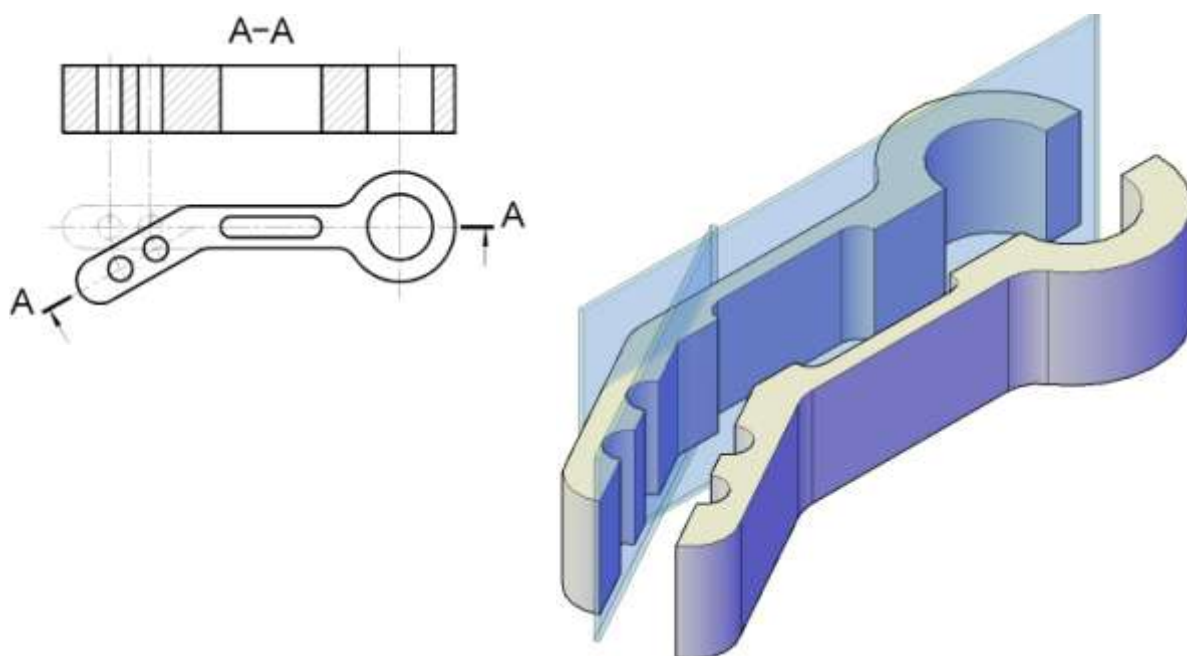


Васильева К. В., Кузнецова Т. В., Чувашев А. П.

ОСНОВЫ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРЧЕНИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский государственный университет леса

Васильева К. В., Кузнецова Т. В., Чувашев А. П.

ОСНОВЫ
ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРЧЕНИЯ
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
(Для самостоятельной работы студентов)

Москва – 2013

УДК 630*621.797

В95

Рецензенты: профессор Иванов Г. С., кафедра начертательной геометрии и инженерной графики МГТУ им. Баумана, Макуев В. А. зав. кафедрой колесных и гусеничных машин МГУЛ, д.т.н.

Основы проекционного черчения: учеб. пособие / Васильева К. В., Кузнецова Т. В., Чувашев А. П.; М.:ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013,с.66.

Учебное пособие содержит необходимые сведения по выполнению индивидуального задания по инженерной графике (У2)

Разработано в соответствии с ФГБОУ ВПО для всех направлений подготовки и специальностей

Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия редакционно-издательским советом МГУЛ

ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013

Оглавление

Предисловие.....	5
Принятые условные обозначения.....	5
Глава1. Введение в начертательную геометрию.....	6
1.1. Методы и свойства проецирования.....	6
1.1.1. Центральное проецирование.....	6
1.1.2. Параллельное проецирование.....	6
1.1.3. Прямоугольное проецирование.....	7
1.2. Чертеж Монжа.....	7
1.2.1. Двухкартинный чертеж Монжа.....	7
1.2.2. Трехкартинный чертеж Монжа.....	8
1.3. Прямая линия на чертеже Монжа	9
1.3.1 Прямая общего положения.....	9
1.3.2. Прямые частного положения.....	10
1.3.3. Определение натуральной величины отрезка прямой.....	11
1.3.4. Деление отрезка прямой в заданном отношении.....	12
1.4. Плоскость на чертеже Монжа	12
1.4.1. Плоскость общего положения.....	13
1.4.2. Плоскости частного положения.....	13
1.4.3. Плоскости уровня.....	14
1.5. Изображения основных геометрических тел.....	16
1.6. Точки на поверхностях.....	17
1.6.1. Призма.....	17
1.6.2. Пирамида.....	17
1.6.3. Поверхности вращения.....	18
1.7. Другие виды обратимых изображений.....	19
1.7.1. Перспектива	19
1.7.2. Проекции с числовыми отметками.....	20
Глава2. Проекционное черчение.....	21
2.1. Правила изображения предметов на чертеже.....	21
2.2. Основные виды и их расположение на чертежах.....	23
2.3. Дополнительные и местные виды.....	23
2.4. Сечения.....	25
2.5. Разрезы.....	29
2.6. Выносные элементы.....	33
2.7. Некоторые условности и упрощения по ГОСТ 2.305-68.....	34

Глава3. Выполнение расчетно-графических работ (РГР)	36
по проекционному черчению.....	36
3.1. Выполнение задачи У2.000.000.001М. Чертеж модели.....	36
3.1.1. Первый этап У2.000.000.001М.....	37
3.1.2. Второй этап У2.000.000.001М.....	38
3.1.3. Третий этап У2.000.000.001М.....	38
3.1.4. Четвертый этап У2.000.000.001М.....	39
3.1.5. Пятый этап У2.000.000.001М.....	41
3.2. Выполнение задачи У2.000.000.001.....	43
3.2.1. Пример выполнения задания.....	43
3.2.2. Построение развертки поверхности.....	46
3.3. Выполнение задачи У2.000.000.002.....	47
3.3.1. Пример выполнения задания.....	47
3.4. Выполнение задачи У2.000.000.003.....	52
Глава4. Аксонометрические проекции.....	53
4.1. Теория аксонометрического изображения.....	53
4.2. Основные понятия и определения.....	55
4.3. Прямоугольная аксонометрия и ее свойства.....	57
4.4. Сравнение свойств чертежа Монжа и аксонометрии.....	58
4.5. Техника выполнения чертежей в аксонометрических проекциях.....	59
4.5.1. Прямоугольная изометрия.....	59
4.5.2. Прямоугольная диметрия.....	63
4.5.3. Пример выполнения задания У2.000.000.003А.....	64
Библиографический список.....	66

Предисловие

Настоящее учебное пособие ориентировано на самостоятельную работу студентов. Для этого в пособие включены наиболее важные справочные материалы, необходимые для выполнения задач по проекционному черчению.

В пособие включены новые разделы: «Методы и свойства проецирования», «Чертеж Монжа», «Прямая линия на чертеже Монжа», «Плоскость на чертеже Монжа», «Другие виды обратимого изображения», которые должны помочь студентам в развитии пространственного мышления, облегчить изучение проекционных построений.

Успешное изучение проекционного черчения закладывает фундамент для работы в области машиностроительного черчения.

Принятые обозначения

1. Точки обозначаются прописными буквами латинского алфавита или арабскими цифрами (A, B, C, 1, 2); прямые и кривые линии – строчными буквами латинского алфавита (a, b, c, n, m, f, h – обозначение прямых в пространстве, x_{12} , y_{23} , z_{13} – оси проекций); плоскости и поверхности – прописными буквами греческого алфавита (Γ – гамма, Π – пи, Σ – сигма, Φ – фи); углы – строчными буквами греческого алфавита ξ , β , γ

2. За точками, линиями и плоскостями, занимающими частное положения, закрепляются следующие обозначения:

S – центр проецирования, s – направление проецирования,
 k – постоянная прямая трехкартинного чертежа (эпюра) Монжа,
 h – горизонтальная прямая уровня (горизонталь),
 f – фронтальная прямая уровня (фронталь),
 p – профильная прямая уровня,
 Π_1 – горизонтальная плоскость проекций,
 Π_2 – фронтальная плоскость проекций,
 Π_3 – профильная плоскость проекций,
 Π' – аксонометрическая плоскость проекций.

3. Используются следующие символы:

$\in$ – принадлежность точки (элемента множества) геометрической фигуре:

$A \in m, A \in \Phi$,

$\subset$ – принадлежность линии поверхности (плоскости),

$\cap$ – пересечение фигур,

$\parallel$ – параллельность,

$\perp$ – перпендикулярность,

н.в. – натуральная величина геометрической фигуры.

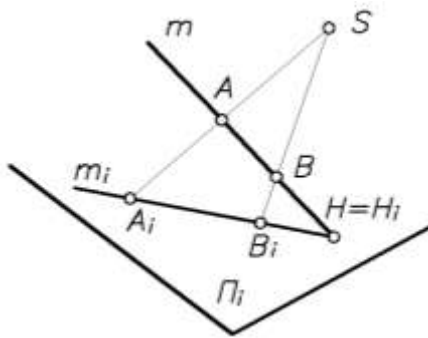
Глава 1. Введение в начертательную геометрию

1.1. Методы и свойства проецирования

Основным методом начертательной геометрии является метод проецирования. Основным элементом геометрических построений является точка, т.к. две точки определяют прямую, три точки задают плоскость.

Рассмотрим центральное, параллельное и ортогональное проецирование.

1.1.1. Центральное проецирование (рис.1) состоит из центра проецирования S и плоскости проекций Π_i , которую иногда называют картинной плоскостью. Для построения проекции A_i некоторой точки A пространства выполняют следующие операции: 1) строят проецирующую прямую SA ; 2) определяют точку A_i пересечения прямой SA с плоскостью Π_i . Точку A_i называют **центральной проекцией** точки A .

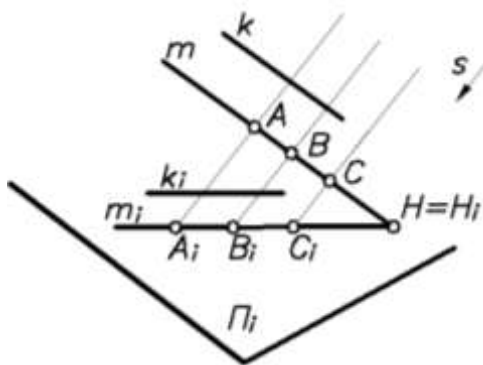


Отметим **основные свойства** центрального проецирования:

- 1) проекция точки является точка ($A \rightarrow A_i$);
- 2) прямая проецируется в прямую ($m \rightarrow m_i$);
- 3) сохраняется принадлежность ($A \in m \rightarrow A_i \in m_i$).

Рис.1. Центральное проецирование

1.1.2. Параллельное проецирование (рис.2) является частным случаем центрального проецирования, когда центр проецирования S становится несобственным. Поэтому обычно вместо несобственного центра проецирования говорят о направлении проецирования s . Точки A_i, B_i, C_i называют **проекциями точек** A, B, C на плоскость проекций Π_i .



Первые три свойства центрального проецирования, сформулированные в п.1.1.1, будут справедливыми и в случае параллельного проецирования.

Добавим ещё **три свойства** параллельного проецирования:

- 4) сохраняется простое отношение трех точек:

$$\frac{AC}{BC} \equiv \frac{A_i C_i}{B_i C_i};$$

Рис.2. Параллельное проецирование

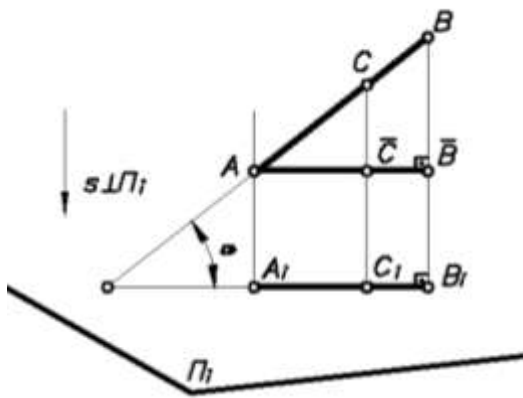
- 5) сохраняется параллельность: $m \parallel k \rightarrow m_i \parallel k_i$;

б) отношения длин проекций отрезков параллельных прямых к длинам самих отрезков постоянны:

$$\frac{A_i C_i}{AC} = \frac{B_i C_i}{BC}.$$

1.1.3. Прямоугольное проецирование (рис.3) является частным случаем параллельного проецирования. Если направление s параллельного проецирования перпендикулярно плоскости проекций Π_i , то проецирование называется **прямоугольным (ортогональным)**.

Все свойства центрального и параллельного проецирования справедливы в случае прямоугольного проецирования. Требуется уточнения лишь шестое свойство.



$$\frac{A_i C_i}{AC} = \frac{B_i C_i}{BC} = \cos \alpha,$$

где α - угол между отрезками AB , BC и плоскостью Π_i .

Рис.3. Прямоугольное (ортогональное) проецирование

1.2. Чертеж Монжа

Французский математик и инженер Гаспар Монж (1746-1818гг.), систематизировав и обобщив к тому времени знания по теории и практике построения изображений предметов пространства, предложил получать их изображения путем прямоугольного проецирования на две или три взаимно перпендикулярные плоскости проекций. В зависимости от этого такие чертежи называют **двухкартинными** или **трехкартинными**.

1.2.1. Двухкартинный чертеж Монжа

Рассмотрим получение двухкартинного чертежа (рис.4а). Одна из плоскостей проекций всегда располагается горизонтально. Она называется **горизонтальной плоскостью проекций** и обозначается буквой Π_1 . Вторая плоскость, вертикальная, называется **фронтальной плоскостью проекций** и обозначается буквой Π_2 . Линию их пересечения принимают за ось Ox декартовой системы координат, ось Oy принадлежит Π_1 , ось Oz – Π_2 (положительные направления осей координат указаны стрелками). Прямоугольные проекции A_1 , A_2 точки A на плоскости проекций Π_1 , Π_2 соответственно называются горизонтальной проекцией A_1 и фронтальной проекцией A_2 точки A .

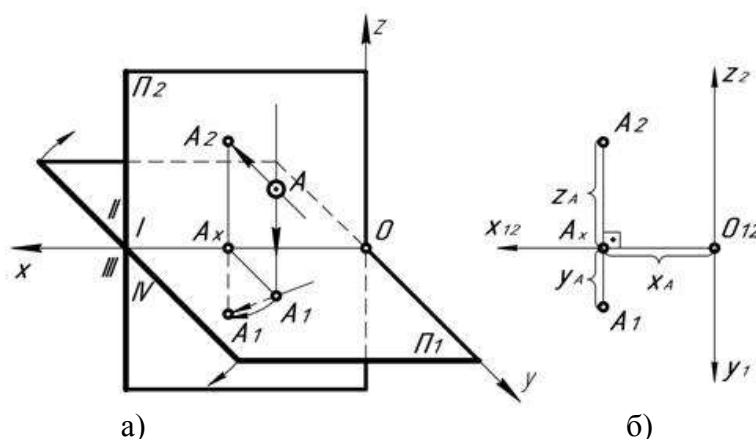


Рис.4. Двухкартинный чертеж Монжа

Вращением вокруг оси Ox плоскость Π_1 совмещается с плоскостью Π_2 . При этом проекции A_1, A_2 точки A будут расположены на прямой A_1A_2 , перпендикулярной оси Ox и называемой линией связи (рис.4 б). Полученное изображение называется **эпюром (чертежом) Монжа** или **комплексным чертежом**.

Плоскости проекций Π_1, Π_2 делят пространство на четыре части, называемые **четвертями**. В зависимости от расположения точки A в той или иной четверти её проекции A_1, A_2 могут занимать различное положение относительно оси Ox .

1.2.2. Трёхкартинный чертеж Монжа

Трёхкартинный чертеж Монжа получается из двухкартинного путем добавления третьей плоскости проекций Π_3 , перпендикулярной плоскостям проекций Π_1 и Π_2 (рис. 5а). Эта плоскость называется **профильной плоскостью проекций**.

Трёхкартинные чертежи строят для изображения сложных фигур, если на двухкартинном чертеже появляются сложности в чтении чертежа фигуры.

Пример приведен на рис. 5.

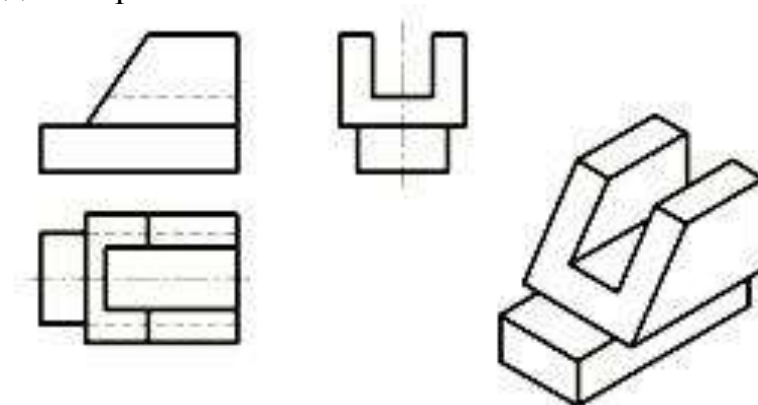


Рис.5. Трёхкартинный чертеж фигуры

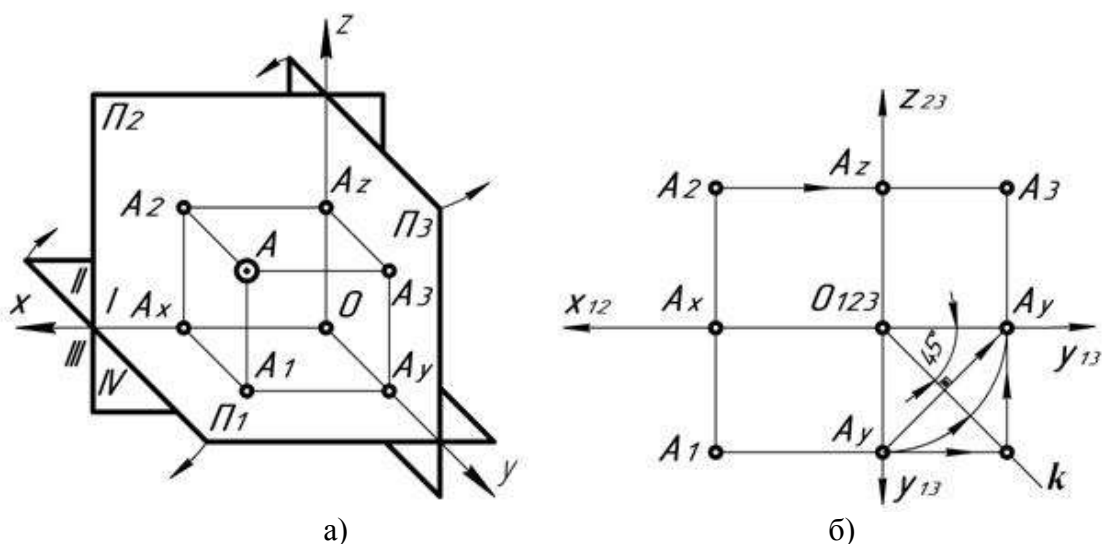


Рис.6. Трехкартинный чертеж Монжа

Для получения трехкартинного чертежа Монжа плоскости проекций Π_1 , Π_3 вращением соответственно вокруг осей Ox , Oz (рис.6 а) совмещаются с фронтальной плоскостью проекций Π_2 . Проекции A_1 , A_2 , A_3 произвольной точки A пространства расположены на линиях связи, перпендикулярных соответствующим осям координат: $A_1A_2 \perp x_{12}$, $A_2A_3 \perp z_{23}$ (рис. 6 б). A_3 называется **профильной проекцией точки A** . Для построения третьей проекции A_3 удобно использовать постоянную линию чертежа k , проходящую через начало координат и составляющую с осью x_{12} угол 45° .

