:

- а) положение, перпендикулярное к плоскости проекций при решении в основном позиционных задач;
- б) положение, параллельное плоскости проекций при решении метрических задач.

Переход от общего положения геометрических фигур к частному можно осуществить, изменяя положение проецируемой фигуры и плоскости проекций. Это достигается двумя способами:

- 1) введением дополнительных плоскостей проекций – способ замены плоскостей проекций;
- 2) изменением положения прямой линии или плоской фигуры путём поворота вокруг некоторой оси – способ вращения.

1. Способ замены плоскостей проекций. Сущность способа замены плоскостей проекций заключается в том, что заданные плоскости проекции последовательно заменяются на новые при неизменном положении геометрической фигуры в пространстве, причем новые (дополнительные) плоскости образуют с Π_2 , или Π_1 , или между собой системы двух взаимно перпендикулярных плоскостей, принимаемых за плоскости проекций.

Рассмотрим сущность замены плоскостей проекций на примере с точкой A , изображённой в пространственной системе (рис. 1.30. а).

Допустим, что требуется точку A спроецировать на некоторую новую плоскость.

В пространстве (рис. 1.30. а) заменяем фронтальную плоскость проекций Π_2 на новую плоскость проекций Π_4 , перпендикулярную к плоскости Π_1 , т.е. переходим от одной системы плоскостей проекций к другой: $\frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow \frac{\Pi_4}{\Pi_1}$. В

результате этой замены останутся неизменными положение горизонтальной проекции A_1 и высота $|AA_1| = |A_2A_x| = |A_4A_{x1}|$ точки A .

Новая плоскость проекций Π_4 расположена в произвольном месте и направлении (но перпендикулярно к плоскости Π_1), так как нет дополнительных ограничений для выбора её положения.

На комплексном чертеже (рис. 1.30, б) проведём новую ось проекций X_1 , затем проводим новую линию связи, перпендикулярно к оси X_1 . От новой оси X_1 на линии связи A_1A_{x1} откладываем расстояние, равное удалению проекции A_2 от оси X (высота т. A проецируется без искажения на плоскости Π_2 и Π_4), т.е. $|A_2A_x| = |A_4A_{x1}|$, и получаем новую проекцию A_4 точки A .

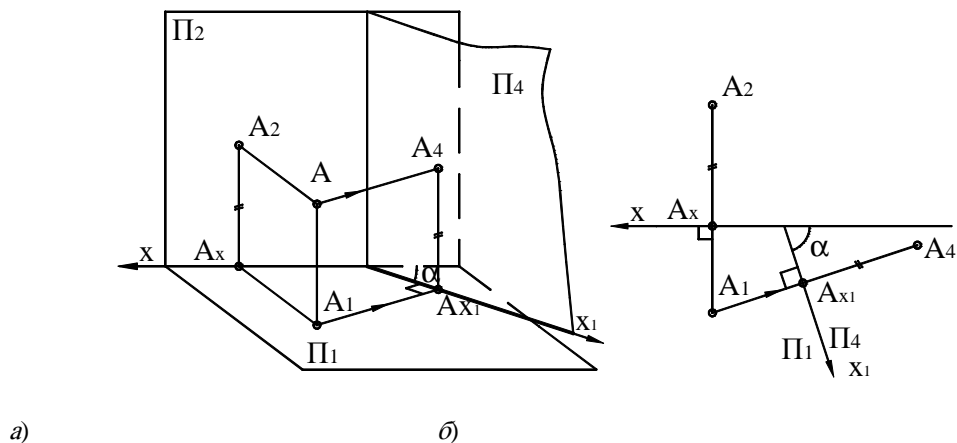


Рис. 1.30

Способ замены плоскостей проекций требует использования еще одного свойства комплексного чертежа – неизменности расстояний: расстояние от новой оси проекций до новой проекции точки равно расстоянию в заменяемой плоскости проекций (рис. 1.30, б):

$$|A_2A_x| = |A_4A_{x1}|.$$

Существуют четыре основных способа преобразования чертежа.

Первый способ преобразования чертежа

Преобразовать чертёж так, чтобы относительно новой плоскости проекций прямая общего положения заняла положение прямой уровня.

Для решения задачи (рис. 1.31, а) новая плоскость проекций, согласно цели построения, должна быть параллельна заданной прямой. Для этого достаточно заменить, например, фронтальную плоскость проекций Π_2 на горизонтально проецируемую плоскость Π_4 , расположив её параллельно прямой AB и перпендикулярно к Π_1 , т.е. перейдем от системы плоскостей Π_2/Π_1 к Π_4/Π_1 .

Используя приведённое выше свойство комплексного чертежа о неизменности расстояний, находим новую проекцию A_4B_4 прямой AB на новой плоскости Π_4 . Проекция прямой A_4B_4 является натуральной величиной отрезка AB , так как в новой системе плоскостей проекций прямая AB является линией уровня параллельной плоскости Π_4 и проецируется без искажения.

Кроме того, на новой плоскости проекций Π_4 получим без искажения угол α – угол наклона прямой AB к плоскости проекций Π_1 .

Таким образом, замена плоскостей проекций позволила решить две метрические задачи по определению величины отрезка и угла.



Рис. 1.31

Второй способ преобразования чертежа

Преобразовать чертёж так, чтобы относительно новой плоскости проекций прямая общего положения заняла положение проецируемой прямой.

Для решения задачи (рис. 1.31, б) новая плоскость проекций должна быть перпендикулярна к заданной прямой. Достигнуть этого введением лишь одной дополнительной плоскости нельзя. Поэтому предлагается произвести две

последовательные замены плоскостей проекций. При первой замене новую плоскость проекций Π_4 следует расположить параллельно заданной прямой, т.е. решить задачу первым способом.

При второй замене новую плоскость проекций Π_5 надо расположить перпендикулярно к прямой AB .

План решения и построения на чертеже

$$1. \frac{\Pi_2}{\Pi_1} \rightarrow \frac{\Pi_4}{\Pi_1} \text{ при этом } \Pi_4 \parallel AB \text{ и } \Pi_4 \perp \Pi_1.$$

На чертеже проводим $x_1 \parallel A_1B_1$ и находим A_4B_4 .

$$2. \frac{\Pi_4}{\Pi_1} \rightarrow \frac{\Pi_4}{\Pi_5}, \text{ при этом } \Pi_5 \perp A_4B_4 \text{ и } \Pi_5 \perp \Pi_4.$$

На чертеже проводим $x_2 \perp A_4B_4$ и находим новую проекцию A_5B_5 прямой AB , которая превращается в точку $A_5 = B_5$ так как $A_4B_4 \perp \Pi_5$.

Третий способ преобразования чертежа

Преобразовать чертеж плоской фигуры общего положения так, чтобы относительно новой плоскости проекций она заняла проецируемое положение.

Построение выполняют с помощью одной из линий частного положения, например горизонтали с проекциями A_2D_2 , A_1D_1 (рис. 1.32, а). Новая плоскость проекции Π_4 в этом случае выбрана перпендикулярно горизонтали AD (ось $x_1 \perp A_1D_1$) и соответственно перпендикулярно плоскости Π_1 .

Четвертый способ преобразования чертежа

Преобразовать чертёж плоской фигуры общего положения так, чтобы относительно новой плоскости проекции она стала натуральным видом. Для этого надо выполнить две замены плоскостей проекций: при первой замене новую плоскость проекций Π_4 следует расположить перпендикулярно заданной плоскости ΔABC , т.е. применить третий способ; при второй замене новую плоскость проекций Π_5 надо расположить параллельно плоскости ΔABC (рис. 1.32, б). В результате получим натуральную величину $\Delta ABC = \Delta A_5B_5C_5$.

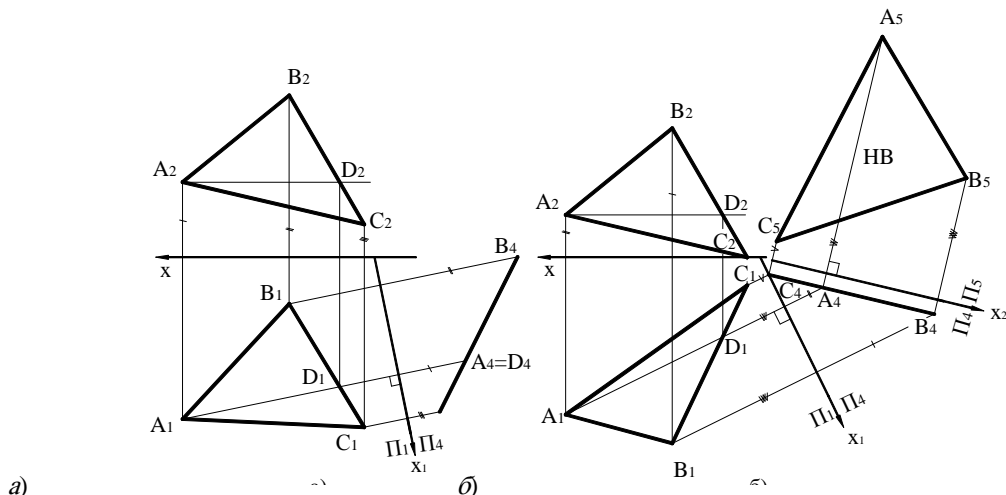


Рис. 1.32

Способ вращения. Вращение точки

Основы способа вращения. При вращении вокруг неподвижной прямой оси вращения, каждая точка фигуры перемещается в плоскости вращения, перпендикулярной к этой оси. Ось вращения может быть задана или выбрана, в последнем случае для упрощения построения выгодно расположить ось перпендикулярно к одной из плоскостей проекций.

Проследим, как будет изменяться положение проекции точки A при вращении вокруг оси MN , перпендикулярной к пл. Π_2 . Точка A будет перемещаться в плоскости вращения γ (рис. 1.33, а) параллельно плоскости Π_2 , по окружности радиуса R . Эта окружность, описанная в пространстве точкой A , проецируется на пл. Π_2 без искажения, а на пл. Π_1 – в отрезок прямой, параллельной оси X (рис. 1.33, б).

Из рис. 1.33 видно, что вращение точки вокруг оси MN , перпендикулярной к какой-нибудь из плоскостей проекции (в данном случае $MN \perp \Pi_2$), одна из проекций вращаемой точки перемещается по прямой, перпендикулярной к проекции оси вращения.

Вращение отрезка прямой

Пусть требуется преобразовать отрезок AB прямой общего положения во фронталь. Чтобы осуществить требуемое перемещение, достаточно повернуть горизонтальную проекцию прямой A_1B_1 (рис. 1.34) так, чтобы она заняла положение, параллельное оси X . Ось вращения M_1N_1 проведем через точку A_1 перпендикулярно плоскости Π_1 . В результате такого поворота на плоскость Π_2 без искажения проецируются и отрезок $|AB| = A_2\bar{B}_2$ и угол φ наклона прямой к плоскости Π_1 .

Решим другую задачу на вращение. Преобразуем отрезок CD прямой общего положения во фронтально-проецирующее положение (рис. 1.35). Чтобы осуществить перемещение отрезка из общего положения в проецируемое, необходимо последовательно выполнить два вращения вокруг осей, перпендикулярных к плоскостям проекций.

После первого вращения на угол φ вокруг оси $M_2N_2 \perp \Pi_2$, отрезок переводится в положение, параллельное пл. Π_1 ($\bar{C}_2D_2 \parallel x$) и лишь после второго вращения вокруг $\bar{M}_1\bar{N}_1 \perp \Pi_1$ на угол γ отрезок перемещают во фронтально-проецирующее положение ($|C_1^0D_1^0| \perp x$).

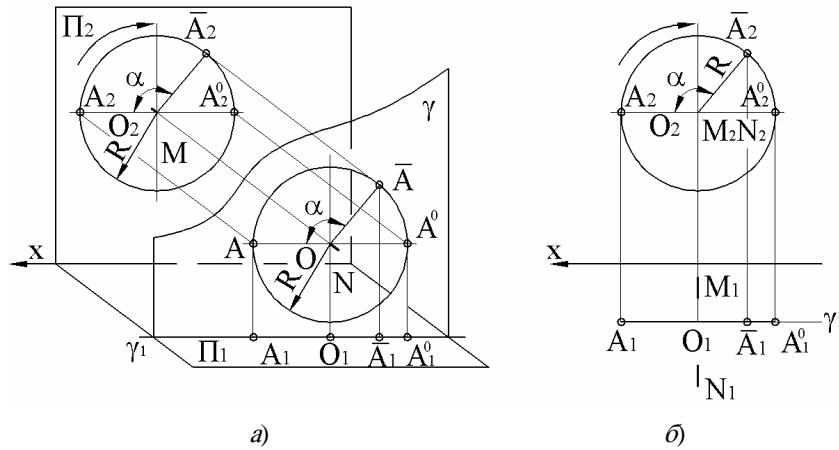


Рис. 1.33

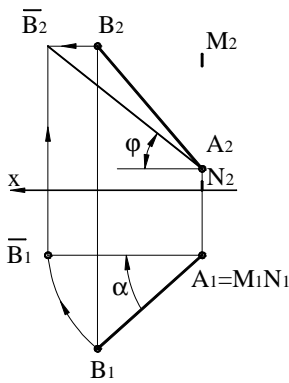


Рис. 1.34

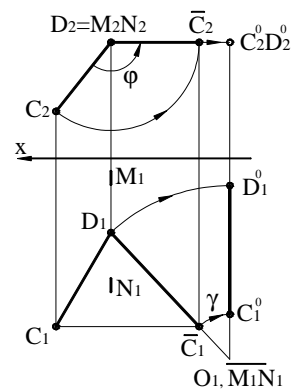


Рис. 1.35

1.14. МНОГОГРАННИКИ

Геометрические тела, ограниченные плоскими фигурами – многоугольниками, называются многогранниками (рис. 1.36).

