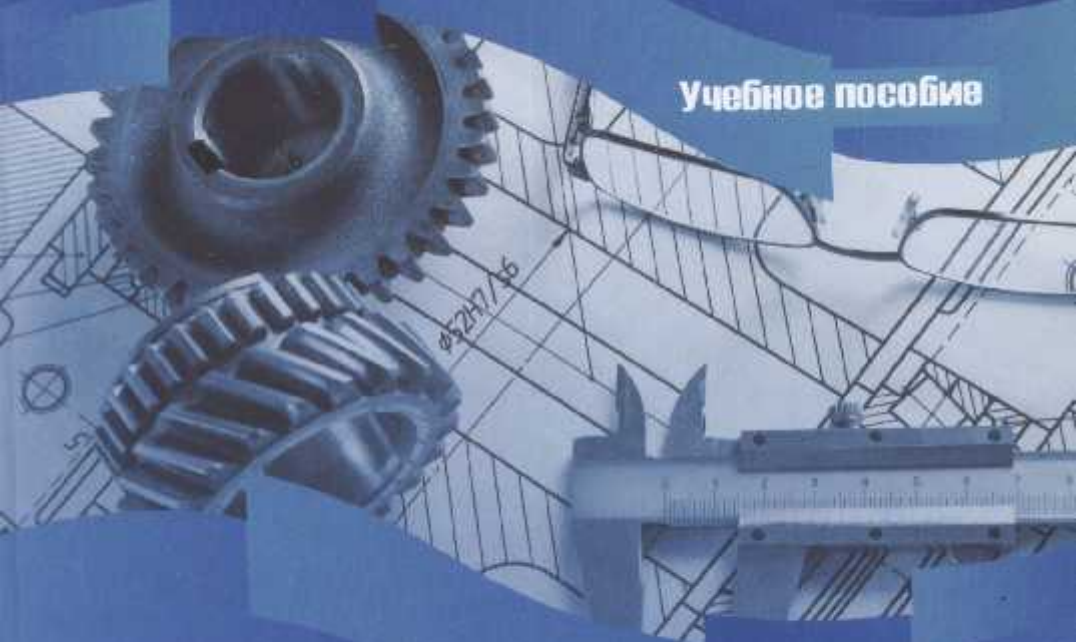


744
К-96

Кучкарова Г.Р.

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ

КУЧКАРОВА Г.Р.

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Учебное пособие для студентов сферы образования
5340100 –Архитектура

БУХАРА-2022
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДУРДОНА»

22.151.3я73
004.92:744(075.8)
К 96

Кучкарова Г.Р.
Начертательная геометрия и инженерная графика [Текст] : учебное пособие / Кучкарова Г.Р. – Бухара: «Дурадо», 2022. 244
ББК 22.151.3я73
УДК 004.92:744(075.8)

СОСТАВИТЕЛИ:

Г.Р. Кучкарова – ассистент кафедры «Начертательная геометрия и инженерная графика» Бухарский инженерно-технологический институт

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Бадиев М.М. – кандидат технических наук, профессор кафедры «Изобразительное искусство и инженерная графика» БУ

Хантов Б.У. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Начертательной геометрии и инженерной графика» БЭТИ

Рекомендовано к печати Министерством высшего и среднего специального образования РУз в качестве учебного пособия для студентов технических и технологических специальностей (приказ № 356 от 18.08.2021 г.). Регистрационный номер 356/7-483.

ISBN 978-9943-7969-7-3

© Кучкарова Г.Р.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Аннотация

О'quv qo'llanmada geometrik figuralarning proyeksiyalovchi tekisligidagi tasvir masalalari, ularning nisbiy holati va ularning kesishgan joylari ko'rib chiqilgan. Talabalarni geometrik, proektstion va texnik rasm chizishning asosiy texnikalari va qoidalari bilan tanishtirish uchun imkoniyat taqdim etiladi. Kompyuter texnologiyalari yordamida qo'llanma rus tilida so'zlashadigan muhitda umumiy texnik fanlarni o'zlashtirishda foydali bo'lgan turli xil tushuncha va atamalarni o'zlashtirishga yordam beradi.

Аннотация

В учебном пособии рассматриваются вопросы изображения на плоскости проекции геометрических фигур, их взаимное расположение и их пересечения. Представлена возможность познакомить студентов с базовыми приемами и правилами геометрического, проекционного и технического черчения. При помощи компьютерных технологий пособие поможет освоить широкий круг понятий и терминов, которые будут полезны при освоении общетехнических дисциплин в русскоязычной среде.

Annotation

The tutorial deals with the issues of images on the projection plane of geometric figures, their relative position and their intersections. The opportunity is presented to acquaint students with the basic techniques and rules of geometric, projection and technical drawing. With the help of computer technology, the manual will help you master a wide range of concepts and terms that will be useful in mastering general technical disciplines in the Russian-speaking environment.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития науки и техники, различных отраслей промышленности предъявляет повышенные требования к подготовке высококвалифицированного инженерно-технического персонала, успешно владеющих техническими знаниями. Важное место в такой подготовке отводится предмету "Инженерная графика". Развитие новых технологий сопровождается интенсификацией инженерно-технического труда, требуя выполнения значительного количества всевозможной конструкторской документации. Современный специалист должен уметь правильно отображать техническую мысль на чертеже, эскизе, схеме.

Последние десятилетия характеризуются всё большим внедрением компьютерных технологий в различные сферы человеческой деятельности. С конца XX века возможностями компьютерной техники широко пользуются и при проведении чертёжно-конструкторских работ. Стали создаваться различные программы, охватывающие все направления инженерной графики. Среди всего многообразия существующих программ наиболее распространённой является программа AutoCAD. Умение практически и грамотно пользоваться этой и другими программами является необходимым для каждого инженера.

В данной книге рассмотрены основные элементы машиностроительного черчения, начертательной геометрии и компьютерной графики. Книга написана в компактной и доступной для студентов форме, содержит тот материал, который необходим при выполнении графических работ.

Раздел "Машиностроительное черчение" содержит основные сведения о конструкторской документации и её

оформлении. В этом разделе подробно показаны методы построения чертежей, их аксонометрических проекций, разрезов и сечений. Достаточное внимание уделено соединениям деталей, сборочным чертежам, процессу детализации, а также составлению различных схематических чертежей.

Раздел "Начертательная геометрия" содержит понятия и определения, касающиеся процесса проецирования геометрических фигур на плоскости проекций, примеры решения позиционных и метрических задач, а также пространственных фигур.

В разделе "Компьютерная графика" студенты могут ознакомиться с основами компьютерного черчения.

ГЛАВА I ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Правила выполнения чертежей

Чертёжно-графические работы, согласно Государственному стандарту, выполняются на основе Единой системе конструкторской документации (ЕСКД).

Стандарты – это нормативные документы, устанавливающие единые правила выполнения и оформления конструкторских документов во всех отраслях промышленности.

Конструкторские документы включают в себя чертежи различных деталей, сборочные чертежи, схемы, текстовые и прочие документы. Стандарты ЕСКД охватывают все действующие правила выполнения чертежей.

Являясь нормативным техническим документом, стандарт накладывает на объект необходимые нормы, правила и требования, которые утверждаются соответствующей организацией.

В частности, стандарты накладывают определенные требования к форматам, масштабам, линиям, шрифтам и др.

Все чертежи должны выполняться на листах (форматах) определенных размеров.

Форматы – это установленные стандартом ГОСТ 2301 требования к размерам листов для выполнения чертёжно-конструкторских работ.

Выбор формата осуществляется в зависимости от размеров, сложности, числа видов вычерчиваемого объекта.

Согласно стандарту существуют пять основных (А0, А1, А2, А3, А4) и несколько дополнительных форматов.

Формат А0 со сторонами 1189х841 мм является одним из основных форматов, площадь которого приблизительно равна 1м². Остальные основные форматы получаются путём последовательного деления соответствующего формата на две равные части параллельно его меньшей стороне. Размеры предельного отклонения размеров форматов составляют «(1,5...3,0) мм.

Каждый формат, на котором выполняется чертеж, имеет внешнюю и внутреннюю рамки.

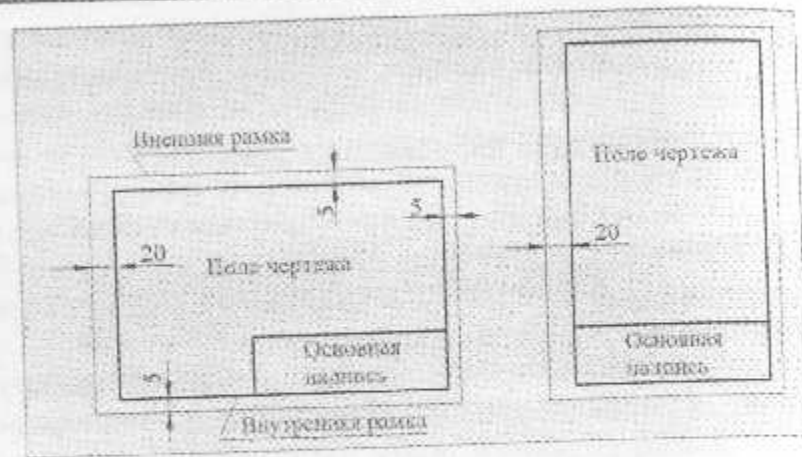
Внешняя рамка чертится сплошной тонкой линией, а внутренняя рамка – сплошной толстой линией. Расстояние между левыми сторонами рамок составляет 20 мм, между другими сторонами 5 мм.

Обозначения и размеры основных форматов приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
А0	841х1189
А1	594х841
А2	420х594
А3	297х420
А4	210х297

Большин размер между левыми сторонами рамок оставляют для подшивки чертежей (рис.1.1).



Pmc1.1

Масштаб — это соотношение между линейными размерами предмета, изображенного на чертеже, с истинными размерами этого предмета.

В тех случаях, когда начертить чертёж по истинным размерам не представляется возможным, используют масштабы.

Используемые в чертёжно-конструкторских работах масштабы регламентированы соответствующим стандартом ГОСТ 2.302. По этому стандарту чертёж может быть начерчен в увеличенном, уменьшенном масштабе и в истинную величину.

В таблице 1.2 приведены некоторые наиболее часто используемые в машиностроительном черчении масштабы.

Масштаб, в котором начерчен чертёж, указывается в основной надписи чертежа в соответствующем месте, например 1:1, 2:1, 1:2 и т.д. В том случае, если масштаб указывается в пределах чертежа, то он обозначается буквой М; например М 1:1, М 2:1, М 1:2 и т. д. Необходимо знать, что если чертёж начерчен в масштабе, то на чертеже указываются истинные размеры начерченного изделия (рис.1.2).

Масштабы уменьшения	1:2	1:2,5	1:4	1:5	1:10	и др.
Естественная величина	1:1					
Масштабы увеличения	2:1	2,5:1	4:1	5:1	10:1	и др.

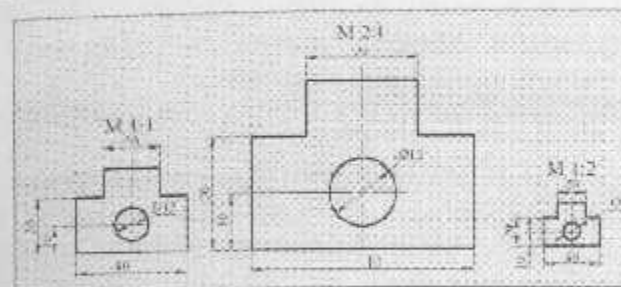


Рис.1.2

Линии. При выполнении чертежных работ применяются различные типы линий. Основные типы линий, установленные стандартом ГОСТ 2.303, приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

№	Наименование	Изображение	Размеры, мм
1	Сидловый основной		800, 600, 1,5
2	Сидловая толкая		800, 800
3	Сидловый раскладной		800, 800
4	Ширинная		800, 800
5	Ширинная толкая		800, 800
6	Ширинная толкая с сидловым		800, 2000
7	Раскладная		800, 1,55
8	Сидловый толкая с сидловым		800, 800
9	Толкая ширинная толкая с сидловым		800, 800

1. **Сплошная основная толстая линия** - применяется для изображения видимых контуров деталей. Толщину такой линии S принимают в интервале 0,6...1,5 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от размера формата. Толщину других типов линий принимают в зависимости от толщины сплошной основной толстой линии.

2. **Сплошная тонкая линия** - применяется для изображения размерных, выносных линий, линий штриховок, линий-выносок. Толщина тонкой линии от $S/3$ до $S/2$.

3. **Сплошная волнистая линия** - применяется для изображения линий обрыва, когда изображение на чертеже дано не полностью. Толщина сплошной волнистой линии от $S/3$ до $S/2$.

4. **Штриховая линия** - применяется для изображения невидимых контуров предмета. Толщина штриховой линии берётся от $S/3$ до $S/2$. Длина штриха в штриховой линии составляет 2...8 мм, а расстояние между штрихами 1...2 мм.

Если на чертеже имеются штриховые линии, расположенные в различных направлениях, то штрихи не должны пересекаться.

5. **Штрихпунктирная тонкая линия** - применяется для изображения осевых и центровых линий.

Штрихпунктирная линия состоит из длинных тонких штрихов и коротких штрихов (точек) между ними. Длина длинных штрихов 5...30 мм, а расстояние между ними 3...5 мм. Толщина такой линии составляет от $S/3$ до $S/2$. Осевые и центровые линии должны выступать за контуры изображения не более чем на 5 мм. Штрихпунктирная тонкая линия используется при изображении центровых линий окружности. При этом надо помнить, что в центре окружности должны быть изображены два пересекающихся штриха, а не точка. Если диаметр окружности меньше 12 мм, то центровые линии показываются как сплошные тонкие линии.

6. **Штрихпунктирная утолщенная линия** - применяется для изображения линий, обозначающих поверхности, подлежащие термообработке или покрытию, а также линий для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью. Длина штрихов этой линии 3...8 мм, а расстояние между ними 3...4 мм. Толщина линии от $S/2$ до $2/3S$.

7. **Разомкнутая линия** - используется для изображения линии сечений. Длина конечных штрихов составляет 8...20 мм, а толщина от S до $1,5S$.

8. **Сплошная тонкая линия с изломом** - применяются как линии обрывов. Толщина линии от $S/3$ до $S/2$.

9. **Тонкая штрихпунктирная линия с двумя точками** - применяется при построении разверток объектов для изображения линии сгиба. Эти линии также применяются в тех случаях, когда изображают положение перемещающейся части предмета в промежуточном и конечном положениях. Длина штрихов 5...30 мм, а расстояние между ними 4...6 мм.

Рекомендуется принимать длину штрихов 15...20 мм. Толщина такой линии составляет от $S/3$ до $S/2$.

На рисунке 1.3 показан пример применения некоторых типов линий.

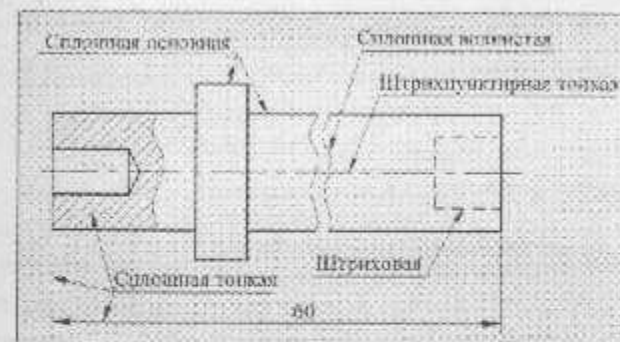


Рис.1.3

Основная надпись

Каждый чертёж и конструкторский документ должен содержать основную надпись. Иногда под основной надписью имеют в виду угловой штамп (рис.1.1). Основная надпись выполняется согласно ГОСТ 2.104. В ней даётся вся информация, касающаяся данного чертежа или конструкторского документа.



Рис.1.4

Основная надпись располагается в правом нижнем углу чертежа. На производственных чертежах, выполненных в формате А4, основную надпись располагают вдоль короткой стороны, а на чертежах больших форматов её можно располагать как вдоль длинной, так и вдоль короткой стороны (рис.1.8).

Нанесение размеров на чертеже

При вычерчивании чертежа изделия на него обязательно должны быть нанесены размеры. Чертёж без размеров считается неправильным. Размеры на чертеже указываются размерными и выносными линиями, а также размерным числом.

Размеры делятся на линейные и угловые. Линейные размеры показывают длину, ширину, высоту, толщину, радиус и диаметр изделия. В технических чертежах линейные размеры проставляются в миллиметрах, но единица измерения не указывается. Если размер даётся в других единицах (см, дм и т.д.), то рядом с размером должна быть указана единица измерения.

Угловые размеры характеризуют величину угла и задаются в градусах, минутах и секундах. Например: 4° , $4^\circ 30'$, $4^\circ 30'20''$.

Количество указанных на чертеже размеров изделия должно быть минимальным и в то же время достаточным для его понимания и изготовления.

Размерные и выносные линии. Для простановки размеров на чертеже сначала проводят выносные линии. Они должны быть перпендикулярны к измеряемому отрезку. Затем проставляется размерная линия. Размерная и выносная линии чертятся сплошными тонкими линиями. Расстояние от размерной линии до контурной линии должно быть в пределах 6...10 мм. В том случае, если имеются несколько параллельных размеров, то расстояния между ними также составляет 6...10 мм. Выносная линия выходит за пределы размерной линии на 1...5 мм. Размерное число ставится над размерной линией ближе к середине (рис.1.5).

В некоторых случаях при необходимости выносные линии могут быть проведены под углом к измеряемому размеру (рис.1.6).

Стрелки. Размерная линия ограничивается стрелками с двух, а в некоторых случаях с одной стороны. Стрелки обязательно должны стыковаться с соответствующими выносными, контурными или осевыми линиями. Форма стрелки и примерное соотношение её элементов показаны на рисунке 1.7.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

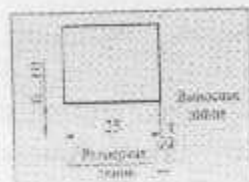


Рис. 1.5

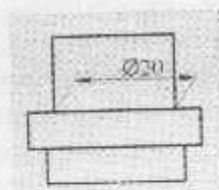


Рис. 1.6

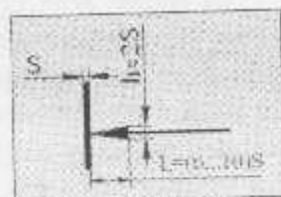


Рис. 1.7

Если размеры между смежными элементами заданы цепочкой и расстояния между этими элементами не позволяют проставлять стрелки, то в этом случае допускается заменять стрелки засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям или четко наносимыми точками (рис.1.8, а, б).

Если стрелка пересекается с какой-нибудь линией, то на этом месте линия разрывается (рис.1.8, в).

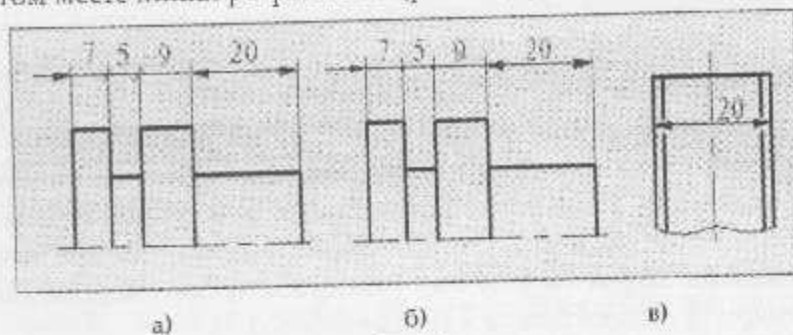


Рис.1.8

Размерные числа. При нанесении размерных чисел необходимо соблюдать некоторые правила. Если размерная линия горизонтальная, то размерное число ставится над стрелкой, если же размерная линия фронтальная, то размерное число пишется слева от неё. Размерные числа не должны пересекаться с другими линиями чертежа. При необходимости линии, которые пересекаются с размерными числами, прерывают (рис. 19).

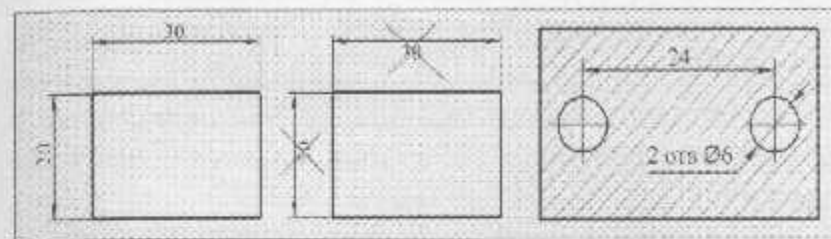


Рис.1.9

Размерное число пишется на расстоянии около 1 мм от размерной линии. Если для нанесения размерного числа места над размерной линией недостаточно, то размерное число допускается записывать на продолжении размерной линии или же указывать на линии-выноске (рис.1.10, а).

Если на чертеже имеются несколько параллельных размерных линий, то размерные числа записывают в шахматном порядке (рис.1.10 б, в).

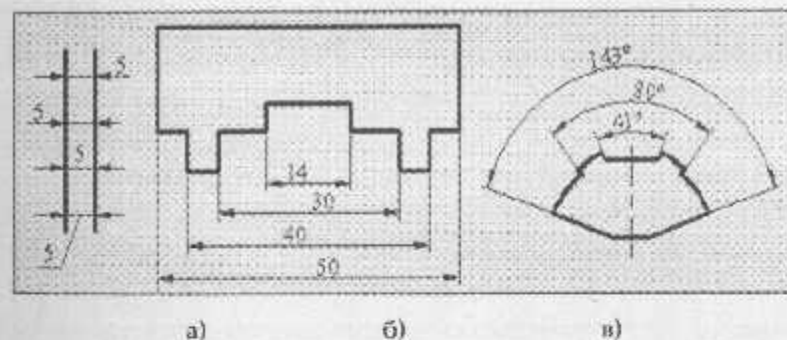


Рис.1.10

Размеры диаметров. При указании размера диаметра перед размерным числом наносят символ « Φ ». Высота символа должна равняться высоте соответствующей буквы (h), диаметр окружности символа принимается равный $7/10$ h. Угол наклона линии символа составляет примерно 60° .

На рисунке 1.11 приведены возможные варианты нанесения размеров диаметра. Если диаметр окружности больше 10 мм, стрелки ставятся внутри окружности, а размерные шифры могут указываться как внутри, так и вне окружности.

При диаметре меньше 10 мм стрелки выносятся за пределы окружности. Символ диаметра ставится и в тех случаях, когда поверхность имеет сферическую форму. В тех случаях, когда на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей перед символом диаметра пишется слово «Сфера» (рис.1.12).

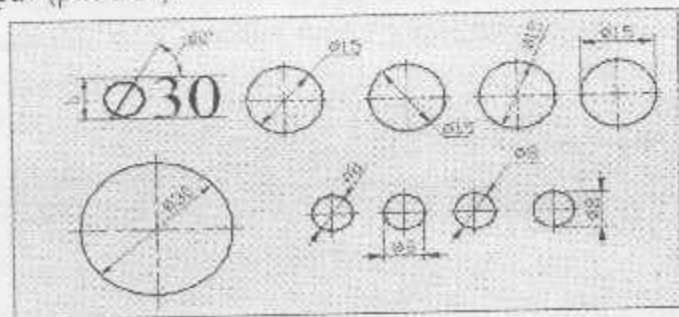


Рис.1.11

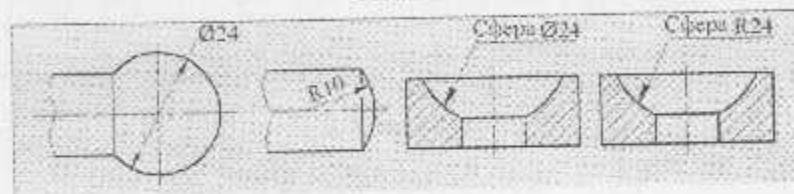


Рис.1.12

Размеры радиусов. Если центральный угол дуги равен или больше 180°, то перед размером дуги ставится символ диаметра, если же этот угол меньше 180°, ставится символ радиуса, который обозначается латинской прописной буквой «R» (рис.1.13).

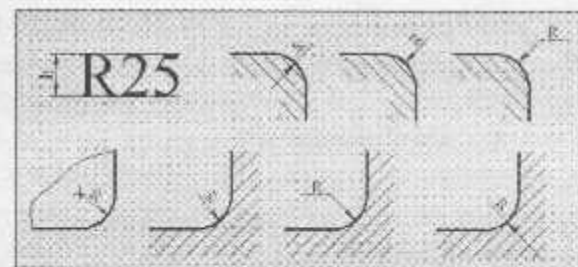


Рис.1.13

Как правило, размерную линию для указания радиуса проводят из центра дуги, которая оканчивается стрелкой с одной стороны. Центр дуги изображается в виде двух пересекающихся прямых. При большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге. В этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90°.

Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги, то размерную линию можно не доводить до центра или смещать относительно центра (рис.1.14).

Радиусы дуг внешних и внутренних закруглений пишутся на размерных линиях и линиях-выносах. При этом размерная линия и линии штриховок должны располагаться под углом друг к другу.

Если на чертеже имеются закругления одинакового радиуса, то их размеры можно не указывать, а делать соответствующую запись в технических требованиях чертежа. Например, сделать запись: радиусы закруглений 4 мм.

Символ радиуса перед числовым размером дается и в случаях, когда поверхность имеет сферическую форму. Если на чертеже трудно отличить сферическую поверхность от

другой поверхности, тогда перед символом радиуса пишется слово «Сфера».

Угловые размеры. При нанесении угловых размеров размерную линию дают в виде дуги с центром в вершине угла. Если размерная линия угла располагается выше горизонтальной линии, то размерное число пишется выше угловой размерной линии, в противном случае размер ставится внутри дуги. При небольших величинах углов допускается указывать размерные числа на линиях-выносах (рис.1.15).

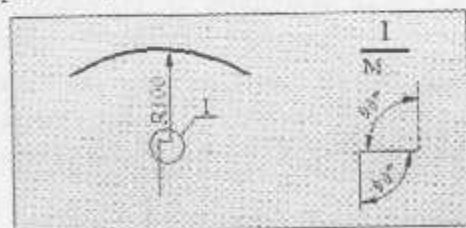


Рис.1.14

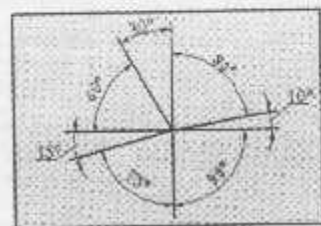


Рис.1.15

Размеры квадратов. Условное обозначение квадрата «□». Оно применяется только в тех случаях, когда изображение не даёт полного представления о форме квадрата. В тех случаях, когда форма квадрата отчётливо видна из чертежа, указывают длины двух сторон квадрата (рис.1.16).

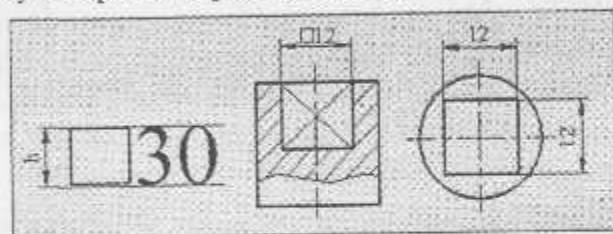


Рис.1.16

Конусность. На чертеже конусность обозначается как относительное соотношение двух чисел и согласно ГОСТ 2.307 обозначается символом « \angle », острый угол которого направлен в сторону вершины конуса (рис.1.17).

Уклон – эта величина, показывающая наклонность одной прямой по отношению к другой. Уклон на чертеже согласно ГОСТ 2.307 обозначается символом « Φ », острый угол которого направлен в сторону уклона. Уклон даётся как соотношение двух чисел (например: 1:5, 2:7 и т.д.). Линия выноски, на которой указывается уклон, должна заканчиваться стрелкой, упирающейся в линию (рис.1.18).

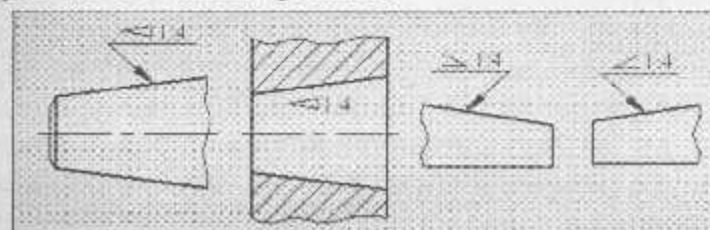


Рис.1.17

Рис.1.18

Геометрические построения

При вычерчивании деталей часто приходится иметь дело с различными геометрическими построениями. Сюда можно отнести деление прямых, окружностей на равные части, построения углов, определение центра окружности и т.д.

Деление отрезка на равные части

Рассмотрим случай деления отрезка на две равные части. Допустим, что нам дан отрезок прямой АВ (рис.1.19, а). Для того, чтобы разделить этот отрезок на две равные части, проведём из концов отрезка (точек А и В) дуги, радиусы которых берём чуть больше длины половины заданного

отрезка. Эти дуги пересекаются в точках М и N (рис. 1.19, б). Соединим их. Полученная прямая MN пересекает заданную прямую АВ в точке С, которая и является центром прямой АВ, т.е. делит отрезок на две равные части (рис.1.19, в).

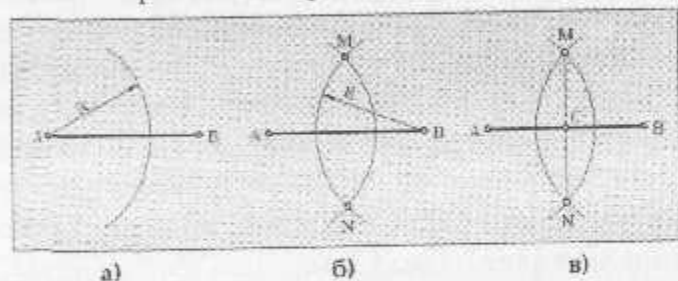


Рис.1.19

Рассмотрим случай деления отрезка прямой на несколько равных частей. Представим, что надо разделить отрезок АВ на семь равных частей (рис.1.20). Для этого из любого конца прямой, например, из точки В, проводим вспомогательную прямую ВС. Эта прямая проводится произвольно под любым углом. На этой прямой от точки В с помощью измерителя откладываем семь равных, произвольных по длине отрезков и отмечаем концы этих отрезков цифрами 1, 2, 3 ...7. Соединяем точку 7 с точкой А, а из других точек проводим прямые, параллельные этой прямой. Полученные на прямой АВ точки делят её на семь равных частей.

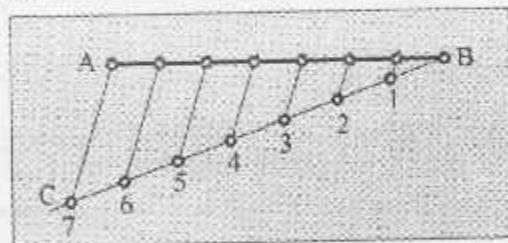


Рис.1.20

Построение и деление углов на равные части

Рассмотрим методику построения угла, равного данному. Предположим, что мы имеем некоторый угол ВАС и требуется построить новый угол, равный этому углу (рис.1.21).

Для этого из точки А произвольным радиусом R поведём дугу и найдём точки пересечения этой дуги со сторонами угла ВАС – точки М и N

(рис.1.21, а). Затем из произвольной точки А1 (рис.1.21,б) проводим прямую А1С1. Из точки А1 радиусом R строим дугу и находим точку М1 – точку пересечения проведённой дуги с прямой А1С1. Далее из точки М1 проводим дугу радиусом $R_1=MN$ и находим точку N1 (рис.1.21,в). Соединяем полученную точку N1 с точкой А1 (рис.1.21,г) и получаем угол В1А1С1 равный по величине заданному углу ВАС.

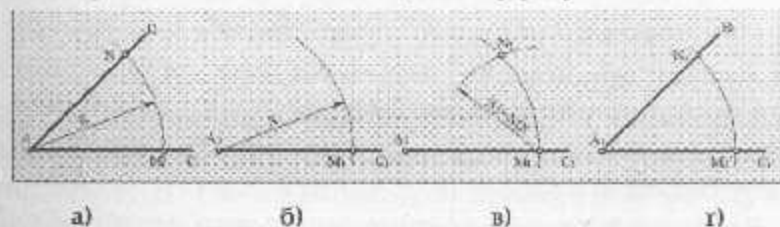
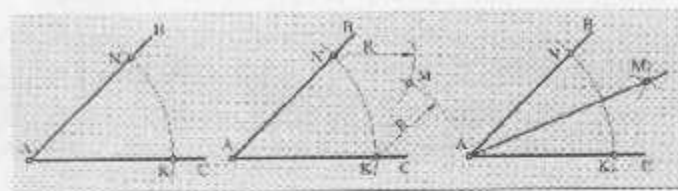


Рис.1.21

А теперь рассмотрим, как можно угол разделить на две равные части (рис.1.22). Из вершины угла ВАС – точки А произвольным радиусом проводим дугу и находим точки пересечения дуги со сторонами угла – точки К и N (рис.1.22, а).



а) б) в)

Рис.1.22

Затем из этих точек радиусом, большим половиной длины дуги KN проводим дуги и находим точку их пересечения - точку М (рис.1.22, б). Соединяем точки М и А. Полученная прямая АМ делит угол ВАС на две равные части и называется биссектрисой угла (рис.1.22, в).

Если такие же построения провести для углов ВАМ и САМ, то угол ВАС будет разделен на четыре части.

Деление окружности на равные части

На практике нередко приходится сталкиваться с необходимостью деления окружности на равные части. Например, при изготовлении зубчатых колёс, изготовлении фланцев с отверстиями, при построении правильных многоугольников и т.д.

Рассмотрим пример деления окружности радиусом R на три равные части (рис.1.23). Вначале деление проведем с помощью циркуля. Для этого на окружности берем произвольную точку А и из этой точки радиусом, равным радиусу окружности проводим дугу. Эта дуга пересекает окружность в двух точках 1 и 2. За третью точку принимаем верхнюю точку пересечения окружности с вертикальной осью окружности. Эти точки делят окружность на три равные части.

Теперь рассмотрим деление окружности на шесть равных частей (рис.1.24). С помощью циркуля это

производится следующим образом. Из точек пересечения оси симметрии (в нашем примере взята вертикальная ось) с окружностью 1 и 4 радиусом, равным радиусу окружности проводим две дуги и отмечаем точки пересечения этих дуг с окружностью - точки 2, 3, 5 и 6. Полученные на окружности шесть точек делят её на шесть равных частей. Соединив полученные точки прямыми линиями, получаем вписанный в окружность шестиугольник.

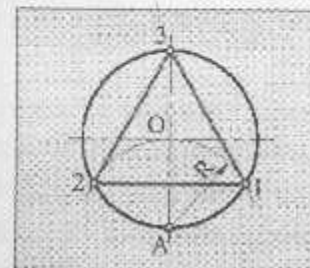


Рис.1.23

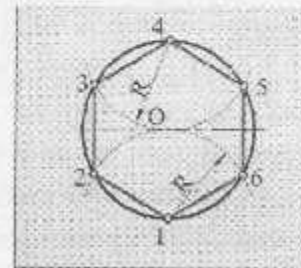


Рис.1.24

Рассмотрим деление окружности с помощью циркуля на пять равных частей. Одной из пяти точек деления является точка 1. Далее делим отрезок ОД на две равные части (рис.1.25, а). Для этого используем правило деления отрезка прямой на две равные части. Этой точкой будет точка А. Затем из точки А радиусом $R_1=1A$ проводим дугу, которая пересекает горизонтальную ось окружности в точке В (рис.1.25, б). Далее из точки 1 проводим дугу радиусом $R_2=1B$, которая пересекает окружность в точках 2 и 5. Приняв эти точки за центры, проводим тем же радиусом R_2 дуги, пересекающие окружность в точках 3 и 4 (рис.1.25, в).

Таким образом, окружность делится на пять равных частей. Если соединить эти точки прямыми линиями, как показано на рис.1.25г, то получим правильный пятиугольник, вписанный в окружность.

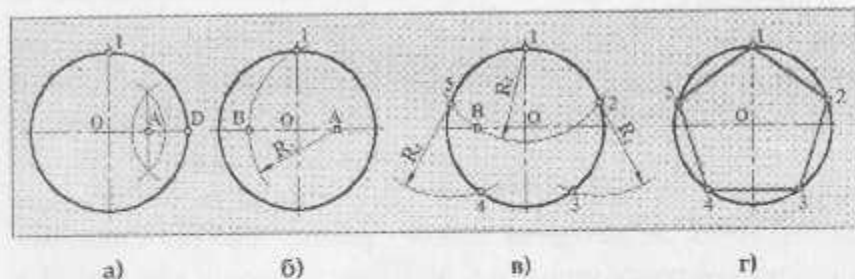


Рис. 1.25

Нахождение центров окружности и дуги и определение их радиусов

Предположим, что на чертеже дана окружность, у которой не показан центр и не указан радиус и требуется их определить. Для этого поступаем следующим образом. Проводим две непараллельные хорды окружности, например AB и CD (рис.1.26, а). Затем находим центры этих хорд (используя правило деления окружности на две равные части). После этого через найденные центры хорд проводим к ним перпендикулярные прямые и определяем точку пересечения этих прямых. Полученная точка O будет центром окружности (рис.1.26,б). Определив центр окружности можно определить радиус окружности R .

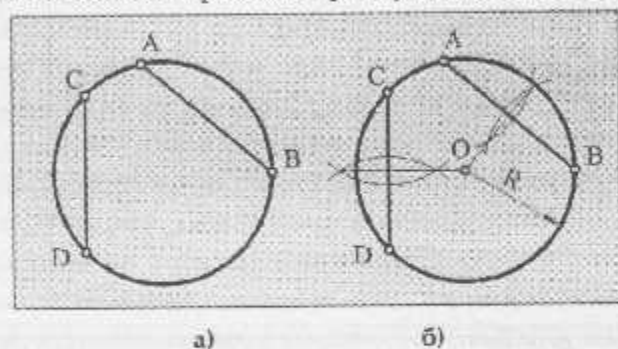


Рис.1.26

Сопряжения

Сопряжение – это плавный переход от одной прямой к другой, от прямой к окружности и от одной окружности к другой.

Детали с сопрягаемыми поверхностями часто встречаются в различных отраслях промышленности, в частности, при проектировании нефтепромыслового оборудования, в машиностроении, самолётостроении, автомобильной промышленности, кораблестроении и обеспечивают высокую прочность и надёжность деталей и узлов оборудования.

Точки, по которым происходит плавный переход от одной линии к другой, называются **точками сопряжения**. Для построения плавного перехода необходимо знать радиус сопряжения, центр сопряжения и положения точек сопряжения.

Сопряжение двух прямых. Как известно, две прямые могут пересекаться под прямым, острым и тупым углом.

На рис.1.27 показаны примеры сопряжения радиусом R двух прямых, расположенных под прямым (рис.1.27, а), острым (рис.1.27, б) и тупым углом (рис.1.27, в). Рассмотрим методику построения сопряжения двух прямых.

Вначале определяем центр сопряжения. Проводим параллельно каждой из этих прямых на расстоянии R вспомогательные прямые. Полученная при пересечении этих прямых точка O и будет центром сопряжения.

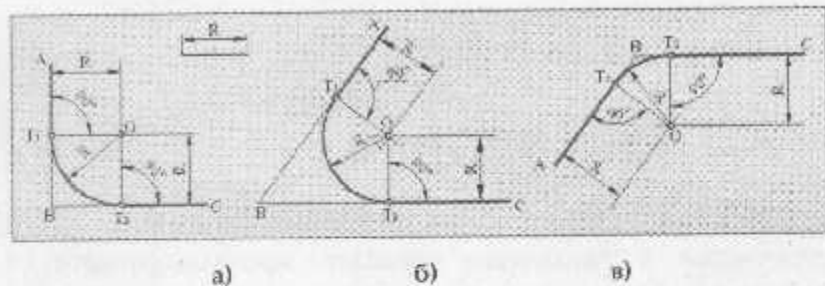


Рис. 1.27

Затем из этой точки опускаем перпендикуляры на данные прямые. Точки пересечения этих перпендикуляров с прямыми – точки T_1 и T_2 являются точками сопряжения. Из полученного центра сопряжения O с помощью циркуля проводим дугу радиусом R , которая проходит через точки сопряжения T_1 и T_2 .

Таким образом, полученная дуга является сопряжением двух прямых.

Сопряжения прямой и окружности. Рассмотрим пример построения сопряжения окружности радиусом R_1 с центром в точке O с прямой AB . Радиус сопряжения R (рис.1.28).

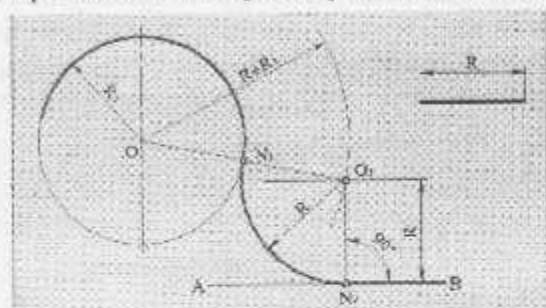


Рис.1.28

Для этого из центра O проведем вспомогательную дугу радиусом $R+R_1$. Далее, на расстоянии R от прямой AB проводим дополнительную параллельную ей прямую и

находим точку пересечения этой прямой с дугой – точку O_1 . Эта точка будет центром сопряжения. После этого находим точки сопряжения. Соединяем точки O и O_1 и определяем первую точку сопряжения N_1 . Из точки O_1 опускаем перпендикуляр на прямую AB и находим вторую точку сопряжения – точку N_2 . И, наконец, строим дугу сопряжения радиусом R_1 , с центром в точке O_1 и проходящую через точки

N_1 и N_2 .

Сопряжения двух окружностей. При сопряжении двух окружностей возможны два случая: внутреннее и внешнее сопряжение. Рассмотрим каждый из этих случаев.

Внутреннее сопряжение. Предположим, что даны две окружности радиусами R_1 и R_2 с центрами соответственно в точках O_1 и O_2 . Построим внешнее сопряжение этих окружностей с радиусом сопряжения R . Для этого из центра O_1 проводим дугу радиусом $R-R_1$, а из центра O_2 дугу радиусом $R-R_2$ (рис.1.29). Точка пересечения этих дуг – точка O , является центром сопряжения. Соединив точку O с точками O_1 и O_2 находим точки сопряжения N_1 и N_2 . С помощью циркуля из центра O проводим дугу сопряжения, проходящую через точки N_1 и N_2 .

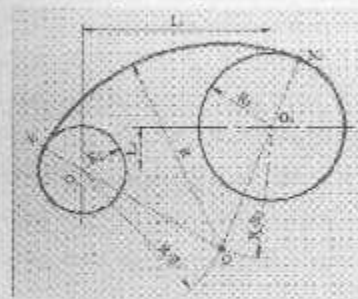


Рис.1.29

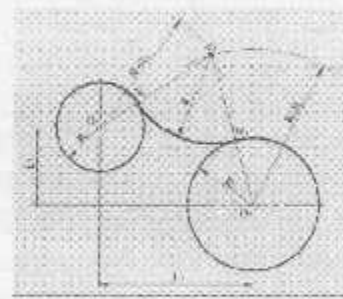


Рис.1.30

Внешнее сопряжение. Рассмотрим построение внешнего сопряжения окружностей радиусами R_1 и R_2 с центрами соответственно в точках O_1 и O_2 . Радиус сопряжения R . (рис.1.30).

Для этого из центра O_1 проводим дугу радиусом $R+R_1$, а из центра O_2 дугу радиусом $R+R_2$. Точка пересечения этих дуг - точка O , является центром сопряжения. Соединив точку O с точками O_1 и O_2 находим точки сопряжения N_1 и N_2 . С помощью циркуля из центра O проводим дугу сопряжения, проходящую через точки N_1 и N_2 . Полученное сопряжение является внешним сопряжением окружностей.

Лекальные кривые

Очень часто на практике встречаются лекальные кривые. Такие кривые чертятся по заданным точкам с помощью специальных линеек - лекал. К лекальным кривым относятся синусоида, эллипс, парабола, гипербола и т.д.

На рисунке 1.31 показано построение синусоиды. Для этого заданную окружность радиусом R делим на несколько равных частей (обычно для удобства делят на 12 частей). Из точки O_1 проводим горизонтальную прямую O_1A , длина которой равна длине окружности ($L=2\pi R$). Эту прямую тоже делим на 12 равных частей. Из полученных точек расположенных на окружности, проводим горизонтальные прямые, а из точек на прямой AB вертикальные прямые, и находим точки пересечения соответствующих прямых. Полученные точки являются точками синусоиды. Плавно соединив их, получаем синусоиду.

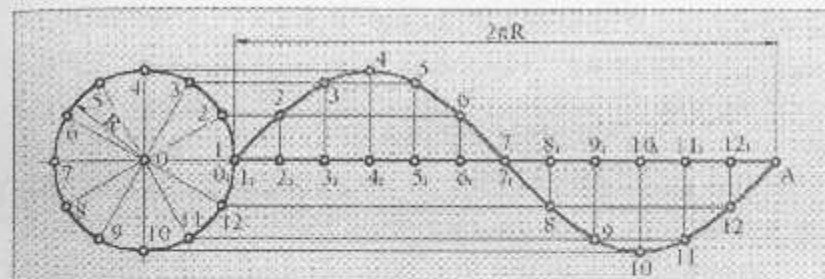
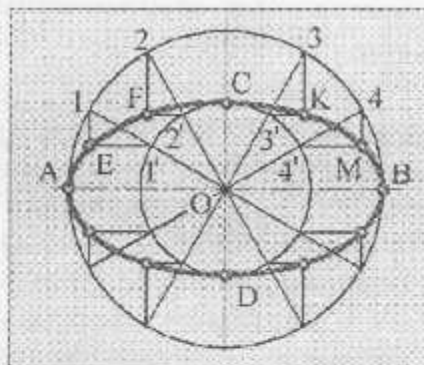


Рис.1.31

Рассмотрим построение эллипса (рис. 1.32). Из центра O проводим две взаимно перпендикулярные оси эллипса. Затем из этого же центра проводим две окружности, размеры которых равны размерам большой и малой осей эллипса. Отмечаем точки пересечения диаметров этих окружностей с центровыми линиями - точки A, B, C и D .

Рис.1.32

Далее делим заданную окружность на равные части, например, как показано в примере, на 12 равных частей и отмечаем точки деления на большой и малой окружностях (точки $1, 2, 3, 4, \dots$ и $1', 2', 3', 4', \dots$). После этого из точек, полученных на большой окружности проводим прямые, параллельные прямой CD , а из точек, расположенных на малой окружности, прямые, параллельные прямой AB . Точки пересечения этих прямых (E, F, K, M, \dots), а также точки A, B, C, D соединяем с помощью лекалы и получаем эллипс.



ГЛАВА II ЭЛЕМЕНТЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Методы проецирования

Для того, чтобы получить изображение предмета на чертеже нужно спроецировать его на лист.

Процесс построения проекции предмета на плоскости называется **проецированием**. Плоскости, на которых получают проекции предмета называются **плоскостями проекций**, а сами изображения **проекциями**.

Для того, чтобы получить проекции точки на плоскости из этой точки проводят лучи.

Центральное проецирование. Если при проецировании предмета на проецирующую плоскость все лучи исходят из одной точки, такой метод проецирования называется **центральной проекцией**. Точка, из которой исходят лучи, называется **центром проецирования**. Полученная при этом проекция называется **центральной**.

Рассмотрим пример получения проекции треугольника ABC методом центрального проецирования. Примем точку S за центр проецирования, а плоскость α за плоскость проекций. Центр проецирования и плоскость проекций выбираем так, чтобы треугольник ABC располагался между ними (рис.2.1). Из центра проецирования S проводим лучи, проходящие через вершины треугольника ABC до пересечения с плоскостью проекций. Точки пересечения этих лучей с плоскостью проекций обозначим A^* , B^* и C^* , которые являются проекциями вершин треугольника. Соединив эти точки получим треугольник $A^*B^*C^*$, который и будет центральной проекцией заданного треугольника ABC .

В качестве примеров центрального проецирования можно привести фотоснимки, кинокадры, тени отображаемые от предметов лучами электрической лампочки и др.