В ряде случаев на чертежах Монжа не указываются оси. Такие чертежи называются **безосными**.

1.3. Прямая линия на чертеже Монжа

1.3.1. Прямая общего положения

Прямая общего положения - это прямая, расположенная произвольно относительно плоскостей проекций (рис.7).

В соответствии со свойством проецирования проекция прямой является прямой. Так как прямая m однозначно определяется двумя точками A и B , то ее проекции определяются проекциями этих точек. В силу сохранения свойства принадлежности при проецировании проекции прямой проходят через одноименные проекции точек: $m_1(A_1, B_1)$, $m_2(A_2, B_2)$. И обратно, точка A принадлежит прямой m , если ее проекции принадлежат одноименным проекциям прямой: $A \in m$, если $A_1 \in m_1$, $A_2 \in m_2$.

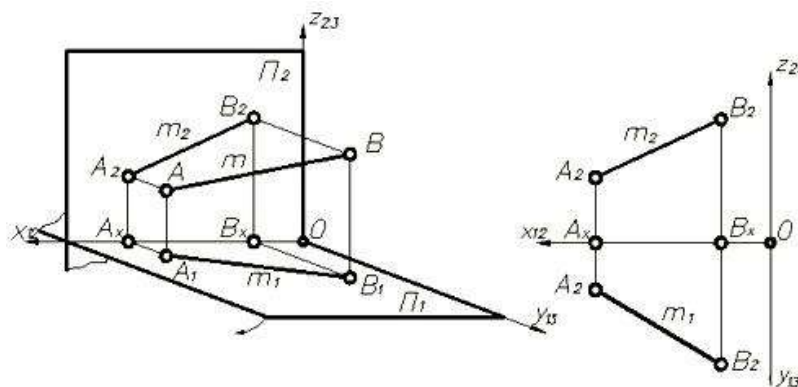


Рис.7. Прямая общего положения

1.3.2. Прямые частного положения

Прямые частного положения - это прямые, расположенные по отношению к плоскостям проекций параллельно или перпендикулярно.

1.3.2.1. Прямая, параллельная какой-либо плоскости проекций, называется **прямой уровня**. На чертеже Монжа различают (рис.8):

- горизонтальную прямую уровня (горизонталь) $h \parallel \Pi_1$;
- фронтальную прямую уровня (фронталь) $f \parallel \Pi_2$;
- профильную прямую уровня $p \parallel \Pi_3$.

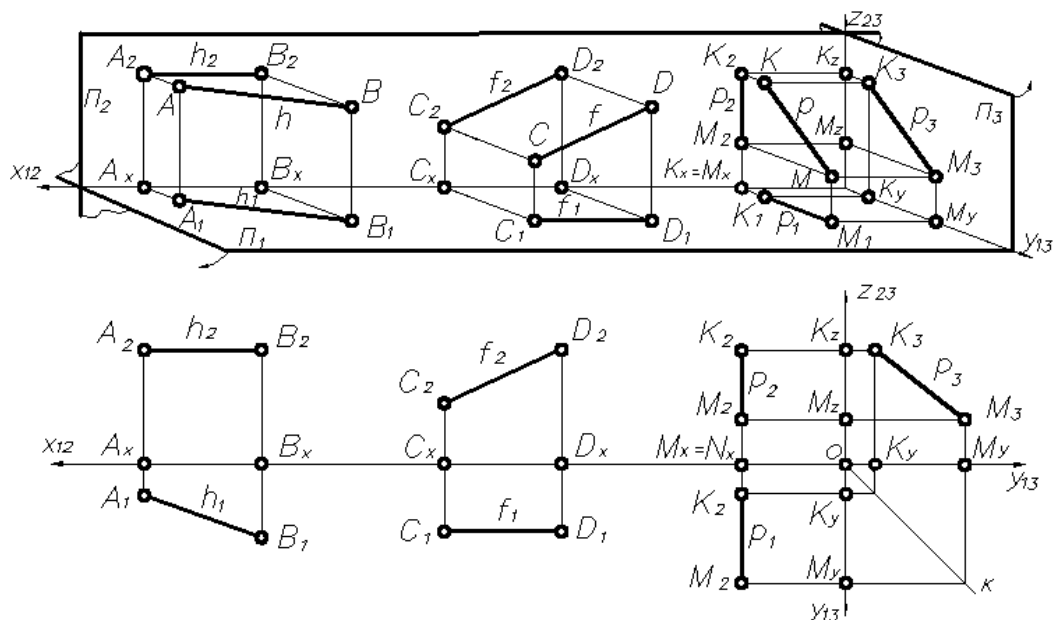


Рис.8. Прямые уровня

1.3.2.2. Прямая, перпендикулярная какой-либо плоскости проекций, называется **проецирующей**. Признаком проецирующей прямой является вырождение какой-либо ее проекции в точку. Применительно к чертежу Монжа проецирующая прямая называется (рис.9):

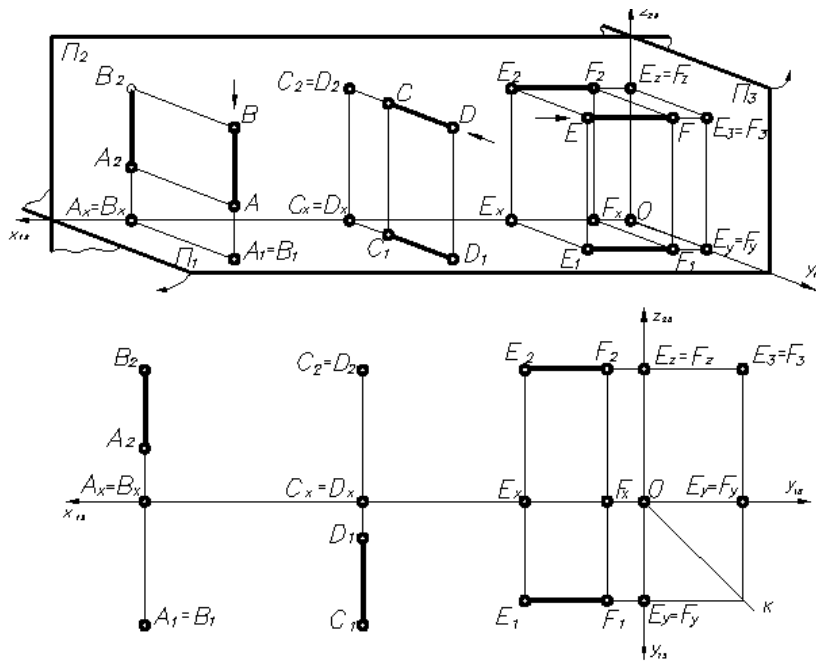


Рис.9. Проецирующие прямые

- горизонтально-проецирующая, если она перпендикулярна Π_1 (AB);
- фронтально-проецирующая, если она перпендикулярна Π_2 (CD);
- профильно-проецирующая, если она перпендикулярна Π_3 (EF);

1.3.3. Определение натуральной величины отрезка прямой

Натуральную величину отрезка определяют как гипотенузу прямоугольного треугольника, одним из катетов которого является горизонтальная (фронтальная) проекция отрезка, другим – разность расстояний от концов отрезка до горизонтальной (фронтальной) плоскости проекций.

Угол наклона прямой линии к плоскости проекций определяется как угол между прямой и ее проекцией на эту плоскость.

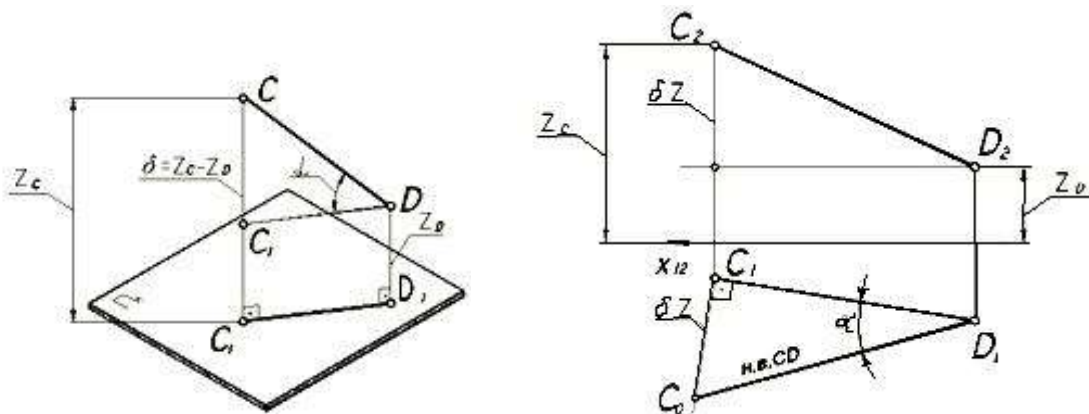


Рис.10. Определение натуральной величины отрезка

Определение натуральной величины отрезка CD прямой общего положения на рисунке 10 выполнено на горизонтальной плоскости проекции. Натуральная величина отрезка CD на чертеже Монжа – это отрезок C_0D_1 , который является гипотенузой прямоугольного треугольника $C_1C_0D_1$.

Величину угла наклона отрезка CD к плоскости Π_1 - α определяют из того же треугольника $C_1C_0D_1$, что и натуральную величину отрезка CD .

1.3.4. Деление отрезка в данном отношении

Если точка на отрезке делит его длину в данном отношении, то проекция точки делит длину одноименной проекции отрезка в том же отношении.

Пример построения на чертеже проекций K_1 и K_2 точки K , делящей отрезок AB с проекциями A_1B_1 и A_2B_2 в отношении 1:3 показан на рисунке 11.

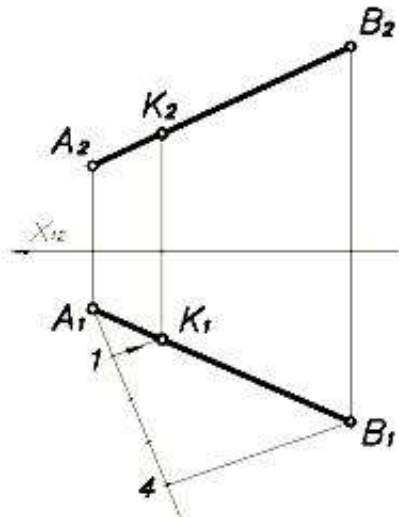


Рис.11. Деление отрезка в отношении 1:3

1.4. Плоскость на чертеже Монжа

Так как плоскость однозначно определяется тремя точками, и как следствие, точкой и прямой, двумя пересекающимися или параллельными прямыми, то плоскость задается проекциями указанных трех точек, точки и прямой, двух пересекающихся или параллельных прямых. Способ задания плоскости будем указывать обозначениями соответствующих элементов, заключенных в круглые скобки и записанных после обозначения плоскости.

Например, $\Phi(A,B,C)$ – плоскость Φ , определяемая точками A, B, C , задается на чертеже проекциями указанных точек.

1.4.1. Плоскости общего положения

Плоскость, произвольно расположенная относительно плоскостей проекций, называется плоскостью **общего положения** (рис.12).

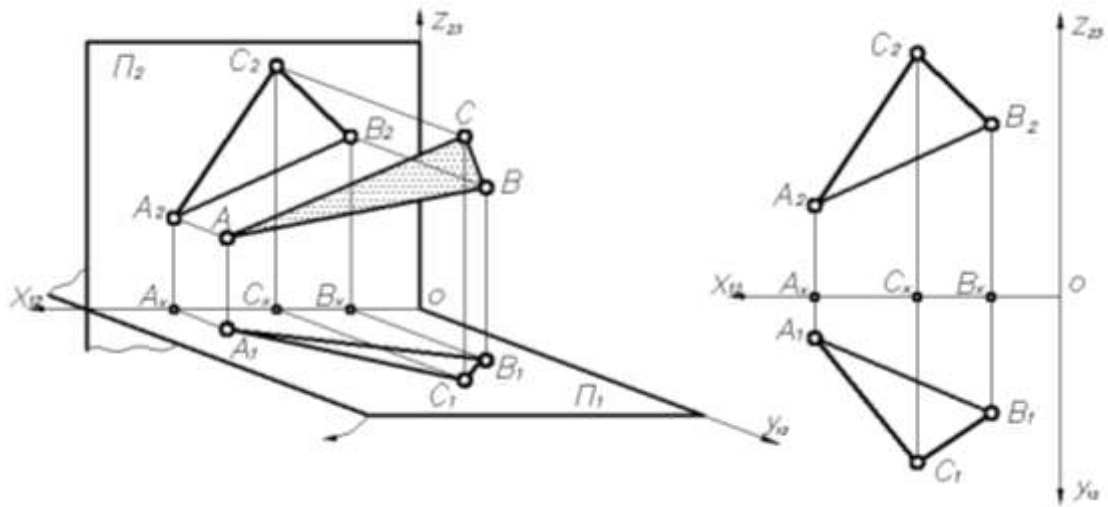


Рис.12. Плоскость общего положения

1.4.2. Плоскости частного положения

Плоскость, перпендикулярная какой-либо плоскости проекций, называется **проецирующей**. Плоскость, параллельная какой-либо плоскости проекций, называется **плоскостью уровня**.

1.4.2.1. На чертеже Монжа различают **горизонтально, фронтально и профильно проецирующие плоскости**.

У проецирующих плоскостей одна проекция вырождается в **прямую**. Поэтому соответствующая проекция любой фигуры, принадлежащей такой плоскости, вырождается в прямую. Проецирующая плоскость однозначно задается на чертеже своей вырожденной проекцией.

Плоскость, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций Π_1 , называется **горизонтально проецирующей плоскостью**. На рисунке 13 изображена горизонтально проецирующая плоскость $\Sigma(ABC)$.

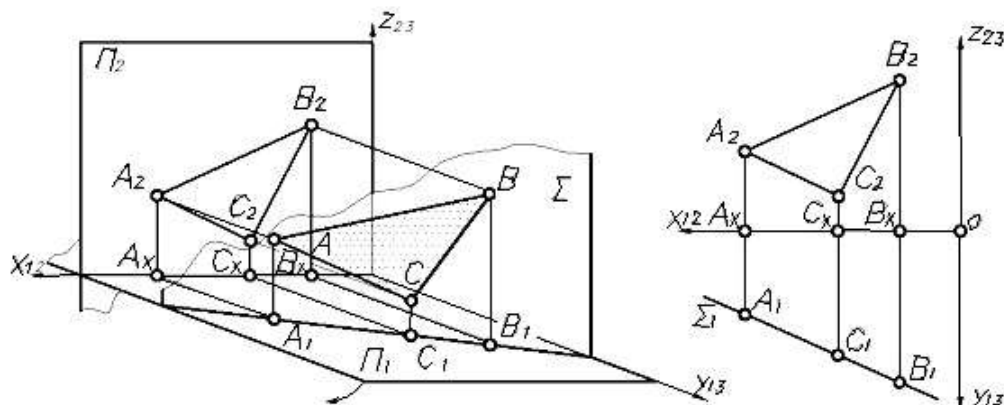


Рис.13. Горизонтально проецирующая плоскость

Плоскость, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций Π_2 , называется **фронтально проецирующей плоскостью**. На рисунке 14 изображена фронтально проецирующая плоскость $Q(ABC)$.

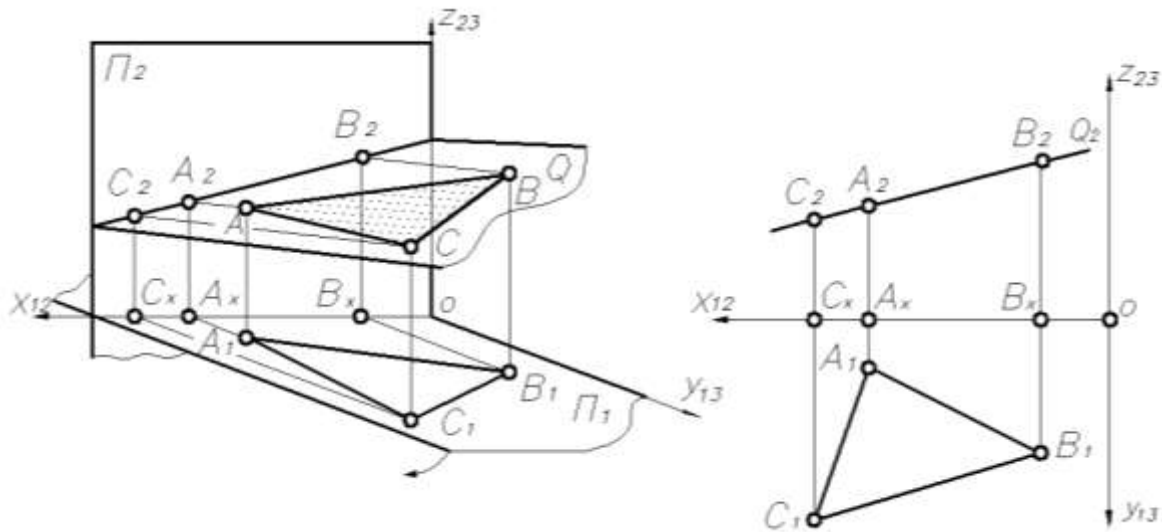
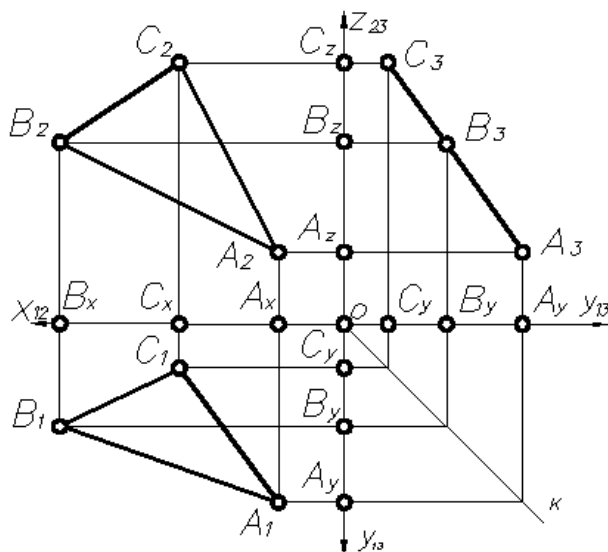


Рис.14. Фронтально проецирующая плоскость



Плоскость, перпендикулярная профильной плоскости проекций Π_3 , называется **профильно проецирующей плоскостью**. На рисунке 15 изображена профильно проецирующая плоскость $W(ABC)$.

Рис.15. Профильно проецирующая плоскость

1.4.2. Плоскости уровня

Плоскости уровня являются частными случаями проецирующих плоскостей. На чертеже Монжа различают **горизонтальные, фронтальные и профильные плоскости уровня**.

Фигура, принадлежащая плоскости уровня, проецируется на соответствующую плоскость проекций в натуральную величину.

Плоскость, параллельная горизонтальной плоскости проекций Π_1 , называется **горизонтальной плоскостью уровня**. На рисунке 16 изображена горизонтальная плоскость уровня $\Gamma(ABC)$.