Плоские многоугольники, ограничивающие многогранники, называются гранями, а линии их пересечения – рёбрами.

Техническое применение многогранников весьма широко. Использование оптических свойств стеклянной трёхгранной призмы для изменения направления хода луча света показано на рис. 1.37. На рис. 1.38, а, б показаны волноводы для передачи электромагнитной энергии сверхвысоких частот. Модульный принцип конструирования блоков радиоэлектронной аппаратуры иллюстрируется рисунком 1.39.

В дальнейшем рассмотрение многогранников ограничим призмами и пирамидами.

Призма (рис. 1.40) – многогранник, у которого две грани – основания – одинаковые и взаимно параллельные многоугольники, а остальные грани (боковые) – параллелограммы.

Пирамида (рис. 1.41) – многогранник, у которого одна грань, принимаемая за основание, является произвольным многоугольником, а остальные грани (боковые) – треугольники с общей точкой S , называемой вершиной.

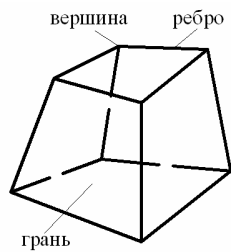


Рис. 1.36

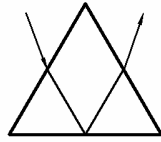


Рис.

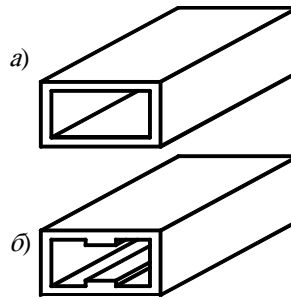


Рис. 1.38

1.37

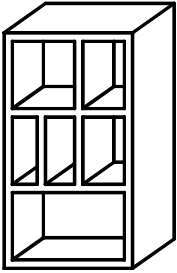


Рис. 1.39

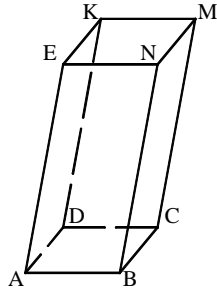


Рис. 1.40

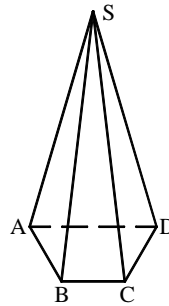


Рис. 1.41

Построение проекций правильной прямой треугольной призмы (рис. 1.42) начинается с выполнения её горизонтальной проекции – правильного треугольника. Из вершин этого треугольника проводят вертикальные линии связи и строят фронтальную проекцию нижнего основания призмы. Эта проекция изображается отрезком горизонтальной прямой $3_2 6_2 4_2$. От этой прямой вверх откладывают высоту призмы и строят фронтальную проекцию верхнего основания $1_2 5_2 2_2$. Затем вычерчивают профильные проекции ребер – отрезков вертикальных прямых, равных высоте призмы. Задняя боковая грань 1243 изображается на плоскости Π_2 без искажения, а на плоскости Π_3 – в виде прямой линии. Фронтальная и профильная проекции остальных граней изображаются с искажением.

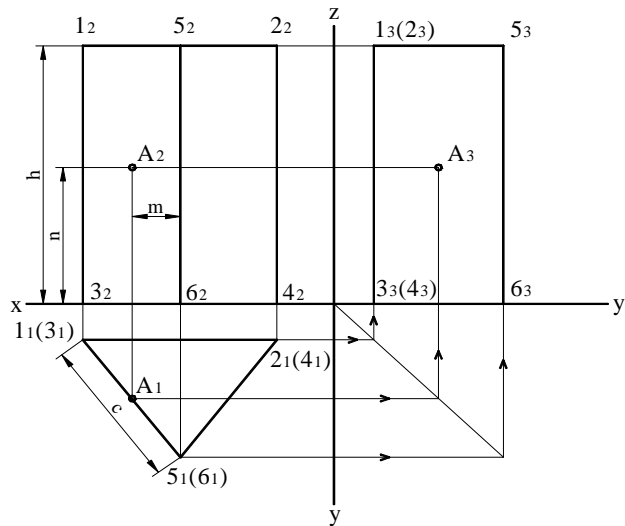


Рис. 1.42

На комплексном чертеже (рис. 1.42) показана последовательность построения горизонтальной и профильной проекций точки A ($A_1 A_3$), причём положение фронтальной проекции A_2 задано размерами l и m .

Пересечение многогранников плоскостью

При пересечении призмы или пирамиды плоскостью в сечении получается плоская фигура, ограниченная линиями пересечения секущей плоскости с гранями призмы или пирамиды.

Простейший пример конструирования детали пересечением исходной заготовки в виде прямоугольной трубы плоскостью приведён на рис. 1.43. В этом случае деталь-волновод изготавливают, отрезая часть заготовки по плоскости $\beta(\beta_2)$.

Другой пример конструирования устойчивой подставки в виде усечённой пирамиды показан на рис. 1.44. Наклонная площадка 1234 образована срезом верхней части пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью $\beta(\beta_2)$. Фронтальные проекции $1_2 2_2 3_2 4_2$ точек находятся на фронтальном следе β_2 плоскости, а горизонтальная проекция площадки $1_1 2_1 3_1 4_1$ совпадает со следом β_1 . Натуральная величина фигуры сечения пирамиды $1_4 2_4 3_4 4_4$ получена путём замены плоскости проекции: $\Pi_2/\Pi_1 \rightarrow \Pi_4/\Pi_2$.

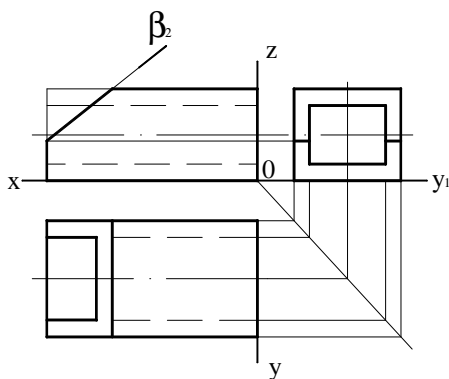


Рис. 1.43

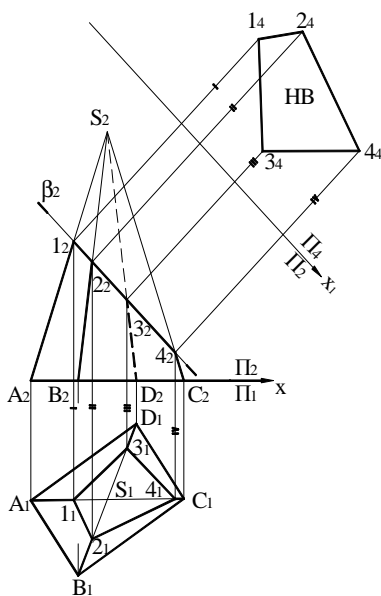


Рис. 1.44

Пересечение прямой с поверхностью многогранника

Построение точек пересечения прямой с поверхностью многогранника сводится к построению линии пересечения многогранника проецируемой плоскостью, в которую заключают данную прямую.

На рис. 1.45 приведено построение проекции E_1, E_2 и $F_1 F_2$ точек пересечения прямой с проекциями M_1, N_1 и $M_2 N_2$ с боковыми гранями пирамиды. Пирамида задана проекциями S_1, S_2 вершины и $A_1 B_1 C_1, A_2 B_2 C_2$ основания. Прямая $M_1 N_1$ заключена во вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость $\beta(\beta_2)$. Горизонтальные проекции E_1 и F_1 искомых точек построены в пересечении проекции M_1, N_1 с горизонтальными проекциями $1_1, 3_1$ и $2_1, 3_1$ отрезков, по которым плоскость β пересекает боковые грани пирамиды. Фронтальные проекции E_2 и F_2 определены по линиям связи.

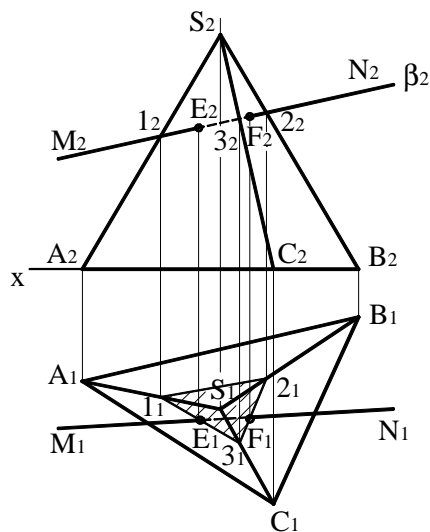


Рис. 1.45

1.15. ПОВЕРХНОСТИ И ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

Поверхности вращения и ограничиваемые ими тела имеют весьма широкое применение во всех областях техники. В качестве примеров на рис. 1.46 показаны баллон электронно-лучевой трубки (а), сосуд Дьюара для хранения жидкого воздуха (б), центр токарного станка (в), коллектор электронов мощного электронно-лучевого прибора (г), объёмный сверхвысокочастотный резонатор электромагнитных колебаний (д).

Поверхностью вращения называют поверхность, получающуюся от вращения некоторой образующей линии вокруг неподвижной прямой – оси поверхности. Линейчатые поверхности – поверхности, образующей которых является прямая линия (цилиндр, конус). Нелинейчатые поверхности – поверхности с криволинейной образующей (сфера, параболоид, тор).

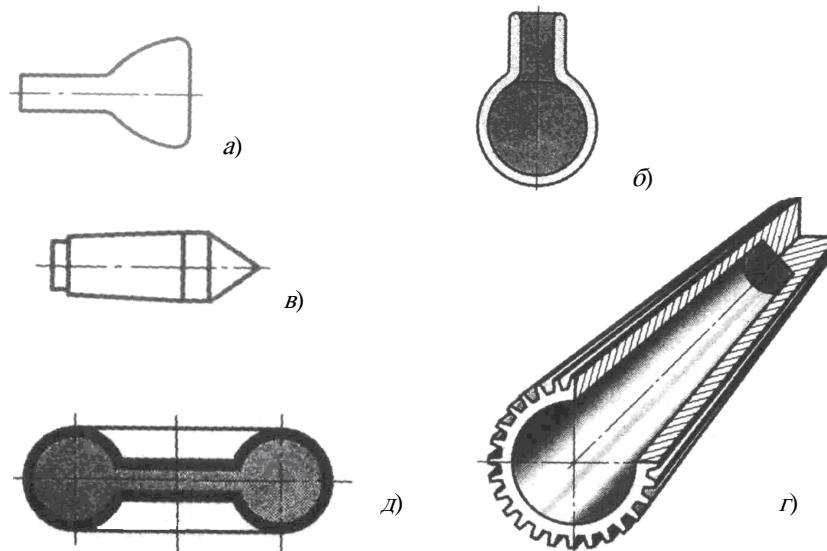


Рис. 1.46

В зависимости от вида образующей поверхности вращения могут быть линейчатыми, нелинейчатыми или состоять из частей таких поверхностей.

На чертежах ось изображают штрихпунктирной линией. Образующая линия может в общем случае иметь как криволинейные, так и прямолинейные участки. Поверхность вращения на чертеже можно задать образующей и положением оси. На рис. 1.47 изображена поверхность вращения, которая образована вращением образующей $ABCD$ (её фронтальная проекция $A''B''C''D''$) вокруг оси OO_1 (фронтальная проекция $O''O_1''$), перпендикулярной плоскости Π_1 . При вращении каждая точка образующей описывает окружность, плоскость которой перпендикулярна оси.

Соответственно линия пересечения поверхности вращения любой плоскостью, перпендикулярной оси, является окружностью. Такие окружности называют параллелями. На виде сверху (рис. 1.47) показаны проекции окружностей, описываемых точками, A, B, C, D , проходящие через проекции A', B', C', D' . Наибольшую параллель из двух соседних с ней параллелей по обе стороны от неё называют экватором, аналогично наименьшую – горлом.

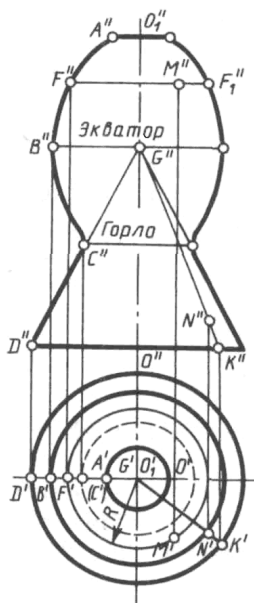


Рис. 1.47

Плоскость, проходящую через ось поверхности вращения, называют меридианальной, линию её пересечения с поверхностью вращения – меридианом. Если ось поверхности параллельна плоскости проекций, то меридиан, лежащий в плоскости, параллельной этой плоскости проекций, называют главным меридианом. На эту плоскость проекций главный меридиан проецируется без искажений. Так, если ось поверхности вращения параллельна плоскости Π_2 , то главный меридиан проецируется на плоскость Π_2 без искажений. Если ось поверхности вращения перпендикулярна плоскости Π_1 , то горизонтальная проекция поверхности имеет очерк в виде окружности.

Наиболее удобным для выполнения изображений поверхностей вращения являются случаи, когда их оси перпендикулярны плоскости Π_1 , плоскости Π_2 или плоскости Π_3 .

Некоторые поверхности вращения являются частными случаями поверхностей, рассмотренных ранее, например **цилиндр вращения, конус вращения**. Для цилиндра и конуса вращения меридианами являются прямые линии. Они параллельны оси и равноудалены от неё для цилиндра или пересекают ось в одной и той же её точке под одним и тем же углом к оси для конуса. Цилиндр и конус вращения – поверхности, бесконечные в направлении их образующих, поэтому на изображениях их ограничивают какими-либо линиями, например линиями пересечения этих поверхностей с плоскостями проекций или какими – либо из параллелей. Из стереометрии известно, что прямой круговой цилиндр и прямой круговой конус ограничены поверхностью вращения и плоскостями, перпендикулярными оси поверхности. Меридиан такого цилиндра – прямоугольник, конуса – треугольник.

