

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Курганский государственный университет
Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методические указания и контрольные задания для студентов
специальности 230105

Курган 2010

Кафедра: «Начертательная геометрия и инженерная графика»

Дисциплина: «Инженерная графика»

Составила: ст. преподаватель Карпова И.Е.

Утверждены на заседании кафедры 11.12.2009 г.

Рекомендованы методическим советом

университета 28 декабря 2009 г.

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная графика – одна из учебных дисциплин, составляющих основу инженерного образования. Она излагает методы, которые применяются при составлении и чтении чертежей.

Изучение инженерной графики необходимо для приобретения знаний и навыков, позволяющих составлять и читать технические чертежи, развивать пространственное воображение. Умение составлять и читать чертежи основывается на знании метода построения изображения, приемов решения различных позиционных задач, изучаемых студентами в курсе.

В курсе инженерной графики рассматриваются следующие основные вопросы:

- 1) построение изображений пространственных форм на плоскости, т.е. составление чертежей;
- 2) решение геометрических задач в пространстве при помощи чертежей на плоскости, т.е. чтение чертежей.

Следовательно, свойства предметов изучаются непосредственно по чертежу. Чертеж должен быть

- 1) наглядным;
- 2) обратимым, т.е. таким, чтобы по нему можно было точно воспроизвести форму и размеры изображаемого предмета;
- 3) достаточно простым для графического выполнения.

В изучение курса инженерной графики входит ознакомление со стандартами, относящимися к оформлению чертежей - это шрифты, масштабы, линии чертежа, штриховка, нанесение размеров, условное обозначение материалов в разрезах и сечениях.

В основе инженерной графики лежит проекционное черчение, рассматривающее вопросы построения основных и дополнительных видов, получение простых и сложных разрезов, сечений.

В машиностроении широко применяют детали, имеющие различные резьбы, используемые как для неподвижного соединения деталей, так и для передачи заданного перемещения одной детали относительно другой. Изображение и обозначение различных видов резьб, правила изображения соединений, условности и упрощения, применяемые при их изображении, умение выполнять чертеж с соблюдением правил Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), нанесением размеров, заданным значением шероховатости поверхности рассматривается в данном курсе.

1 НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

1.1 Метод проецирования

Для того чтобы чертеж отвечал предъявленным к нему требованиям, он должен быть построен по определенным геометрическим законам.

Геометрически закономерное изображение пространственного предмета на плоскости достигается при помощи метода проецирования.

Для получения проекции необходимы:

- 1) центр проецирования;
- 2) объект проецирования;
- 3) проецирующая плоскость.

Если все проецирующие лучи исходят из собственной точки (точки, находящейся в обозримом пространстве), то проецирование называется центральным, а саму точку - источник проецирующих лучей, называют центром проецирования. Обычно центр проекций обозначают буквой S (рисунок 1).

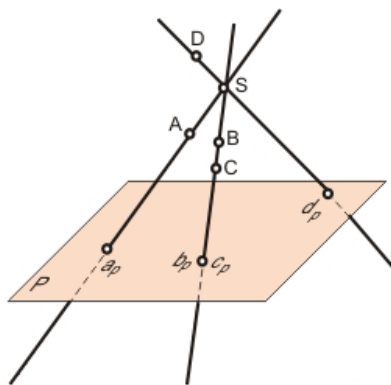


Рисунок 1

Если точки расположены на одной проецирующей прямой, то их проекций совпадают: B принадлежит SB , C принадлежит SC $b_p \equiv c_p$.

Параллельное проецирование можно рассматривать как частный случай центрального проецирования, когда центр проекций удален в бесконечность.

Частный случай параллельного проецирования, при котором направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, называют **прямоугольным или ортогональным проецированием** (рисунок 2).

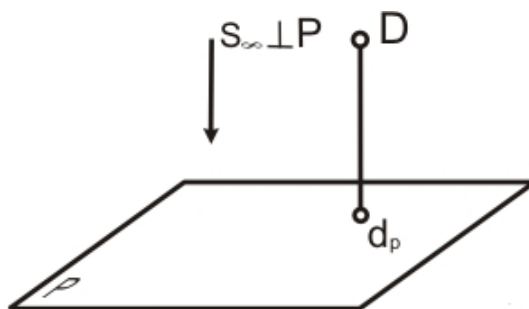


Рисунок 2

Прямоугольной (ортогональной) проекцией точки называют основание перпендикуляра, проведенного из точки на плоскость проекций.

1.2 Задание точки

В 1799 г. Гаспар Монж (французский геометр) изложил свой метод, названный в последствии методом Монжа. За основу метода берется метод прямоугольного (ортогонального) проецирования на взаимно перпендикулярные плоскости проекций.

Зададим три взаимно перпендикулярные плоскости проекций и точку A в пространстве (рисунок 3).

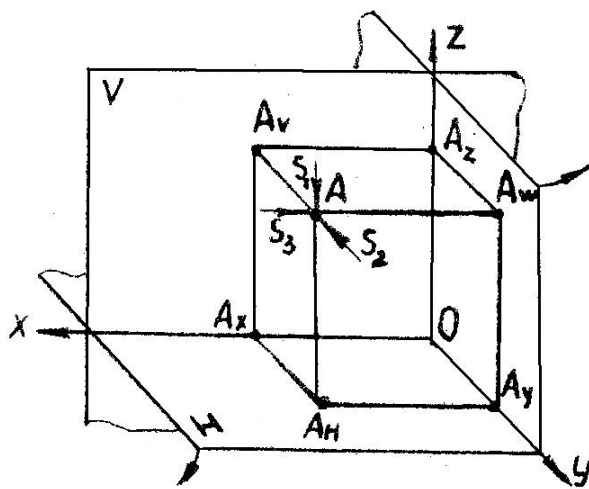


Рисунок 3

V – фронтальная плоскость проекций

H – горизонтальная плоскость проекций

W – профильная плоскость проекций

Линии пересечения плоскостей проекций – оси проекций X, Y, Z.

Для того, чтобы получить три проекции точки A , следует из нее опустить перпендикуляры на плоскости проекций. Точки пересечения перпендикуляра с плоскостью V – фронтальная проекция точки A_v , с плоскостью H – горизонтальная проекция точки A_h , с плоскостью W – профильная проекция точки A_w .

Расстояние от точки до плоскостей проекций называются координатами этой точки и измеряются по осям.

Для перехода к плоскому чертежу – эюру (от франц. чертеж, проект), нужно плоскость H повернуть вниз вокруг оси X до совмещения с плоскостью V, а плоскость W совместить с плоскостью V, поворачивая ее вокруг оси Z вправо. Границы плоскостей проекций на эюре обычно не показывают. Во многих случаях бывает достаточно двух плоскостей проекций, в этом случае проводится только одна ось проекции X (рисунок 4).

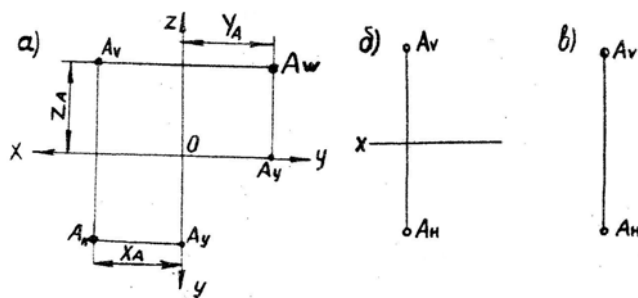


Рисунок 4

Две ортогональные проекции на взаимно перпендикулярные плоскости лежат на прямых, перпендикулярных к соответствующей оси проекции, и пересекают эту ось в одной и той же точке. Эти линии называются линиями связи.

1.3 Прямая

Чтобы построить проекцию какой-либо прямой линии, нужно задать проекции двух ее точек и соответствующие проекции этих точек соединить (рисунок 5).

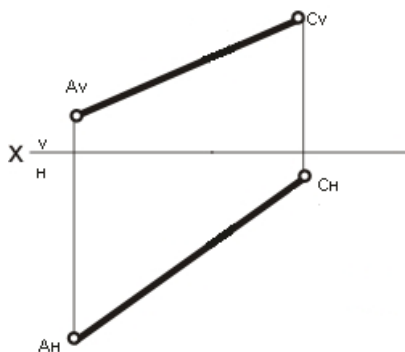


Рисунок 5

Прямую, не параллельную ни одной из плоскостей проекций, называют **прямой общего положения** (рисунок 5).

Прямые частного положения

1 **Линии уровня** – прямые, параллельные одной из плоскостей проекций (рисунок 6).

Линия, параллельная горизонтальной плоскости проекций, называется **горизонталью** и на эюре обозначается буквой **h**.

Линия, параллельная фронтальной плоскости проекций, называется **фронталью** и на эюре обозначается буквой **f**.

Линия, параллельная профильной плоскости проекций, называется **профильной прямой** и на эюре обозначается буквой **p**.

Положение прямой	Наглядное изображение	Эпюр (чертеж)
II пл. H горизонталь		
II пл. V фронталь		
II пл. W профильная прямая		

Рисунок 6

⊥ пл. H горизонтально проецирующая		
⊥ пл. V фронтально проецирующая		
⊥ пл. W профильно проецирующая		

Рисунок 7

2 Проецирующие прямые – прямые, перпендикулярные к одной из плоскостей проекций (рисунок 7).

Линия, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций H, называется **горизонтально проецирующей** прямой.

Линия, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций V, называется **фронтально проецирующей** прямой.

Линия, перпендикулярная профильной плоскости проекций W , называется **профильно проецирующей** прямой.

Взаимное положение прямых линий

1 Прямые могут сливаться.

2 Прямые могут быть параллельными (рисунок 8). Если прямые параллельны в пространстве, то их одноименные проекции тоже параллельны.

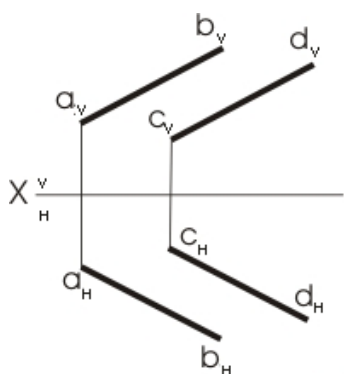


Рисунок 8

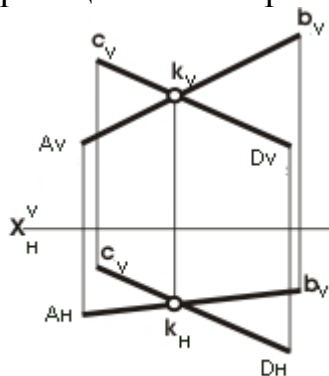


Рисунок 9

3 Прямые могут пересекаться (рисунок 9). Если прямые пересекаются, то проекции точки пересечения лежат на одной линии связи.

4 Прямые могут быть скрещивающимися (рисунок 10). Скрещивающиеся прямые линии не пересекаются и не параллельны между собой, хотя проекции их могут пересекаться и быть параллельными. Скрещивающиеся прямые не имеют общей точки пересечения. Точки пересечения этих проекций лежат на одном перпендикуляре к плоскости.

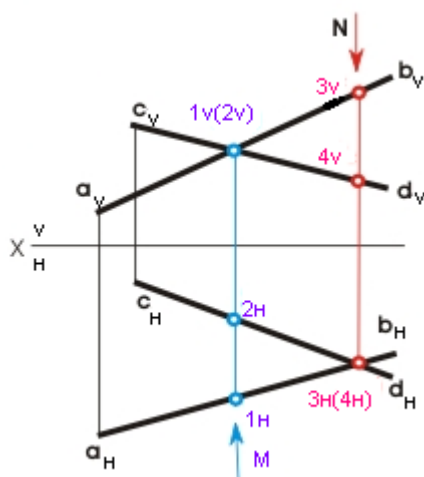


Рисунок 10

Точки, лежащие на одном перпендикуляре к плоскости проекций, называются **конкурирующими** относительно этой плоскости. По конкурирующим точкам определяется видимость геометрических образов на

эпюре. Видимой на данной проекции всегда будет та из конкурирующих точек, которая лежит дальше от этой плоскости проекций.

1.4 Определение натуральной величины отрезка прямой и углов его наклона к плоскостям проекций

Натуральная величина отрезка прямой всегда может быть принята за гипотенузу прямоугольного треугольника, одним катетом которого является горизонтальная (фронтальная) проекция отрезка, а другим – разность координат концов отрезка до горизонтальной (фронтальной) плоскости проекций. Этот метод иногда называют **способом прямоугольного треугольника** (рисунок 11).

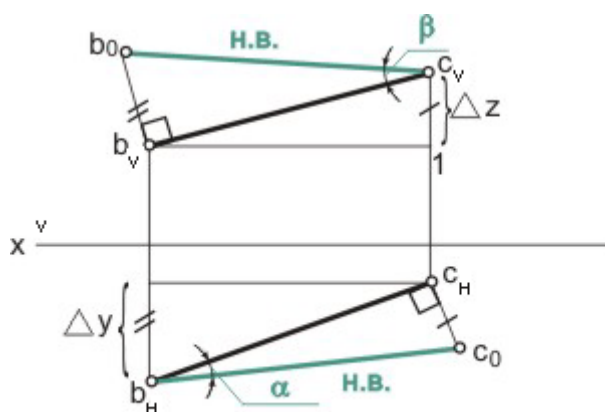


Рисунок 11

Угол между прямой и плоскостью проекций определяется как угол между прямой и ее проекцией на эту плоскость (рисунок 12).

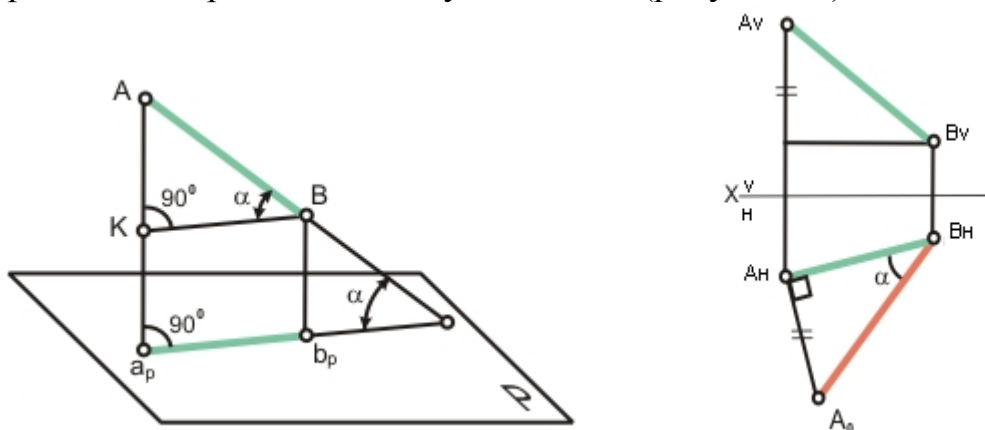


Рисунок 12

1.5 Плоскость

Плоскость представляет собой множество точек, которые при проецировании в общем случае покроют всю плоскость проекций, не давая на ней изображения. Поэтому плоскость в пространстве на проекциях определяют расположенные в ней элементы.

Способы задания плоскости (рисунок 13)

- 1) 3 точки, не лежащие на одной прямой
- 2) прямая и точка, не лежащие на прямой
- 3) 2 параллельные прямые
- 4) 2 пересекающиеся прямые
- 5) плоская фигура
- 6) следами плоскости (след плоскости - линия, по которой данная плоскость пересекается с плоскостями проекций).

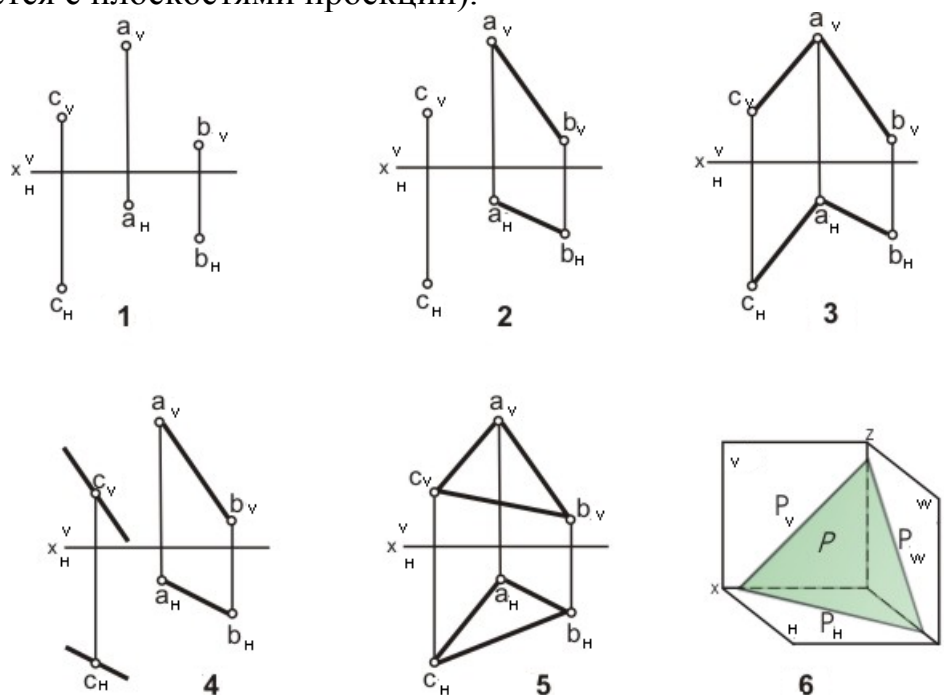


Рисунок 13

Плоскости частного положения

1 Проецирующие плоскости – плоскости, перпендикулярные плоскостям проекций. Такая плоскость проецируется в прямую линию на ту плоскость проекций, к которой она перпендикулярна. На этой прямой лежат проекции всех точек, линий и фигур, принадлежащих данной проецирующей плоскости (рисунок 14).