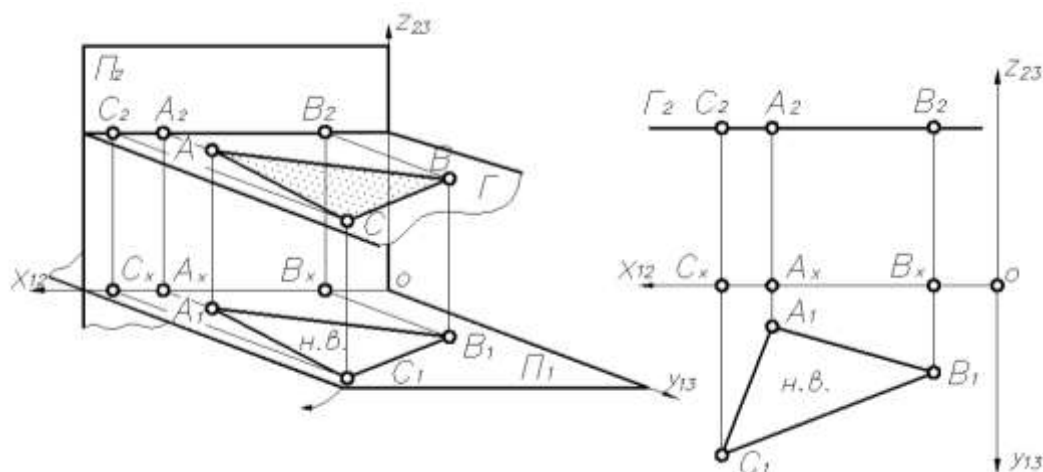


Рис.16. Горизонтальная плоскость уровня

Плоскость, параллельная фронтальной плоскости проекций Π_2 , называется **фронтальной плоскостью уровня**. На рисунке 17 изображена фронтальная плоскость уровня $\Phi(ABC)$.

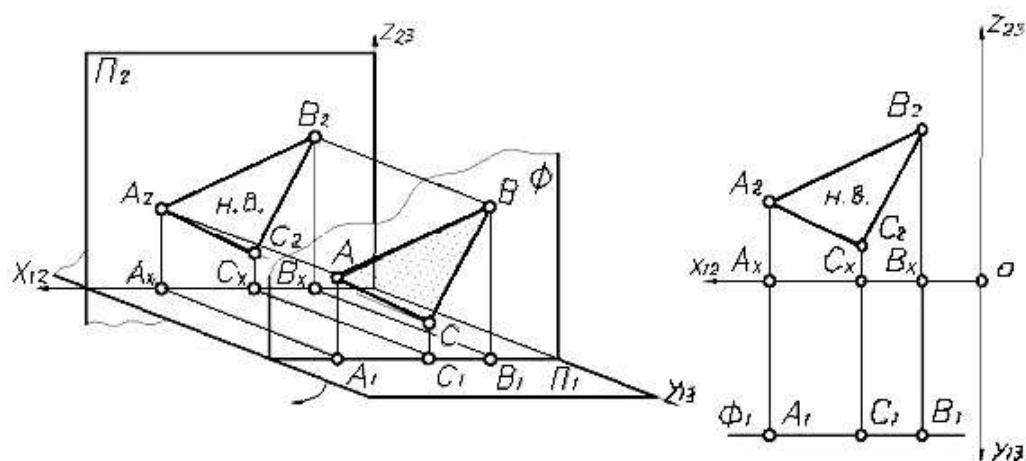


Рис.17. Фронтальная плоскость уровня

Плоскость, параллельная профильной плоскости проекций Π_3 , называется **профильной плоскостью уровня**. На рисунке 18 изображена профильная плоскость уровня $W(ABC)$.

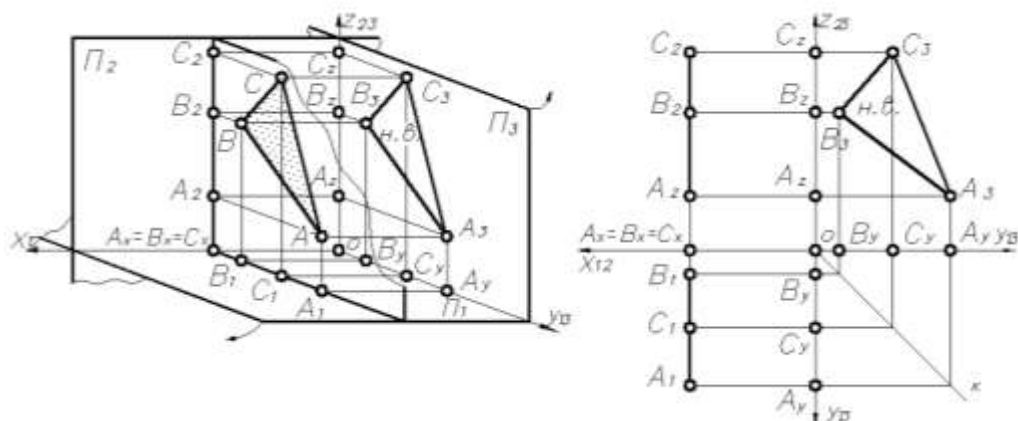
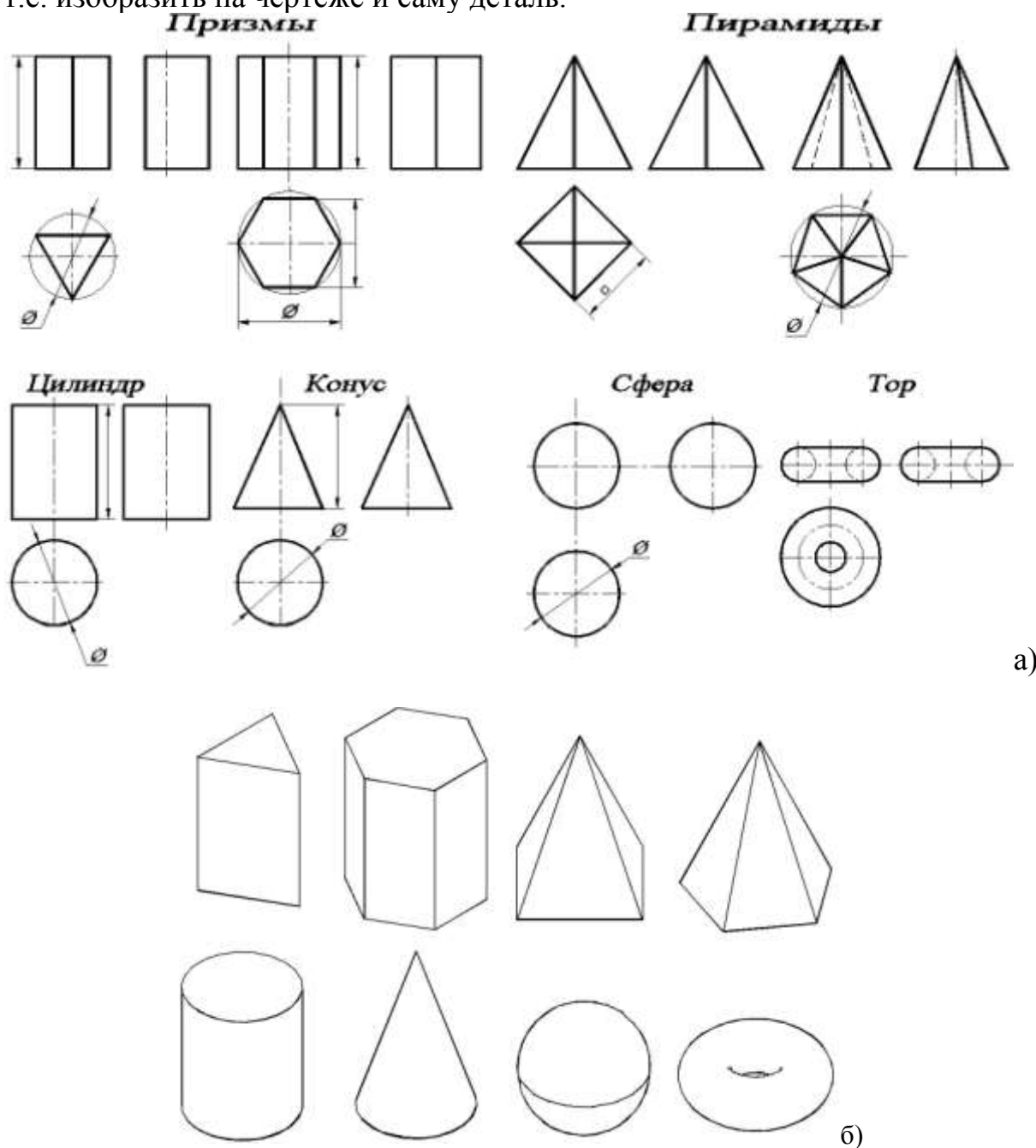


Рис.18. Профильная плоскость уровня

1.5. Изображения основных геометрических тел

Любая машиностроительная деталь представляет собой сочетание основных геометрических тел или их частей. Практика показала, что, зная изображения простых геометрических тел, из которых состоит деталь, можно сравнительно легко воспроизвести и все их возможные сочетания, т.е. изобразить на чертеже и саму деталь.



a)

б)

Рис.19. Основные геометрические тела: а) проекции геометрических тел; б) их наглядные изображения

На рис.19а изображены проекции основных геометрических тел (призм, пирамид, цилиндра, конуса, сферы и тора) и их наглядные изображения изображены на рис.19б.

1.6. Точки на поверхностях

1.6.1. Призма

Многогранник, у которого основания – равные многоугольники, лежащие в параллельных плоскостях, а боковые грани – параллелограммы (рис.34), называется призмой.

Если точка принадлежит поверхности призмы, то проекции точки принадлежат соответствующим проекциям граней или ребер.

Призма прямая, если боковые ребра перпендикулярны основанию (рис.20). В этом случае боковые грани – прямоугольники. Если на какой-либо боковой грани взять произвольную точку, например, на $G_2G_2'F_2'F_2$ взять точку $K(K_2)$. Плоскость $GG'F'F$ является горизонтально проецирующей плоскостью. На горизонтальной плоскости проекций горизонтальная проекция этой точки (K_1) будет лежать на вырожденной проекции боковой грани, (прямая линия) и будет определяться, как точка пересечения проекции боковой грани с линией проекционной связи, проведенной через фронтальную проекцию точки K_2 .

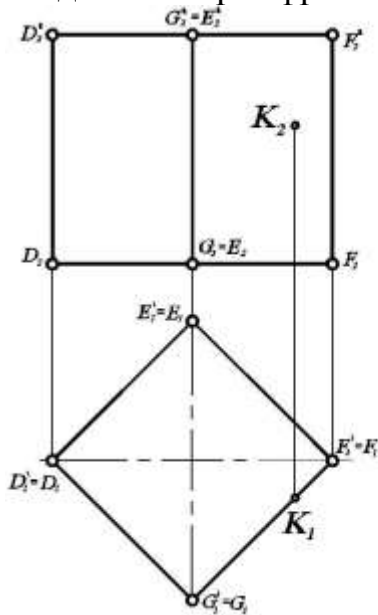


Рис.20. Прямая призма и точка на поверхности призмы

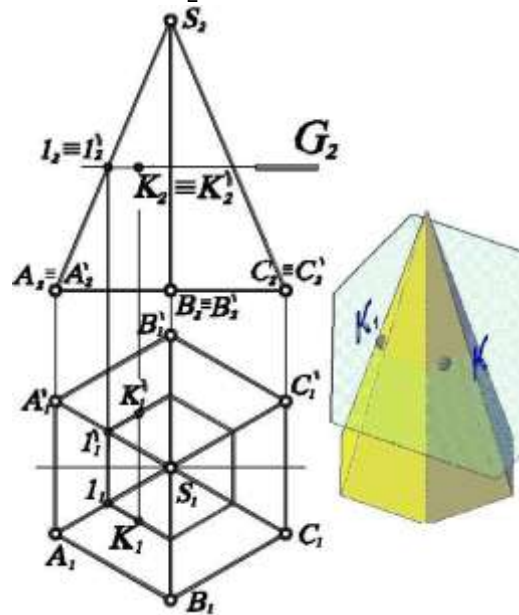


Рис. 21. Прямая пирамида и точки, принадлежащие поверхности

1.6.2. Пирамида

Многогранник – в основании, которого лежит многоугольник, боковые грани – треугольники с общей вершиной. Пирамида называется правильной, если, в ее основании лежит правильный многоугольник. А высота из вершины, попадает в центр этого многоугольника (рис.21).

На рис.21 даны проекции правильной шестиугольной пирамиды. На этой же фигуре показано построение горизонтальных проекций K_1 и K_1' точек K и K' , расположенных в плоскостях ABS и $A'B'S$. Взяв фронтально - проецирующую плоскость G , проходящую через точки K и K' , на горизонтальной проекции пирамиды, строится сечение. Это будет

многоугольник, параллельный основанию и подобный ему. По линиям проекционной связи, на этом сечении определяются искомые точки.

1.6.3. Поверхности вращения

На рис. 22 дан цилиндр вращения и показано построение точек A и A' на поверхности цилиндра. Все точки, принадлежащие боковой поверхности цилиндра, на виде сверху лежат на окружности, в которую проецируется цилиндр на горизонтальной плоскости проекций.

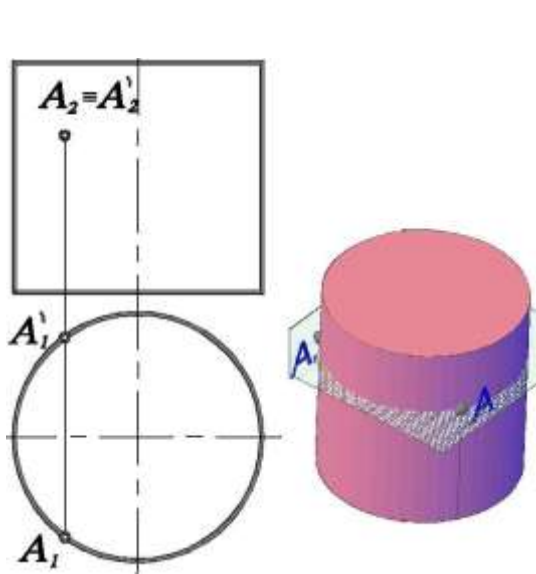


Рис.22 Цилиндр и точки на поверхности цилиндра

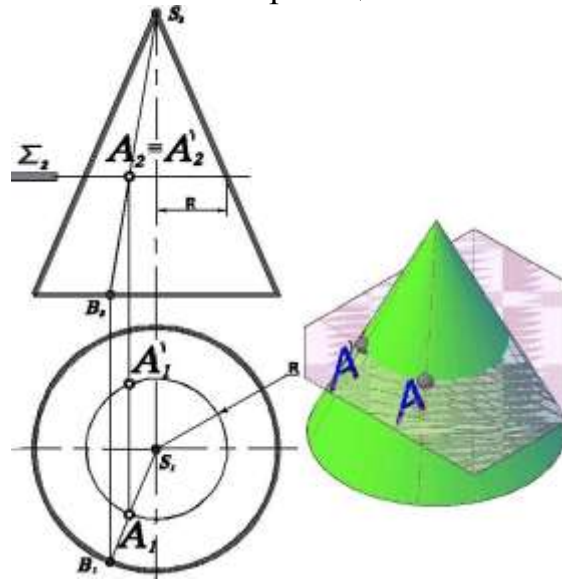


Рис.23. Конус и точки на поверхности конуса

На фронтальной проекции цилиндра через фронтальные проекции точек A_2 и A_2' проводятся линии проекционной связи, в пересечении горизонтальной проекции цилиндра и линий связи находятся искомые горизонтальные проекции точек A_1 и A_1' .

На рис.23 дан конус и точки, принадлежащие его поверхности. Для построения точек, можно через их фронтальные проекции A_2 и A_2' провести секущую плоскость Σ , параллельную горизонтальной плоскости проекций. Сечение конуса этой плоскостью даст окружность с радиусом R , построив горизонтальную проекцию этого сечения, по линиям проекционной связи, на горизонтальной проекции конуса определяются искомые горизонтальные проекции точек. Точку на боковой поверхности конуса можно построить с помощью образующих. Для этого через вершину конуса и точку на боковой поверхности проводят прямую (образующую SB). На фронтальной проекции конуса это будет прямая S_2B_2 . На горизонтальной проекции основания конуса, по линии проекционной связи, определяется горизонтальная проекция точки B_1 , через которую проходит образующая. Точка A принадлежит прямой SB , следовательно, горизонтальная проекция этой точки должна лежать на

горизонтальной проекции этой же прямой. Если из фронтальной проекции точки A_2 провести линию проекционной связи до пересечения с построенной горизонтальной проекцией образующей, то будет определена горизонтальная проекция точки, принадлежащей боковой поверхности конуса.

На рис.24 дан пример нахождения точек на поверхности сферы и тора. Рассуждения по построениям аналогичны построению точек на поверхности конуса.

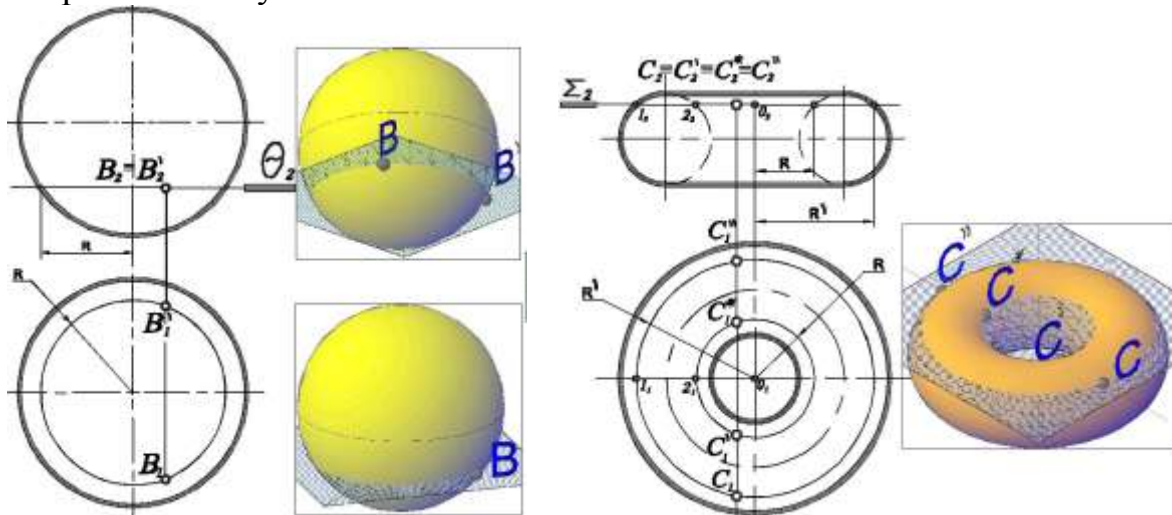


Рис.24. Сфера и тор, точки на поверхностях сферы и тора

1.7. Другие виды обратимых изображений

В инженерной практике широко применяются другие виды обратимых изображений: 1) аксонометрическое изображение (аксонометрия) рассматривается далее в главе 4; 2) перспектива; 3) проекция с числовыми отметками.

1.7.1. Перспектива

Перспектива в геометрии — способ изображения фигур, основанный на применении центрального проектирования.

Для получения перспективного изображения какого-либо предмета проводят из центра перспективы лучи ко всем точкам данного предмета. На пути лучей ставят ту поверхность, на которой желают получить изображение. В пересечении проведённых лучей с поверхностью получают искомое изображение предмета. Например, перспективное изображение предмета на плоскости (линейная перспектива), на внутренней поверхности цилиндра (панорамная перспектива), на внутренней поверхности сферы (купольная перспектива).