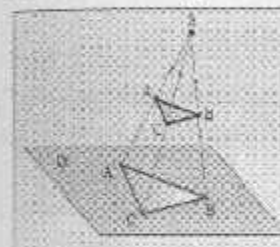


Рис.2.1

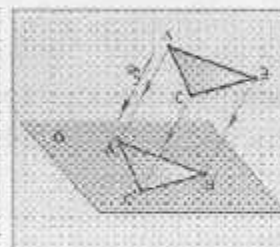


Рис.2.2

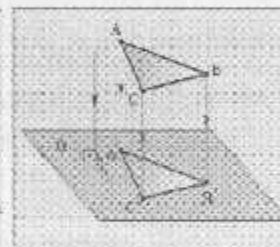


Рис.2.3

Параллельное проецирование. Этот метод в техническом черчении не применяется, но в тоже время находит довольно широкое применение в архитектуре, при проектировании различных инженерных сооружений.

При этом методе проекции объектов строятся по заданным направлениям. На рис.2.2 приведен пример получения проекции треугольника ABC методом параллельного проецирования. Из вершин треугольника проводим лучи, параллельно заданному направлению до пересечения с плоскостью α . Точки A^* , B^* и C^* будут проекциями вершин треугольника на заданную плоскость. Соединив эти точки, получим проекцию треугольника ABC на плоскости α методом параллельного проецирования.

Частным случаем параллельного проецирования является **прямоугольное** или **ортогональное проецирование**. При прямоугольном проецировании проецирующие лучи проводятся перпендикулярно плоскости проекций. Найдем проекцию треугольника ABC методом прямоугольного проецирования (рис.2.3). Из точек A , B , C опустим перпендикуляры на плоскость α . Точки A^* , B^* и C^* являются

прямоугольными проекциями вершин треугольника $A \cdot B \cdot C$.

Метод прямоугольного проецирования широко используется в черчении. По сравнению с другими методами метод прямоугольного проецирования прост и даёт полное представление о размерах проецируемой детали.

Плоскости проекций. Точка. Проецирование точки на плоскости проекций. Комплексный чертёж

Точка является самым простым, не имеющим размера геометрическим элементом. Она используется при решении многих геометрических задач.

Изучим построение проекций точек на плоскости проекций (рис. 2.4). Для этого построим систему трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций: горизонтальной (H), фронтальной (F) и профильной (P) плоскостей проекций (рис. 2.4, а). Ось, которая образуется при пересечении плоскостей H и F (ось абсцисс) обозначается буквой X, при пересечении плоскостей H и P (ось ординат) буквой Y, а при пересечении плоскостей F и P (ось аппликат) буквой Z.

Предположим, что на некотором расстоянии от этих плоскостей проекций находится точка A. Найдем проекции точки A на плоскости проекций методом прямоугольного проецирования. Для этого из этой точки опустим перпендикуляры на плоскости H, F и P. Точка A' является горизонтальной проекцией, точка A'' – фронтальной проекцией, а точка A''' профильной проекцией заданной точки A.

Проецирование деталей в пространстве является сложным процессом, поэтому в черчении используют их комплексный чертёж.

Комплексным чертежом называется чертёж, в котором на одной плоскости совмещены проекции детали, получаемые на различных плоскостях проекций. Комплексный чертёж строится следующим образом (рис. 2.4, б). Оставляя неподвижной плоскость F, вращаем плоскость H вокруг оси X, а плоскость P вокруг оси Z на 90° . В результате таких вращений все три плоскости проекций совмещаются на одной плоскости.

Фронтальная проекция точки A'' не меняет своего положения, а горизонтальная и профильная проекции вращаются вместе с плоскостями H и P. При этом горизонтальная проекция A' вращается вокруг оси X по радиусу A'A_x, а профильная проекция A''' вращается вокруг оси Z по радиусу A'A_z. Полученный чертёж является комплексным чертежом точки A. Этот метод впервые был предложен французским ученым Гаспаром Монжем и известен как метод Монжа. Необходимо помнить, что на комплексном чертеже изображается не сама точка, а её проекции.

На комплексном чертеже горизонтальная A' и фронтальная A'' проекции всегда лежат на прямой, перпендикулярной оси X, а фронтальная A'' и профильная A''' проекции на прямой, перпендикулярной оси Z. Эти прямые называются линиями связи и на чертеже изображаются тонкими линиями.

Положение точки в пространстве определяется расстояниями этой точки от плоскостей проекций или правильнее её координатами. Например, точка A заданная координатами записывается в виде A (X, Y, Z).

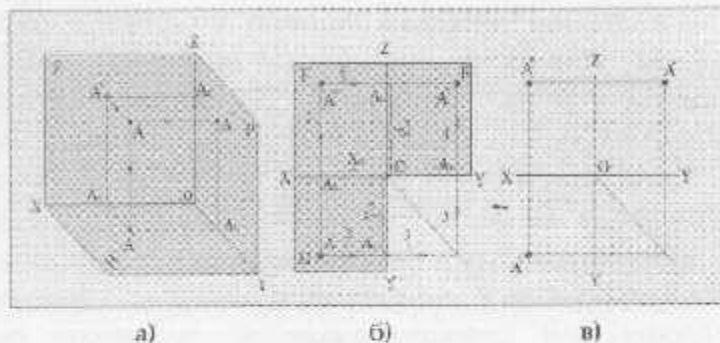


Рис.2.4

Координата X показывает расстояние от точки A до профильной плоскости проекций P . На комплексном чертеже это расстояние измеряется расстоянием от горизонтальной проекции точки A' до оси Y , или же расстоянием от фронтальной проекции точки A'' до оси Z (рис.2.4, б).

Координата Y показывает расстояние от точки A до профильной плоскости проекций F . На комплексном чертеже это расстояние измеряется расстоянием от горизонтальной проекции точки A' до оси X , или же расстоянием от профильной проекции точки A''' до оси Z .

Координата Z показывает расстояние от точки A до горизонтальной плоскости проекций H . На комплексном чертеже это расстояние измеряется расстоянием от фронтальной проекции точки A'' до оси X , или же расстоянием от профильной проекции точки A''' до оси Y .

Комплексный чертёж точки обычно показывают так, как показано на рис.2.4, в.

Положения точки в пространстве

Две взаимно перпендикулярные плоскости H и F делят пространство на четыре четверти (рис.2.5). Рассмотрим положения точек относительно четвертей пространства и построим их комплексные чертежи (рис.2.6).

1. Точка расположена в I четверти

В этом случае (точка A) её горизонтальная проекция на комплексном чертеже располагается ниже оси X , а фронтальная - выше.

2. Точка расположена во II четверти

Если точка расположена во второй четверти (точка B), то её горизонтальная и фронтальная проекции располагаются выше оси X .

3. Точка расположена в III четверти

Если точка расположена в третьей четверти (точка C), тогда её горизонтальная проекция располагается выше оси X , а фронтальная ниже.

4. Точка расположена во IV четверти

Если точка расположена в четвертой четверти (точка D), то её горизонтальная и фронтальная проекции располагаются ниже оси X .

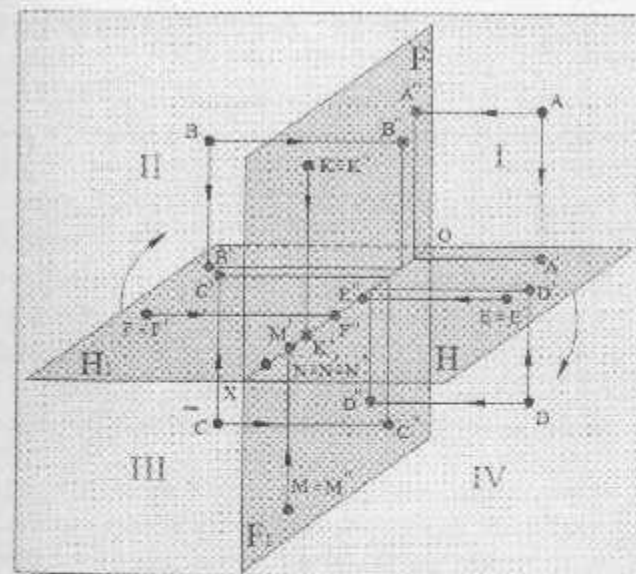


Рис.2.5

5. Точка расположена на плоскости H

Если точка расположена на плоскости H (точка E), то её горизонтальная проекция располагается ниже оси X , а фронтальная - на оси X .

6. Точка расположена на плоскости $H1$

Если точка расположена на плоскости $H1$ (точка F), то её горизонтальная проекция располагается выше оси X , а фронтальная - на оси X .

7. Точка расположена на плоскости F

Если точка расположена на плоскости F (точка K), то её горизонтальная проекция располагается на оси X , а фронтальная выше оси X .

8. Точка расположена на плоскости $F1$

Если точка расположена на плоскости $F1$ (точка M), то её горизонтальная проекция располагается на оси X , а фронтальная ниже оси X .

9. Точка расположена на оси X

Если точка лежит на оси X , то её горизонтальная и фронтальная проекции тоже лежат на оси X (точка N).

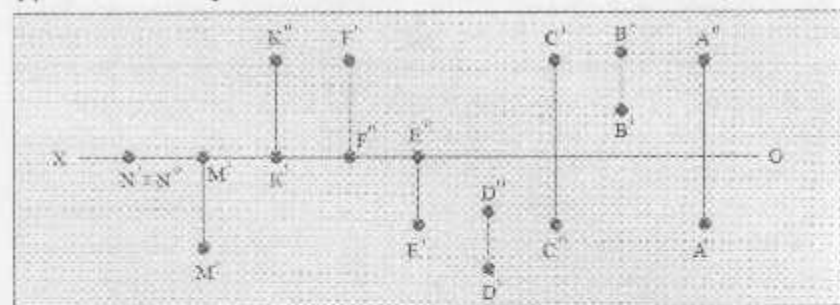


Рис.2.6

Выводы:

- если точка находится в одной из четвертей пространства, то ни одна её проекция не лежит на оси X ;
- если точка располагается на плоскости проекций, то одна из проекций этой точки лежит на оси X ;

- если точка располагается на оси X , то обе проекции этой точки тоже лежат на оси X .

Прямая. Положения прямой

Прямая линия бесконечна и может задаваться или двумя точками, или точкой и направлением. В большинстве случаев она задается отрезком прямой, т.е. частью линии, заключенной между двумя заданными прямыми линиями.

Для того чтобы построить проекции прямой, нужно найти проекции её конечных точек и соединить их. Длина проекции прямой не может быть больше её истинной величины. Прямая читается так, как она обозначается в пространстве – например AB , или как обозначается на комплексном чертеже – ($A'B'$, $A''B''$, $A'''B'''$).

Относительно плоскостей проекций прямая может занимать случайное положение (прямая общего положения) и особое положение (быть перпендикулярным и параллельным плоскостям проекций). Рассмотрим эти положения.

1. Прямая, параллельная только горизонтальной плоскости проекций, называется **горизонтальной прямой** (рис.2.7).

У горизонтальной прямой фронтальная проекция параллельна оси X , а профильная проекция оси Y . Горизонтальная проекция этой прямой располагается под углом к осям X и Y и равна по длине истинной величине самой прямой.

2. Прямая, параллельная только фронтальной плоскости проекций, называется **фронтальной прямой** (рис.2.8).

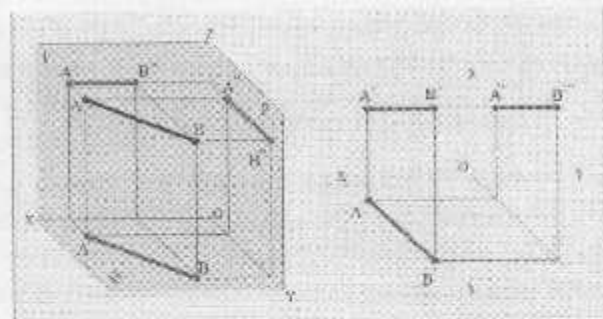


Рис. 2.7

У фронтальной прямой горизонтальная проекция параллельна оси X , профильная проекция перпендикулярна оси Y . Фронтальная проекция наклонена к осям X и Z и равна по длине истинной величине самой прямой.

3. Прямая, параллельная только профильной плоскости проекций, называется *профильной прямой* (рис.2.9).

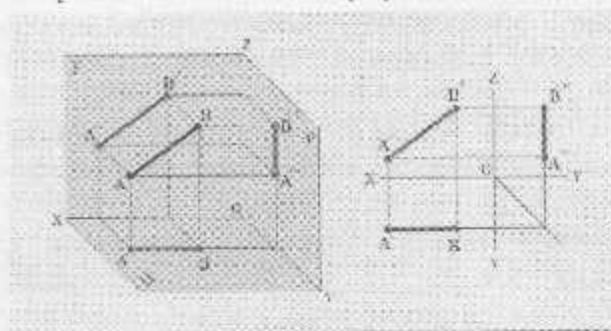


Рис. 2.8

На комплексном чертеже фронтальная и горизонтальная проекции профильной прямой перпендикулярны оси X . Длина фронтальной проекции профильной прямой равна её истинной величине.

4. Прямая, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций, называется *горизонтально-проектирующей прямой* (рис.2.10).

На комплексном чертеже фронтальная проекция горизонтальнопроектирующей прямой перпендикулярна оси X , а профильная – оси Y и их длины равны длине самой прямой. Горизонтальная проекция такой прямой проецируется в виде точки.

5. Прямая, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций, называется *фронтально-проектирующей прямой* (рис.2.11).

Фронтальная проекция такой прямой является точкой, горизонтальная проекция перпендикулярна оси X , а профильная – оси Z . Длины фронтальной и профильной проекций равны длине самой прямой.

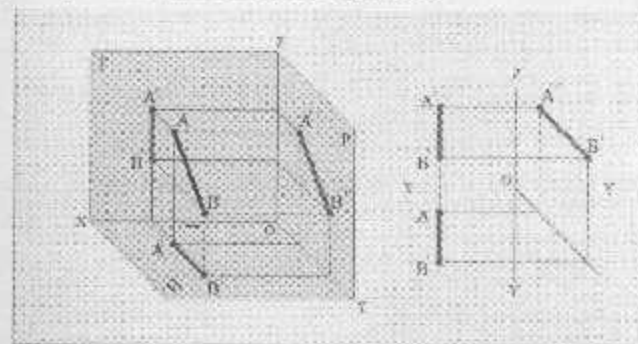


Рис.2.9

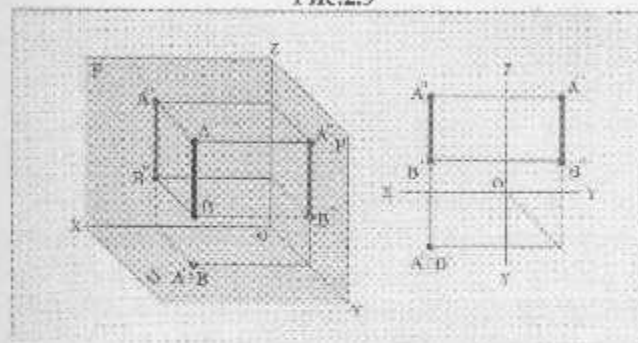


Рис.2.10

6. Прямая, перпендикулярная профильной плоскости проекций, называется *профильно-проектирующей прямой* (рис.2.12).

Горизонтальная и фронтальная проекции профильно проектирующей прямой представляют собой прямые, равные по длине истинной величине самой прямой и параллельны оси X . Профильная проекция этой прямой будет точкой.

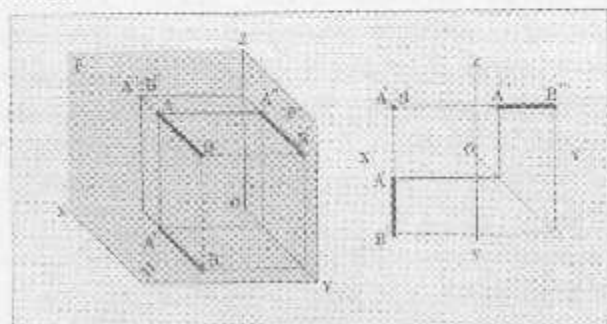


Рис.2.11

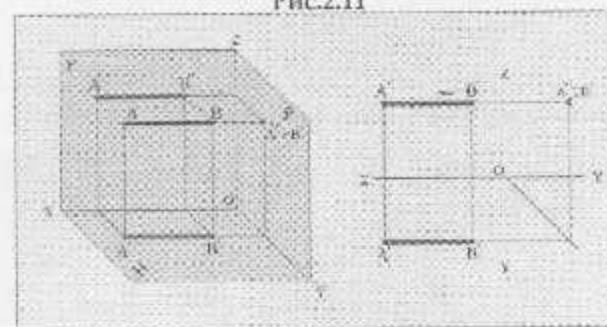


Рис.2.12

7. Прямая, которая не параллельна и не перпендикулярна ни одной из плоскостей проекций, называется *случайной прямой* или *прямой общего положения* (рис.2.13).

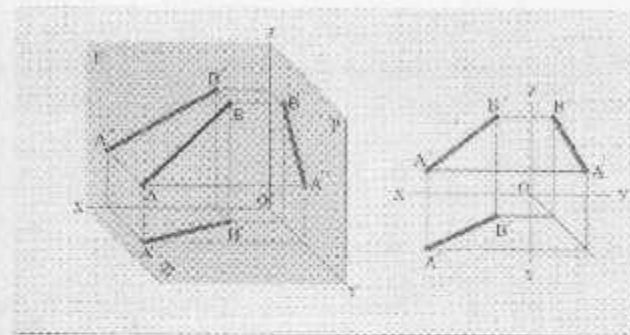


Рис.2.13

Проекции случайной прямой располагаются под углом к осям проекций и их длины всегда меньше истинной длины прямой.

Следы прямой линии

Следом прямой линии называется точка пересечения прямой с плоскостью проекций.

Чтобы найти проекции горизонтального следа прямой AB (рис.2.14) сначала находим точку пересечения фронтальной проекции этой прямой с осью X – точку $H''AB$. Эта точка будет *фронтальной проекцией горизонтального следа* прямой AB .

Далее через эту точку проводим перпендикуляр к оси X , а затем находим точку пересечения горизонтальной проекции прямой с этим перпендикуляром. Полученная точка $H'AB$ является *горизонтальной проекцией горизонтального следа* прямой AB . Аналогично находятся проекции *фронтального следа* прямой, т.е. точки $F'AB$ и $F''AB$ – соответственно *горизонтальная* и *фронтальная проекции фронтального следа* прямой AB .

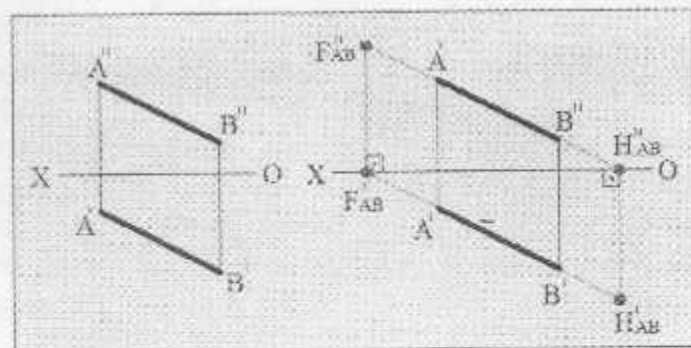


Рис.2.14

Взаимное положение прямых

Две прямые друг относительно друга могут быть *пересекающиеся*, *параллельные* и *скрещивающиеся*.

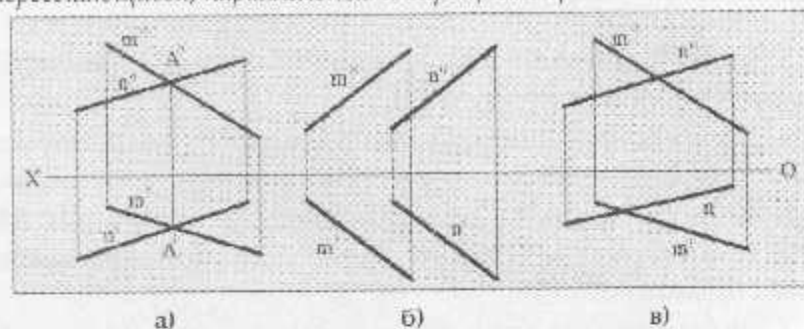


Рис.2.15

Пересекающиеся прямые – это прямые лежащие на одной плоскости и имеющие одну общую точку.

Если две прямые пересекаются, то на комплексном чертеже их одноименные проекции тоже пересекаются и при этом точки пресечения проекций обязательно располагаются на одном перпендикуляре к оси X (рис.2.15, а).

Параллельные прямые – это прямые, лежащие на одной плоскости и не имеющие ни одной общей точки.

На комплексном чертеже одноименные проекции двух параллельных прямых тоже параллельны (рис.2.15, б).

Скрещивающиеся прямые – это прямые лежащие на разных плоскостях, которые не пересекаются и не параллельны (рис.2.15, в).

Принадлежность прямой плоскости

Если точка лежит на прямой, то на комплексном чертеже её одноименные проекции лежат на одноименных проекциях этой прямой.

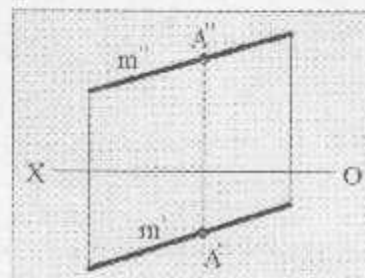


Рис.2.16

На рисунке 2.16 показан комплексный чертёж точки С, лежащей на прямой АВ. Как видно из рисунка горизонтальная проекция точки (С') располагается на горизонтальной проекции прямой (А'В'), а фронтальная проекция точки (С'') соответственно на фронтальной проекции прямой (А''В'').

Метод прямоугольного треугольника

Метод прямоугольного треугольника служит для определения истинной величины случайной прямой.

Определим истинную величину прямой АВ (рис.2.17). Для этого сперва находим величину удаления концов этой прямой от плоскости Н отрезки ЗА и ZB.

После этого находим разность между этими отрезками - $\Delta Z = ZB - ZA$. Из точки В' проводим перпендикуляр к прямой А'В' и на этом перпендикуляре откладываем отрезок ΔZ .

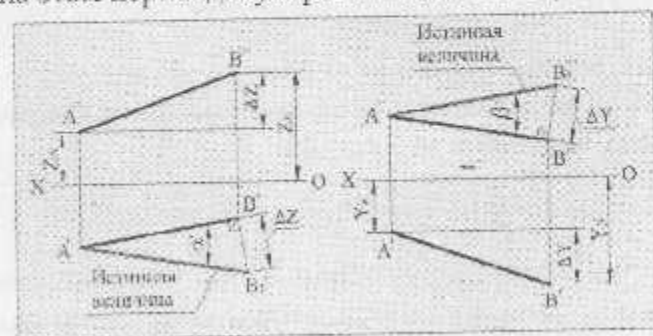


Рис.2.17

Полученную точку В1 соединяем с точкой А'. Прямая А'В1 является гипотенузой треугольника А'В'В1.

При этом её длина равна длине самой прямой АВ, а угол α - это угол между прямой АВ и плоскостью Н.

Плоскость. Изображение плоскости на чертеже

Плоскостью называется поверхность, образуемая движением прямой линии, которая движется параллельно самой себе по неподвижной направляющей прямой.

На комплексном чертеже проекции плоскости изображаются следующими методами:

1. Проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (рис.2.18,а);
2. Проекциями прямой и точки (рис.2.18,б);
3. Проекциями двух пересекающихся прямых (рис.2.18,в);

4. Проекциями двух параллельных прямых (рис.2.18,г);

5. Проекциями плоской геометрической фигуры, например проекциями треугольника (рис.2.18,д);

6. Следами.

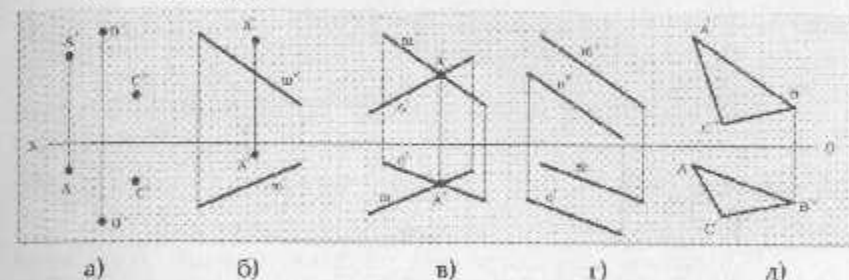


Рис. 2.18

Следом плоскости называется линия пересечения плоскости с плоскостью проекций (рис. 2.19).

Линия пересечения плоскости с горизонтальной плоскостью проекций называется **горизонтальным следом** плоскости.

Линия пересечения плоскости с фронтальной плоскостью проекций называется **фронтальным следом** плоскости.

Линия пересечения плоскости с профильной плоскостью проекций называется **профильным следом** плоскости.

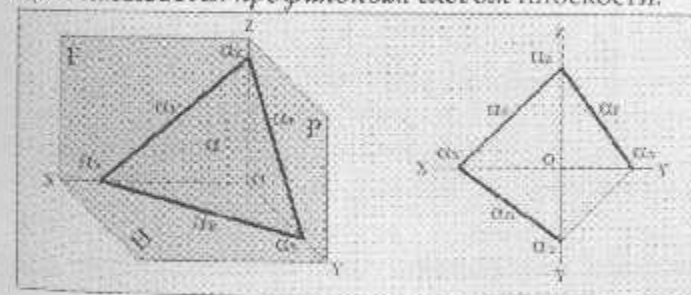


Рис.2.19

Точки пересечения следов плоскости с осями проекций называются *точками схода следов*:

αH – горизонтальный след плоскости α ; αF – фронтальный след плоскости α ; αP – профильный след плоскости α ; $\alpha X, \alpha Y, \alpha Z$ – точки схода следов плоскости α .

Положения плоскостей

По отношению к плоскостям проекций плоскость может быть параллельной (плоскость уровня), перпендикулярной (проектирующая плоскость) и находиться под углом (плоскость общего положения).

1. Плоскость, параллельная горизонтальной плоскости проекций, называется *горизонтальной плоскостью* (рис.2.20, а).

Горизонтальная плоскость также перпендикулярна фронтальной и профильной плоскостям проекций.

На рис.2.20,б показан комплексный чертёж горизонтальной плоскости, заданной следами. Как видно из чертежа фронтальный след горизонтальной плоскости параллелен оси X .

На рисунке 2.20,в изображен чертёж горизонтальной плоскости в виде треугольника ABC .

На плоскость H треугольник проецируется в истинную величину, а на плоскость F в виде прямой, параллельной оси X . Если на горизонтальной плоскости возьмём какую-нибудь точку, то фронтальная проекция этой точки будет лежать на фронтальном следе плоскости (фронтальной проекции треугольника), а профильная проекция – на её профильном следе (профильной проекции).

Таким образом, можно говорить о том, что фронтальный след (фронтальная проекция) горизонтальной плоскости обладают

собирательными свойствами.

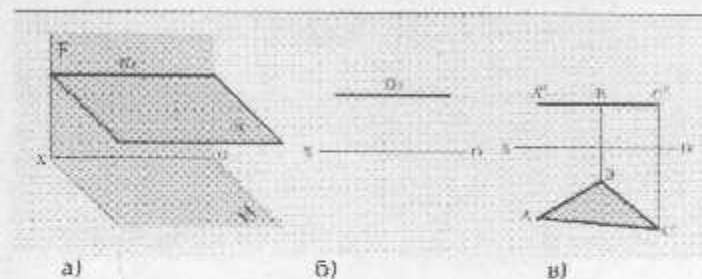


Рис.2.20

2. Плоскость, параллельная фронтальной плоскости проекций, называется *фронтальной плоскостью* (рис.2.21,а).

Фронтальная плоскость также перпендикулярна горизонтальной и профильной плоскостям проекций.

На рисунке 2.21,б изображена фронтальная плоскость α , заданная следами, а на рисунке 2.21, в - чертёж фронтальной плоскости, заданной треугольником ABC .

У фронтальной плоскости горизонтальный след (горизонтальная проекция) обладают собирательными свойствами.

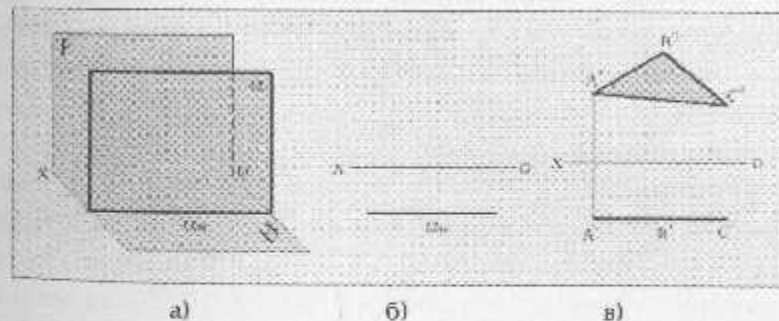


Рис.2.21

3. Плоскость, параллельная профильной плоскости проекций, называется *профильной плоскостью* (рис.2.22,а).

На рисунке 2.22,б показан чертёж профильной плоскости в виде следов.

Горизонтальный и фронтальный следы профильной плоскости перпендикулярны оси X .

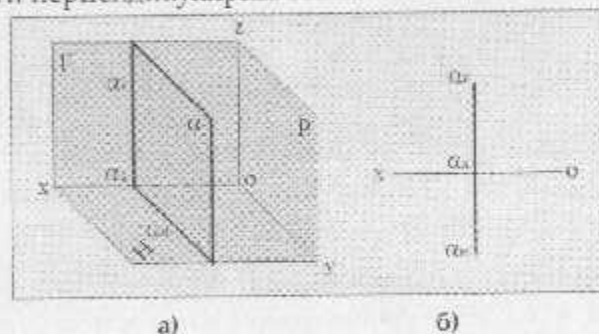


Рис.2.22

4. Плоскость, перпендикулярная только горизонтальной плоскости проекций, называется **горизонтально - проектирующей плоскостью** (рис.2.23, а).

У горизонтально - проектирующей плоскости заданной следами (рис. 2.23, б) фронтальный след перпендикулярен оси X , а горизонтальный след располагается под углом к этой оси и обладает собирательными свойствами. Угол β между горизонтальным следом плоскости и осью X соответствует углу наклона этой плоскости к фронтальной плоскости проекций.

На рис.2.23,в изображена горизонтально - проектирующая плоскость в виде треугольника ABC . Горизонтальная проекция треугольника представляет собой прямую линию, наклонённую к оси X , а фронтальная проекция тоже треугольник, но отличающийся от треугольника ABC по размерам.

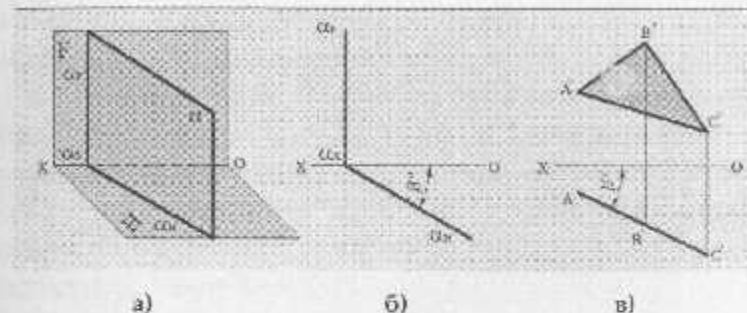


Рис.2.23

5. Плоскость, перпендикулярная только фронтальной плоскости проекций, называется **фронтально - проектирующей плоскостью** (рис. 2.24, а).

У фронтально-проектирующей плоскости заданной следами (рис.2.24, б) горизонтальный след перпендикулярен оси X , а фронтальный след располагается под углом к этой оси и обладает собирательными свойствами.

Угол β между горизонтальным следом плоскости и осью X соответствует углу наклона этой плоскости к горизонтальной плоскости проекций.

На рис.2.24,в изображена фронтально - проектирующая плоскость в виде треугольника ABC .

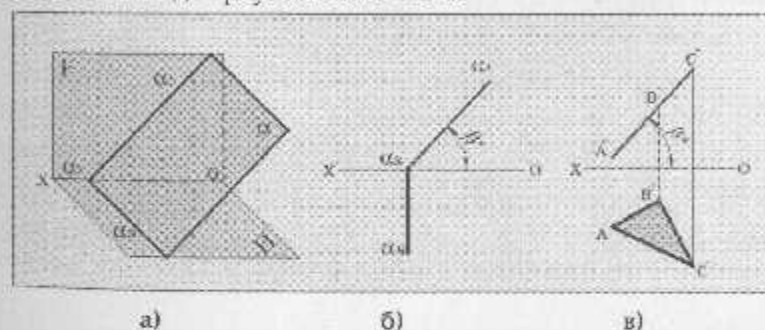


Рис.2.24

6. Плоскость, перпендикулярная только профильной плоскости проекций, называется *профильно-проектирующей плоскостью* (рис.2.25, а).

Горизонтальный и фронтальный следы профильно-проектирующей плоскости параллельны оси X (рис.2.25, б).

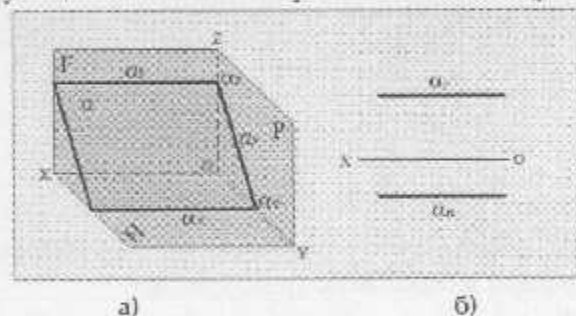


Рис.2.25

7. Плоскость, которая не перпендикулярна и не параллельна плоскостям проекций, называется *плоскостью общего положения или случайной плоскостью* (рис.2.26, а).

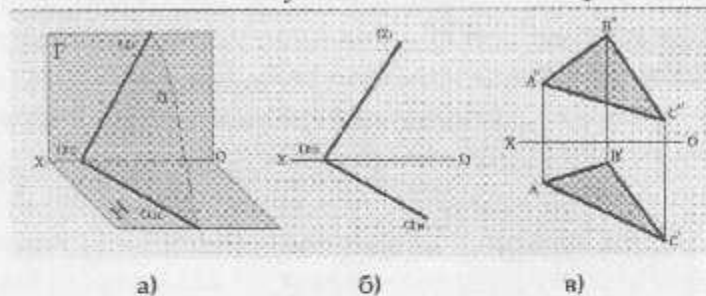


Рис. 2.26

На рисунке 2.26,б изображена случайная плоскость, заданная следами, а на рисунке 2.26, в - в виде треугольника ABC.

Особые линии плоскости

К особым линиям плоскости относятся главные линии плоскости (горизонталь и фронталь) и линия наибольшего наклона (ската) плоскости.

Прямые, лежащие на плоскости, и параллельные плоскостям проекций, называются *главными линиями* плоскости.

Прямая, лежащая на плоскости, и параллельная горизонтальной плоскости проекций, называется *горизонталью* плоскости.

Прямая, лежащая на плоскости, и параллельная фронтальной плоскости проекций, называется *фронталью* плоскости.

На рисунке 2,27, а изображена плоскость общего положения, заданная в виде треугольника ABC. Построим главные линии этой плоскости. Для того чтобы построить фронтальную проекцию горизонтали берём на фронтальной проекции треугольника произвольную точку и проводим прямую, параллельную оси X. Так как плоскость задана в виде треугольника, то удобно в качестве произвольной точки выбрать одну из вершин треугольника. Поэтому из точки A'' проводим прямую h'' параллельно оси X. h'' – *фронтальная проекция горизонтали* плоскости. Эта прямая пересекается со стороной B''C'' в точке 1''. Горизонтальная проекция точки пересечения - 1' принадлежит проекции B'C'. Соединив точки 1' и A' получим горизонтальную проекцию горизонтали – прямую h'. Аналогично строим горизонтальную f' и фронтальную f'' проекции фронтали.

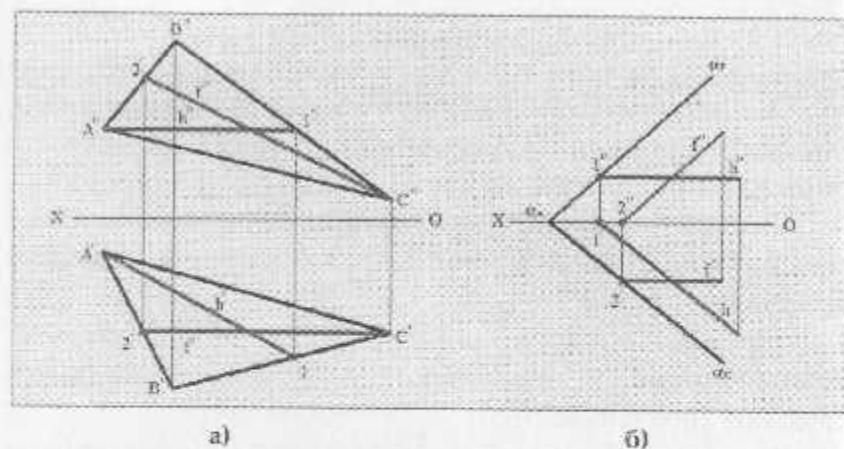


Рис.2.27

Построим проекции главных линий плоскости заданной следами (рис.2.27,б). На фронтальном следе плоскости α_F берём произвольную точку $1''$ и из этой точки проводим фронтальную проекцию горизонтали - прямую h'' , параллельную оси X . Как известно, если одна проекция точки лежит на следе плоскости, то её другая проекция располагается на оси X . Исходя из этого определяем положение проекции $1'$ и из этой точки проводим прямую h' параллельно горизонтальному следу α_H плоскости. Аналогичным образом строим горизонтальную f' и фронтальную f'' проекции фронтали.

Линией наибольшего наклона плоскости называется прямая, принадлежащая данной плоскости и перпендикулярная её следу.

Определим линию наибольшего наклона плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций (рис.2.28,а). Возьмём на плоскости произвольную точку A . Так как фронтальная проекция этой точки A'' лежит на фронтальном следе плоскости α_F , то её горизонтальная

проекция A' будет располагаться на оси X . Из точки A' проводим перпендикуляр $A'B'$ к горизонтальному следу плоскости α_H . Точка B'' лежит на оси X . Полученные прямые $A'B'$ и $A''B''$ являются проекциями линии наибольшего наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций.

Линия наибольшего наклона позволяет определить угол наклона плоскости к плоскостям проекций. Определим истинную величину прямой AB методом прямоугольного треугольника - прямую $B'B_1'$. Угол β между этой прямой и прямой $A'B'$ (рис.2.28,б) соответствует углу наклона заданной плоскости к горизонтальной плоскости проекций.

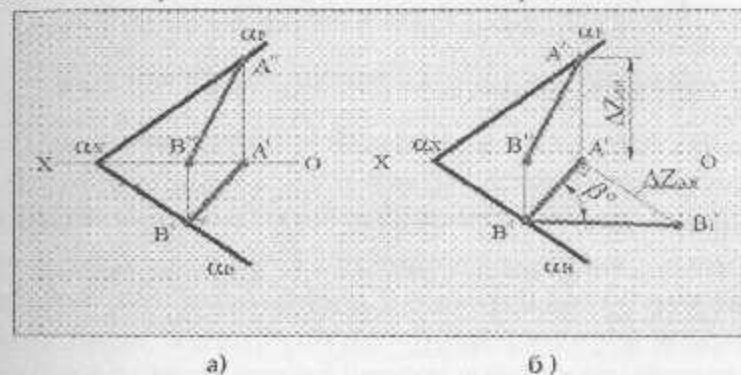


Рис.2.28

Очевидно, что если линия наибольшего наклона к горизонтальной плоскости проекций перпендикулярна горизонтальному следу плоскости, то она перпендикулярна и горизонтали плоскости. На рисунке 2. 29 показано построение линии наибольшего наклона к горизонтальной плоскости, заданной в виде треугольника α (ABC).

Строим проекции горизонтали плоскости - h' и h'' . Из вершины B' опускаем перпендикуляр к проекции h' , и находим точку пересечения этого перпендикуляра со стороной $A'B'$ - точку D' . Прямая $B'D'$ является

горизонтальной проекцией линии наибольшего наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций. Затем строим фронтальную проекцию этой прямой – прямую $B''D''$.

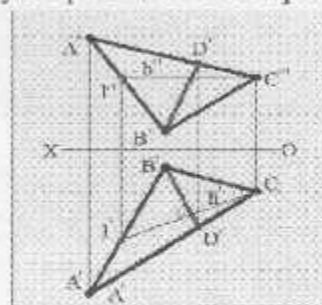


Рис.2.29

Взаимное положение двух плоскостей

Две плоскости друг относительно друга могут быть параллельными и пересекающимися.

Параллельные плоскости. Если две пересекающиеся прямые одной плоскости параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости, то такие плоскости параллельны (рис.2.30). У двух параллельных плоскостей заданных следами одноименные следы тоже параллельны.

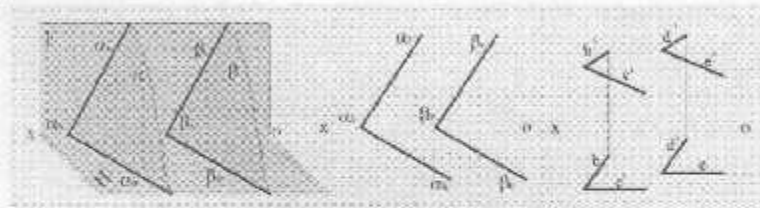


Рис.2.30

Пересекающиеся плоскости. При пересечении двух плоскостей образуется прямая линия. Чтобы найти линию

пересечения двух плоскостей должны быть известны или две точки или точка и направление.

Рассмотрим случаи пересечения различных плоскостей.

1. Пересечение двух случайных плоскостей, заданных следами. В этом случае находим точки пересечения одноименных следов плоскостей. Соединив соответствующие точки, получим проекции линии пересечения заданных плоскостей (рис.2.31).

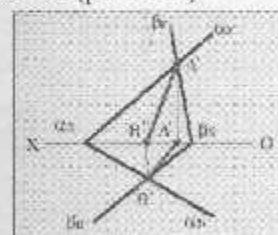


Рис.2.31

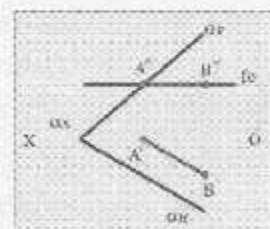


Рис.2.32

2. Пересечение случайной плоскости и плоскости уровня, заданных следами. На рисунке 2.32 показан пример определения проекций линии пересечения случайной плоскости α и горизонтальной плоскости β . Линию пересечения находим по точке и направлению. Горизонтальные следы плоскостей α_H и β_H пересекаются в точке A' . Через точку A' проводим прямую $A''B''$, параллельную фронтальному следу плоскости α_V , а через точку A' прямую $A'B'$, параллельную оси X . Прямые $A'B'$ и $A''B''$ – проекции линии пересечения заданных плоскостей.

Как видно из рисунка, в данном случае линия пересечения является фронтально плоскости α .

3. Пересечение двух случайных плоскостей заданных следами, имеющих параллельные одноименные следы. В этом случае линия пересечения строится по точке и направлению

(рис.2.33) Точкой является точка пересечения одноименных следов, а направлением – параллельность следов.

Полученная линия пересечения будет главной линией обеих плоскостей.

4. Пересечение двух одноимённых проектирующих плоскостей. На рис.2.34 показаны две пересекающиеся фронтально-проектирующие плоскости α и β . Фронтальные следы этих плоскостей α_F и β_F пересекаются в точке A'' . Горизонтальные следы α_H и β_H параллельны друг другу, поэтому и горизонтальная проекция линии пересечения плоскостей будет параллельна этим следам.

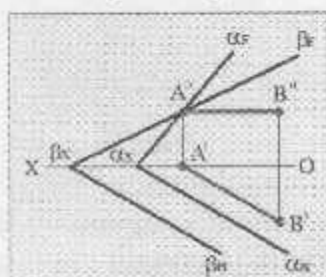


Рис.2.33

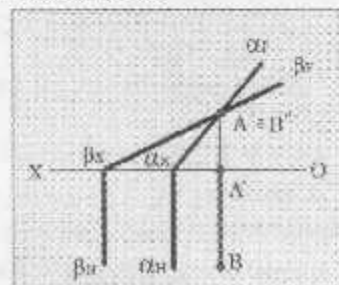


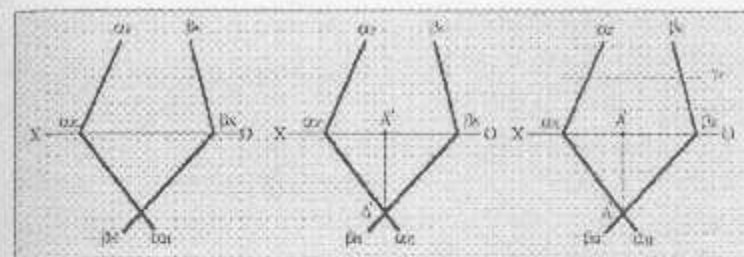
Рис.2.34

Таким образом, линией пересечения плоскостей будет фронтально – проектирующая прямая AB .

Метод вспомогательных секущих плоскостей

В некоторых случаях определение проекций линии пересечения двух плоскостей обычными методами не представляется возможным. В этом случае используют дополнительные вспомогательные плоскости.

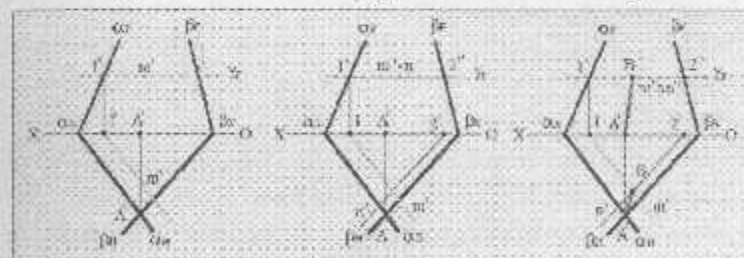
На рисунке 2.35,а показаны две случайные плоскости, заданные следами. Определим линию пересечения этих плоскостей, используя метод вспомогательных плоскостей.



а)

б)

в)



г)

д)

е)

Рис.2.35

Горизонтальные следы плоскостей α и β пересекаются в точке A' (рис. 2.35,б). Фронтальные следы не пересекаются в формате чертежа. Поэтому проводим вспомогательную горизонтальную плоскость γ (рис.2.35,в). Строим последовательно проекции линии пересечения плоскостей α и γ (рис.2.35,г) и β и γ (рис.2.35,д) – соответственно линии m (m' , m'') и n (n' , n''). Находим проекции точки пересечения этих прямых – точки B' и B'' . Соединив точку A' с точкой B' и точку A'' с точкой B'' получим проекции линии пересечения плоскостей α и β (рис.2.35,е).

Пересечение прямой с плоскостью

При пересечении прямой с плоскостью получается точка. Для того, чтобы найти эту точку проводят три операции.

1. Через заданную прямую проводим вспомогательную проецирующую плоскость (в некоторых случаях плоскость уровня).

2. Находим линию пересечения двух плоскостей.

3. Определяем точку пересечения заданной прямой с полученной прямой. Эта точка и будет точкой пересечения прямой с плоскостью.

Определим проекции точек пересечения прямой m с плоскостью α , заданной в виде $\triangle ABC$ (рис. 2.36, а). Через прямую проводим фронтально – проецирующую плоскость β (рис. 2.36, б). Определяем проекции линии пересечения заданной и проведенной плоскостей – прямые $1'2'$ и $1''2''$ (рис.

2.36, в). После этого находим проекции точки пересечения полученной прямой с заданной – точки D' и D'' (рис. 2.36, г).