2 Плоскости уровня – плоскости, параллельные плоскостям проекций (дважды проецирующие) (рисунок 15).

Все точки, лежащие в этих плоскостях, одинаково отстоят от соответствующей плоскости проекций. Любая плоская фигура, расположенная в плоскости уровня, проецируется на параллельную ей плоскость проекций без искажения, т.е. в натуральную величину.

Плоскость общего положения – плоскость не параллельная и не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций (рисунок 13 с 1 по 5).

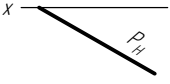
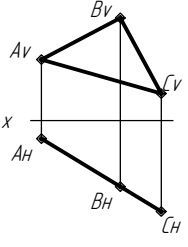
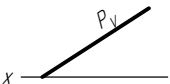
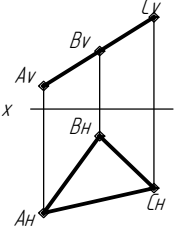
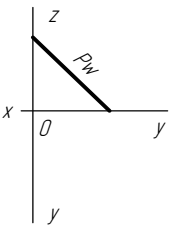
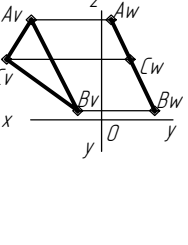
Положение плоскости	Задание плоскости	
<p>а) \perp пл. Н Горизонтально проецирующая</p>		
<p>б) \perp пл. V Фронтально проецирующая</p>		
<p>в) \perp пл. W Профильно проецирующая</p>		

Рисунок 14

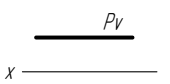
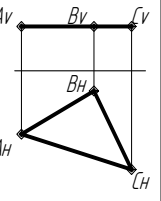
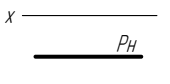
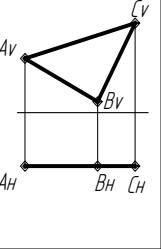
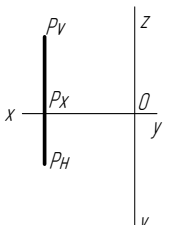
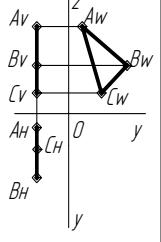
Положение плоскости	Задание плоскости	
<p>а) // пл. Н Горизонтальная</p>		
<p>б) // пл. V Фронтальная</p>		
<p>в) // пл. W Профильная</p>		

Рисунок 15

Особые линии плоскости

Горизонталь плоскости – прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости H .

Фронталь плоскости – прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости V .

Линия ската S плоскости – прямая, лежащая в плоскости и перпендикулярная к горизонтали плоскости. Линия ската определяет угол наклона плоскости к плоскости проекции H .

Взаимное положение прямой и плоскости

- 1 Прямая лежит в плоскости (сливаются).
- 2 Прямая параллельна плоскости, если она параллельна любой прямой, принадлежащей плоскости.
- 3 Прямая пересекается с плоскостью (частный случай – прямая перпендикулярна плоскости, если она не принадлежит заданной плоскости и перпендикулярна двум пересекающимся прямым, проведенным в этой плоскости. Из множества прямых при построении перпендикуляра к плоскости на чертеже выбирают фронталь и горизонталь плоскости).

Пересечение прямой общего положения с плоскостью общего положения

Чтобы найти точку пересечения прямой общего положения AB с плоскостью общего положения Q , нужно:

- 1) через прямую провести вспомогательную плоскость P (посредник) частного положения;
- 2) построить линию пересечения (1-2) вспомогательной плоскости P с заданной;
- 3) найти точку (I) пересечения заданной прямой с линией пересечения плоскостей (рисунок 16).

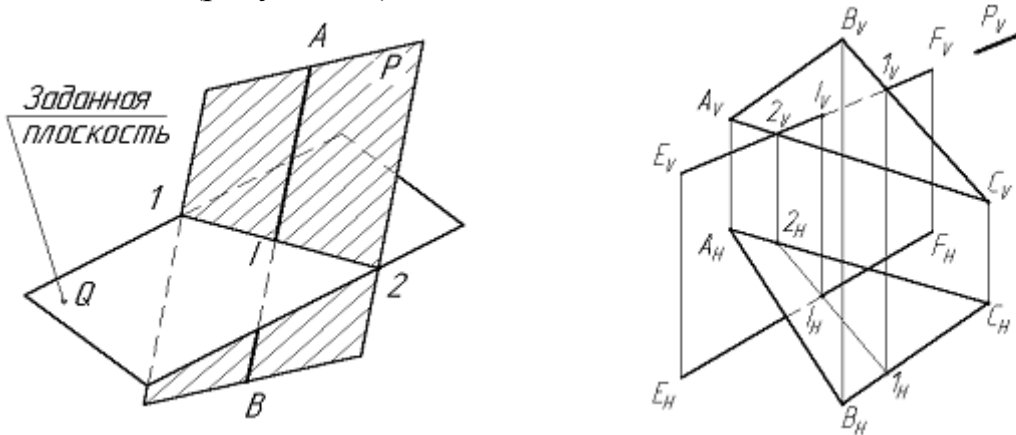


Рисунок 16

Взаимное пересечение 2-х плоскостей общего положения

Требуется построить линию пересечения двух плоскостей, заданных треугольником и параллелограммом (рисунок 17). Для построения искомой линии достаточно найти две точки, в которых стороны одной фигуры пересекают плоскость другой фигуры. Поэтому возьмем одну из сторон параллелограмма, например, EF , и найдем точку пересечения ее с плоскостью треугольника. Для построения точки I , в которой прямая EF пересекает плоскость треугольника, проведем через EF горизонтально-проецирующую плоскость P (след P_H), найдем проекции $1_H, 2_H$ и $1_V, 2_V$ - линии пересечения проведенной вспомогательной плоскости P с треугольником. В пересечении прямых $1_V 2_V$ и $E_V F_V$ находим I_V и затем I_H , т.е. искомую точку. Таким же образом, посредством вспомогательной плоскости R , найдена точка II , в которой сторона параллелограмма DK пересекается с плоскостью треугольника. Остается соединить одноименные проекции найденных точек I и II .

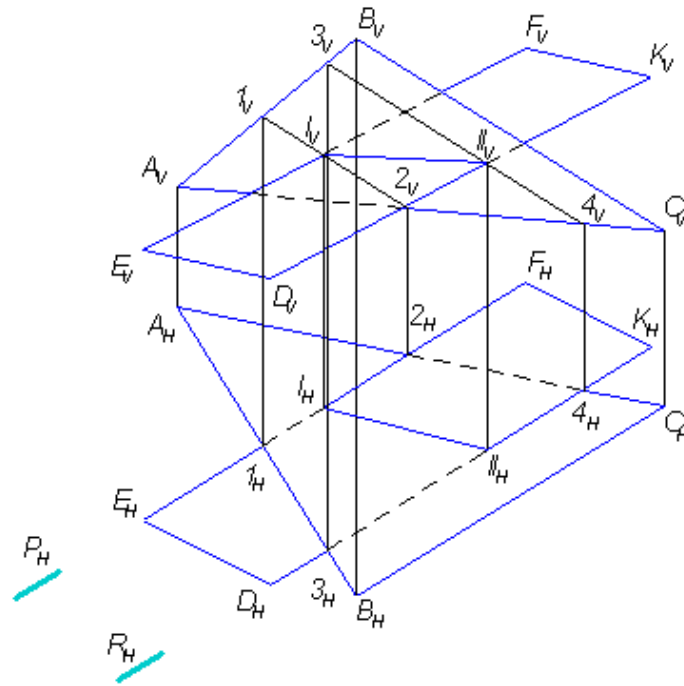


Рисунок 17

Параллельность и перпендикулярность двух плоскостей

Две плоскости параллельны, если двум пересекающимся прямым, лежащим в одной плоскости, соответствуют две параллельные пересекающиеся прямые другой плоскости.

Плоскости перпендикулярны, если прямая, принадлежащая одной плоскости, перпендикулярна другой плоскости. Поэтому плоскость, перпендикулярную к заданной, можно провести через прямую, перпендикулярную к заданной плоскости, или перпендикулярно прямой, лежащей в заданной плоскости.

1.6 Способы преобразования чертежа

Начертательная геометрия располагает способами, с помощью которых можно перейти от общих положений заданных геометрических образов к частным. Эти способы называются способами преобразования проекций и заключаются в последовательной замене плоскостей проекций и во вращении геометрических образов вокруг определенных осей.

1.6.1 Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа: рассматриваемый геометрический объект не изменяет своего положения в пространстве, а заменяется одна из плоскостей проекций, при этом соблюдаются следующие условия:

- 1) новая плоскость должна быть перпендикулярна к оставшейся (незаменяемой) плоскости проекций;
- 2) положение новой плоскости (новой оси) выбирается в зависимости от условий задачи;
- 3) линии связи в новой системе проекций перпендикулярны новой оси;
- 4) расстояние новых проекций от новой оси равно расстояниям от заменяемых проекций до старой оси.

Преобразование прямой

Для того, чтобы прямая общего положения в новой системе плоскостей проекций стала проецирующей, нужно последовательно выполнить две замены плоскостей проекций (рисунок 18). Первой заменой преобразовать прямую в линию уровня фронталь. Второй заменой фронталь преобразовать в горизонтально-проецирующую прямую.

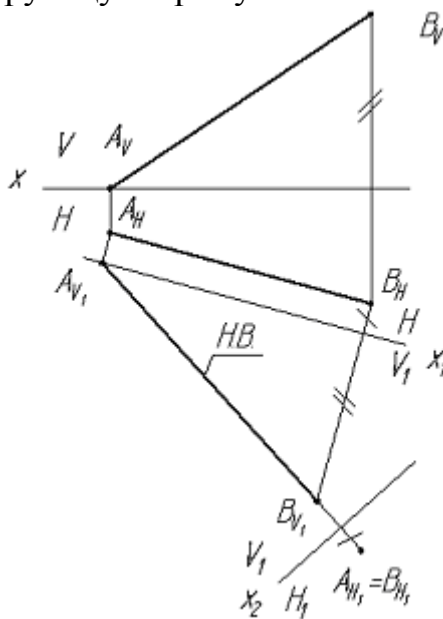


Рисунок 18

Преобразование чертежа плоскости

Чтобы преобразовать плоскость ABC общего положения в плоскость уровня, нужно последовательно выполнить две замены плоскостей проекций. При первой замене плоскость занимает положение перпендикулярное к какой-либо плоскости проекций (проецирующее), а вторым преобразованием - положение плоскости уровня (рисунок 19).

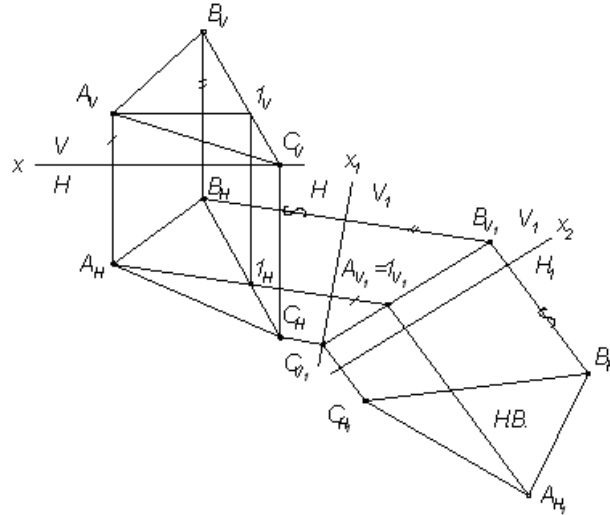


Рисунок 19

1.6.2 Способ вращения

Сущность этого способа заключается в том, что плоскости проекций остаются неизменными, а изменяется положение геометрического объекта в пространстве вращением вокруг некоторой оси.

Способ вращения вокруг оси

Задача: Повернуть отрезок АВ до положения прямой уровня (рисунок 20).

Решение. Повернем отрезок АВ до положения фронтали. За ось вращения примем горизонтально-проецирующую прямую i , проходящую через точку В. При вращении точка В остается неподвижной, а точку А поворачиваем до положения, при котором заданный отрезок АВ стал параллельным фронтальной плоскости проекций.

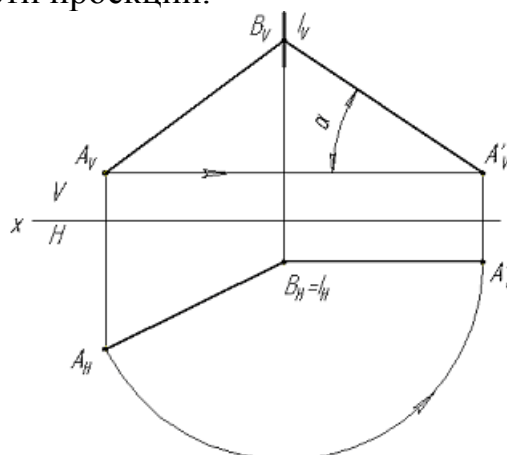


Рисунок 20

Вращение без указания осей на чертеже – плоскопараллельное перемещение

Способ плоскопараллельного перемещения заключается в том, что используемые геометрические формы перемещаются в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, причем взаимная связь элементов формы не изменяется. При перемещении нескольких связанных между собой геометрических элементов для решения метрических задач необходимо оставлять неизменным их взаимное размещение, так как при нарушении этого положения ответ не будет искомым.

Задача: Определить натуральную величину треугольника ABC (рисунок 21).

Решение.

1 Провести горизонталь A1 в треугольнике ABC.

2 Горизонталь $A'_H 1'_H$ построить перпендикулярно фронтальной плоскости на произвольном расстоянии от нее.

3 Методом засечек относительно горизонтали $A'_H 1'_H$ перенести горизонтальную проекцию треугольника в положение $A'_H B'_H C'_H$ ($A_H B_H C_H = A'_H B'_H C'_H$). По горизонтальной проекции треугольника построить фронтальную. Таким образом, треугольник общего положения преобразовали во фронтально-проецирующую плоскость. Этим нашли угол наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций.

4 Перенести новую фронтальную проекцию треугольника $A'_V B'_V C'_V$ в положение $A''_V B''_V C''_V$ параллельное горизонтальной плоскости проекций, достроить горизонтальную проекцию $A''_H B''_H C''_H$. Этим преобразовали фронтально-проецирующую плоскость в плоскость уровня, а именно в горизонтальную, следовательно, горизонтальная проекция $A''_H B''_H C''_H$ в натуральной величине.

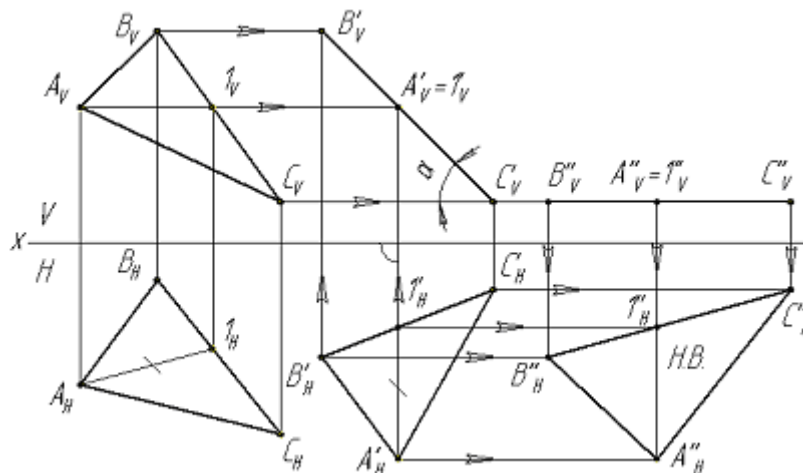


Рисунок 21

Способ вращения вокруг линии уровня

Задача: Определить натуральную величину треугольника ABC способом вращения вокруг горизонтали (рисунок 22).

Решение. Если за ось вращения построить горизонталь, принадлежащую плоскости треугольника ABC , то для поворота этой фигуры в положение, параллельное горизонтальной плоскости проекций, достаточно повернуть всего одну точку треугольника, не лежащую на оси вращения. Остальные точки строятся из условия принадлежности их плоскости фигуры. Горизонталь $A1$ проведена через вершину A треугольника до пересечения с продолжением стороны BC в точке 1 . В треугольнике $AB1$ вершины A и 1 лежат на оси вращения и не изменят своего положения при вращении вокруг горизонтали. Вращая точку B , определяют положение ее новой проекции $B1$. Соединив ее с точками A и 1 , получим треугольник $AB'1$, повернутый в положение, параллельное плоскости H . Положение проекции точки C' , вершины C находят, проведя через точку C прямую перпендикулярную к оси вращения $A1$ до пересечения со стороной $B1$, поскольку все точки треугольника при его повороте перемещаются в параллельных плоскостях. Проекция $A_H B'_H C'_H$ треугольника ABC определяет его натуральную величину, т.к. $A_V B'_V C'_V$ параллельна H .