Познакомимся с общими сведениями о геометрических основах теории перспективы.

С позиций метода двух изображений построение перспективы выполняется по следующей схеме (рис. 25а). Плоскость изображения Π совмещается с картинной плоскостью Π_2 , а другая вспомогательная плоскость проекций Π_1 , называемая предметной, выбирается перпендикулярной картинной плоскости Π_2 . Обычно картинная плоскость располагается вертикально. Первый вспомогательный центр проецирования S_1 расположен в бесконечности в перпендикулярном направлении к предметной плоскости Π_1 . Второй вспомогательный центр S_2 совпадает с основным центром проецирования S и называется точкой зрения.

На рисунке 25а дополнительно показана плоскость горизонта Γ , которая проходит через точку зрения S и параллельна предметной плоскости Π_1 . Она пересекает картинную плоскость Π по линии горизонта h , параллельной основанию картины $t = \Pi \cap \Pi_1$. Основание перпендикуляра P ,

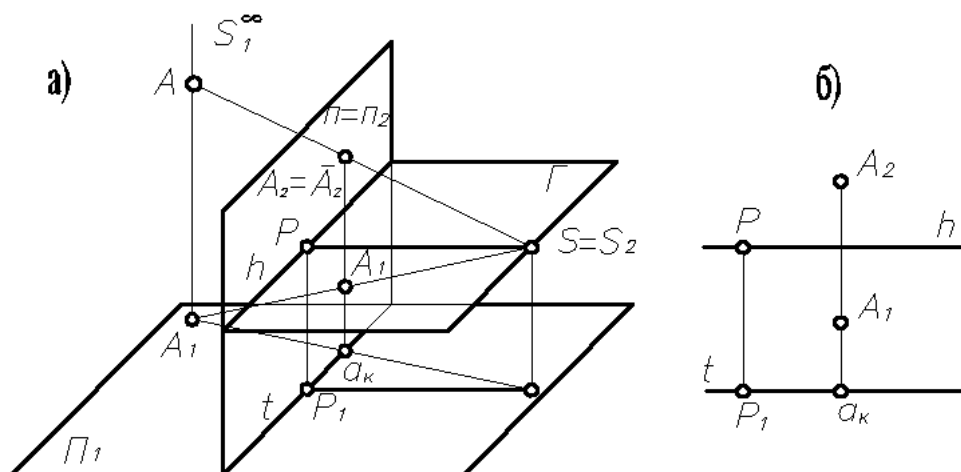


Рис.25. Перспектива точки

опущенного из точки S на плоскость Π , называется главной точкой картины. Произвольная точка A пространства на перспективном чертеже изображается двумя проекциями (рис.25б):

A_2 – перспективой точки A ,

A_1 – вторичной проекцией точки A .

1.7.2. Проекции с числовыми отметками

Приведем также краткие сведения о способах построения обратимых чертежей, основанных на прямоугольном проецировании и предназначенных для изображения объектов, у которых высота значительно меньше их длины и ширины. К таким объектам относятся котлованы под фундаменты строительных и гидротехнических сооружений, насыпи и выемки в дорожном строительстве и мелиорации и т. д. Широкое распространение для изображения перечисленных объектов

получили проекции с числовыми отметками. Этот способ основан на том, что положение точки в пространстве относительно плоскости проекций будет вполне определено, если наряду с ее прямоугольной проекцией будет задана ее высота, т.е. ее расстояние до плоскости проекций.

Проекции с числовыми отметками получаются так:

- 1) какая-либо плоскость пространства, обычно горизонтальная, принимается за плоскость проекций Π_1 (рис. 26);
- 2) точка A пространства прямоугольно проецируется на плоскость Π_1 в точку A_1 ;
- 3) определяется высотная (числовая) отметка точки A , которая равна высоте $[A_1A]$;
- 4) проекция A_1 точки A снабжается числовой отметкой, значение которой указывается в круглых скобках.

На чертеже указывается масштаб. Точки, расположенные под плоскостью проекций Π_1 , имеют отрицательные числовые отметки. Оценивая обратимость, точность и простоту чертежей с числовыми отметками, следует отметить их недостаток – отсутствие наглядности.

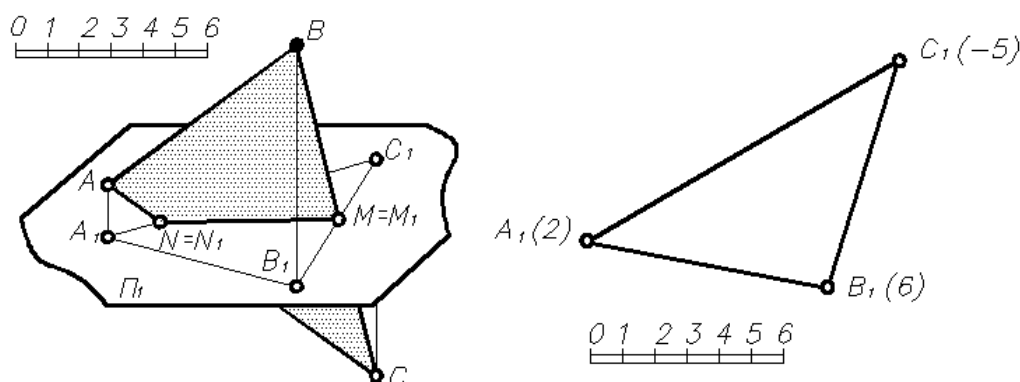


Рис.26. Проекции с числовыми отметками

Глава 2. Проекционное черчение

2.1. Правила изображения предметов на чертеже

Правила изображения предметов на чертежах всех отраслей промышленности устанавливаются ГОСТ 2.305-68.

Изображения предметов на чертеже выполняются по методу прямоугольного (ортогонального) проецирования. Изображаемый предмет предполагается расположенным между плоскостью проекций и наблюдателем. (Метод Е или метод правого угла). Метод Е является основным. За основание плоскости проекций принимают шесть граней куба, внутри которого условно помещен предмет: фронтальную 1, горизонтальную 2, профильную 3, и им параллельные 4, 5, 6 (рис.27).

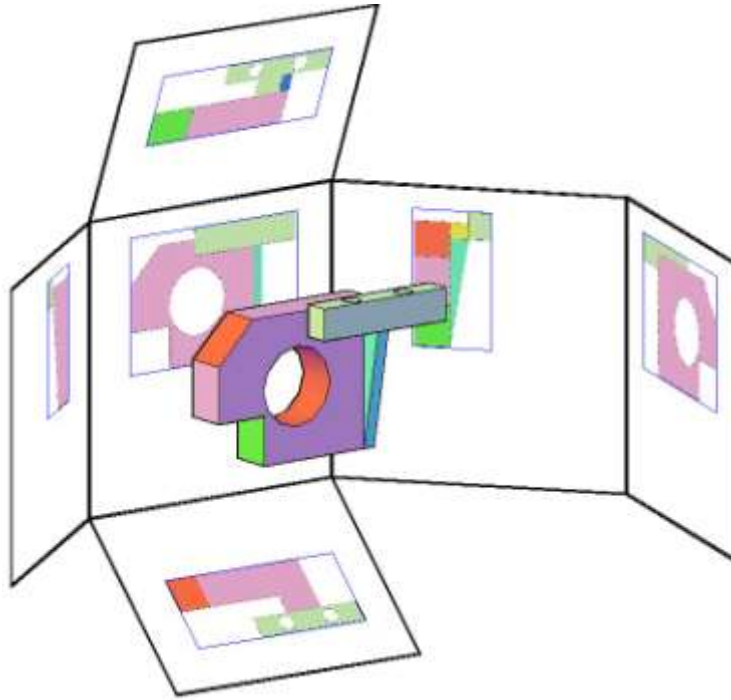


Рис.27. Наглядное изображение проецирования детали на грани куба

Грани совмещаются с фронтальной плоскостью проекций 1, как это показано на рис.28. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4. **Изображение на фронтальной плоскости проекций принимают на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, что бы изображение на ней (главное изображение) давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.**

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на **виды, разрезы и сечения.**

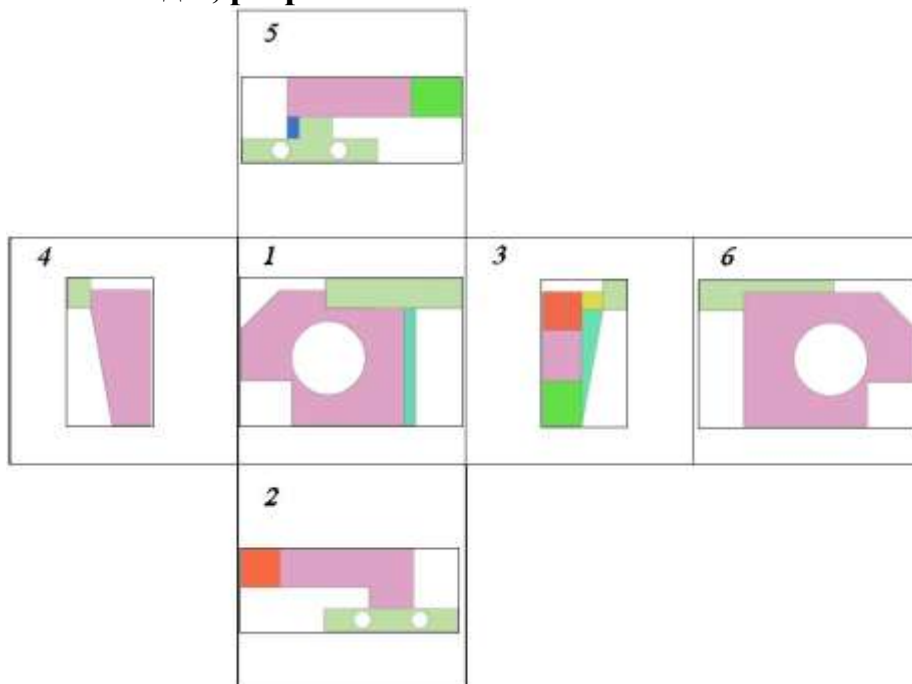


Рис.28. Комплексный чертеж детали

2.2. Основные виды и их расположение на чертежах

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. По ГОСТ 2.305-68 устанавливаются следующие названия видов (рис.28): 1 – вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади.

Количество видов, разрезов, сечений должно быть наименьшим, но достаточным для полного и однозначного представления об изображаемом предмете. С целью уменьшения количества изображений допускается показывать на видах и невидимые части предмета с помощью штриховых линий.

Название видов на чертежах не подписывается, если они расположены в проекционной связи по схеме, помещенной на рис.28.

На машиностроительных чертежах не проводятся оси проекций и линии связи проекций. Для соблюдения проекционной связи между отдельными видами используются осевые линии, центровые линии и оси симметрии.

2.3. Дополнительные и местные виды

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

Дополнительный вид должен быть отмечен надписью А, Б, В (рис.29), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка А, Б, В рис.29).

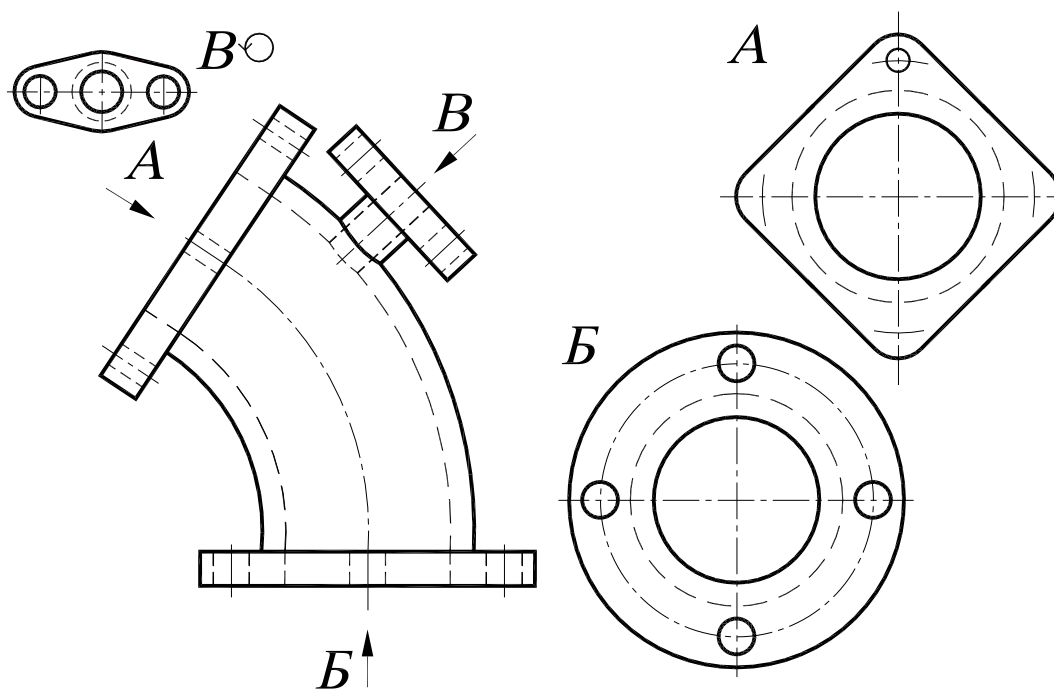


Рис.29. Местные виды

Дополнительный вид допускается поворачивать, но с соблюдением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении; при этом к обозначению добавляется условное буквенное обозначение В и знак «повернуто» (рис.29). Если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, то вид дополнительно не обозначают (рис.30).

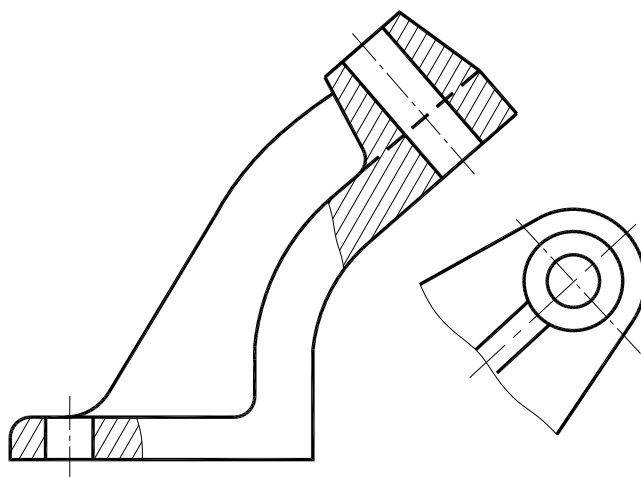


Рис.30. Местные виды

Изображение отдельно ограниченного места поверхности предмета называется местным видом (рис.31). 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.

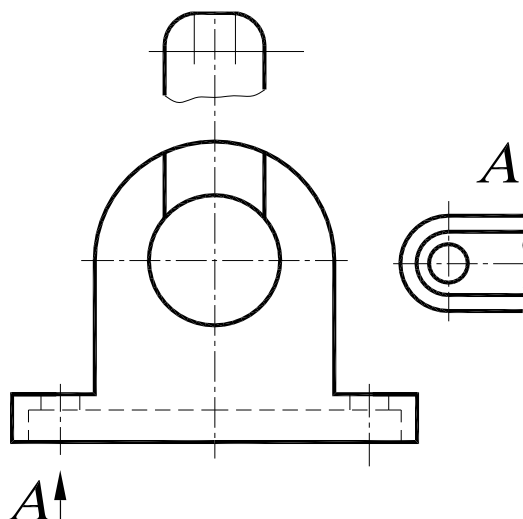


Рис. 31. Местные виды

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда на разрезах и сечениях должно соответствовать приведенным на рис.32а. Графические обозначения заменяющие слова «повернуто» и «развернуто» приведены на рис.32б и 32в.

Виды обозначают русскими буквами в алфавитном порядке. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр

размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в 2 раза (ГОСТ 2.316-68).

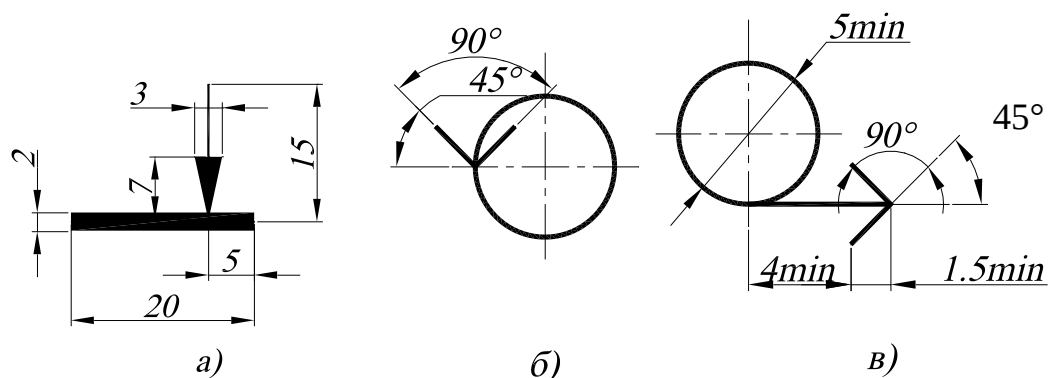


Рис.32. Варианты изображения: а – стрелок при обозначении сечений и ее размеры; б - знака «повернуто»; в - знака «развернуто»

2.4. Сечения

Выявление формы внутренних поверхностей предмета при помощи штриховых линий значительно затрудняет чтение чертежа, создает предпосылки для неправильного его толкования, усложняет нанесение размеров и условных обозначений. Поэтому для выявления внутренней (невидимой) конфигурации предмета применяют изображения - **сечения и разрезы**.

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости (рис.33а). Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (рис.33б).

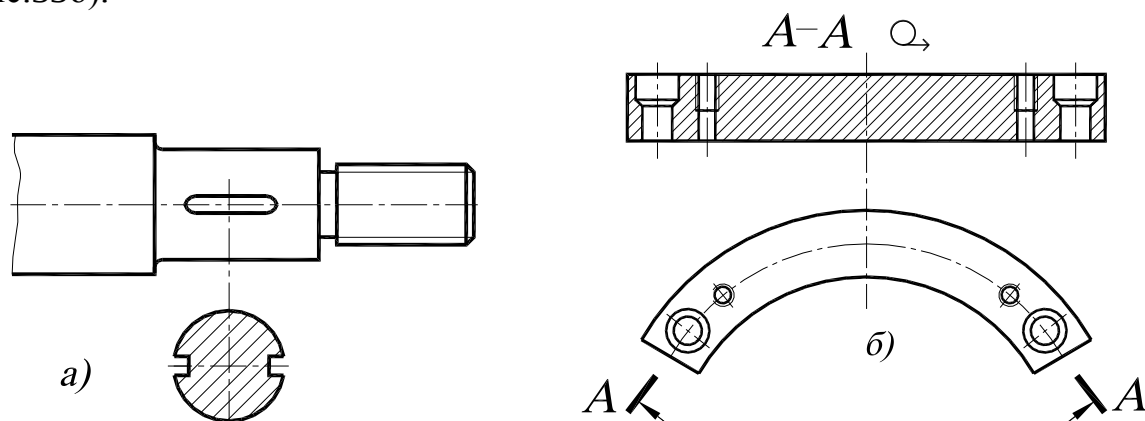


Рис.33. Сечения: а – вынесенное; б – развернутое

Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения.

Сечения делятся на:

- 1) входящие в состав разреза,
- 2) не входящие в состав разреза.

Не входящие в состав разреза делятся на:

- 1) вынесенные (рис. 33а),
- 2) наложенные (рис. 34).