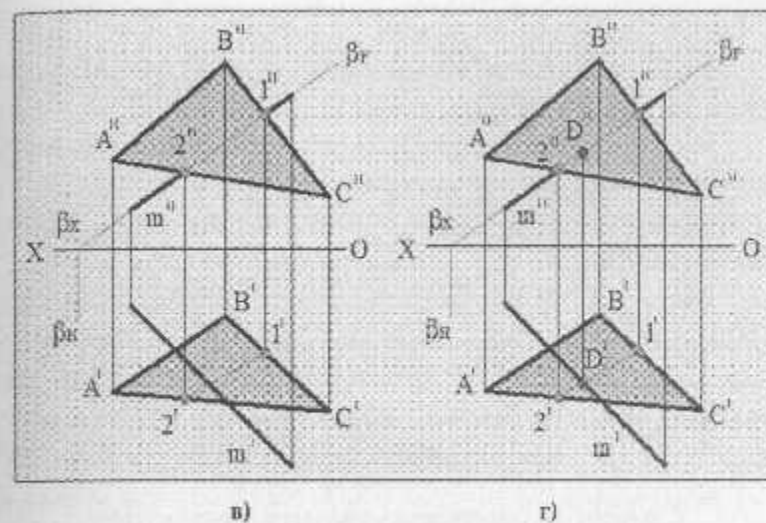
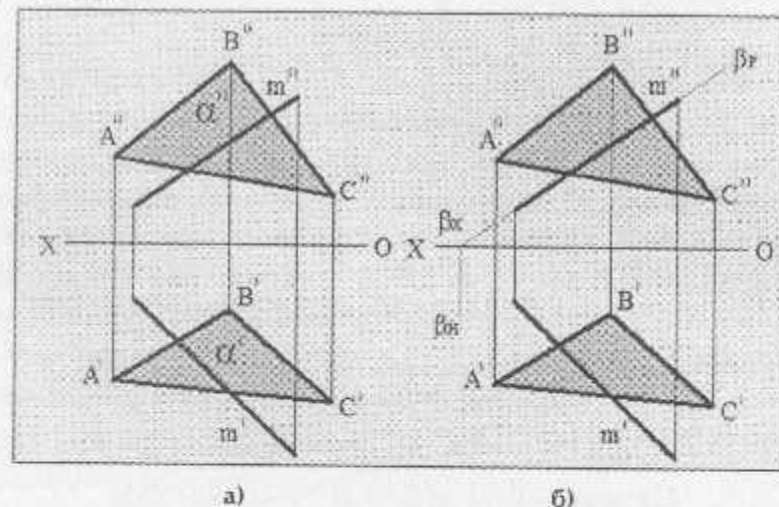
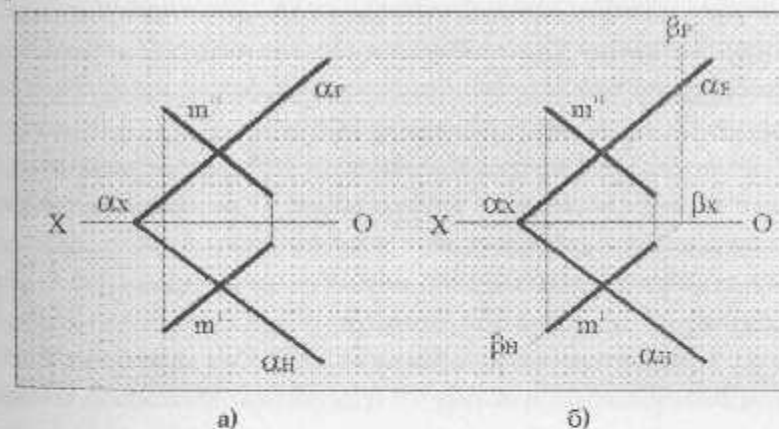


Рис. 2.36

Определим проекции точки пересечения случайной прямой m и плоскости α , заданной следами (рис. 2.37).



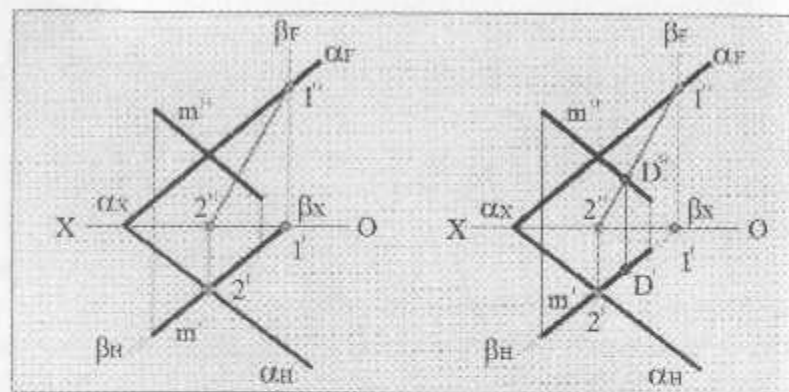


Рис.2.37

Способы преобразования проекций

Если прямые линии или плоские фигуры расположены параллельно или перпендикулярно к плоскостям проекций, то определение на комплексном чертеже расстояний, углов, а также взаимного расположения отдельных геометрических элементов в пространстве производится непосредственно, без каких-либо дополнительных построений.

В случае же общих положений прямых, плоскостей и фигур определение натуральных величин требует специальных построений, при помощи которых осуществляется переход от неудобных проекций к более удобным.

С этой целью рассмотрим ряд способов преобразования проекций: способ вращения, способ плоскопараллельного перемещения, способ замены плоскостей проекций.

Способ вращения

Способ вращения заключается в том, что сохраняя основную систему плоскостей проекций неизменной, объект

вращается вокруг оси, перпендикулярной одной из плоскостей до тех пор, пока не будет параллелен этой плоскости проекций. В этом случае его проекция на эту плоскость будет равна истинной величине.

В качестве примера определим истинную величину случайной прямой АВ (рис.2.38).

Через точку А проведем ось перпендикулярно фронтальной плоскости проекций. Вращаем прямую АВ вокруг этой оси до тех пор, пока она не будет параллельна этой плоскости. На комплексном чертеже фронтальная проекция этой прямой – А"В" занимает новое положение А"В"1. При этом новым положением горизонтальной проекции прямой будет А'В'1, которая по длине будет равна истинной величине прямой АВ.

Способ плоскопараллельного перемещения

Этот способ является частным случаем способа вращения. Сущность этого способа заключается в том, что одну из проекций объекта располагаем параллельно одной из плоскостей проекций. Тогда другая проекция объекта в новом положении будет соответствовать истинной величине самого объекта.

Определим истинную величину случайной прямой АВ (рис.2.39) способом плоскопараллельного перемещения. Фронтальную проекцию прямой располагаем параллельно оси X – прямая А"1 В"1. Горизонтальная проекция прямой займет новое положение А'1 В'1 длина которой равна длине самой прямой АВ.

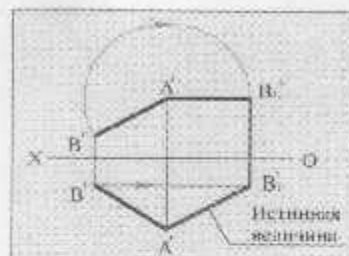


Рис.2.38

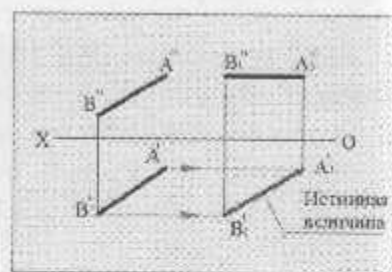


Рис.2.39

Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа замены плоскостей проекций заключается в том, что одна из плоскостей проекций заменяется новой на которую проецируется объект. При этом новая плоскость выбирается так, чтобы она была перпендикулярна оставшейся плоскости проекций и параллельна объекту. Тогда объект относительно новой системы плоскостей проекций занимает частное положение, и как следствие, его проекция на новую плоскость будет соответствовать истинной величине самого объекта.

Определим истинную величину случайной прямой АВ (рис.2.40) способом замены плоскостей проекций. Заменим фронтальную плоскость проекций Н на новую плоскость Н₁, которая перпендикулярна F. В этом случае ось X заменяется новой осью X₁, которая на комплексном чертеже будет параллельна горизонтальной проекции прямой АВ. Через точки перпендикуляры к оси А' и В' проводим X₁.

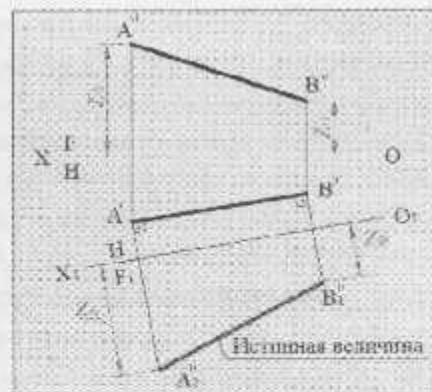


Рис.2.40

Измеряем длины отрезков ЗА и ZB и откладываем их на этих перпендикулярах. Соединяем точки А₁'' и В₁'' . Полученная прямая по длине будет равна истинной величине прямой АВ.

Метрические задачи

К метрическим относятся задачи, связанные с определением истинных (натуральных) величин расстояний, углов и плоских фигур на комплексном чертеже. Можно выделить три группы метрических задач.

1. Группа задач, включающих в себя определение расстояний:

- от точки до другой точки;
- от точки до прямой;
- от точки до плоскости;
- от точки до поверхности;
- от прямой до другой прямой; - от прямой до плоскости;
- от плоскости до плоскости.

Причем расстояние от прямой до плоскости и между плоскостями измеряется в тех случаях, когда они параллельны.

2.Группа задач, включающая определение углов между пересекающимися или скрещивающимися прямыми, между прямой и плоскостью, между плоскостями (имеется в виду определение величины двугранного угла).

3.Группа задач, связанная с определением истинной величины плоской фигуры и части поверхности (развёртки).

Приведенные задачи могут быть решены с применением различных способов преобразования чертежа.

В основе решения метрических задач лежит свойство прямоугольного проецирования, заключающееся в том, что любая геометрическая фигура на плоскость проекций проецируется в натуральную величину, если она лежит в плоскости, параллельной этой плоскости проекций.

Решение задач значительно упрощается, если хотя бы одна из геометрических фигур, участвующих в задачах, занимает частное положение. Если одна из геометрических фигур не занимает частного положения, необходимо выполнить определенные построения, позволяющие провести одну из них в это положение.

Расстояния от точки до плоскости

Определим расстояние от точки D до плоскости общего положения α , заданной в виде $\triangle ABC$ (рис.2.41, а).

Известно, что прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости.

Поэтому на плоскости необходимо взять две пересекающиеся прямые и из заданной точки опустить перпендикуляр на эти прямые.

Расстояние от заданной точки до полученной будет расстоянием от точки до плоскости.

В качестве двух пересекающихся прямых на плоскости принимаем её главные линии – горизонталь (π' , π'') и фронталь (ϕ' , ϕ'').

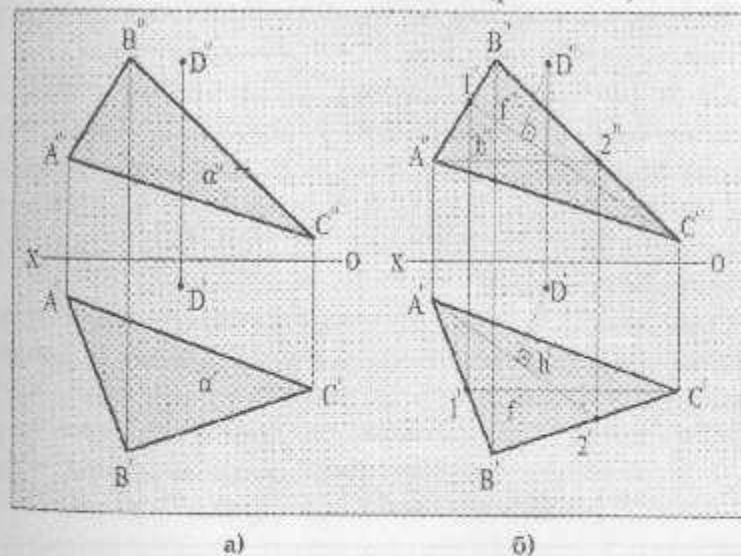
Из точки D' опускаем перпендикуляр на π' , а из точки D'' на ϕ'' (рис.2.41,б).

Затем через перпендикуляр проводим фронтально – проектирующую плоскость β и определяем проекции линии пересечения плоскостей α и β – прямые $3'4'$ и $3''4''$ (рис.2.41, в).

После этого находим точку пересечения прямой $3'4'$ с перпендикуляром – точку E' .

Фронтальная проекция этой точки E'' лежит на фронтальном следе плоскости βF .

Полученные прямые $D'E'$ и $D''E''$ являются проекциями расстояния от точки D до плоскости α (рис.2.41, г).



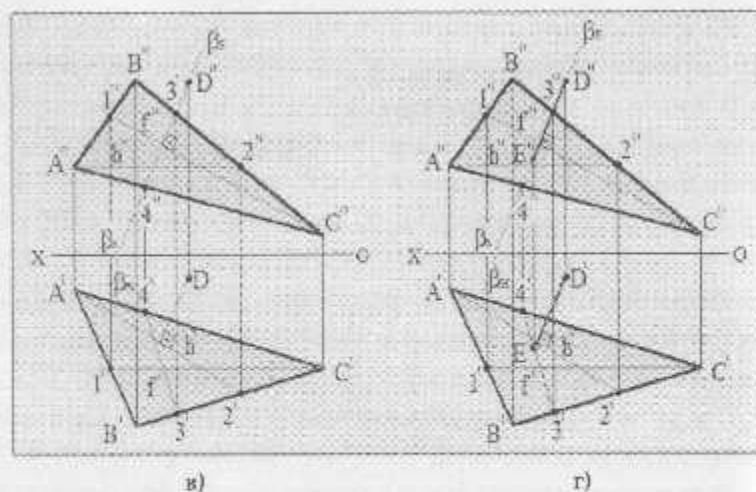


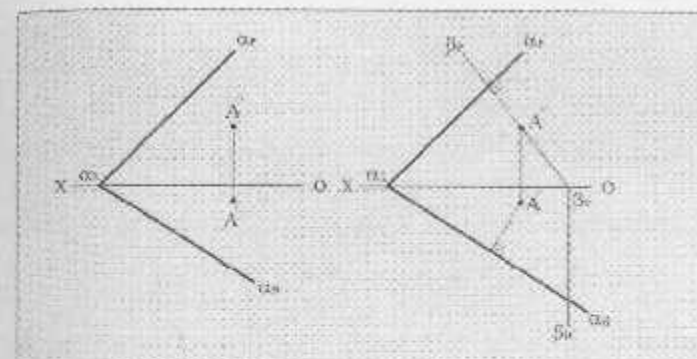
Рис. 2.41

Определим расстояние от точки A до плоскости общего положения α , заданной следами (рис.2.42, а).

Из точки A' опустим перпендикуляр на горизонтальный след плоскости αH а из точки A'' на фронтальный след αF .

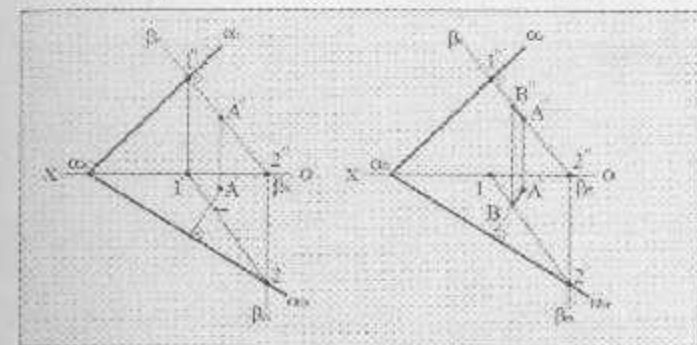
Проводим через перпендикуляр фронтально – проектирующую плоскость β (рис.2.42,б). После этого находим проекции линии пересечения плоскостей – прямые $1'2'$ и $1''2''$ (рис.2.42, в). Полученная прямая $1'2'$ пересекается с перпендикуляром, опущенным на горизонтальный след плоскости αH в точке B' .

Определяем положение точки B'' . Прямые $A'B'$ и $A'B''$ являются проекциями расстояния от заданной точки A до плоскости α (рис.2.42,г).



а)

б)



в)

г)

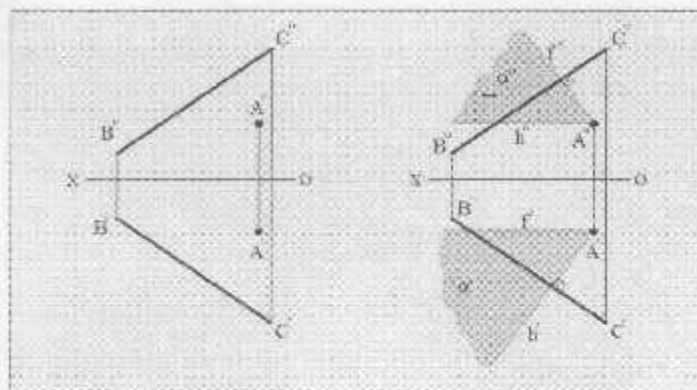
Рис.2.42

Расстояние от точки до прямой

Определение расстояния от точки до прямой сводится к определению расстояния между двумя точками, одной из которых является заданная точка, а другой – ближайшая к ней точка, лежащая на заданной прямой. Иными словами, расстояние от точки до прямой измеряется отрезком перпендикуляра, проведенного из точки к прямой.

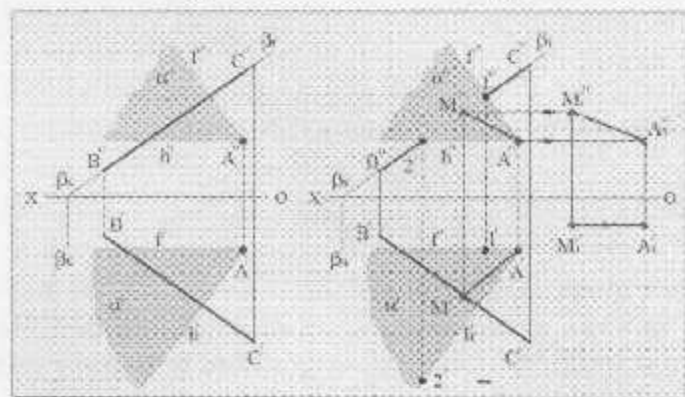
Решим эту задачу различными способами.

Способ 1. Найдём расстояние между точкой A и случайной прямой BC (рис.2.43,а).



а)

б)



в)

г)

Рис.2.43

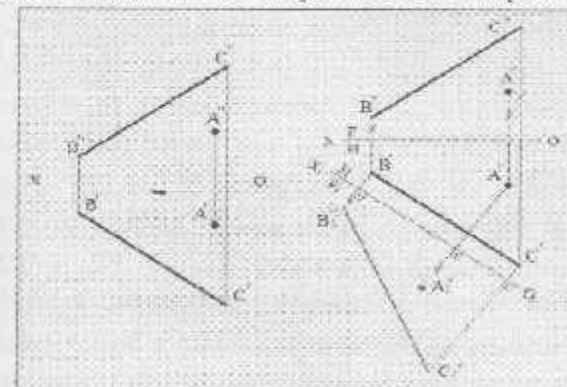
Проведём из точки A плоскость α , перпендикулярную заданной прямой. Эту плоскость принимаем в виде главных линий (рис.2.43, б). Затем через заданную прямую проводим фронтально – проектирующую плоскость β (рис.2.43, в).

Определяем проекции линии пересечения плоскостей α и β - прямые $1'2'$ и $1''2''$ (рис. 2.43, в). Прямая $1'2'$ пересекается с прямой $B'C'$ в точке M' . Находим положение точки M'' и

соединяем эти точки с соответствующими проекциями заданной точки – точками A' и A'' .

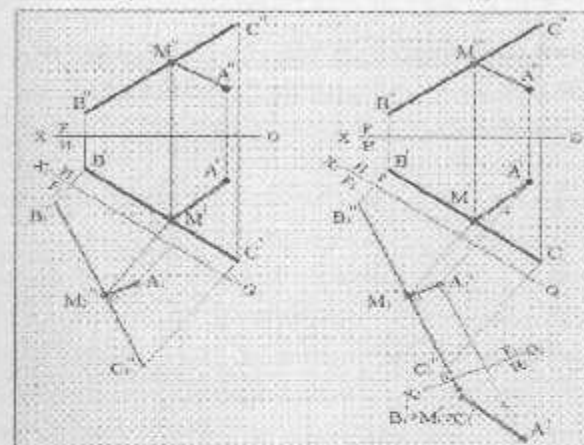
Полученные отрезки $A'M'$ и $A''M''$ являются проекциями расстояния от точки A до прямой BC (рис.2.43, г).

Истинную величину этого расстояния (A_1M_1) определим способом плоскопараллельного перемещения.



а)

б)



в)

г)

Рис. 2.44

Способ 2. Определим расстояние от точки A до случайной прямой BC (рис.2.44,а) используя способ замены плоскостей проекций.

Систему плоскостей $H - \Phi$ заменим новой системой $H - \Phi_1$. Тогда фронтальная проекция прямой BC и точки A занимают новые положения – $B_1''C_1''$ и A_1'' . Длина проекции $B_1''C_1''$ будет равна истинной величине прямой BC (рис.2.44, б).

Проведём из точки A_1'' перпендикуляр к прямой $B_1''C_1''$, получим точку M_1'' . Определим положения точки M на проекциях $B'C'$ и $B''C''$ – точки M' и M'' (рис.2.44, в). Полученные прямые $A'M'$ и $A''M''$ являются проекциями расстояния от точки A до прямой BC .

После этого найдём истинную величину отрезка AM ещё раз применив способ замены плоскостей проекций (рис.2.44, г).

Расстояние между двумя параллельными прямыми

Расстояние между двумя параллельными прямыми измеряется отрезком перпендикуляра между ними.

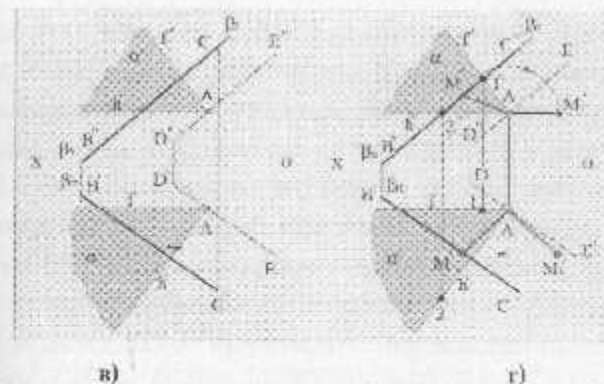
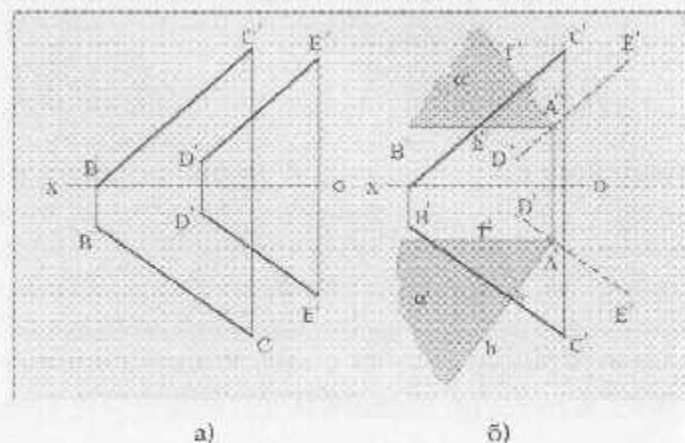


Рис.2.45

На рисунке 2.45,а показаны две случайные параллельные прямые BC и DE . Определим расстояние между ними. На прямой DE выбираем произвольную точку A и находим расстояние от этой точки до прямой BC – отрезок AM ($A'M'$, $A''M''$). Истинную величину этого отрезка найдём используя способ вращения (рис.2.45, б, в, г).

Пространственные фигуры

В технике, строительстве и архитектуре часто приходится сталкиваться с различными пространственными фигурами. Замкнутая пространственная фигура, ограниченная плоскими многоугольниками называются **многогранником**.

Линии пересечения двух соседних граней многогранника называются **ребрами** многогранника. Точка пересечения ребёр многогранника называется **вершиной** многогранника.

Многогранники являются наиболее простыми пространственными фигурами. Наиболее распространёнными многогранными фигурами являются такие фигуры как призма, пирамида, конус, цилиндр.

Призма – это многогранник, основаниями которой являются два параллельных и равных многоугольника, а боковыми гранями – прямоугольники или параллелограммы. Боковые ребра призмы параллельны друг другу. Расстояние между основаниями призмы называется *высотой* призмы. Призма, у которой боковые грани перпендикулярны основаниям, называется *правильной* призмой. Если боковые грани призмы наклонены к основаниям, такая призма называется *наклонной* призмой. Прямая призма, основаниями которой являются прямоугольники, называется *параллелепипедом*. Прямоугольный параллелепипед, у которого все грани квадраты называется **кубом**.

Многогранник, у которого основанием является многоугольник, а боковые грани – треугольники, имеющие общую вершину, называется *пирамидой*.

Расстояние от вершины пирамиды до её основания называется *высотой* пирамиды. Пирамида, высота которой проходит через центр основания, называется *правильной* пирамидой.

Построение комплексного чертежа многогранников

Построение комплексного чертежа многогранника начинается с построения проекции его основания. В качестве примера рассмотрим построение комплексного чертежа правильной треугольной призмы, основание которой лежит на горизонтальной плоскости проекций (рис.2.46).

Вначале строим проекцию нижнего основания призмы. Так как по условию задачи оно расположено на плоскости H , то горизонтальная проекция $A'B'C'$ будет равна истинной величине основания и располагается ниже оси X , а

фронтальная проекция $A''B''C''$ лежит на оси X . Далее строим проекции верхнего основания призмы. Горизонтальная проекция верхнего основания $A_1'B_1'C_1'$ призмы совпадает с горизонтальной проекцией нижнего основания, а фронтальная проекция верхнего основания $A_1''B_1''C_1''$ располагается параллельно фронтальной проекции нижнего основания на расстоянии, равной высоте призмы. Соединим одноименные точки оснований и получаем проекции ребер призмы. Затем строим профильную проекцию призмы.

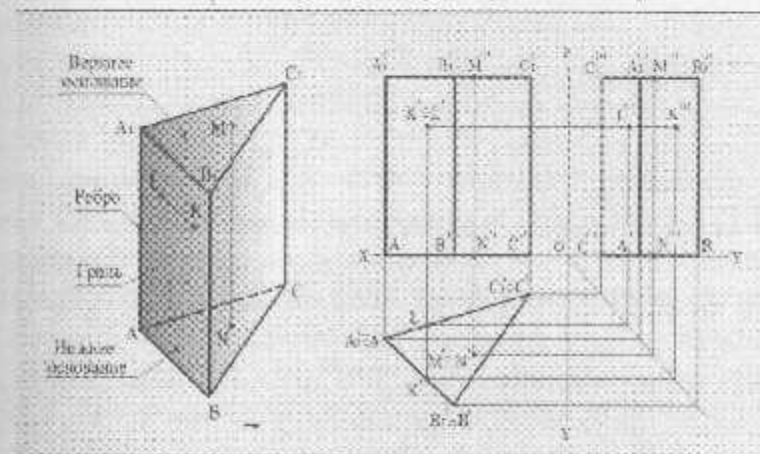


Рис.2.46

Для более точного изображения проекций многогранника необходимо показать её видимые и невидимые элементы. Видимым является тот элемент, который располагается ближе к наблюдателю. Если соединить две видимые точки получим видимую линию и наоборот, если соединить две невидимые точки получим невидимую прямую. Невидимые элементы на комплексном чертеже показываются штриховыми линиями, а видимые элементы сплошной линией.

Покажем видимость линий проекций построенной призмы. На верхнем основании призмы возьмём точку M , а на нижнем основании точку N . Обе точки расположены на одной линии, параллельной ребру призмы. Если смотреть, сверху в сторону плоскости H , то на горизонтальной проекции видимой будет проекция M' , так как точка M расположена ближе к наблюдателю. Горизонтальная проекция же точки N будет невидимой. Фронтальные проекции этих точек (M'' и N'') будут невидимыми, потому что они закрываются соответственно фронтальными проекциями сторон B_1C_1 и BC верхнего и нижнего оснований. Рассуждая таким образом, можно сказать, что и профильные проекции этих точек M''' и N''' тоже невидимы.

Определим видимость точек K и L , взятых на гранях ABA_1B_1 и ACA_1C_1 . Горизонтальные проекции этих точек будут невидимыми и располагаются на рёбрах, обладающих собирательными свойствами. Если смотреть по направлению к плоскости F , то фронтальная проекция точки K точка K'' будет видимой, так как она расположена ближе к наблюдателю, а точка L'' невидимой. Аналогично можно сказать, что профильные проекции точек K''' и L''' будут видимыми.

В качестве другого примера рассмотрим построение проекций пирамиды, основанием которой является треугольник ABC расположенный на горизонтальной плоскости проекций (рис.2.47).

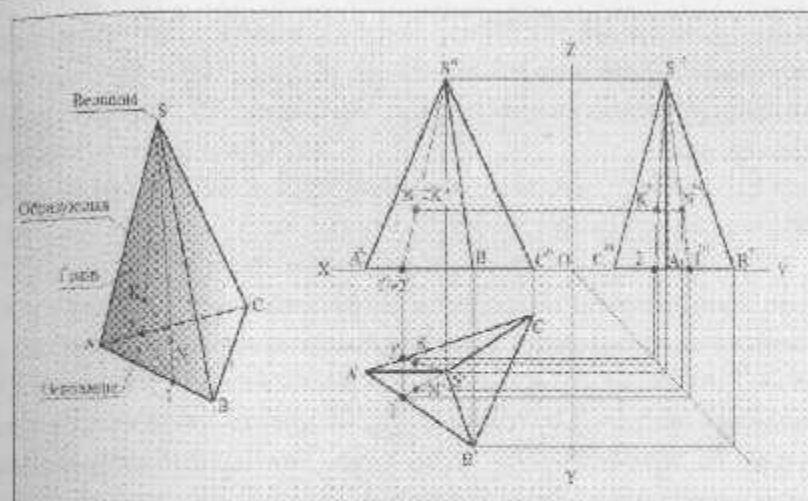


Рис.2.47

Определим проекцию нижнего основания пирамиды. Принимая во внимание то, что оно расположено на плоскости H , горизонтальная проекция $A'B'C'$ будет равна величине основания и располагается ниже оси X , а фронтальная проекция $A''B''C''$ лежит на оси X . Затем строим проекции вершины пирамиды S . Соединив проекции вершины пирамиды с соответствующими проекциями точек основания, получаем комплексный чертёж пирамиды. После этого определяем видимые и невидимые элементы пирамиды.

Для того чтобы определить видимость элементов горизонтальной проекции пирамиды смотрим на неё сверху. При виде сверху вершина пирамиды (точка S), вершины основания пирамиды (точки A , B и C) являются видимыми. Поэтому на горизонтальной проекции стороны основания пирамиды и её грани будут видимыми. Само же основание пирамиды перекрывается боковыми гранями и поэтому оно

будет невидимым. Любая точка, взятая на основании пирамиды, будет тоже невидимой.

На фронтальной проекции все рёбра AS , BS , CS будут видимыми.

Видимыми являются и грани ASB и BSC . Грань ASC является невидимой.

На профильной проекции невидимой будет грань BSC .

На грани ASB возьмём точку N , а на грани ASC точку K . Точка N принадлежит также прямой $1S$, расположенной на грани ASB , а точка K принадлежит прямой $2S$ расположенной на грани ASC . Известно, что если точка лежит на прямой, то её проекции лежат на одноимённых проекциях этой прямой и они располагаются на одном перпендикуляре к осям проекций.

Исходя из этого определения строим проекции точек N и K и определяем видимость этих проекций на комплексном чертеже. На горизонтальной проекции пирамиды (на виде сверху) обе точки являются видимыми. На фронтальной проекции видимой является точка N , потому что она расположена ближе к наблюдателю, а точка K невидимая. На профильной проекции эти точки видимые.

Построение комплексного чертежа тел вращения

Кривой поверхностью называется поверхность, получаемая в результате перемещения образующей по определенному закону. В большинстве случаев такое перемещение осуществляется вокруг направляющей линии.

Из большого многообразия кривых поверхностей на практике чаще всего встречаются поверхности вращения.

Поверхностью вращения называется поверхность, которая получается в результате вращения образующей

вокруг некоторой неподвижной оси. Поверхность, получаемая путем вращения образующей линии вокруг неподвижной параллельной ей оси, называется *цилиндрической поверхностью вращения*.

Если цилиндрическую поверхность срезать двумя параллельными друг другу плоскостями, то получится фигура, которая называется *цилиндром*.

Цилиндр, у которой образующие перпендикулярны основанию, называется *прямым круговым цилиндром*. Основаниями такого цилиндра являются окружности.

Расстояние между основаниями цилиндра называется *высотой* цилиндра.

Поверхность, получаемая путем вращения образующей линии вокруг неподвижной оси, называется *конической поверхностью вращения*. При вращении образующая пересекает ось вращения в точке, которая является *вершиной конической поверхности*.

Разрежем коническую поверхность плоскостью, которая пересекает все образующие. Фигура, расположенная между вершиной конической поверхности и секущей плоскостью, называется *конусом*.

Плоская фигура, полученная в секущей плоскости, называется *основанием* конуса. Наименьшее расстояние от вершины конуса до его основания называется *высотой* конуса.

Конус, у которого основанием является окружность, а высота проходит через центр окружности, называется *прямым круговым конусом*.

Если конус разрезать плоскостью, параллельной его основанию, получится *усеченный конус*.

У прямого кругового конуса горизонтальной проекцией является окружность, а фронтальная и профильная проекции

представляют собой равные равнобедренные треугольники. Крайние линии этих треугольников являются видимыми образующими конуса.

Построение комплексного чертежа цилиндра

Построение комплексного чертежа прямого кругового цилиндра начинается с построения проекций центров оснований цилиндра (рис.2.48). В нашем примере нижнее основание находится на горизонтальной плоскости проекций. Так как верхнее основание цилиндра параллельно нижнему основанию, то горизонтальные проекции обоих оснований совпадают и являются окружностями, равными по величине их истинным размерам. Фронтальная проекция нижнего основания представляет собой прямую, лежащую на оси X . Фронтальной проекцией верхнего основания является равная и параллельная ей прямая. Расстояние между этими проекциями равно высоте цилиндра. Профильные проекции оснований тоже являются равными по длине и параллельными друг другу отрезками прямых. Соединив конечные точки этих прямых, получим фронтальную и горизонтальную проекции цилиндра. Как видно из рисунка, эти проекции представляют собой прямоугольники. Таким образом, строится комплексный чертёж прямого кругового цилиндра.

Определим видимость элементов цилиндра. На горизонтальной проекции цилиндра (на виде сверху) видимой является только верхнее основание. Для того чтобы определить видимость элементов на фронтальной проекции мысленно проведём через центр основания на горизонтальной плоскости прямую линию, параллельную оси X .

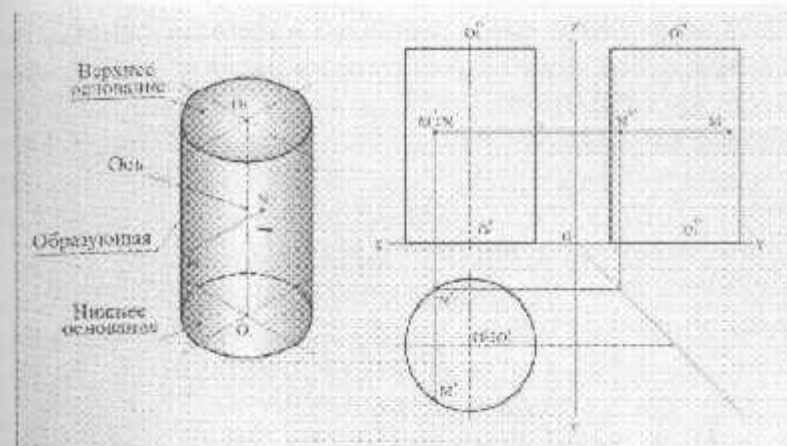


Рис.2.48

Эта прямая делит цилиндр на две части. Образующие цилиндра, которые располагаются ниже этой прямой на фронтальной проекции, будут видимыми, а те образующие, которые располагаются выше этой прямой на фронтальной проекции - невидимыми. Если через центр основания горизонтальной проекции цилиндра провести прямую, параллельную оси Y , то можно определить видимость элементов профильной проекции цилиндра. Те образующие, которые располагаются левее этой прямой, на профильной проекции будут видимыми, а образующие, расположенные правее будут невидимыми.

Возьмем на поверхности цилиндра точки M и N , как показано на рисунке. Фронтальная проекция точки M (точка M'') будет видимой, так как она лежит на видимой образующей цилиндра, а фронтальная проекция точки N (точка N'') невидимой. Профильные проекции этих точек (M''' , N''') лежат на видимых образующих цилиндра и поэтому являются видимыми.

Построение комплексного чертежа конуса

Рассмотрим методику построения проекций правильного кругового конуса. Вначале строим горизонтальную проекцию основания конуса. Этой проекцией будет точка O' (рис.2.49). Из этой точки радиусом, равным радиусу основания R_1 проводим окружность. Эта окружность является горизонтальной проекцией основания конуса и равна истинной величине основания. По условию задачи основание конуса лежит на плоскости H . Поэтому фронтальная проекция основания будет лежать на оси X , а профильная проекция на оси Y . Их длины равны длине диаметра основания. Горизонтальная проекция вершины конуса совпадает с центром основания ($S' \equiv O'$). Через фронтальную и профильную проекции основания проводим прямые, равные по величине высоте конуса и перпендикулярные соответственно осям X и Y . Получим фронтальную и профильную проекции вершины конуса (S'' и S'''). Соединив полученные проекции вершин конуса с концами отрезков проекций основания, получаем фронтальную и профильную проекции конуса.

Как видно из рисунка 2.49, горизонтальной проекцией правильного кругового конуса является окружность, диаметр которого равен диаметру основания, а фронтальной и профильной проекциями - равные между собой равнобедренные треугольники. Боковые стороны этих треугольников являются видимыми образующими конуса.

Определим видимость элементов конуса. Основание конуса на виде сверху является невидимым. Поэтому все точки основания, за исключением точек, расположенных по периметру, являются невидимыми точками.

Для определения видимых элементов фронтальной проекции конуса мысленно проводим через центр основания горизонтальной проекции прямую линию, параллельную оси X . Эта прямая делит горизонтальную проекцию на две части. Образующие, расположенные выше этой прямой на фронтальной проекции будут невидимыми, а те образующие, которые расположены ниже - видимыми. Если провести прямую, параллельно оси Y , то можно определить видимость элементов на профильной проекции. Те образующие, которые на горизонтальной проекции располагаются левее этой прямой, будут видимыми, а образующие, расположенные правее - невидимыми.

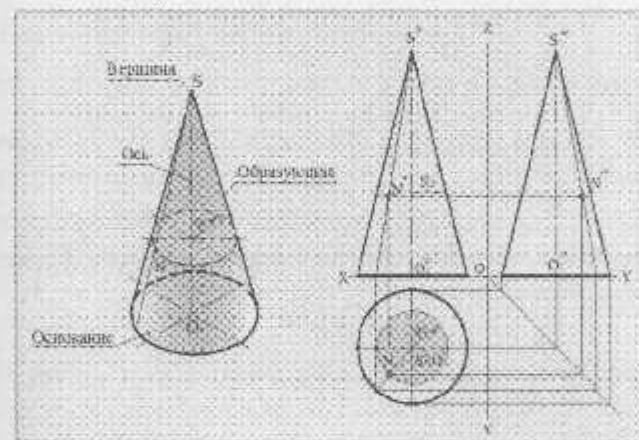


Рис.2.49

А теперь посмотрим, как строятся проекции точек, лежащие на поверхности конуса. Предположим, что на боковой поверхности конуса дана точка N . По известной фронтальной проекции этой точки N'' построим её горизонтальную N' и профильную N''' проекции. Через точку N проведём образующую конуса. На фронтальной проекции эта прямая, проходящая через точки N'' и S'' . При вращении

точки N вокруг оси конуса образуется окружность. Обозначим радиус окружности через R_1 . Фронтальная проекция этой окружности представляют собой прямую линию, параллельную оси X , а горизонтальная проекция - окружность с центром в точке O' и радиусом R_1 . Чтобы определить горизонтальную проекцию точки N из точки N'' проводим прямую, перпендикулярную оси X до пересечения с горизонтальной проекцией окружности R_1 . Так как эта прямая пересекает окружность в двух точках, то на основании условия видимости элементов в качестве горизонтальной проекции точки принимаем указанную на чертеже точку N' . Затем определяем профильную проекцию этой точки. Этой точкой будет изображенная на чертеже точка N''' .

Пересечение многогранника с плоскостью

При пересечении многогранника с плоскостью получается геометрическая фигура, форма которой зависит от положения и вида многогранника и секущей плоскости.

Построим сечение пирамиды $ABCD$ фронтально-проецирующей плоскостью α (рис.2.50, а).

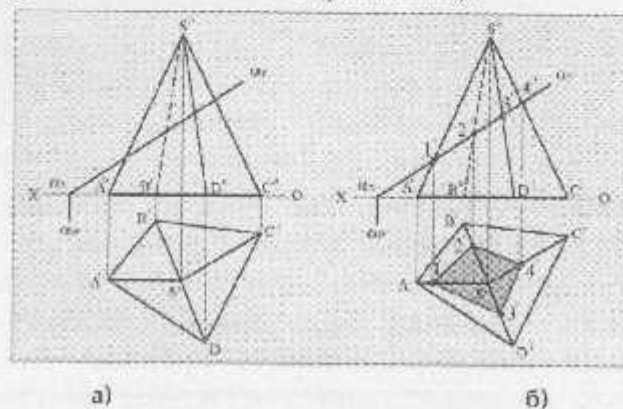


Рис.2.50

Находим точки пересечения фронтального следа плоскости αH с образующими ($A'S'$, $B'S'$, $D'S'$ и $C'S'$) пирамиды - соответственно точки $1''$, $2''$, $3''$, $4''$. Принимая во внимание условие принадлежности точки прямой, находим их горизонтальные проекции - $1'$, $2'$, $3'$ и $4'$. Затем последовательно соединяем эти точки. Полученный четырехугольник $1'2'3'4'$ является горизонтальной проекцией сечения пирамиды фронтальнопроецирующей плоскостью. Фронтальная проекция сечения располагается на фронтальном следе плоскости (рис.2.50, б).

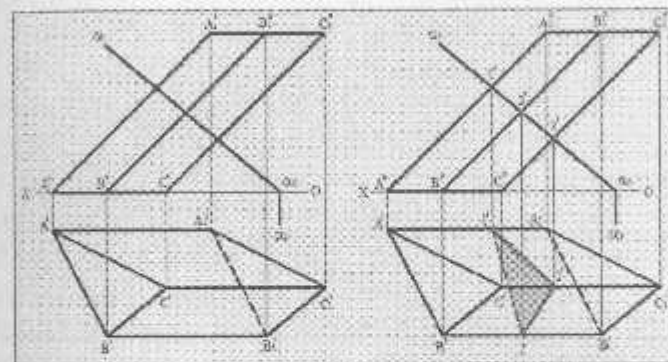


Рис.2.51

На рисунке 2.51 показано построение сечения призмы фронтально - проецирующей плоскостью.

Пересечение прямой линии с многогранником

При пересечении прямой с плоскостью получаются две точки, которые называются точками входа и выхода.

Методика определения точек пересечения прямой линии с многогранником заключается в следующем:

1. Через прямую проводим проецирующую плоскость,
2. Строим сечение многогранника этой плоскостью.
3. Определяем искомые точки пересечения полученного сечения с заданной прямой.

На рис.2.52 показан пример определения точек пересечения пирамиды $ABCD S$ с прямой m . Через прямую проводим фронтально-проецирующую плоскость α . После этого строим сечение пирамиды этой плоскостью – четырёхугольник $1' 2' 3' 4'$.

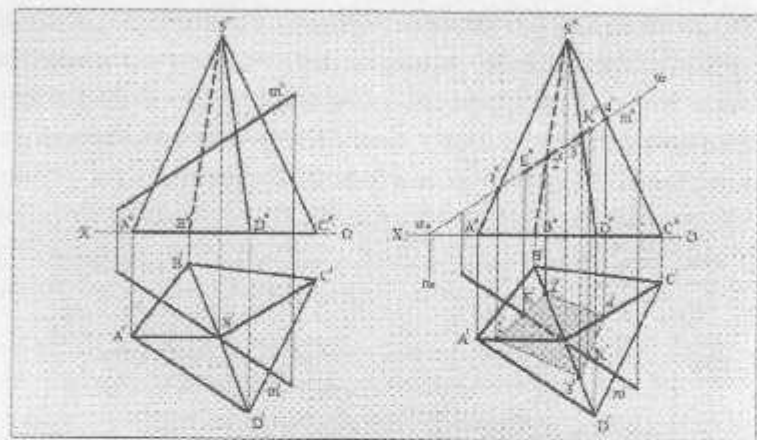


Рис.2.52

Этот четырёхугольник перескается с прямой m' в точках E' и K' , которые являются горизонтальными проекциями точек пересечения прямой с многогранником. Находим фронтальные проекции этих точек – точки E'' и K'' .

Пересечение тела вращения с плоскостью

При пересечении тела вращения с плоскостью получается плоская фигура, форма и положение которой зависят как от типа самого тела вращения, так и от положения секущей плоскости.

В качестве примера определим сечение конуса фронтально-проецирующей плоскостью α (рис.2.53, а).

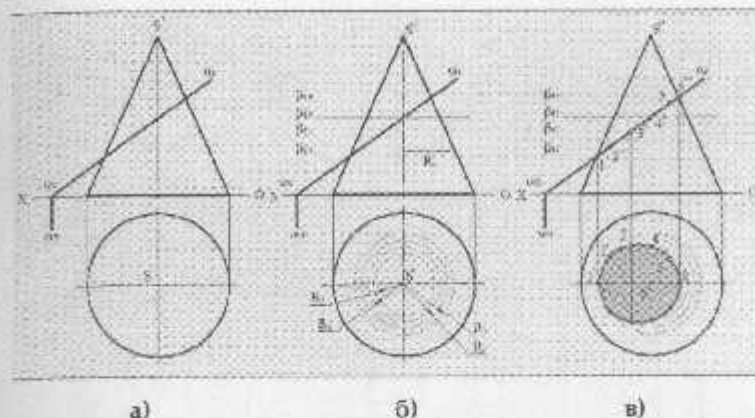


Рис.2.53

На комплексном чертеже фронтальный след плоскости α пересекается с крайними образующими конуса в точках $1''$ и $6''$ (рис. 2. 53, в). Эти точки являются характеристическими точками.

Для определения дополнительных точек используем метод секущих плоскостей.

Проведём дополнительные горизонтальные плоскости $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и β_4 (рис.2.53, б). Плоскость β_1 пересекает конус по окружности, радиусом R_1 .

Покажем это сечение на горизонтальной проекции (чертим окружность радиусом R_1). Фронтальный след плоскости β_1 пересекается с фронтальным следом плоскости α в точке $2''$. Горизонтальная проекция этой точки располагается на построенной окружности – точка $2'$. Аналогично строим точки $3'', 4'', 5''$ и $3', 4', 5'$. Соединим последовательно построенные горизонтальные проекции точек, получаем сечение конуса плоскостью α .

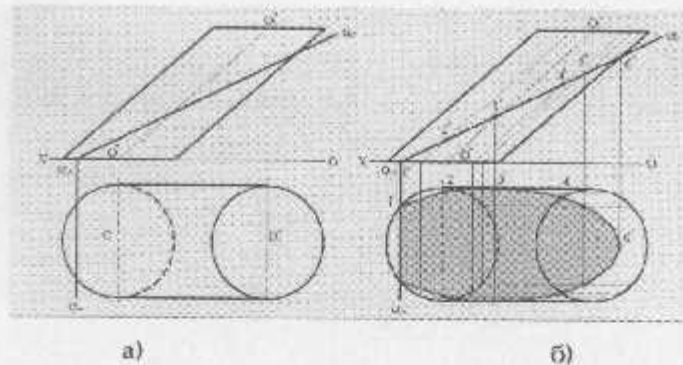


Рис.2.54

Определим фигуру, получающуюся при сечении наклонного цилиндра фронтально-проектирующей плоскостью (рис.2.54, а).

Как видно из рисунка плоскость пересекает цилиндр по нижнему основанию.

Находим характеристические точки – точки 1", 3" и 6". Для определения дополнительных точек проводим образующие цилиндра, и находим фронтальные проекции точек пересечения этих образующих с фронтальным следом плоскости – точки 2", 4" и 5".

Отмечаем соответственно горизонтальные проекции найденных точек и последовательно соединяем их.

Полученная фигура является сечением цилиндра плоскостью (рис.2.54,а).

Пересечение тел вращения

Определение сечения пересекающихся тел вращения имеет большое практическое значение. При их пересечении получают кривые фигуры, форма которых зависит от типа и положения тел вращения. Рассмотрим пересечение двух цилиндров и цилиндра с конусом.

Пересечение двух цилиндров

На рисунке 2.55 показано построение пересечения проекций двух цилиндров путём проведения вспомогательных плоскостей.