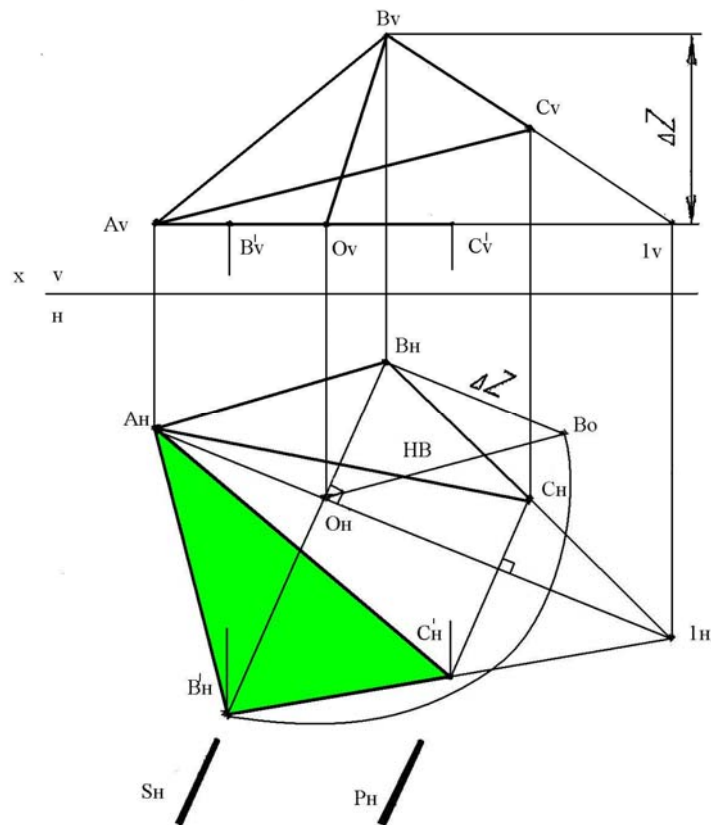


Рисунок 22

1.7 Изображение многогранников

Многогранные формы с древнейших времен преобладают в архитектуре и строительстве. Многогранной поверхностью называется поверхность, образованная частями (отсеками) пересекающихся плоскостей. Многогранником называется тело, ограниченное многогранной поверхностью, состоящей из плоских многоугольников.

Наиболее распространенные многогранники - призмы и пирамиды. Призму, ребра которой перпендикулярны основанию, называют прямой. Если в основании прямой призмы находится прямоугольник, призму называют параллелепипедом.

Грани призм и пирамид ограничиваются ребрами, являющимися прямолинейными отрезками, пересекающимися между собой. Поэтому построение чертежей призм и пирамид сводится к построению проекций точек (вершин) и отрезков прямых - ребер.

На комплексном чертеже построение многогранников сводится к построению его сетки (проекций его вершин и ребер).

Рассмотрим комплексный чертеж треугольной призмы, ребра которой произвольно наклонены к плоскостям проекций Н и V (рисунок 23).

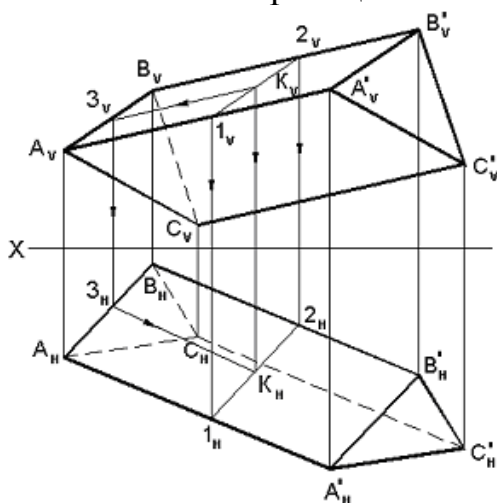


Рисунок 23

Требуется построить горизонтальную проекцию (K_H) точки K по известной ее фронтальной проекции (K_V), при условии, что точка K принадлежит грани $ABB'A'$. Выбираем в грани $ABB'A'$ любую из прямых, проходящую через данную точку K . Такой прямой может быть прямая 12 произвольного положения, пересекающая ребра AA' и BB' , или прямая ($K3$), параллельная боковым ребрам и пересекающая ребро AB в точке 3. Фронтальные проекции ($1_V 2_V$) и ($K_V 3_V$) прямых 12 и $K3$ проходят через фронтальную проекцию (K_V) искомой точки. Горизонтальные проекции ($1_H 2_H$) и ($K_H 3_H$) определяются по условию принадлежности прямых данной грани $ABB'A'$. На пересечении линии связи с горизонтальной проекцией одной из вспомогательных прямых и будет горизонтальная проекция K_H точки K .

Пересечение многогранников плоскостью

Линией пересечения многогранника плоскостью в общем случае будет плоский многоугольник. Такой многоугольник может быть построен по точкам пересечения с секущей плоскостью ребер многогранника или по

линиям пересечения граней многогранника с плоскостью, т.е. задача сводится к определению точек пересечения прямой с плоскостью или к определению линий пересечения плоскостей.

Если секущая плоскость будет параллельна плоскости проекций, то фигура сечения проецируется на эту плоскость проекций без искажения (в натуральную величину).

Во всех других случаях натуральный вид сечения определяется любым из способов, которые позволяют определить натуральную величину плоской фигуры.

Задача: Построить проекции и натуральную величину сечения пирамиды SABCD, пересеченной фронтально-проецирующей плоскостью Q (рисунок 24).

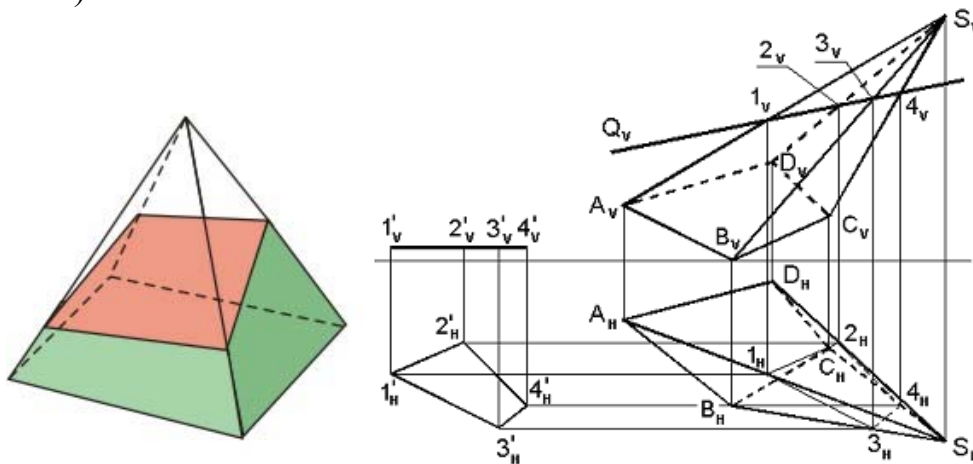


Рисунок 24

Решение

Многоугольник сечения определяется по точкам пересечения ребер пирамиды с плоскостью Q.

Фронтальная проекция сечения ($1_v 2_v 3_v 4_v$) вырождается в прямую линию, совпадающую со следом Q_v проецирующей плоскости Q. Горизонтальные проекции вершин многоугольника сечения находятся по известным фронтальным проекциям на пересечении линий связи с соответствующими проекциями ребер пирамиды.

Фигурой сечения является многоугольник 1234, натуральная величина которого определена способом плоскопараллельного перемещения.

Пересечение многогранников с прямой линией

Решение этой задачи основано на известном определении точки пересечения прямой с плоскостью (рисунок 25). Задача решается в следующей последовательности:

1 Через прямую проводят вспомогательную плоскость (чаще всего проецирующую).

2 Строят фигуру сечения многогранника такой вспомогательной плоскостью.

3 Точки пересечения сторон многоугольника сечения с прямой будут точками пересечения прямой линии с гранями многогранника.

Если прямая не пересекает многоугольник сечения, то она не пересекает и многогранник. При определении видимости прямой необходимо учитывать видимость точек пересечения: точки видимы, если лежат на видимых гранях.

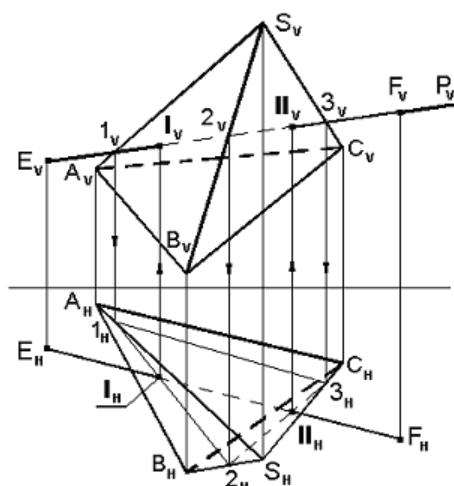


Рисунок 25

1.8 Поверхности вращения

Поверхностью вращения называется поверхность, получаемая вращением какой-либо линии или кривой (как плоской, так и пространственной) вокруг некоторой оси.

Пересечение поверхности вращения плоскостью

Линия пересечения поверхности вращения плоскостью в общем случае – плоская кривая линия, которая строится по точкам.

Среди точек линии пересечения нужно различать два типа точек:

- 1) произвольные или случайные,
- 2) опорные, которые выделяются особым расположением по отношению к плоскостям проекций.

Рассмотрим пример пересечения поверхности вращения общего вида плоскостью частного положения и определим натуральную величину сечения (рисунок 26).

Линия пересечения – плоская кривая второго порядка. Фронтальная проекция линии пересечения совпадает со следом плоскости $PV-[1_v...2_v]$, горизонтальная проекция строится по точкам.

Среди множества точек, принадлежащих линии пересечения, следует различать характерные (экстремальные или опорные и точки видимости) и произвольные точки:

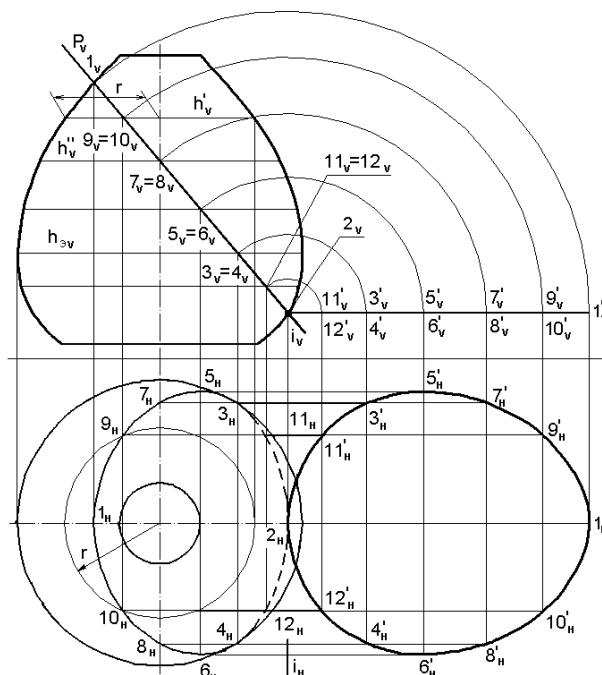


Рисунок 26

1 и 2 - высшая и низшая точки, а также самая левая и самая правая точки (экстремальные точки). Они расположены на главном меридиане поверхности Φ , поэтому горизонтальные проекции этих точек 1_n и 2_n находят по линии связи на горизонтальной проекции главного меридиана. 3 и 4 - самая близкая и самая удаленная точки (точки видимости). Они расположены на экваторе поверхности Φ , поэтому горизонтальные проекции этих точек 3_n и 4_n находят по линиям связи на горизонтальной проекции экватора.

Для построения линии пересечения недостаточно этих точек, поэтому находят еще ряд произвольных точек. Для нахождения горизонтальных проекций произвольных точек 5; 6; 7 и т.д. можно воспользоваться окружностями - параллелями h' и h'' , взятыми на поверхности вращения Φ и проходящими через эти точки.

Горизонтальные проекции точек 9;10; 7; 8 находят на линии связи на соответствующих проекциях окружностей. Полученные проекции точек соединяют плавной кривой с учетом видимости. Видимость линии пересечения на горизонтальной проекции определяют точки 3 и 4, расположенные на экваторе поверхности Φ . Натуральная величина сечения определена способом вращения вокруг проецирующей оси.

Цилиндр. Возможные сечения

Часто вид кривой, получающейся в сечении поверхности вращения плоскостью, заранее известен.

Так при пересечении цилиндра плоскостью возможны следующие виды сечений:

- окружность, если секущая плоскость перпендикулярна оси цилиндра;
- эллипс, если секущая плоскость пересекает все образующие цилиндра и не перпендикулярна к его оси;
- две параллельные прямые, если секущая плоскость параллельна образующей цилиндра.

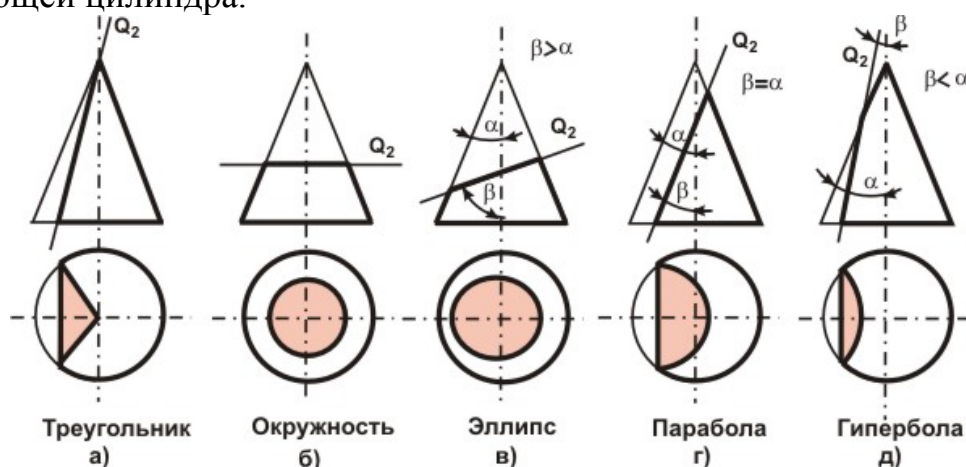


Рисунок 27 - Конус. Возможные сечения

Если секущая плоскость проходит через вершину конуса, то она пересекает его по двум образующим (рисунок 27а).

Если же конус пересекает плоскость, не проходящая через его вершину, то в сечении получится одна из следующих кривых:

- 1) окружность, если секущая плоскость перпендикулярна к его оси (рисунок 27б);
- 2) эллипс, если секущая плоскость пересекает все образующие одной плоскости конуса и не перпендикулярна к его оси (рисунок 27в);
- 3) парабола, если секущая плоскость параллельна одной из образующих конуса (рисунок 27г). В этом случае угол между секущей плоскостью и осью конуса равен углу между осью конуса и образующей;
- 4) гипербола, если секущая плоскость параллельна двум образующим конуса (рисунок 27д). При этом угол между секущей плоскостью и осью конуса меньше угла между осью конуса и образующей.

1.9 Взаимное пересечение поверхностей

Многие детали представляют собой сочетание различных элементов геометрических тел. В ряде случаев необходимо точное построение линий пересечения этих поверхностей.

1.9.1 Способ вспомогательных секущих плоскостей

Сущность способа вспомогательных секущих плоскостей заключается в том, что для построения точек, принадлежащих линии пересечения, вводится ряд вспомогательных секущих плоскостей, которые пересекали бы обе поверхности по графически простым линиям (окружностям и прямым). В пересечении контуров полученных сечений находят общие для двух поверхностей точки (рисунок 28). Этот способ применяется как при взаимном пересечении кривых поверхностей, так и при пересечении кривых поверхностей с многогранниками.

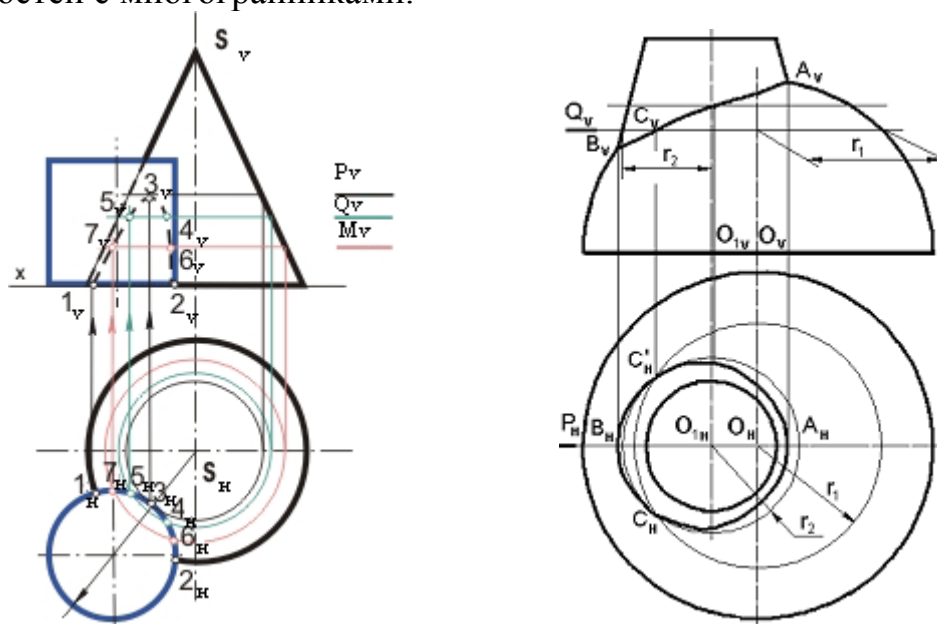


Рисунок 28

1.9.2 Способ вспомогательных сферических поверхностей

В основе способа вспомогательных сферических поверхностей лежит следующее положение: сфера с любой поверхностью вращения, ось которой проходит через центр сферы, пересекается по окружности. Если ось вращения параллельна плоскости проекций, то на эту плоскость такие окружности проецируются в прямые, перпендикулярные оси вращения (рисунок 29).