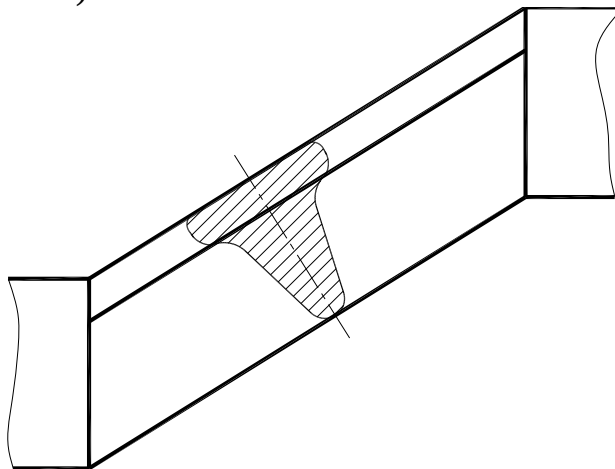


Рис.34. Сечение наложенное

Вынесенные сечения являются предпочтительными, и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис.35) на продолжении следа секущей плоскости при симметричной фигуре сечения, на любом месте поля чертежа, а также с поворотом.

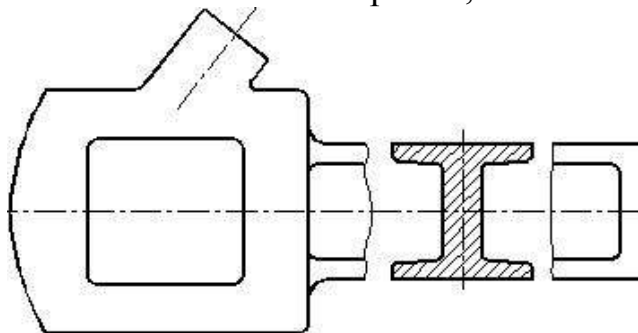


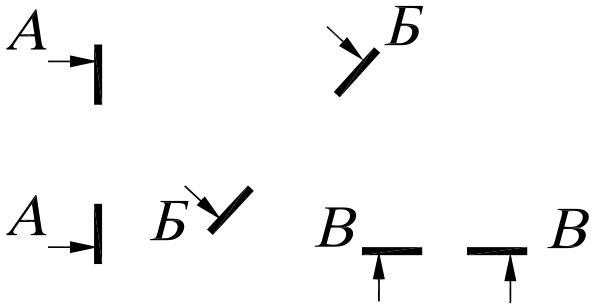
Рис.35. Сечение в разрыве детали

Положение секущей плоскости указывают на чертеже **линией сечения**. Для линии сечения применяют разомкнутую линию со стрелками указывающими направление взгляда и обозначают секущую плоскость одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Сечение сопровождается надписью по типу. А-А (рис.36).

Соотношение размеров стрелок и штрихов разомкнутой линии должны соответствовать рис.36.

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения (рис.38). Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и, как правило, без пропусков. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел в два раза. Буквенное обозначение располагают параллельно основной надписи, независимо от положения секущей плоскости. Размеры и соотношения положения стрелки относительно штриха показано на рис.32а.

В случаях, подобных указанным на рис.35, при симметричной фигуре линию сечения не проводят и сечение надписью не сопровождают. Обозначение сечений (простых разрезов)

Объект обозначения	Способ обозначения	
Положение секущей плоскости и направление взгляда		
Сечение (разрез)	$A-A$	$A-A (2:1)$
Сечение (разрез) с поворотом	$A-A \curvearrowright$	$A-A (5:1) \curvearrowright$

Обозначение сложных разрезов

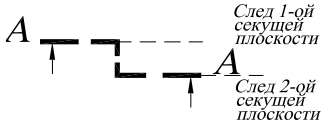
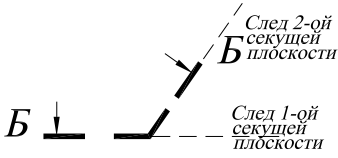
Тип разрезов	Указание положения секущих плоскостей и направление взгляда	Обозначение разреза
Ступенчатый		$A-A$
Ломаный		$B-B$

Рис.36. Обозначения сечений и разрезов

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рис.37), или наложенных, линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.

Для нескольких одинаковых сечений одного и того же предмета линии сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (рис.38, 39). Если при этом секущие плоскости направлены под разными углами, то знак "повернуто" не наносят.

Контур вынесенного сечения изображают сплошными основными линиями (рис.34, 35), контур наложенного – сплошными тонкими, причем

контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (рис.34).

Ось симметрии наложенного или вынесенного сечения указывают штрих пунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят (рис.33а, 34).

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве или наложенных, линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают (рис.37).

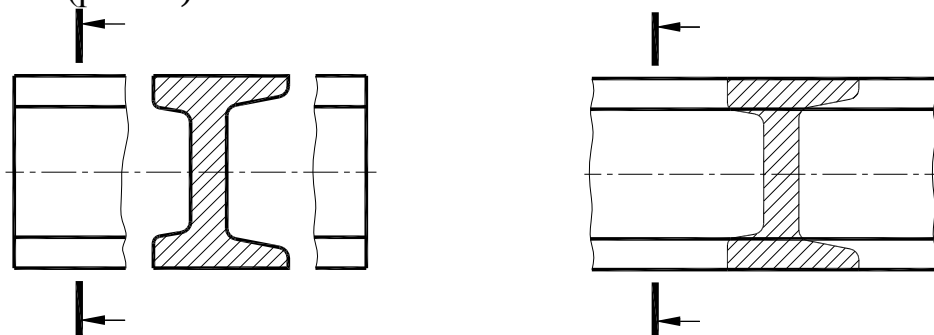


Рис.37. Несимметричные сечения

Сечение выделяется штриховкой в соответствии с ГОСТ 2.306-68 (рис.38).

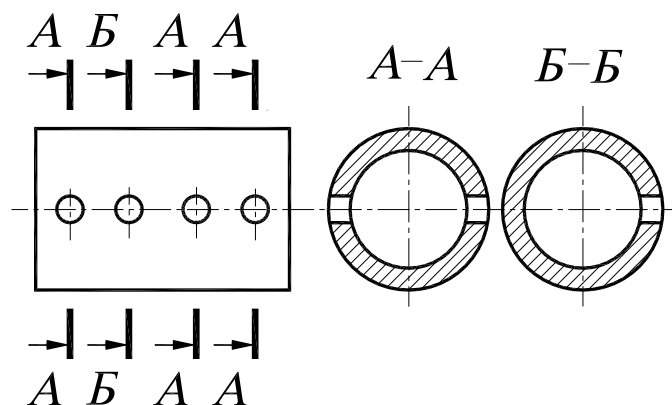


Рис.38. Вынесенное сечение

Допускается располагать сечение в любом месте поля чертежа, а так же с поворотом с добавлением условного графического обозначения «повернуто» (рис.39).

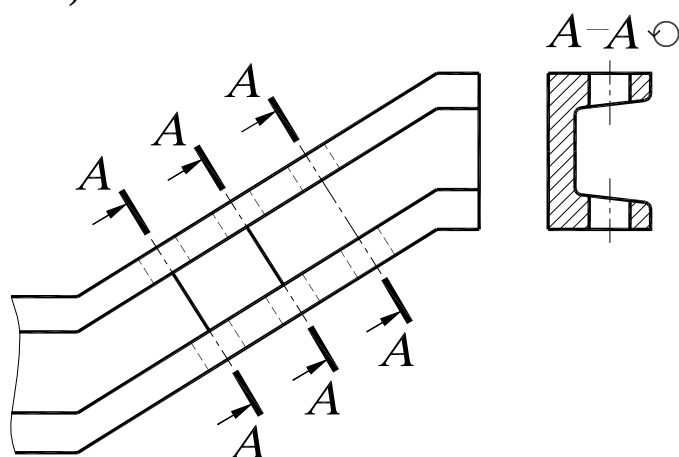


Рис.39. Вынесенное повернутое сечение

Если сечение получается состоящим из нескольких частей, то следует вместо сечения применять разрез (рис.40).

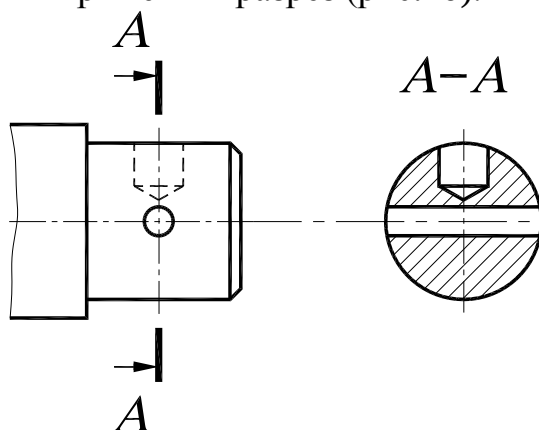


Рис.40. Применение разреза вместо сечения

2.5. Разрезы

Разрезом (ГОСТ 2.305-68) называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Таким образом, разрез состоит из сечения и вида части предмета, расположенной за секущей плоскостью (рис.41а и б).

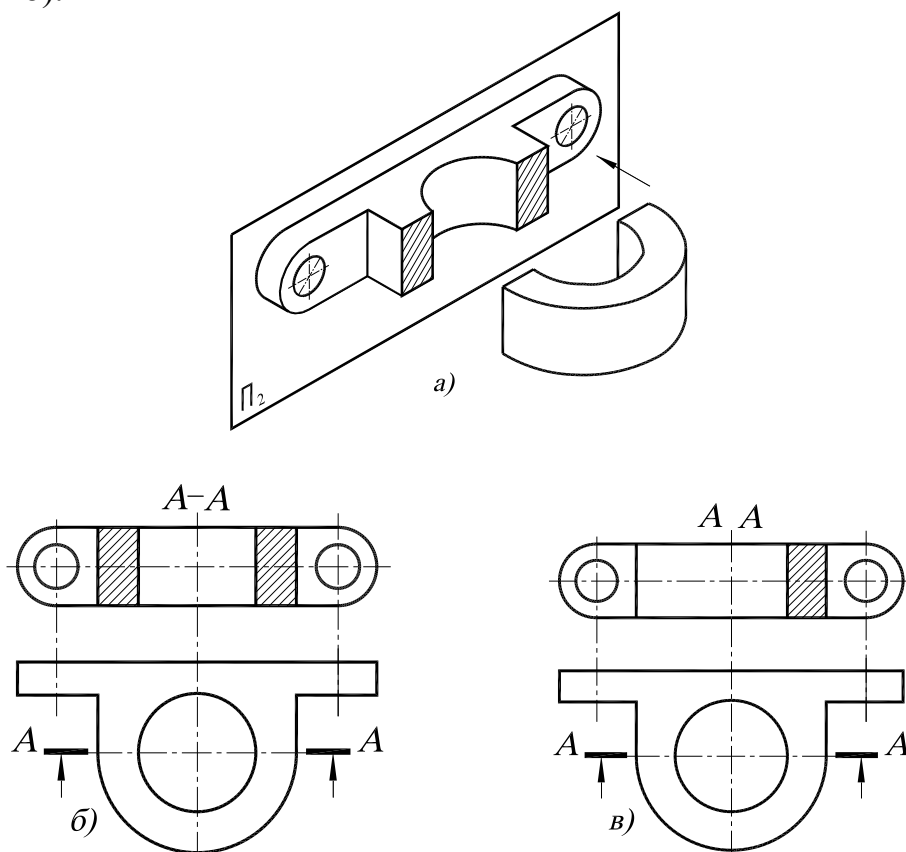


Рис.41. Принцип построения разрезов

Классификация разрезов.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

- а) **простые** - при одной секущей плоскости;
- б) **сложные** - при нескольких секущих плоскостях.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы разделяются на:

- а) **горизонтальные** - секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций
- б) **вертикальные** - секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций;
- в) **наклонные** - секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

Вертикальные разрезы называются:

- а) **фронтальными**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекции;
- б) **профильными**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций.

Во всех случаях, когда от этого не страдает ясность чертежа, разрезы помещают на месте видов: горизонтальный разрез – на месте вида сверху, фронтальный разрез – на месте главного вида и профильный разрез – на месте вида слева.

В случаях, когда вид и разрез симметричны относительно одной и той же оси, следует изображать с одной стороны от оси вид, а с другой стороны (рис.41в) – разрез. При вертикальной оси симметрии вид следует располагать слева от оси, а разрез – справа; при горизонтальной оси симметрии вид следует располагать сверху, а разрез – снизу от оси симметрии.

Половина вида и половина разреза на соединенном изображении разделяются осевой линией, и лишь в тех случаях, когда ось совпадает с ребром, которое необходимо показать, части вида и разреза разделяют не осевой, а тонкой волнистой линией; при этом, если ребро находится на внутренней поверхности, волнистую линию проводят со стороны вида, увеличивая тем самым резаную часть детали (рис.42, левая часть детали на главном виде). И наоборот, если ребро, расположено на внешней поверхности, волнистую линию проводят на половине разреза, увеличивая тем самым часть вида детали (рис.53, правая часть детали).

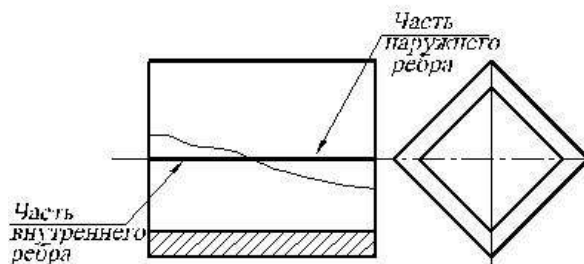


Рис.42. Применение местного разреза для изображения ребер

В общем случае разрезы обозначают по типу сечений: секущую плоскость обозначают разомкнутой линией; направление проецирования (взгляда), принятое при образовании разреза, отмечают тонкой линией и стрелкой; рядом с тонкой линией (со стороны внешнего угла) пишут букву русского алфавита, которой обозначен разрез. Над разрезом делают надпись типа А-А (размер букв примерно в два раза крупнее, чем размерные числа).

Простые разрезы обозначаются не всегда; разрез не обозначают, если секущая плоскость проходит по плоскости симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими – либо другими изображениями (рис.42).

Сложные разрезы применяют в тех случаях, когда простые разрезы не позволяют достаточно полно и просто пояснить форму детали и ее элементов.

Сложные разрезы разделяются на:

а) **ступенчатые** (рис.43), если секущие плоскости параллельны (ступенчатые горизонтальные, фронтальные и профильные);

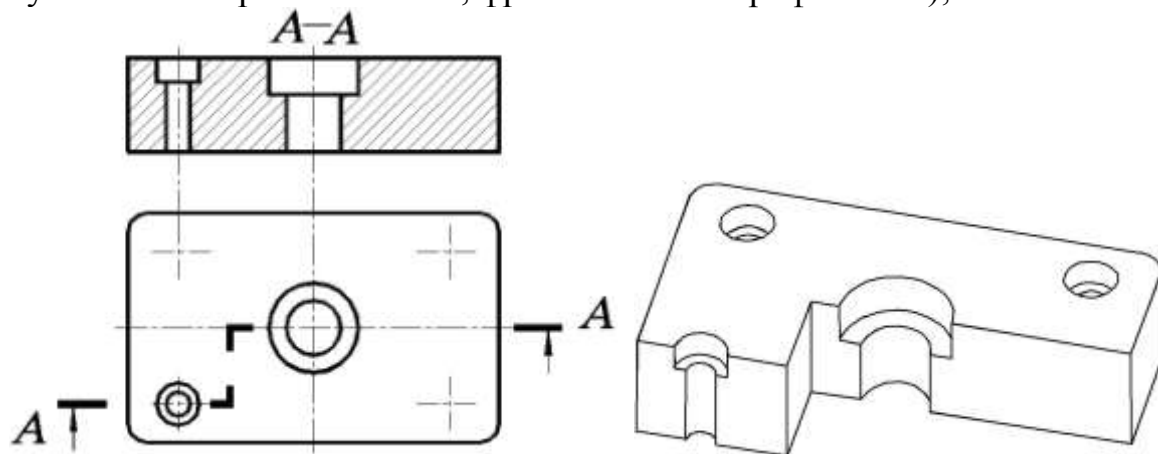


Рис.43. Ступенчатый разрез

б) **ломанные**, если секущие плоскости пересекаются (рис.44).

При выполнении ломанных разрезов секущие плоскости условно поворачиваются до совмещения в одну плоскость (при этом направление поворота может и не совпадать с направлением взгляда) и, если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломанный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида. При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчиваются так, как они проецируются на соответствующую плоскость, до которой производилось совмещение (рис.44).

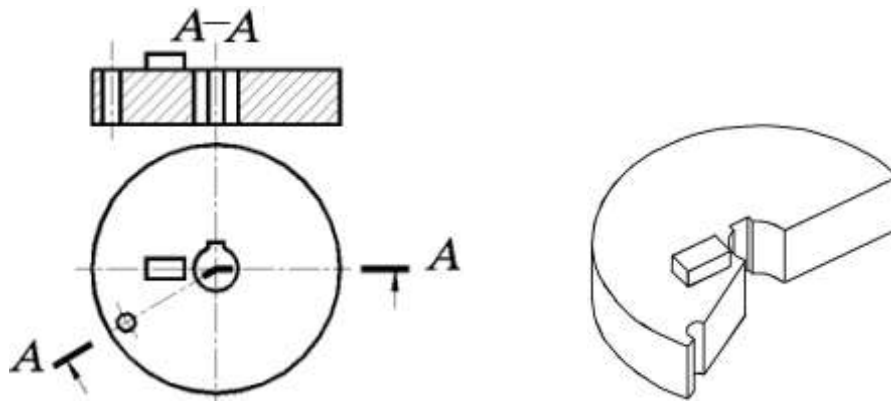


Рис.44. Ломаный разрез

Разрезы называются:

- а) продольными, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета;
- б) поперечными, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета.

Допускается соединение ступенчатого разреза с ломаным в виде одного сложного разреза.

Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов; четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т.п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично.

Разрезы, служащие для выяснения устройства предмета лишь в отдельных, ограниченных местах, **называются местными**.

Положение секущей плоскости, направление взгляда и сам разрез обозначают в соответствии с табл. (рис.36).

Вертикальный разрез, когда секущая плоскость непараллельна фронтальной или профильной плоскостям проекций, а также наклонный разрез, допускается выполнять с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В этом случае к обозначению должен быть добавлен знак "повернуто".

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов.

Местные разрезы выделяются на виде сплошными волнистыми линиями. Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения (рис.45).

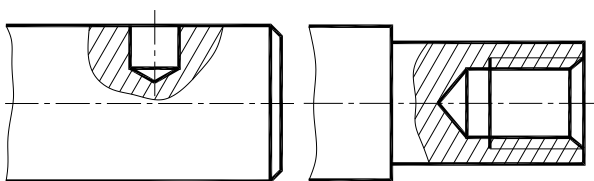


Рис.45. Местные разрезы

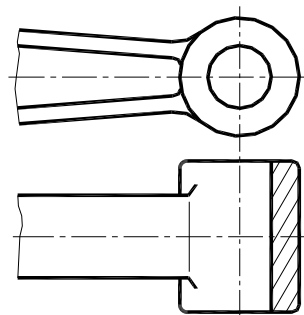


Рис.46. Разновидность местного разреза

Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией. Она не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии. Нельзя соединять половину вида с половиной разреза, если какая-либо линия изображения совпадает с осевой (например, ребро). В этом случае соединяют большую часть вида с меньшей частью разреза или большую часть разреза с меньшей частью вида.