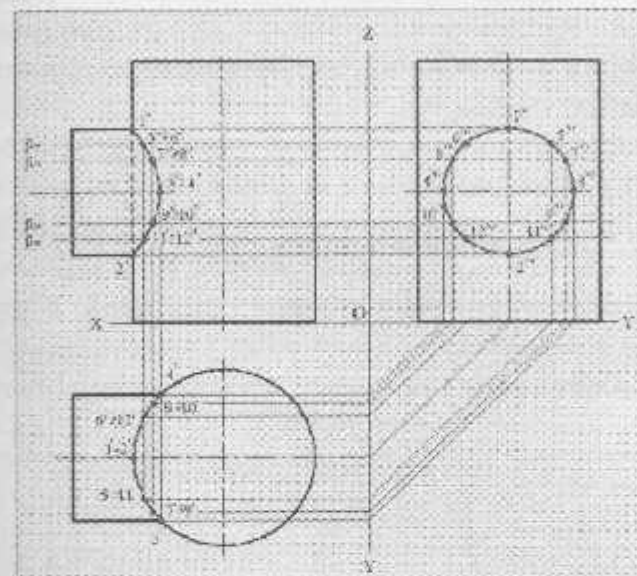


Рис.2.55

Построение начинаем с изображения проекций тех точек, положения которых можно определить непосредственно из рисунка – проекции точек 1, 2, 3 и 4.

Для определения дополнительных точек проводим вспомогательные горизонтальные плоскости $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и β_4 .

Эти плоскости пересекают вертикальный цилиндр по окружности, равным диаметру самого цилиндра, а горизонтальный цилиндр по прямоугольникам, параллельным горизонтальной плоскости проекций.

Рассмотрим плоскость β_1 . Она пересекает вертикальный цилиндр по прямоугольнику, образующие которого на профильной проекции обозначим точками $5'''$ и $6'''$. Горизонтальные проекции этих точек лежат на образующих горизонтального цилиндра - точки $5'$ и $6'$. Из этих точек проводим вертикальные прямые до пересечения с фронтальным следом плоскости β , находим их фронтальные проекции - точки $5''$ и $6''$.

Аналогично строим проекции точек 7, 8, 9, 10, 11 и 12. Соединив эти точки получаем проекции сечения цилиндров.

Пересечение конуса с цилиндром

Построим сечение конуса цилиндром (рис.2.56). Покажем проекции точек 1 и 2 - точки пересечения верхней и нижней образующих цилиндра с левой крайней образующей конуса.

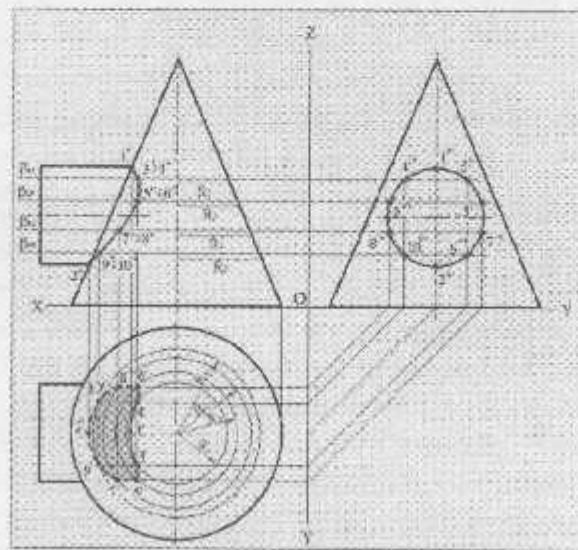


Рис. 2.56

Для определения дополнительных точек используем метод вспомогательных плоскостей. Проведём вспомогательные горизонтальные плоскости β_1 , β_2 , β_3 и β_4 . Плоскость β_1 пересекает конус по окружности радиусом R_1 , а цилиндр по прямоугольнику, образующие которой на профильной проекции обозначим точками $3'''$ и $4'''$.

Горизонтальные проекции этих точек - $3'$ и $4'$ лежат на окружности R_1 . Из этих точек проводим вертикальные прямые до пересечения с фронтальным следом плоскости β_1 и находим фронтальные проекции - точки $3''$ и $4''$.

Таким же образом находим проекции точек 5, 6, 7, 8, 9 и 10. Соединив эти точки, получаем проекции сечения цилиндров. Затем на горизонтальной проекции покажем видимые и невидимые части сечения.

ГЛАВА III ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

Изображение в общем случае можно рассматривать как проекцию пространственного объекта на плоскость. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на *виды, разрезы, сечения*.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

Виды

Вид - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Предметы на чертеже изображаются методом прямоугольного проецирования. Для того чтобы построить вид (проекцию) детали, её располагают между наблюдателем и плоскостью. Предположим, что нужно построить проекцию детали, представленной на рис.3.1. Для этого в качестве проецирующей плоскости принимаем фронтальную плоскость проекций F. Из вершин детали, а также из вершин прямоугольного отверстия мысленно проводим лучи, перпендикулярные к плоскости F и находим точки пересечения этих лучей с плоскостью.

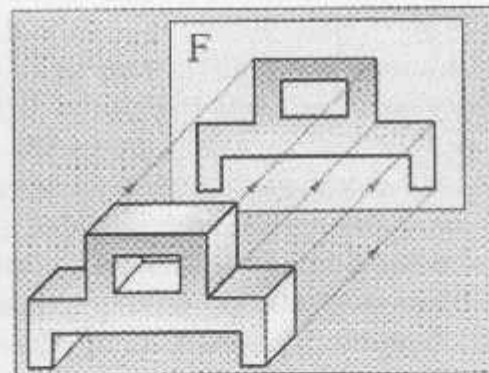


Рис.3.1

Соединив эти точки, получаем проекцию детали на плоскость F. Так как поверхность, обращенная к наблюдателю, параллельна фронтальной плоскости, она проецируется на эту плоскость без искажений.

Если сопоставить проекцию детали с её внешним видом можно сделать следующие выводы:

1. Поверхности детали, параллельные плоскостям проекций, проецируются на эти плоскости в натуральную величину.
2. Поверхности детали, перпендикулярные плоскостям проекций, проецируются на эти плоскости в виде прямых линий.
3. Рёбра, параллельные плоскостям проекций, проецируются на эти плоскости в натуральную величину.
4. Рёбра, перпендикулярные плоскостям проекций, проецируются на эти плоскости в виде точек.

Проекция детали, полученная на рис.3.1 позволяет определить её длину и высоту, но она не даёт никакой информации о ширине. Для того, чтобы получить более полную информацию о размерах и форме детали, необходимо построить несколько видов (проекций) этой

детали. Виды бывают трёх видов: *главные, дополнительные и местные*.

Главные виды

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Стандартом установлены шесть основных видов детали, которые получаются при проецировании детали на плоскости проекций. За основные плоскости проекций принимают (условно) шесть граней куба; грани совмещают с фронтальной плоскостью. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4. На рис.3.2 показаны проекции детали на боковые поверхности куба.

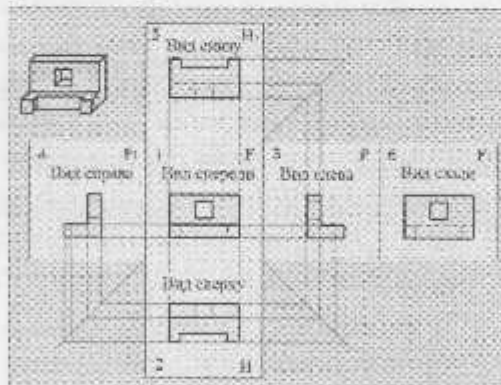


Рис.3.2

Главный вид – изображение детали на фронтальной плоскости проекций, дающее наиболее полное представление о форме и размерах детали. Другие виды получают на основе этого вида.

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций: 1- *вид спереди (главный вид)*; 2- *вид сверху*; 3- *вид слева*; 4 - *вид справа*; 5- *вид снизу*; 6- *вид сзади*. Названия видов на чертежах надписывать не следует, за исключением случая, когда виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением.

При нарушении проекционной связи, направление проектирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву.

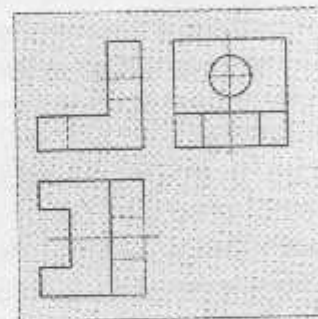
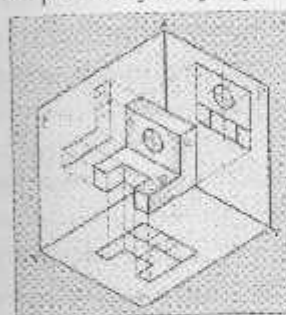


Рис.3.3.

На рис.3.3 показаны проекции детали в пространстве и на комплексном чертеже. Линии связи и оси на комплексном чертеже не показываются.

Дополнительные виды

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров, то применяют **дополнительные виды**, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций.

На рис.3.4,а показана деталь, верхнее основание которой не параллельна ни одной из плоскостей проекций. На горизонтальную плоскость проекций эта часть проецируется с искажением. Для того, чтобы спроецировать её без искажения, используются дополнительные виды. Возьмём дополнительную плоскость, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций и параллельную поверхности верхнего основания. На эту плоскость верхнее основание детали проецируется без искажения.

Если дополнительный вид находится в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, то стрелку, указывающую направление взгляда и надпись над видом не указывают (рис.3.4,б).

Если дополнительный вид не находится в проекционной связи с соответствующим изображением, необходимо указать стрелкой направления взгляда наблюдателя и обозначить её прописной буквой (А, Б, В...), которая пишется параллельно основной надписи (рис.3.4,в). Над дополнительным видом делается запись «Вид А». Стандартом допускается дополнительный вид показывать на чертеже в повернутом виде. При этом над дополнительным видом нужно сделать запись «Вид А (повернуто)» (рис. 3.4, г).

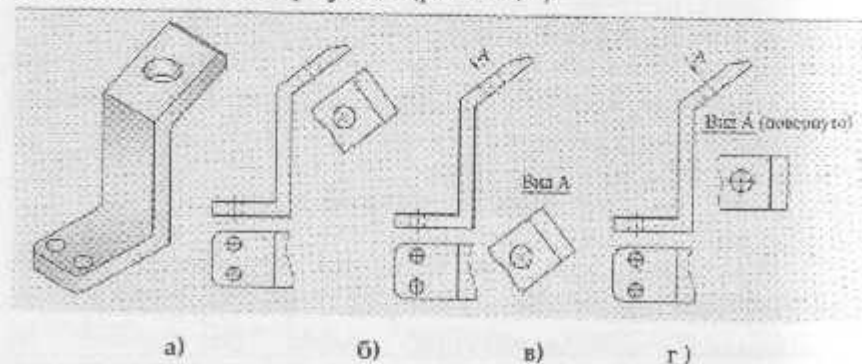


Рис. 3.4

Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один раз.

Местный вид

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется *местным видом*.

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен. Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

На рис.3.5 изображен чертёж детали в двух проекциях. Для того, чтобы получить более полное представление о форме и размерах детали можно дополнительно показать

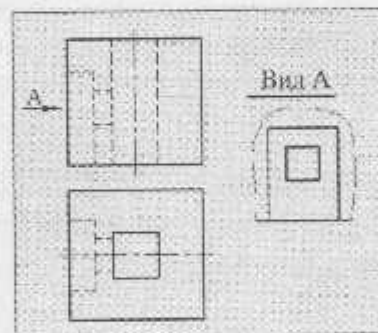


Рис.3.5 местный вид.

Разрезы

Разрез – это изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

На рис.3.6 показан процесс получения изображений предмета на горизонтальной и фронтальной плоскостях проекций. Изображение, полученное на фронтальной плоскости проекций, является разрезом детали. Оно получается путём сечения детали плоскостью, параллельной фронтальной плоскости проекций. Эта плоскость называется *секущей плоскостью*. На приведённом рисунке секущая плоскость проходит через ось симметрии детали и делит её на две части. Та часть детали, которая остаётся перед секущей плоскостью мысленно отбрасывается, оставшаяся же часть проецируется на фронтальную плоскость проекций. Полученное изображение является разрезом детали. Как видно из рисунка, на разрезе показаны те части детали, которые попали на секущую плоскость и те, которые остались за ней. Часть изображения, которая попадает на секущую плоскость, штрихуется.

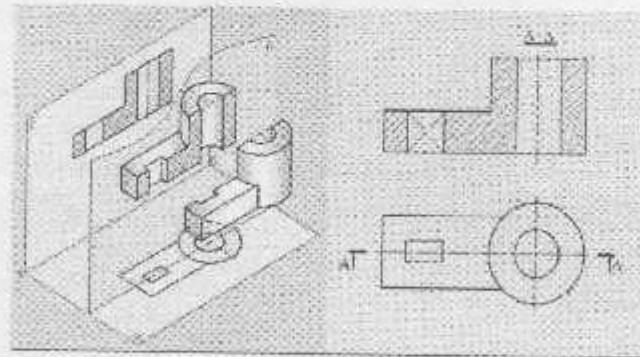


Рис.3.6

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы бывают *простые* и *сложные*.

Разрез, полученный в результате мысленного рассечения детали одной секущей плоскостью, называется *простым разрезом*.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно плоскостей проекций, простые разрезы делятся на *фронтальные, профильные* и *горизонтальные*.

Фронтальный разрез – это изображение, полученное в результате мысленного рассечения детали секущей плоскостью, параллельной фронтальной плоскости проекций, и состоящее из фигуры сечения и изображения части детали, расположенной за секущей плоскостью.

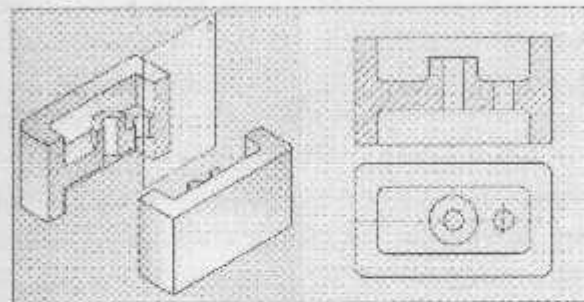


Рис.3.7

На рис.3.7 показано построение фронтального разреза детали. Деталь мысленно рассекают секущей плоскостью, параллельной фронтальной плоскости проекций. Фигуру сечения и то, что расположено за секущей плоскостью, проецируют на плоскость F, получая изображение фронтального разреза.

Профильный разрез – это изображение, полученное в результате мысленного рассечения детали секущей плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций, и состоящее из фигуры сечения и изображения части детали, расположенной за секущей плоскостью.

На рис.3.8 показано построение профильного разреза детали. Деталь мысленно рассеем секущей плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций. Фигуру

сечения и то, что расположено за секущей плоскостью, проецируют на плоскость Р, получая изображение профильного разреза.

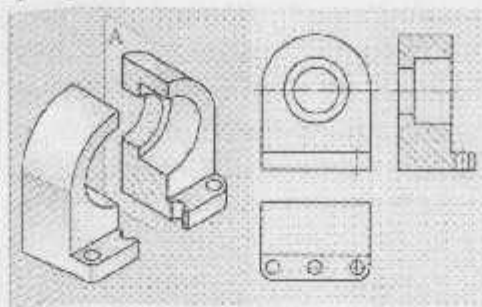


Рис. 3.8

Горизонтальный разрез – это изображение, полученное в результате мысленного рассечения детали секущей плоскостью, параллельной горизонтальной плоскости проекций, и состоящее из фигуры сечения и изображения части детали, расположенной за секущей плоскостью.

На рис.3.9 показано построение горизонтального разреза детали. Деталь мысленно рассекаем секущей плоскостью, параллельной горизонтальной плоскости проекций. Фигуру сечения и то, что расположено за секущей плоскостью, проецируют на плоскость Н, получая изображение горизонтального разреза.

Согласно требованиям стандарта горизонтальные, фронтальные и профильные разрез на чертежах размещают с соответствующими основными видами. На одном чертеже могут быть несколько разрезов. Их количество должно быть минимальным, и в то же время достаточным для понятия и чтения чертежа.

Обозначение разрезов

При изображении разрезов нужно принимать во внимание некоторые требования, устанавливаемые стандартом. Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали и изображение разреза находится в непосредственной проекционной связи с соответствующим видом, то секущая плоскость не обозначается и разрез показывается без какой-либо записи (рис. 3.6 – 3.9). В противном случае необходимо указывать положение секущей плоскости на чертеже. Положение секущей плоскости указывается на чертеже линией сечения. Для линии сечения применяется разомкнутая линия. Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения. Толщина штриховых линий в 1,5 раза больше толщины основной сплошной линии. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки должны наноситься на расстоянии 2...3 мм от конца штриха. У начала и у конца линии сечения ставят одну и ту же прописную букву. Буквы наносятся около стрелок (рис.3.10). Разрез должен быть отмечен надписью по типу «А-А».

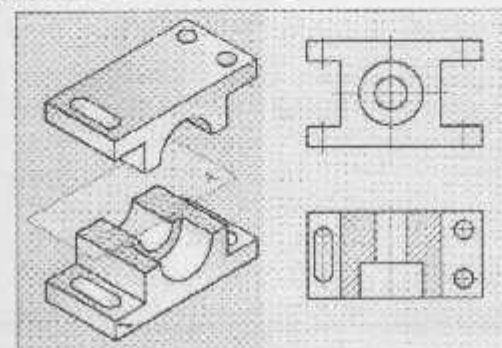


Рис.3.9

На рис.3.11 показаны разрезы несимметричной детали. Секущие фронтальная и профильная плоскости обозначены соответственно **А-А** и **В-В** и на изображениях разрезов сделаны соответствующие записи.

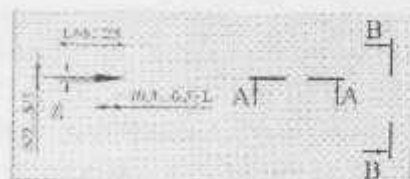


Рис.3.10

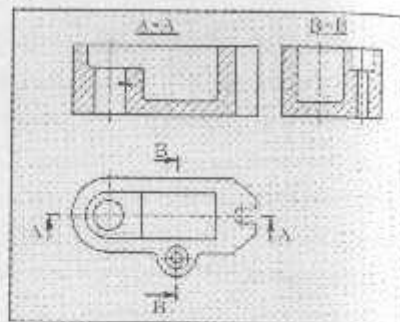


Рис.3.11

Наклонный разрез

Если секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого угла, то такой разрез называется **наклонным разрезом**.

На рис.3.12 показан пример выполнения наклонного разреза детали. Разрез производится по плоскости **А-А**. Стрелками показывается направление взгляда наблюдателя и обозначается прописными буквами. Разрез проецируется на плоскость, параллельную секущей плоскости, а затем совмещается с фронтальной плоскостью проекций.

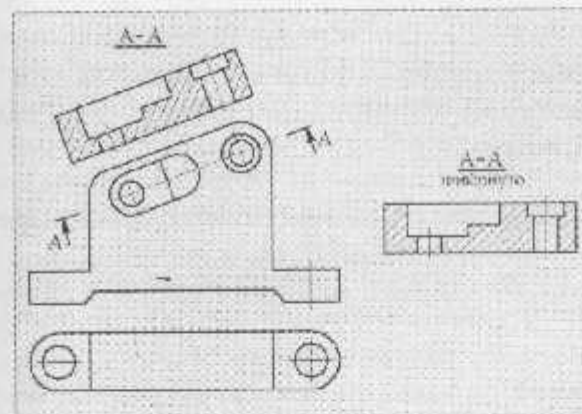


Рис.3.12

По стандарту допускается повернуть наклонный разрез, сделав при этом над изображением запись «**А-А повернуто**».

Местный разрез

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется **местным**.

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией. Эта линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

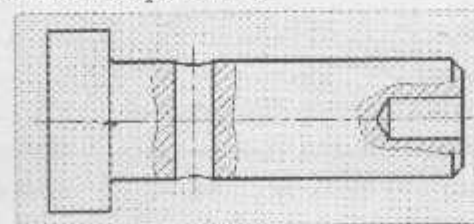


Рис.3.13

На рис.3.13 показан пример выполнения местных разрезов. В детали имеются два отверстия: одно глухое,

расположенное на одном конце детали, и сквозное. Поэтому давать полный разрез детали в данном случае не имеет смысла. Местный разрез даёт полное представление о размерах и форме отверстия.

Соединение части вида детали с частью разреза

Для более полной информации о наружных и внутренних формах детали производят соединение части вида детали с частью разреза. Если деталь является симметричной по какой-то оси, то на разрезе по этой оси можно соединять половину вида и половину разреза, разделяя их штрихпунктирной тонкой линией, являющейся осью симметрии.

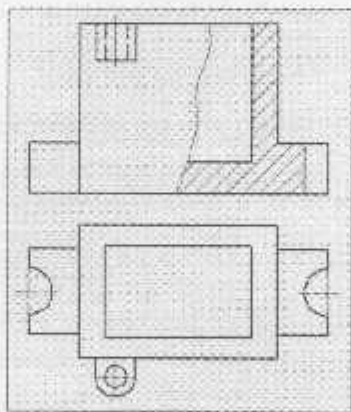


Рис.3.14

Для более полной информации о наружных и внутренних формах детали производят соединение части вида детали с частью разреза. Если деталь является симметричной по какой-то оси, то на разрезе по этой оси можно соединять половину вида и половину разреза, разделяя их штрихпунктирной тонкой линией, являющейся

осью симметрии. Часть разреза обычно располагают справа от оси симметрии, разделяющей часть вида с частью разреза, или снизу от оси симметрии. Линии невидимого контура на соединяемых частях вида и разреза обычно не показываются.

Если деталь является несимметричной, то на виде спереди можно соединить часть главного вида детали с частью фронтального разреза. В этом случае они отделяются друг от друга сплошной тонкой волнистой линией (рис.3.14).

Сложные разрезы

Разрез, полученный в результате мысленного рассечения детали несколькими секущими плоскостями, называется *сложным разрезом*. Сложные разрезы бывают *ступенчатые* и *ломанные*.

Ступенчатым называется сложный разрез, образованный двумя и более секущими параллельными плоскостями. Ступенчатые разрезы могут быть *фронтальными*, *профильными* и *горизонтальными*.

На рис.3.15 изображен ступенчатый разрез детали, полученный тремя фронтальными параллельными секущими плоскостями. На чертеже все изображения, полученные на секущих плоскостях, совмещаются в одну фронтальную плоскость и изображаются как простой фронтальный разрез.

Ломаным разрезом называется сложный разрез, образованный двумя и более пересекающимися плоскостями. При ломаных разрезах секущие плоскости условно вращают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда.

На рисунке 3.16 показан ломаный разрез детали двумя пересекающимися плоскостями.

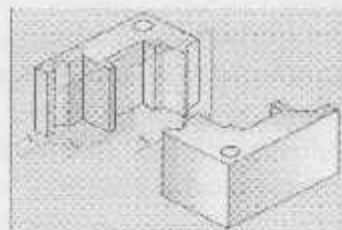


Рис.3.15

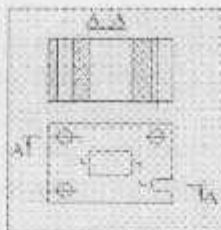


Рис.3.16

Сечения

Наряду с видами и разрезами при выполнении чертёжноконструкторских работ для более полного представления о конструкторских особенностях изделия широко используют сечения.

Сечение - это изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении, в отличие от разреза, показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

На рис.3.17 показана деталь, которая разрезается секущей горизонтальной плоскостью А.

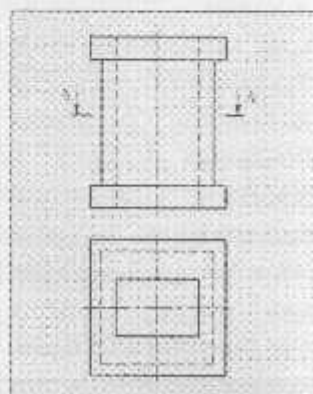
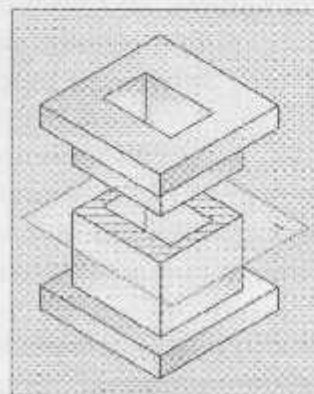


Рис. 3. 17

На рис.3.18 показаны разрез и сечение этой детали. Как видно и рисунка, на разрезе кроме части изображения, попавшей на секущую плоскость, показана и та часть детали, которая расположена ниже этой плоскости. В сечении же показана только та часть, которая попадает на секущую плоскость.

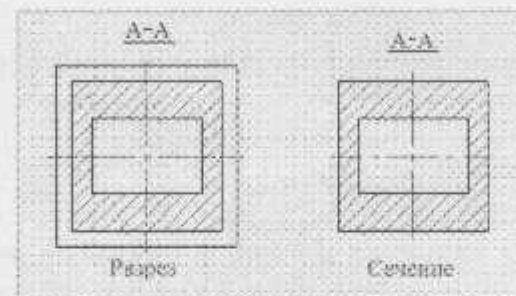


Рис.3.18

Сечения, не входящие в состав разреза, бывают **вынесенные** и **наложенные**. **Вынесенные сечения** являются предпочтительными, потому что их можно располагать в различных местах чертежа. На чертеже вынесенные сечения изображаются сплошной толстой линией.

Наложенным сечением называется такое сечение, которое показывается непосредственно на проекции детали. Наложённое сечение изображаются сплошной тонкой линией. При этом контур изображения на месте расположения наложенного сечения не прерывается.

На рис.3.19 и 3.20 приведены примеры вынесенных и наложенных сечений. Ось симметрии наложенного или вынесенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят (рис. 3.19).



Рис. 3.19

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве и наложенных сечений линию сечения проводят со стрелками со стороны наблюдателя, но не дают буквенного обозначения (рис. 3.20,б).

Для изображения вынесенного сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают её одинаковыми прописными буквами с чертой внизу, например **A-A** (рис. 3.20,в).

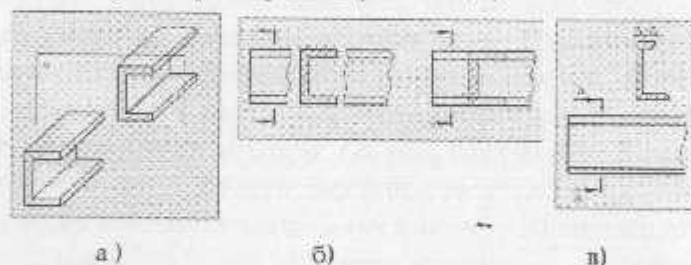


Рис. 3.20

Условные обозначения материалов в сечениях и разрезах

При изображении разрезов и сечений те части деталей, которые непосредственно соприкасаются с секущей плоскостью, штрихуются. Вид штриховки зависит от материала изделия. Например, если деталь металлическая, то штриховка наносится в виде тонких параллельных линий под углом 45° к основной надписи по направлению влево или

вправо. На одной детали все линии штриховок должны иметь одинаковое направление. Расстояние между линиями штриховок зависит от масштаба чертежа и принимается в пределах 2...10 мм. На маленьких чертежах допускается брать расстояние между линиями штриховок 1,5 мм. На рис.3.21 приведены условные обозначения некоторых материалов.

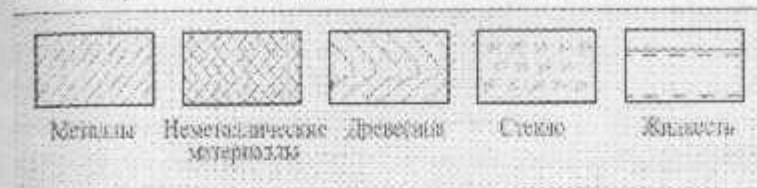


Рис.3.21

Если линии штриховки совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо 45° для наклона линий штриховки следует брать углы 30° или 60° (рис. 3.22, а, б).

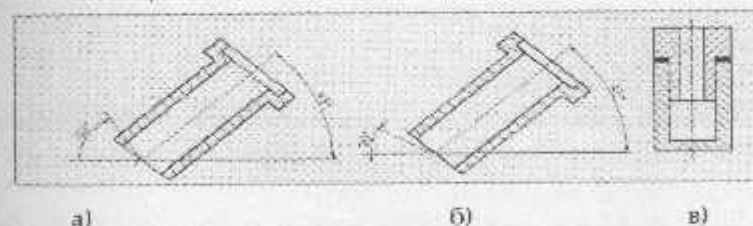


Рис. 3.22

Штриховка смежных сечений двух деталей должна наноситься в противоположных направлениях, т.е. для одного сечения влево, а для другого вправо. При штриховке параллельными линиями двух, трёх и более деталей следует изменять расстояние между линиями штриховки.

Если ширина сечения меньше или равна 2 мм, то штриховку наносят в виде сплошной толстой линии (рис. 3.22, в).

ГЛАВА IV АКСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКЦИРОВАНИЕ

Виды аксонометрических проекций

Начерченные методом прямоугольного проектирования проекции детали хотя и дают информацию о её форме и размерах, но они не дают пространственного представления о детали. Для того, чтобы получить более полное представление о детали, возникает необходимость построения её наглядного, пространственного изображения. Такая проекция детали называется *аксонометрической проекцией* или просто *аксонометрией*.

Слово аксонометрия состоит из двух слов *аксон* (аксо) – ось и *метрео* – измеряю, и в переводе с греческого означает измеряю по осям. Аксонометрическая проекция, при которой проектирующие лучи перпендикулярны плоскостям проекций, называется *прямоугольной*. Если проектирующие лучи наклонены к плоскостям проекций, проекция называется *косугольной*.

Прямоугольные координатные оси при проектировании на аксонометрические проекции искажаются. Коэффициенты искажения по осям

X , Y и Z обозначаются K_x , K_y и K_z . В зависимости от значения коэффициента искажения по осям аксонометрические проекции делятся на следующие типы:

1.Изометрическая проекция. – Слово *изометрия* означает одинаковые. При изометрии коэффициенты искажения по всем осям одинаковые, т. е. $K_x = K_y = K_z = 1$.

2.Диметрическая проекция. *Диметрия* – означает одинаковость размеров по двум аксонометрическим осям. При диметрии два коэффициента искажения равны, а третий отличный, т.е. $K_x = K_y \neq K_z$; $K_x = K_z \neq K_y$; $K_y = K_z \neq K_x$.

3.Триметрическая проекция. *Триметрия* – означает, что размеры по всем трём осям различны. Поэтому и коэффициенты искажения по осям различны, т.е. $K_x \neq K_y \neq K_z$.

Изометрия, диметрия и триметрия могут быть прямоугольными и косоугольными. На практике особенно широко используются такие виды аксонометрических проекций, как прямоугольная изометрическая и косоугольная фронтальная диметрическая проекции. Выбор вида аксонометрической проекции зависит от формы детали, степени легкости построения аксонометрической проекции и от доступности полученного изображения.

Основные параметры аксонометрических проекций

Основными параметрами, характеризующими аксонометрические проекции, являются направления аксонометрических осей и коэффициент искажения по осям.

В косоугольной фронтальной диметрической проекции ось X является горизонтальной осью, ось Z – вертикальной осью, а ось Y имеет угол наклона 45° . Коэффициенты искажения по осям следующие: $K_x = K_z = 1$, $K_y = 0,5$ (рис.4.1). Это означает, что при построении аксонометрической проекции детали размеры вдоль оси Y необходимо уменьшать в два раза.

Для построения чертежа детали при такой аксонометрической проекции удобно пользоваться треугольными линейками с углами 45° , 45° и 90° .

При прямоугольной изометрической проекции углы между осями проекций равны 120° , коэффициенты искажения $K_x = K_y = K_z = 0,82$. Для упрощения процесса построения аксонометрической проекции Государственным

стандартом предлагается коэффициенты искажения принимать равным 1 (рис.4.1).

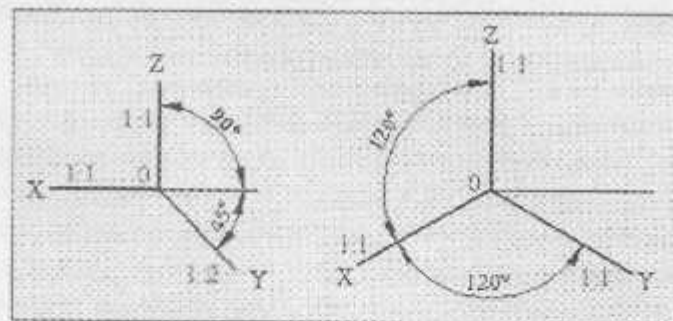


Рис.4.1

Построение аксонометрических проекций плоских фигур

Основу всех геометрических элементов составляют плоские фигуры различной конфигурации (многоугольники, окружности и др.). Фигура, у которой все точки принадлежат одной плоскости, называется *плоской фигурой*.

Для построения аксонометрической проекции любой детали необходимо уметь строить аксонометрические проекции плоских фигур. Рассмотрим, как строятся аксонометрические проекции некоторых плоских фигур.

Прямоугольная изометрическая проекция

В прямоугольной изометрической проекции прямые, лежащие на аксонометрических осях X , Y и Z и параллельные этим осям чертятся в истинную величину. Основываясь на это правило, рассмотрим построение прямоугольных изометрических проекций плоских фигур, лежащих на плоскостях проекций. Плоские фигуры имеют два измерения

и поэтому их аксонометрические проекции строятся относительно двух осей.

Построение изометрической проекции прямоугольника

На рис.4.2 показано построение изометрической проекции прямоугольника, стороны которого параллельны осям проекций. Последовательность построения следующая:

1. На плоскости XOZ показываем одну из вершин прямоугольника, например, точку C . Из этой точки проводим прямые, параллельные осям X и Z .

2. На прямой, параллельной оси X , влево от точки C откладываем отрезок n , равный длине прямоугольника, и отмечаем точку D .

3. На прямой, параллельной оси Z , вверх от точки C откладываем отрезок m , равный высоте прямоугольника, и отмечаем точку B .

4. Из точки B параллельно оси X , и из точки D параллельно оси Z проводим прямые и находим точку их пересечения – точку A .

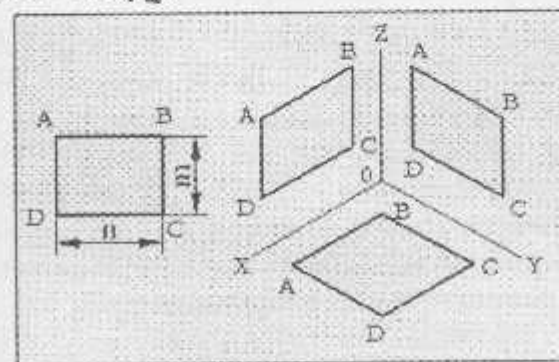


Рис.4.2

Полученная фигура является изометрической проекцией прямоугольника во фронтальной плоскости проекций. Аналогично строятся изометрические проекции прямоугольника в горизонтальной и профильной плоскостях проекций. У горизонтальной изометрической проекции стороны прямоугольника параллельны осям X и Y , а у профильной изометрической проекции – осям Y и Z .

Построение изометрической проекции правильного шестиугольника

На рис.4.3 изображен правильный шестиугольник, вписанный в окружность радиусом r . Построим изометрические проекции этого шестиугольника. Для этого проводим аксонометрические оси X , Y и Z .

Рассмотрим последовательность построения плоскости XOZ .

1. На плоскости XOZ отмечаем центр шестиугольника – точку O_1 . Из этой точки проводим прямые, параллельные осям X и Z .
2. На прямой, параллельной оси X от точки O_1 влево и вправо откладываем отрезки, равные по величине радиусу r . Крайние точки этих прямых являются вершинами 1 и 4 шестиугольника.
3. На прямой, параллельной оси Z от точки O_1 вверх и вниз откладываем отрезки, равные k . Крайние точки этих прямых обозначим A и B .
4. Из точек A и B параллельно оси X отложим прямые, равные по величине $r/2$. Полученные точки 2, 3, 5 и 6 будут остальными вершинами шестиугольника.

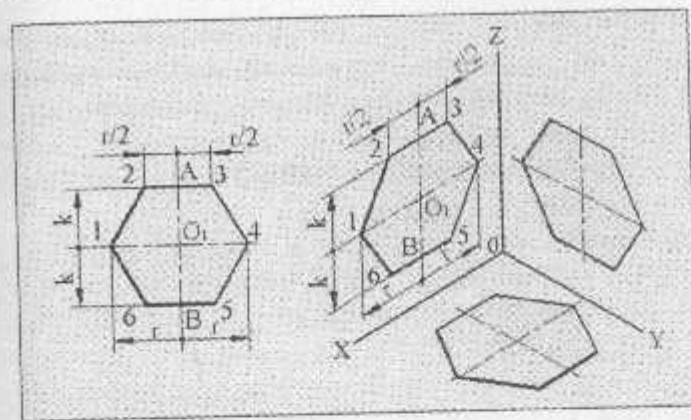


Рис.4.3

Соединив последовательно эти точки, получаем фигуру, которая является изометрической проекцией правильного шестиугольника во фронтальной плоскости. По этой же методике можно построить изометрические проекции шестиугольника в горизонтальной и профильной плоскостях проекций.

Построение изометрической проекции окружности

Изометрическими проекциями окружности на плоскостях проекций являются эллипсы. У эллипса имеются две оси, одна из которых называется большой осью эллипса, а другая – малой. При построении изометрической аксонометрии окружности оси эллипса чертятся перпендикулярно друг другу. При этом длины большой и малой осей равны $1,22D$ и $0,71D$ (D – диаметр окружности).

Так как построение эллипса – процесс сложный, его заменяют на овал.

Овал – это замкнутая геометрическая фигура, состоящая из сопряженных друг с другом четырех симметричных дуг.

Для того, чтобы показать построение аксонометрической проекции овала, берётся окружность, вписанная в квадрат, стороны которого параллельны плоскостям проекций.

Рассмотрим построение изометрической проекции окружности, вписанной в квадрат в горизонтальной плоскости проекций (рис.4.4).

1.Выбираем точку $O1$ и из этой точки проводим оси X и Y . На этих осях откладываем отрезки, равные радиусу окружности, концы которых обозначаем A, B, C и D . Из этих точек проводим прямые, параллельные осям X и Y . В результате пересечения этих прямых получается ромб. Точки A, B, C и D являются точками сопряжения дуг овала (рис. 4.4, а).

2.Обозначим вершины ромба точками $O2$ и $O3$. Проводим из точки $O2$ дугу радиусом $R= O2A$, а из точки $O3$ дугу радиусом $R= O3D$. Получим дуги AB и CD – большие дуги овала (рис.4.4, б).

3.Соединяем точку $O2$ с точками A и B . Прямые $O2A$ и $O2B$ пересекаются с большой диагональю ромба в точках $O4$ и $O5$. Эти точки являются центрами малых дуг овала. Проводим из точки $O4$ дугу радиусом $R1= O4A$, а из точки $O5$ дугу радиусом $R1= O5B$. Эти дуги плавно соединяются с большими дугами овала (рис. 4.4, в).

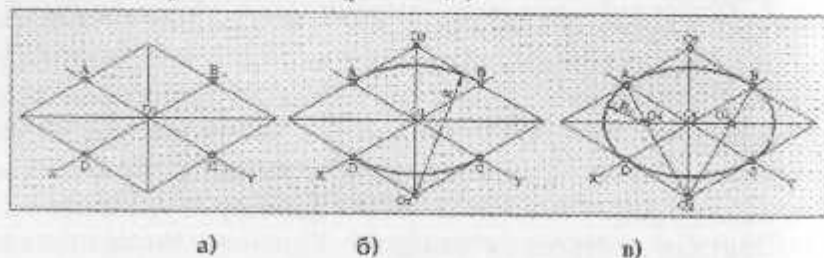


Рис.4.4

Таким образом, получаем овал, который представляет собой изометрическую проекцию окружности в

горизонтальной плоскости. Этим же методом строятся фронтальная и профильная изометрические проекции окружности.

Косоугольная фронтальная диметрическая проекция

В косоугольной фронтальной диметрической проекции прямые, лежащие на аксонометрических осях X и Z и параллельные этим осям, чертятся в истинную величину, а прямые лежащие или параллельные оси Y чертятся в два раза меньше истинной величины. Принимая это во внимание, рассмотрим построение косоугольных фронтальных диметрических проекций плоских фигур, лежащих на плоскостях проекций.

Построение фронтальной диметрической проекции прямоугольника

Построение аксонометрической проекции прямоугольника, стороны которого параллельны координатным осям, начнём с построения осей косоугольной фронтальной диметрической проекции (рис.4.5).

Фронтальная плоскость проекций включает в себя две координатные оси X и Z . Имея в виду, что при построении косоугольной проекции плоской фигуры, параллельной фронтальной плоскости проекций, размеры этой фигуры не меняются, перенесём прямоугольник на фронтальную плоскость проекций в истинную величину. Получим фронтальную диметрическую проекцию прямоугольника на фронтальную плоскость проекций.

Если прямоугольник расположен параллельно горизонтальной плоскости проекций, то диметрическая фронтальная проекция прямоугольника на горизонтальную

плоскость проекций строится в следующей последовательности:

1. На плоскости XOY отмечаем одну из вершин прямоугольника, например вершину B . Из этой точки проводим прямые, параллельные осям

X и Y .

2. На прямой, параллельной оси X влево от точки B откладываем отрезок, равный длине прямоугольника n . Получаем вершину A .

3. На прямой, параллельной оси Y в сторону положительного направления этой оси от точки B откладываем отрезок, равный половине ширины прямоугольника $m/2$. Получаем вершину C .

4. Из полученных точек A и C проводим прямые, параллельные осям Y и X . Точка пересечения этих прямых будет вершиной D прямоугольника $ABCD$.

Таким образом, диметрической проекцией прямоугольника на горизонтальную плоскость проекций является параллелограмм. Аналогично строим диметрическую фронтальную проекцию прямоугольника на профильную плоскость проекций.

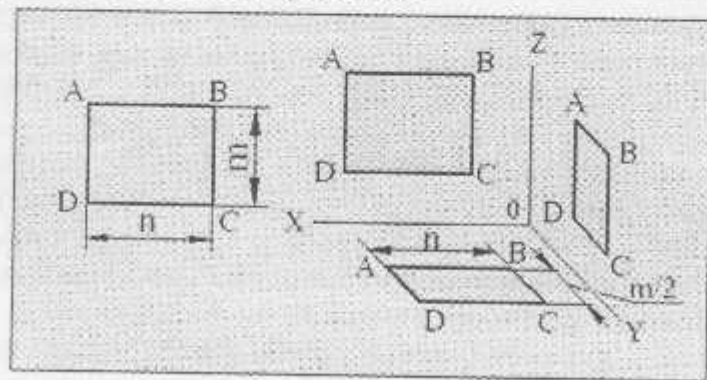


Рис.4.5

Построение фронтальной диметрической проекции окружности

На рис.4.6 показано построение фронтальных диметрических проекций окружности, вписанной в квадрат.

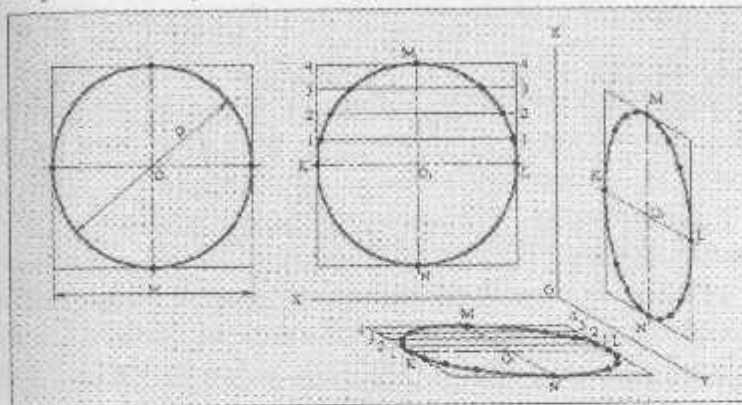


Рис.4.6

Вначале чертим оси косоугольной фронтальной диметрической проекции. Имеем в виду, что если плоская фигура параллельна фронтальной плоскости проекций, то её диметрическая проекция на эту плоскость без каких либо изменений повторяет саму фигуру. То есть диметрическая проекция плоской фигуры, параллельной фронтальной плоскости проекций, есть сама фигура.

Если плоская фигура параллельна горизонтальной плоскости проекций, то её диметрическая проекция на эту плоскость строится следующим образом:

1. Строим диметрическую проекцию квадрата. Построение этой проекции проводится так же, как и для прямоугольника. Проекцией квадрата является параллелограмм.

2. Находим центр параллелограмма и из этого центра параллельно осям X и Y проводим линии симметрии. Эти линии пересекаются со сторонами параллелограмма в точках M , N , K и L . Эти точки являются точками касания эллипса с параллелограммом.

3. Для того, чтобы найти промежуточные точки эллипса, воспользуемся построенной аксонометрической проекцией на фронтальной плоскости проекций. Делим отрезок $O1M$ на четыре равные части и из точек деления проводим прямые, параллельные горизонтальной оси симметрии. Отмечаем точки пересечения этих прямых с окружностью. То есть получаем хорды окружности.

4. Делим отрезок $O1M$ на горизонтальной диметрической проекции квадрата тоже на четыре равные части и из точек деления проводим прямые, параллельные оси KL . На этих прямых откладываем отрезки, равные длинам соответствующих хорд. Концы этих отрезков будут промежуточными точками эллипса.

5. Соединяем с помощью лекала последовательно полученные точки, получаем эллипс. Этот эллипс является диметрической проекцией окружности на горизонтальную плоскость проекций.

Этим же методом можно построить диметрическую проекцию окружности, вписанной в квадрат, на профильную плоскость проекций. Отметим, что полученные эллипсы имеют одинаковую форму. Они отличаются лишь по направлениям осей.

В качестве примера построения аксонометрических проекций покажем изометрическую и диметрическую проекции куба со вписанными в боковые грани окружностями (рис.4.7).

Аксонометрические проекции деталей

Обычно аксонометрия строится по заданным проекциям детали. Для того, чтобы построить аксонометрическую проекцию детали, нужно понять чертёж, по данным проекциям мысленно представить деталь, то есть нужно уметь читать чертёж. Это значит, что надо полностью разобраться во всех наружных и внутренних формах детали, правильно дать необходимые разрезы и сечения и т.д. Аксонометрическая проекция должна быть так выбрана так, чтобы её можно было легко построить.

Если деталь имеет сложную конфигурацию, то предпочтительным является выбор изометрической аксонометрической проекции. Это объясняется тем, что при этом методе проецирования размеры вдоль осей не меняются, что облегчает процесс построения.

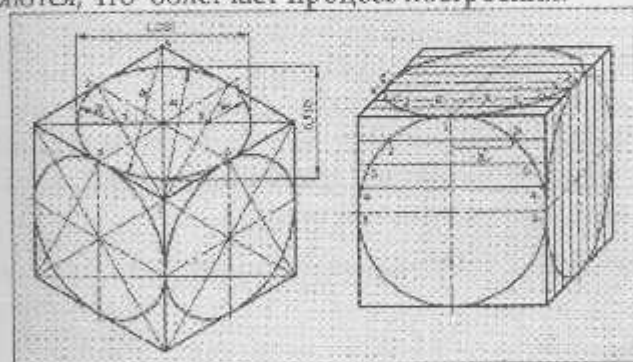


Рис.4.7

В ряде случаев более удобным является построение диметрической аксонометрии детали. Это, в первую очередь относится к тем деталям, в которых имеется множество отверстий, расположенных параллельно оси детали. В качестве примера можно привести такие широко используемые в технике детали, как фланцы, валы, зубчатые колеса и др. Выбор диметрической аксонометрии

объясняется тем, что отпадает необходимость в построении овалов и эллипсов. Окружности проецируются в натуральную величину без изменения формы.

На рис.4.8 показан чертёж детали, имеющей форму призмы. В детали имеются два прямоугольных сквозных и одно глухое квадратное отверстия. Деталь симметрична относительно двух взаимно перпендикулярных осей. Чертёж детали дан с разрезами. Построим аксонометрическую проекцию такой детали. Анализ чертежа показывает, что более удобным и простым является выбор изометрической аксонометрии.

Последовательность построения аксонометрической проекции детали показан на рис.4.9.

1.Строим оси прямоугольной изометрической проекции. Затем на плоскости XOZ чертим фигуру, соответствующую разрезу на плоскости ZOY чертим фигуру, соответствующую разрезу на виде слева (рис.4.9, а).