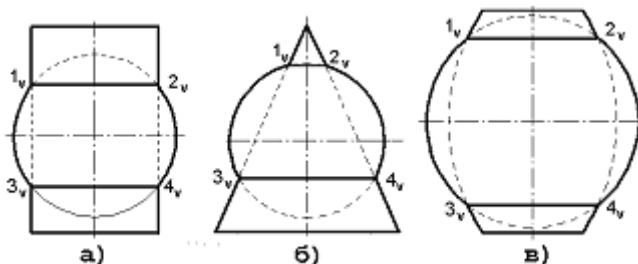


Рисунок 29

Способ вспомогательных сферических поверхностей применяется при определении линии пересечения тел вращения, оси которых пересекаются и параллельны одной и той же плоскости проекций (рисунок 30).

Точку пересечения осей вращения принимают за центр концентрических сферических поверхностей и проводят ряд сфер, пересекающих обе поверхности.

В пересечении контуров получаемых окружностей находят общие для двух поверхностей точки. Наименьшей вспомогательной сферической будет поверхность, вписанная в большее тело.

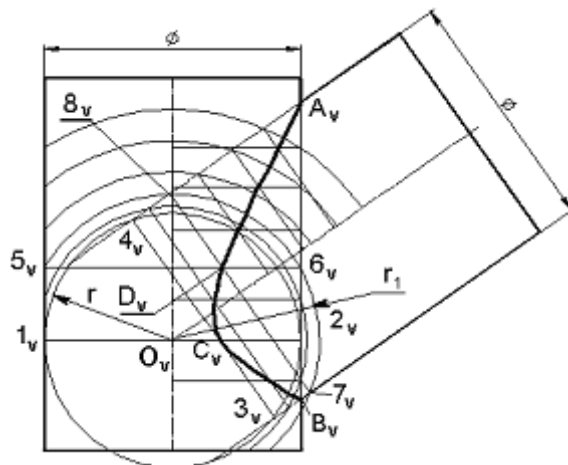


Рисунок 30

Пересечение поверхностей, описанных вокруг одной сферы (рисунок 31). В этом случае линиями пересечения поверхностей 2-го порядка являются две плоские кривые 2-го порядка, изображаемые на плоскости, параллельной осям поверхностей, в виде прямолинейных отрезков. Поверхности цилиндра и конуса пересекаются по двум эллипсам с проекциями $1_v 2_v$ и $3_v 4_v$.

Рассмотренный пример пересечения двух поверхностей вращения, описанных вокруг одной сферы, является частным случаем, следующим из теоремы Монжа: две поверхности 2-го порядка, описанные около третьей поверхности 2-го порядка (или в нее вписанные), пересекаются между собой по двум кривым 2-го порядка, плоскости которых проходят через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания.

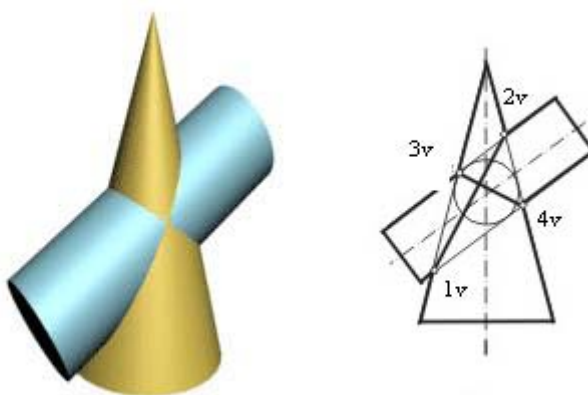


Рисунок 31

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К РАЗДЕЛУ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ»

Задача 1

Построить проекции отрезка прямой. Данные выбираются из таблицы 1. Задача решается способом прямоугольного треугольника.

Таблица 1

№ варианта	Условие задачи
0	Определить натуральную величину отрезка АВ и угол его наклона к плоскости проекций Н. Точка А имеет координаты (120, 60, 50), а точка В лежит на оси Х на расстоянии 20 мм от профильной плоскости проекций
1	Построить горизонтальную проекцию отрезка прямой [MN] с натуральной величиной, равной 120 мм. Точка М лежит на оси Y на расстоянии 10 мм от плоскости V, а точка N имеет координаты (130, ?, 25)
2	Построить горизонтальную проекцию отрезка [AB], проходящего через точку A(5, 15, 10), с углом наклона 30° к плоскости V. Точка В расположена на расстоянии 30 мм от плоскости Н и 130 мм от плоскости W
3	Определить натуральную величину отрезка прямой [NK] и углы его наклона к плоскостям проекций Н и V. Точка N расположена на плоскости V на расстоянии 25 мм от плоскости Н и 20 мм от плоскости W, а точка К имеет координаты (125, 40, 55)
4	Построить фронтальную проекцию отрезка прямой [CD] с углом наклона 35° к плоскости проекций Н. Точка D расположена на расстоянии 50 мм от плоскости V и 110 мм от плоскости W, а точка С расположена на оси Z на расстоянии 15 мм от плоскости Н
5	Построить горизонтальную проекцию отрезка прямой [NC] с углом 30° к плоскости V, если точка С имеет координаты (125, ?, 30), а точка N расположена на оси Z на расстоянии 10 мм от плоскости Н
6	Определить натуральную величину отрезка [СК] и углы его наклона к плоскостям проекций Н и V. Точка С расположена на оси Х на расстоянии 25 мм от плоскости проекций W, а точка К имеет координаты (130, 40, 40)
7	Построить фронтальную проекцию отрезка [BC], проходящего через точку К, с углом наклона 25° к плоскости Н, по заданной горизонтальной проекции этого отрезка: В(120, 5, ?), С(0, 20, ?). Точка К расположена на расстоянии 30 мм от горизонтальной плоскости проекций и 10 мм от профильной плоскости проекций
8	Построить горизонтальную проекцию отрезка прямой [СК] с углом наклона 30° к фронтальной плоскости проекций. Точка С имеет координаты (90, 20, 10), а точка К расположена на расстоянии 30 мм от горизонтальной плоскости проекций и 5 мм от профильной плоскости проекций
9	Определить натуральную величину отрезка [MN] и углы его наклона к плоскостям проекций Н и V. Точка М имеет координаты (120, 60, 60), а точка N расположена на оси Z на расстоянии 20 мм от плоскости Н
10	Построить фронтальную проекцию отрезка прямой [NC] с натуральной величиной, равной 135 мм. Точка N расположена на плоскости V на расстоянии 20 мм от плоскости Н и 135 мм от плоскости W, а для точки С дана горизонтальная проекция с координатами: X= 15, Y= 10
11	Построить горизонтальную проекцию отрезка прямой [NK] с углом наклона 25° к плоскости V. Точка К имеет координаты (100, ?, 65), а точка N расположена на оси Z на расстоянии 10 мм от плоскости Н

12	Построить фронтальную проекцию отрезка прямой [AB] с натуральной величиной, равной 120 мм. Точка А расположена на оси Х на расстоянии 130 мм от плоскости W, а точка В имеет координаты (25, 30, ?)
13	Построить фронтальную проекцию отрезка прямой [CD] с углом наклона 30° к плоскости Н. Точка С расположена на оси Y на расстоянии 15 мм от плоскости V, а точка D имеет координаты (120, 50, ?)
14	Построить горизонтальную проекцию отрезка прямой [AC] с углом наклона 30° к плоскости V. Точка А имеет координаты (100, ?, 40), а точка С расположена на оси Х на расстоянии 15 мм от плоскости W
15	Определить натуральную величину отрезка прямой [EM] и углы его наклона к плоскостям V и Н. Точка Е имеет координаты (105, 35, 50), а точка М расположена на оси Y на расстоянии 10 мм от плоскости V
16	Построить фронтальную проекцию отрезка прямой [KM] с углом наклона 30° к плоскости Н. Точка М имеет координаты (10,10,5). Точка К расположена на расстоянии 50 мм от плоскости V и 100 мм от плоскости W
17	Построить горизонтальную проекцию отрезка прямой [AB] с натуральной величиной 110 мм. Точка А расположена на расстоянии 15 мм от плоскости Н и 10 мм от плоскости W. Точка В имеет координаты (100, 15, 55)
18	Определить натуральную величину отрезка прямой [CD]. Точка С имеет координаты (115, 55, 30), а точка D расположена на оси Х на расстоянии 10 мм от плоскости W

Задача 2

По фронтальной проекции сферы со сквозным вырезом построить горизонтальную и профильную проекции сферы. Выполнить сквозное отверстие треугольной формы. Данные для своего варианта взять из таблицы 2.

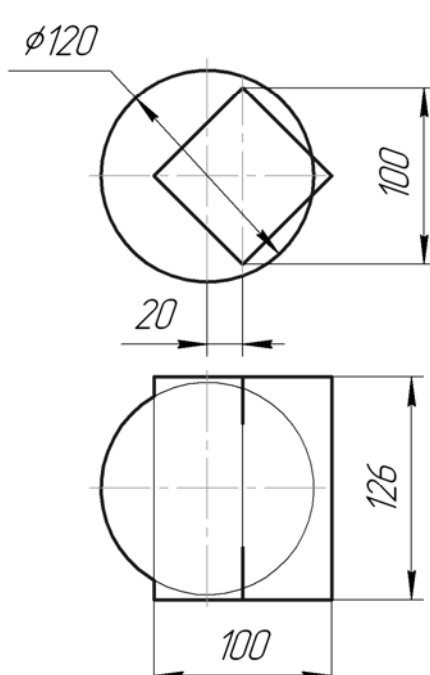
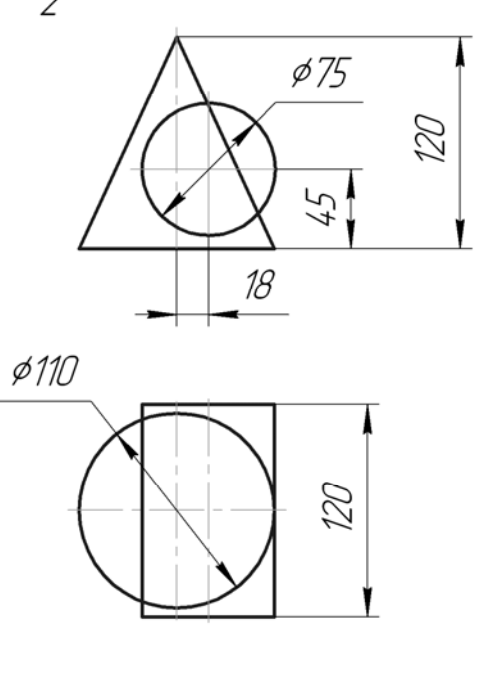
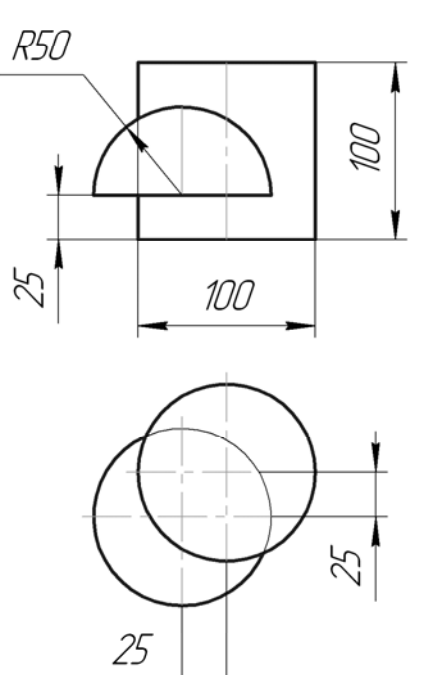
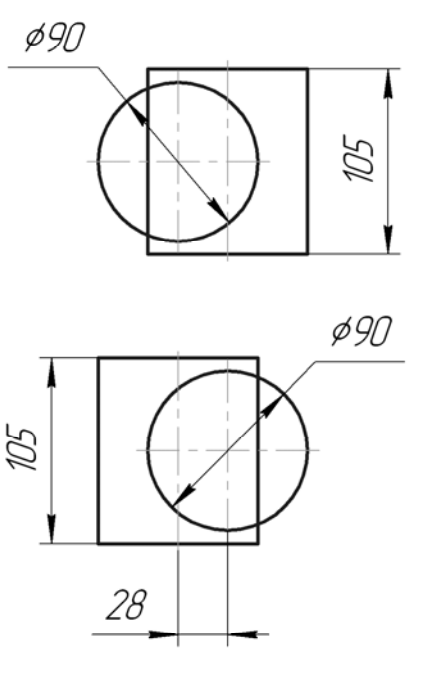
Таблица 2

№ варианта	О (центр сферы)			R (радиус сферы)	А			В			С		
	x	y	z		x	y	z	x	y	z	x	y	z
0	80	65	60	45	116	-	86	43	-	86	66	-	26
1	72	60	55	43	75	-	90	45	-	25	105	-	45
2	75	65	65	50	44	-	95	44	-	25	95	-	25
3	80	80	70	48	118	-	99	41	-	41	118	-	41
4	70	63	58	42	70	-	90	40	-	38	100	-	38
5	80	65	60	45	110	-	70	55	-	90	70	-	25
6	70	63	58	42	95	-	85	35	-	58	62	-	20
7	80	80	70	48	80	-	118	56	-	28	128	-	70
8	75	65	65	50	55	-	100	105	-	30	105	-	100
9	72	60	55	43	95	-	85	40	-	30	95	-	30
10	80	80	70	48	80	-	110	40	-	50	120	-	50
11	80	65	60	45	80	-	105	37	-	44	122	-	44
12	75	65	65	50	105	-	100	45	-	100	75	-	25
13	70	63	58	42	101	-	30	48	-	90	48	-	30
14	72	60	55	43	45	-	85	72	-	12	108	-	55
15	80	80	70	48	55	-	102	55	-	38	115	-	70
16	70	63	58	42	97	-	85	45	-	85	45	-	30
17	80	65	60	45	105	-	90	40	-	60	105	-	30
18	75	65	65	50	110	-	35	40	-	35	75	-	90

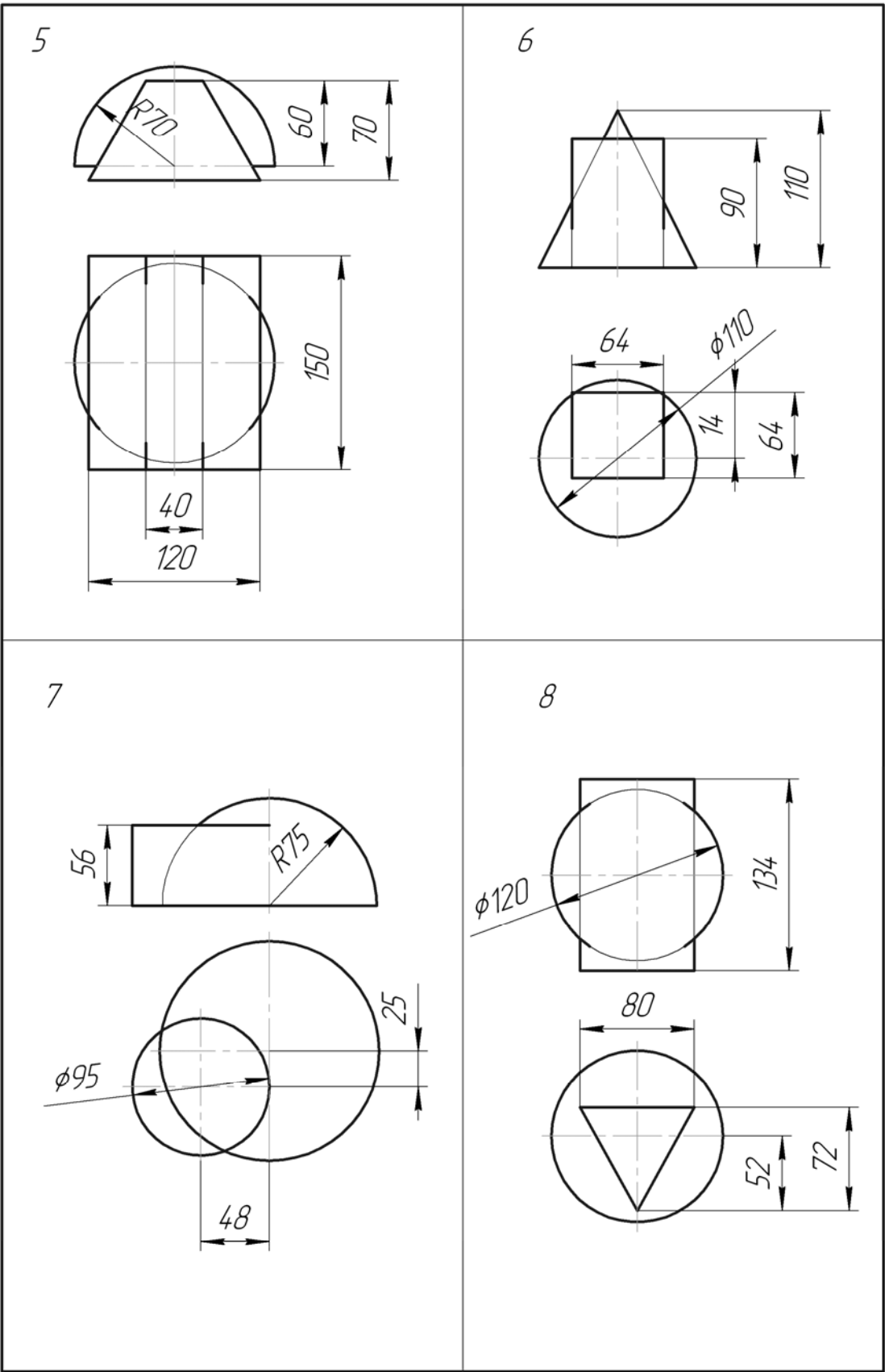
Задача 3

Построить линию пересечения двух тел. Данные для своего варианта взять из таблицы 3.