Допускается разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией, совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет тело вращения (рис.46). При соединении половины вида с половиной соответствующего разреза, разрез располагают справа от вертикальной оси и снизу от горизонтальной.

2.6. Выносные элементы

Выносной элемент – дополнительное, отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующий графического или других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных.

Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию.

При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией – окружностью, овалом и т.п. с обозначением прописной буквой русского алфавита или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии выноски. У выносного элемента следует указывать букву и масштаб по типу: А (2:1), рис.47, или А2 (4:1).

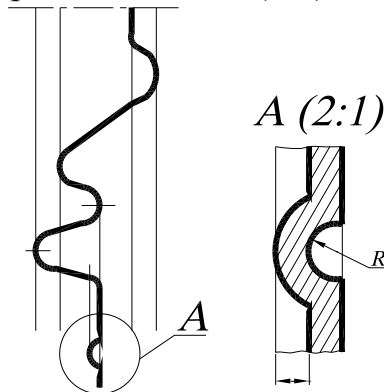


Рис.47. Выносной элемент

Выносной элемент располагают, возможно, ближе к соответствующему месту на изображении предмета. Выносной элемент изображают в том положении, в котором он обведен окружностью, овалом и т.п. на изображении. Поворачивать изображение на выносном элементе не разрешается.

2.7. Некоторые условности и упрощения по ГОСТ 2.305-68

При выполнении различных изображений предмета ГОСТ 2.305—68 рекомендует применять некоторые условности и упрощения, которые, сохраняя ясность и наглядность изображения, сокращают объем графических работ.

Если вид, разрез или сечение являются фигурами симметричными, то можно вычерчивать только половину изображения или немного более половины изображения, ограничивая его волнистой линией (рис.48).

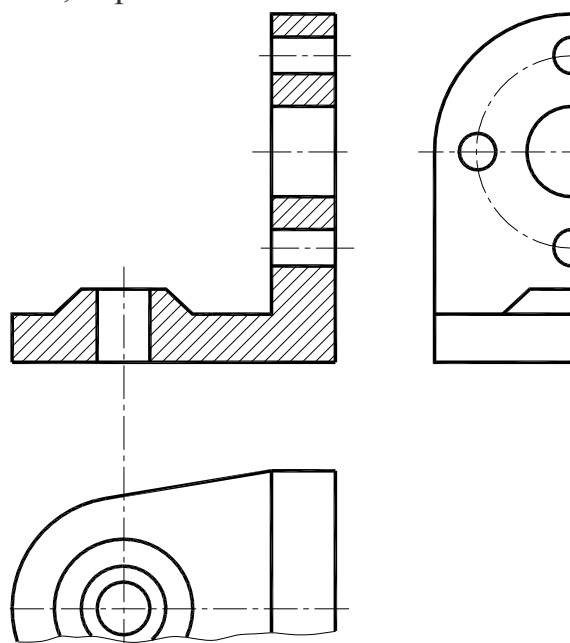


Рис.48. Изображение симметричных видов, разрезов

Допускается упрощение изображать линии среза и линии перехода; вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии (рис.49а), а плавный переход от одной поверхности к другой показывать условно (рис.49б) или совсем не показывать (рис.49в).

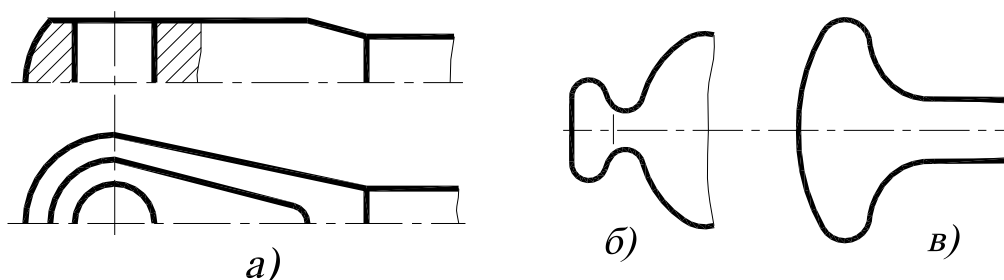


Рис.49. Упрощения линий перехода

Допускается незначительную конусность или уклон изображать увеличенным. На тех изображениях, где уклон или конусность отчетливо не выявляется, проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном или меньшему основанию конуса.

При выполнении разрезов показывают не рассеченными не пустотелые валы, рукоятки, винты, шпонки, заклепки. Шарик всегда изображают не рассеченным.

Такие элементы, как спицы (рис.50,), тонкие стенки (ребра жесткости) (рис.51,) показывают разрезанными, но не заштрихованными,

если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (рис.52б). Если в подобных элементах имеется отверстие или углубление, то делают местный разрез (рис.52а).

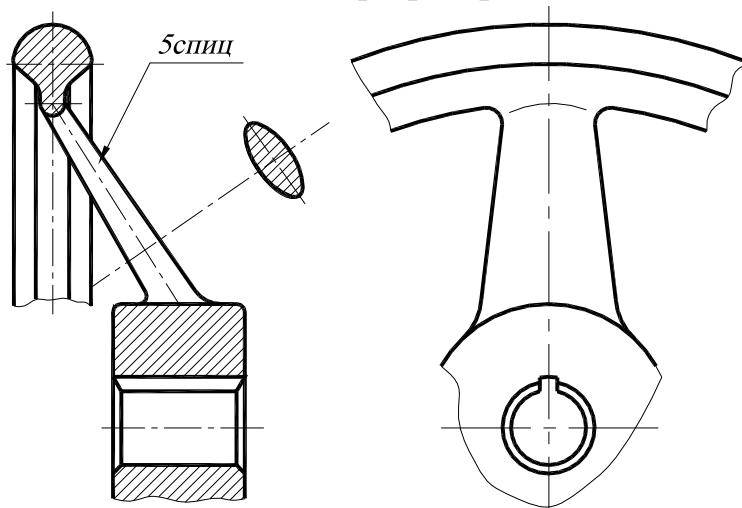


Рис.50. Условное изображение спиц маховиков

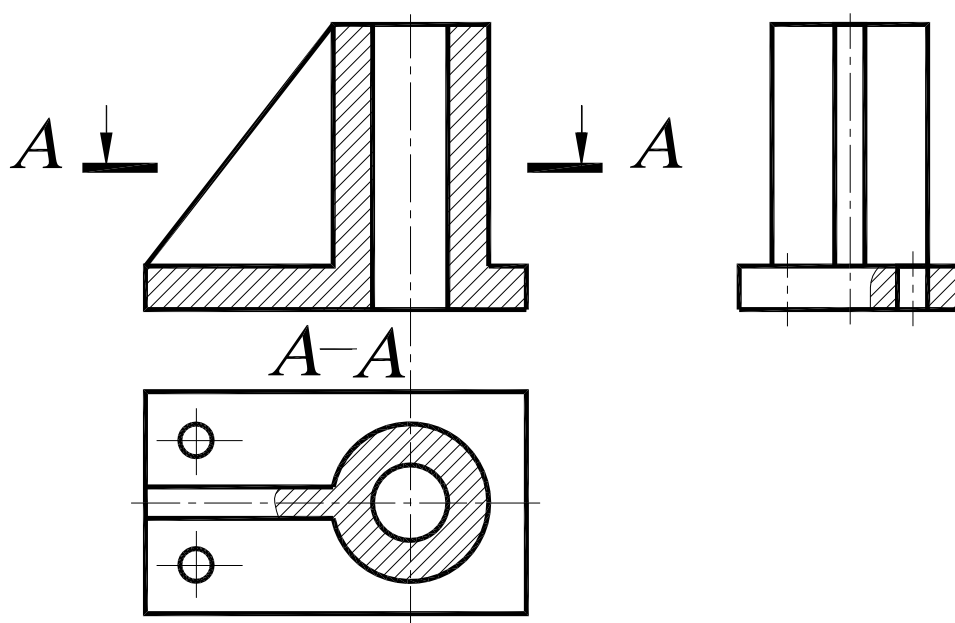


Рис.51. Условное изображение ребер жесткости

Отверстия, расположенные на круглом фланце и не попадающие в секущую плоскость, показывают в разрезе так, словно они находятся в секущей плоскости (рис. 52б).

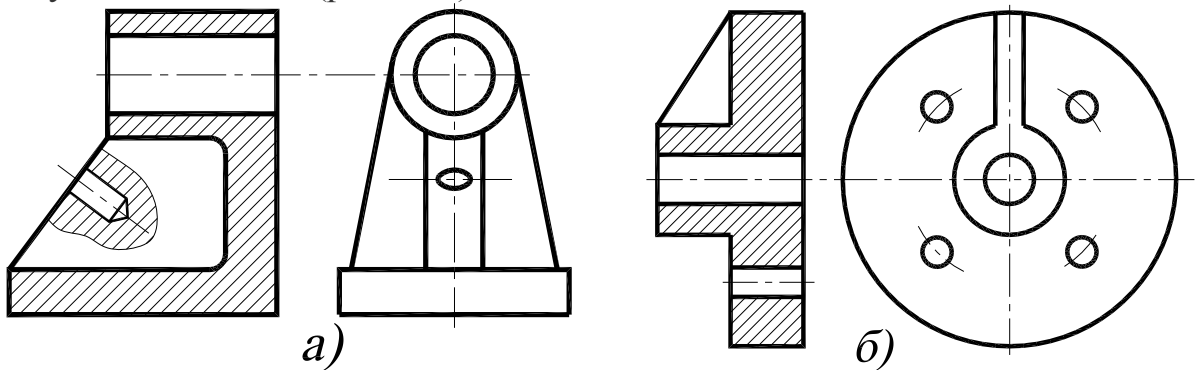


Рис.52. Условности при изображении разрезов

Для сокращения количества изображений допускается часть предмета, расположенную между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать штрихпунктирной утолщенной линией «наложенная проекция» (рис.53).

Более подробно правила изображения предметов изложены в ГОСТ 2.305—68 «Изображения-виды, разрезы, сечения».

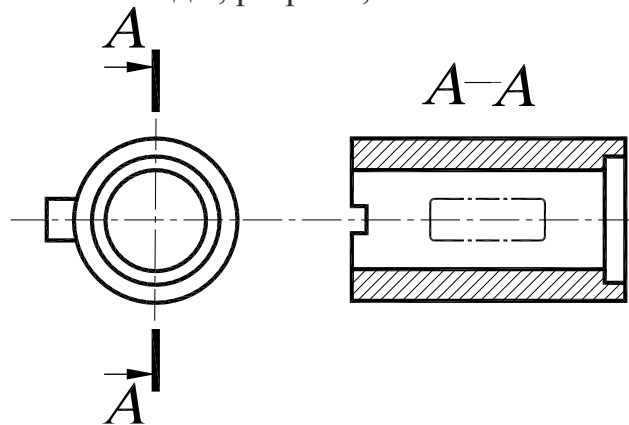


Рис.53. Допустимое сокращение изображение части предмета «наложенная проекция»

Глава 3. Выполнение расчетно-графических работ (РГР) по проекционному черчению

3.1. Выполнение задачи У2.000.000.001. М. Чертеж модели

Задание выполняется на практических занятиях в чертежном зале, для чего необходимо иметь формат А3 плотной бумаги, чертежные инструменты (циркуль, линейку, прямоугольный треугольник, карандаши).

Модели выдаются студентам на время занятия в лаборатории кафедры. Время на построение изображения – одно занятие. Допускается окончательное оформление чертежа предоставить преподавателю на следующее занятие.

Все построения проводятся в тонких линиях и предъявляются преподавателю на проверку. Окончательное оформление чертежа необходимо выполнить в соответствии с требованиями ГОСТ 2.303-68

«Линии», ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные», ГОСТ 2.305-68 «Изображения - виды, разрезы, сечения», ГОСТ 2.306-68 «Обозначение графических материалов и правила их нанесения на чертежах», ГОСТ 2.307-68 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

3.1.1. Первый этап У2.000.000.001М

Необходимо определить главный вид и необходимое число проекций модели.

Взяв в руки модель, мы должны, прежде всего, из шести видов выбрать один, который будет являться главным. Этот вид несет наибольшую информацию о геометрических формах и размерах модели.

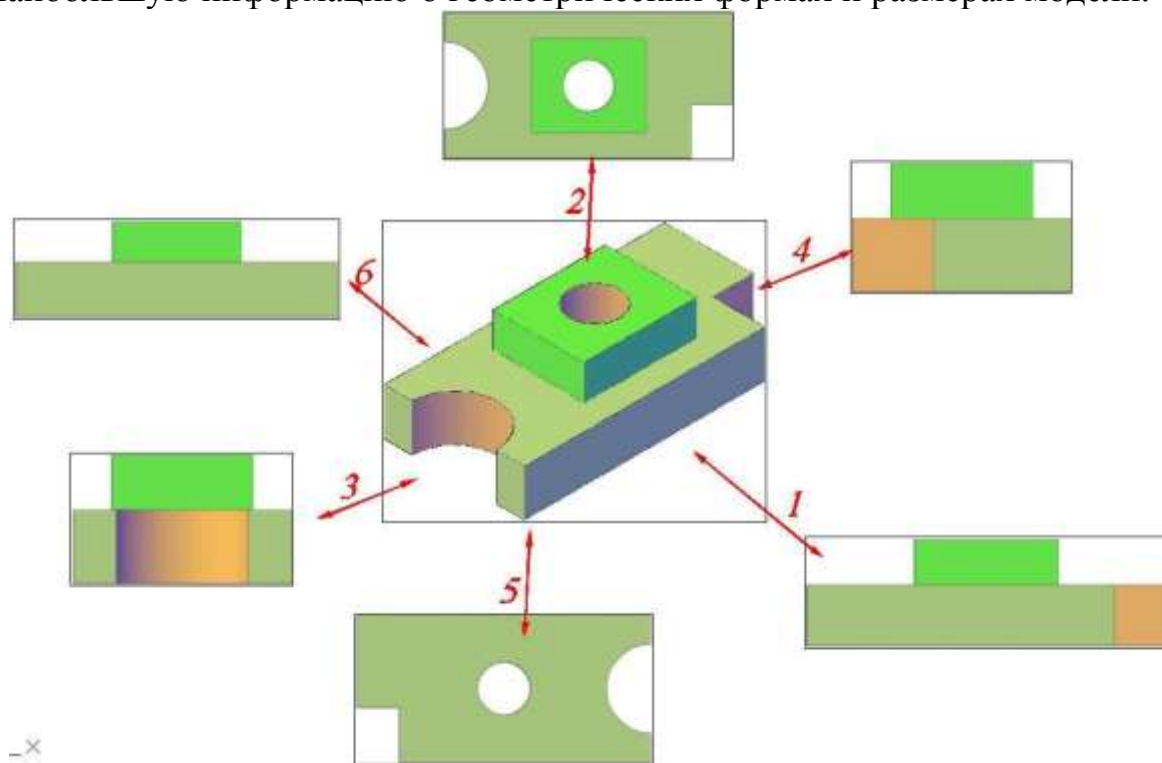


Рис.54.Шесть видов модели

На рис.54 показано шесть направлений взгляда, соответствующих шести основным видам модели. Наглядно видно, что из положения 1 наблюдатель более всего может судить о форме модели, и соответствующий вид принимают за главный. Остальные положения дают: 2 – вид сверху, 3 – вид слева, 4 – вид справа, 5 – вид снизу, 6 – вид сзади.

Изображение всех шести основных видов, как правило, нецелесообразно и поэтому число видов ведем от минимума. Один главный вид не покажет «глубины» детали, следовательно, нужен или вид слева (справа) или вид сверху. Вид сверху предпочтительнее из-за того, что на нем мы увидим и цилиндрический, и прямоугольный вырезы на основании детали. Таким образом, по двум видам мы можем судить о размерах и форме модели. В других случаях видов бывает недостаточно, и строят три, четыре, а иногда и все шесть видов модели. В учебных целях

все задачи в задании У2 (001М, 001, 002, 003) выполняются в трех видах – главный вид, вид сверху и вид слева.

3.1.2. Второй этап У2.000.000.001М

Надо выбрать масштаб изображения.

В учебных целях чертеж модели задают на формате А3 и поэтому рекомендуют вычерчивать ее в масштабе 1:1. В конструкторской же работе масштаб и формат выбирают в зависимости от сложности изображения, выполняя при этом требования ГОСТ 2.301-68 и ГОСТ 2.302-68.

3.1.3. Третий этап У2.000.000.001М

Необходимо компоновать и составить чертеж модели.

Под компоновкой чертежа понимают взаимное расположение на поле чертежа всех данных (графических и текстовых), приведенных на чертеже. По числу и содержанию изображения, приведенные на чертеже, должны давать полное представление о форме и размерах изделия. Расположение изображений на чертеже должно обеспечивать рациональное использование поля чертежа и быть удобным для чтения чертежа. Все изображения на рабочем поле чертежа должны быть размещены равномерно. Рис.55 иллюстрирует расположение изображений с нанесенными на них размерами на поле чертежа, выполняемого на листе формата А3. Изображения и нанесенные на них размеры следует располагать так, чтобы размеры отмеченных промежутков были примерно равны между собой.

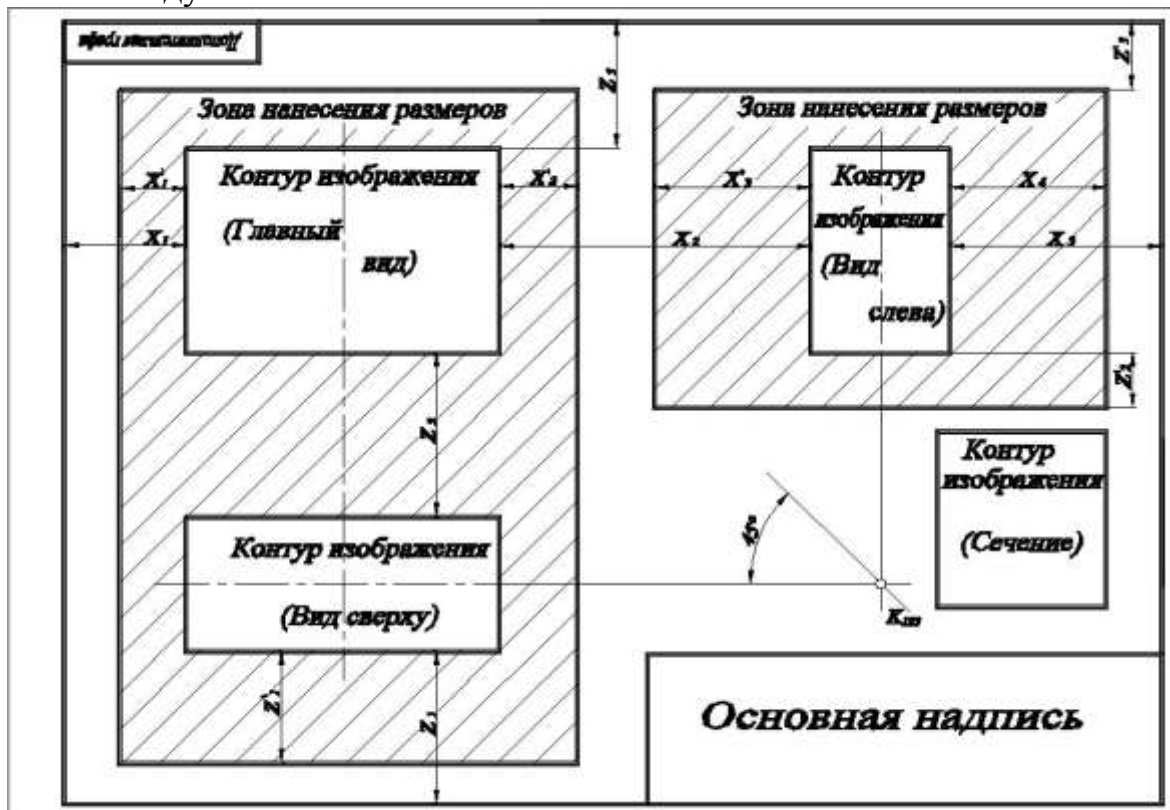


Рис. 55. Компоновка чертежа

Соблюдая их, составляют чертеж.