2.На плоскости XOZ из вершин фигуры (изображенного разреза детали) проводим прямые, параллельные оси Y . На этих прямых откладываем отрезки, равные по длине истинным размерам ширины детали.

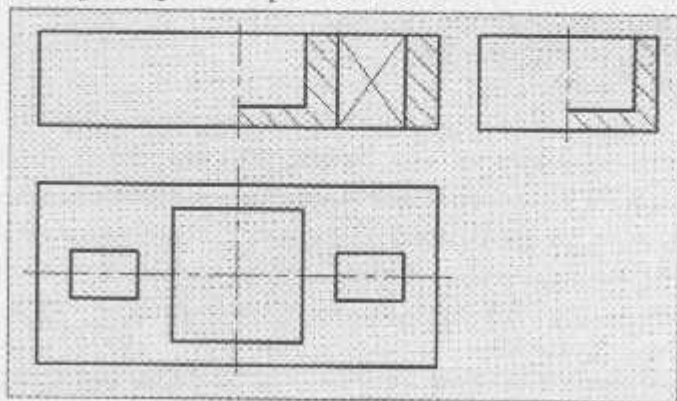


Рис.4.8

3.На плоскости ZOY из вершин фигуры (изображенного разреза детали) проводим прямые, параллельные оси X и на них откладываем отрезки, равные по длине истинным размерам длины детали.

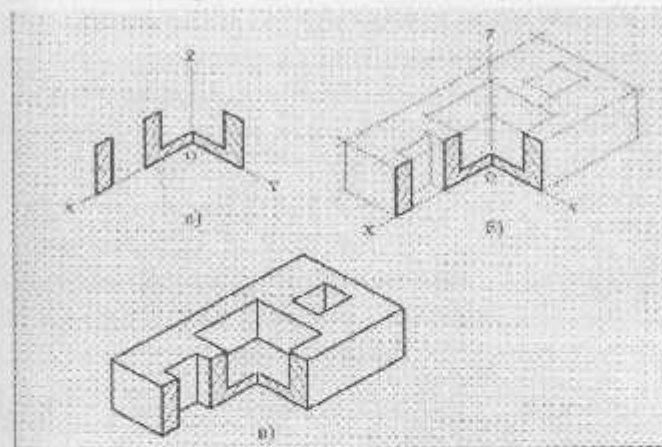


Рис.4.9

4.На верхней поверхности показываем призматические отверстия.

5.Находим центр квадратного отверстия. Через этот центр проводим прямые, параллельные осям X и Y . На этих прямых откладываем отрезки, равные по величине длинам сторон квадрата.

6.Из полученных точек проводим прямые, параллельные ребрам верхней и боковых граней. Получаем изображение верхней и боковых граней (рис.4.9, б).

7.Стираем оси и лишние линии, оставшиеся линии обводим жирным карандашом (рис.4.9, в). Полученный чертёж является изометрической аксонометрией детали.

Далее рассмотрим построение диметрической проекции детали (рис.4.10). Оно проводится в следующей последовательности:

1. Строим оси косоугольной фронтальной диметрии и на плоскости XOZ чертим главный вид детали.

2. Через вершины главного вида проводим прямые, параллельные оси Y . На этих прямых откладываем отрезки прямых, равные по величине половине ширины детали.

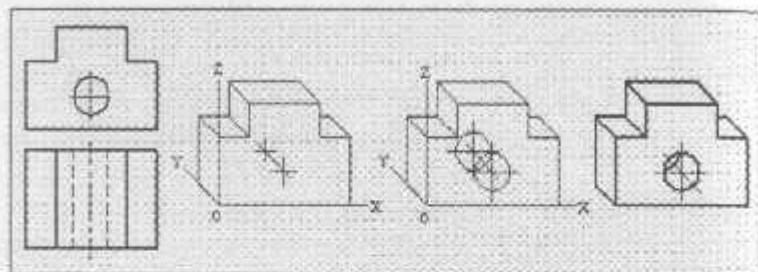


Рис.4.10

3. Соединяем соответствующие точки прямыми, параллельными осям X и Z , получаем проекции верхних и боковых поверхностей.

4. На передней поверхности находим положение центра отверстия. Через этот центр параллельно оси Y проводим центровую линию цилиндрического отверстия. Находим центр отверстия на задней поверхности детали. Расстояние между центрами равно половине глубины отверстия. Через оба центра проводим окружности, радиусом, равным радиусу окружности отверстия.

5. Стираем лишние линии, сохраняя при этом осевые линии. Обводим видимые линии жирным карандашом.

Построение разрезов в аксонометрических проекциях

Для того, чтобы получить более полную информацию о детали в аксонометрической проекции при необходимости

дают разрезы. При разрезе аксонометрической проекции штрихуется только та часть детали, которая непосредственно соприкасается с секущей плоскостью. В отличие от прямоугольного проецирования, в аксонометрических проекциях штриховка производится не под углом 45° . Направление штриховки зависит от вида аксонометрической проекции и от положения усеченной части.

На рис.4.11 показаны направления штриховок в зависимости от вида аксонометрической проекции.

Как отмечалось выше, при диметрическом проецировании по направлению оси Y размеры уменьшаются в два раза. Исходя из этого, отложим на осях X и Z равные по длине отрезки, а по оси Y половину этого отрезка. Соединив концы отрезков, получим треугольники, стороны которых показывают направления штрихования по плоскостям проекций при диметрическом проецировании (рис. 4.11, а).

При изометрическом проецировании по направлениям осей размеры не меняются. Отложим на осях X , Y и Z равные по длине отрезки. Соединив концы этих отрезков, получим треугольники, стороны которых как и в первом случае показывают направления линий штрихования (рис.4.11,б).

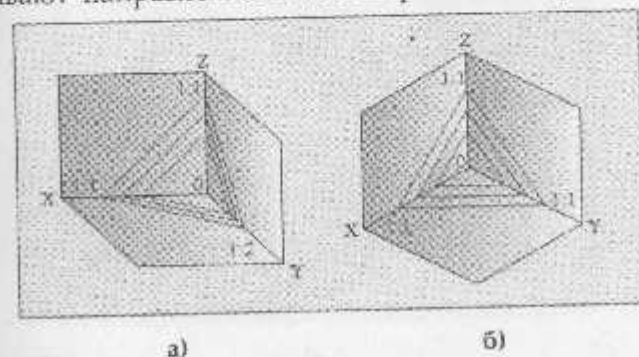


Рис.4.11

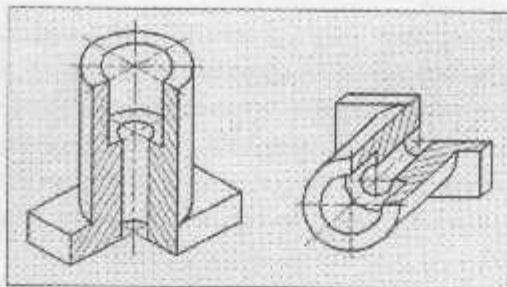


Рис.4.12

На рис.4.12 приведены примеры штрихования аксонометрических проекций.

Технический рисунок

В черчении, для упрощения выполнения наглядных изображений предметов, часто пользуются техническими рисунками (рис. 4.13).

Технический рисунок – это изображение предмета, выполненное от руки по правилам аксонометрического проецирования с соблюдением пропорций на глаз.

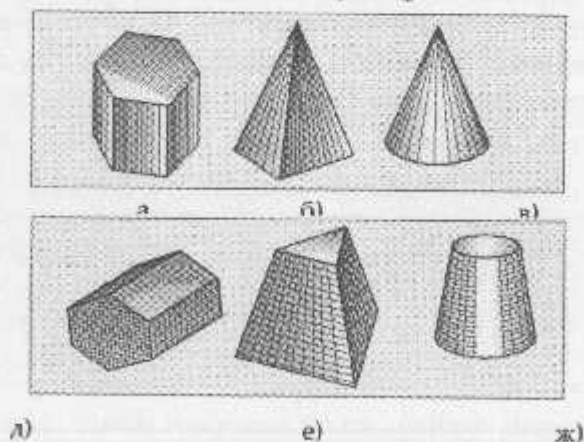


Рис. 4.13

При выполнении технического рисунка оси располагают так же, как и при аксонометрическом проецировании, размеры откладывают вдоль этих осей или параллельно им. При выполнении технического рисунка допускаются упрощения. Технический рисунок удобно выполнять на листе в клетку. На поверхностях фигур разрешается показывать тени и линии.

Принято тени показывать так, как будто лучи света на фигуру попадают с верхней левой стороны. При этом нижняя правая сторона считается неосвещённой. Освещённая поверхность показывается тонкими линиями на некотором расстоянии друг от друга, неосвещённая часть – тонкими линиями, расположенными близко друг от друга. Направления линий освещения зависят от формы изделия. Например, у конуса – это линии, исходящие от вершины к основанию; у цилиндра – образующие на боковой поверхности. В некоторых случаях, освещённая часть остаётся белым, штрихуется только теневая часть фигуры.

ГЛАВА V ЭСКИЗЫ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

Упрощенности и условности в чертежах

В проектно-конструкторских работах для уменьшения объема выполняемых работ и упрощения чертежей Государственным стандартом допускаются придерживаться некоторых условностей и упрощений.

Покажем некоторые упрощенности и условности, которые применяются в черчении.

1. Длинные предметы, имеющие постоянное (рис.5.1,а) или закономерно изменяющееся поперечное сечение (рис.5.1, б) — допускается изображать с разрывами. В этом случае изображение обрывается в двух местах и серединная часть отбрасывается. Оставшиеся части приближаются друг к другу. Места обрывов показываются сплошной волнистой линией. При этом надо учесть, что сокращается только лишь длина изображения, а размер наносится истинный.

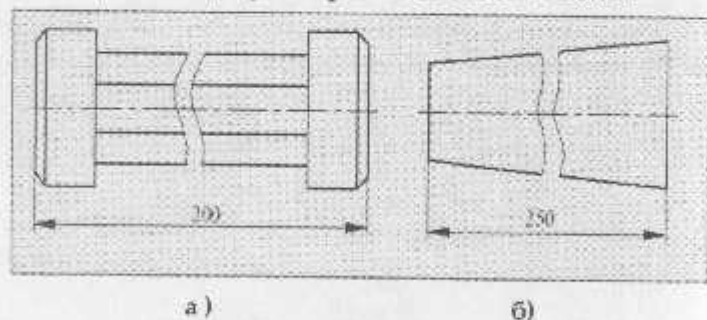


Рис. 5.1

2. Если в детали имеются плоские поверхности, то при необходимости их выделения проводят диагонали сплошными тонкими линиями.

3. Если деталь или разрез симметричны, то при их изображении допускается показывать половину или чуть больше половины изображения (рис.5.2). В обоих случаях обязательно надо показывать ось симметрии, а при изображении больше половины части детали дают линию обрыва.

4. Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на чертеже достаточно показать один из этих элементов, а остальные элементы можно показать условно или упрощенно.

Примером могут служить изображения отверстий во фланцах, зубьев в зубчатых колёсах и др. На рис.5.3 показан чертёж детали, в которой имеются четыре одинаковых отверстия. На виде сверху показано одно отверстие, а остальные три показаны условно в виде пересекающихся прямых (центры отверстий).

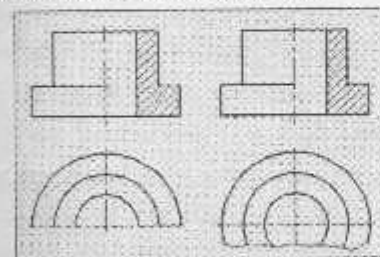


Рис.5.2

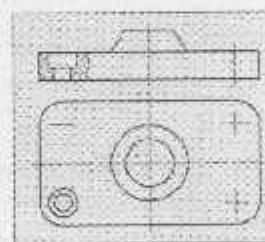


Рис.5.3

5. Такие элементы, как спицы, тонкие стенки, рёбра жёсткости показывают незаштрихованными, если секущая плоскость проходит вдоль оси или длинной стороны детали. Если в таких деталях имеются отверстия, углубления и т.п., то выполняют местный разрез (рис.5.4).

6. Отверстия, расположенные на круглом фланце и не попадающие в секущую плоскость, в разрезе показывают так, словно они находятся в секущей плоскости (рис.5.5).

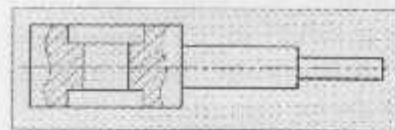


Рис.5.4

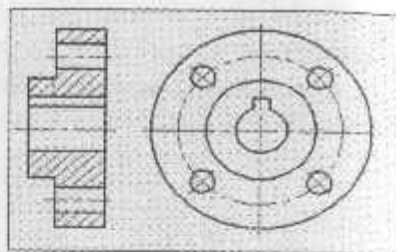


Рис.5.5

7. Если деталь имеет форму вала и в этой детали имеются отверстия или выемки, то сечение этой детали плоскостью допускается показывать как замкнутый элемент (рис.5.6).

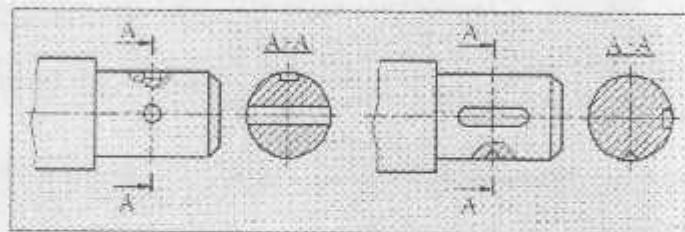


Рис.5.6

8. В некоторых случаях для более полного представления формы отверстия допускается вместо изображения проекции детали показывать только контуры этого отверстия, соответствующие этой проекции.

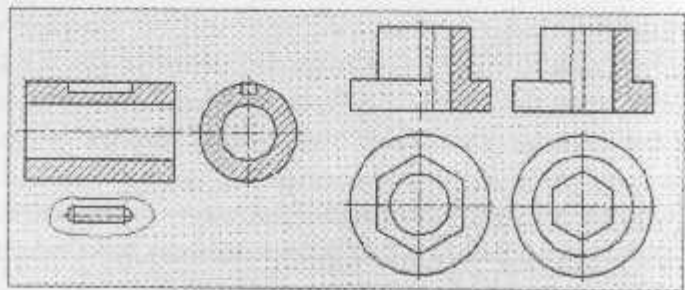


Рис.5.7

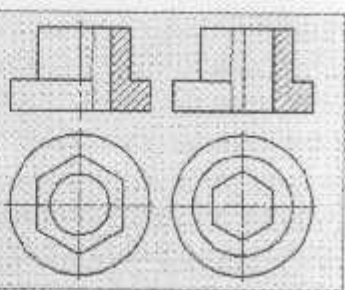


Рис.5.8

На рис.5.7 изображены две проекции детали (фронтальная и профильная). Но эти проекции не дают полного представления о форме имеющегося в детали отверстия. Для получения полного представления о форме отверстия вместо горизонтальной проекции детали достаточно дать только вид сверху этого отверстия.

9. Если ось симметрии совпадает с контурной линией, тогда сечение отделяется от вида сплошной волнистой линией. При этом, если контурная линия попадает на внешнюю часть детали, то сплошная волнистая линия изображается правее оси симметрии. Если же контурная линия находится внутри детали, то сплошная волнистая линия показывается левее оси симметрии (рис.5.8).

Оформление эскиза и рабочего чертежа детали

Чертеж, выполненный от руки без соблюдения масштаба, но с учётом сохранения примерных пропорций между частями изображаемого предмета, называется эскизом.

Эскиз воплощает в себе техническую мысль, иными словами первичную идею конструктора или исследователя. Эскизами пользуются при проектировании нового оборудования, при проведении ремонтных работ, когда требуется выполнить чертёж новой детали, а также при вычерчивании деталей с натуры или с оригинала. Таким образом, эскиз является важным конструкторским документом и должен выполняться в соответствии с требованиями стандарта.

Рекомендуется выполнять эскиз на бумаге в клетку. Это значительно облегчает процесс вычерчивания. Контурные, осевые, размерные, выносные линии проводят по линиям

клеток. Центры отверстий и дуг удобно выбирать в точках пересечения клеток.

Прежде чем приступить к созданию эскиза надо подробно и внимательно ознакомиться с деталью, выяснить её назначение, уяснить геометрию детали и её частей. Далее нужно определить необходимое количество видов, которые давали бы отчетливое представление о детали, и выбрать главный вид.

Рассмотрим последовательность составления эскиза детали (рис.5.9):

1.Чертим на листе внешнюю рамку и рамку, которая ограничивает чертёж. Показываем рамку основной надписи. После этого тонкими линиями чертятся прямоугольники, в пределах которых будут располагаться виды детали, а также осевые линии (рис.5.9, а).

2.Показываем видимые линии контура детали (рис.5.9, б).

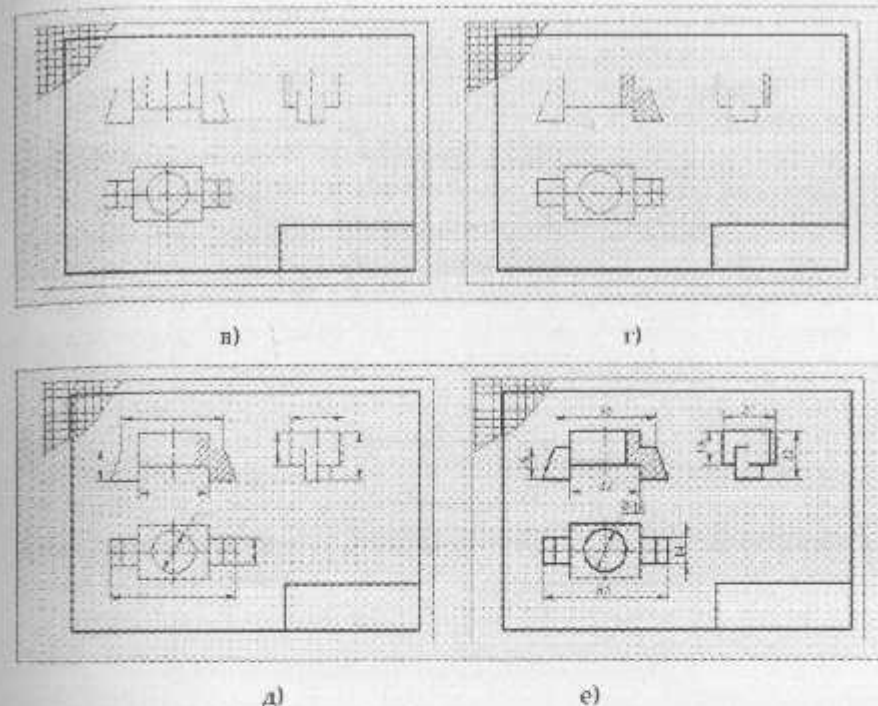
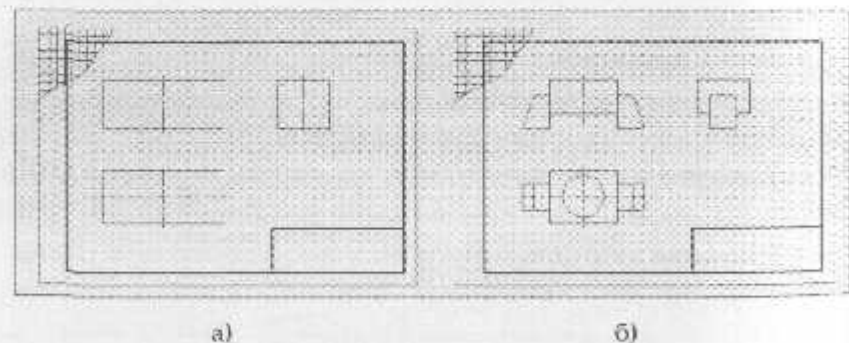


Рис.5.9

3.Показываем с помощью штриховых линий невидимые элементы детали (рис.5.9, в).

4.Показываем необходимые разрезы (рис.5.9, г).

5.Проставляем размерные и выносные линии (рис.5.9, д).

6.Проставляем размеры, заполняем основную надпись. После этого подробно проверяем эскиз, где надо обводим линии и приводим её в соответствие со стандартом (рис.5.9, е).

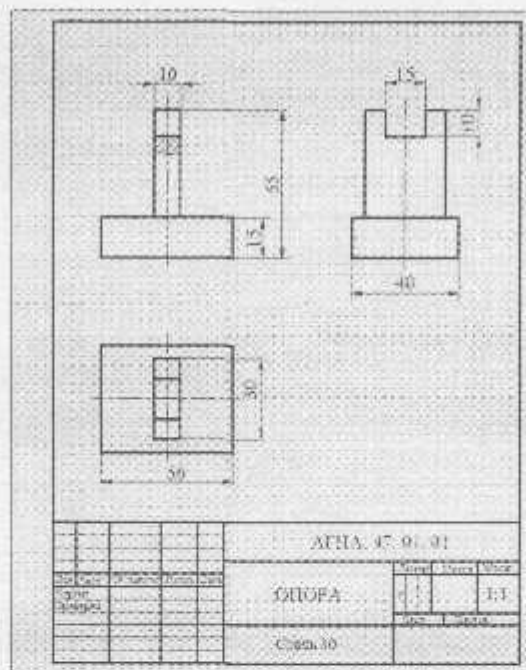


Рис.5.10

На практике, на базе готового эскиза создаются рабочие чертежи детали. На рабочем чертеже добавляются предельные отклонения размеров, шероховатости поверхностей и другие технические требования. В учебных чертежах допускается не указывать технические требования (рис.5.10).

Построение недостающей проекции детали по двум заданным проекциям

Построение третьей проекции детали по двум заданным проекциям носит учебный характер. Оно позволяет выработать способность к пространственному мышлению, помогает лучше разобраться в конструкции детали.

Обычно, в учебном процессе задаются главный вид и вид сверху, и требуется построить вид слева, или же по заданному главному виду и виду слева строят вид сверху.

На рис.5.11 даны главный вид и вид сверху детали и требуется построить вид слева, т.е. профильную проекцию детали. Для этого в первую очередь необходимо подробно ознакомиться с конструкцией детали, создать полное представление о её геометрических формах. В зависимости от сложности детали её всегда можно разбить на простые составляющие в виде простых геометрических фигур (цилиндр, призма, пирамида, конус, сфера и др.).

Анализ приведенного чертежа показывает, что эту деталь можно разбить на две взаимно перпендикулярные призмы. Нижняя призма имеет длину 50 мм, ширину 40 мм и высоту 15 мм. Верхняя призма имеет призматический паз размерами 10x15 мм. Размеры верхней призмы следующие: длина 30 мм, ширина 10 мм, высота 40 мм.

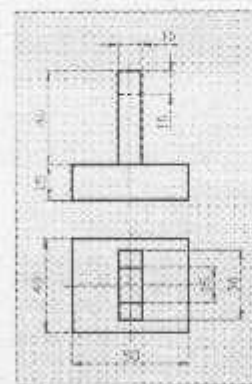


Рис. 5.11

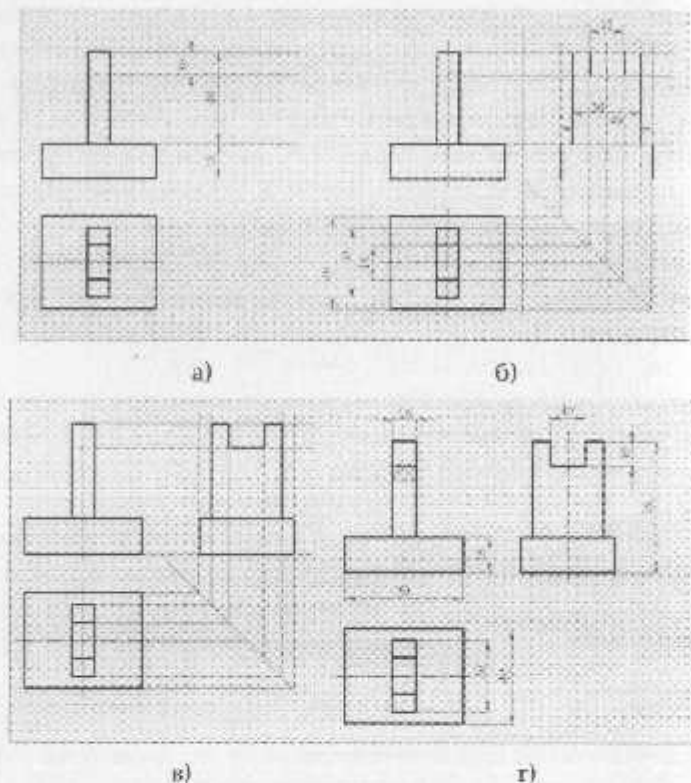
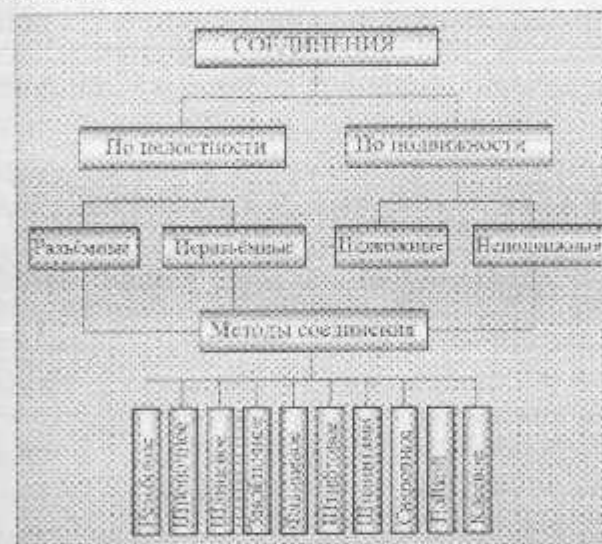
На рис.5.12 показана последовательность построения недостающей третьей профильной проекции детали.

1.Зная, что профильная проекция всегда располагается на одном уровне с фронтальной проекцией, чертим горизонтальные линии связи (рис.5.12, а).

Классификация соединений

Известно, что механизмы и агрегаты состоят из большого количества деталей и сборочных единиц. Каждая сборочная единица включает в себя определённые виды соединений деталей, которые по сохранению целостности при сборке можно разделить на *разъёмные* и *неразъёмные*, а по подвижности - на *подвижные* и *неподвижные*.

На рис.6.1 дана классификация применяемых на практике соединений.



Прис.5.12

2. Пришимаая во внимание, что данная деталь является симметричной, чертим ось симметрии профильной проекции. Затем на профильной проекции отмечаем размеры, характеризующие ширину детали (рис. 5.12, б).

3. На профильной проекции определяем соответствующие точки пересечения горизонтальных и фронтальных линий связи и соединяем их (рис. 5.12, в).

4. Убираем ненужные линии, показываем необходимые разрезы, проставляем размеры (рис.5.12, г).

Таким образом, получаем недостающую профильную проекцию детали.

Рис. 6.1

Разъёмными называются такие соединения, которые можно многократно разбирать на отдельные части и снова собирать их без разрушения самих деталей и связующих элементов. К разъёмным соединениям относятся резьбовые, шпоночные, фитинговые, клиновые и др. соединения.

Количество разъёмных соединений в современных машинах и механизмах составляет 65-85% от всех соединений.

Неразъёмные соединения – это такие соединения, которые не подлежат разборке, так как одна из деталей или связующий их элемент при этом разрушается.

Примером неразъёмных соединений являются сварные, клёпанные, прессовые, клеевые и др. соединения.

При этом соединения могут быть: *неподвижными разъёмными* (резьбовые, пазовые), *неподвижными неразъёмными* (соединения запрессовкой, клёпкой), *подвижными разъёмными* (подшипники скольжения, зубья зубчатых колёс), *подвижными неразъёмными* (подшипники качения).

Разъёмные соединения

Из всех видов разъёмных соединений наиболее распространёнными являются соединения деталей, осуществляемые при помощи резьбы различных профилей.

Резьбой называется поверхность, образуемая при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. Резьбы классифицируются по следующим признакам:

1. По назначению - крепёжные и ходовые. Крепёжные резьбы предназначены для разъёмного неподвижного соединения деталей изделия (болтовое, шпильчатое соединение деталей).

Ходовые резьбы применяются для разъёмного подвижного соединения деталей изделия. Их используют для передачи вращения, а также преобразования вращательного движения в поступательное (грузовые винты грузоподъёмных механизмов, водяные краны и др.).

2. По форме исходной поверхности - цилиндрические и конические.

3. По виду размещения на поверхности - наружные (болт, шпилька и др.) и внутренние (гайка, резьбовое отверстие под шпильку).

4. По направлению винтовой линии - левые и правые.

5. По числу заходов - однозаходные и многозаходные.

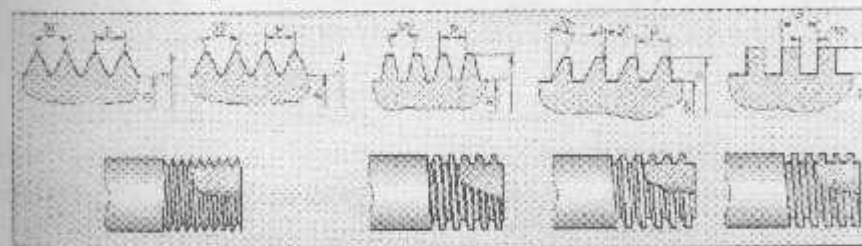
6. По форме профиля - треугольные, трапецеидальные, упорные, круглые, прямоугольные и др.

К основным параметрам резьбы относятся **наружный (d) и внутренний (d_1) диаметры резьбы, шаг резьбы (P) и угол профиля резьбы (α).**

Шагом резьбы называется расстояние между соседними одноимёнными элементами резьбы. Резьбы бывают с крупным и мелким шагом.

Профилем резьбы называется контур сечения витка резьбы секущей плоскостью, проходящей через ось резьбы. Угол профиля резьбы для метрической резьбы составляет 60° , для дюймовой резьбы - 55° , для трапецеидальной резьбы - 30° .

На рис.6.2 показаны профили некоторых типов резьб и их основные параметры.



Треугольная Трапецеидальная Упорная Прямоугольная

Рис.6.2

Изображение резьбы на чертеже

Правила изображения и нанесения резьбы на чертежах установлены стандартом, согласно которому она изображается следующим образом:

а) *На стержне* - сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями - по внутреннему диаметру. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $3/4$ окружности, разомкнутую в любом месте (рис.6.3 а, б.).

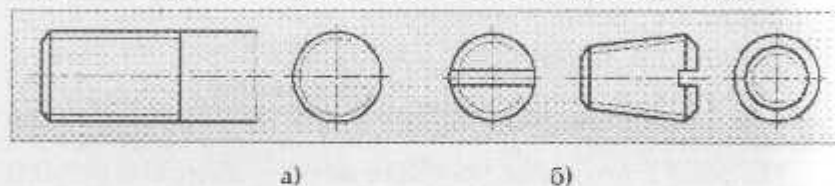


Рис.6.3

б) *В отверстиях* - сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями - по наружному диаметру. На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $3/4$ окружности, разомкнутую в любом месте (рис. 6.4 а, б.).

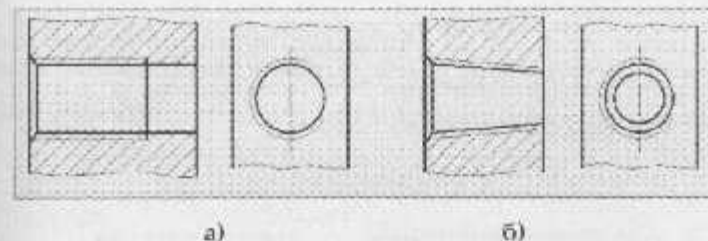


Рис.6.4

Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметру (рис.6.5).

Если в отверстии или на стержне имеется фаска, то линия резьбы должна пересекать линию границы фаски до образующей конуса фаски.

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, фаска не показывается (рис.6.6).

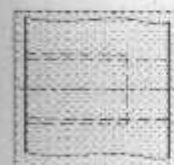


Рис.6.5



Рис.6.6

Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной линией.

Если резьба невидимая, то границу резьбы показывают штриховой линией.

При изображении резьбы необходимо указывать тип резьбы, размеры наружного диаметра и шага. Например,

обозначение М 40 х 1,5 указывает на метрическую резьбу диаметром 40 мм и шагом 1,5 мм.

На рис.6.7 приведены примеры обозначения на чертеже. Знаком (*) отмечены места нанесения обозначения резьбы.

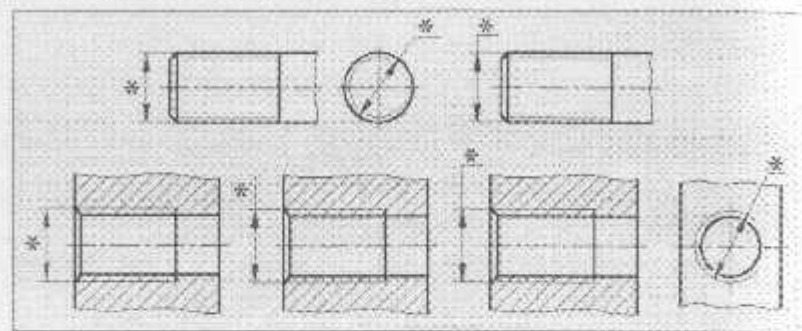


Рис. 6.7

Если резьба цилиндрическая трубная или коническая, то она изображается в виде выносной линии со стрелкой на конце, упирающейся на линию резьбы (рис.6.8). На полке дается запись типа резьбы и размер в дюймах.

Например, запись G $\frac{3}{4}$ указывает на то, что резьба трубная цилиндрическая $\frac{3}{4}$ дюйма. 1 дюйм равняется 25,4 мм.

Коническая резьба обозначается буквой R (наружная резьба) или R_i (внутренняя резьба). Например, R $\frac{1}{2}$ или R_i $\frac{3}{4}$.

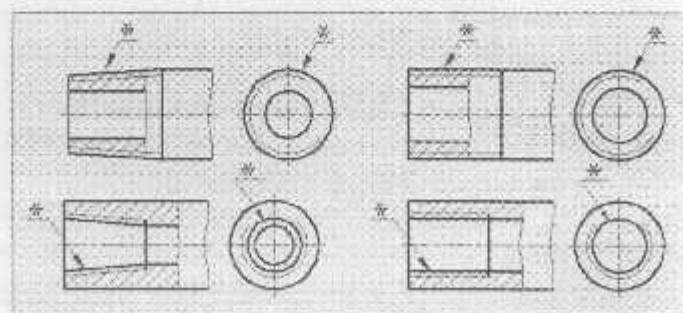


Рис.6.8

В таблице 6.1 приведены примеры изображения на чертеже некоторых видов резьб и даны разъяснения к их чтению.

Таблица 6.1

Условное обозначение резьбы	Расшифровка условного обозначения	Условное обозначение резьбы	Расшифровка условного обозначения
	Резьба метрическая диаметром 42 мм, правая, со стандартным крупным шагом		Резьба метрическая диаметром 42 мм, с шагом 1,5 мм, левая
	Резьба трапецеидальная диаметром 50 мм, правая, с шагом 12 мм.		Резьба упорная диаметром 32 мм, с шагом 6 мм.
	Резьба трубная цилиндрическая диаметром $\frac{3}{4}$ дюйма.		Резьба коническая внутренняя и наружная диаметром $\frac{1}{2}$ дюйма.

На разрезах резьбового соединения в изображениях на плоскости, параллельной к его оси, в отверстии показывается только часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис.6.9). Штриховку в разрезах и сечениях проводят по линии наружного диаметра резьбы на стержне и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии.

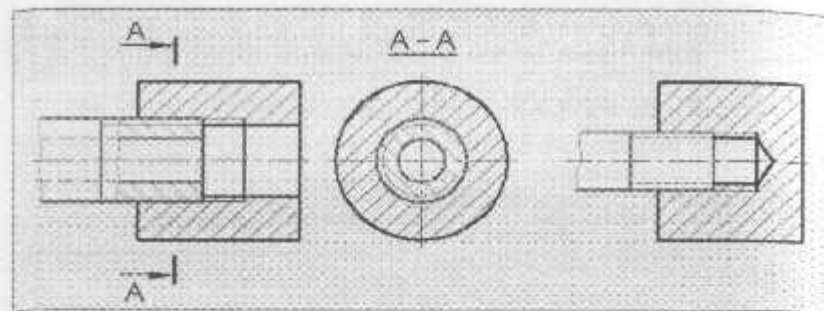


Рис.6.9

Болтовое соединение

Болтовое соединение включает в себя болт, гайку, шайбу (рис. 6.10) и скрепляемые детали.

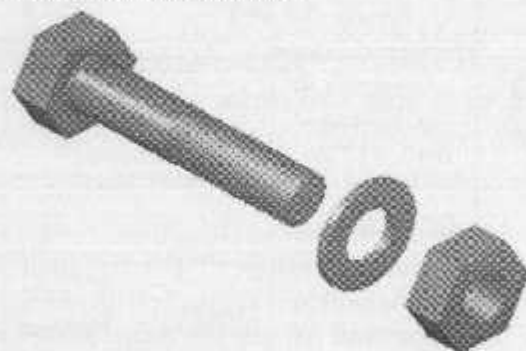


Рис.6.10

Болт—это цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом. Существует большое количество разновидностей болтов, которые отличаются друг от друга формой и размерами головки и стержня, а также точностью изготовления. Среди этого многообразия болтов наиболее распространёнными являются болты с шестигранной головкой нормальной точности, которые выпускаются в трёх исполнениях. В табл.6.2 приведены

основные конструктивные параметры для болтов с шестигранной головкой. Основные конструктивные параметры для болтов с шестигранной головкой.

Таблица 6.2

Диаметр резьбы d , мм	8	10	12	16	20	30	42
Шаг резьбы P , мм	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3,5	4,5
Размер под ключ S , мм	13	17	19	24	30	40	65
Диаметр головки болта D , мм	14,2	18,7	20,9	26,5	33,3	50,9	72,1
Высота головки болта H , мм	5,5	7	8	10	13	19	26

Болты с квадратной головкой в основном используются при соединении деревянных изделий, не требующих зажима головки при завинчивании.

Кроме того, изготавливают болты специального назначения, имеющие полукруглую, коническую, цилиндрическую и другие формы головки.

При обозначении болта указывается вариант исполнения (исполнение 1 не указывается), диаметр резьбы, длина стержня болта, класс прочности, а также номер стандарта, по которому изготавливается болт. На учебных чертежах ограничиваются упрощенным обозначением болта. Например: Болт М 16 х 70 ГОСТ 7798-70; Болт 2 М 20 - 1,5 х 70 ГОСТ 7798-70.

Болт чертится так, чтобы его ось располагалась параллельно основной надписи чертежа.

На рис.6.11 приведён пример выполнения чертежа болта в двух проекциях.

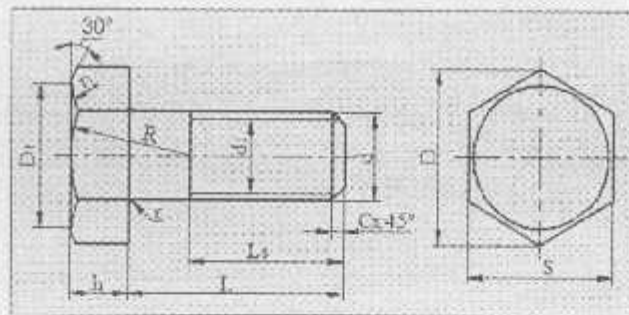


Рис. 6.11

Размеры болта определяются следующими параметрами: $d_1=0,85d$; $L_1=2d+6$; $C=0,15d$; $h=0,7d$; $D=2d$; $R=1,5d$; $D_1=0,9C$; $r=1...3$ мм; π - по построению.

Гайка – это деталь с резьбовым отверстием в центре, навинчивающаяся до упора на резьбовой конец болта или шпильки. Гайки выпускаются шестигранные, круглые, квадратные, стопорные и др. Наиболее распространёнными являются шестигранные гайки, которые изготавливаются в двух исполнениях: исполнение 1 – с двумя фасками, исполнение 2 – с одной фаской (рис.6.12).

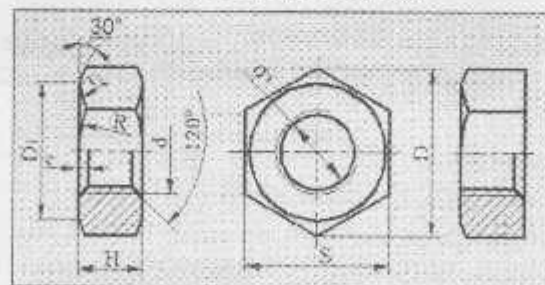


Рис. 6.12

В табл.6.3 приведены некоторые размеры гаек нормальной точности. Размеры гаек нормальной точности, мм

Номинальный диаметр резьбы d, мм	Шаг резьбы P, мм		S	D	H
	Крупный	Мелкий			
6	1	0,75	10	10,5	5
8	1,25	1	13	14,2	6,5
10	1,5	1,25	17	18,7	8
12	1,75	1,25	19	20,9	10
14	2	1,5	22	24,3	11
16	2	1,5	24	26,5	13
18	2,5	1,5	27	29,9	15
20	2,5	1,5	30	33,3	16

Размеры гаек определяются по следующим эмпирическим формулам: $D_1=(0,9\pm 0,05) S$; $H=0,8 d$; $C=0,15d$; $R=1,5d$ и $d_1=0,85 d$.

В условном обозначении гайки указывается вариант исполнения (исполнение 1 не указывается), диаметр резьбы, шаг резьбы (для мелких шагов), номер ГОСТа. Например, Гайка М16 ГОСТ 5915-70; Гайка 2М20х1,25ГОСТ 5915-70.

Шайба – это плоская деталь, имеющая форму кольца. Шайба устанавливается между гайкой или поверхностью болта и поверхностью детали для увеличения опорной поверхности, а также предотвращения повреждения поверхности соединяемых деталей.

Наибольшее распространение получили обыкновенные круглые шайбы. Они бывают нормальной, увеличенной и уменьшенной толщины и изготавливаются в двух исполнениях: исполнение 1 – без фаски, исполнение 2 – с фаской (рис.6.13, а).

В целях предупреждения самоотвинчивания болтов, винтов и гаек при вибрации применяются пружинные шайбы (рис.6.13, б).

Пружинная шайба надевается на стержень крепёжной детали и располагается между скрепляемой деталью и гайкой. Наклонная прорезь пружинной шайбы при скреплении деталей стремится вдавиться в поверхность закрепляемой детали и резьбовой крепёжной детали, что

затрудняет самопроизвольное вращение резьбовой крепёжной детали в сторону отвинчивания.

Наряду с этим существуют квадратные, многолапчатые, ступенчатые, сферические, косые и другие виды шайб.

Размеры шайбы устанавливаются в зависимости от диаметра (d) крепёжной детали (болт, винт, шпилька). Высота шайбы $b = 0,15 d$; наружный диаметр $D = 2,2 d$ и внутренний диаметр $d_i = 1,1d$.

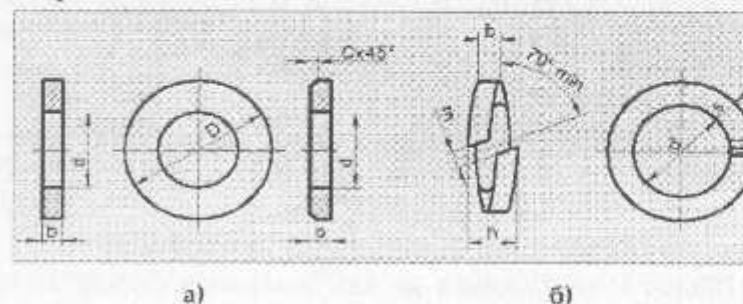


Рис.6.13

При обозначении шайбы указывается исполнение (исполнение 1 не указывается), диаметр стержня крепёжной детали (болт, винт, шпилька), на которую надевается шайба, номер стандарта. Например: Шайба 12 ГОСТ 11371-78; Шайба 2.12 ГОСТ 11371-78.

На рис.6.14 показано наглядное изображение болтового соединения и её проекции на плоскости проекций.

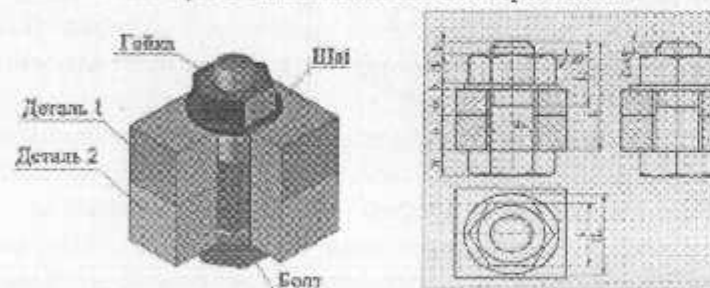


Рис.6.14

Чертежи болтовых соединений могут быть выполнены тремя методами: по конструктивным размерам, упрощенно и условно.

При выполнении чертежа по конструктивным размерам параметры крепёжных изделий берутся непосредственно из соответствующих таблиц ГОСТа.

При упрощенном изображении параметры крепёжных изделий определяются по условным соотношениям, в зависимости от наружного (номинального) диаметра резьбы. В этом случае закругления головок болтов и гаек, а также фаски на чертеже не показываются.

Если диаметры резьбы крепёжных изделий не более 2 мм, то на чертеже они изображаются условно. На рис.6.15 показана последовательность упрощенного выполнения болтового соединения деталей.

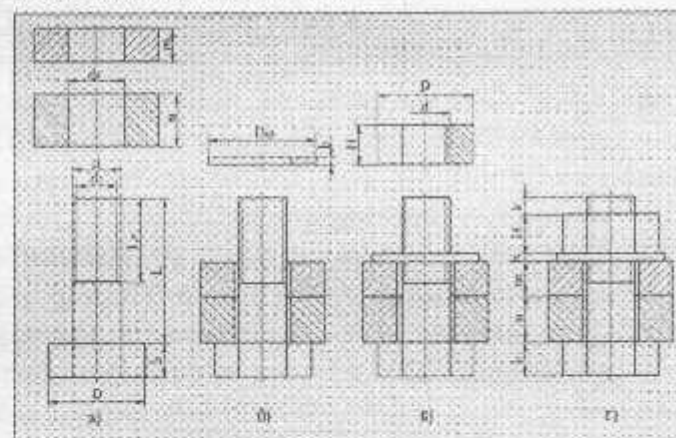


Рис.6.15

В соединяемых деталях просверливаются отверстия диаметром d_0 под болт (рис.6.15,а).

Затем на стержень болта последовательно надеваются соединяемые детали и шайба (рис.6.15,б) и с помощью гайки осуществляется крепление деталей (рис.6.15,в).

На рис.6.15,г показано упрощенное болтовое соединение деталей. Выход стержня болта за пределы гайки принимается $k = (0,25...0,5) d$.

Таблица 6.4 Определение основных параметров болтового соединения для болта 20

Диаметр описанной вокруг шестигольника окружности	$D = 2d = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мм}$
Высота головки болта	$h = 0,7d = 0,7 \cdot 20 = 14 \text{ мм}$
Длина резьбовой части болта	$L_0 = 2d + 6 = 2 \cdot 20 + 6 = 46 \text{ мм}$
Высота гайки	$H = 0,8d = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ мм}$
Наружный диаметр шайбы	$D_{ш} = 2,2d = 2,2 \cdot 20 = 44 \text{ мм}$
Высота шайбы	$b = 0,15d = 0,15 \cdot 20 = 3 \text{ мм}$
Диаметр отверстия под болт в деталях	$d_1 = 1,1d = 1,1 \cdot 20 = 22 \text{ мм}$
Внутренний диаметр шайбы	$D_0 = 1,1d = 1,1 \cdot 20 = 22 \text{ мм}$
Выход стержня болта за пределы гайки	$k = 0,3d = 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ мм}$

В табл.6.4 в качестве примера приведена методика расчёта основных параметров болтового соединения для болта диаметром 20 мм.

Если принять толщины соединяемых деталей соответственно $m = 12 \text{ мм}$ $n = 17 \text{ мм}$, тогда длина болта будет:

$$L = m + n + b + \text{Щ} + k = 12 + 17 + 3 + 16 + 6 = 54 \text{ мм}.$$

Из таблицы стандартов принимаем длину болта $L = 55 \text{ мм}$ и согласно этому размеру чертим болтовое соединение.

Шпилечное соединение

На рис.6.16,а изображена шпилька и на рис.6.16,б шпилечное соединение деталей. В состав шпилечного соединения входят шпилька, гайка, шайба и скрепляемые детали.