Такая поверхность вращения, как **сфера**, является ограниченной и может быть изображена на чертеже полностью. Экватор и меридианы сферы – равные между собой окружности. При ортогональном проецировании на все три плоскости проекций сфера проецируется в круга.

Тор. При вращении окружности (или её дуги) вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через её центр, получается поверхность, называемая тором. На рис. 1.48 приведены: *a* – открытый тор или круговое кольцо; *б* – закрытый тор; *в*, *г* – самопересекающийся тор. Тор вида *г* называют также лимоновидным. На рис. 1.48 они изображены в положении, когда ось тора перпендикулярна плоскости проекций Π_1 . В открытый и закрытый торы могут быть вписаны сферы. Тор можно рассматривать как поверхность, огибающую одинаковые сферы, центры которых находятся на окружности.

В построениях на чертежах широко используют две системы круговых сечений тора: в плоскостях, перпендикулярных его оси, и в плоскостях, проходящих через ось тора. При этом в плоскостях, перпендикулярных оси тора, в свою очередь имеются два семейства окружностей – линий пересечения плоскостей с наружной поверхностью тора и линий пересечения плоскостей с внутренней поверхностью тора. У лимоновидного тора (1.48, *г*) имеется только первое семейство окружностей.

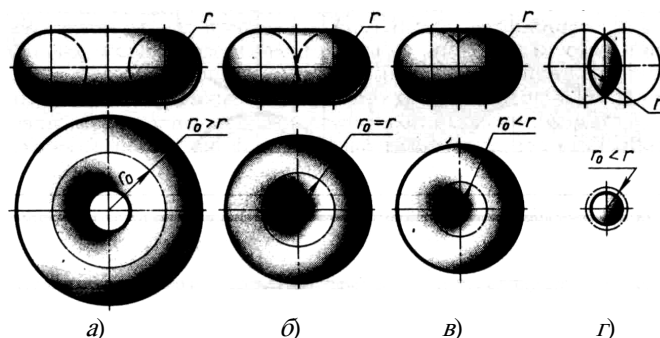


Рис. 1.48

Цилиндр с наклонным срезом. Рассмотрим построение чертежа цилиндра со срезом проецирующей плоскостью под некоторым углом к его оси (не равным 0° и 90°), натурального вида среза и развёртки цилиндра (рис. 1.49, 1.50).

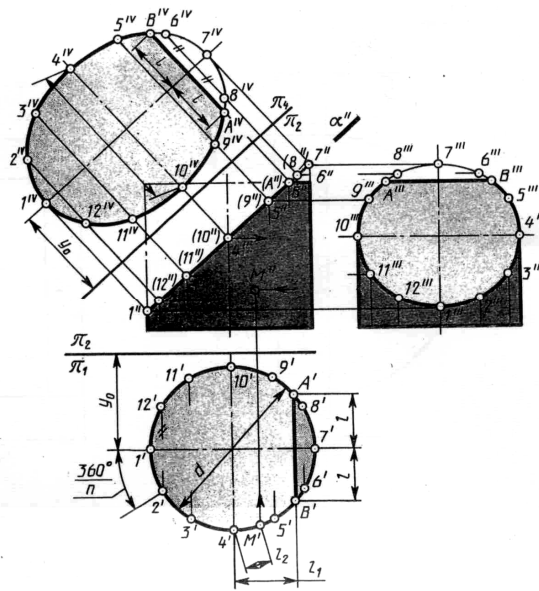


Рис. 1.49

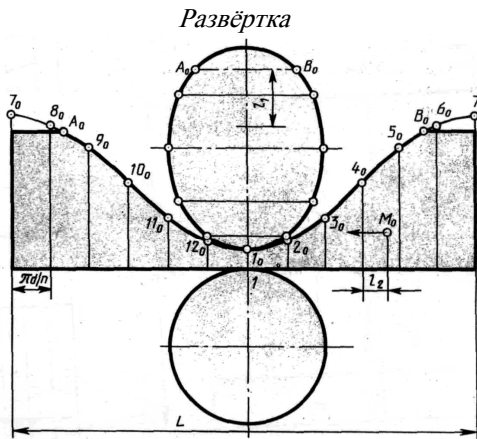


Рис. 1.50

Ось цилиндра и вся цилиндрическая поверхность перпендикулярны плоскости Π_1 . Следовательно, все точки цилиндрической поверхности, в том числе и линия пересечения её с плоскостью α (α''), проецируются на плоскость Π_1 в окружность. На ней отмечают горизонтальные проекции точек 1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 9', 10', 11' и 12' эллипса, расположив их равномерно по окружности. В проекционной связи строят фронтальные проекции 1□, 2□, 3□, 4□, 5□, 6□, 7□, 8□, 9□, 10□, 11□, 12□ отмеченных точек на фронтальном следе α □ секущей плоскости. Профильные проекции тех же точек строят по их горизонтальной и фронтальной проекциям на линиях связи.

Профильная проекция линии пересечения цилиндра с секущей плоскостью – эллипс, большая ось 10□4□ которого в данном случае равна диаметру цилиндра, а малая 1□7□ – профильная проекция отрезка – 1–7.

Если расположить на рис. 1.49 плоскость α под углом 45° к оси, то профильная проекция эллипса фигуры сечения будет окружностью.

Если острый угол между осью цилиндра и секущей плоскостью будет меньше 45° , то малая ось эллипса на профильной проекции (рис. 1.49) станет равной диаметру цилиндра.

Натуральный вид фигуры сечения цилиндра плоскостью α построен способом перемены плоскостей проекций на плоскости Π_4 , перпендикулярной плоскости Π_2 . Большая ось эллипса – отрезок $1^{IV}7^{IV} \equiv 1 \square 7 \square$, малая – отрезок $4^{IV}10^{IV} = d$.

Построение развёртки (рис. 1.50). Полная развёртка состоит из четырёх частей: развёртки боковой поверхности, ограниченной пятью отрезками прямой линии и кривой A_0B_0 – синусоидой; натурального вида фигуры сечения; круга основания цилиндра; сегмента, полученного на верхнем основании.

Полная развёртка боковой поверхности цилиндра – прямоугольник с высотой, равной цилиндру, и длиной $L = \pi d$, где d – диаметр цилиндра. Для построения на развёртке точек линии среза развёртку основания цилиндра делят на такое же число частей, как и при построении проекций линии среза. Проводят через точки деления образующие и отмечают на них высоту до точек эллипса среза – точки 1₀, 2₀ и 12₀, 3₀ и 11₀, 4₀ и 10₀, 5₀ и 9₀, 6₀ и 8₀, 7₀. Соединяют построенные точки плавной кривой – синусоидой. Натуральный вид фигуры среза цилиндра плоскостью выполнен ранее ($1^{IV}2^{IV}3^{IV} \dots 12^{IV}$) и его по координатам строят на развёртке.

Построим на чертеже цилиндра проекции точки, указанной на развёрстке точкой M_0 . Для этого отметим хорду l_2 между образующей, на которой расположена точка M_0 , и образующей точки 4. По хорде l_2 строим горизонтальную проекцию M' (см. рис. 1.49) и по известной высоте её расположения найдем её фронтальную проекцию M'' .

Пересечение конуса с плоскостью. Для построения кривой линии, получаемой при пересечении конической поверхности плоскостью, в общем случае находят точки пересечения образующих конической поверхности с секущей плоскостью. Соответствующий пример в случае пересечения фронтально проецирующей плоскостью α (α'') конуса с вершиной G приведён на рис. 1.51. Построение линии пересечения плоскости с конической поверхностью обычно выполняют в следующем порядке. Основание конуса делят на равное число частей, обычно 12, проводят горизонтальные проекции $G'1', G'2', \dots, G'12'$ образующих и строят их фронтальные проекции. На фронтальной проекции отмечают фронтальные проекции точек пересечения построенных образующих на видимой поверхности конуса с секущей плоскостью α (α''): $C''D'', F'', I''$, а также крайних точек A'' и B'' . Горизонтальные проекции строят в проекционной связи на соответствующих проекциях образующих – точки A', C, D, F, I, B' на проекциях образующих $G'1', G'2', G'3', G'5', G'6', G'7'$; а также симметричные им точки на проекциях образующих $G'12', G'11', G'9', G'8'$. Горизонтальную проекцию E' точки E на образующей $G'4'$ и симметричной точки на образующей $G'10'$ строят с помощью окружности радиуса $E'E_1''$, проведённой на поверхности конуса.

На фронтальной проекции большая ось AB эллипса – линии пересечения фронтально проецирующей плоскости с конусом – проецируется в натуральную величину: $[AB] = [A''B'']$. Малая ось MN эллипса перпендикулярна большой и проецируется в точку M'' (N'') в середине фронтальной проекции $A''B''$ большой оси.

Построение горизонтальной проекции малой оси эллипса выполнено с помощью параллели с проекциями $M''14''$ и $M'14'N'$. Горизонтальная проекция $M'N'$ малой оси эллипса построена в проекционной связи как хорда горизонтальной проекции $M'14'N'$ этой параллели.

Профильная проекция линии среза конуса также построена по фронтальной и горизонтальной проекциям точек в проекционной связи.

Отметим, что на профильной проекции точки A''' и B''' – низшая и высшая, M''' и N''' – крайние (правая и левая), E''' и симметричная ей – точки касания проекций $G'''4'''$ и $G'''10'''$ образующих.

Построение натурального вида фигуры среза – $A_0M_0B_0N_0$ выполнено по координатам в системе координат x_1, y_1 .

Наряду с построением эллипса по точкам возможно построение его по большой и малой осям.

Развёртка боковой поверхности прямого кругового конуса представляет собой круговой сектор с углом $\varphi = (d/l) \cdot 180^\circ$ при вершине, где d – диаметр основания, l – длина образующей конуса. Построение сектора (рис. 1.52) выполняют с разбивкой его на равные части соответственно разметке образующих на чертеже (см. рис. 1.51 конуса).

Используя положение образующих на чертеже и на развёртке находят положение точек на развёртке при помощи натуральных величин отрезков от вершины до соответствующих точек линии пересечения на чертеже. При этом расстояния G_0A_0 и G_0B_0 соответствуют фронтальным проекциям $G''A''$ и $G''B''$. Отрезки образующих от вершины до других точек проецируются на фронтальную плоскость проекций с искажениями. Поэтому их натуральную величину находят вращением вокруг оси конуса до положения, параллельного фронтальной плоскости проекций.

Например, положение точки D_0 на развёртке найдено при помощи отрезка $G''D_1''$ – натуральной величины образующей от вершины G до точки D , точки E_0 – при помощи отрезка $G''E_1''$ (или $G''E''$).

Полная развёртка поверхности усечённого конуса состоит из трёх частей: 1) развёртки боковой поверхности, ограниченной дугой окружности радиуса l , кривой $B_0I_0F_0E_0D_0C_0A_0$ и симметричной ей; 2) круга основания; 3) натурального вида фигуры сечения.

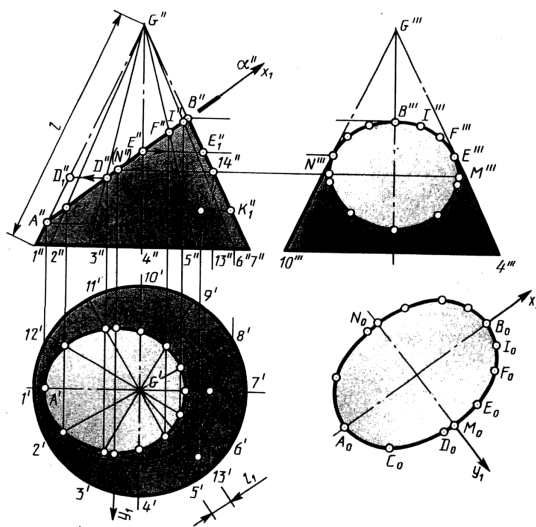


Рис. 1.51

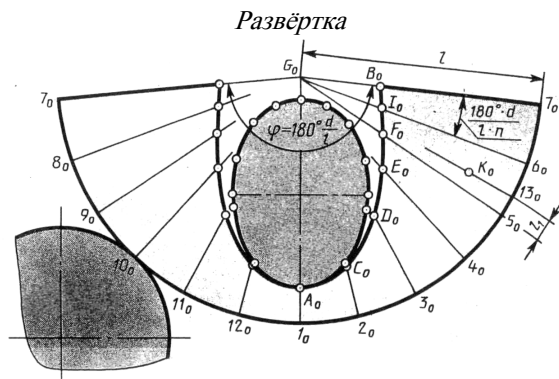


Рис. 1.52

На рис. 1.51 показано построение фронтальной и горизонтальной проекций точки K по изображению K_0 этой точки на развёртке (рис. 1.52). Для построения проведена образующая G_013_0 через точку K_0 на развёртке. С помощью отрезка l_1 построена горизонтальная проекция $13'$. Через неё проведены горизонтальная $G'13$ и фронтальная $G \square 13$ проекции образующей $G - 13$. Отрезок $G_0K_0 = G \square K_1$ отмечен на проекции образующей $G \square 7$. Обратным вращением построена фронтальная проекция $K \square$ точки K на фронтальной проекции образующей $G \square 13$. Горизонтальная проекция K' построена с помощью линии связи.

Пересечение прямой линии с кривой поверхностью. Для построения точки пересечения прямой линии (AB на рис. 1.53) с кривой поверхностью ρ выполняют следующие построения:

- заключают прямую линию во вспомогательную плоскость, например плоскость γ ;
- строят линию пересечения (CD) вспомогательной плоскости с заданной кривой поверхностью;
- определяют точку пересечения (K) прямой (AB) с построенной линией пересечения (CD).