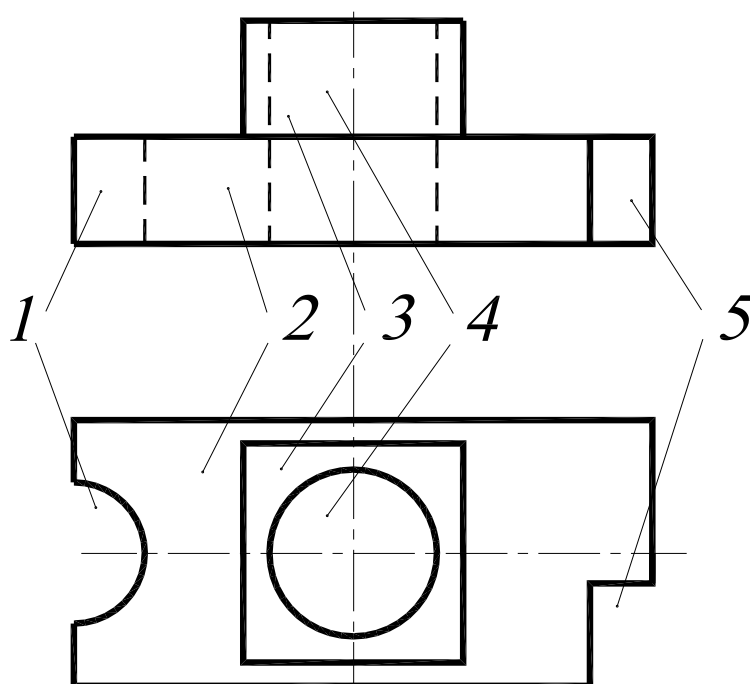


Рис.56. Модель

Модель (рис.56) представляют в виде «суммы» основных составляющих геометрических тел: параллелепипеда 2 и параллелепипеда 3. Из этой «суммы» отнимают полуцилиндрический паз 1, цилиндрическое отверстие 4 и прямоугольный паз 5. таким образом, мысленно разделив модель на простые геометрические формы и последовательно вычерчивая их проекции, строят их чертеж.

3.1.4. Четвертый этап У2.000.000.001М

Необходимо построить вынесенное сечение модели (рис.57).

При составлении чертежа модели ее представляют, как некоторую сумму отдельных простых геометрических форм. При построении сечения сохраняют этот подход, тем более, что сечение простых геометрических форм плоскостями рассматривается в курсе начертательной геометрии.

Секущая плоскость, обозначаемая А-А (рис.57), последовательно на участке 1-3 пересекает верхний параллелепипед, а на участке 3-6 – нижний. На участке 2-4 секущая плоскость встречается с внутренним цилиндрическим отверстием, а на 5-6 – с цилиндрическим пазом.

Строить выносное сечение начинают с осевой линии «i», на которой различают положения характерных точек 1...6. Через эти точки проводят перпендикулярные к оси прямые. На этих прямых откладывают ширину сечения. Этот размер следует определять на виде сверху. На участке 1-3 этим размером является ширина верхнего, а на участке 3-6 ширина нижнего параллелепипеда.

В сечении цилиндрического отверстия получают эллипс с большой осью 2-4 и малой, равной диаметру отверстия. Эллипс можно построить по двум осям. Так же возможно использование вспомогательных секущих плоскостей, например Q. Эта плоскость в пересечении с плоскостью A-A дает прямую, обозначенную на сечении цифрой 7. На прямой 7 можно отметить положение точек $7'$ и $7''$, взяв их координаты с вида сверху.

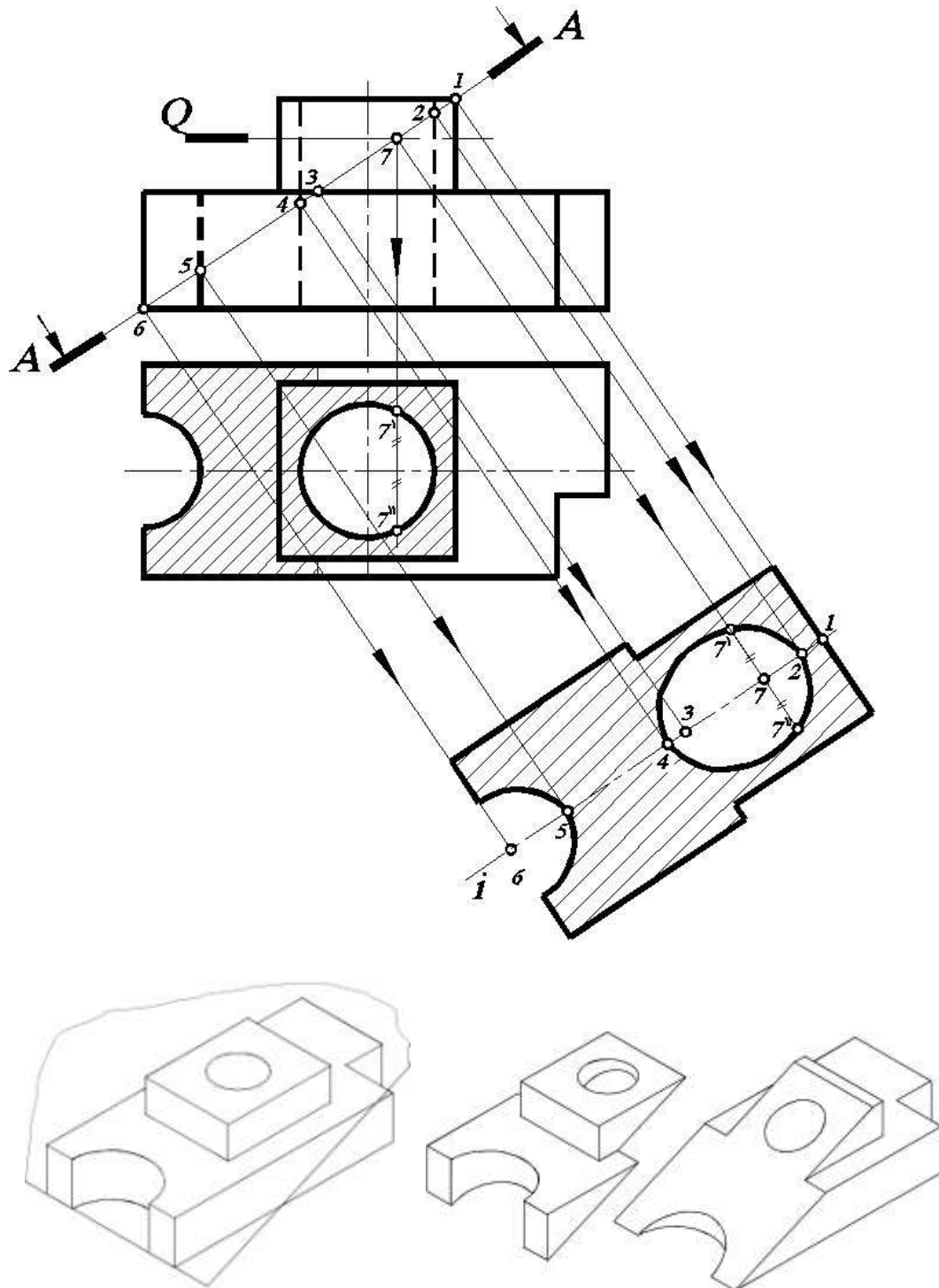


Рис.57. Построение вынесенного сечения (пример и наглядное изображение)

Семейство из двух – трех вспомогательных секущих плоскостей позволит довольно точно построить необходимый эллипс. Этим же способом следует воспользоваться и при построении эллиптической кривой на участке 5-6.

3.1.5. Пятый этап У2.000.000.001М

Необходимо построить простые разрезы.

Работа выполняется после внимательного прочтения раздела 2.5. «Разрезы» данного пособия, обратив особое внимание **на необходимость** изображения секущей плоскости и обозначения разреза при выполнении простых разрезов и сечений.

На примере выполнения чертежа модели рис.58.а на месте главного вида изображен фронтальный разрез, выполненный плоскостью, проходящей через плоскость симметрии детали параллельно фронтальной плоскости проекций.

На месте вида слева изображен прострой профильный разрез Б-Б плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций, но несовпадающей с плоскостью симметрии детали.

На главном виде необходимо изобразить полный разрез детали, т.к. относительно оси правая и левая части детали не симметричны.

Изображение вида слева совмещено с профильным разрезом Б-Б, т.к. относительно фронтальной плоскости симметрии правая и левая части детали равнозначны.

При совмещении половины вида и половины разреза на виде линии невидимого контура (штриховая) не изображают.

Допускается их нанесение, если это дает дополнительную информацию о внутренних поверхностях детали, не изображенных на разрезе.

В правой нижней части чертежа изображено вынесенное сечение детали наклонной секущей плоскостью А-А, изображенной линией сечения и стрелками направления взгляда. Изображение повернуто относительно направления взгляда и является натуральной величиной геометрической фигуры, лежащей в секущей плоскости.

Наглядное изображение модели, фронтального разреза и наклонного сечения показано на рис.58б.

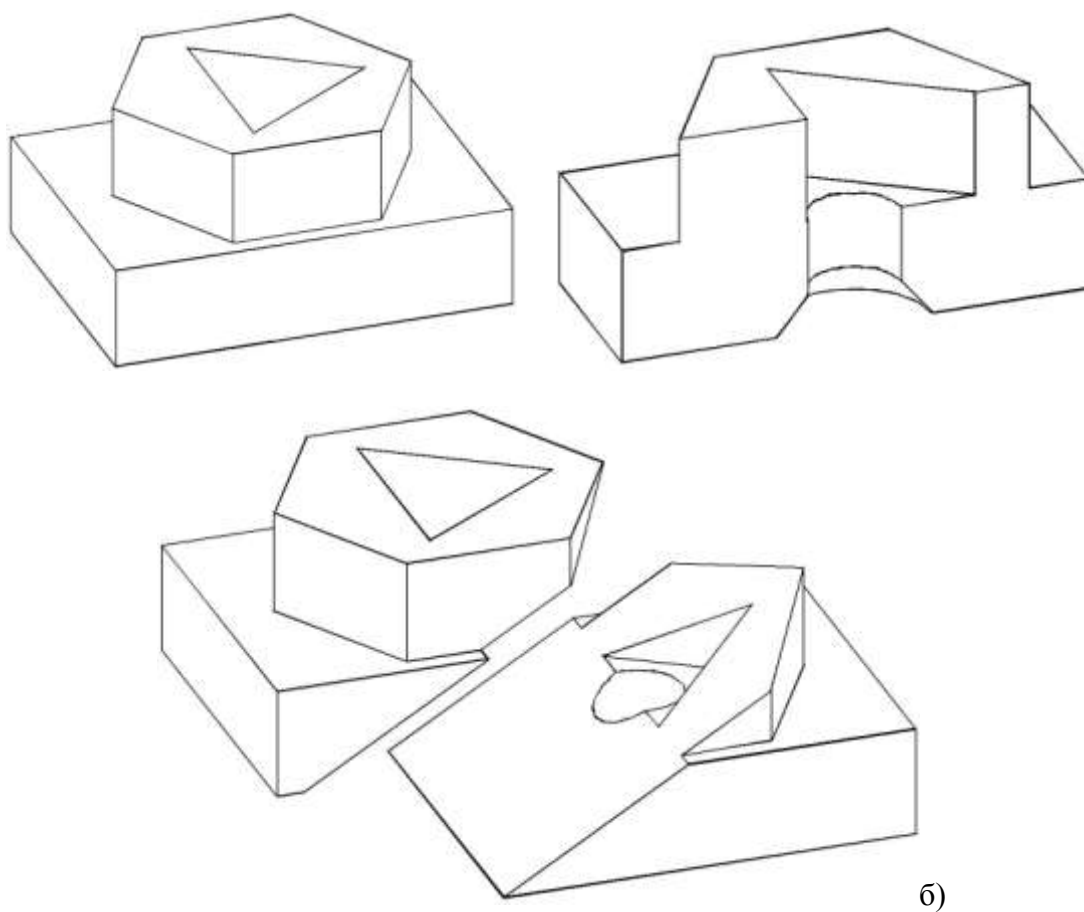
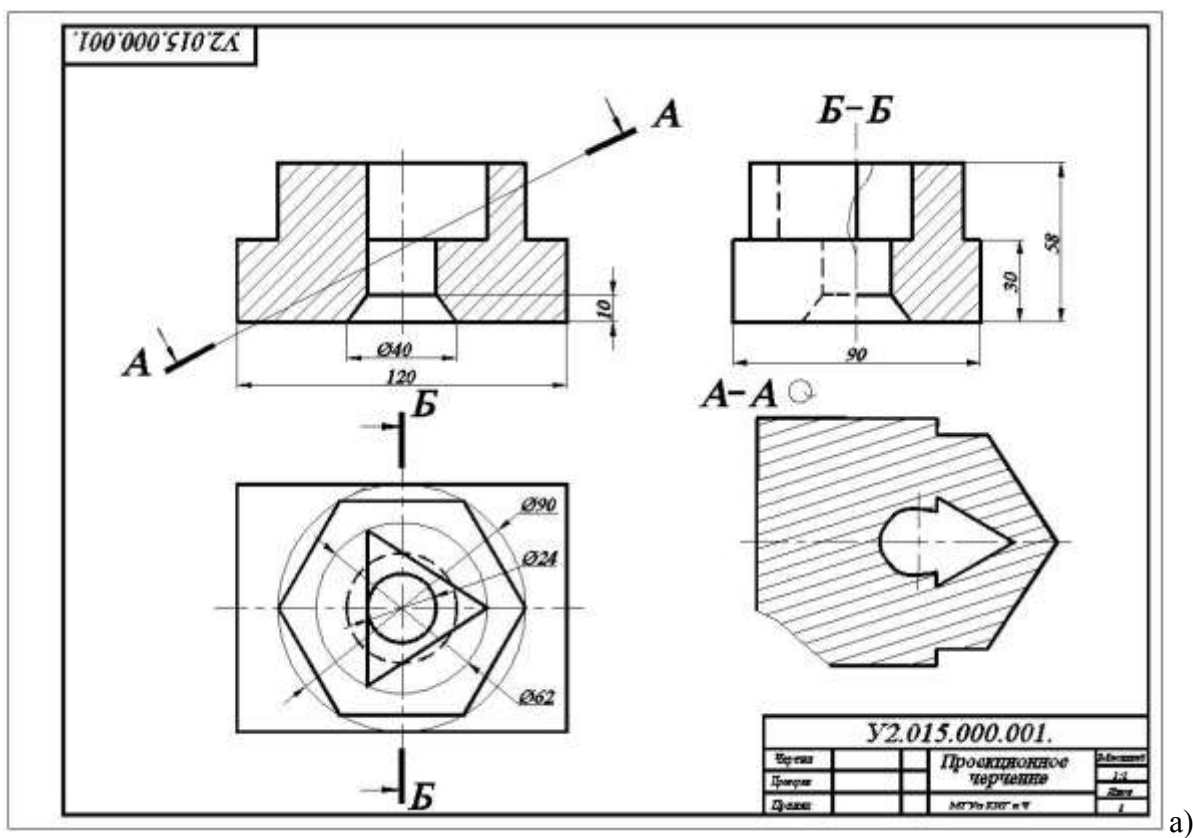


Рис.58. Пример выполнения чертежа модели У2.000.000.001М и его наглядное изображение

3.2.Выполнение задачи У2.000.000.001

В задании предусматривается построение линии пересечения двухгранных поверхностей, образующих деталь: вертикальной правильной пирамиды и горизонтального призматического выреза.

Две многогранные поверхности в общем случае пересекаются по пространственной замкнутой ломаной линии. В частных случаях ломаная может распадаться на две или более замкнутые ломаные линии. Вершинами ломаной являются точки пересечения ребер одного многогранника с гранями другого. Стороны ломаной представляют собой отрезки прямых, по которым пересекаются грани многогранников.

Существует два способа построения линии пересечения поверхностей многогранников: 1) способ ребер, 2) способ граней.

1. **Способ ребер** – построение вершин ломаной как точек пересечения ребер первого многогранника с гранями второго и ребер второго с гранями первого.

2. **Способ граней** – построение сторон ломаной как отрезков прямых попарного пересечения граней данных многогранников.

Решение задачи рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Прочитать внимательно чертеж детали, представленной на рис.1 индивидуального задания.

2. На плотной бумаге формата А3 в тонких линиях построить главный вид, вид сверху и вид слева пирамиды, основанием которой является правильный многоугольник, в соответствии с заданными размерами в масштабе 1:1.

Виды на поле чертежа разместить равномерно, как показано на рис. 55.

3. Построить на виде сверху и на виде слева вершины и стороны ломаной линии горизонтального призматического выреза детали, изображенного на главном виде сплошной линией.

4. Построить развертку поверхности детали.

5. Оформить чертеж, как указано на типовом примере рис.60.

Построение вершин ломаной линии рекомендуется сохранить.

3.2.1. Пример выполнения задания

На рисунке 59 показана правильная пятиугольная усеченная пирамида, имеющая вырез, образованный пересекающимися фронтально проецирующими плоскостями.

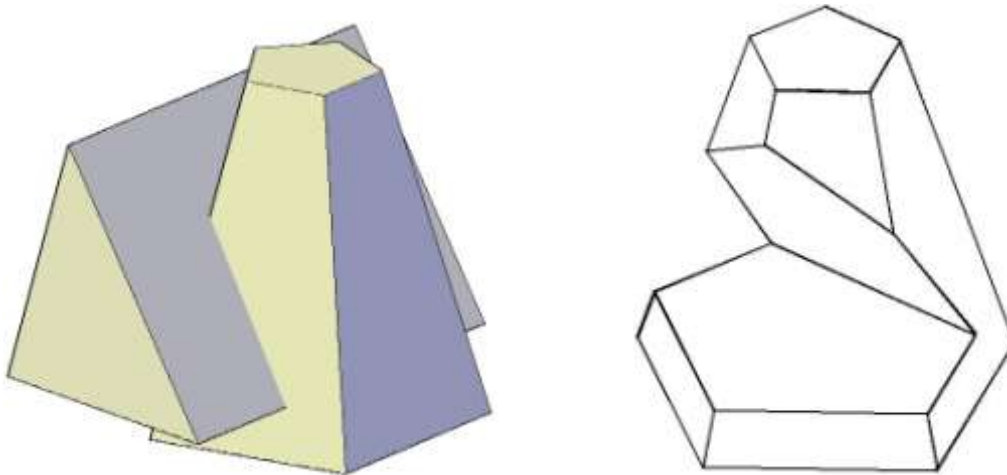


Рис.59. Пятиугольная усеченная пирамида

На главном виде (рис.60) изображены две видимые грани пирамиды: $AA'B'B$ и $BB'C'C$. Грань $CC'D'D$ имеет вырожденную проекцию, так как перпендикулярна фронтальной плоскости проекций.