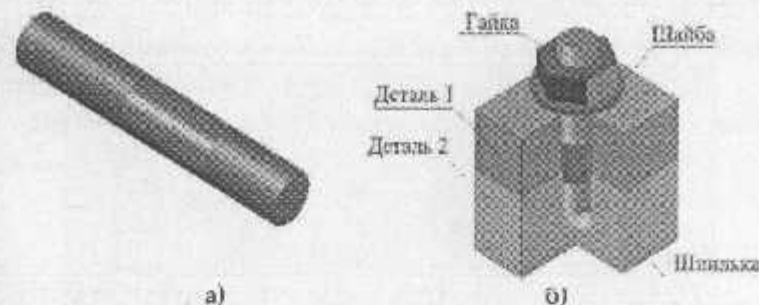


Рис.6.16

Шпилька - резьбовое изделие цилиндрической формы, имеющее с обоих концов резьбы, один конец которой (посадочный конец) ввинчивается в деталь.

Обычно шпильки ставятся там, где по конструктивным соображениям нежелательно ставить болты и когда по условию эксплуатации требуется частая разборка и сборка соединения деталей, одна из которых имеет большую толщину.

При обозначении шпильки на учебных чертежах указывают диаметр резьбы, шаг резьбы (для мелких шагов), длину шпильки и номер стандарта. Например: Шпилька M10x70 ГОСТ 22032-76; Шпилька M10x1,25x70 ГОСТ 22032-76

На рис.6.17 показана последовательность выполнения шпилечного соединения. Сначала в одной из деталей с помощью сверла сверлится отверстие (рис.6.17,а) диаметром $d_1 = 0,85d$, глубиной $L_1 = L_1 + 0,5d$. Конец этого отверстия представляет собой конус с углом 120° .

Затем в отверстии нарезается резьба с наружным диаметром d , соответствующим диаметру резьбы шпильки. Глубина резьбы $L_2 = L_1 + 2P$, где P - шаг резьбы (рис.6.17,б).

Шпилька ввинчивается своим посадочным концом на всю длину резьбы, то есть конец резьбы ввинчиваемой части

совпадает с линией разреза соединяемых деталей (рис.6.17, в, г).

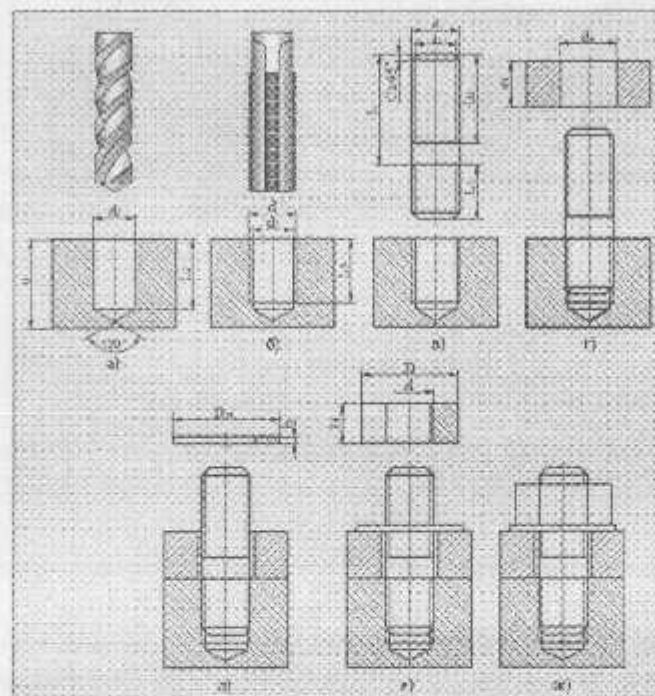


Рис.6.17

В присоединяемой детали сверлится сквозное отверстие диаметром $d_0 = d_1 + (1... 2)$ мм. Затем с помощью шайбы и гайки детали соединяются между собой (рис.6.17, д, е, ж). Длина посадочного конца шпильки в зависимости от материала соединяемой детали может быть различной. Для деталей, изготовленных из стали, латуни и бронзы $L_1 = 1,6d$, а для деталей, изготовленных из относительно непрочных материалов $L_1 = 2,5d$.

Длина шпильки определяется по формуле: $L = m + b + \text{Щ} + k$.

Здесь m – ширина детали; $b = 0,15d$ – высота шайбы; $\text{Щ} = 0,85d$ – высота гайки; $k = (0,25... 0,5)d$ – размер части шпильки, выходящей за гайку.

На рис.6.18 показан чертёж шпилечного соединения деталей в трёх проекциях.

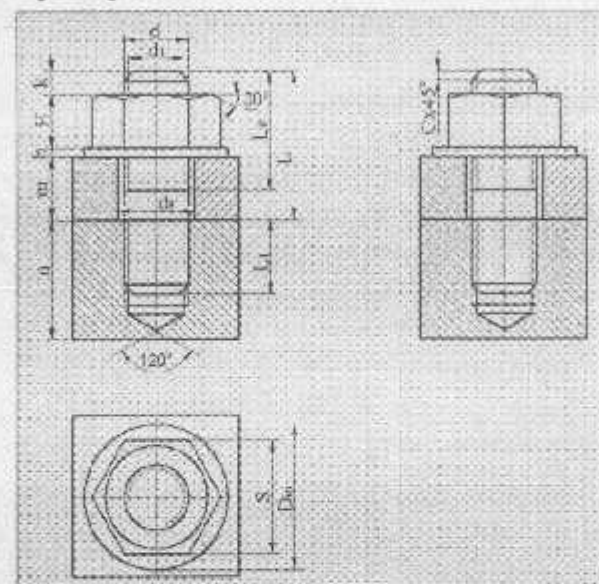


Рис.6.18

Винтовое соединение

Винт – это цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом. Винты делятся на *крепёжные* (для разъёмного соединения деталей) и *установочные* (для взаимного фиксирования деталей). В отличие от болтового и шпилечного соединения при винтовом соединении гайка не используется. По форме головки винты разделяются на винты с *цилиндрической* головкой (рис.6.19, а), с *полукруглой* головкой (рис.6.19, б), с *потайной* головкой (рис.6.19, в) и др.



Рис. 6.19

На рисунке 6.20 приведены примеры различных вариантов винтовых соединений. На одной из соединяемых деталей открывается отверстие для головки и стержня винта, а на другой детали – резьбовое отверстие для заворачивания винта.

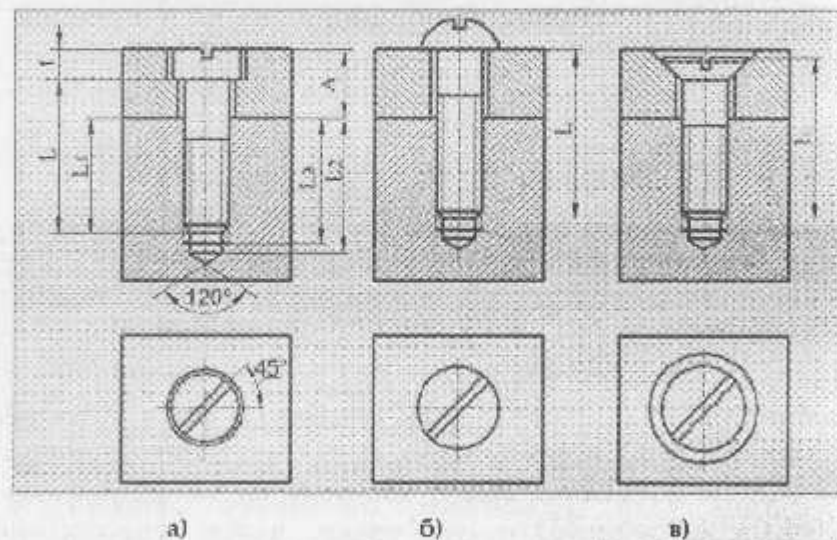


Рис. 6.20

Винт резьбовой частью ввинчивается в деталь, а головкой прижимает верхнюю деталь.

Диаметр сквозного отверстия принимается несколько больше диаметра винта. В винтовых соединениях

необходимая величина заворачивания зависит от материала детали и диаметра, и принимается $L1 = (1...2) d$. Полная глубина отверстия $L2 = L1 + 6d$; глубина резьбы в детали $L3 = L1 + 2P$

Шлицы винтов на виде сверху показывают условно под углом 45° к рамке чертежа, независимо от действительного положения (рис. 6.20).

При обозначении винта указывается вариант исполнения (исполнение 1 не указывается), диаметр резьбы, длина винта и соответствующий стандарт. Например: Винт М10 х 50 ГОСТ 1491-80. Эта запись показывает, что винт имеет наружный диаметр 10 мм, длину 50 мм и соответствует стандарту ГОСТ 1491-80.

Трубные соединения

Этот вид соединений широко используется в различных отраслях промышленности, в частности, в нефтяной и газовой промышленности, в гидравлических, пневматических и других приборах, а также в системах газо- и водоснабжения. Соединение труб друг с другом производится с помощью специальных деталей - **фитингов**. К фитингам относятся **муфты** (рис. 6.21 а, б), **угольники** (рис. 6.21, в), **тройники** (рис. 6.21, г), **крестовины** (рис. 6.21, д).

Муфты бывают двух видов – **прямые** (рис. 6.21, а) и **переходные** (рис. 6.21, б). Прямые муфты предназначены для труб одинакового диаметра, а переходные для труб с различными диаметрами. На внутренней поверхности фитингов и на наружной поверхности трубы нарезается трубная резьба.

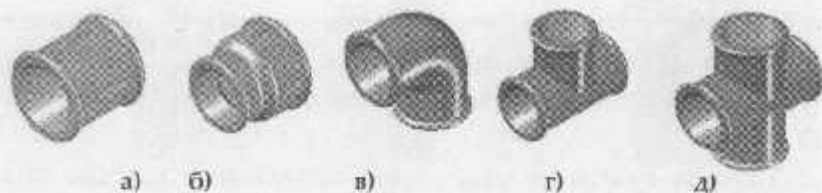


Рис. 6.21

Фитинги могут иметь различные конструкции, обеспечивающие соединение труб с различными диаметрами. Трубы и фитинги характеризуются величиной условного прохода отверстия трубы D_u , в зависимости от которого подбирают размеры конструктивных элементов фитинга. Трубу на чертеже показывают недовинченной в детали на 2...4 мм, поэтому резьба на трубе выходит за торец детали.

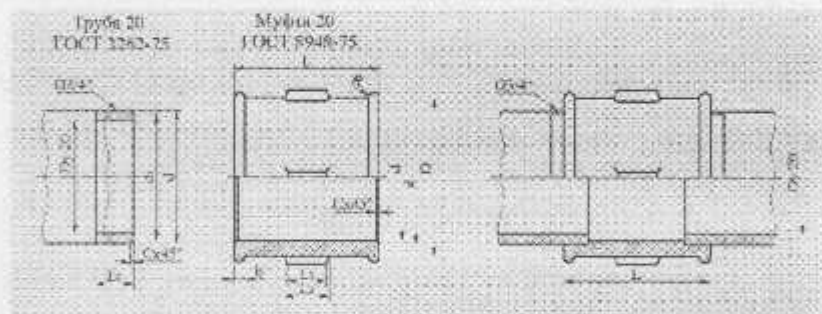


Рис. 6.22

В условном обозначении фитингов указывается тип фитинга, размер условного прохода и номер соответствующего стандарта. Например, муфта с условным проходом 20 мм обозначается следующим образом: Муфта 20 ГОСТ 8948 - 75.

На рис. 6.22 показан пример соединения труб с условным проходом 20 мм с помощью муфты.

Фланцевые соединения

В некоторых случаях, в зависимости от условий эксплуатации, соединение труб друг с другом осуществляется с помощью фланцев (рис. 6.23). Обычно такие соединения встречаются в нефте- и газопроводах, в водопроводных линиях, а также в химической промышленности.

Фланцы бывают различных видов. Конструкции фланцев выбираются в зависимости от условий эксплуатации, размеров труб и давления. Они изготавливаются из стали или чугуна. Соединение фланцев производится с помощью болтов или шпилек.

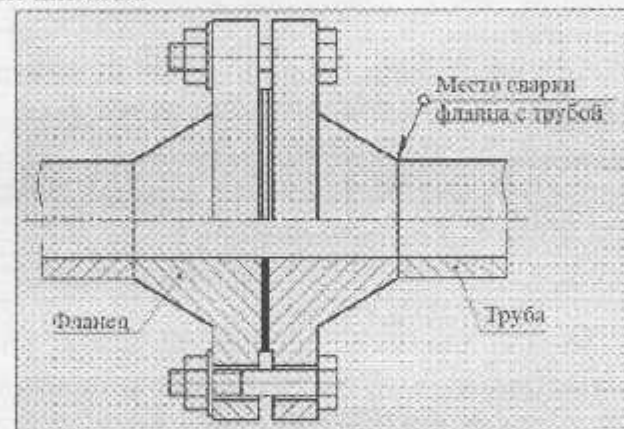


Рис. 6.23

Соединение деталей шпонкой

Соединение деталей шпонкой предназначено для передачи вращательного движения от вала на колесо. Это достигается с помощью **шпонки** – детали, которая устанавливается в паз соединяемой с валом детали (шкива, шестерни, муфты и т.д.) и предотвращает их проворачивание.

Шпонки по форме делятся на призматические (рис.6.24,а), сегментные (рис. 6.24, б) и клиновые (рис. 6.24, в).

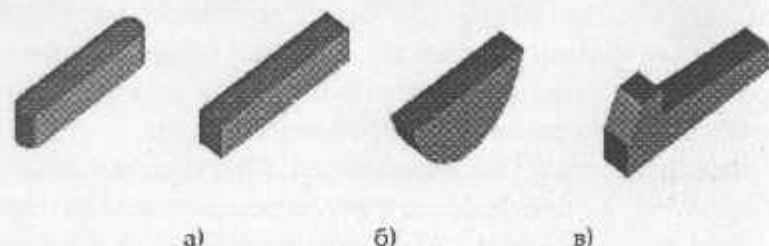


Рис.6.24

Призматические шпонки являются наиболее распространенными и выпускаются в трёх исполнениях. Конструктивные размеры шпонки (высота h и ширина b) и паза выбирают в зависимости от диаметра вала согласно стандарту.

Сегментные шпонки применяют в тех случаях, когда крутящие моменты небольшие. Клиновые шпонки используются в тихоходных механизмах и выпускаются в четырёх исполнениях.

На рис.6.25 показана последовательность шпоночного соединения детали с валом с помощью призматической (рис.6.25, а) и клиновой (рис.6.25, б) шпонок.

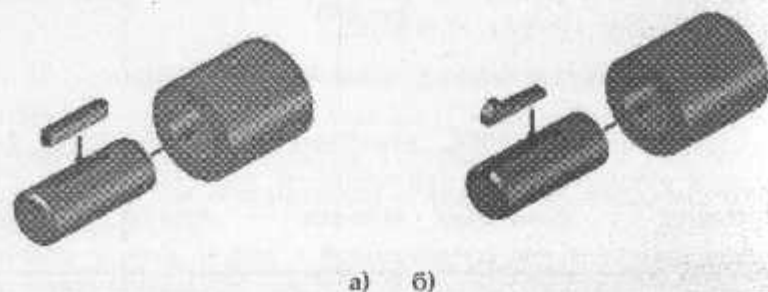


Рис.6.25

На рис.6.26 показано соединение вала с втулкой посредством призматической шпонки. Для более наглядного изображения соединения вал и втулка даны в разрезе.

На рис.6.27 показаны чертежи элементов этого соединения – вала (рис.6.27,а), втулки (рис.6.27,б) и призматической шпонки (рис.6.27, в).

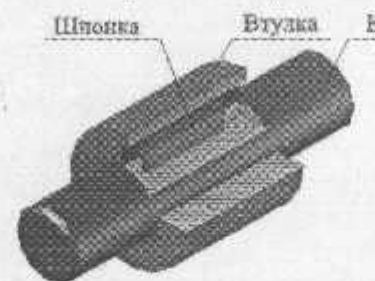


Рисунок 6.26

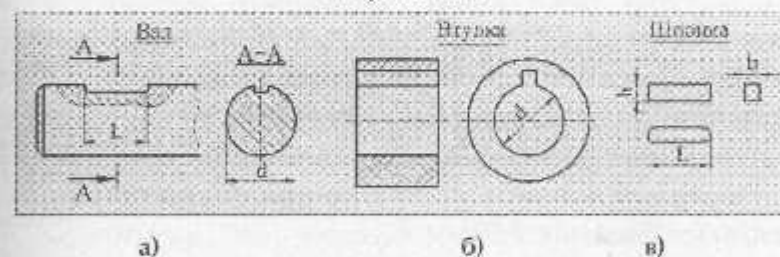


Рисунок 6.27

Сборочный чертёж призматического шпоночного соединения приведён на рис.6.28.

Размеры шпонок подбираются в зависимости от диаметра вала. Для того, чтобы показать шпонку в сборе, дают местный разрез.

При этом надо иметь в виду, что в продольном разрезе шпонка не штрихуется.

В разрезе, перпендикулярном оси вала (разрез А-А), шпонка штрихуется.

Здесь d - диаметр вала, b - ширина шпонки, h - высота шпонки, t_1 и t_2 - глубины пазов под шпонку соответственно на валу и в колесе, L - длина шпонки.

Длина шпонки зависит от условий работы и должна быть на 4-5 мм меньше длины ступицы колеса.

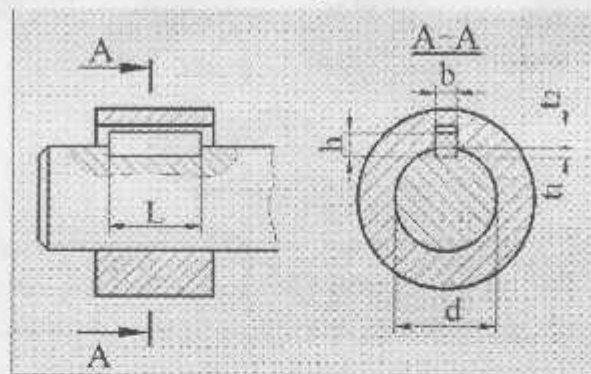


Рис.6.28

При обозначении шпонки указывают размеры сечения шпонки $b \times h$, длину шпонки L и номер ГОСТа.

Например, запись «Шпонка 10 x 8 x 50 ГОСТ 23360-78» указывает на то, что шпонка призматическая шириной 10мм, высотой 8 мм и длиной 50 мм.

Шлицевые соединения

Шлицевые соединения - это многшпоночные соединения, выполненные вместе с валом, предназначенные для передачи крутящего момента.

Такие соединения широко применяются в машиностроении, имеют конструктивные и прочностные преимущества по сравнению со шпоночными соединениями.

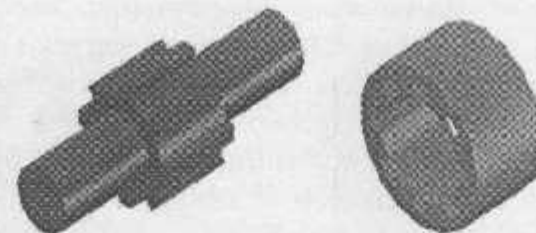


Рис.6.29

Каждый зуб шлицевого соединения, входя во впадину ступицы, работает как шпонка, выполненная непосредственно на валу, и является единым целым с валом.

На рис.6.29 показаны шлицевой вал и втулка, образующие шлицевое соединение.

По типу зубцов шлицевые соединения подразделяются на *прямобоочные* (рис.6.30,а), *эвольвентные* (рис.6.30,б) и *треугольные* (рис. 6.30,в). Выбор типа шлицевого соединения зависит от их конструкционных и технологических особенностей. Прямобоочные шлицевые соединения являются наиболее распространёнными. Обычно число зубцов в таких соединениях бывает 6, 8, 10, 16 и 20.

Основными параметрами прямобоочных шлицевых соединений являются число зубьев Z , внутренний диаметр d , наружный диаметр D и ширина зуба b .

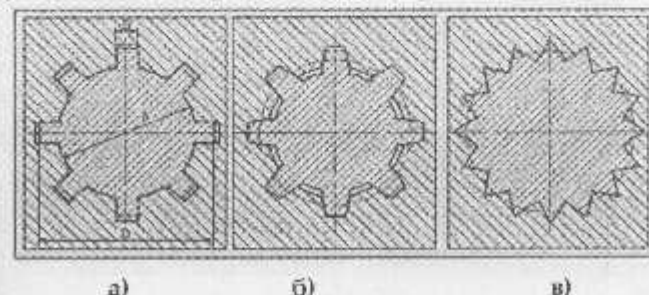


Рис.6.30

Шлицевые соединения на чертежах изображаются условно. На рис. 6.31 и 6.32 показаны чертежи шлицевой втулки и шлицевого вала. Окружности и образующие поверхностей выступов (зубьев) на валах и в отверстиях показывают сплошными основными линиями. Окружности и образующие поверхностей впадин на плоскости, перпендикулярной оси вала или отверстия, изображаются сплошными тонкими линиями.

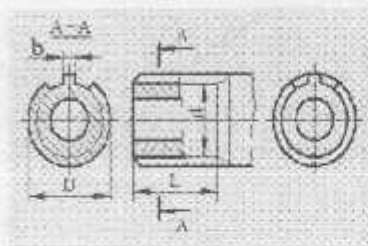


Рис.6.31

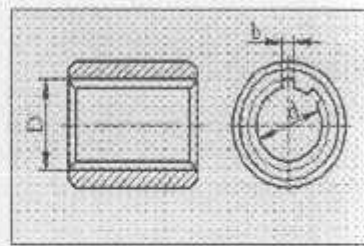


Рис.6.32

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси вала или отверстия, а также в сечениях, перпендикулярных оси вала (сечение А-А), изображают профиль одного зуба и двух впадин упрощенно без фасок или проточек. В сечении параллельной оси вала шлицы не штрихуются.

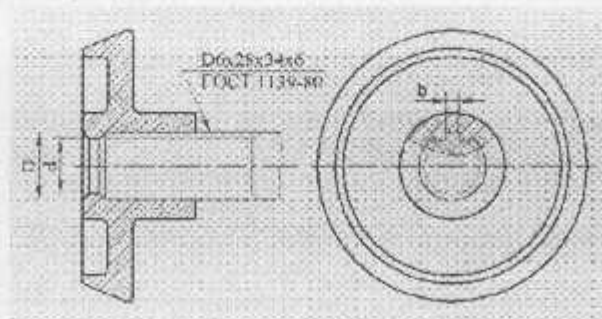


Рис.6.33

Соединение штифтами

Штифтами называются стальные стержни, применяемые для жёсткого соединения деталей или для сохранения их правильного взаимного положения. В первом случае штифты называются *соединительными*, а во втором случае – *установочными*. Штифты имеют цилиндрическую и коническую формы (рис.6.34).

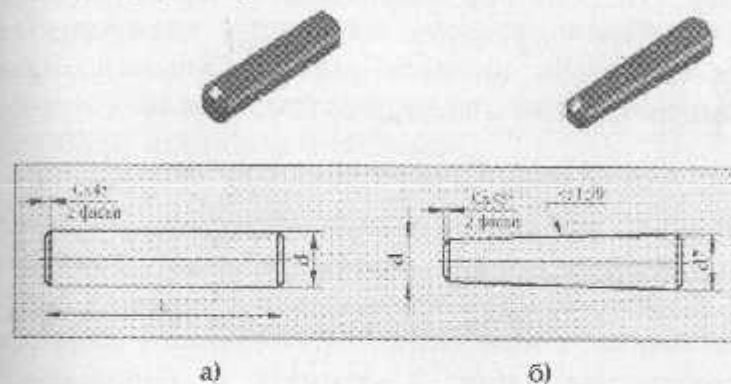


Рис.6.34

Часто штифты применяют вместе с винтами. Сначала с помощью штифта, фиксируют положение одной детали относительно другой, а затем винтами производится прижатие деталей.

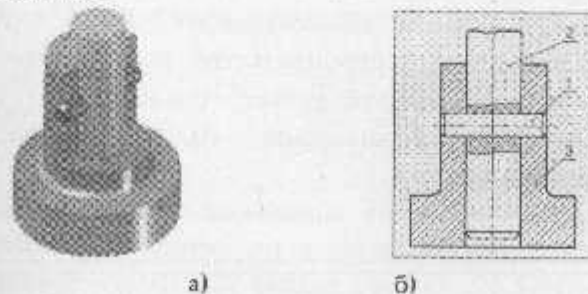


Рис.6.35

Штифт на разрезах изображают неразрезанным. Если штифт проходит через ось или вал, то на чертеже дают местный разрез. На рис.6.35, а показано наглядное изображение штифтового соединения вала (2) с корпусом (3) при помощи штифта (1), а на рис.6.35, б – чертёж этого штифтового соединения.

Основными параметрами штифтов являются длина и диаметр. Поэтому при обозначении штифтов необходимо указывать эти параметры. Например, цилиндрический штифт диаметром 10 мм и длиной 60 мм, указывается следующим образом: Штифт 10х60 ГОСТ 3128-70.

Неразъёмные соединения

Среди неразъёмных соединений на практике чаще всего встречаются сварные соединения.

Сварные соединения

Сваркой называется процесс неразъёмного соединения деталей путём молекулярного проникновения (диффузии) металлов свариваемого изделия и электрода, находящихся в расплавленном состоянии. Соединения, получаемые путём сварки металлов, называются *сварными соединениями*.

Сварные соединения широко применяются в машиностроении, нефтегазовой и химической промышленности, в строительстве и в других областях. Сварка может производиться различными способами. Наиболее распространённым видом сварки является электродуговая сварка.

В зависимости от взаимного расположения деталей сварные соединения делятся на: *стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные*. Их соответственно обозначают буквами - С, У, Т, Н.

На чертеже все виды сварных швов изображают сплошной основной линией (видимый шов) и штриховой линией (невидимый шов). Линия выноски выводится от изображения шва. Она упирается в шов односторонней стрелкой. Если сварной шов видимый, то условное обозначение шва наносится над полкой линии-выноски, если же сварной шов невидимый, то условное обозначение наносится под полкой линии-выноски.

В условном обозначении сварного шва указываются номер стандарта, буквенно-цифровое обозначение шва, условное обозначение способа сварки, знак и размер катета шва, а также вспомогательные знаки.

В табл.6.5 показаны различные виды сварных соединений, их изображения на чертеже и условные обозначения. Если на чертеже имеется несколько типов сварных швов, соответствующих одному и тому же ГОСТу, то допускается обозначение стандарта шва не показывать на линиях-выносках, а указывать в технических требованиях чертежа. Например: "Сварные швы №№1-3 по ГОСТ..., №№4-6 по ГОСТ...". Если все сварные швы на чертеже одинаковые, то допускается на сварочных швах показывать лишь линии-выноски, а все необходимые требования чертежа к сварке указывать в технических требованиях чертежа. Изображение и условное обозначение сварных швов на чертеже

Таблица 6.5

Тип соединения	Наглядное изображение сварного шва	Изображение и условное обозначение сварного шва на чертеже
Стыковое		
Угловое		
Тавровое		
Нахлесточное		

Если на чертеже имеются группы одинаковых швов, то каждому типу шва присваивается свой порядковый номер. На одной из линий-выносок данной группы дается полное обозначение шва с указанием числа швов. Для других швов

данной группы указывается лишь порядковый номер на линии-выноске.

На чертеже симметричного изделия, при наличии на изображении оси симметрии, допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изображения изделия.

На рис.6.36,а приведены наглядные изображения деталей сварного соединения, а на рис.6.36, б чертёж сварного соединения этих деталей с условными обозначениями сварочных швов.

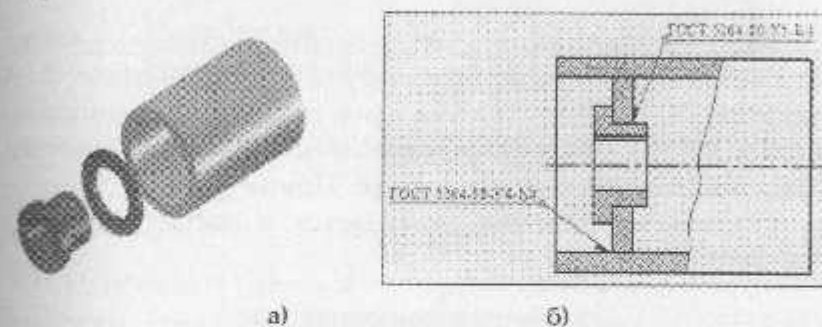


Рис.6.36

Соединение пайкой

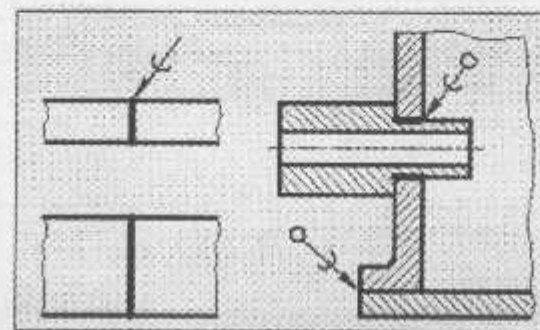


Рис.6.37

Процесс получения неразъёмного соединения путём местного нагрева соединяемых деталей ниже температуры плавления, заполнения зазора между ними расплавленным припоем и сцепления их при кристаллизации шва называется *пайкой*.

Соединения пайкой широко применяются в электротехнике, приборостроении. В соединениях, получаемых пайкой, место соединения изображают сплошной тонкой линией. Для обозначения паяного соединения применяют условный знак "С", который наносится на линии-выноски.

Если шов выполняется по замкнутой линии, то в конце линии-выноски изображается окружность диаметром 3...4 мм (рис.6.37). При выполнении швов различными припоями каждому из них присваивается свой номер, а в спецификации даётся ссылка на этот номер в графе "Примечание".

Обозначение припоя указывается в спецификации в разделе "Материалы".

Клеевые соединения

Склеиванием называется процесс получения неразъёмного соединения деталей за счёт соединения их клеем. Для обозначения клеевого соединения применяют условный знак "К". В остальном правила изображения клеевого соединения полностью совпадают с изображением паяных соединений (рис.6.38).

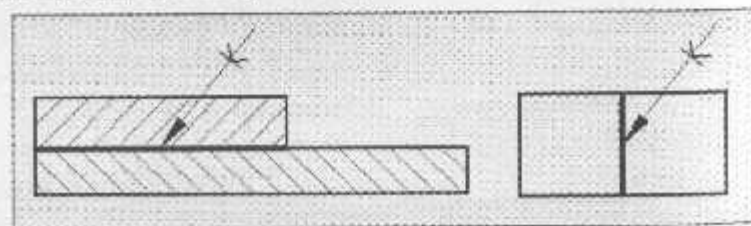


Рис.6.38

Соединение заклёпками

Соединение заклёпками применяется для соединения деталей из листового и фасонного проката. Заклёпка представляет собой цилиндрический стержень с головкой.

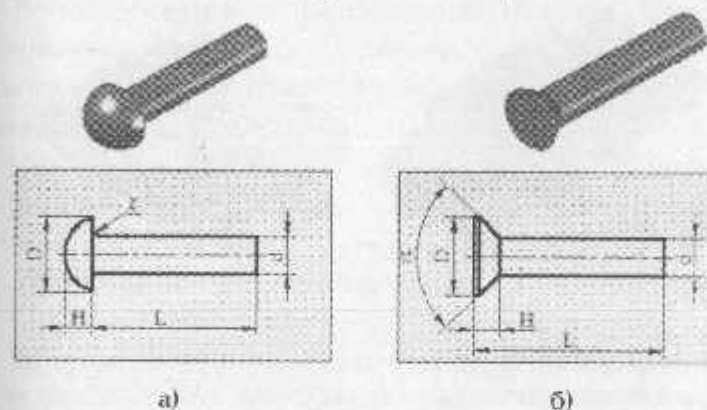


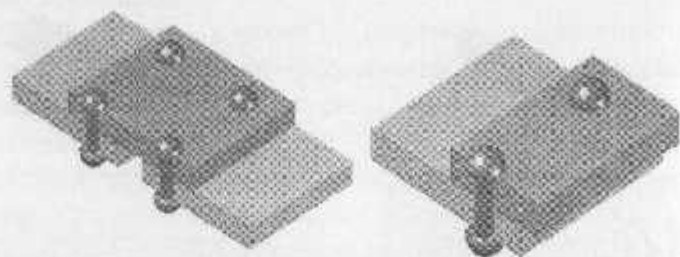
Рис.6.39

Наиболее широкое распространение получили заклёпки с полукруглой (рис.6.39,а) и потайной (рис.6.39,б) головками. Реже встречаются заклёпки с полупотайной и плоской головками. Длина заклёпки определяется по формуле: $L = m + n + 1,5d$, где m, n – толщины склепываемых деталей; $1,5d$ – размер для образования головки. Полученное значение округляют до ближайшего по стандарту значения. В табл.6.6 приведены размеры диаметров отверстий под заклёпки

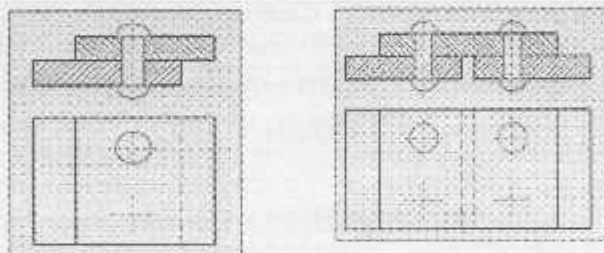
Таблица 6.6

Диаметр заклёпки d , мм	8	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37
Диаметр отверстия под заклёпку d_0 , мм	9	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38

Один или несколько рядов заклёпок образуют заклёпочный шов. По числу рядов заклёпочные швы делятся на *однорядные* и *многорядные*, а по расположению заклёпок на *параллельные* и *шахматные*.



а)



б)

Рис.6.40

При заклёпочных соединениях детали располагают *внахлёстку* (рис. 6.40,а) и *встык* с одной или двумя *накладками* (рис.6.40,б). Заклёпки на разрезах изображают *неразрезанными*. Если на чертеже надо указать только размещение заклёпок, то вместо головок изображаются *короткие осевые центровые линии*.

В условном обозначении заклёпки указывается диаметр, длина заклёпки и номер стандарта. Например: Заклёпка 8х20 ГОСТ 10299-68 - заклёпка с подукруглой головкой, диаметром стержня 8 мм, длиной 20 мм.

ГЛАВА VII СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЁЖ

Основные понятия и правила оформления сборочного чертежа

В этом разделе нам предстоит ознакомиться с правилами выполнения сборочных чертежей. Для этого вначале ознакомимся с некоторыми основными понятиями и определениями.

Любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии, называется *изделием*.

Установлены следующие виды изделий: *сборочные единицы*, *комплексы*, *комплекты*.

Сборочной единицей называется изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями (свинчиванием, клёпкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т. п.). Например, станок, редуктор и т. д.

Комплекс включает в себя два и более изделий, не соединенных сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например, цех-автомат, бурильная установка и др.

В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, входят детали, сборочные единицы, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например, детали и сборочные единицы для монтажа комплекса на месте его эксплуатации и др.

Комплект состоит из двух и более изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей и т. п.

Сборочный чертёж изделия - это конструкторский документ, характеризующий конструкцию изделия и определяющий взаимное положение входящих в эту сборку отдельных деталей и сборочных узлов.

В процессе производства каждая деталь изготавливается по рабочим чертежам. Сборочный чертёж разрабатывается после того, как начерчены чертежи отдельных деталей.

На рис.7.1,а показано наглядное изображение направляющего блока подъёмного крана, а на рис.7.1,б составляющие части этого блока в разобранном виде.

Как видно из рисунка, на корпусе (2) размещается отдельный сборочный роликовый узел. Он состоит из ролика (1), во внутреннее отверстие которого запрессовывается втулка (9). Ролик надевается на ось (5) и может совершать вращательное движение.

На оси проделывается паз, в которую вставляется планка (4). Планка с помощью двух винтов (7) прикрепляется к корпусу. Это предотвращает горизонтальное перемещение оси. Корпус с помощью четырёх болтов (6) и гаек (8) крепится к опоре (3).

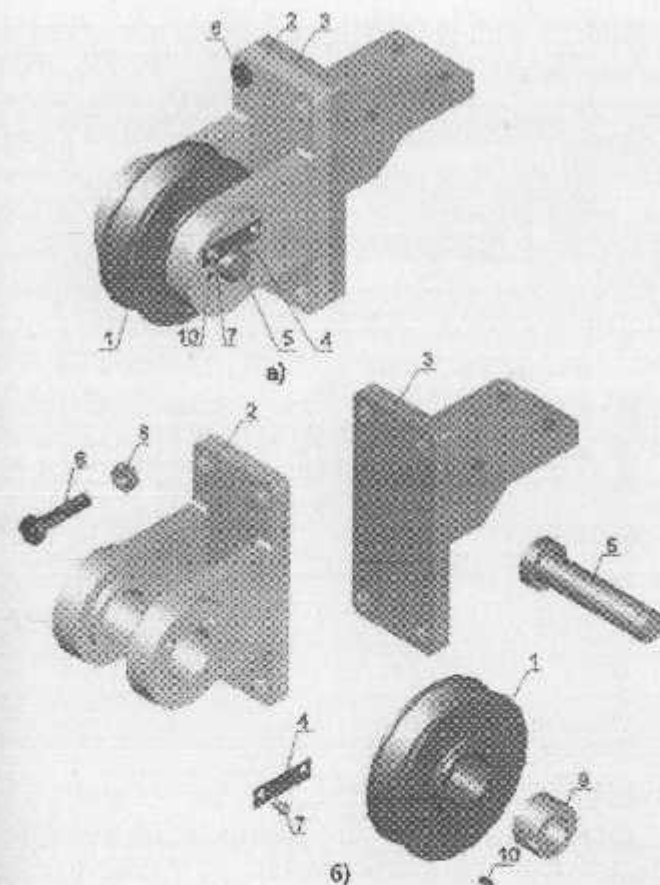


Рис.7.1

На рис.7.2 показана схема сборки направляющего блока. В схемах сборки графически в виде прямоугольников изображаются входящие в сборочный узел элементы в порядке их сборки. В прямоугольниках указываются наименование элемента, его обозначение, а для стандартных изделий - наименование и номер стандарта. Размеры

прямоугольников выбираются произвольно в соответствии с форматом чертежа.

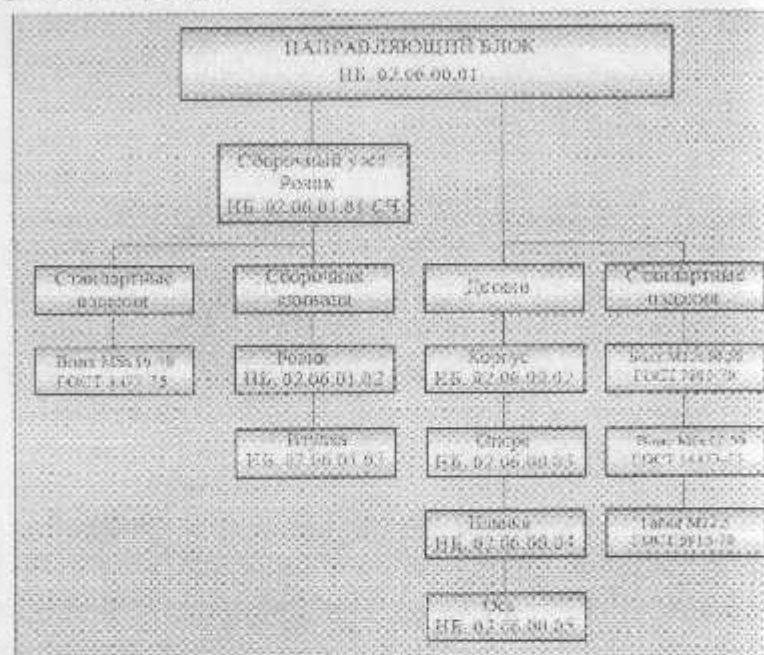


Рис.7.2

Для каждого изделия, входящего в сборочный узел составляется соответствующая конструкторская документация.

Под конструкторской документацией подразумеваются чертежи, схемы, технические условия и спецификация, которые полностью характеризуют конструктивные особенности и принцип работы этих изделий.

Сборочный чертёж включает в себя общий вид сборочного изделия, чертежи отдельных деталей, а также документацию, необходимую для сборки и контроля работы сборочного узла.

На рис.7.3, 7.4, 7.5 и 7.6 представлены рабочие чертежи корпуса, опоры, планки и оси, входящие в состав направляющего блока.

На рис.7.3 показан чертёж корпуса (поз.2) в трёх проекциях. На дополнительном виде «I» в увеличенном масштабе показано резьбовое отверстие под винт для крепления планки. Дополнительный вид позволяет уяснить глубину резьбового отверстия $\lambda=12$ мм и диаметр М 6.

Над основной надписью в технических требованиях дана информация о неуказанных на чертеже радиусах.

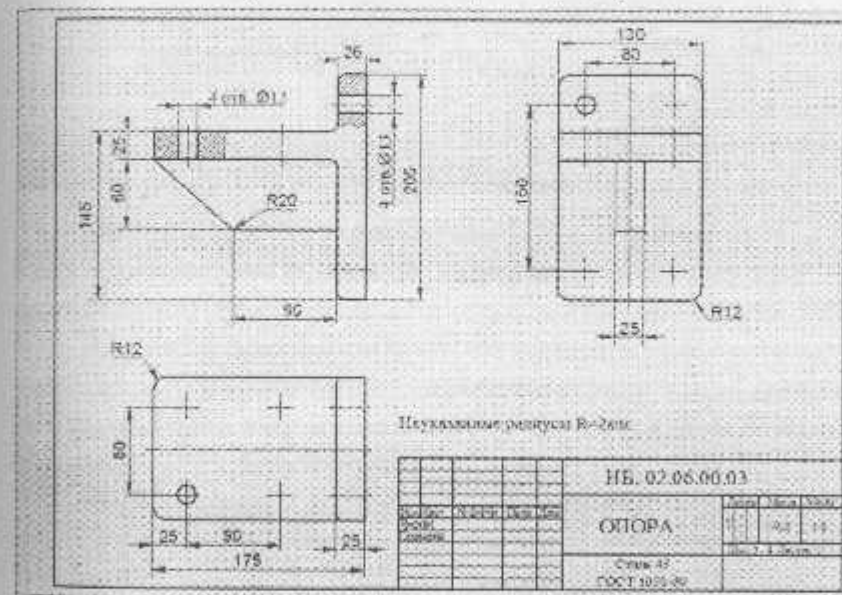
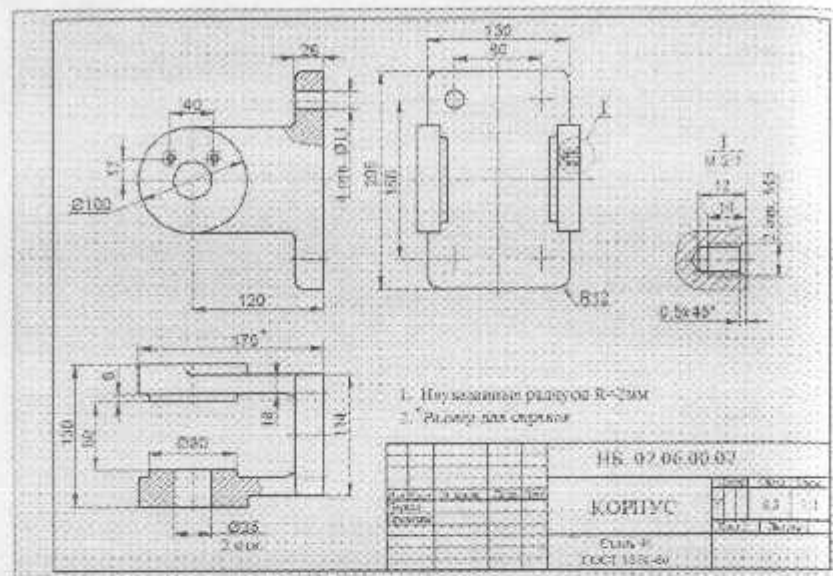


Рис.7.3



На рис.7.4 показан рабочий чертёж опоры (поз.3). Для того, чтобы получить полную информацию об отверстиях на фронтальной проекции детали, даны местные разрезы.

На рис.7.5 показан рабочий чертёж планки (поз.4) в двух проекциях. На фронтальной проекции дан местный разрез, позволяющий сделать вывод о том, что отверстия на планке сквозные.

На рис.7.6 приведён рабочий чертёж оси (поз.5). Из этого чертежа невозможно получить полную информацию о виде и размерах пазового отверстия под планку. Поэтому на чертеже дан разрез А-А.

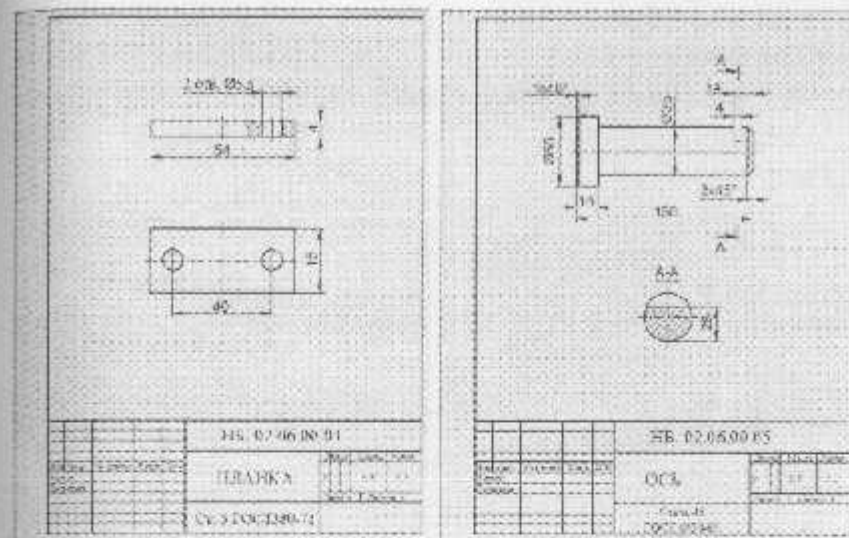


Рис.7.5

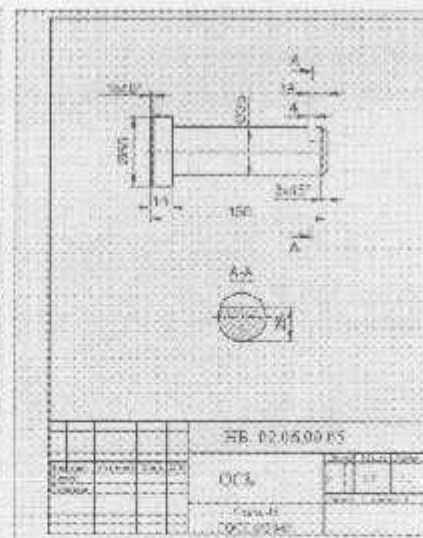


Рис.7.6

На рис.7.4 показан рабочий чертёж опоры (поз.3). Для того, чтобы получить полную информацию об отверстиях на фронтальной проекции детали, даны местные разрезы.

На рис.7.5 показан рабочий чертёж планки (поз.4) в двух проекциях. На фронтальной проекции дан местный разрез, позволяющий сделать вывод о том, что отверстия на планке сквозные.

На рис.7.6 приведён рабочий чертёж оси (поз.5). Из этого чертежа невозможно получить полную информацию о виде и размерах пазового отверстия под планку. Поэтому на чертеже дан разрез А-А.

На рис.7.7 показан чертёж роликового узла, входящего в состав направляющего блока.

На сборочном чертеже показаны габаритные размеры изделия: наружный диаметр - 160 мм, ширина - 55 мм, а также внутренний диаметр - 35 мм.

На рис.7.8 и 7.9 приведены рабочие чертежи диска и втулки. Сборочный чертёж роликового узла разрабатывается после составления чертежей диска и втулки.