С замкнутой кривой поверхностью прямая пересекается в двух и более точках. Если прямая пересекает поверхность в одной точке, то она обычно является касательной к поверхности.

Вспомогательную плоскость, проводимую через прямую при построении точек пересечения прямой с кривой поверхностью, стремятся выбрать так, чтобы она пересекала кривую поверхность по линии, простейшей для построения на чертеже. Желательно, чтобы это были прямые или окружности.

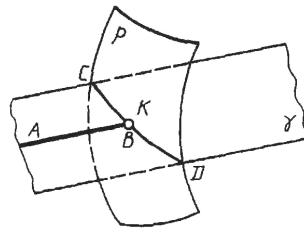


Рис. 1.53

Рассмотрим некоторые примеры.

Построение точек пересечения прямой линии с цилиндром (рис. 1.54). Для построения точек пересечения прямой AB общего положения с поверхностью наклонного кругового цилиндра выберем вспомогательную плоскость, параллельную оси цилиндра. Эта плоскость пересекает цилиндр по прямой – образующим, параллельным оси.

В соответствии с общим планом решения задачи на рис. 1.54 выполнены построения в следующем порядке:

– прямая AB заключена во вспомогательную плоскость, параллельную оси цилиндра, для чего через проекции $M \square, M'$ произвольной точки M на прямой AB проведены проекции $M \square N \square, M'N'$ прямой MN , параллельной оси цилиндра. Проекция пересекающихся прямых AB и MN задают на чертеже вспомогательную плоскость:

– построены проекции $3 \square 5 \square, 3 5'$ и $4 \square 6 \square, 4 6'$ линий пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью цилиндра на его проекциях. Для этого построена горизонтальная проекция линии пересечения вспомогательной плоскости с плоскостью основания цилиндра – плоскостью Π_1 , проходящая через проекции $1' \text{ и } 2'$; найдены точки с проекциями $3' \text{ и } 4'$ её пересечения с окружностью основания цилиндра. Искомые проекции линий пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью цилиндра проходят через проекции $3 \square, 3' \text{ и } 4 \square, 4'$ параллельно проекциям оси цилиндра – проекции $3 \square 5 \square, 3 5'$ и $4 \square 6 \square, 4 6'$;

– определены проекции $K \square, K'$ и $L \square, L'$ искомых точек K и L пересечения прямой AB с поверхностью цилиндра в пересечении проекций $3 \square 5 \square$ и $4 \square 6 \square$ с $A \square B \square$ и $3 5'$ и $4 6'$ с AB' ;

– определена видимость для участков прямой AB с учётом того, что цилиндр непрозрачен. Зоны видимости на фронтальной проекции определены по положению горизонтальных проекций точек $3' \text{ и } 4'$ цилиндра. При взгляде по стрелке S очевидно, что точки $3, 5$ и соответствующая образующая $3 - 5$ видимы, а точки $4, 6$ и образующая $4 - 6$ невидимы. Соответст-

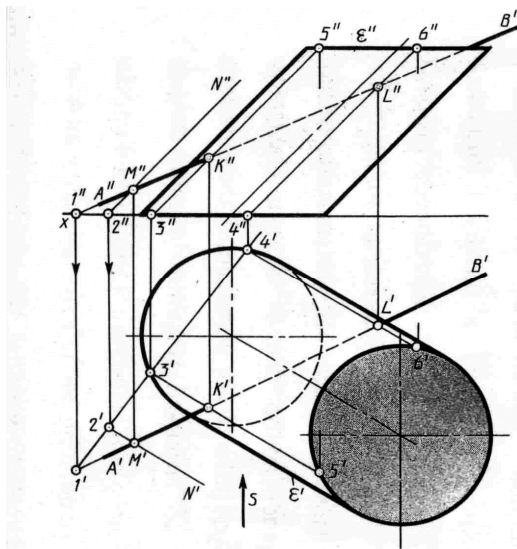


Рис. 1.54

венно на фронтальной проекции отрезок $A \square K \square$ проекции прямой видим. Справа от точки K'' прямая до точки L'' проходит внутри цилиндра и справа от точки L'' закрывается цилиндром, т.е. невидима. На горизонтальной проекции образующие $3 5'$ и $4 6'$ видимы, невидимая часть прямой AB – отрезок $K''L''$.

Построение точек пересечения прямой линии с конусом (рис. 1.55). Чертёж конуса с проекциями вершины $G \square$, G' и прямой с проекциями $A \square B \square$, $A'B'$ приведён на рис. 1.55, а. Для построения точек пересечения прямой и конуса используют вспомогательную плоскость. Плоскость, проходящая через вершину конуса и заданную прямую (плоскость α на рис. 1.55, в), пересекает конус по образующим. Плоскость α пересекает плоскость основания конуса по прямой BE . Образующие, по которым плоскость α пересекает конус, определяются вершиной G и точками 1 и 2. На этих образующих и получаются точки M и N , в которых прямая пересекает поверхность конуса.

На рис. 1.55, б плоскость α задана проекциями $A \square B \square$, $A'B'$ прямой AB проекциями $G \square C \square$, $G'C'$ прямой, проведённой через вершину G , пересекающей прямую AB в точке C и параллельной плоскости основания конуса. Плоскость α пересекает плоскость основания конуса по прямой DE , параллельной GC . Построив проекции $D \square$ и D' , проводим $DE' \parallel G'C'$

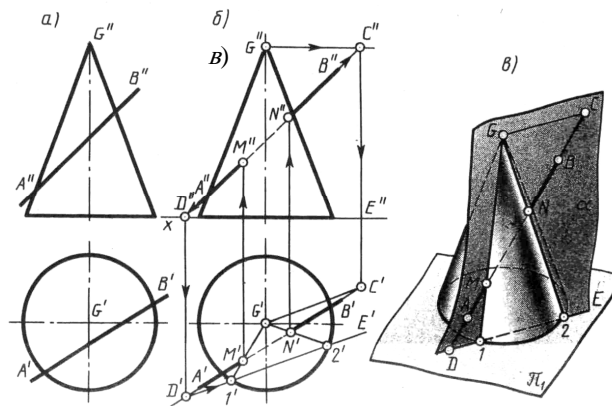


Рис. 1.55

Образующие, по которым плоскость α пересекает поверхность конуса, изображены лишь горизонтальными проекциями $G \square 1 \square$ и $G' 2'$. В пересечении их с горизонтальной проекцией $A'B'$ найдены горизонтальные проекции M' и N' точек пересечения, а по ним проекции $M \square$ и $N \square$. На горизонтальной проекции отрезок прямой между точками M и N закрыт поверхностью конуса. На фронтальной проекции образующие $G 2$ и $G 3$ видимы. Следовательно, невидимый отрезок прямой AB находится только между проекциями $M \square$ и $N \square$.

1.16. Аксонометрические проекции

Как отмечалось ранее, к изображаемому предмету предъявляются три основных требования: быть обратимым (чтобы можно было изготовить изображаемый предмет), наглядным (чтобы можно было представить изображаемый предмет) и простым в выполнении. Комплексный чертёж отвечает первому и третьему требованиям и не отвечает второму –

наглядности. Поэтому при разработке технической документации часто бывает необходимо дополнять ортогональные чертежи наглядными изображениями. Этому требованию отвечает аксонометрическое изображение.

Сущность способа аксонометрического проецирования

Отличие аксонометрических проекций от ортогональных заключается в том, что изображение предмета является результатом проецирования его на одну картинную плоскость, что позволяет «охватить» взглядом сразу три стороны предмета и воспринять его как осязаемую вещь.

Рассмотрим образование аксонометрического чертежа на примере параллелепипеда, отнесённого к прямоугольной декартовой системе координат $XOYZ$ (рис. 1.56).

Для получения аксонометрической проекции параллелепипеда выберем произвольно в пространстве картинную плоскость Π^A , называемую аксонометрической. Спроецируем на эту плоскость в направлении S параллелепипед вместе с прямоугольной системой координат. В результате на плоскости Π^A получим изображение параллелепипеда вместе с осями. Такое изображение называют аксонометрическим. Очевидно, проекции прямых, параллельных в натуре натуральным осям координат, параллельны соответствующим аксонометрическим. Это одно из свойств параллельного проецирования.

Из рис. 1.56 найдём связь между натуральными и аксонометрическими осями координат:

$$\text{по оси } X: K_x = \frac{|O^A A_x^A|}{|OA_x|};$$

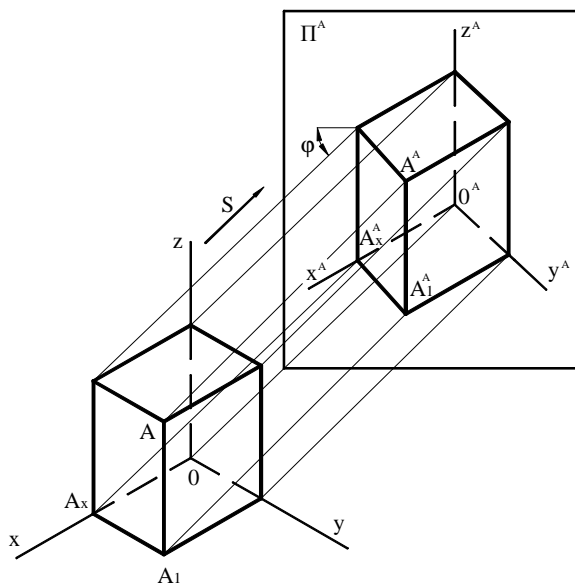


Рис. 1.56

$$\text{по оси } Y: K_y = \frac{|A_x^A A_1^A|}{|A_x A_1|};$$

$$\text{по оси } Z: K_z = \frac{|A_1^A A_2^A|}{|A_1 A_2|}.$$

Здесь K_x, K_y, K_z – коэффициенты искажения, которые представляют собой отношение аксонометрических отрезков к их натуральной величине.

Как видно из рис. 1.56, при изменении угла φ между направлением проецирования S и плоскостью аксонометрических проекций Π^A будут изменяться и коэффициенты искажения. Коэффициенты искажения и угол φ находятся в определённой зависимости, которая вычисляется формулой аксонометрии:

$$K_x^2 + K_y^2 + K_z^2 = 2 + \text{ctg}^2 \varphi.$$

Классификация аксонометрических проекций

В зависимости от направления проецирования аксонометрические проекции бывают: прямоугольные – направление проецирования перпендикулярно к плоскости аксонометрических проекций ($\varphi = 90^\circ$); косоугольные ($\varphi \neq 90^\circ$).

В зависимости от величины каждого из трёх коэффициентов искажения аксонометрические проекции бывают: 1) изометрические ($K_x = K_y = K_z$); 2) диметрические – два коэффициента искажения равны между собой и отличаются от третьего; 3) триметрические ($K_x \neq K_y \neq K_z$).

Стандартные виды аксонометрических проекций

Среди множества аксонометрических проекций в практике черчения применяют такие, которые отличаются наглядностью, передают форму предмета с наименьшим искажением, наиболее просты и удобны в построении. ГОСТ 2.317–69 рекомендует следующие виды аксонометрических проекций:

1. Прямоугольные:

а) изометрические (рис. 1.57, а);

б) диметрические (рис. 1.57, б).

2. Косоугольные:

а) фронтальная изометрическая проекция (рис. 1.57, в);

б) горизонтальная изометрическая проекция (рис. 1.57, г); в) фронтальная диметрическая проекция (рис. 1.57, д).

На рис. 1.57 даны для сравнения изображения предмета (куба), аксонометрических осей и коэффициентов искажения для стандартных аксонометрических проекций.

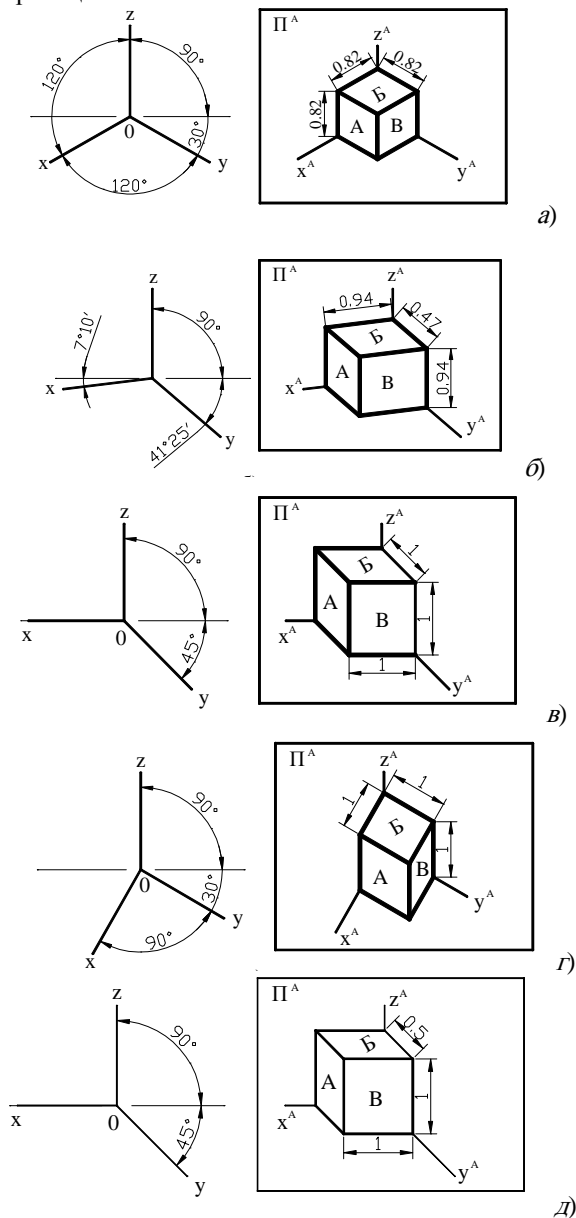


Рис. 1.57

Как видно из рис. 1.57 (а, б), коэффициенты искажения по осям x^A , y^A , z^A получаются дробными. В практике черчения (см. ГОСТ 2.317–69) для удобства построения аксонометрических проекций коэффициенты искажения заменяют на целые числа: для прямоугольной изометрии $K_x = K_y = K_z \approx 1$; для прямоугольной диметрии $K_x = K_z \approx 1$; $K_y \approx 0,5$.