Таблица 3

<p>1</p> 	<p>2</p> 
<p>3</p> 	<p>4</p> 

Продолжение таблицы 3

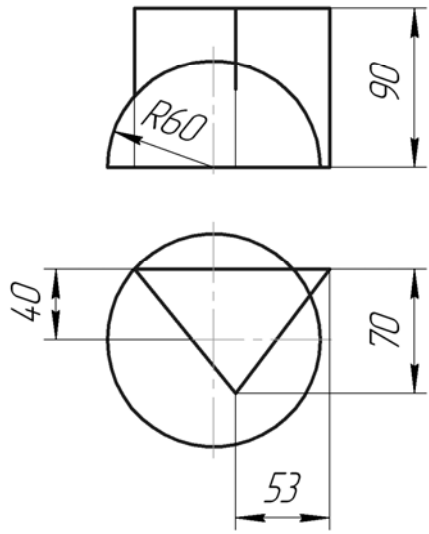


Продолжение таблицы 3

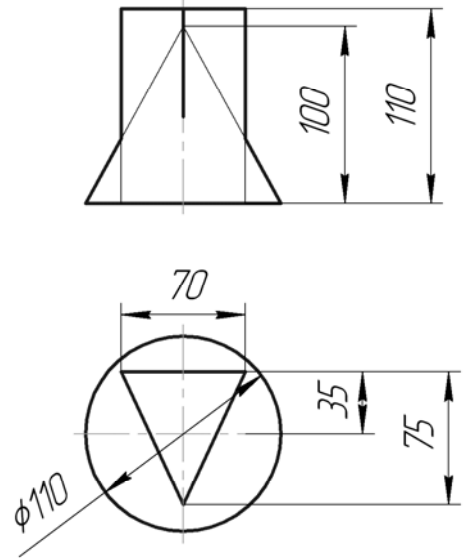
<p>9</p>	<p>10</p>
<p>11</p>	<p>12</p>

Продолжение таблицы 3

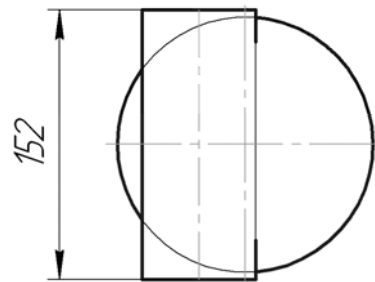
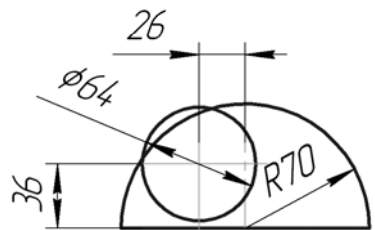
13



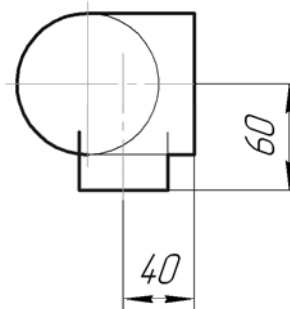
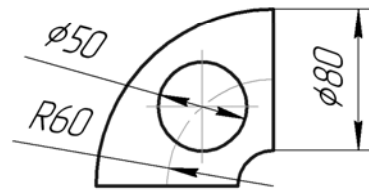
14



15



16



Окончание таблицы 3

<p>17</p>	<p>18</p>
<p>19</p>	<p>20</p>

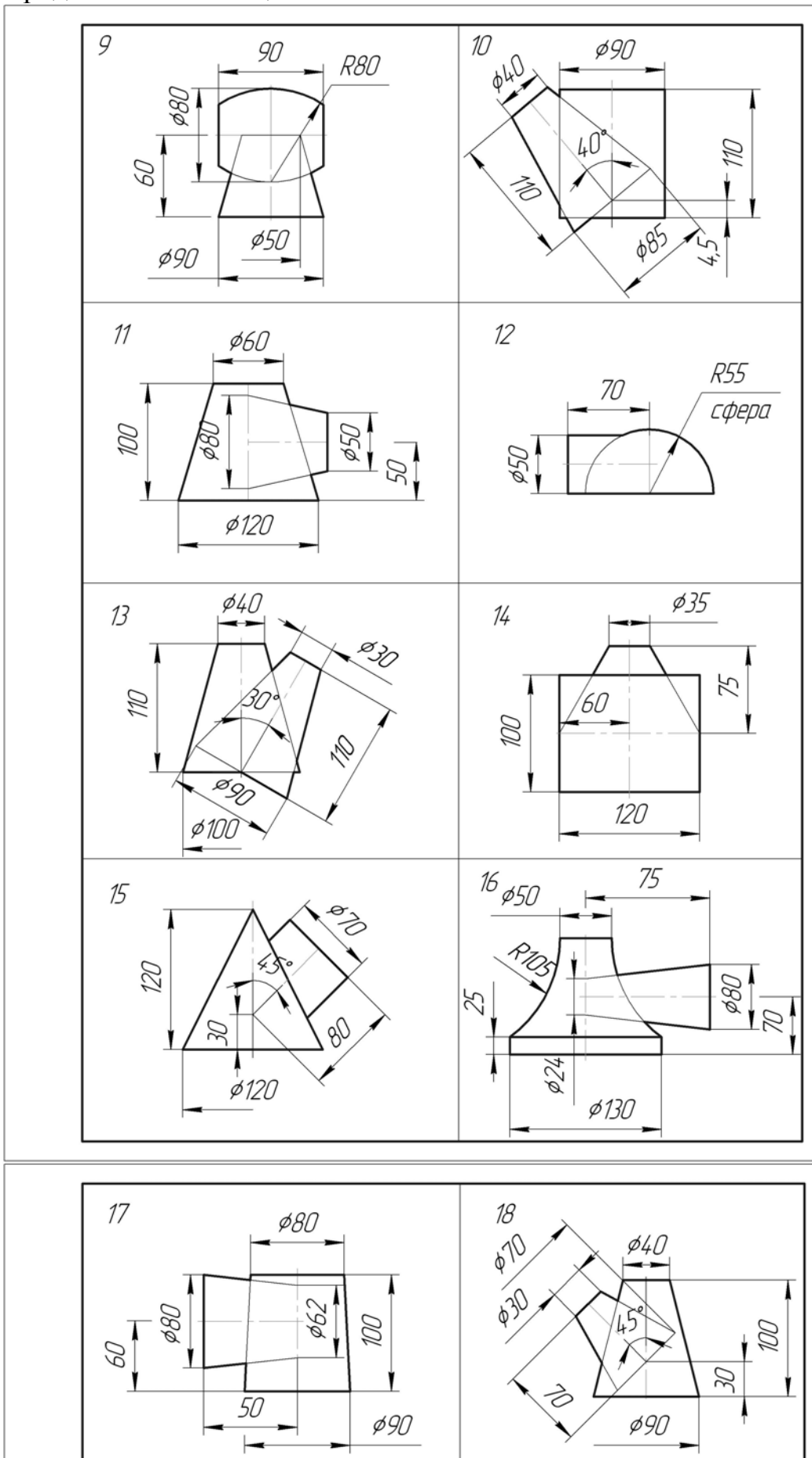
Задача 4

Построить линию пересечения поверхностей вращения способом вспомогательных концентрических сфер. Данные для своего варианта взять из таблицы 4.

Таблица 4

<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>4</p>
<p>5</p>	<p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p>

Продолжение таблицы 4



2 МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

2.1 ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

2.1.1 Форматы

Формат – размеры листа конструкторского документа, ограниченного внешней рамкой.

Для выполнения работ используются, в основном, форматы А4 - 210x297 мм и А3 - 297x420 мм (рисунок 32). ГОСТ 2.301-68 устанавливает расположение внутренней рамки.

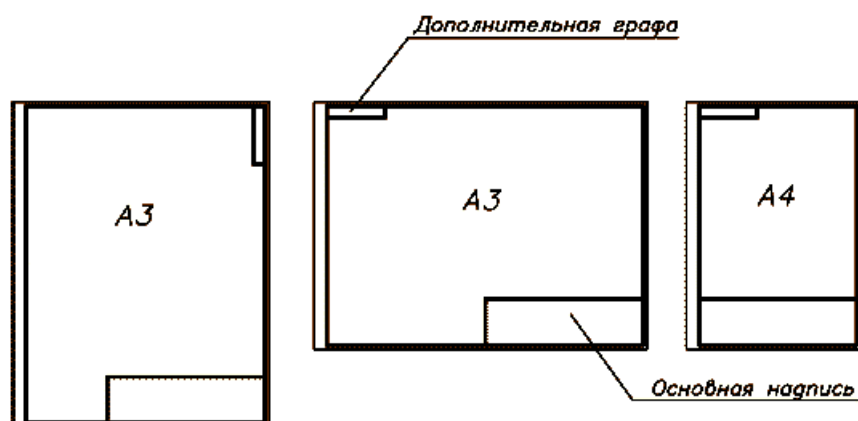


Рисунок 32

С левой стороны формата внутренняя рамка образует поле для подшивки шириной 20 мм, со всех других сторон она удалена от внешней рамки (выполненной тонкой сплошной линией) на 5 мм. В правом нижнем углу формата, примыкая к сторонам внутренней рамки, располагается основная надпись (рисунок 33).

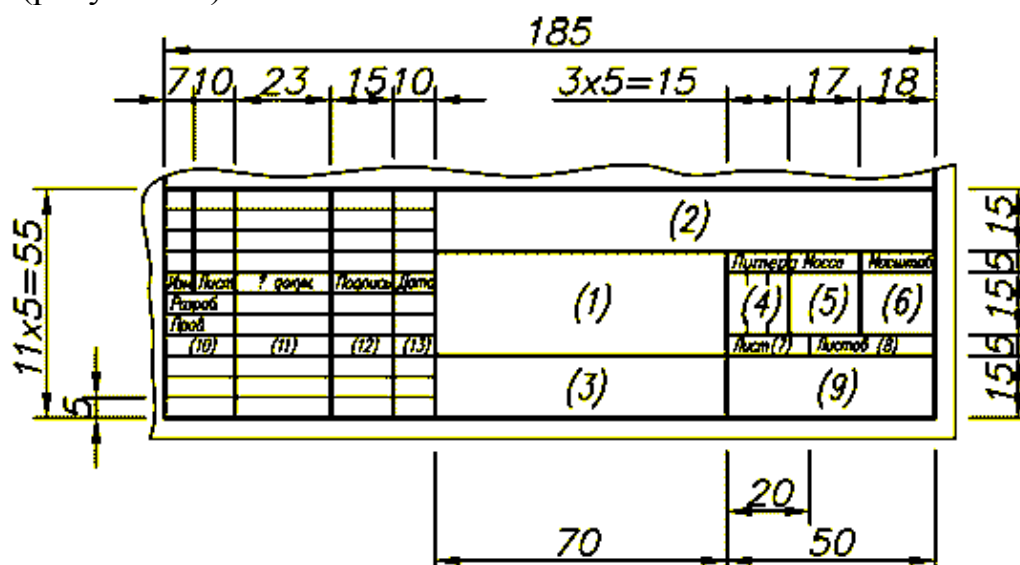


Рисунок 33

Если основная надпись располагается на чертеже детали, то в ней указывается: наименование детали (графа 1); обозначение чертежа,

совпадающее с обозначением детали (графа 2); материал детали (графа 3); литера, присвоенная данному документу (графа 4); масса детали (графа 5); масштаб чертежа (графа 6); другие основные данные, относящиеся к изделию и к чертежу.

Помимо основной надписи на учебных чертежах следует помещать одну дополнительную графу к основной надписи, в которой помещается обозначение документа.

2.1.2 Масштабы

Изображения на чертежах предпочтительно выполнять в натуральную величину, стремясь к наибольшей их наглядности. Однако способ выполнения изображений, величина и степень сложности изображаемого изделия и его элементов, а также свойства человеческого восприятия заставляют отступать от этого правила.

ГОСТ 2.302-68 «Масштабы» устанавливает два ряда масштабов: масштабы уменьшения и масштабы увеличения. Масштаб записывается в виде отношения, показывающего, во сколько раз больше или меньше линейные размеры изображения соответствующих размеров изображаемого изделия. Натуральная величина изображений условно записывается отношением М 1:1. В таблице на рисунке 34 приведены стандартные значения масштабов.

1000:1					Масштабы увеличения
100:1	20:1	40:1	50:1		
10:1	2:1	2,5:1	4:1	5:1	
1:1 Натуральная величина					
1:10	1:2	1:2,5	1:4	1:5	Масштабы уменьшения
1:100	1:20	1:25	1:40	1:50	
1:1000	1:200		1:400	1:500	
1:10000	1:2000			1:5000	
				1:50000	

Рисунок 34

2.1.3 Линии

Изображения, размеры и знаки на чертеже выполняются линиями. ГОСТ 2.303-68 устанавливает начертание линий и их основные назначения.

Линии видимого контура, видимые линии четких переходов (пересечений) поверхностей выполняются сплошной толстой основной линией. Толщина s этой линии на чертеже зависит от величины и сложности изображения, размера чертежа. Для линий чертежа рекомендуется выбирать величину s в пределах 0,8-1,4 мм.

Все другие линии чертежа выполняют вспомогательные функции и выполняются в два раза меньшей толщины (кроме разомкнутой и утолщенной штрихпунктирной).

Сплошная волнистая линия применяется при вычерчивании линий обрыва; для разграничения вида и разреза.

Штриховая линия показывает линии невидимого контура.

Штрихпунктирная тонкая используется для построения осевых и центровых линий.

Разомкнутая линия определяет положение секущей плоскости. Толщина ее принимается от s до $1\frac{1}{2}s$.

2.1.4 Чертежные шрифты

Наносимые на чертежи и другие конструкторские документы шрифты выполняются по ГОСТу 2.304-81. Размер шрифта h определяется высотой прописных букв в мм. Ряд значений h установлен стандартом:

(1,8) 2,5 3,5 5,0 7,0 10,0 14,0 20,0

2.1.5 Изображения - виды, разрезы, сечения

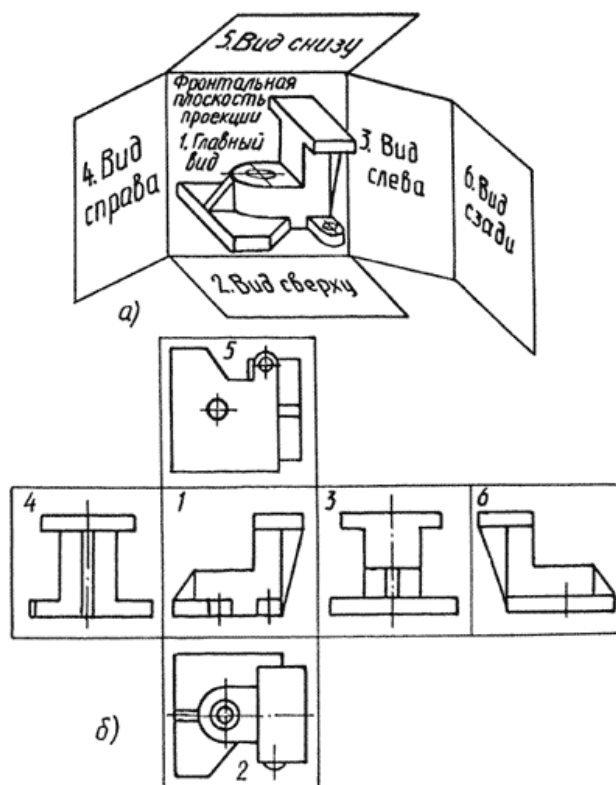


Рисунок 35

ГОСТ 2.305-68 «Изображения - виды, разрезы, сечения» устанавливает правила изображения предметов. Стандарт предусматривает шесть основных плоскостей проекций, изображение на фронтальной плоскости принимается за главное. Главное изображение должно давать наиболее полное представление об изображаемом предмете. По содержанию изображения разделяются на виды, разрезы, сечения.