На рис.7.10 показан сборочный чертёж направляющего блока

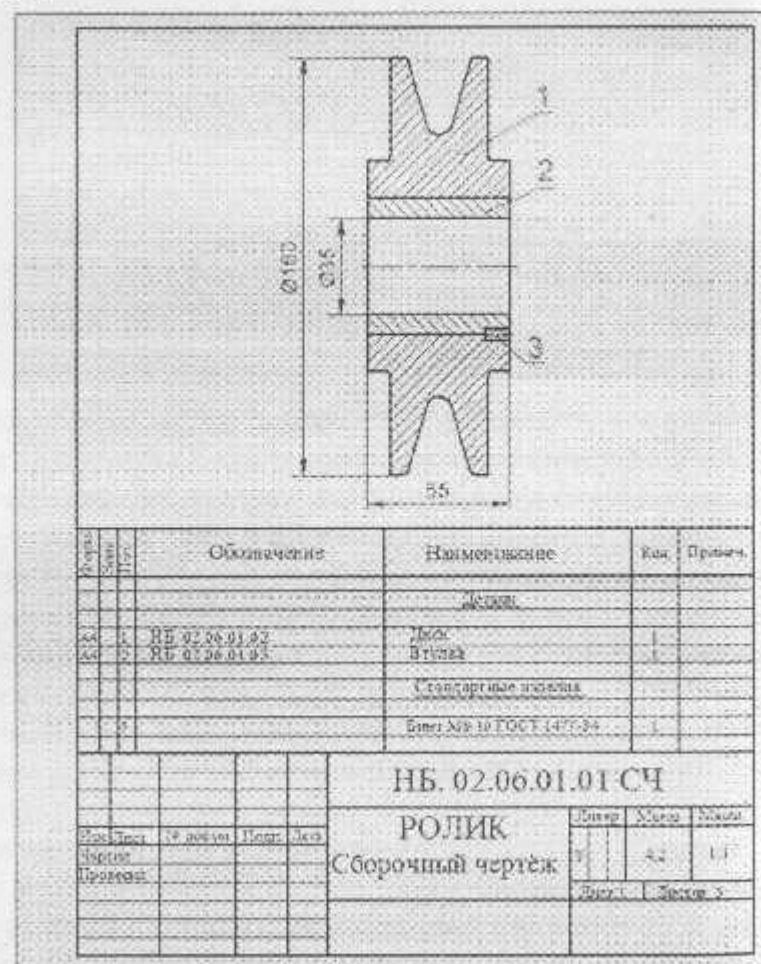


Рис.7.7

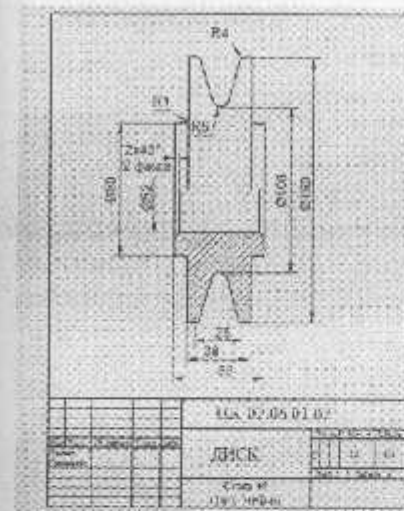


Рис.7.8

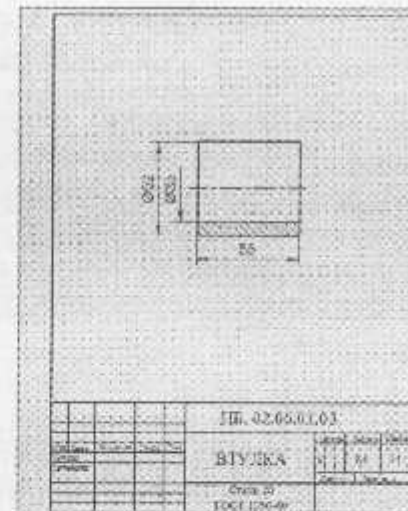


Рис.7.9

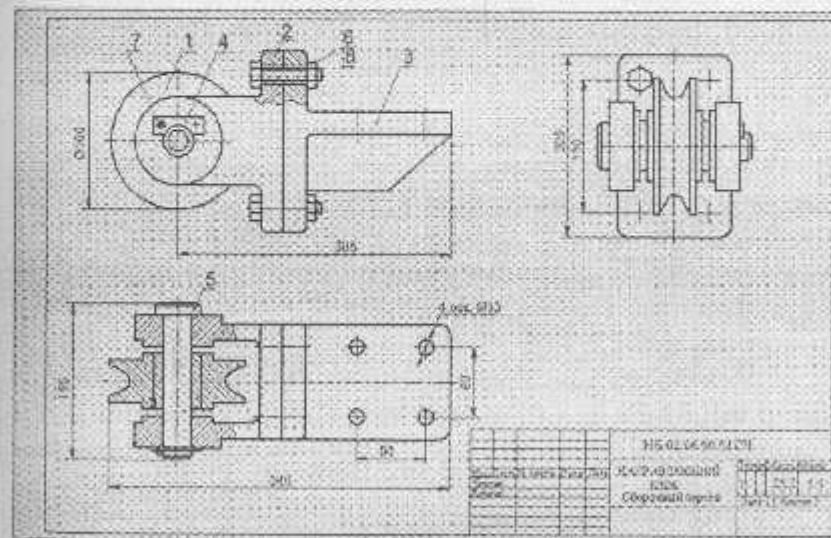


Рис.7.10

Порядок и правила выполнения сборочного чертежа

При выполнении сборочного чертежа необходимо придерживаться следующих правил:

1. Выполнение сборочного чертежа начинается с выяснения назначения этого изделия, его устройства и принципа работы. Определяется, из каких частей и элементов состоит изделие и последовательность его сборки и разборки.

2. Исходя из рабочего положения изделия, выбирается главный вид.

3. В зависимости от степени сложности конструкции принимается масштаб, в котором чертится чертеж. По возможности, следует придерживаться масштаба М 1:1. После этого принимается формат чертежа.

4. Составление сборочного чертежа начинается с вычерчивания основной составляющей части (корпуса) изделия. Чертёж корпуса выполняется на базе эскиза тонкими линиями. Остальные элементы сборочного изделия чертятся в той последовательности, в которой они собираются. Так как в сборочном чертеже детали соприкасаются друг с другом по наружным контурам, то линия их соприкосновения представляет собой единую для соприкасающихся элементов линию. В конце тонкие линии обводятся.

5. Штриховку смежных сечений деталей на сборочном чертеже выполняют в противоположных направлениях и под углом 45° или со сдвигом штрихов или с изменением расстояния между штрихами.

6. Сварное, паяное, клеевое и другие изделия из однородного материала в сборке с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуют как монолитный предмет (в

одну сторону) с изображением границ между частями такого изделия сплошными основными линиями.

7. При вычерчивании пружин на сборочных чертежах согласно стандарту следует иметь ввиду следующие допущения:

- винтовая пружина, показанная в разрезе лишь изображениями сечений витков, условно считается непрозрачной в пределах зоны между штрихпунктирными линиями, проедёнными через сечения витков. Линии изображаемых деталей, расположенных за пружиной, доводят только до штрихпунктирной линии (рис.7.11, а);

- если диаметр сечения пружины больше 2,5 мм, то в разрезе она изображается заштрихованной (рис.7.11, б);

- если же диаметр сечения пружины меньше или равен 2,5 мм, то она закрашивается (рис.7.11, а);

- если диаметр проволоки равен или меньше 2 мм, то пружина на чертеже изображается условно линией, толщиной 0,6 ... 1,5 мм (рис.7.11, в).

8. Болты, винты, шайбы, заклёпки, шпонки, стержни, сплошные валы, шпиндели, рукоятки и др. изображают в продольных разрезах нерассечёнными.

9. Если толщина детали менее 2 мм, то допускается на сборочном чертеже такие детали закрашивать.

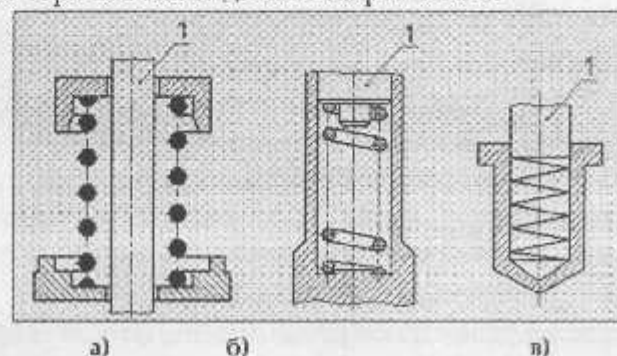


Рис.7.11

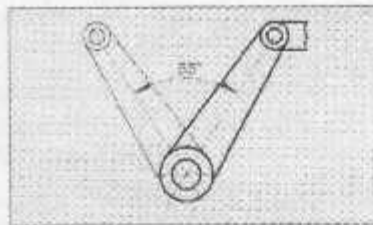


Рис.7.12

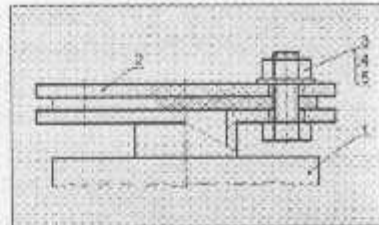


Рис.7.13

10. На сборочном чертеже движущиеся детали показывают в основном в рабочем состоянии. Крайнее и промежуточное положение механизма или отдельных его частей изображают штрихпунктирной тонкой линией с соответствующими размерами. Начальное положение этого элемента изображается сплошной тонкой линией (рис.7.12).

11. Если на чертеже имеются одинаковые по размерам и формам элементы, то нет необходимости показывать их все. Достаточно изобразить только один из них.

На рис.7.13 показан уплотнительный узел, в котором крышка (поз.2) соединяется с корпусом с помощью шести болтов (поз.3), гаск (поз.4) и шайб (поз.5). На чертеже крепёжные детали показаны один раз на двух видах.

Количество крепёжных деталей отображается в спецификации.

12. После доскональной проверки чертежа все линии обводятся.

13. Далее проставляются необходимые размеры (габаритные, монтажные, присоединительные, установочные, эксплуатационные и др.).

14. Затем все входящие в состав сборочного чертежа изделия нумеруются. Нумерация позиций изделий производится согласно спецификации. Простановка номеров позиций изделий производится на линиях-выносках, которые

не должны пересекаться друг с другом. Линии-выноски проводятся от деталей.

Место на детали, откуда берёт начало линия-выноска, обозначается точкой. Для облегчения чтения сборочного чертежа номера позиций проставляются вертикально или горизонтально. Позиции деталей желательно указывать в цифровой последовательности.

Если на чертеже в одном месте имеется группа одинаковых изделий, то допускается проводить одну выносную линию с несколькими параллельными полками, на которых проставляются позиции деталей данной группы.

На рис.7.13 на одной линии-выноске проставлены позиции трёх стандартных изделий - болта, гайки и шайбы.

15. В конце заполняется основная надпись чертежа и составляется спецификация на изделие.

Спецификация

Спецификация – это документ, определяющий состав сборочной единицы. Она облегчает чтение сборочного чертежа и необходима для комплектования конструкторских документов на данное изделие. Спецификация выполняется на формате А4 согласно ГОСТ 2.104-68. В спецификации указываются входящие в это изделие сборочные единицы, детали, стандартные изделия, материалы.

На рис.7.14 приведен пример составления спецификации направляющего блока.

В графе «Обозначение» дается буквенно-числовое обозначение сборочного чертежа, сборочных единиц и деталей.

Стандартные изделия и материалы не обозначаются и записывают в спецификации в разделе «Стандартные

изделия» с теми обозначениями, которые им присвоены соответствующими стандартами. Крепёжные изделия записывают в алфавитном порядке наименований.

В графе «Наименование» даются названия разделов и наименования отдельных изделий.

В графе «Количество» указывается количество отдельных элементов в изделии.

В графе «Формат» указывается номер формата каждой детали, в графе "Позиция" – номер позиции детали на чертеже.

Если чертёж выполнен на нескольких листах, то для быстрого нахождения каждого изделия удобно в графе «Зона» указывать их месторасположение.

Графа «Примечание» служит для указания дополнительной необходимой информации о каждом конкретном изделии.

В некоторых случаях допускается составлять спецификацию не как отдельный документ, а на сборочном чертеже (рис.7.7).

[illegible]

Рис.7.14

Размеры в сборочных чертежах

На сборочном чертеже, в соответствии с его назначением, наносят размеры, необходимые для правильного размещения деталей относительно друг друга, а также для установки всей сборочной единицы. Обязательными для сборочного чертежа являются габаритные, монтажные, установочные, эксплуатационные и присоединительные размеры. Размеры отдельных деталей на сборочном чертеже не наносят.

Габаритные размеры определяют высоту, длину и ширину изделия или его наибольший диаметр. Если один из размеров является переменным вследствие перемещения движущихся частей изделия, то на чертеже указывают размеры при крайних положениях подвижных частей.

Монтажные размеры - это размеры, которые служат для правильного размещения деталей друг относительно друга. Например, расстояния между осями валов редуктора, размеры между центрами отверстий под болты, которые соединяют две сборочные единицы и др.

Присоединительные размеры – размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие присоединяют к другому изделию.

Установочные размеры указывают положение узла в изделии. Эти размеры необходимы для того, чтобы правильно установить и закрепить узел. Примером установочных размеров могут служить размеры окружностей и диаметры отверстий под болты, расстояние между осями фундаментных болтов и т. п.

Эксплуатационные размеры - это основные расчётные и конструктивные размеры характеризующие изделие. Например, диаметры проходных отверстий, размеры резьбы на присоединительных элементах, размеры под ключ и т. п.

Характерные размеры – это те размеры, которые конструктор при проектировании считает необходимым указать на сборочном чертеже, чтобы их затем сверить с размерами, проставленными на рабочих чертежах деталей.

В основном все размеры на сборочных чертежах являются справочными.

Деталирование сборочного чертежа

Сборка любого изделия в производственных условиях производится по сборочному чертежу. В учебном процессе по сборочному чертежу вычерчиваются отдельные детали, входящие в этот чертёж.

Выполнение рабочих чертежей деталей по сборочному чертежу называется **деталированием**.

Для того, чтобы выполнить деталирование сборочного чертежа, необходимо в первую очередь прочитать этот чертёж, т.е. создать полное представление об изделии. Прочитать сборочный чертёж - это значит:

- 1) понять форму, назначение и взаимодействие каждой детали сборочного чертежа;
- 2) выяснить, как расположены детали друг относительно друга, способы их соединения;
- 3) установить устройство изделия и принцип его работы.

При чтении сборочного чертежа вначале необходимо внимательно его изучить, выяснить его состав. Для этого нужно ознакомиться со спецификацией, установить наименование, количество и другие сведения о составных частях изделия. По соответствующим номерам позиций в спецификации определяется положение каждой детали, выявляются в общих чертах формы и размеры этих деталей.

При этом нужно иметь в виду, что в сборочном чертеже одна и та же деталь штрихуется в одном направлении, а смежные детали – в различных направлениях. Определяются условности и упрощения, примененные в сборочном чертеже, а также типы соединений отдельных элементов сборки.

Процесс детализирования производится с соблюдением некоторых правил в следующей последовательности:

1. Необходимо ознакомиться со сборочным чертежом, обратив при этом внимание на форму деталей, их назначение и взаимодействие.
2. Мысленно расчленить изделие на отдельные детали.
3. Выявить стандартные и прочие изделия, на которые не составляются рабочие чертежи.
4. Для каждой детали определить главный вид, а затем число изображений для каждой детали. Число изображений должно быть минимальным, но в то же время достаточным для определения формы и размеров детали.
5. Для каждой детали в зависимости от размеров и сложности выбрать формат и необходимый масштаб.

Выполнение рабочих чертежей желательно начинать с простых по форме деталей.

После выполнения чертежа необходимо проставить все размеры. Затем заполняется основная надпись, в которой указывают наименование детали, обозначение, материал, масштаб изображения и др.

В качестве примера рассмотрим детализирование обратного клапана, наглядное изображение которого представлено на рис.7.15.



Рис.7.15

Рис.7.16

Обратные клапаны применяются в трубопроводах для предотвращения движения жидкости или газа в обратном направлении.

Обратный клапан состоит из корпуса (1), шпигуля (2), пружины (3), клапана (4), штуцера (5) и прижимной гайки (7). Между корпусом и штуцером предусмотрена резиновая прокладка (6), обеспечивающая герметичность соединения.

На рис.7.16 показаны отдельные детали клапана.

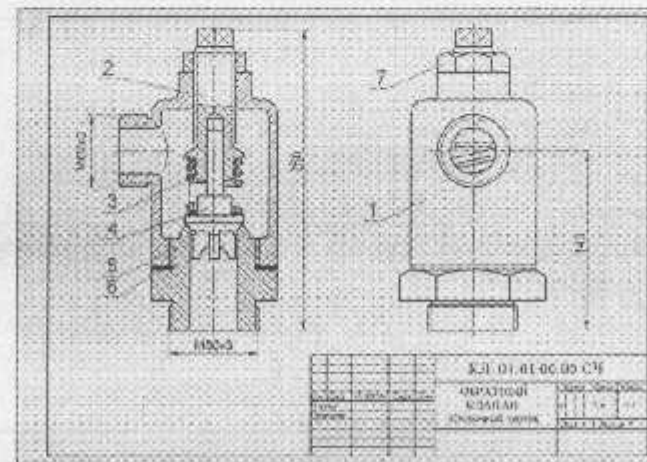


Рис.7.17

На рис.7.17 показан сборочный чертёж обратного клапана. Обычно на основной надписи сборочного чертежа указывается его масштаб.

Для того, чтобы определить размеры отдельных элементов, пользуются *масштабным треугольником*. Построение масштабного треугольника показано на рис.7.18.

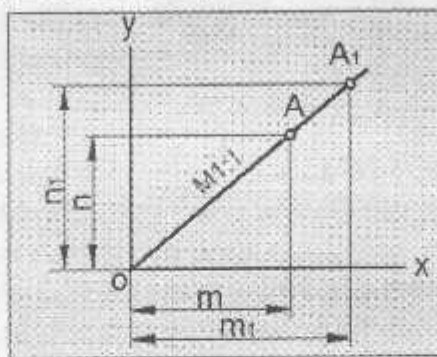


Рис. 7.18

Проводим оси X и Y . Точка O является началом координат. По оси X откладываем прямую m , соответствующую одному из размеров, указанных на сборочном чертеже, а по оси Y прямую n , соответствующую численному значению этого отрезка.

Из концов этих отрезков проводим прямые, перпендикулярные осям X и Y , и находим точку их пересечения — точку A . Соединяем точку A с началом координат. Полученная прямая OA называется *масштабной прямой* чертежа.

Используя эту прямую, можно найти размеры всех элементов чертежа. Например, чтобы определить размер элемента, который не указан на чертеже, откладываем длину этого отрезка по оси X отрезок m_1 .

С конца этого отрезка проводим прямую, перпендикулярную оси X до пересечения с масштабной прямой. Точку пересечения обозначим $A1$. Из точки $A1$ проводим прямую, параллельную оси X до пересечения с осью Y . Отрезок $OA1$ показывает численное значение выбранной прямой.

Для определения истинных размеров стандартных изделий, а также некоторых элементов наряду с масштабной прямой, необходимо пользоваться и справочными материалами.

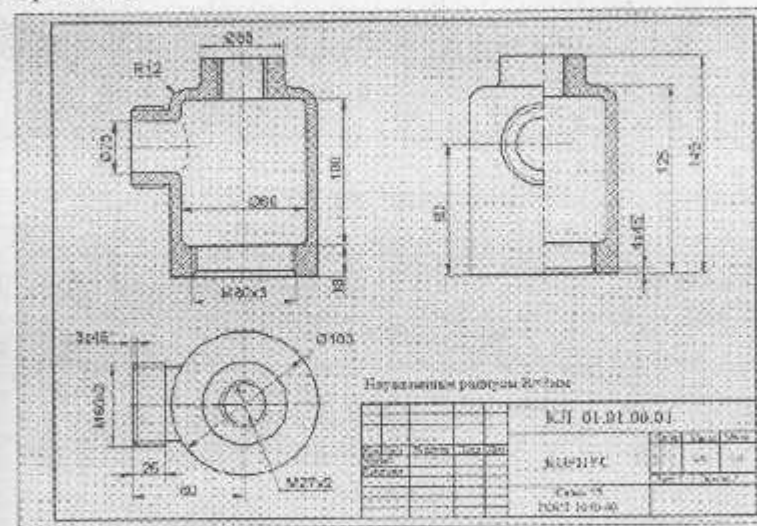


Рис. 7.19

Например, для определения размеров отверстий под болт, шпильку, размеров под ключ и т.д. вначале с помощью масштабной прямой определяются приблизительные размеры этих элементов, а затем полученные размеры корректируются по справочным материалам в соответствии со стандартом.

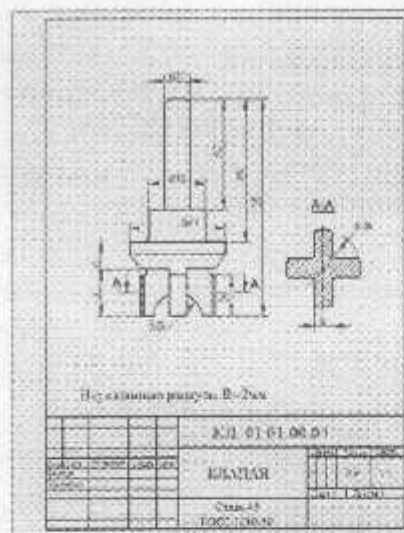


Рис. 7.22

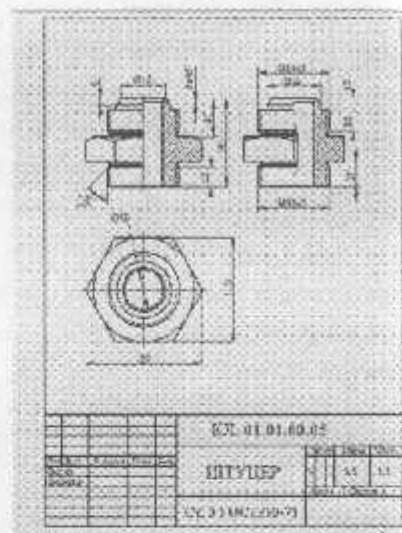


Рис. 7.23

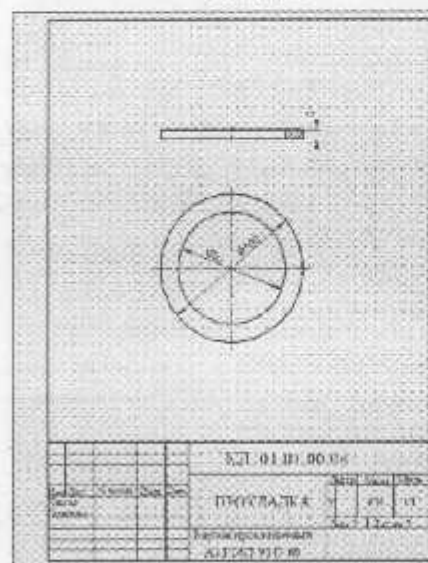


Рис. 7.24

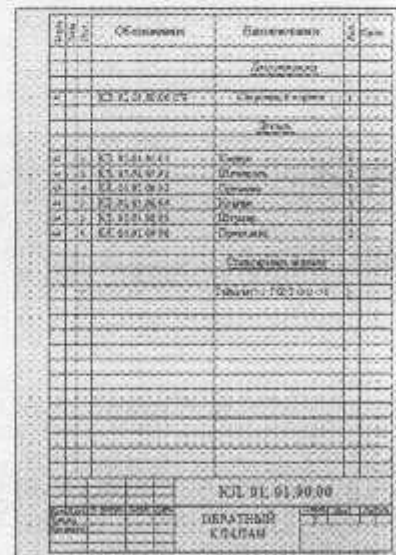


Рис. 7.25

Как видно из сборочного чертежа, обратный клапан состоит из 7 деталей, одна из которых (гайка - позиция 7) является стандартным изделием.

В процессе детализации чертятся чертежи корпуса, шпинделя, клапана, штуцера, пружины и прокладки. Чертеж гайки не чертится.

На рис. 7.19-7.24 показаны чертежи этих деталей. При их вычерчивании в зависимости от размеров и степени сложности выбраны соответствующие форматы, основные и дополнительные виды.

На рис. 7.25 показана спецификация обратного клапана.

ГЛАВА VIII СХЕМЫ

Общие сведения о схемах

В современной технике работа многих агрегатов и систем определяется совокупностью действий различных механических, гидравлических, пневматических и электрических устройств. Изучение работы таких систем по рабочим чертежам вызывает определённые трудности. Поэтому при составлении чертёжно-конструкторской документации на эти устройства наряду с рабочими чертежами составляются и специальные схемы.

Схемами называются конструкторские документы, на которых отдельные элементы изделия, их расположение и взаимная связь показываются условно. Схема является особым типом чертежей, на которых при помощи условных графических и цифровых обозначений определяется принцип работы устройства.

Виды и типы схем, их обозначение и технические требования к ним регламентируются соответствующим государственным стандартом. В зависимости от характера входящих в устройство элементов и связи между ними схемы делятся на виды, каждый из которых обозначается буквой: *кинематические* – К, *электрические* – Э, *гидравлические* – Г, *пневматические* – П.

По назначению схемы делятся на следующие 7 типов: структурные схемы (обозначается цифрой 1), функциональные схемы (2), принципиальные схемы (3), схемы соединения (4), схемы подключения (5), общие схемы (6) и схемы расположения (7).

Структурные схемы позволяют получить общие сведения об изделии и определяют взаимосвязь основных частей изделия.

Функциональные схемы позволяют пояснить процессы, протекающие в изделии или в его части.

Принципиальные схемы дают информацию о составе элементов изделия и связи между ними.

Схемы соединений (монтажные схемы) показывают соединения составных частей изделия и выявляют провода, кабели, трубопроводы и их арматуру.

Схемы подключения показывают внешнее подключение изделия.

Общие схемы определяют составные части комплекса и соединение их между собой на месте эксплуатации.

Схемы расположения определяют относительное расположение составных частей изделия.

Наряду с этим, на практике встречаются и *комбинированные* схемы, которые содержат элементы разных видов. Комбинированная схема обозначается буквой С, а её наименование определяется видом и типом комбинированных схем: схема электрогидравлическая принципиальная.

В конструкторской документации схемы обозначаются в зависимости от их вида и типа. Например, ЭЗ – схема электрическая принципиальная, К1 – схема кинематическая структурная и т. д.

Чтобы правильно, быстро и легко читать схемы, они должны быть выполнены с соблюдением определённых требований:

1. При разработке схемы масштаб не учитывается.

2. Элементы схемы выполняются графически в соответствии со стандартом. В некоторых случаях отдельные элементы изображаются упрощённо или в виде прямоугольных фигур.

3. В схемах основные элементы выполняются сплошной толстой линией. Толщина линий связи принимается в пределах 0,2...1 мм. Расстояние между соседними линиями

должно быть не более 3 мм, а между отдельными элементами не менее 2 мм.

4. Схемы должны быть максимально компактными и удобными для чтения.

5. Элементы в схемах, образующие отдельные функциональные группы, могут отделяться друг от друга штрихпунктирной линией.

6. Если в состав чертежа входят элементы, образующие отдельные независимые принципиальные схемы, то они отделяются друг от друга тонкими линиями.

7. Все надписи в схемах должны выполняться чертежными шрифтами.

Кинематические схемы

Кинематические схемы служат для изучения принципа работы машин и механизмов, выполнения кинематических расчётов, определения направления вращения, числа оборотов, а также при сборке, испытании, наладке.

Кинематические схемы выполняются в виде развёртки, т.е. все оси и валы условно располагаются в одной плоскости. На кинематических схемах валы, стержни, оси и т.п. изображаются сплошными основными линиями, а элементы - тонкими линиями.

В табл.8.1 приведены наглядные и схематические изображения элементов, используемых при составлении кинематических схем.

На рис.8.1 показана принципиальная кинематическая схема коробки скоростей токарного станка.

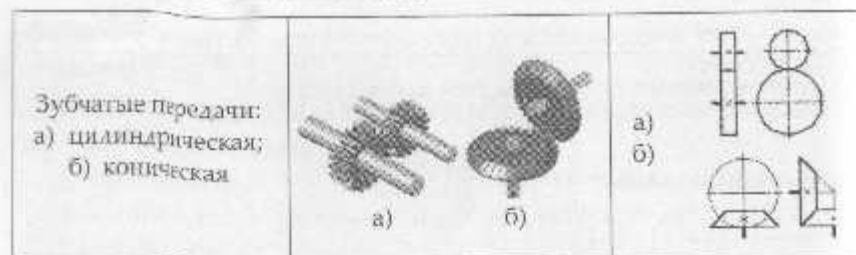
Кинематическая схема выполняется в следующей последовательности:

1. Выбирается формат чертежа, чертятся границы формата и основная надпись.

2. Определяются типы условных обозначений элементов, используемых в кинематической схеме.

Таблица 8.1

Наименование	Наглядное изображение	Условное обозначение
Электродвигатель		
Подшипники скольжения и качения: а) радиальный; б) упорный		а) б)
Соединение детали с валом: а) свободное при вращении; б) подвижное при вращении		а) б)
Муфта сцепления		
Гайка на винте, передающем движение: а) неразъёмная; б) разъёмная		а) б)
Плоскоременная передача		



3. Чертятся валы Ы, ЫЫ и ЫЫЫкоробки скоростей токарного станка. При этом необходимо соблюдать примерное соотношение размеров межосевых расстояний валов. На концах валов показываются подшипники скольжения.

4. На валах чертятся зубчатые колёса.

5. Затем показываются электродвигатель, элементы ременной передачи, муфты сцепления и другие элементы.

6. После этого чертёж внимательно перепроверяется. При наличии неточностей они устраняются.

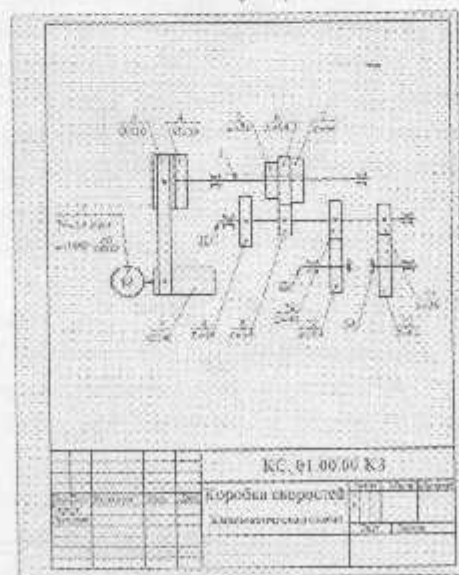


Рис.8.1

7. Линии чертежа приводятся в соответствие со стандартом.

8. Все элементы кинематической схемы нумеруются. Валы нумеруют римскими цифрами (Ы, ЫЫ, ЫЫЫ), остальные элементы – арабскими (1, 2, 3 и т.д.). Порядковый номер элемента проставляется на полке линии-выноски. Под полкой линии-выноски указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента.

9. В конце заполняется основная надпись чертежа. Так как разработанный чертёж является принципиальной кинематической схемой, он обозначается по схеме: КС. 01.00.00 КЗ.

Электрические схемы

Современные станки, автоматические линии, приборы имеют различные электрические устройства, для пояснения которых составляют электрические схемы. Электрические схемы выполняются в соответствии с правилами, установленными в соответствующих стандартах. Существует несколько стандартов, которые определяют условные графические обозначения элементов, применяемых в электрических схемах. В таблице 8.2 приведены условные обозначения некоторых из них.

Таблица 8.2

Условные графические обозначения в электрических схемах

Наименование	Графическое изображение	Наименование	Графическое изображение
Резистор а) постоянный б) переменный		Конденсатор а) постоянный б) переменный	
Транзистор		Усилитель	
Диод		Регулятор	
Выключатель		Сигнальная лампа	
Катушка индуктивности		Антенна	
Трансформатор		Заземление	

Элементы изделия изображаются в электрических схемах в соответствии с размерами, установленными стандартом. Если размеры элементов не регламентированы стандартом, то они изображаются пропорционально другим элементам. Элементы в схемах должны располагаться так, чтобы схема легко читалась и была удобна в применении. Линии электрической связи обычно выполняются толщиной 0,3...0,4 мм. На схеме должны быть указаны характеристики входных и выходных цепей (напряжение, род тока, частота и др.).

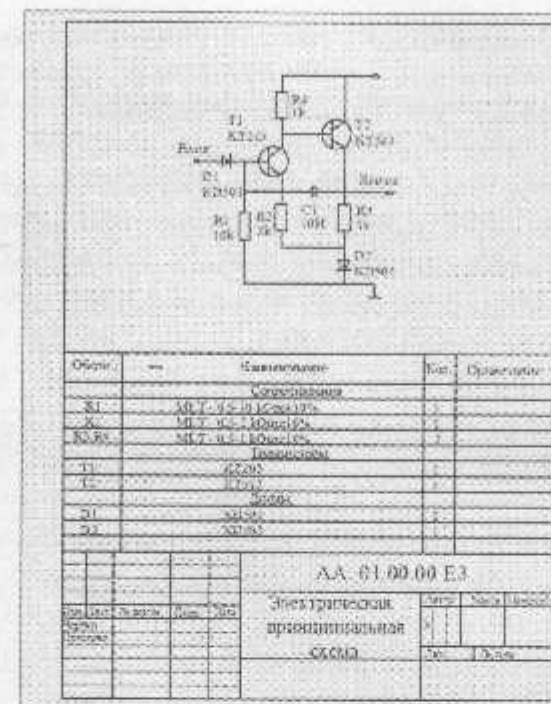


Рис.8.2

На электрических схемах рядом с условным графическим изображением элемента показывается его буквенное обозначение. Например: R - резистор,

C - конденсатор, T - транзистор, D - диод, В - вольтметр и др. Если в изделии имеется несколько однотипных элементов, то после буквенного обозначения элемента указывается его порядковый номер, например, R1, R2, R3,... или T1, T2, T3. Если в изделие входит только один элемент данной группы, то порядковый номер в его позиционном обозначении можно не указывать.

На рисунке 8.2 показана принципиальная электрическая схема.

Гидравлические и пневматические схемы

Гидравлические и пневматические устройства и системы управления широко используются в различных отраслях промышленности. Поэтому при разработке технической документации часто приходится сталкиваться с различными гидравлическими и пневматическими схемами. В табл.8.3 приведены некоторые графические условные обозначения, используемые в гидравлических и пневматических схемах.

Таблица 8.3

№	Наименование	Обозначение	№	Наименование	Обозначение
1	Линия связи	—	15	Нормально открытый пневматический орган	
2	Гидропровод высокого давления		16	Клапан предохранительный	
3	Соединение шаровый		17	Регулятор давления пневматический	
4	Переориентационный шаровый		18	Обратный клапан	
5	Поток жидкости под давлением		19	Насос положительного производства	
6	Сила воздуха на систему		20	Компрессор	
7	Поток воздуха (газа) под давлением		21	Гидромотор	
8	Выпуск воздуха (газа) в атмосферу		22	Пневмомотор	
9	Блок под атмосферным давлением		23	Ручной насос	
10	Аккумулятор пневматический (баллон, ресивер, конденсаторный)		24	Насос клапанный	
11	Аккумулятор гидравлический		25	Насос поршневый	
12	Фильтр для жидкости или воздуха		26	Цилиндр гидравлический и пневматический	
13	Фильтр-катушка		27	Цилиндр гидравлический и пневматический	
14	Нормально закрытый регулирующий орган		28	Цилиндр односторонний	

Схемы выполняются в соответствии с требованиями государственных стандартов. При составлении таких схем пользуются условными обозначениями для изображения агрегатов гидро- и пневмосистем: насосов, гидроприводов, различных гидравлических и пневматических устройств.

На рис.8.3 показана аксонометрическая схема гидравлической тормозной системы автомобиля. С помощью этой схемы можно понять принцип работы тормозной системы. При нажатии на педаль тормоза (1) приходит в движение поршень гидроцилиндра, который сжимает жидкость, находящуюся в цилиндре (2). В результате этого жидкость под давлением через шланги (3) передается к рабочим цилиндрам (4). Рабочие цилиндры, в свою очередь, с помощью поршней передают необходимую нагрузку к тормозным колодкам (5). После того, как отпускается тормоз, рабочая жидкость в системе под действием давления со стороны пружин (6) через шланги возвращается к главному цилиндру и далее в ёмкость (7).

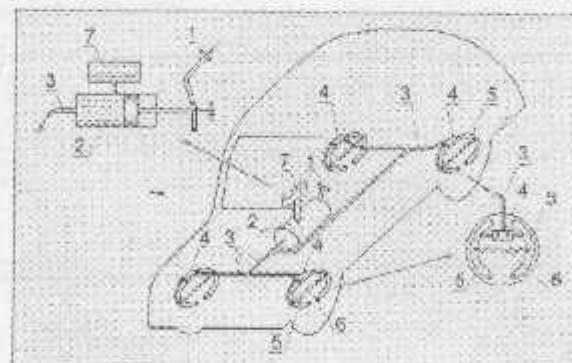


Рис.8.3

На рис.8.4 показана гидравлическая схема тормозной системы автомобиля с принятыми условными обозначениями отдельных элементов.

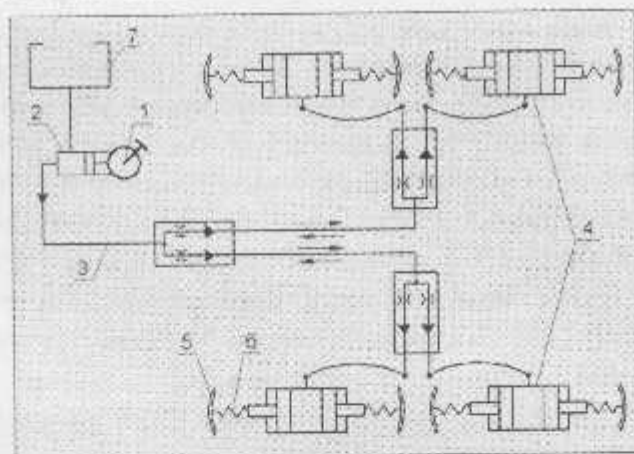
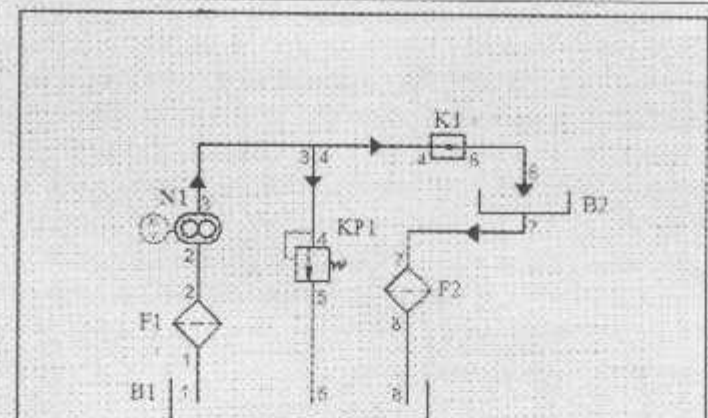


Рис.8.4

На рис.8.5 изображена принципиальная гидравлическая схема механизма подачи жидкости (эмульсии) для охлаждения режущего инструмента оборудования и детали.



Обозн.	Наименование			Кол.	Примечание
B1, B2	Гидробак			2	
N1	Шестеренчатый насос			1	
F1, F2	Фильтр			2	
KP1	Предохранительный гидрозатвор			1	
K1	Гидроклапан			1	
1-8	Дополнительные линии			8	
АА. 01.00.00 НЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Прош.	Дата	Система для передачи эмульсии
Черт.					Гидравлическая
Провер.					принципиальная схема
					Лист 1 Эксп.

Рис.8.5

На рис.8.6 – принципиальная пневматическая схема механизма подачи сжатого воздуха пневматического оборудования.

В последние десятилетия компьютерные технологии охватывают всё новые направления деятельности человека. Не является исключением и черчение. Созданы и совершенствуются многочисленные графические программы, значительно облегчающие проведение проектноконструкторских работ. Среди всего многообразия таких программ особое место занимает программа AutoCAD. Эта программа на сегодняшний день является наиболее совершенной и чаще используемой графической программой.

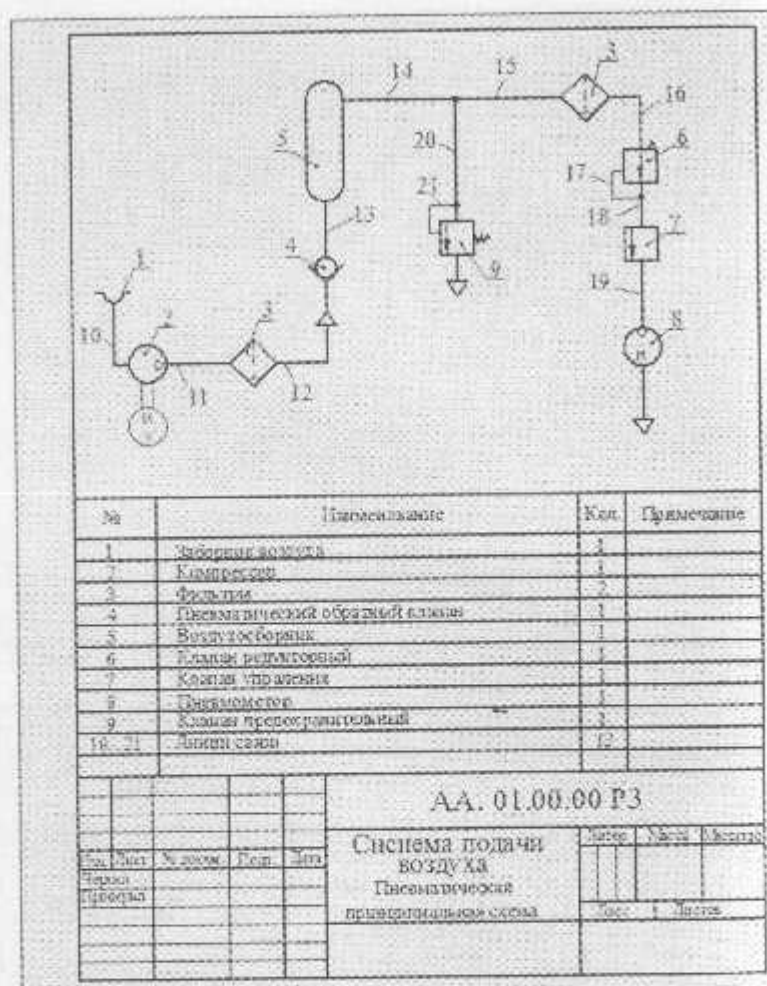
Рабочее окно AutoCAD

После включения программы AutoCAD открывается рабочий экран (рис.9.1)



Рис.9.1

Рабочий экран AutoCAD состоит из шести основных функциональных зон: области построения чертежа (графическая зона), окна команд, панели меню, панелей инструментов, вкладок модели и строки состояния.



Обе схемы выполнены в соответствии с требованиями стандарта. Цифровые обозначения линий (трубопроводов) на схемах даются последовательно, начиная от входа в систему. Направление движения жидкости и воздуха в линиях указывается соответственно стрелками (→, →φ).

В состав панели меню входят следующие элементы:

- **File (Файл)** - содержит такие команды, как команды сохранения чертежей, вывода на печать, создания новых форматов и некоторые другие.

- **Edit (Правка)** - содержит в себе команды копирования, вырезки, вставки, стирания объектов и др.

- **View (Вид)** - содержит команды управления видами чертежа, команды перехода к трёхмерному моделированию и др.

- **Insert (Вставка)** - содержит команды размещения различных элементов.

- **Format (Формат)** - включает команды определения границ чертежа, редактирования цвета, толщины и типа линий, выбора размерных, текстовых стилей и др.

- **Tools (Сервис)** - содержит команды настройки экрана, обновления полей, командной строки и др.

- **Draw (Рисование)** - содержит в себе все команды, необходимые для вычерчивания чертежа в системе 2D и 3D.

- **Dimension (Размеры)** - содержит команды нанесения размеров на чертежах.

- **Modify (Редактировать)** - содержит команды для редактирования объектов.

- **Window (Окно)** - включает команды, непосредственно связанные с изображением объектов на экране.

- **Help (Помощь)** - содержит команды обращения и поиска информации.

Окно команд располагается в нижней части области рисунка и одержит строку, используемую для ввода команд пользователем. Командная строка также служит для вывода запросов и сообщений программы.

После загрузки AutoCAD в нижней части экрана выводится строка состояния, в которой содержатся текущие

настройки и инструменты, позволяющие управлять различными режимами.

Панель инструментов обеспечивает непосредственный доступ к наиболее часто применяемым командам.

Системы координат в AutoCAD

В программе AutoCAD координаты точек могут задаваться следующими методами:

Интерактивный метод. Этот метод - самый простой. Координаты точек задаются с помощью мыши.

Метод непосредственного ввода координат. При этом методе положения точек задаются по соответствующим координатам, и точки располагаются относительно начала координат.

Метод относительных координат. В системе относительных координат смещения осей X и Y откладываются от предыдущей построенной точки. Для этого используется выражение @ Δx , Δy , где Δx - изменение координаты по оси X, Δy - изменение координаты по оси Y.

Метод полярных координат. Этот метод применяется, когда задаются длина отрезка и угол, который составляет отрезок с осью X.

Для этого используется выражение @ L < α , где L - длина отрезка, < символ угла, α - величина угла. В полярной системе координат угол измеряется от горизонтальной оси, принимаемой в качестве нулевой отметки для измерения угла.

Если величина угла положительна, то он откладывается против часовой стрелки, отрицательный угол откладывается по часовой стрелке.

Метод размеров и направлений. При построении отрезков этим методом задают их длину и направление непосредственно указателем мыши. Направление отрезка определяется направлением курсора, а его длину можно

ввести с клавиатуры. Метод является наиболее часто применяемым и в основном используется при вычерчивании горизонтальных и вертикальных линий.

Методика использования команд AutoCAD

При создании чертежей в AutoCAD применяется множество различных команд. Ознакомимся с некоторыми из этих команд.

Построение отрезков. Отрезок является одним из основных объектов чертежа. Отрезок строится между двумя точками, координаты которых вводятся при вызове команды **LINE** (ОТРЕЗОК) одним из вышеперечисленных методов (рис.9.2).

Command: LINE

Specify first point: Указываем положение первой точки, поместив указатель мыши в нужную точку экрана и нажав левую кнопку.

Specify next point or [Undo]: Указываем положение второй точки.

Specify next point or [Undo]: Указываем положение третьей точки «ENTER».

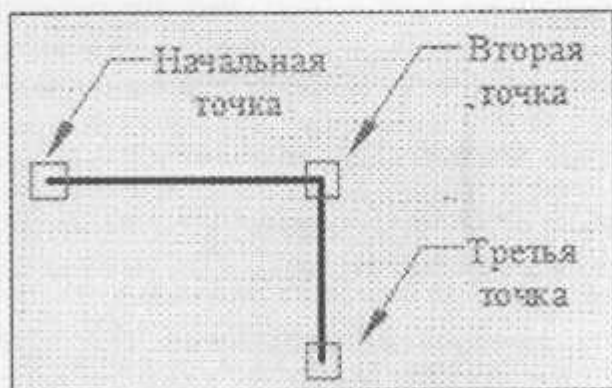


Рис.9.2

Если при построении прямой линии допущена ошибка, то с помощью параметра **Undo** (Отменить) можно её исправить. Для этого нужно ввести параметр «Undo» и нажать кнопку «ENTER». В этом случае последняя начерченная линия стирается и курсор возвращается к предыдущей точке. На рис.9.3 показана последовательность применения параметра «Undo».

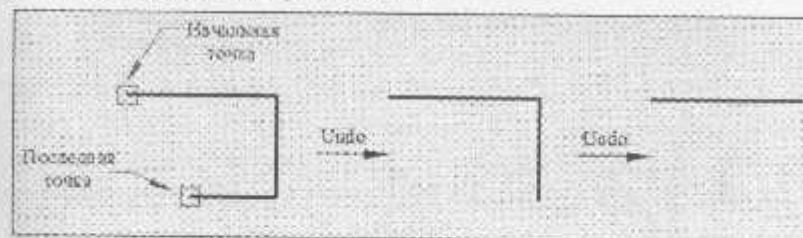


Рис.9.3

Параметр **Close** (Заккрыть) позволяет соединить последнюю точку ломаной линии с начальной точкой, т.е. создать замкнутую фигуру (рис. 9.4).