Выбор аксонометрических проекций

1. Прямоугольная изометрия обеспечивает хорошую видимость формы предмета по трём главным направлениям, но не рекомендуется для изображения кубов, правильных призм и пирамид из-за слияния ребер и граней в одну линию.

2. Прямоугольная диметрия позволяет получить наиболее наглядные изображения. Её рационально применять для изделий длинной призматической и пирамидальной форм.

3. Косоугольная фронтальная изометрия и диметрия рекомендуются для деталей, имеющих сложные криволинейные очертания в плоскостях, параллельных Π_2 .

4. Косоугольная горизонтальная изометрия применяется для показа действительных форм фигур в плоскостях, параллельных пл. Π_1 (широко используется в строительстве).

Пример построения косоугольной фронтальной диметрии

На чертеже (рис. 1.58, сверху) предмет (деталь волновода) задан двумя изображениями: главным и видом слева (рис. 1.58). На главном дано совмещение положения – половина вида и половина простого разреза, а на изображении слева – часть вида и часть разреза.

Предмет представляет собой цилиндр с круглым фланцем и двумя внутренними отверстиями квадратной и круглой формы.

Переход от ортогонального изображения к аксонометрическому не зависит от вида аксонометрических проекций и осуществляется в следующей последовательности (рис. 1.58):

1. Отмечаем на заданном чертеже (рис. 1.58, сверху) положение проекций координатных осей x , y , z и на оси отмечаем центры O_1, O_2, O_3, O_4 фигур предмета, расположенных в вертикальных плоскостях.
2. Проводим аксонометрические оси x, y, z (рис. 1.58, а) и на оси y отмечаем положение центров O_1, O_2, O_3, O_4 , расстояние между ними берём с главного вида, сократив в два раза (индекс «А» на осях координат опущен).
3. Через отмеченные точки проводим аксонометрические оси.
4. Строим фигуры сечения, которые получаются в координатных плоскостях, вначале в плоскости yOz , используя точки 1, 2, ..., 8, а затем в плоскости xOy , используя точки 1', 2', ..., 8'. Размеры координатных отрезков берём с комплексного чертежа, при этом по аксонометрической оси y размеры сокращаем в два раза.

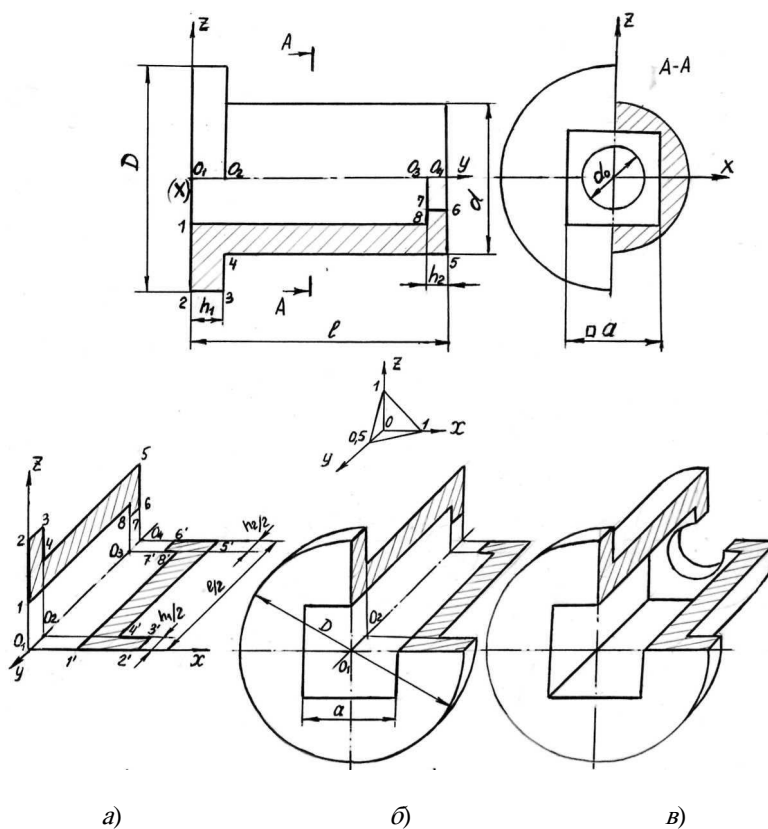


Рис. 1.58

5. Выполняем штриховку сечений, нанося её параллельно линиям 0,5 – 1, лежащим в соответствующих координатных плоскостях координатного трёхгранника $xOyOz$ (в данном примере – в плоскостях xOy и yOz).

6. Так как в косоугольной фронтальной диметрии во фронтальной плоскости проекций форма и размеры фигур не меняются, проводим проекции контурных линий наружного круглого фланца, квадратного и круглого внутренних отверстий (рис. 1.58, б) и соединяем их между собой.

7. Окончательно достраиваем аксонометрическое изображение предмета (рис. 1.58, в).

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ЧЕРТЕЖИ ИЗДЕЛИЙ

2.1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Конструкторскую документацию во всех организациях страны разрабатывают и оформляют по взаимосвязанным правилам и положениям, установленным в государственных стандартах Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Определённые правила установлены и для обращения конструкторской документации.

Стандарты ЕСКД отнесены ко второму классу и распределены по следующим группам:

| Содержание стандарта в группе | Номера стандарта |
|--|-------------------------------|
| Общие положения | ГОСТ 2.001–70...ГОСТ 2.004–83 |
| Основные положения | ГОСТ 2.101–68...ГОСТ 2.124–85 |
| Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах | ГОСТ 2.201–80 |
| Общие правила выполнения чертежей | ГОСТ 2.301–68...ГОСТ 2.321–84 |
| Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения | ГОСТ 2.401–68...ГОСТ 2.430–85 |
| Правила выполнения схем | ГОСТ 2.701–76...ГОСТ 2.797–81 |

Стандартами ЕСКД установлены виды всех изделий, виды и комплектность конструкторской документации и стадии её разработки.

Виды изделий

Изделием называется любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на производстве.

ГОСТ 2.101–68 устанавливает следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например: болт, гайка и т.п. К деталям также относят изделия типа коробки, выполненной (склеенной, сваренной, спаянной) из одного куска листового материала (картон, листовая сталь).

Части детали, имеющие определённое назначение, называются её *элементами*, например: фаска, проточка, ребро, галтель и т.п.

Сборочная единица – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клёпкой, сваркой, пайкой и т.п.), например: микромодуль, станок, телефонный аппарат и т.д.

Комплекс – несколько отдельных специфицированных изделий, предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например: радиостанция, корабль, ракетная установка и т.п.

Комплект – набор отдельных изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект измерительной аппаратуры, комплект запасных частей и т.п.

Изделия в зависимости от их назначения делят на две группы: изделия основного производства и вспомогательного (в том числе и индивидуального).

К изделиям **основного производства** относят изделия, предназначенные для поставки (реализации), например: прибор, автомат, станок и т.п.

К изделиям **вспомогательного производства** относят изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия, например: штампы, приспособления и т.п.

Изделия, предназначенные для поставки и одновременно используемые для внутренних нужд предприятия, изготавливающего их, следует относить к изделиям основного производства, например: измерительный инструмент, болты, винты и т.п.

Изделия в зависимости от места изготовления разделяются на покупные и непокупные.

К покупным относят изделия, не изготавливаемые на данном предприятии, а получаемые им в готовом виде, не считая получаемых в порядке кооперирования.

К непокупным относят изделия, изготавливаемые на данном предприятии.

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей бывают:

- **неспецифицированные**, т.е. не имеющие составных частей (детали);
- **специфицированные**, т.е. состоящие из нескольких составных частей (сборочные единицы, комплексы и комплекты).

Виды конструкторских документов

К **конструкторским** документам относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют устройство изделия и содержат все необходимые данные для его изготовления, контроля, приёмки, эксплуатации и ремонта.

ГОСТ 2.102–68 в зависимости от содержания устанавливает 25 видов конструкторских документов, в том числе: чертёж детали, чертёж общего вида, сборочный чертёж, спецификация и др.

Конструкторские документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные и рабочие.

К проектным относят документы технического предложения, эскизного проекта и технического проекта (в том числе и чертёж общего вида).

К рабочей документации относят чертёж детали, сборочный чертёж, спецификацию и т.д.

Конструкторские документы в зависимости от способа их выполнения и характера использования подразделяют на следующие группы:

– **оригиналы** – документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников, например, чертежи на чертёжной бумаге;

– **подлинники** – документы, оформленные установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий, например чертежи на кальке. В качестве подлинника может быть использован и оригинал, содержащий подписи лиц, ответственных за выпуск документа;

– **дубликаты** – копии подлинников, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с них копий (например, на кальке);

– **копии** – документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником, и предназначенные для непосредственного использования в производстве при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия, например: фотокопии, копии на светочувствительной бумаге («синьки») и т.п.

Если документы предназначены для разового использования, то допускается выполнять их в виде **эскизных документов**.

ГОСТ 2.103–68 устанавливает следующие **стадии разработки конструкторской документации**: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект и рабочая документация. Основанием для разработки рабочей документации служит утверждённый технический проект.

При разработке технического проекта выполняют работы, позволяющие получить полное представление о конструкции изделия, оценить его соответствие требованиям технического задания, степень сложности изготовления, удобство эксплуатации и т.п. (см. ГОСТ 2.120–73).

Документам технического предложения присваивается литера «П»; эскизного проекта – литера «Э»; технического проекта – литера «Т».

Конструкторским документам для индивидуального производства, предназначенным для разового изготовления изделия, присваивают литеру «И». Конструкторским документам опытного образца присваивают литеру «О₁». При последующих (повторных) изготовлениях опытного образца, а также при соответствующей корректировке конструкторских документов им присваивают литеры «О₂», «О₃» и т.д. Конструкторским документам установочных серий изделия присваивают литеру «А», а документам установившегося серийного или массового производства – литеру «Б».

Примечания: 1. Учебным чертежам рекомендуется присваивать литеру «ИУ» – индивидуальный, учебный.

2. Литера указывается в графе 4 основной надписи.

2.2. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ, УСТАНОВЛЕННЫЕ СТАНДАРТАМИ Форматы чертежей

Чертежи и другие конструкторские документы всех отраслей промышленности и строительства выполняются на листах определённых стандартных размеров форматов – по ГОСТ 2.301–68. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполняемой сплошной тонкой линией (рис. 2.1, а, б).

Формат размером 1189×841мм, площадь которого равна 1 м² и другие форматы, полученные путём последовательного деления его на две равные части, параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные (А5–148210; А4–297×210; А3–420×297; А2–420×594; А1–841×594; А0–1189×841). Допускается применение дополнительных форматов, которые образуются увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам, например:

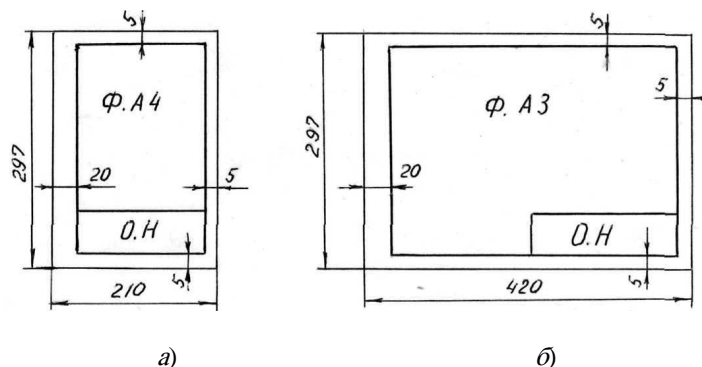


Рис. 2.1

Масштабы. Масштабом называется отношение линейных размеров изображения детали к действительным размерам изображаемой детали.





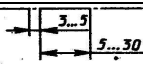
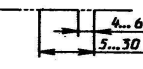
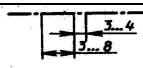
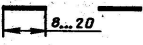
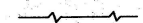
ГОСТ 2.302–68 устанавливает следующие масштабы: уменьшения – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10 и т.д.; увеличения – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1 и т.д. натуральная величина 1:1.

Самым рекомендуемым масштабом является масштаб 1:1, т.е. в натуральную величину.

Если масштаб записывается в специальную графу основной надписи, то буква М не пишется, а если масштаб записывается в другом месте, то он пишется по типу: А(1:2); С-С(4:1) и т.д.

Линии. Все чертежи выполняют линиями различного назначения, начертания и толщины по ГОСТ 2.303–68. В табл. 2.1 приведены типы линий, установленные ГОСТом.

Таблица 2.1

| Наименование | Начертание | Толщина | Основное назначение |
|------------------------------------|---|--------------------------|---|
| 1. Сплошная основная |  | s | Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза) |
| 2. Сплошная тонкая |  | $s/3 \dots s/2$ | Линии контура наложенного сечения Линии размерные выносные Линии штриховки Линии выноски Полки линии выноски и подчёркивание надписей |
| 3. Сплошная волнистая |  | $s/3 \dots s/2$ | Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза |
| 4. Штриховая |  | $s/3 \dots s/2$ | Линии невидимого контура Линии перехода невидимые |
| 5. Штрихпунктирная |  | $s/3 \dots s/2$ | Линии осевые и центровые |
| 6. Штрихпунктирная с двумя точками |  | $s/3 \dots s/2$ | Линии сгиба на развёртках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях |
| 7. Штрихпунктирная утолщённая |  | $s/3 \dots \frac{2s}{3}$ | Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию |
| 8. Разомкнутая |  | $s/3 \dots \frac{1s}{2}$ | Линии сечения |
| 9. Сплошная тонкая с изломами |  | $s/3 \dots s/2$ | Длинные линии обрыва |

Толщину сплошных основных линий следует выбирать от 0,6 до 1,5 мм в зависимости от размеров и сложности изображения.