Вид - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Основные виды, расположенные в непосредственной проекционной связи с главным изображением (рисунок 35), на чертежах не обозначаются.

Если вид образован проецированием на плоскость, непараллельную какой-либо из основных, то он называется **дополнительным**.

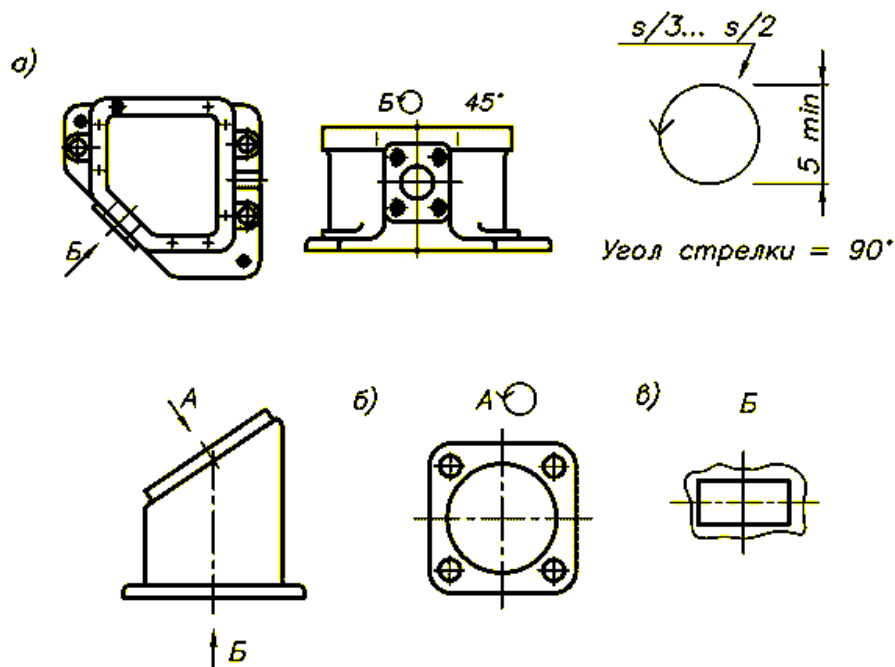


Рисунок 36

Дополнительные виды отмечают надписью типа «А», а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда с соответствующим буквенным значением (рисунок 36 б). Если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи, стрелку и надпись не наносят. Дополнительный вид допускается поворачивать с добавлением к его обозначению знака поворота (рисунок 36 а).

Стандарт выделяет также местные виды, отражающие ограниченные места поверхности предмета. Местные виды отмечают на чертеже подобно дополнительным видам. Местный вид может быть ограничен линией обрыва или представлять собой изображение отдельного элемента или части элементов предмета (рисунок 36 в).

Наружные поверхности не всегда можно отразить с помощью видов: часть изделия может оказаться закрытой от наблюдателя выступающими элементами предмета (применение линий невидимого контура носит весьма ограниченный характер из-за ухудшения восприятия изображений).

Внутреннее устройство предмета (изделия) отображают с помощью сечений и разрезов.

Сечение - изображение плоской фигуры, получающееся в результате условного (мысленного) рассечения предмета одной или несколькими

плоскостями. Секущие плоскости выбираются так, чтобы получились поперечные сечения.

На сечении показывается только то, что получается в секущей плоскости (рисунок 37). Исключение представляют сечения отверстий, образованных поверхностями вращения. Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью, т.е. сечение оформляют как разрез.

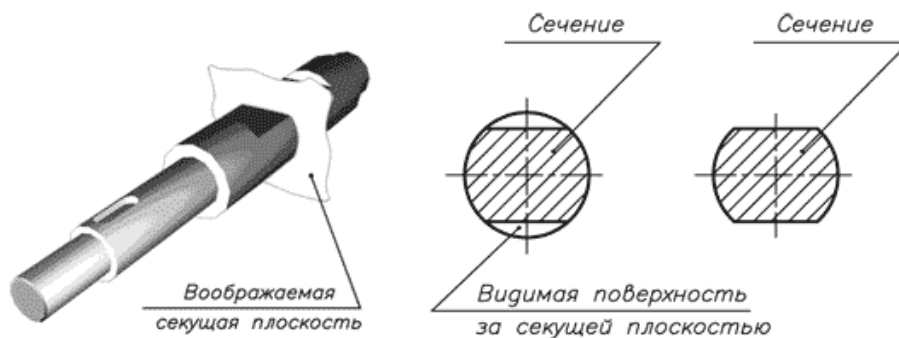


Рисунок 37

Сечения в зависимости от расположения их на чертеже делятся на наложенные и вынесенные. Если сечение помещается непосредственно на исходном изображении, оно называется наложенным и выполняется тонкими линиями, причем контур изображения предмета в месте расположения сечения не прерывается. Сечение может быть выполнено и в разрыве детали.

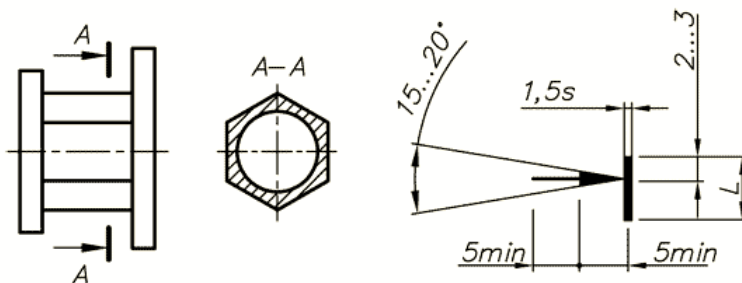


Рисунок 38

Предпочтение следует отдавать вынесенным сечениям, расположенным на свободном поле или в разрыве между частями исходного изображения. Контур вынесенного сечения изображается сплошными основными линиями.

Как правило, вынесенное сечение должно быть обозначено надписью типа «А-А», а место положения секущей плоскости указывается с помощью разомкнутой линии и стрелок, определяющих направление проецирования (рисунок 38).

Разрез представляет собой изображение предмета мысленно рассечённого одной или несколькими плоскостями. На разрезе изображается то, что получается в секущей плоскости и оказывается видимым за ней. Обозначение разрезом производится аналогично сечениям. Разрез считается простым, если

образован с помощью одной секущей плоскости. Разрез, служащий для выявления формы предмета лишь в отдельном ограниченном месте, называют местным и ограничивают на виде сплошной волнистой линией.

Сложными называют разрезы, получаемые с помощью двух и более секущих плоскостей.

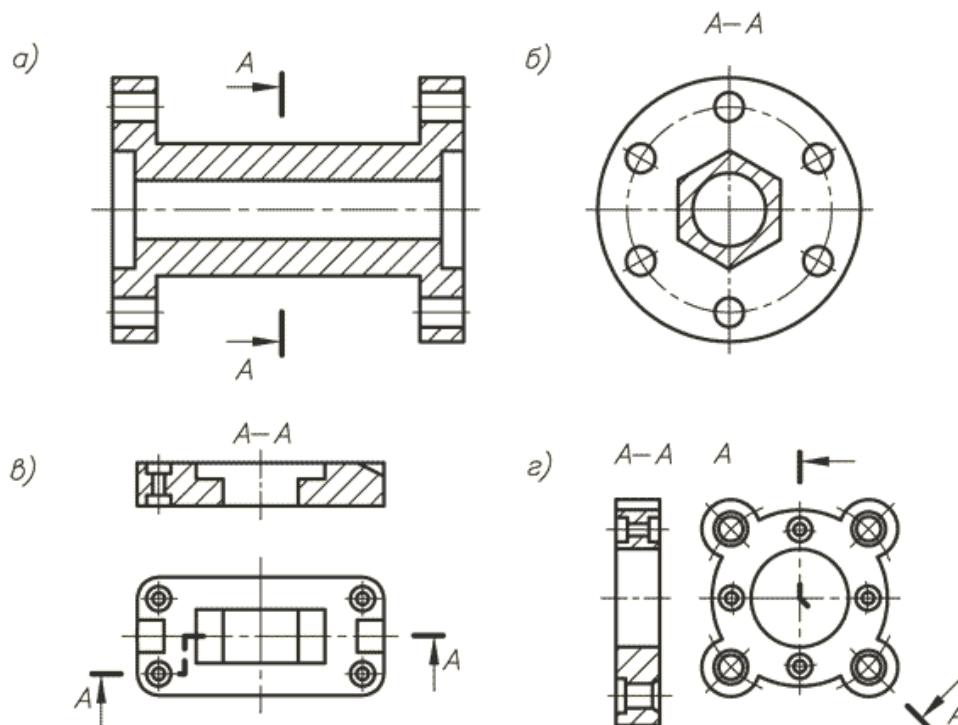


Рисунок 39

Сложные разрезы разделяют на ступенчатые и ломаные. Сложные разрезы могут быть и комбинированными.

Ступенчатыми называют разрезы, выполненные несколькими параллельными секущими плоскостями. Ступенчатый разрез располагается на месте соответствующего вида, все секущие плоскости совмещаются, сложный разрез оформляется как простой. Над разрезом наносится надпись, указывающая обозначение плоскостей, в результате применения которых получился разрез.

Ломаными называют разрезы, полученные от рассечения предмета не параллельными, а пересекающимися плоскостями.

Секущие плоскости условно поворачивают до совмещения с плоскостью, параллельной какой-либо из основных плоскостей проекций. Поэтому ломаные разрезы могут быть фронтальными, горизонтальными и профильными.

На разрезе показывают изображение рассеченной детали после выполненного поворота. На рисунке 39 приведены примеры разрезов: рисунок 39 а, б – изображение простого разреза, рисунок 39 в – ступенчатый разрез, рисунок 39 г – ломаный разрез.

2.1.6 Обозначение графических материалов. Правила их нанесения на чертежах

Графическое обозначение материалов в сечениях производится согласно ГОСТу 2.306 - 68. Там, где секущая плоскость прошла через материал детали,

на изображении наносится штриховка. Линии штриховки выполняют сплошной тонкой линией под углом 45 или 135 градусов. Если линии штриховки совпадают с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45 градусов следует брать угол 30 или 60 градусов. Расстояние между линиями штриховки должны быть одинаковыми для всех сечений одной детали.

2.1.7 Нанесение размеров и предельных отклонений

Информация об изделии на чертежах выражается при помощи изображений, надписей, размеров, обозначений, записей в технических требованиях и основной надписи с использованием таблиц.

Величина предмета в целом и каждого его элемента фиксируется на чертеже только с помощью размеров.

Выбор размеров, которые необходимо нанести на чертеже, производится исходя из конструктивных требований, предъявляемых к детали.

Правила нанесения размеров на чертежах устанавливает ГОСТ 2.307-68 «Нанесение размеров и предельных отклонений». Графический комплекс размера в общем случае состоит из двух выносных линий; размерной линии с двумя стрелками на концах, упирающихся в выносные линии; знака и размерного числа, определяющего номинальное значение размера.

Способ нанесения конкретного размера зависит от его типа и свободного места, имеющегося для его нанесения.

Основные требования

- Размеры на чертежах делятся на линейные и угловые. Линейные размеры указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения. Независимо от масштаба числа на чертежах обозначают истинные размеры изделий и их элементов. Угловые размеры наносят в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения (рисунок 40).

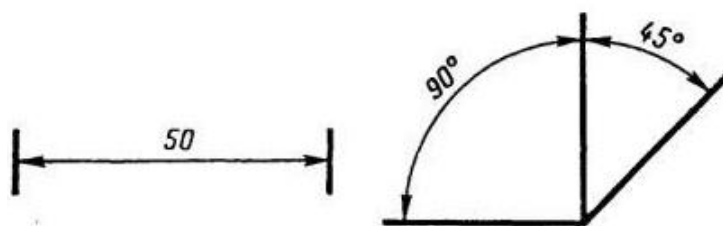


Рисунок 40

- Каждый размер на чертеже проставляется только один раз, при этом все цифры по высоте должны быть одинаковыми.
- Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля детали.
- Размерные линии предпочтительно проводят вне контура изображения. При этом минимальное расстояние между параллельными размерными линиями составляет 7 мм, между размерной и линией контура - 10 мм.
- Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.
- Размерные числа наносят над размерной линией на расстоянии 1...2 мм возможно ближе к ее середине, не допускается их пересекать какими – либо

линиями чертежа. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые и линии штриховки прерывают (рисунки 41).

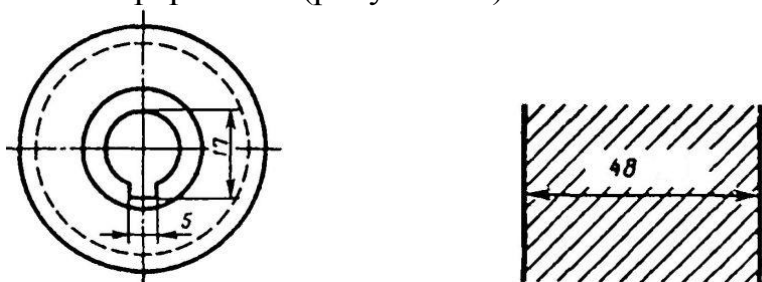


Рисунок 41

- При нанесении размерных чисел на близко расположенных параллельных или концентричных размерных линиях соблюдают шахматный порядок в их размещении.
- При различных наклонах размерных линий размерные числа линейных размеров располагают так, как показано на рисунке 42, а, угловые размеры – как показано на рисунке 42, б. Если размерное число находится в зоне, которая на рисунке заштрихована, то его следует указывать на горизонтальной полочке.

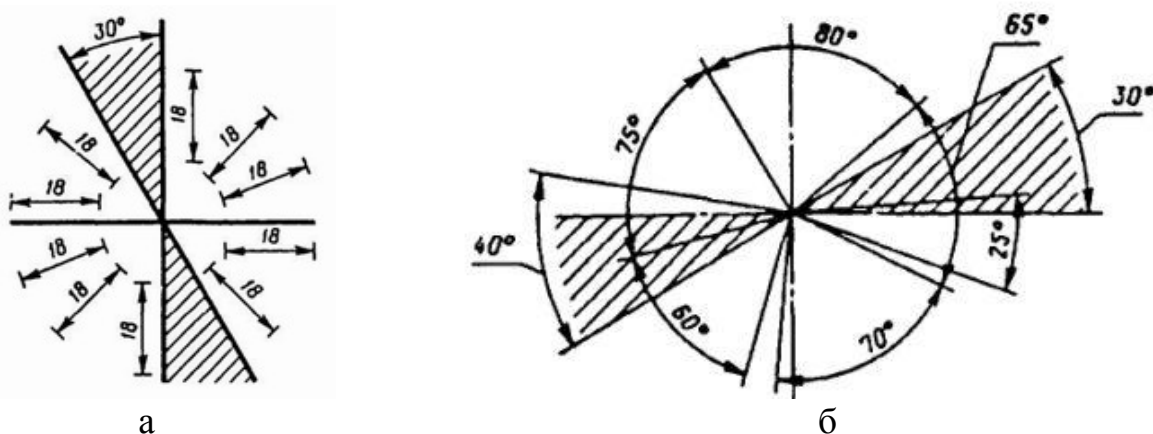


Рисунок 42

- Размеры фасок под углом 45 наносят, как показано на рисунке 43,а. Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам – линейным и угловым размерами или двумя линейными размерами (рисунки 43, б, в).

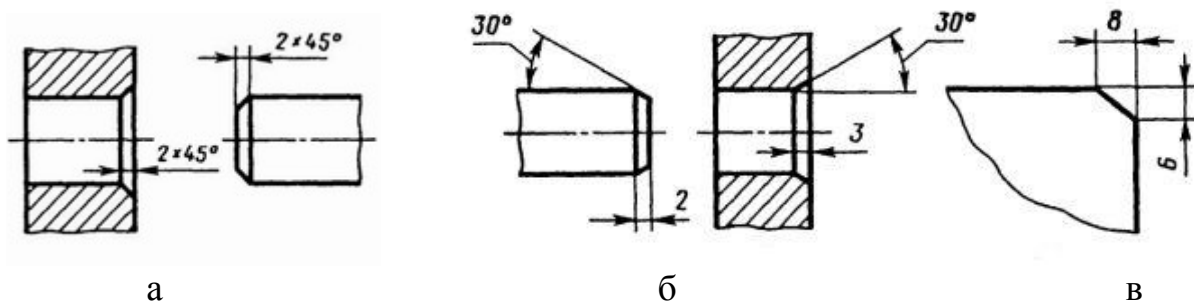


Рисунок 43

- Размеры, характеризующие внешние контуры изделия, рекомендуется располагать на тех изображениях, где эти контуры наиболее наглядны.

Размеры, относящиеся к внутренним очертаниям, целесообразно наносить на соответствующих разрезах и сечениях (рисунок 44).

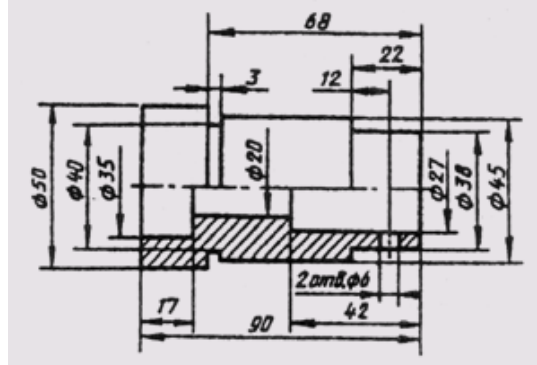


Рисунок 44

- Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием количества этих элементов (рисунок 45).