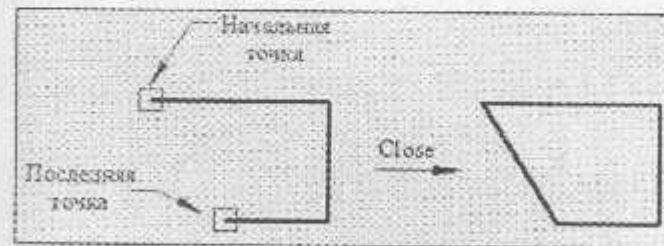


Рис.9.4

Построение окружностей. Для построения окружности используется команда **CIRCLE** (ОКРУЖНОСТЬ). Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr(tan tan radius):

В квадратных скобках даны различные параметры для построения окружностей. Рассмотрим варианты построения окружностей:

1. **Построение окружности по центру и радиусу.**
После обращения к команде CIRCLE задаём центр окружности, а затем радиус. Построим окружность радиусом 20 мм (рис.9.5).

Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr(tan tan radius)]:

Указываем положение центра окружности.

Specify radius of circle or [Diameter]: Вводим значение радиуса: 20 «ENTER».

2. **Построение окружности по центру и диаметру.**
После обращения к команде CIRCLE задаём центр окружности, а затем вводим параметр D и указываем диаметр окружности. Для примера построим окружность диаметром 30 мм (рис.9.6).

Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr(tan tan radius)]:

Указываем положение центра окружности.

Specify radius of circle or [Diameter]: D «ENTER»

Specify diameter of circle : Вводим значение диаметра: 30 «ENTER».

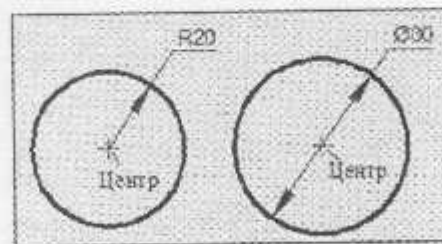


Рис.9.5

Рис.9.6

3. **Построение окружности по двум конечным точкам диаметра.** Для построения окружности, проходящей через две конечные точки, задающие диаметр, вводится параметр 2P (2 точки) (рис.9.7).

Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr(tan tan radius)]: 2P «ENTER»

Specify first end point of circle's diameter: Указываем первую конечную точку диаметра окружности.

Specify second end point of circle's diameter: Указываем вторую конечную точку диаметра окружности.

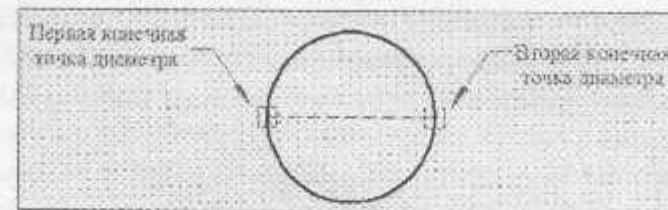


Рис.9.7

4. **Построение окружности по трем точкам.**
Известно, что через три любые точки, не лежащие на одной прямой всегда можно провести окружность. Предположим, что даны три точки А, В, и С, и через эти точки нужно провести окружность. Для построения окружности, проходящей через три точки, вводится параметр 3P (3 точки) (рис.9.8).

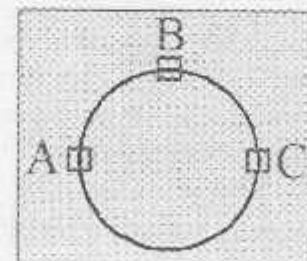


Рис. 9.8

Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr(tan tan radius)]: 3P «ENTER»

Specify first point on circle: Указываем точку А.

Specify second point on circle: Указываем точку В.

Specify third point on circle: Указываем точку С.

5. **Построение окружности по двум касательным к ней объектам и радиусу.**

Под касательным к окружности объектом понимается объект, имеющий с окружностью одну общую точку. Таким объектом может быть отрезок, окружность или дуга. Для построения окружности указываются две точки на объектах, выбранных в качестве касательных к окружности, и её радиус.

Предположим, что нам даны две прямые и необходимо начертить окружность радиусом 15 мм, так, чтобы эти прямые были касательными к ней (рис.9.9).

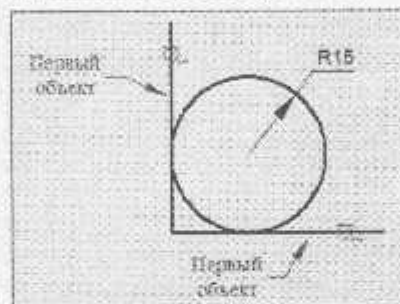


Рис.9.9

Command: CIRCLE

Specify center point for circle or [3P/ 2P / Ttr(tan tan radius)]: Т «ENTER»

Specify point on object for first tangent on circle: Указываем точку на первом объекте. При этом на объекте должен появиться символ касательной.

Specify point on object for second tangent on circle: Указываем точку на втором объекте. На объекте должен появиться символ касательной.

Specify radius of circle: Вводим значение радиуса: 15 «ENTER».

Нужно помнить, что при проведении окружности, касательной к двум заданным окружностям, её положение будет зависеть от выбранных точек касания.

Построение прямоугольников. Прямоугольник строится с помощью команды RECTANGLE (ПРЯМОУГОЛЬНИК) по двум угловым точкам.

На рис.9.10 показан прямоугольник со сторонами 100мм и 50мм

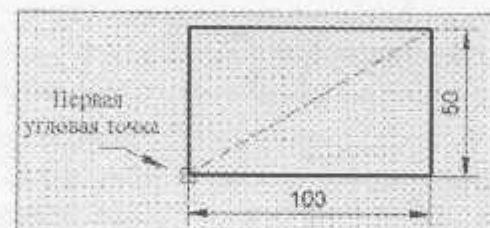


Рис.9.10

Command: RECTANGLE

Specify first corner point or [Chamfer / Elevation / Fillet / Thickness / Width]

]: Вводим первую угловую точку.

Specify other corner point or [Area / Dimension / Rotation]:

Вводим вторую угловую точку: @ 100,50 «ENTER».

Рассмотрим некоторые параметры команды RECTANGLE.

1. Параметр **Chamfer** (Фаска) позволяет строить фаски по вершинам прямоугольника (рис.9.11).

Command: RECTANGLE

Specify first corner point or [Chamfer / Elevation / Fillet / Thickness / Width]

]: С «ENTER».

Specify first chamfer distance for rectangle: Вводим значение первого катета фаски: 15 «ENTER».

Specify second chamfer distance for rectangle: Вводим значение второго катета фаски: 15 «ENTER».

Specify first corner point or [Chamfer / Elevation / Fillet / Thickness / Widht

]: Вводим первую угловую точку.

Specify other corner point or [Area / Dimention/ Rotation]:

Вводим вторую угловую точку: @ 100, 50 «ENTER».

2. Параметр **Fillet** (Сопряжение) позволяет скруглить углы по вершинам прямоугольника (рис.9.12).

Command: RECTANGLE

Specify first corner point or [Chamfer / Elevation / Fillet / Thickness / Widht

]: F «ENTER».

Specify fillet radius for rectangle: Вводим значение радиуса сопряжения: 10 «ENTER».

Specify first corner point or [Chamfer / Elevation / Fillet / Thickness / Widht

]: Вводим первую угловую точку.

Specify other corner point or [Area / Dimention/ Rotation]:

Вводим вторую угловую точку: @ 100, 50 «ENTER».

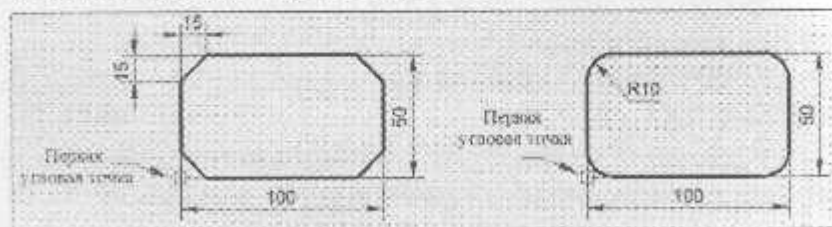


Рис.9.11

Рис.9.12

Построение правильных многоугольников.
Правильным многоугольником называется замкнутая

геометрическая фигура с равными по длине сторонами и с равными углами.

Для построения правильных многоугольников используется команда **POLYGON** (МНОГУГОЛЬНИК).

В программе AutoCAD правильный многоугольник можно построить по стороне и по окружности.

Построим правильный треугольник по двум заданным точкам (рис. 9.13).

Command: POLYGON

Enter number of sides < 4>: Вводим число сторон: 3 «ENTER».

Specify center of polygon or [Edge]: E «ENTER».

Specify first endpoint of edge: вводим начальную точку одной стороны треугольника.

Specify second endpoint of edge: вводим конечную точку стороны треугольника.

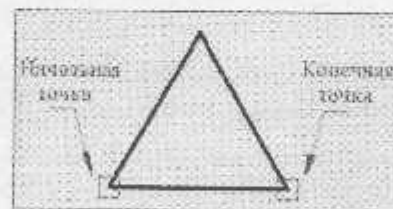


Рис.9.13

Построим правильный шестиугольник по окружности (рис.9.14).

Command: POLYGON

Enter number of sides < 4>: >: Вводим число сторон: 6 «ENTER».

Specify center of polygon or [Edge]: указываем центр окружности.

Enter an option [Inscribed in circle/ Circumscribed about circle]: выбираем один из двух возможных вариантов: I –

многоугольник вписан в окружность или С – многоугольник описан вокруг окружности «ENTER».

Specify radius of circle: вводим значение радиуса окружности: 20 «ENTER».

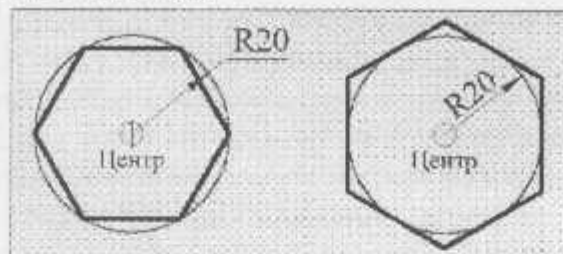


Рис.9.14

Построение дуги. Для построения дуги применяется команда ARC (ДУГА). Существует 11 методов построения дуги. Остановимся на некоторых из них:

1. Построение дуги по трём точкам (рис.9.15,а).

Command: ARC

Specify start point of arc or [Center]: Вводим первую точку.

Specify second point of arc or [Center / End]: Вводим вторую точку.

Specify end point of arc: Вводим последнюю точку.

2. Построение дуги по начальной, центральной и конечной точкам. Нужно знать, что дуга строится вокруг центра в направлении против часовой стрелки (рис.9.15,б).

Command: ARC

Specify start point of arc or [Center]: Вводим первую точку.

Specify second point of arc or [Center / End]: С «ENTER».

Specify center point of arc: Вводим центральную точку.

Specify end point of arc or [Angle / chord Length]: Вводим последнюю точку.

1.Построение дуги по начальной, конечной точкам и радиусу (рис.9.15, в).

Command: ARC

Specify start point of arc or [Center]: Вводим первую точку.

Specify second point of arc or [Center / End]: Е «ENTER».

Specify end point of arc: Вводим конечную точку.

Specify center point of arc or [Angle / Direction / Radius]: R «ENTER».

Specify radius of arc: Вводим значение радиуса дуги и нажимаем кнопку «ENTER».

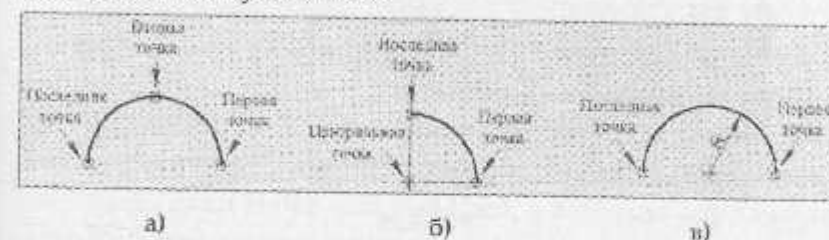


Рис.9.15

Построение полилинии. Команда POLYLINE (ПОЛИЛИНИЯ) позволяет чертить цельные объекты, состоящие из линий и дуг. На рис.9.16 показана фигура, начерченная с помощью команды POLYLINE.

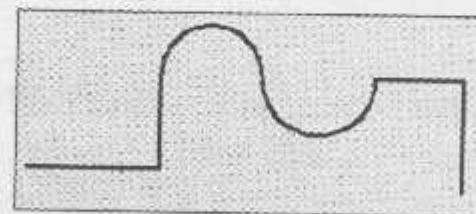


Рис.9.16

Изменение цвета, типа и толщины линий. Для изменения цвета, типа и толщины линий используется панель PROPERTIES (СВОЙСТВА)

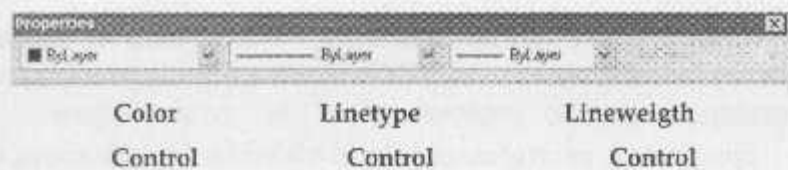


Рис.9.17

1. *Изменение цвета линии.* Для того чтобы изменить цвет линии, выделяем линию, входим в команду **Color Control**, выбираем нужный цвет и нажимаем кнопку «ENTER» (рис.9.18).

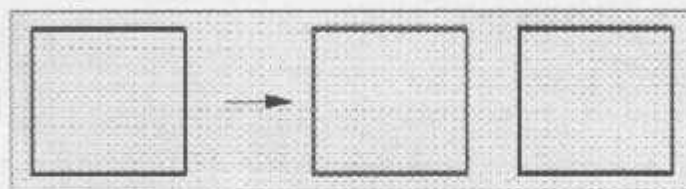


Рис.9.18

2. *Изменение толщины линии.* Для того, чтобы изменить толщину линии выделяем линию, входим в команду **Lineweight Control**, выбираем нужную толщину линии и нажимаем кнопку «ENTER» (рис. 9.19).

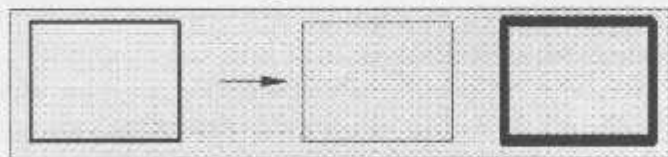


Рис.9.19

3. *Изменение типа линии.* Для того чтобы изменить тип линии, вначале нужно загрузить нужный тип линии в окно **Linetype Control**. Это производится следующим образом: заходим в окно **Linetype Control**, нажимаем кнопки «Other» (Другие) и «Load» (Загрузить), выбираем

необходимый тип линии, нажимаем кнопку «OK». Таким образом, в окно загружаем нужный тип линии. После этого изменяем на чертеже тип линии.

Изменение типа линии производится так же, как и изменение цвета и толщины линии (рис.9.20).



Рис.9.20

Штриховка объекта. Штриховка объекта осуществляется при помощи команды **HATCH** (ШТРИХОВКА). Штрихуемый объект должен быть замкнутым. При запросе команды **HATCH** открывается диалоговое окно **Hatch and Gradient**, в котором выполняется настройка параметров штриховки. К параметрам штриховки относятся тип штриховки, масштаб, угол наклона линий штриховки и др. После выбора параметров штриховки нажимаем кнопку **Pick points** (Укажите точку), указываем точку в области штриховки и нажимаем кнопки «ENTER» и «OK».

Шаблоны штриховок выбираются из окна **Pattern** или **Swatch**. На рис.

9.21 показаны некоторые типы штриховок.

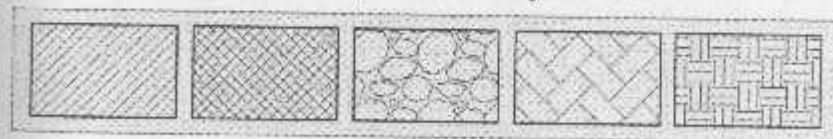


Рис.9.21

Закрашивание объекта. Процесс закрашивания объекта осуществляется с помощью команды **GRADIENT**

(ГРАДИЕНТ). Объекту можно придать различный цветовой фон. Закрашивание осуществляется одним или двумя цветами (**One color, Two color**).

На рис.9.22 приведены примеры применения команды GRADIENT.



Рис.9.22

Копирование объекта. Копирование объекта производится при помощи команды **COPY** (КОПИРОВАТЬ).
Command: COPY

Select object: Выбираем объект «ENTER».

Specify base point or displacement: Задаём положение базовой точки.

Specify second point or displacement or >use first point as displacement>: Задаём новое положение для базовой точки (рис.9.23).



Рис.9.23

Перемещение объекта осуществляется при помощи команды

MOVE (ПЕРЕМЕСТИТЬ) Command: MOVE

Select object: Выбираем объект «ENTER».

Specify base point or displacement: Задаём положение базовой точки.

Specify second point or displacement or >use first point as displacement>:

Задаём новое положение для базовой точки (рис.9.24).

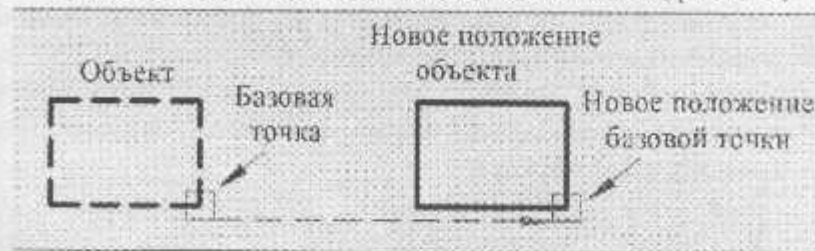


Рис.9.24

Поворот объекта осуществляется при помощи команды **ROTATE** (ПОВЕРНУТЬ).

Command: ROTATE

Select object: Выбираем объект «ENTER».

Specify base point: Задаём положение базовой точки.

Specify rotation angle or [Copy/ Reference]: Задаём угол поворота объекта «ENTER» (рис.9.25,а).

Если при повороте требуется сохранить и первоначальное положение объекта, то перед заданием угла нужно ввести параметр «Copy» - «ENTER», а потом задать угол поворота (рис.9.25,б).

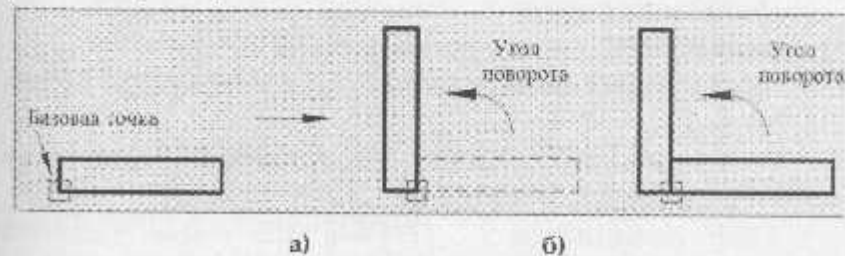


Рис.9.25

Масштабирование объекта производится командой **SCALE** (МАСШТАБ).

Command: SCALE

Select object: Выбираем объект «ENTER».

Specify base point: Задаём положение базовой точки.

Specify Scale factor or [Copy / Reference]: Задаём коэффициент масштабирования объекта.

Если объект нужно увеличить, то коэффициент принимаем больше 1, если нужно уменьшить - меньше 1, и нажимаем кнопку «ENTER».

Если при масштабировании требуется сохранить и первоначальное положение объекта, то перед заданием коэффициента масштабирования нужно ввести параметр «Copy», а потом задать коэффициент (рис.9.26).

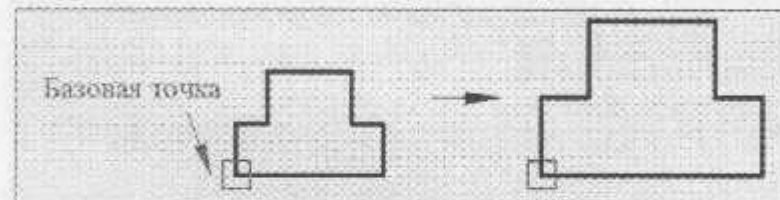


Рис.9.26

Зеркальное отражение объектов MIRROR (ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТРАЖЕНИЕ). Эта команда используется для создания симметричных фигур.

Command: MIRROR

Select object: Выбираем объект «ENTER».

Select first point of mirror line: Указываем первую точку оси симметрии.

Select second point of mirror line: Указываем вторую точку оси симметрии.

Delete source objects ? [Yes/No]: Yes - для удаления заданного объекта (рис. 9.27, а); No - для сохранения заданного объекта (рис.9.27, б).

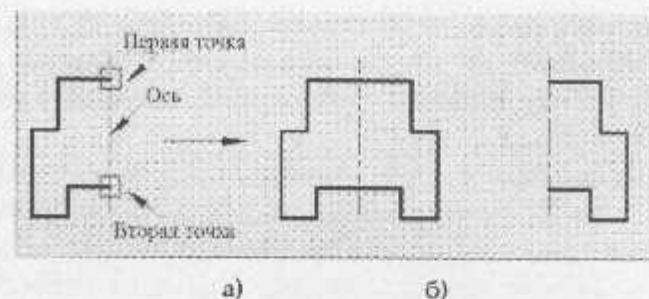


Рис.9.7

Вытягивание объекта. Команда STRETCH (РАСТЯНУТЬ) позволяет изменять форму и размеры выделенной части объекта.

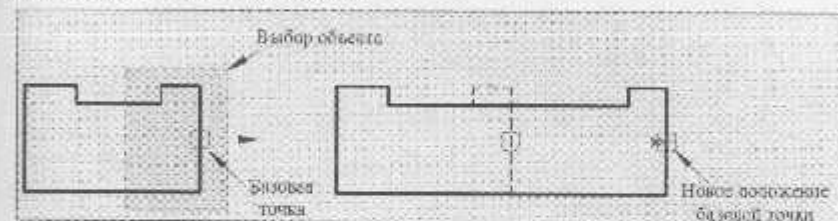


Рис.9.28

Command: STRETCH

Select object: Выделяем часть объекта «ENTER» (при выполнении этой команды объект нельзя выделять полностью).

Specify base point or displacement: Указываем базовую точку.

Specify second point or displacement or >use first point as displacement>: Указываем новое положение базовой точки (рис.9.28).

Создание подобных фигур. Подобные фигуры в AutoCAD можно создать при помощи команды **OFFSET** (ПОДОБИЕ). Command: Offset

Specify offset distance or [Through/Erase/Layer]: Вводим расстояние до подобной фигуры: 10 «ENTER».

Select object to offset or [Exit/Undo]: Выбираем объект.

Specify point on side to offset or [Exit/Multiple /Undo]: Указываем точку. В зависимости от того, где указана точка, и чертится подобная фигура.

На рис.9.29 показан пример построения подобной фигуры (прямоугольника). На рис.9.29, а точка указана за пределами данного прямоугольника, поэтому подобный прямоугольник получается вне данной фигуры на расстоянии 10 мм. И, наоборот, если точку взять внутри фигуры (рис.9.29,б), то подобный прямоугольник тоже будет внутри выбранного объекта.

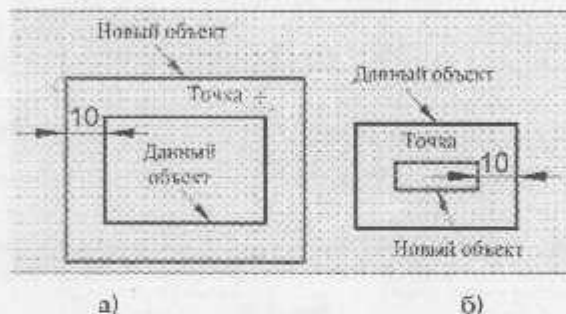


Рис.9.29

Построение массивов. Команда **ARRAY** (МАССИВ) позволяет создать копии объекта в прямоугольном и круговом массиве.

1. *Создадим копию объекта в прямоугольном массиве* (рис.9.30). Для этого в команде **Array** выбираем параметр **Rectangular Array** (Прямоугольный массив). Задаём число строк (**Rows**) и столбцов (**Columns**) массива, а также расстояние между строками (**Row Offset**) и столбцами (**Column Offset**). После этого выбираем объект, нажимаем кнопки «ENTER» и «OK».

2. *Создадим копию объекта в круговом массиве* (рис.9.31). Для этого в команде **Array** выбираем параметр

Polar Array (Крутовой массив). Задаём число элементов (**Total number of items**) и угол массива (**Angle to Fill**). После этого выбираем объект, нажимаем кнопки «ENTER» и «OK».

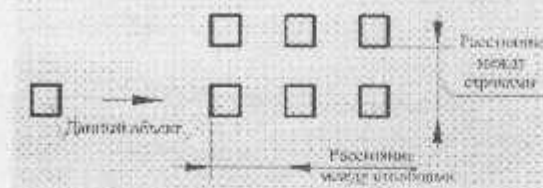


Рис.9.31

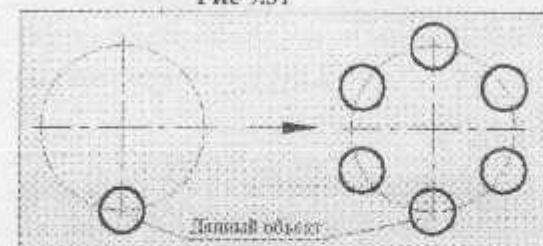


Рис.9.31

Построение сопряжения. Команда **FILLET** (СОПРЯЖЕНИЕ) применяется для плавного сопряжения дугой окружности двух объектов (рис. 9.32). Сопряжение можно построить для двух произвольно расположенных отрезков, полилиний, окружностей, эллипсов, дуг. Формат команды следующий:

Command: **Fillet**

Select first object or [Undo / Polyline / Radius / Trim / Multiple]:

Вводим параметр R «ENTER».

Specify fillet radius: Задаём радиус: 20 «ENTER».

Select first object or [Undo / Polyline / Radius / Trim / Multiple]:

Выделяем первый объект.

Select second object: Выделяем второй объект.

Параметр «Trim» позволяет создать сопряжение объектов без обрезки кромок «No trim» (рис.9.32,а) и с обрезкой кромок «Trim» (рис.9.32,б).

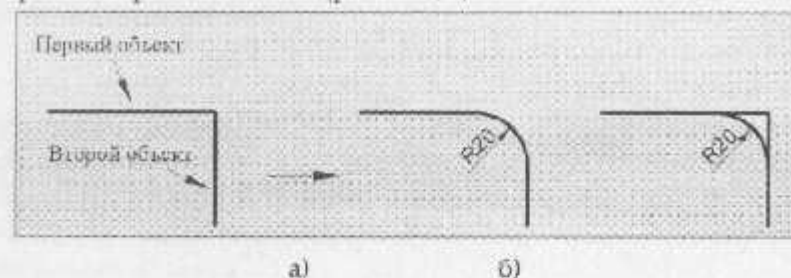


Рис.9.32

В качестве примера покажем построение внешнего сопряжения двух окружностей радиусами R1 и R2 (рис. 9.33).

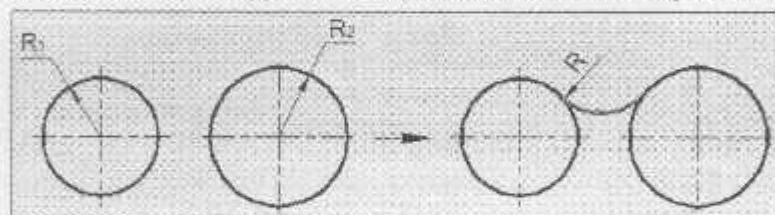


Рис.9.33

Построение фаски. В черчении часто приходится сталкиваться с деталями, имеющими фаски. В программе AutoCAD для создания фаски между двумя линиями используется команда **CHAMFER** (ФАСКА).

Формат команды следующий:

Command: CHAMFER

Select first line or [Undo / Polyline / Distance / Angle / mEthod / Trim / Multiple]:

Существует два метода построения фаски: с использованием параметра «Distance» и «Angle».

1. Использование параметра «Distance».

Вводим параметр « Distance » и нажимаем кнопку «ENTER».

Specify first chamfer distance: Задаём первый катет: 30 «ENTER».

Specify second chamfer distance: Задаём второй катет: 25 «ENTER».

Select first line or [Undo / Polyline / Distance / Angle / mEthod / Trim / Multiple]: Выделяем первую линию.

Select second line: Выделяем вторую линию (рис. 9.34, а).

2. Использование параметра «Angle».

Вводим параметр «Angle» и нажимаем кнопку «ENTER».

Specify chamfer length on the first line: Задаём длину катета: 30 «ENTER».

Specify chamfer angle from the first line: Задаём угол: 20 «ENTER».

Select first line or [Undo / Polyline / Distance / Angle / mEthod / Trim / Multiple]: Выделяем линию на которой откладывается катет.

Select second line: Выделяем линию, относительно которой откладывается угол (рис.9.34, б).

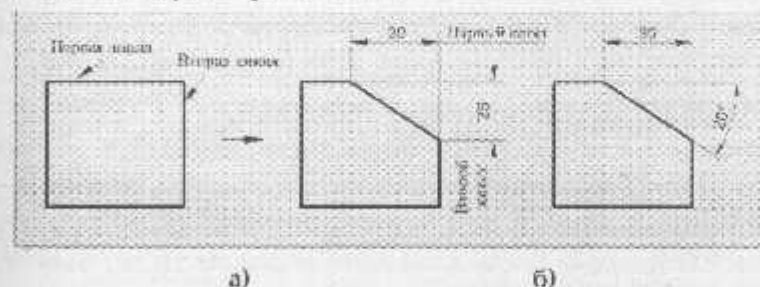


Рис.9.34

Отсечение части объекта. Команда **TRIM** (ОБРЕЗАТЬ) позволяет удалить части объекта, выступающие за указанные границы. Эта команда применима к различным

пересекающимся объектам. Последовательность применения этой команды следующая:

Command: TRIM

Select objects or <select all>: Выделяем неудаляемые объекты:

«ENTER».

Select objects: Указываем удаляемые части других объектов. На рис.9.35 приведён пример применения команды Trim.

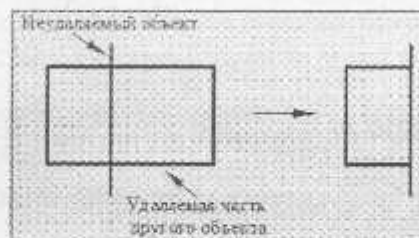


Рис.5.35

Команда является одной из наиболее часто применяемых команд при черчении в AutoCAD. В качестве примера рассмотрим построение внутреннего сопряжения двух окружностей радиусами R_1 и R_2 . Радиус сопряжения R .

С помощью команды Circle чертим окружности радиусами R_1 и R_2 (рис. 9.36,а). Затем используя команду Circle (Tan, Tan, Radius) чертим окружность радиусом R , касательную к ним (рис.9.36,б). С помощью команды Trim удаляем нижнюю часть большой окружности и получаем внутреннее сопряжение дугой двух окружностей (рис.9.36,в).

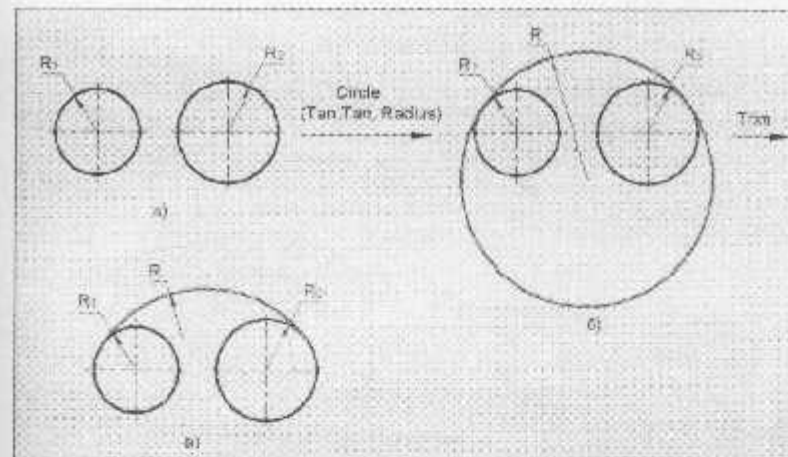


Рис.9.36

Удлинение объекта. Команда EXTEND (УДЛИНИТЬ) является обратной команде Trim. Она позволяет удлинить объект до указанной границы (до другого объекта). Последовательность применения этой команды следующая:

Command: EXTEND

Select objects or <select all>: Выделяем объект до которого производится удлинение: «ENTER».

Select objects: Указываем удлиняемые объекты.

На рис.9.37 приведён пример выполнения команды Extend.

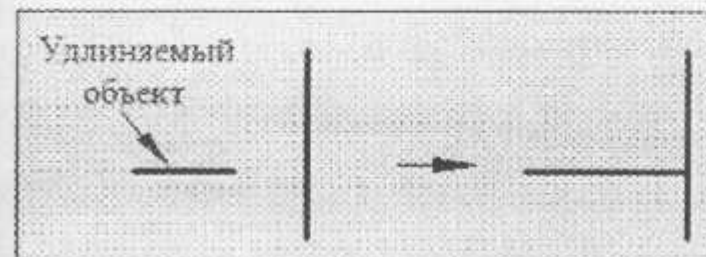


Рис.9.37

Нанесение размеров. Для изготовления детали чертёж должен содержать не только графическое изображение, но и размеры отдельных элементов. В программе AutoCAD для нанесения размеров используется панель **DIMENSIONS** (РАЗМЕРЫ).

1. Нанесение линейных размеров (Linear Dimensions). Покажем простановку размеров прямоугольника (рис.9.38,а).

Specify first extensions line origin or select < object >: Выделяем первую точку на измеряемом объекте.

Specify second extensions line origin: Выделяем вторую точку.

Specify dimension line location or [Mtext / Text / Angle /

Horizontal /

Vertical /

Rotated): Указываем точку, задающую положение размерной линии на чертеже.

2. Нанесение параллельных размеров (Aligned Dimensions). Эта команда позволяет нанести размер параллельно измеряемому объекту

(рис.9.38, б).

Specify first extensions line origin or select < object >: Выделяем первую точку на измеряемом объекте.

Specify second extensions line origin: Выделяем вторую точку.

Specify dimension line location or [Mtext / Text / Angle]:

Указываем точку, задающую положение размерной линии на чертеже.

3. Обозначение радиуса (Radius).

Select arc or circle: Указываем окружность или дугу.

Specify dimension arc line location or [Mtext / Text / Angle]:

Указываем точку, задающую положение размерной линии на чертеже (рис.9.38, в).

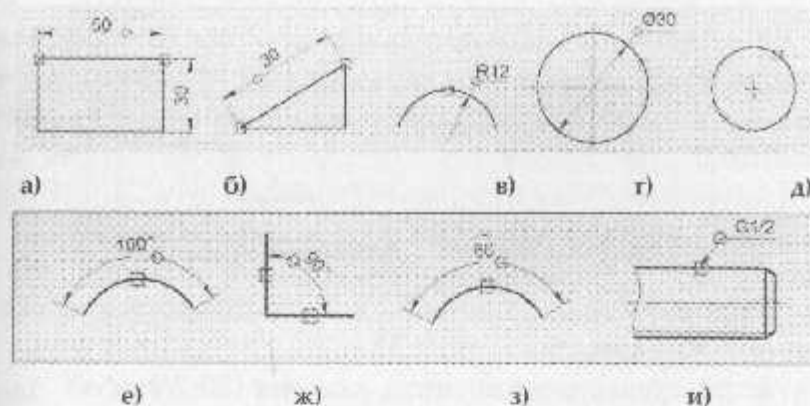


Рис.9.38

4. Обозначение диаметра (Diameter).

Select arc or circle: Указываем окружность или дугу.

Specify dimension arc line location or [Mtext / Text / Angle]:

Указываем точку, задающую положение размерной линии на чертеже (рис.9.38, г).

5. Обозначение центра окружности и дуги (Center Mark).

Select arc or circle: Указываем окружность или дугу. В результате выделяется центр объекта (рис.9.38, д).

6. Нанесение угловых размеров (Angular Dimensions). Угловые размеры наносятся на дуге окружности или между двумя линиями.

Select arc, circle, line or < specify vertex >: Выбираем объект (если объектом является окружность или дуга) и указываем точку, задающую положение размерной линии на чертеже (рис.9.38, е). Если же нужно определить угол между двумя линиями, то указываем первую линию, потом вторую линию, а затем точку, задающую положение размерной линии (рис. 9.38, ж).

7. **Нанесение размера длины дуги (Arc Length).** Для простановки размера длины дуги выделяем эту дугу, а затем указываем точку, задающую положение размерной линии (рис.9.38,з).

Select arc or polyline arc segment : Указываем дугу.

Specify dimension arc line location or [Mtext / Text / Angle / Partial/Leader]:

Указываем точку, задающую положение размерной линии на чертеже.

8. **Нанесение выносного размера (Multileader).** Для простановки выносного размера указываем положение размерной стрелки, затем начальное положение линии-выноски и записываем текст (рис. 9.38, и).

9. **Нанесение размеров от общей базы (Baseline).** При нанесении размеров от одной базовой линии необходимо дать один линейный размер. Затем входим в команду *Baseline* и указываем последовательно точки, которые являются конечными точками соответствующих базовых размеров

(рис. 9.39, а).

10. **Нанесение размеров в цепочку (Continue).** Размеры в цепочку проставляются от заданного линейного размера. Входим в команду *Continue* и указываем последовательно точки, которые являются конечными точками соответствующих размеров (рис.9.39, б). Если на чертеже имеется несколько однотипных размеров (диаметры, радиусы, угловые размеры и т.д.), то с помощью команды.

Quick Dimension можно эти размеры проставить за один раз.

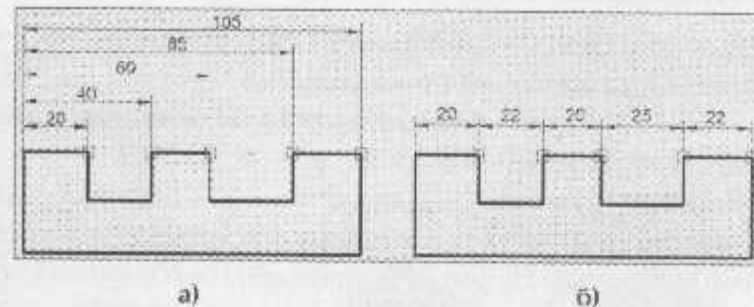


Рис.9.39

На рис.9.40 приведён пример выполнения чертежа в AutoCAD

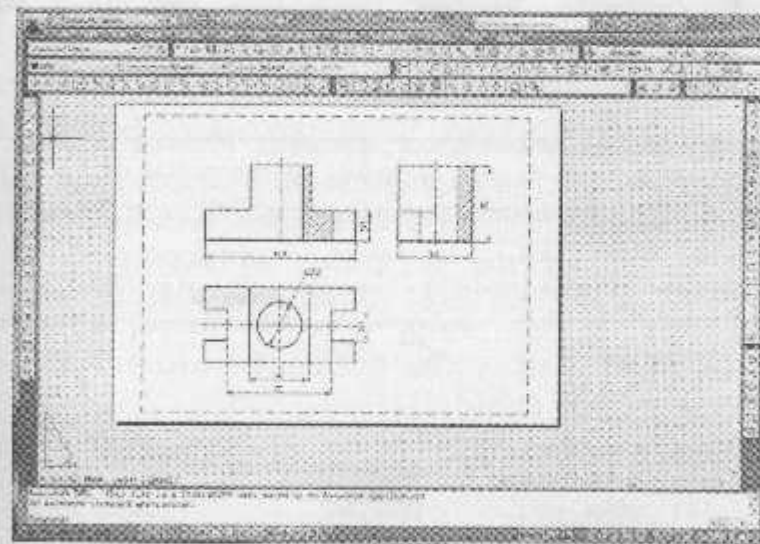


Рис.9.40

Трёхмерное моделирование

Трёхмерное моделирование представляет собой процесс построения объектов, имеющих все атрибуты реального физического тела. Модель чертится в системе 3Д в рабочем

пространстве **Модель** (Модель). Вход в систему 3D производится в следующей последовательности:

View – 3D Viewc – SW Isometric. Модель объекта можно построить двумя методами:

Первый метод заключается в использовании комбинаций различных готовых моделей, которые имеются в панели **Моделинг**. На рис.9.42 приведены изображения всех типов моделей, существующих в программе AutoCAD.

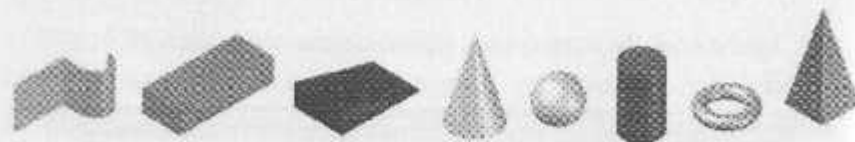


Рис.9.42

На рис.9.43 показана последовательность построения модели, имеющей форму коробки со сквозным отверстием. Вначале чертится параллелепипед (рис.9.43, а) с помощью команды **BOX** (ЯЩИК). Затем с помощью команды **ЦИЛИНДР** (ЦИЛИНДР) чертим цилиндр (рис.9.43,б), расположив его по центру коробки. Далее, используя команду **SUBTRACT** (ВЫЧИТАНИЕ), создаём сквозное отверстие (рис.9.43, в).

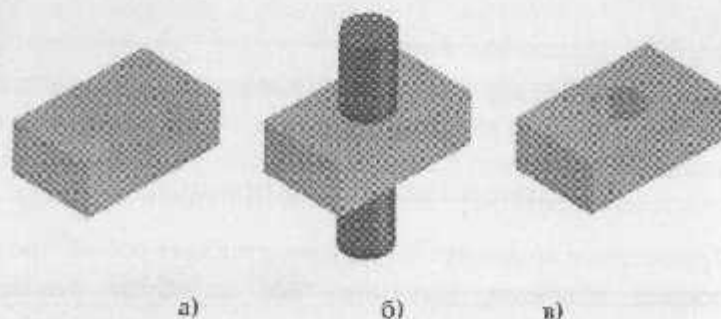


Рис.9.43

Второй метод создания модели основан на процессе поднятия плоского замкнутого объекта на заданную высоту. Для этого используются команды

ЭКСТРУДУС (ВЫДАВИТЬ) и **ПРЕССПУЛ** (ВЫТЯГИВАНИЕ).

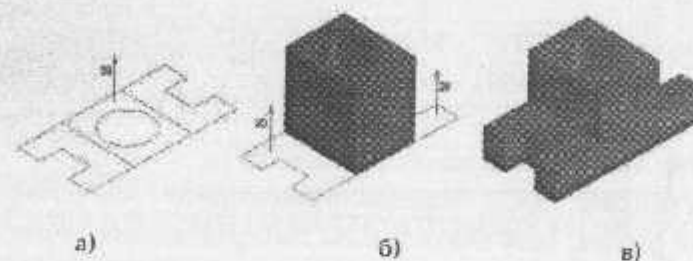


Рис.9.44

На рис.9.44 показана последовательность построения модели объекта. Вначале чертится плоская фигура (рис.9.44, а). С помощью команды **ПРЕССПУЛ** поднимаем крайние части объекта на высоту 20 мм (рис.9.44,б), а затем центральную часть на высоту 50 мм (рис.9.44, в).

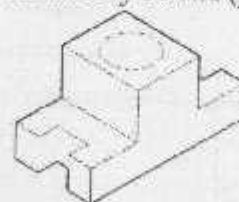


Рис.9.45

На рис.9.45 приведено изображение созданной модели в обычной изометрической форме, полученное при помощи панели

Визуал Стилес (Визуальные стили).

Габибов И.А., Меликов Р.Х. Разъёмные и неразъёмные соединения. Баку, . АГНА 2002.-72 с.

Габибов И.А., Меликов Р.Х. и др. Черчение Учебник для средних школ. . Баку, Издательский дом "Шярг-Г ярб", 2011, 101 с.

Миронов Б.Г., Миронова Р.С. Черчение М., Машиностроение, 1991 -168 с.

Боголюбов С.К., Воинов А.В. Машиностроительное черчение М., Высшая . школа, 1976, - 318 с.

Левицкий В.С. Машиностроительное черчение М., Высшая школа, 1998 Фролов С.А. Начертательная геометрия. М., 1983, -240с.

Соколова Т. AutoCAD 2010 , П., 2010
AutoCAD 2011 Базовый курс, м., 2011

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА I ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ	
Правила выполнения чертежей	6
Основная надпись	12
Нанесение размеров на чертеже	12
Геометрические построения.....	19
Сопряжения.....	25
Декальные кривые.....	28
ГЛАВА II ЭЛЕМЕНТЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ	
Методы проецирования	30
Плоскости проекций. Точка. Проецирование точки на плоскости проекций. Комплексный чертёж	32
Положения точки в пространстве.....	34
Прямая. Положения прямой.....	37
Следы прямой линии.....	41
Взаимное положение прямых.....	42
Принадлежность прямой плоскости	43
Метод прямоугольного треугольника.....	43
Положения плоскостей	46
Особые линии плоскости	51
Взаимное положение двух плоскостей.....	54
Метод вспомогательных секущих плоскостей	56
Пересечение прямой с плоскостью	57
Способы преобразования проекций.....	60
Способ плоскопараллельного перемещения	61
Метрические задачи	63
Пространственные фигуры	71

Построение комплексного чертежа многогранников	72
Построение комплексного чертежа тел вращения	76
Построение комплексного чертежа цилиндра	78
Построение комплексного чертежа конуса	80
Пересечение многогранника с плоскостью	82
Пересечение тела вращения с плоскостью	84
Пересечение тел вращения	86
Пересечение двух цилиндров	87
Пересечение конуса с цилиндром	88

ГЛАВА III ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

Виды	90
Главные виды	92
Дополнительные виды	93
Местный вид	95
Разрезы	95
Обозначение разрезов	99
Наклонный разрез	100
Местный разрез	101
Соединение части вида детали с частью разреза	102
Сложные разрезы	103
Сечения	104
Условные обозначения материалов в сечениях и разрезах	106

Глава IV АКСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКЦИРОВАНИЕ

Виды аксонометрических проекций	108
Основные параметры аксонометрических проекций	109
Построение аксонометрических проекций плоских фигур	110
Прямоугольная изометрическая проекция	110
Построение изометрической проекции прямоугольника	111

Построение изометрической проекции правильного шестиугольника	112
Построение изометрической проекции окружности	113
Косоугольная фронтальная диметрическая проекция	115
Построение фронтальной диметрической проекции прямоугольника	115
Построение фронтальной диметрической проекции окружности	117
Аксометрические проекции деталей	119
Построение разрезов в аксонометрических проекциях	122
Технический рисунок	124

ГЛАВА V ЭСКИЗЫ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

Упрощенности и условности в чертежах	126
Оформление эскиза и рабочего чертежа детали	129
Построение недостающей проекции детали по двум заданным проекциям	132

ГЛАВА VI СОЕДИНЕНИЯ

Классификация соединений	135
Разъемные соединения	136
Изображение резьбы на чертеже	138
Болтовое соединение	142
Шпильчатое соединение	148
Трубные соединения	153
Фланцевые соединения	155
Соединение деталей шпонкой	155
Шлицевые соединения	158
Соединение штифтами	161
Неразъемные соединения	162
Сварные соединения	162
Соединение пайкой	165
Клеевые соединения	166

Соединение заклёпками.....	167
----------------------------	-----

ГЛАВА VII СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЁЖ

Основные понятия и правила оформления сборочного чертежа.....	169
Порядок и правила выполнения сборочного чертежа.....	178
Спецификация.....	181
Размеры в сборочных чертежах.....	184
Деталирование сборочного чертежа.....	185

ГЛАВА VIII СХЕМЫ

Общие сведения о схемах.....	192
Кинематические схемы.....	194
Электрические схемы.....	197
Гидравлические и пневматические схемы.....	200

ГЛАВА IX КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Рабочее окно AutoCAD.....	205
Системы координат в AutoCAD.....	207
Методика использования команд AutoCAD.....	208
Трёхмерное моделирование.....	233
ЛИТЕРАТУРА.....	236

КУЧКАРОВА Г.Р.

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Редактор:

Г. Мурадон

Технический редактор:

Г. Самиева

Верстник:

А. Каландаров

Разрешено к печати: 12.04.2022. Формат: 60/84 ¹/₁₆.

Усл.печ.лист: 15,25. Заказ № 60 Тираж . 100

Цена договорная.



Издательство "ДУРДОНА". г.Бухара, ул. М.Икбол, 11.



Отпечатано в типографии ООО "Шарк-Бухоро".

г.Бухара, ул.Узбекистон Мустакиллиги, 70/2.

Тел. (0365) 222-46-46



ISBN 978-9943-7969-7-3



9 789943 796973