Шрифты чертёжные

Надписи на чертежах выполняют от руки шрифтом по ГОСТ 2.304–68. Если надписи на чертежах сделаны небрежно или неразборчиво, то при изготовлении деталей по таким чертежам возможны ошибки.

ГОСТ 2.304–68 устанавливает начертание прописных и строчных букв для русского, латинского, греческого алфавитов и арабских и римских цифр.

Размер шрифта определяется высотой прописных (заглавных) букв в мм. Наклон букв к основанию строки должен быть 75°.

ГОСТ 2.304–68 устанавливает следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28 и 40 мм.

Наиболее употребительные размеры шрифта на чертежах 3,5; 5; 7; 10 мм.

Устанавливаются следующие типы шрифта: тип А без наклона (толщина линий шрифта ($d = 1/14h$); тип А с наклоном 75° ($d = 1/14h$); тип Б без наклона ($d = 1/10h$); тип Б с наклоном 75° ($d = 1/10h$) (рис. 2.2).



Рис. 2.2

Основная надпись чертежа

ГОСТ 2.104–68 устанавливает для конструкторской документации машиностроения и приборостроения виды и габариты основных надписей, а также объём необходимой информации, содержащейся в них. Основная надпись для учебных чертежей выполняется по ГОСТ 2.104–68. Она должна размещаться по направлению обрамляющей линии в правом нижнем углу чертежа для формата А4 и по его короткой стороне, а для остальных форматов – по длинной стороне.

Образец основной надписи дан на рис. 2.3.

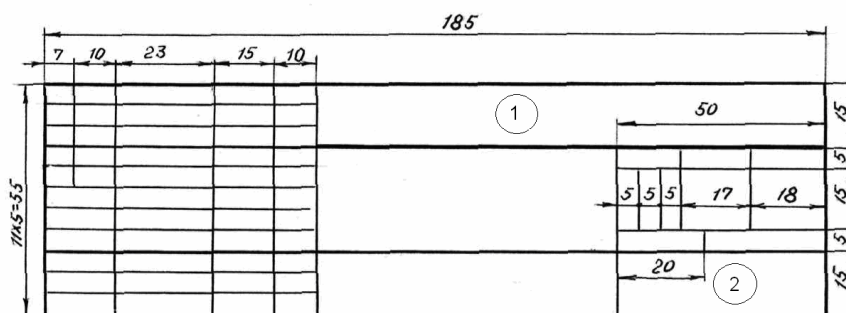


Рис. 2.3

Обозначения

Каждому конструкторскому документу должно быть присвоено обозначение, записываемое в основную надпись. ГОСТ 2. 201–80 устанавливает классификационную систему обозначения изделий и конструкторских документов, которая в учебных условиях вызывает определённые трудности в её понимании. В связи с этим при изучении дисциплины «Инженерная графика» для обозначения конструкторских документов рекомендуется упрощённое буквенно-цифровое обозначение. В графах основной надписи (рис. 2.3 – номера граф обозначены цифрой в кружке) указывают например, в графе 1: **ТГТУ. 210201. 121 000 СБ**, где буквы ТГТУ обозначают индекс университета, цифры 210201 – шифр специальности (в примере специальность: «Проектирование и технология радиоэлектронных средств»), следующие три цифры 121: 1 – номер графической (лабораторной) работы, 21 – номер варианта задания (если номер задания состоит из одной цифры, то перед ней добавляется 0, например вариант № 3 будет записан: 03), соответствующие три цифры 000 – порядковый номер чертежа детали, буквы СБ – шифр документа (сборочный чертёж – СБ, чертёж общего вида – ВО и т.д.), в графе 2: **ПГиКГ, гр. Р-11**, где буквы ПГиКГ обозначают индекс кафедры – сокращённое название (в примере кафедра: «Прикладная геометрия и компьютерная графика»), буква Р – шифр группы, цифры 11 – номер группы. Обозначение учебных сборочных чертежей и схем может иметь несколько иную структуру, что будет оговорено ниже.

Графические обозначения материалов в сечениях

ГОСТ 2.306–68 устанавливает графические обозначения материалов в сечениях, а также правила нанесения их на чертежах.

Штриховка в сечениях металлических изделий выполняется в виде прямых параллельных линий (сплошные тонкие), проводимых под углом 45° к линии контура изображения или к его оси, или линии рамки чертежа (рис. 2.4).

Штриховка смежных сечений наносится в разных направлениях (рис. 2.5, а). При штриховке трёх и более смежных сечений следует изменять расстояние между параллельными линиями (рис. 2.5, б).

Узкие и длинные площади сечения, ширина (толщина) которых на чертеже от 2 до 4 мм рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечения – небольшими участками в нескольких местах (рис. 2.5, в).

Сечение, имеющее на чертеже ширину менее 2 мм, допускается зачернить, оставляя просвет не менее 0,8 мм между смежными сечениями (рис. 2.5, г).

Штриховку неметаллических материалов проводят в клетку под углом 45° (рис. 2.5, д).

Графические обозначения стекла, жидкости, сетки и дерева в сечениях выполняются так, как показано на рис. 2.5, е–и.

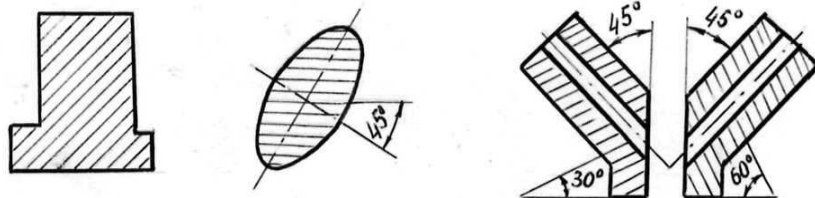


Рис. 2.4

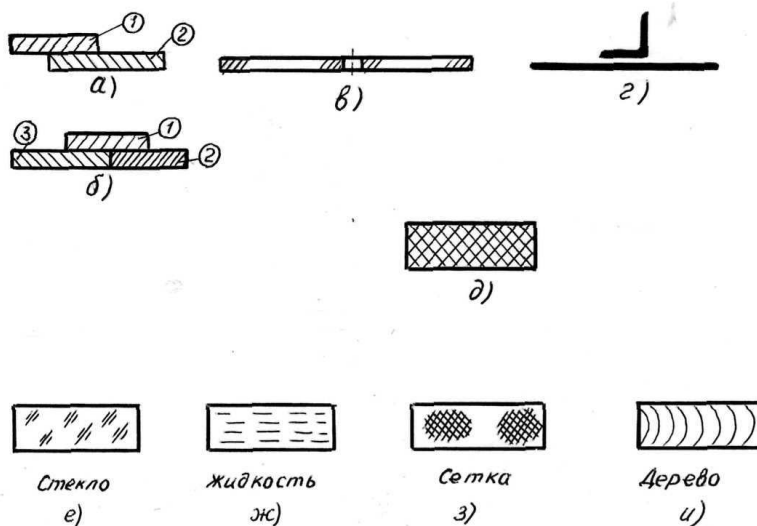


Рис. 2.5

2.3. Изображения – виды, разрезы, сечения

В общем случае чертёж любого предмета содержит графические изображения видимых и невидимых его поверхностей. Эти изображения получают путём прямоугольного проецирования предмета (детали) на 6 граней куба.

Правила изображения предметов на чертежах всех отраслей промышленности устанавливает ГОСТ 2.305–68.

Чертёж – графическое изображение предмета на плоскости, выполненное по установленным правилам проецирования с соблюдением принятых требований и условностей.

Изображение предмета на комплексном чертеже выполняют по методу прямоугольного проецирования. Изображаемый предмет мысленно располагается между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (европейская система Е).

При изображении предмета используют шесть основных плоскостей проекций (шесть граней куба), которые совмещают с плоскостью чертежа, как показано на рис. 2.6.

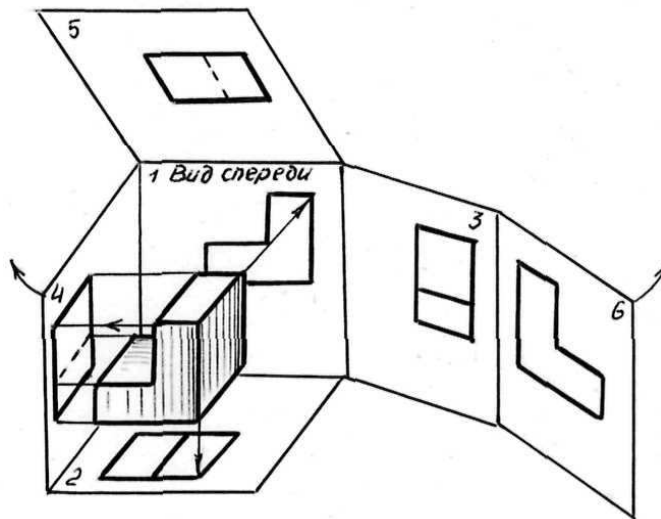


Рис. 2.6

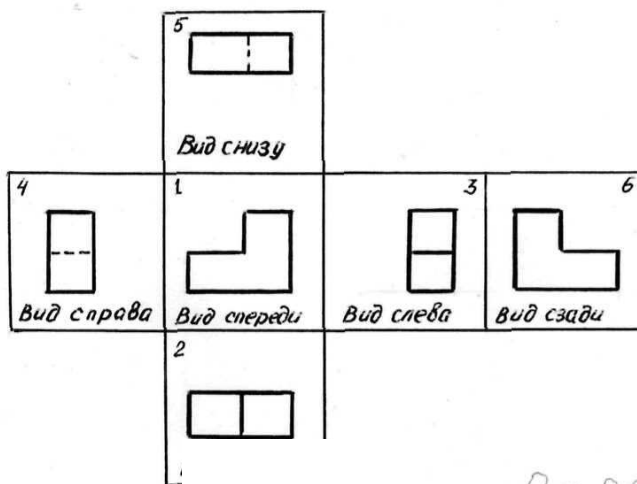


Рис 2.6

Рис. 2.6. Продолжение

Это **основные виды**, которые называют:

1 – вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади.

Виды деталей следует располагать таким образом, чтобы главный вид давал наиболее полное представление о форме и размерах детали.

На чертеже все виды располагают с сохранением проекционной связи к главному. Если это требование не выполняется или вид располагается на отдельном листе, то он отмечается надписью по типу: → А (рис. 2.7).

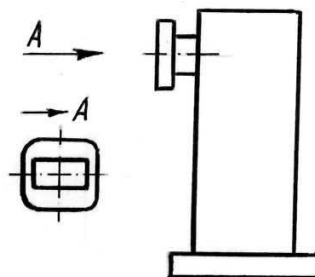


Рис. 2.7

Местный вид – изображение отдельного, ограниченного места поверхности детали. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, осью симметрии или не ограничен (рис. 2.7).

Дополнительный вид получается проецированием предмета на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций (рис. 2.8).

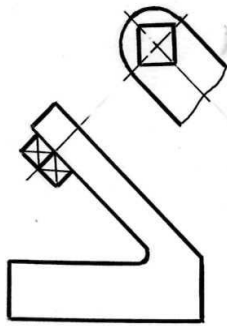


Рис. 2.8

Разрезы

Для представления о внутренней форме предмета на чертеже применяются линии невидимого контура. Это затрудняет чтение чертежа и может привести к ошибкам. Применение условных изображений разрезов упрощает чтение и построение чертежей.

Разрезом называется изображение предмета, полученное при мысленном рассечении его одной или несколькими секущими плоскостями., при этом в разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости, и то, что расположено за ней.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы разделяются на горизонтальные, вертикальные и наклонные (рис. 2.9, а, б, в).

Разрезы местные

Разрез, служащий для выявления формы предмета в отдельном ограниченном месте, называется местным и ограничивается сплошной волнистой линией (рис. 2.10).

Разрезы сложные

Сложными называются разрезы, полученные с помощью двух и более секущих плоскостей. Сложные разрезы разделяются на ступенчатые и ломаные.

Ступенчатыми разрезами называются разрезы, выполненные несколькими параллельными секущими плоскостями (рис. 2.11, а).

Ломаными называются разрезы, полученные от рассечения предмета не параллельными, а пересекающимися плоскостями (рис. 2.11, б).

Сечением называется изображение фигуры, получающееся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. В отличие от разреза, на сечении показывается только то, что расположено непосредственно в секущей плоскости.

Сечения в зависимости от расположения их на чертеже делятся на наложенные и вынесенные. Наложённые сечения изображаются непосредственно на изображении предмета. Контур наложенного сечения выполняется тонкими линиями (рис. 2.12, а).