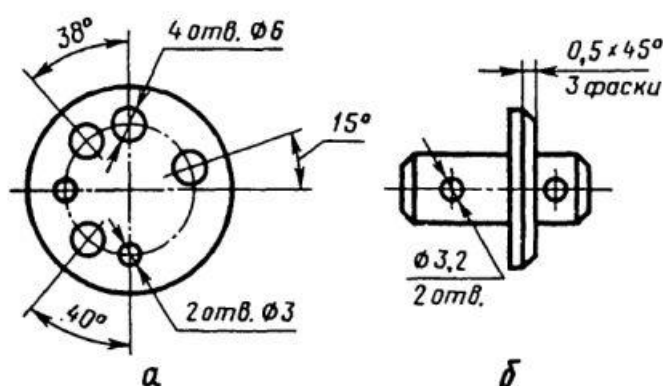


Рисунок 45

2.1.8 Аксонометрические проекции

Аксонометрическая проекция или аксонометрия дает наглядное изображение предмета на одной плоскости. Слово «аксонометрия» означает «осеизмерение».

В отечественной конструкторской документации аксонометрические проекции стандартизованы в ГОСТе 2.317-69. Он предусматривает три частных вида аксонометрических проекций: ортогональную (прямоугольную) изометрию, ортогональную диметрию и фронтальную (косоугольную) диметрию.

Ортогональная изометрия

В изометрической проекции все коэффициенты равны между собой. Каждый отрезок, направленный по осям x , y , z или параллельно им, сохраняет свою величину. Оси в изометрической проекции располагаются под углом 120. Направление линий штриховки при выполнении разрезов на изометрической проекции (рисунок 46).

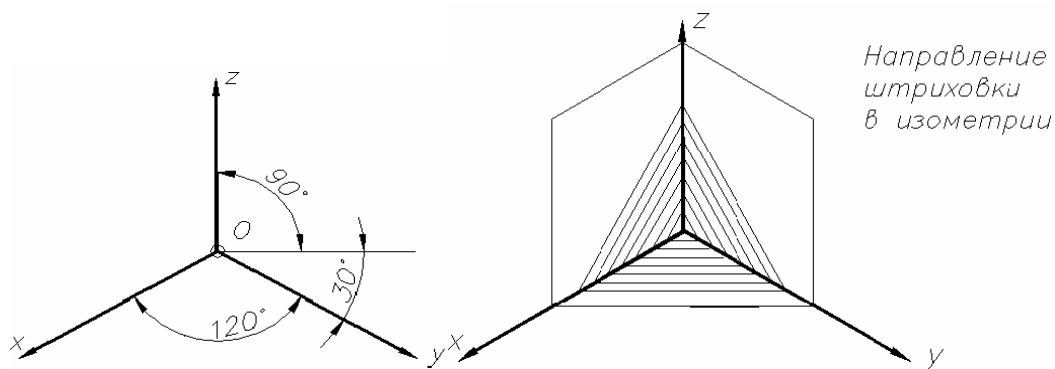


Рисунок 46

На рисунке 47 показаны изображения эллипсов, расположенных в различных гранях куба, и величины осей эллипсов для прямоугольной изометрии.

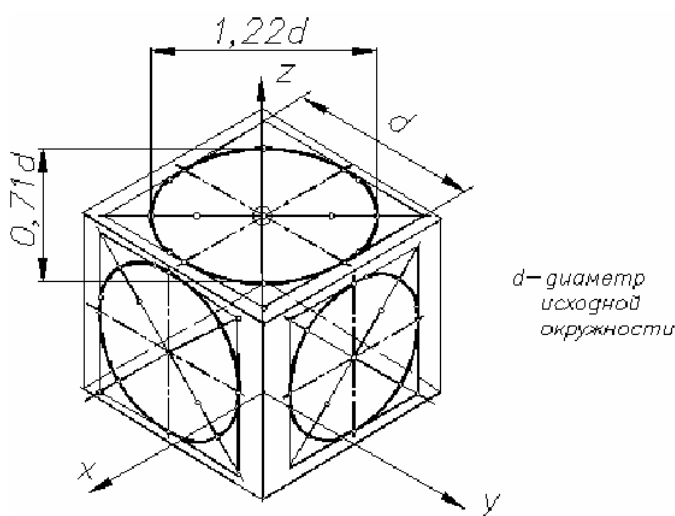


Рисунок 47

На рисунке 48 показан пример выполнения изометрии детали с вырезом 1/4.

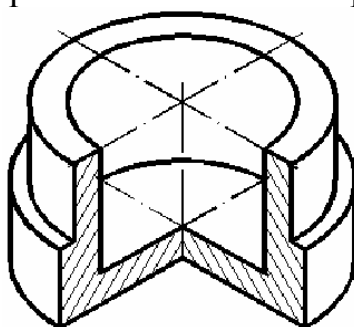


Рисунок 48

2.2 РЕЗЬБА

2.2.1 Общие сведения. Терминология

Резьба образуется при винтовом движении некоторой плоской фигуры, задающей профиль резьбы, по цилиндрической или конической поверхности. Профиль может иметь разную форму (треугольник, трапеция, прямоугольник и т.д.), он определяет тип резьбы. Часть резьбы, образованную при одном повороте профиля вокруг оси, называют витком. Все точки производящего

профиля перемещаются параллельно оси на одну и ту же величину, называемую ходом резьбы. Резьбу, образованную движением одного профиля, называют однозаходной, образованную движением двух, трех одинаковых профилей и более – многозаходной. Шагом резьбы P называют расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

Винтовая линия бывает правой и левой. Так как применяется чаще правая резьба, то на чертеже оговаривают только левую, добавляя к обозначению резьбы буквы «ЛН» согласно ГОСТу 8724-81 «Резьба метрическая, диаметры и шаги».

Длина резьбы - длина участка поверхности, на которой образована резьба, включая сбеги резьбы и фаску. Если требуется изготовить резьбу полного профиля, без сбегов, то для вывода резьбообразующего инструмента делается проточка, диаметр которой для наружной резьбы должен быть немного меньше внутреннего диаметра резьбы, а для внутренней резьбы – немного больше наружного диаметра резьбы (рисунок 49 в). В зависимости от типа резьбы форма и размеры проточек и фасок определены соответствующими стандартами, найти которые можно в справочной литературе.

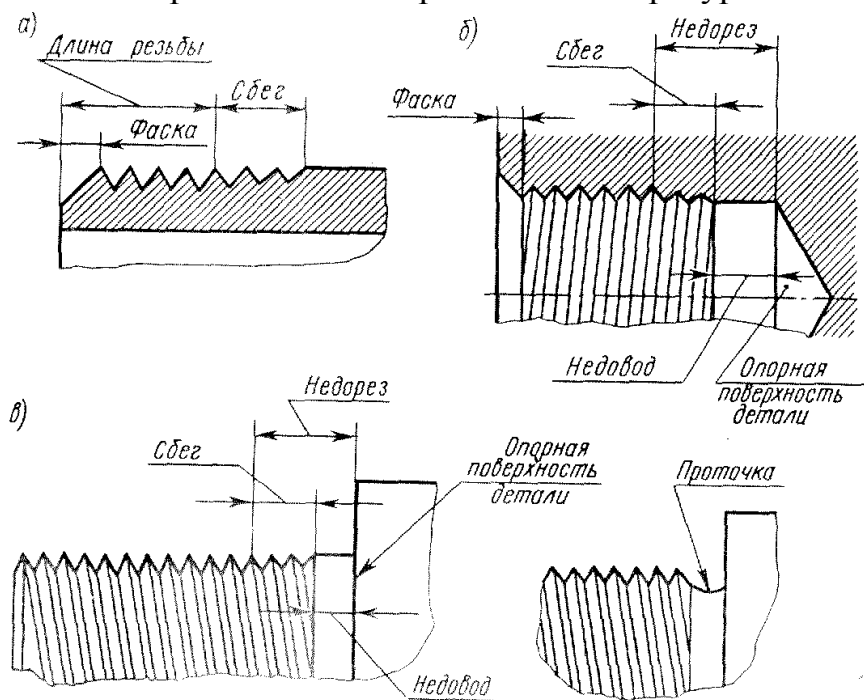


Рисунок 49

2.2.2 Изображение резьбы

На чертежах резьбу изображают условно, согласно ГОСТу 2.311-68. Характер условного изображения одинаков для всех видов резьб: резьбу на стержне показывают сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими по внутреннему на всю длину резьбы, включая фаску. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу сплошной тонкой линией, приблизительно равную $\frac{3}{4}$ окружности. На

изображении резьбы в отверстии сплошные основные и сплошные тонкие линии как бы меняются местами. Фаски на стержне с резьбой и в отверстии на виде сбоку не изображают (рисунок 50). Границу резьбы на стержне и в отверстии проводят сплошной толстой основной линией (или штриховой, если резьба изображена как невидимая), которую проводят до линий наружного диаметра резьбы. Сбег резьбы изображают тонкой линией, проводимой примерно под углом 30° к оси резьбы.

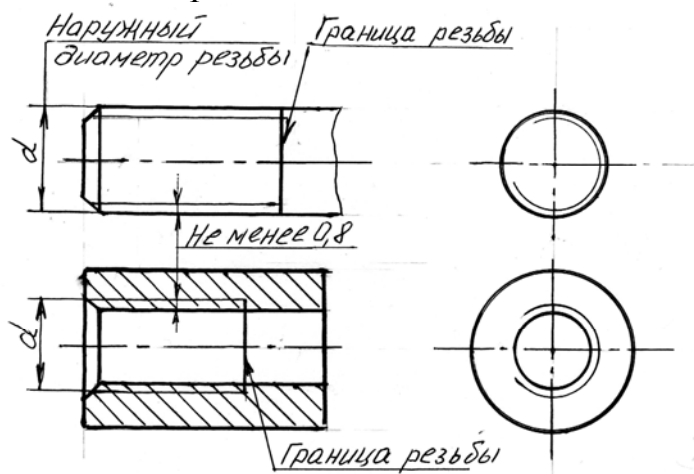


Рисунок 50

При изображении резьбовых соединений в разрезе резьба стержня (ввинчиваемой детали) закрывает резьбу отверстия (рисунок 51), а также обратить внимание на то, что на разрезах штриховка доводится до сплошных основных линий. Более подробные сведения об изображении резьбы см. в ГОСТе 2.311-68.

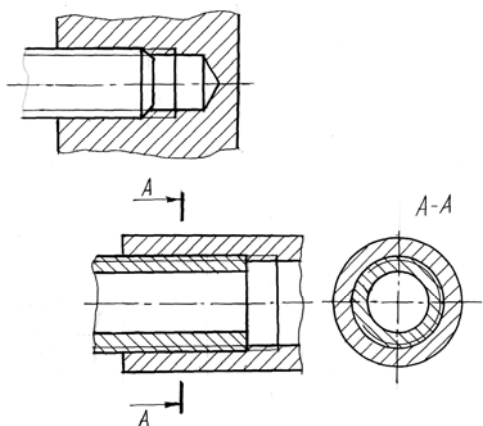


Рисунок 51

2.3 РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ

2.3.1 Основные положения

Деталью называется изделие, изготовленное из однородного материала, без применения сборочных операций (ГОСТ 2.101-68 «Виды изделий»).

Рабочий чертеж детали - документ, содержащий изображения детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля (ГОСТ 2.102-68 «Виды и комплектность конструкторской документации»).

Основные требования к выполнению чертежей деталей устанавливает ГОСТ 2.109-73 «Правила выполнения чертежей деталей, сборочных, общих видов, габаритных и монтажных». Рабочий чертеж детали должен содержать (рисунок 52):

- минимальное, но достаточное число изображений (видов, разрезов, сечений, выносных элементов), полностью раскрывающих форму детали;
- необходимые размеры и их предельные отклонения (ГОСТ 2.307-68);
- требования к шероховатости поверхности (ГОСТ 2.309-73 (с учетом изменения №3 от 28.05.2002 г.);
- допуски формы и расположения поверхностей (ГОСТ 2.308-79);
- сведения о материале, из которого изготовлена деталь;
- сведения о термической обработке, покрытиях (ГОСТ 2.310-68);
- технические требования (ГОСТ 2.316-68).

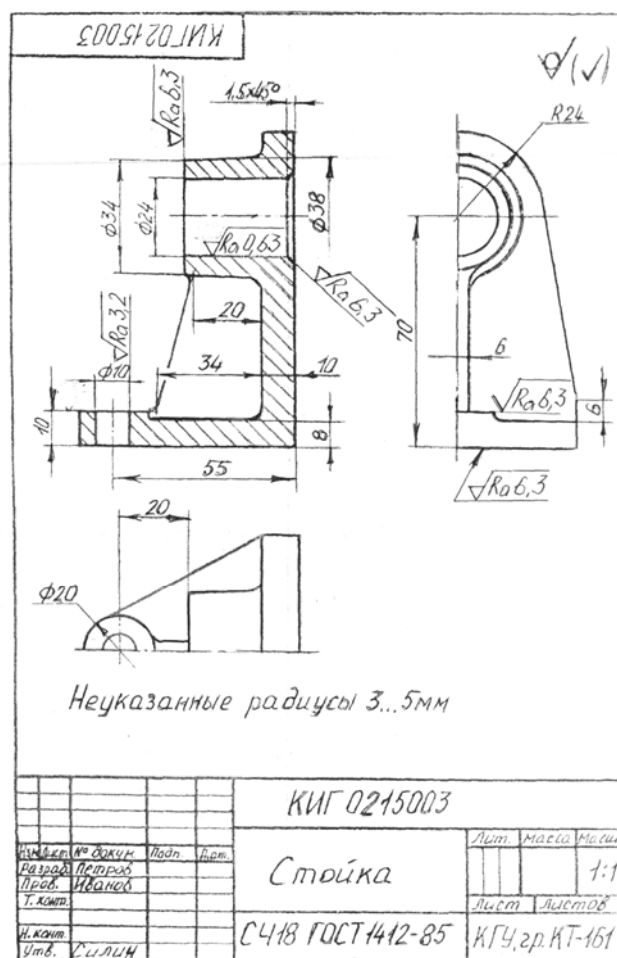


Рисунок 52

2.3.2 Выполнение эскизов и чертежей деталей

Эскизом называется ортогональный чертеж, выполненный от руки в глазомерном масштабе без применения чертежных инструментов. Эскиз является как бы оригиналом рабочего чертежа. Пример выполнения эскиза точеной детали дан на рисунке 53.

2.3.3 Особенности выполнения эскизов

Обязательным требованием является выполнение эскиза от руки, но с соблюдением всех требований ГОСТов, относящихся к оформлению чертежей.

Эскизы рекомендуется выполнять на клетчатой или миллиметровой бумаге с соблюдением правил проекционного черчения. При составлении эскиза детали следует иметь в виду:

- Полученную деталь внимательно осмотреть, выяснить название детали и материал, из которого она изготовлена. Познакомиться с конструкцией детали, выяснить назначение всех элементов детали: отверстий, углублений, проточек, резьб, канавок и т.д.

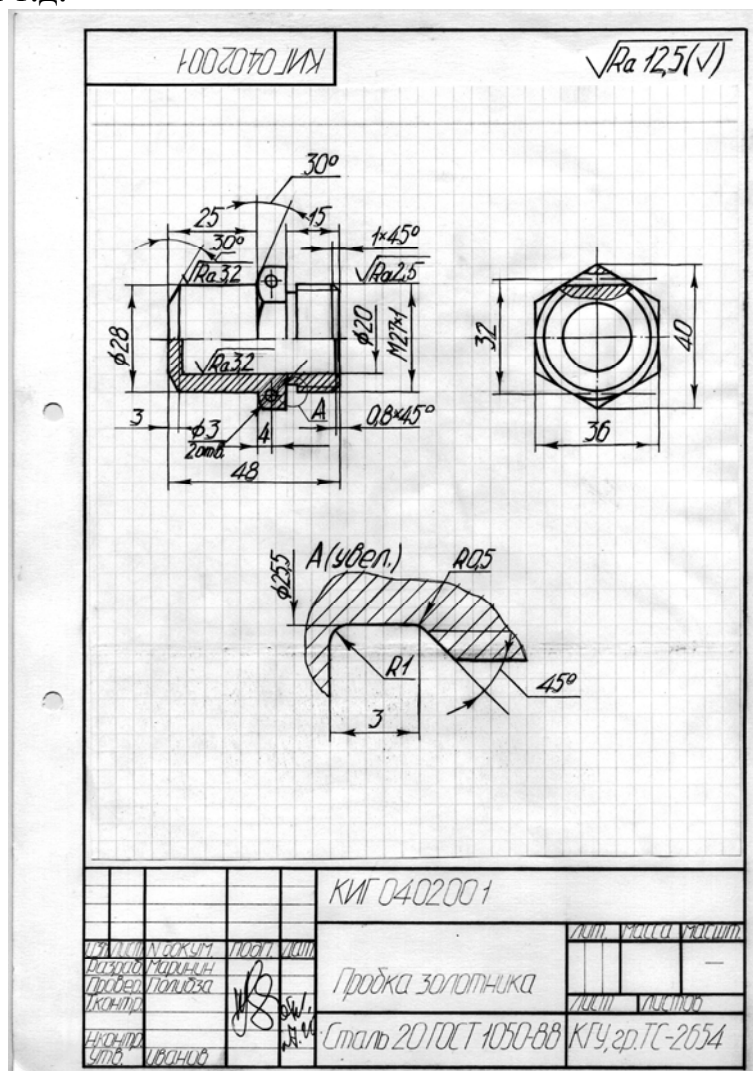


Рисунок 53

- Установить наличие симметрии и определить главное изображение (на фронтальной плоскости), а также достаточное число других изображений (видов, разрезов, сечений), необходимых для полного выявления формы детали.
- Наметить глазомерный масштаб выполнения эскиза. Следует учесть возможность применения выносных элементов. Рекомендуется, чтобы 75% общей площади выбранного формата были заняты изображениями и размерами детали.