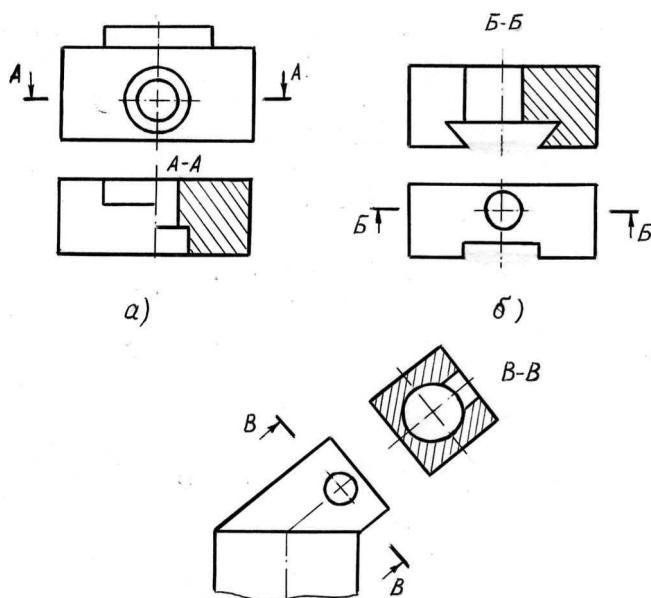


Рис. 2.9

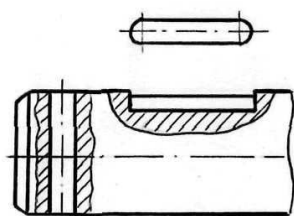


Рис. 2.10

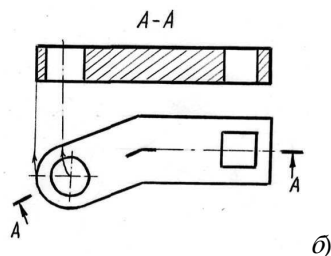
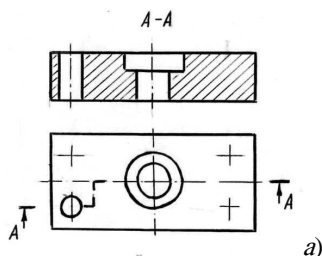


Рис. 2.11

Сечения

Вынесенное сечение может располагаться на свободном поле чертежа или в разрыве изображения предмета. Контур вынесенного сечения изображается сплошными основными линиями (рис. 2.12, а, б).

Если секущая плоскость проходит через отверстия и сечение получается состоящим из отдельных частей, то сечение должно быть заменено разрезом. Сечение может выполняться несколькими секущими плоскостями. Допускается вместо секущих плоскостей применять цилиндрические поверхности, развёртываемые затем в плоскость. Обозначается: А-А \perp (рис. 2.13).

Если какая-либо часть предмета требует графического пояснения формы ввиду мелкого её изображения, то применяют дополнительное её изображение (обычно увеличенное), называемое **выносным элементом**.

При применении выносного элемента соответствующее место изображения отмечают замкнутой сплошной тонкой линией (окружностью или овалом), обозначая заглавной буквой русского алфавита: А(5:1), рис. 2.14.

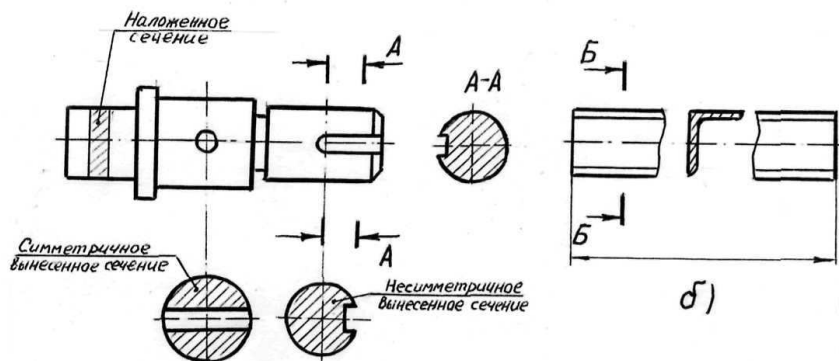


Рис. 2.12

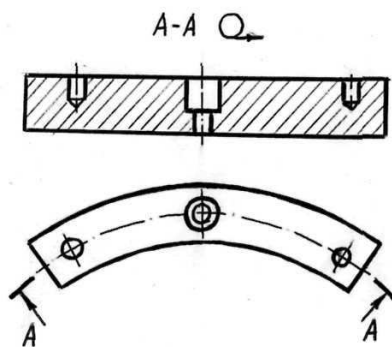


Рис. 2.13

Выносные элементы

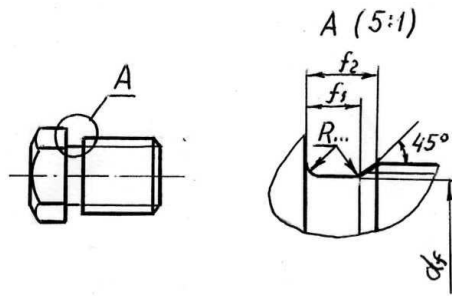


Рис. 2.14

Условности и упрощения

Для того чтобы сделать чертежи более простыми и понятными, а также с целью экономии времени при выполнении чертежа, ГОСТ 2.305–68 устанавливают следующие условности и упрощения:

1. Если вид, разрез или сечение представляет собой симметричную фигуру, то допускается вычерчивать половину изображения,
2. Допускается соединять половину вида с половиной разреза, если фигура симметричная (рис. 2.9, а, б).
3. Если при соединении половины вида с половиной разреза разделяющая их ось симметрии совпадает с проекцией ребра предмета, то вычерчивают часть вида и часть разреза, разделяя их волнистой линией, и ребро показывают видимым (рис. 2.15).
4. Если на чертеже необходимо выделить плоскую часть поверхности предмета, то на ней проводят диагонали тонкими линиями (рис. 2.18, б).
5. Длинные предметы, имеющие постоянное и закономерно изменяющееся поперечное сечение, допускается изображать их с разрывом (рис. 2.12, б).
6. На чертежах предметов со сплошной сеткой, плетёнкой, рифлением и т.п. допускается изображать эти элементы частично (рис. 2.16).
7. Винты, болты, заклёпки, шпонки, сплошные валы при продольном разрезе показывают нерассечёнными. Гайки, шайбы на сборочных чертежах также показывают нерассечёнными.
8. Элементы деталей, такие, как спицы шкивов, тонкие стенки, рёбра жёсткости и т.п., показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль их стороны (рис. 2.15).

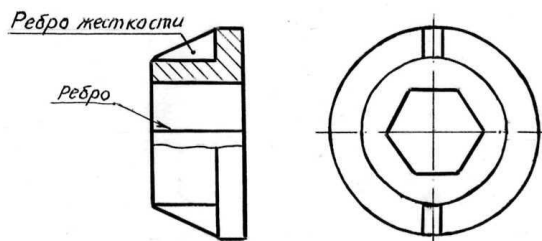


Рис. 2.15

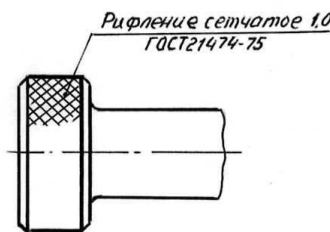


Рис. 2.16

2.4. Нанесение размеров

Количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления изделия.

Повторение одного и того же размера на разных изображениях не допускается.

Линейные размеры на чертеже указываются в миллиметрах без обозначения единицы измерения.

Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах, например: $12^{\circ}45'30''$.

Размерную линию ограничивают с обоих концов стрелками. Величина элементов стрелки зависит от толщины линии видимого контура (рис. 2.17).

Размерную линию проводят параллельно тому отрезку, линейный размер которого наносят (рис. 2.17, б). Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий (рис. 2.24).

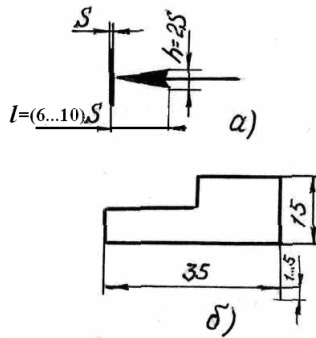


Рис. 2.17

Размерные числа надписывают над размерной линией. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1 – 5 мм (рис. 2.17, б).

Расстояние размерной линии от параллельной ей линии контура, осевой, выносной и других линий, а также расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 6 – 10 мм.

При указании размера диаметра перед размерным числом ставят знак \varnothing , высота которого равна высоте цифр размерных чисел (рис. 2.18, б).

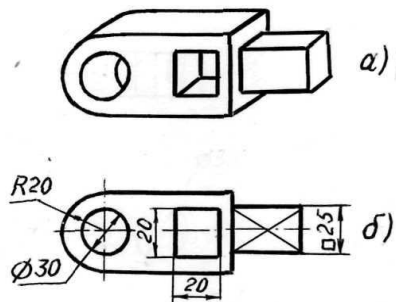


Рис. 2.18

Перед размерным числом, определяющим величину радиуса ставят прописную букву R (рис. 2.18, б).

Перед размером диаметра или радиуса сферической поверхности допускается надпись: Сфера $\varnothing 60$; Сфера $R25$ или $\bigcirc 25$.

Размеры квадрата наносят, как показано на рис. 2.18. Размеры на чертеже наносят с их предельными отклонениями (предельные отклонения на учебных чертежах не наносят). Размеры надо наносить так, чтобы обеспечить наименьшую трудоёмкость их измерения и чтобы не требовалось производить математические подсчёты при изготовлении и контроле изделия.

Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепочки, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный. Справочным называется размер, не подлежащий выполнению по данному чертежу (рис. 2.25).

На каждом чертеже должны быть указаны габаритные размеры – размеры между двумя крайними точками детали по длине, ширине и высоте.

Нанесение размеров на чертеже должно учитывать технологию изготовления детали, т.е. последовательность операций обработки заготовки изделия при его изготовлении и механическое оборудование, на котором оно будет изготавливаться. Неудачное нанесение размеров приводит к выполнению лишних операций, излишней точности изготовления и повышению себестоимости изготовления изделия. Как правило, размер отсчитывают от поверхностей, которые обрабатываются раньше до поверхностей, обрабатываемых позже.

Все размеры деталей делят на две группы: сопрягаемые и свободные (несопрягаемые).

К *сопрягаемым* относят размеры рабочих поверхностей деталей, а к *свободным* – размеры вспомогательных поверхностей деталей. К сопрягаемым размерам предъявляют более высокие требования, чем к свободным.

В практике применяют три основных способа нанесения размеров: цепочкой, координатный и комбинированный.

При нанесении **цепочкой** размеры указывают последовательно (рис. 2.19, а). При этом цепочка размеров не должна быть замкнутой. Один из размеров не указывают. Этот размер определяется общим размером *A* детали.

Примечания: 1. Габаритные размеры изделия должны быть указаны обязательно.

2. Если возникает необходимость указания всех размеров, то один из них обозначают как справочный (см. рис. 2.25).

Основные недостатки способа простановки размеров цепочкой:

- суммирование ошибок, появляющихся в процессе изготовления изделия;
- введение более жёстких допусков, особенно при контроле суммарных размеров.

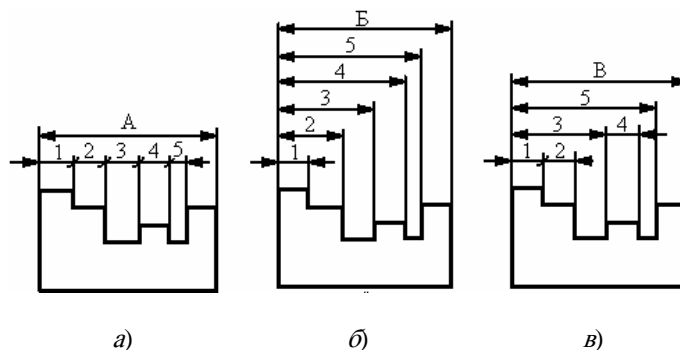


Рис. 2.19

Способ нанесения размеров цепочкой в основном применяется тогда, когда требуется точно выдержать размеры элементов детали, а не суммарный размер детали.

При *координатном способе* (рис. 2.19, б) все размеры наносят от выбранной базы. Этот способ нанесения размеров применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить высокую точность расстояний элементов детали от каких-либо её поверхностей (например, отверстий печатной платы от её кромок), а также при большом числе размеров, наносимых от общей базы.

Комбинированный способ (рис. 2.19, в) нанесения размеров является сочетанием способа нанесения размеров цепочкой и координатного способа и находит самое широкое применение в практике. Этот способ позволяет размеры, требующие высокой точности выполнения, отделить от других размеров.

Базой называют поверхности (обычно плоскости), линии и точки изделия (или их сочетания), относительно которых определяется положение других элементов детали или других деталей сборочной единицы, сопрягаемых с данной.

Различают конструкторские, технологические, измерительные, сборочные и вспомогательные базы.

Конструкторские базы – базы, по отношению к которым ориентируются другие детали сборочной единицы.

Технологические базы – базы, определяющие положение детали при её обработке.

Измерительная (главная) база – база, от которой производится отсчёт размеров при изготовлении и контроле готового изделия.

Примечание. Ось вращения детали является скрытой измерительной базой.

Сборочная база – база, по отношению к которой ориентируются детали изделия в процессе сборки.

Вспомогательная база – база, от которой отсчитываются размеры второстепенных элементов детали, например ширина кольцевой проточки в конце резьбы. Вспомогательная база должна быть связана размерами с измерительной базой.

В качестве размерных баз выбирают более точно обработанные поверхности, т.е. рабочие поверхности. Как правило, поверхности измерительных баз должны обрабатываться в первую очередь.

Размеры между обрабатываемыми и необрабатываемыми поверхностями выделяют в отдельные размерные цепи. Эти цепи должны быть связаны между собой только одним размером.

При большом числе размеров, наносимых от общей базы базовой линии), допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на рис. 2.20, а, б. При этом на базовой линии ставят отметку «О», размерные стрелки ставят в одном направлении и размерные числа наносят в направлении выносных линий их концов.

При большом числе однотипных элементов изделия, неравномерно расположенных на поверхности (рис. 2.20, в), допускается координатный способ нанесения их размеров с указанием размерных чисел в свободной таблице.

При нанесении размеров, определяющих расстояния между одинаковыми и равномерно расположенными элементами детали (например, отверстиями на рис. 2.21), рекомендуется вместо нанесения размерных цепей указывать размер между двумя соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения числа промежутков между элементами на размер одного промежутка.

Одинаковые элементы (например, отверстия), расположенные в разных частях детали, рассматриваются как один элемент, если между ними нет промежутка (рис. 2.22, а) или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (рис. 2.22, б). Если эти условия отсутствуют, то указывают число элементов (рис. 2.22, в).

Если одинаковые элементы детали (например, отверстия) расположены на разных поверхностях и показаны на разных изображениях, то число этих элементов записывается отдельно для каждой поверхности (рис. 2.23, а).

Допускается повторять размеры одинаковых элементов изделия, лежащих на одной поверхности, только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не связаны между собой размерами (рис. 2.23, б).

При изображении детали в одной проекции размер её толщины или длины наносят, как показано на рис. 2.24.

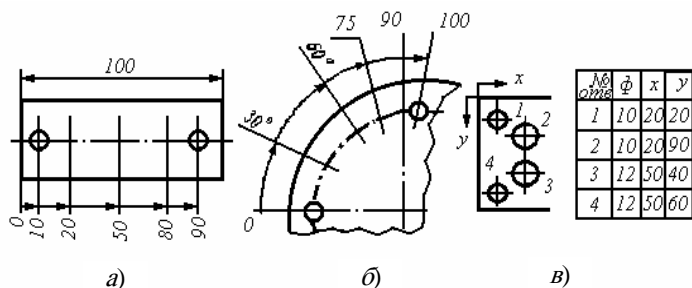


Рис. 2.20

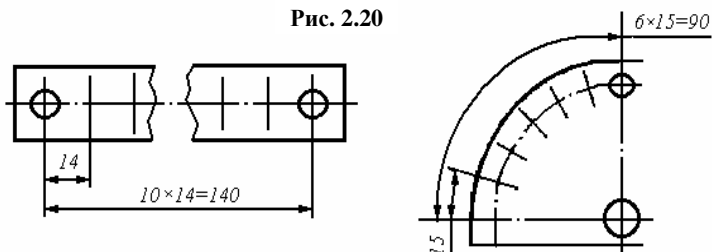


Рис. 2.21

Если отсутствует изображение отверстия в разрезе (сечении) вдоль его оси, то размеры отверстия проставляют, как указано в табл. 2.2.

Размеры на деталях, изготовляемых штамповкой из листового материала, наносят с учётом формы инструмента.

Для дуг окружностей, ограничивающих очертание плоских деталей из листового материала, наносят размеры радиусов этих дуг, а не диаметров окружностей.

У деталей, изготовляемых изгибанием, необходимо указывать внутренний радиус изгиба, так как он определяет форму гибочного штампа или приспособления. Кроме того, наружный радиус готовой детали может иметь отклонения от заданного размера из-за неравномерной деформации материала.

Таблица 2.2

| В разрезе | На виде (при отсутствии разреза) | На виде В разрезе | На виде (при отсутствии разреза) | На виде (при отсутствии разреза) |
|-----------|----------------------------------|-------------------|----------------------------------|--|
| | | | | $\Phi 10; h3 \times 90^\circ$ |
| | | | | $\Phi 10; h3$ $\Phi 14; \Phi 8; \Phi 14 \times 90^\circ$ |
| | | | | $\Phi 20$ $\Phi 10; \Phi 20 \times 7$ $\Phi 9; h3 \times 90^\circ$ |

При указании размеров деталей, полученных изгибанием труб, стержней, полос и т.п., необходимо указывать размеры, связывающие все геометрические элементы, получаемые гибкой.

У деталей с резьбой длина резьбы включает ширину заходной фаски и проточки, выполняемой в конце резьбы. При этом ширину фаски и проточки указывают отдельно.

На чертежах изделий, кроме размеров, необходимых для их изготовления (включая габаритные), в ряде случаев проставляют установочные, присоединительные и справочные размеры.

Установочными и присоединительными размерами называются размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию.

К справочным размерам относят:

- а) один из размеров замкнутой размерной цепи (рис. 2.25, а, б);
- б) размеры, перенесённые с чертежей изделий-заготовок (рис. 2.25, в);
- в) размеры на сборочном чертеже, определяющие предельные положения движущихся элементов изделия, например тумблера, рычага и т.п.;
- г) размеры на сборочном чертеже, перенесённые с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных;
- д) габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесённые с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей;
- е) размеры деталей из сортового, фасонного, листового и т.п. проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведённым в графе «Материалы» основной надписи.

Если на чертеже все размеры справочные, то их не отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок».

При установлении номинальных размеров у проектируемых изделий конструктор должен стремиться к сокращению разнообразия размеров, например: близкие по расчётным размерам фаски, канавки и т.п. следует задавать одинаковыми размерами.

Примечание. При уменьшении разнообразия в размерах упрощается производственный процесс, уменьшается число необходимого режущего и измерительного инструмента, а в итоге снижается стоимость изготовления изделия.

При назначении номинальных размеров конструктор должен учитывать требования: ГОСТ 8032–84. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел (см. прил. 2); ГОСТ 6636–69. Нормальные линейные размеры; ГОСТ 8908–81. Нормальные угловые размеры.

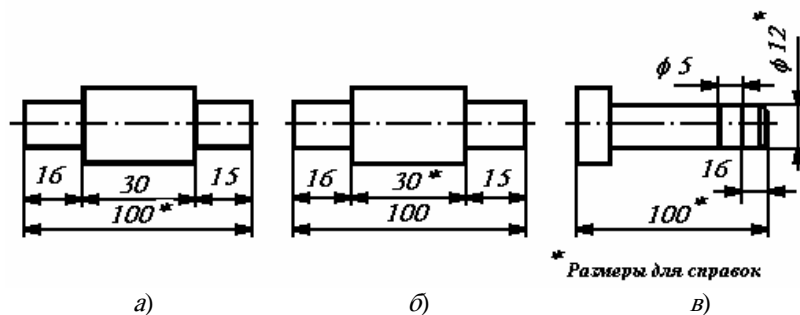


Рис. 2.25

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Начертательная геометрия является теоретической основой построения технических чертежей. Задача изучения данного раздела сводится к развитию пространственного представления и воображения, изучению способов конструирования различных пространственных объектов (в основном поверхностей), способов получения их чертежей.

Инженерная графика дает 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.

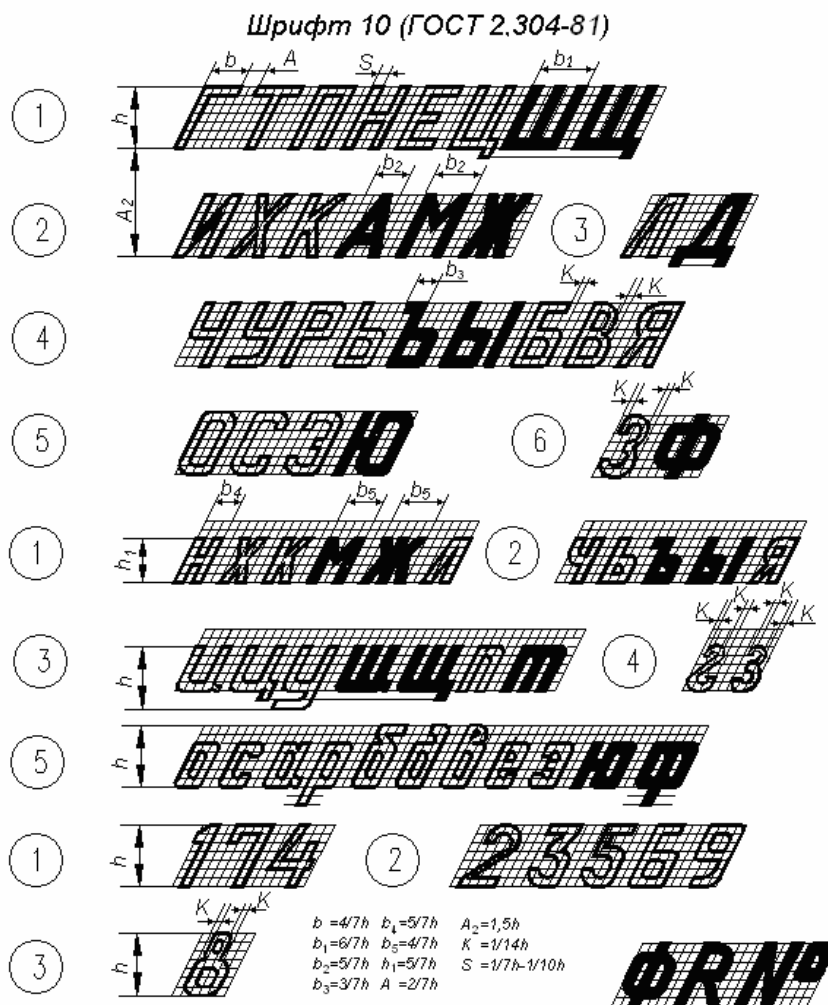
Освоение студентами технических вузов инженерной и компьютерной графики позволяет:

- 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. Стандарты ЕСКД, ЕСТПП и другие по состоянию на 01.01.91.
2. Романычева, Э.Т. Инженерная и компьютерная графика / Э.Т. Романычева, Т.Ю. Соколова, Г.Ф. Шандурина. – М. : ДМК Пресс., 2001. – 593 с.
3. Власов, В.П. Инженерная графика / В.П. Власов. – М. : Машиностроение, 1979. – 279 с.
4. Левитский, В.С. Машиностроительное черчение / В.С. Левитский. – М. : Высшая школа, 1994. – 383 с.
5. 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.
6. Чекмарев, А.А. Инженерная графика / А.А. Чекмарев. – М. : Высшая школа. 2005. – 365 с.
7. Попов, Г.Н. Машиностроительное черчение : справочник / Г.Н. Попов, С.Ю. Алексеев. – СПб. : Политехника, 1994. – 380 с.
8. 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.
9. Суворов, С.Г. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах : справочник / С.Г. Суворов, Н.С. Суворова. – 2-е изд., исправл. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 368 с.
10. Боголюбов, С.К. Черчение / С.К. Боголюбов. – М. : Машиностроение, 1985. – 336 с.
11. 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.
12. 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.
13. Кочетов, В.И. Инженерная и компьютерная графика : учебно-метод. пособие / В.И. Кочетов, Л.Н. Усов. – Тамбов : ТВВАИУРЭ, 2005. – 27 с.
14. Лагерь, А.И. Инженерная графика / А.И. Лагерь. – М., 1985. – 176 с.
15. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В.И. Анурьев. – 8-е изд. – М. : Машиностроение, 1999. – Т. 1. – 912 с.
16. ИУС (Информационный указатель стандартов) по состоянию на 1989 – 2004 гг.

П.1. Написание шрифтов (ГОСТ 2.304–81)



П.2. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел (ГОСТ 8032–84)

| R5 | R10 | R20 | R40 | R5 | R10 | R20 | R40 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | – | – | – | 3,35 |
| – | – | – | 1,06 | – | – | 3,55 | 3,55 |
| – | – | 1,12 | 1,12 | – | – | – | 3,75 |
| – | – | – | 1,18 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| – | 1,25 | 1,25 | 1,25 | – | – | – | 4,25 |
| – | – | – | 1,32 | – | – | 4,50 | 4,50 |
| – | – | 1,40 | 1,40 | – | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| – | – | – | 1,50 | – | – | – | 5,30 |

Пр и м е ч а н и я: 1. При установлении размеров, параметров и других числовых характеристик следует предпочитать ряд $R5$ ряду $R10$; ряд $R10$ – ряду $R20$ и ряд $R20$ – ряду $R40$.

2. Стандартом, кроме основных рядов $R5$, $R10$, $R20$ и $R40$, предусмотрен дополнительный ряд $R80$, который разрешено применять в виде исключения.

3. Числа свыше 10 получаются умножением на 10; 100; 1000 и т.д., а числа меньше 1,0 – умножением на 0,1; 0,01; 0,001 и т.д.

4. Обозначение ряда $R5$, $R10$, ... указывает, сколько разных чисел содержит каждый десятичный интервал данного ряда (например, в ряду $R5$ – пять чисел; в ряду $R10$ – десять и т.д.).

5. На основе этого стандарта установлен ГОСТ 6636–69 на нормальные линейные размеры и ГОСТ 8908–81 на нормальные угловые размеры.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ | 4 |
| 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ | 5 |
| 1.1. Виды проецирования | 5 |
| 1.2. Основные свойства параллельного проецирования | 6 |
| 1.3. Проецирование точки на двух плоскостях проекций | 7 |
| 1.4. Проекция точки на трех плоскостях проекций | 9 |
| 1.5. Проекция прямой и ее различные положения относительно плоскостей проекций | 9 |
| 1.6. Точка на прямой | 12 |
| 1.7. Проекция прямого угла | 12 |
| 1.8. Определение длины отрезка | 13 |
| 1.9. Задание плоскости на чертеже | 13 |
| 1.10. Прямые особого положения в плоскости | 15 |
| 1.11. Позиционные задачи | 16 |
| 1.12. Метрические задачи. Условия проецирования без искажений | 21 |
| 1.13. Способы преобразования чертежа | 23 |
| 1.14. Многогранники | 29 |
| 1.15. Поверхности и тела вращения | 33 |
| 1.16. Аксонометрические проекции | 44 |
| 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ЧЕРТЕЖИ ИЗДЕЛИЙ | 50 |
| 2.1. Единая система конструкторской документации | 50 |
| 2.2. Общие правила оформления чертежей, установленные стандартами | 53 |
| 2.3. Изображения – виды, разрезы, сечения | 59 |
| 2.4. Нанесение размеров | 66 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 74 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 75 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 76 |