2.3.4 Шероховатость поверхностей

Шероховатостью поверхности называют совокупность микронеровностей, образующих рельеф поверхности. Параметры шероховатости и ее характеристики устанавливает ГОСТ 2789-73, а обозначение шероховатости на чертеже – ГОСТ 2.309-73 (с учетом изменения №3 от 28.05.2002г.).

Из номенклатуры параметров, установленных ГОСТом 2789-73, выделим следующие:

R_a – среднее арифметическое отклонение точек профиля от средней линии в пределах базовой длины, мкм;

R_z - среднее расстояние между пятью наивысшими и пятью низшими точками выступов и впадин профиля в пределах базовой длины, мкм.

Базовая длина – размер участка, на котором надежно определяются параметры шероховатости.

Структура обозначения шероховатости приведена на рисунке 54. При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки.



Рисунок 54

Знаки шероховатости поверхностей на изображении детали располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию (рисунок 55).

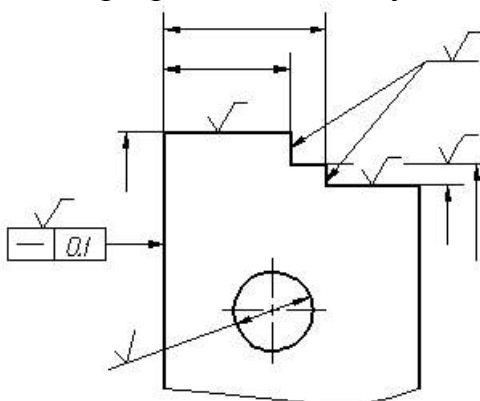


Рисунок 55

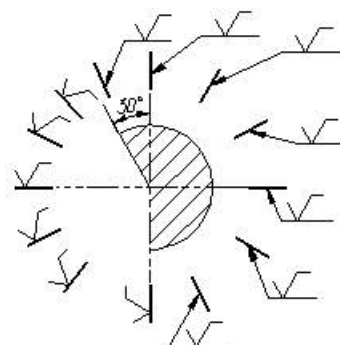


Рисунок 56

Острые знака всегда должно направляться «из пустоты к металлу». В зависимости от расположения поверхности знаки наносят так, как показано на рисунке 56.

При назначении величины параметра шероховатости на учебных чертежах можно использовать рекомендации, приведенные в таблице 5.

Таблица 5

Характер поверхности	Параметр Ra, мкм	Типовые поверхности деталей
1	2	3
Грубая (с явно выраженными следами обработки)	50 25 12,5	Не соприкасающиеся поверхности кронштейнов, фланцев и крышек арматуры котлов, резервуаров, вентилях давления и т.д.
Получистая (с малозаметными следами обработки)	6,3	Свободные поверхности валов, стоек, корпусов, кронштейнов. Поверхности отверстий из-под сверла
	3,2	Поверхности корпусов, кронштейнов, втулок, поводков, колец, крышек и других деталей, прилегающих к другим поверхностям. Наружные несоприкасающиеся поверхности зубчатых колес
	1,6	Сопряженные плоскости неподвижных соединений (опорные плоскости реек, торцевые поверхности деталей, прилегающих к другим деталям и т.п.). Внутренние поверхности корпусов под подшипники качения
Чистая (без видимых глазом следов обработки)	0,80	Посадочные поверхности зубчатых колес, червяков, втулок. Эвольвентные поверхности профиля зуба стальных зубчатых колес
	0,40	Рабочие шейки коленчатых распределительных валов. Поверхности валов под подшипники качения. Гнезда под вкладыши коленчатого вала. Рабочие плоскости призматических направляющих и направляющих типа «ласточкина хвоста»
	0,20	Посадочные поверхности точных осей и валов малого диаметра. Отверстия поршневых бобышек под палец
Весьма чистая (определяется только прибором)	0,10	Поверхности ответственных цилиндрических и призматических направляющих, работающих в условиях трения. Рабочие поверхности коленчатых и распределительных валов быстроходных двигателей

	0,05	Поверхности шариков и роликов подшипников качения. Наружная поверхность поршневого пальца. Зеркало цилиндрической гильзы. Поверхности трения фрикционов
--	------	---

2.3.5 Обозначение материалов

На чертежах деталей в основной надписи следует указывать те материалы, из которых изготовлены детали или из которых детали должны быть изготовлены.

При изготовлении деталей широко применяются как металлы и их сплавы, так и неметаллические материалы (пластмассы и др.).

К черным металлам относятся чугун и сталь, изделия из которых имеют серый и темно-серый цвет. К цветным металлам и сплавам относятся медь, цинк, алюминий и сплавы на их основе. Детали из алюминиевых сплавов имеют серебристо-серый цвет и отличаются сравнительно легким весом. Бронзовые и латунные детали узнают по золотисто-красному и золотисто-желтому цвету.

В общем случае при обозначении материала в основной надписи в графе «Материал» указывают название материала, его марку и номер ГОСТа.

2.4 ЧЕРТЕЖ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

2.4.1 Элементы зубчатого колеса

Окружность, по которой располагаются вершины зубьев, называется окружностью вершин; ее диаметр обозначается d_a (рисунок 57).

Окружность, по которой располагаются впадины зубьев, называется окружностью впадин, диаметр которой обозначается d_f .

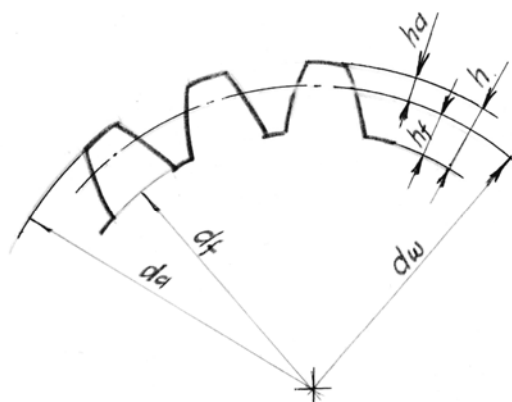


Рисунок 57

Окружности, имеющие центры на осях зубчатых колес и катящиеся одна по другой без скольжения, касаясь друг друга, называются начальными окружностями; их диаметр обозначается d .

2.4.2 Расчет зубчатого колеса

При составлении эскиза цилиндрического зубчатого колеса с натуры начинают с измерения диаметра окружности вершин (d_a) и подсчета числа зубьев (z).

Для вычисления модуля зубчатого колеса (m) воспользуемся формулой величины диаметра окружности вершин

$$d_a = m(z+2); \quad m = d_a / (z+2).$$

Модуль – это отношение шага зацепления P , взятого по делительной окружности, к числу π , т.е. $m = P/\pi$. Величина модуля стандартизована, поэтому вычисленный модуль необходимо сравнить с табличным и выбрать ближайшее значение. После этого необходимо вновь произвести расчет диаметров колеса.

Делительный диаметр: $d = m \times z$;

Диаметр впадин: $d_f = m(z-2,5)$.

Некоторые стандартные значения модулей (из ГОСТ 9563-60):

1-й ряд: 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6.

2-й ряд: 0,35; 0,45; 0,55; 0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7;

2.4.3 Оформление чертежа зубчатого колеса

После расчета параметров колеса можно приступить к составлению рабочего чертежа. За главное изображение принимается фронтальный разрез вдоль оси зубчатого колеса. При изображении цилиндрических зубчатых колес применяют ряд условностей. Если зубья показаны в разрезе, то они изображаются нерассеченными, как и ребра, тонкие стенки, спицы маховиков, попавшие в продольный разрез. Вид слева выполняется в том случае, когда необходимо показать конструктивные особенности колеса (отверстия различной формы, выполненные для облегчения). Допускается на виде сбоку показывать только посадочное отверстие, но не проводить все окружности зубчатого венца, как показано на рабочем чертеже зубчатого колеса (рисунок 58). Данные, необходимые для изготовления и контроля зубчатого колеса, указывают частично на изображении, частично в таблице параметров.

На чертеже зубчатого колеса по ГОСТу 2.403-75 указывают:

- диаметр окружности вершин d_a ;
- ширину зубчатого венца;
- размеры фасок, скруглений, других конструктивных элементов по общим правилам нанесения размеров;
- шероховатость поверхностей.

Таблица параметров располагается в правом верхнем углу формата на расстоянии 20 мм от верхней рамки чертежа. Размеры граф таблицы и ее содержание приведены в соответствующих стандартах (ГОСТ 2.403-75 – 2.408-68).

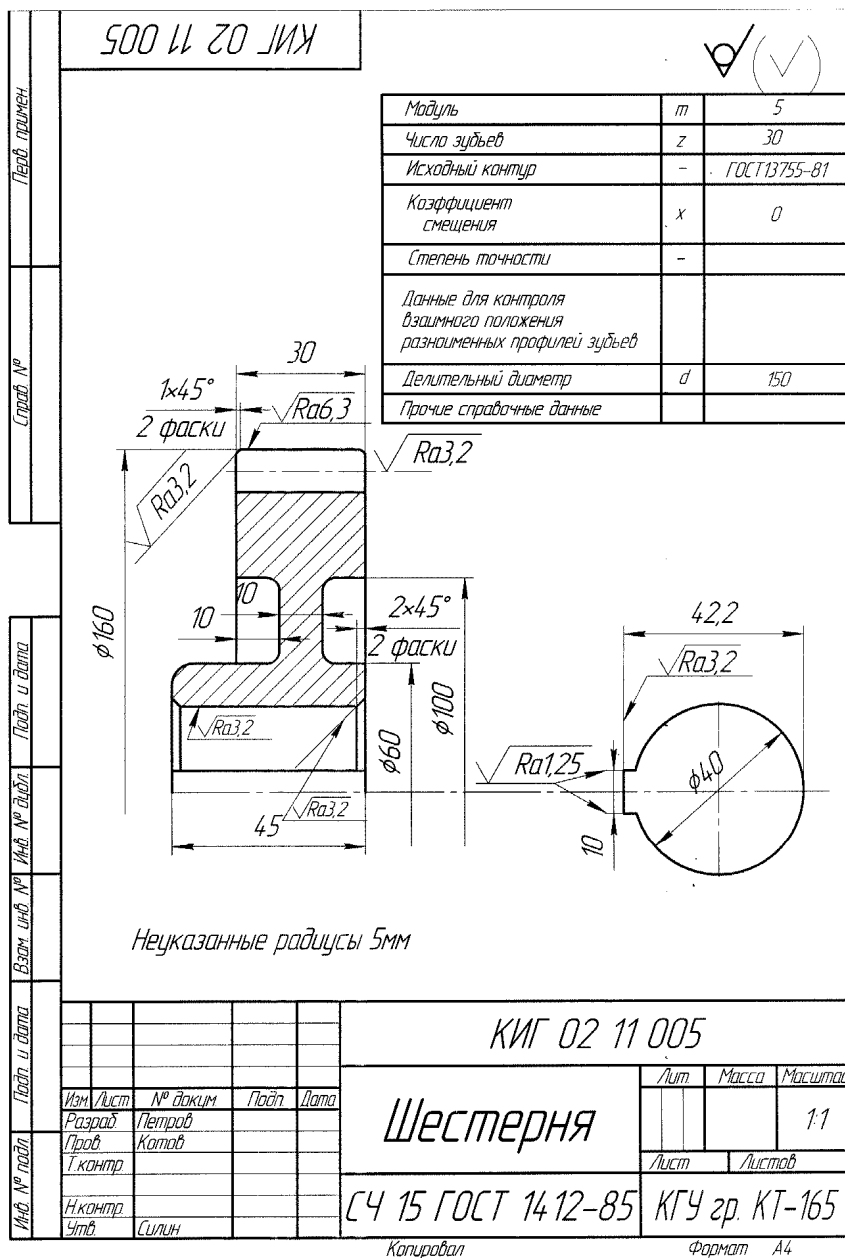


Рисунок 58
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К РАЗДЕЛУ
«МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ»

Задание 1

Построить третье изображение детали по двум заданным, выполнить указанные разрезы.

Задание 2

Выполнить изометрию детали задания 1 с вырезом 1/4. Нанести габаритные размеры.

Данные для задания 1 и 2 взять на рисунке 59.

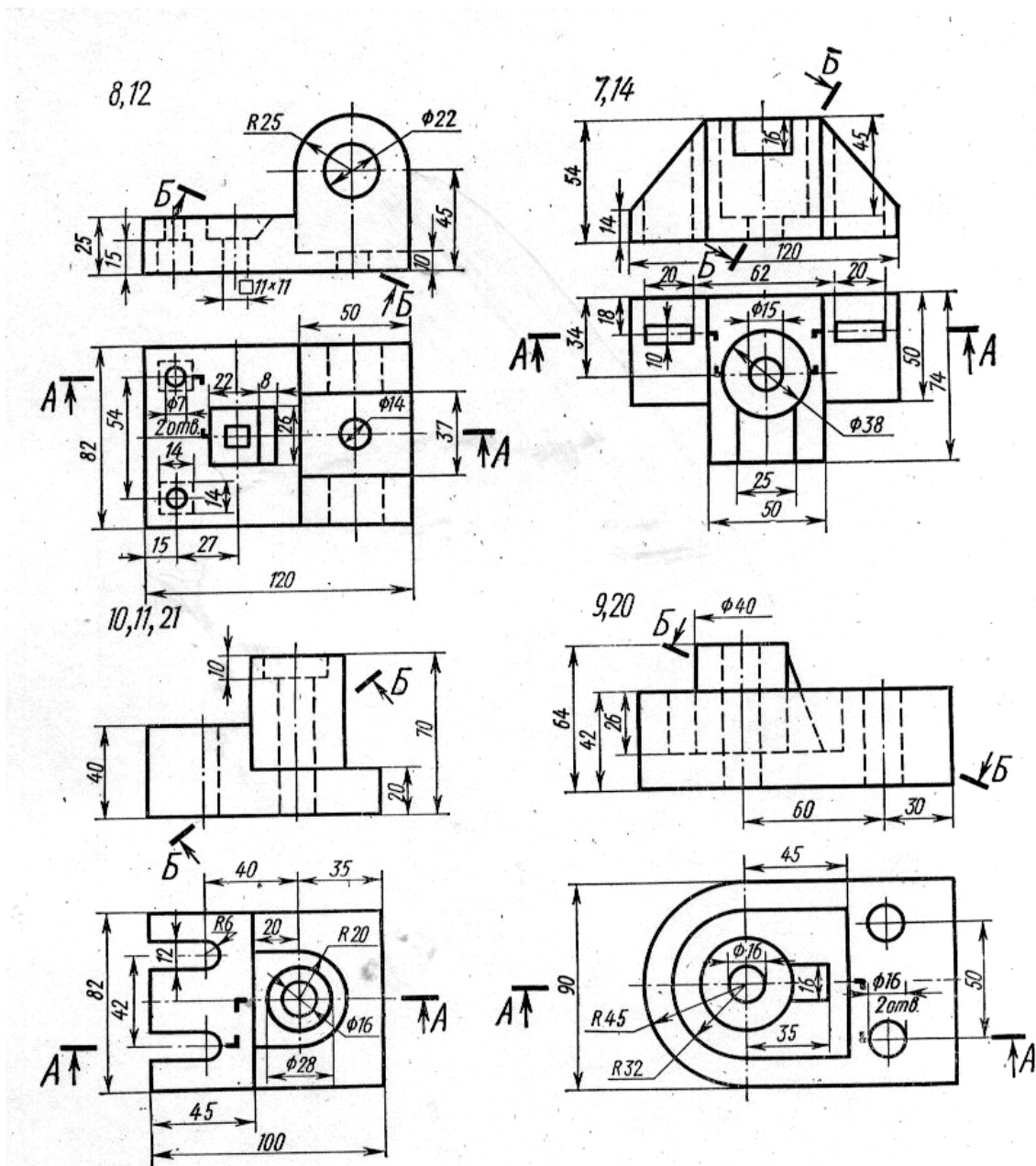


Рисунок 59

Задание 3

Выполнить эскиз детали 1 сложности (штуцер, гайка).

Задание 4

Выполнить рабочий чертеж детали 2 сложности (стойка, направляющая).

Задание 5

Выполнить рабочий чертеж зубчатого колеса.

Карпова Ирина Евгеньевна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методические указания и контрольные задания для студентов
специальности 230105

Редактор Н.Л. Борисова

Подписано к печати	Формат 60*84 1/16	Бумага тип.№1
Усл. п.л. 3,5	Уч.- изд. л. 3,5	
Заказ	Тираж	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25
Курганский государственный университет