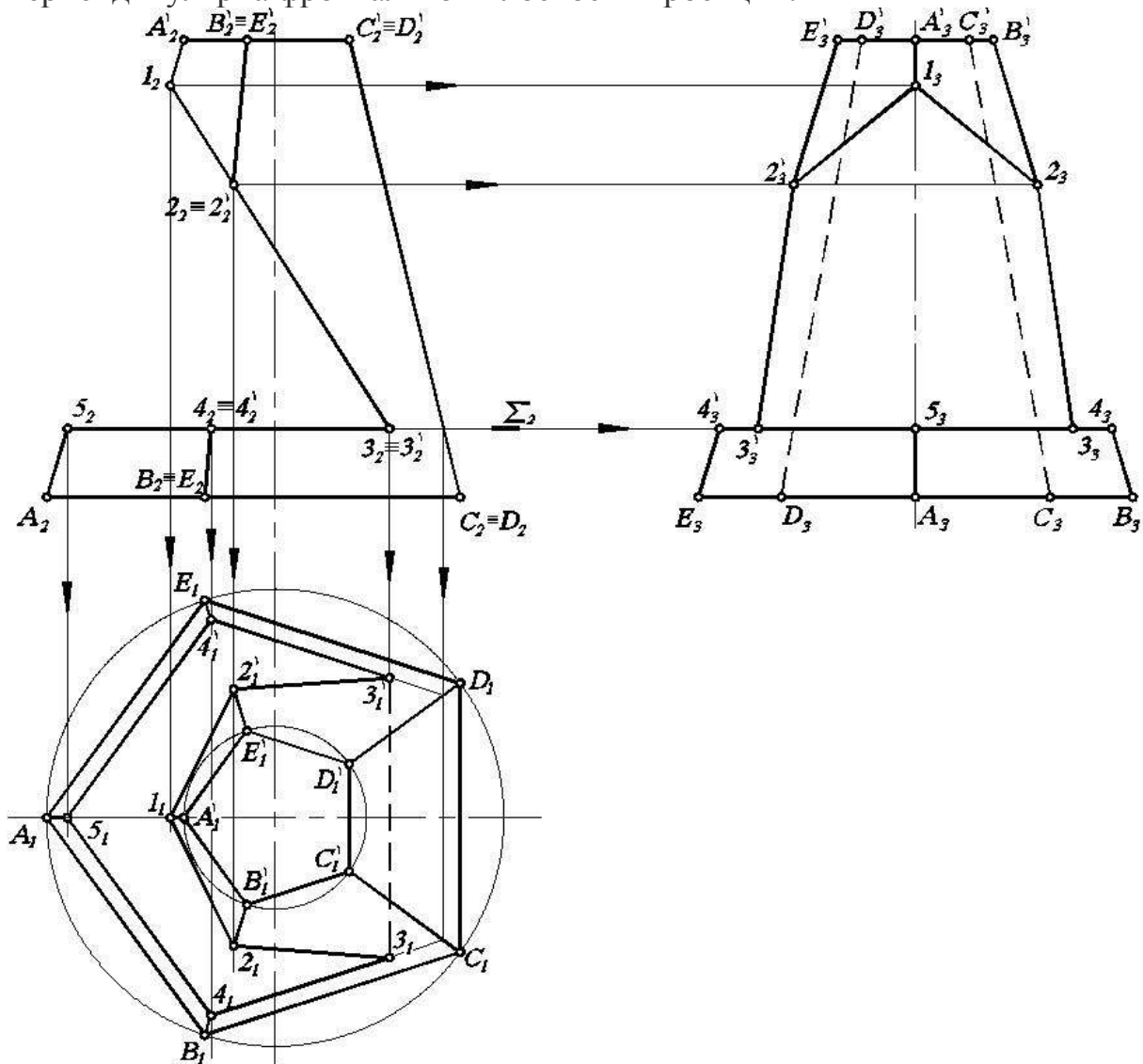


Рис.60. Построение пересечения пирамида и призмы

На виде сверху изображена горизонтальная проекция каркаса усеченной пятиугольной пирамиды.

Для построения **вершин** ломаной линии на поверхности многогранника применяем **способ ребер**. Сначала начнем с точек, принадлежащих ребрам пирамиды и не требующих дополнительных построений: 1, 2, 2', 4, 4', 5. Построим горизонтальные проекции этих точек, для этого через фронтальные проекции точек $1_2, 2_2, 2'_2, 4_2, 4'_2, 5_2$ проведем вертикальные линии связи до пересечения с соответствующими ребрами на виде сверху.

Для определения недостающих проекций точек 3, 3', принадлежащим граням призмы, проводим через них вспомогательную горизонтальную плоскость уровня $\Sigma(\Sigma_2)$. В сечении получим пятиугольник, подобный основанию пирамиды. Построим горизонтальные проекции $3_1, 3'_1$, для этого через фронтальные проекции $3_2, 3'_2$, проведем вертикальные линии связи до пересечения со сторонами пятиугольника.

Для построения **сторон** ломаной пространственной линии необходимо придерживаться правила: **прямыми линиями соединяются проекции точек, принадлежащих одной грани**.

Замкнутая пространственная ломаная **1-2-3-4-5-4'-3'-2'-1** представляет собой искомую линию пересечения, принадлежащую поверхности пирамиды. Линия 3-3' является ребром граней горизонтального выреза.

Пример выполнения задания У2.000.000.001 и его наглядное изображение приведен на рисунке 61.

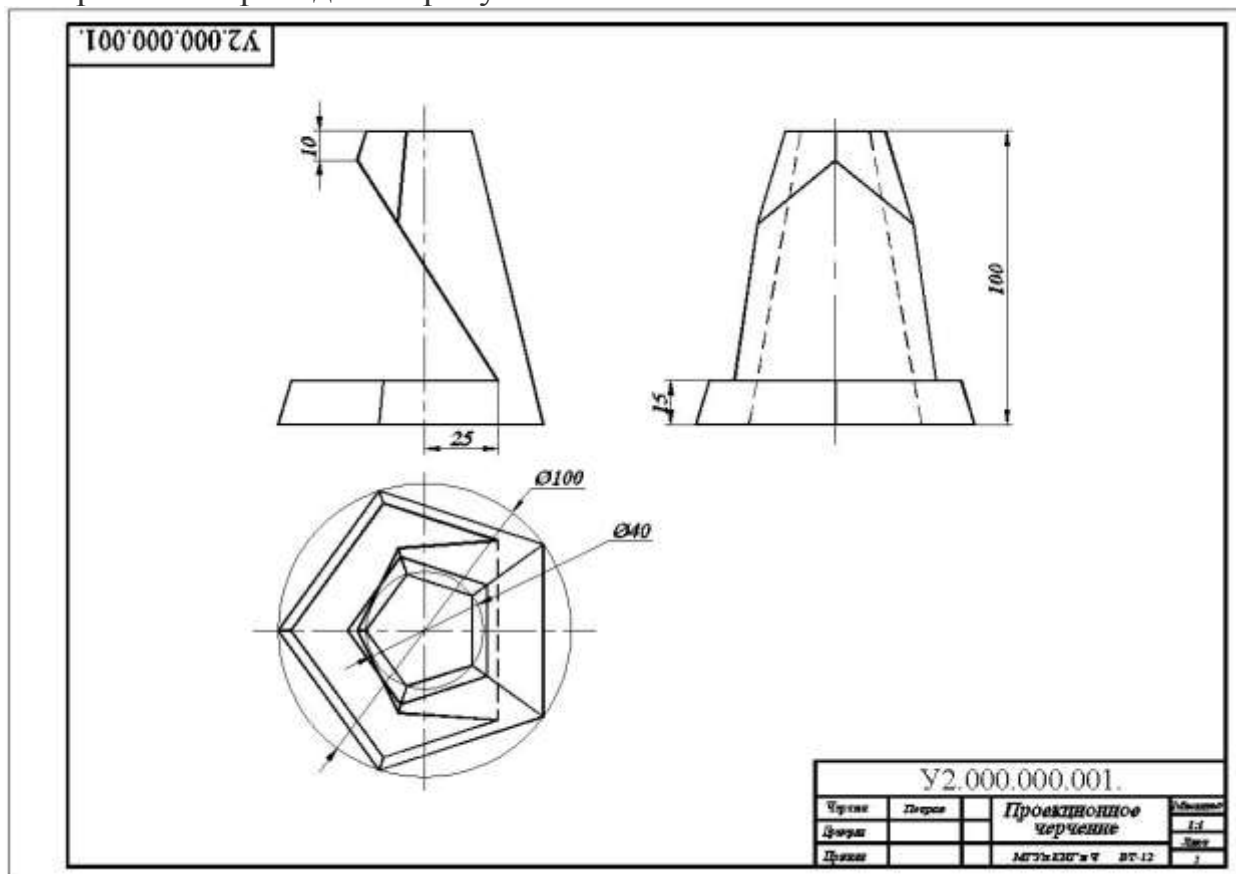


Рис. 61. Пример оформления задания У2.000.000.001

3.2.2. Построение развертки поверхности

Разверткой многогранной поверхности называется совокупность конгруэнтных ее граням многоугольников, расположенных в одной плоскости. Развертывание гранных поверхностей выполняют для проведения раскроя листового материала при изготовлении деталей или определения площади поверхности деталей, покрываемых различными материалами.

Построение развертки рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- 1) определить длину ребер и сторон основания пирамиды,
- 2) выполнить чертеж развертки последовательным построением граней пирамиды и линией пересечения ($1-2-3-4-5-4'-3'-2'-1$).

Пример построения развертки поверхности приведен на рис. 62.

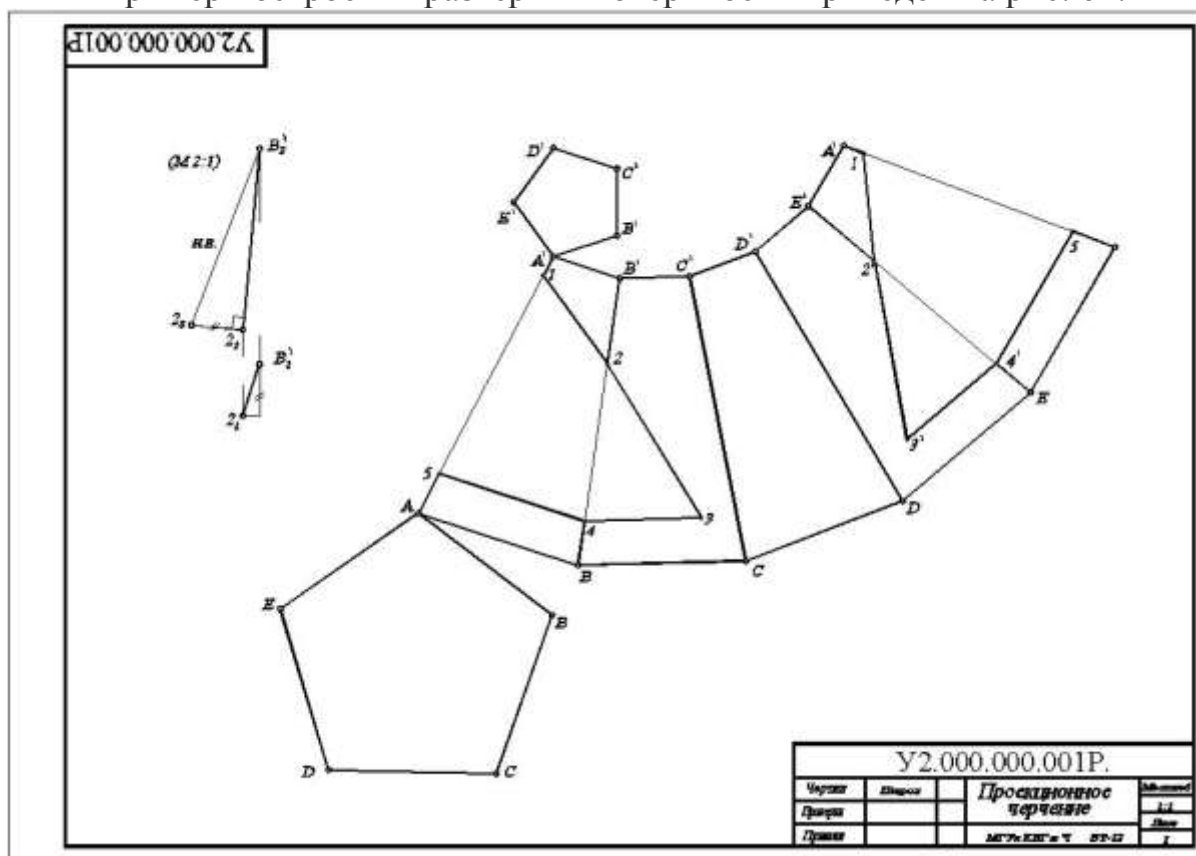


Рис.62. Построение развертки поверхности

Основания $ABCDE$ и $A' B' C' D' E'$ пирамиды лежат в горизонтальных плоскостях уровня. Поэтому их стороны на виде сверху проецируются в натуральную величину.

Боковые ребра пирамиды равны, поэтому длину ребер определяем по длине ребра $A-A'$. Ребро $A-A'$ расположено параллельно Π_2 , и его фронтальная проекция $A_2 -A'_2$ на главном виде проецируется в натуральную величину.

После построения развертки пирамиды наносим вершины ломаной.

Точки 1, 5 принадлежат ребру $A-A'$, поэтому расстояния $A_1I = A_2I_2$, $A_5=A_2$ 5₂. Точки 4, 4' принадлежат ребрам $B-B'$ и $E-E'$ соответственно. Расстояния $B_4=E_4' = A_5=A_2$ 5₂. Точки 3, 3' принадлежат сторонам пятиугольника (сечения вспомогательной горизонтальной плоскости уровня Σ), поэтому расстояния до этих точек берутся с вида сверху ($4_3 = 4'_3 = 4_1 3_1 = 4'_1 3'_1$). Точки 2, 2' принадлежат ребрам $B-B'$ и $E-E'$ соответственно. Находим натуральную величину отрезка $B'2$ методом прямоугольного треугольника (смотри раздел 1.3.3). Строим точку 2', так как расстояние $B'2=E'2'$.

3.3. Выполнение задачи У2.000.000.002

Для выполнения задания необходимо в данном пособии проработать разделы: 1.5 «Изображение основных геометрических тел», 1.6 «Построение точек, принадлежащих поверхности», 2.5 «Разрезы»; метод вспомогательных плоскостей уровня из курса начертательной геометрии.

Задание предусматривает построение линий пересечения горизонтального призматического отверстия с наружной и внутренней поверхностями, образующими деталь, изображенную на чертеже №2 индивидуального задания.

Решение задачи рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Прочитать чертеж детали с индивидуального задания, у которой изображены главный вид и вид сверху (частично). Определить вид линий пересечения поверхностей.

2. На плотной бумаге формата А3 по указанным на чертеже размерам в масштабе М 1:1 вычертить контуры поверхности, образующих заданную деталь.

Виды на поле чертежа разместить равномерно, как показано на рис.55.

3. Применив способ «вспомогательных секущих плоскостей уровня», достроить по опорным и вспомогательным точкам линии пересечения поверхностей на виде сверху и построить их проекции на виде слева.

4. Построить целесообразные вертикальные и горизонтальный разрезы.

5. Оформить чертеж, как указано на типовом примере рис.61.

Построение точек, принадлежащих линиям пересечения поверхностей, рекомендуется до обводки чертежа сохранить.

3.3.1. Пример выполнения задания

На рисунке 63 изображена деталь, образованная наружной конической поверхностью вращения и внутренней вертикальной четырехгранной призмой.

На главном виде задан очерк образующих конуса, а так же проекции верхнего и нижнего оснований. Штриховыми вертикальными линиями изображены ребра призмы. Треугольник изображает вырожденные проекции линий пересечения горизонтальной призмы с поверхностью конуса и внутренней вертикальной призмой, так как грани этой призмы являются фронтально проецирующими плоскостями.

На виде сверху видимыми изображены окружности, определяющие горизонтальные проекции верхнего и нижнего оснований конуса и вырожденная проекция верхнего и нижнего оснований призмы. Ребра горизонтального призматического отверстия на виде сверху не показаны. Верхняя горизонтальная грань трехгранной призмы пересекает конус по окружности. Боковая вертикальная грань пересекается с поверхностью конуса по гиперболе, т.к. она параллельна двум образующим конуса, совпадающими с профильной плоскостью симметрии детали. Наклонная грань пересекает ось конуса под углом и на поверхности образует эллипс.

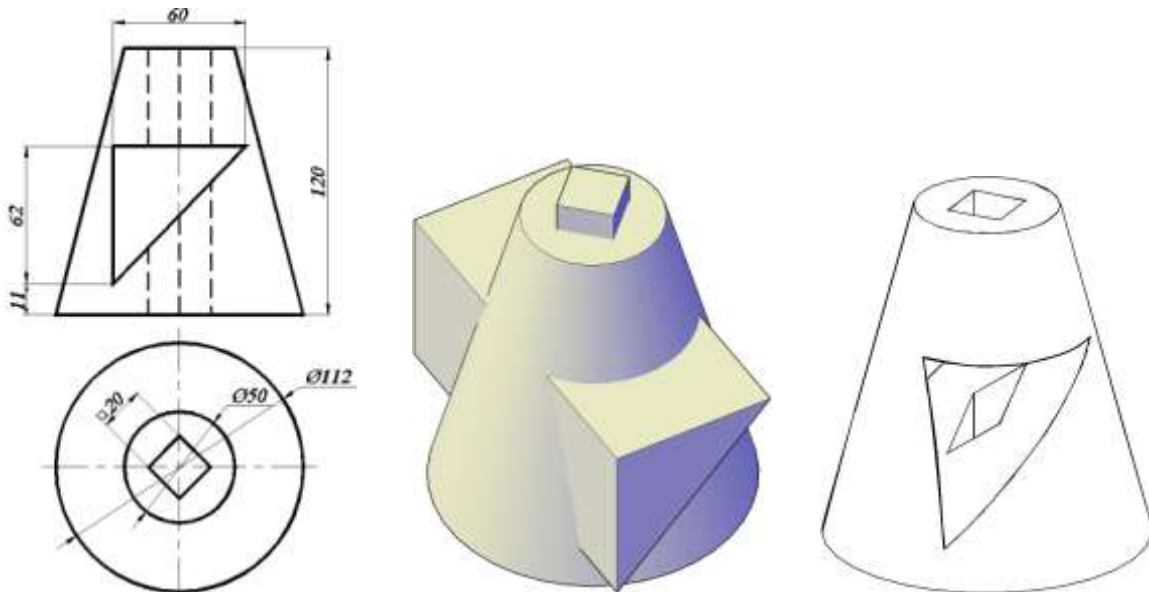


Рис.63. Условие задачи У2.015.000.002

Рассмотрим ход решения задачи (рис.64).

Построения начинают с опорных точек – точек пересечения ребер горизонтальной призмы с поверхностью конуса: $1-1'$; $2-2'$; $3-3'$. Для нахождения этих точек воспользуемся **способом вспомогательных секущих плоскостей**. Для этого через точки $1_2-1_2'$; $3_2-3_2'$ зададим горизонтальную плоскость уровня Σ_2 . Плоскость Σ пересекает конус по окружности радиуса R_1 . Построим горизонтальную проекцию окружности радиуса R_1 . На пересечении вертикальных линий проекционной связи, проходящих через проекции $1_2 1_2'$; $3_2 3_2'$ и горизонтальной проекции окружности R , находим горизонтальные проекции этих точек.

Проекции точек 1_1 и 3_1 находятся в нижней части вида сверху изображаемой детали, а $1_1'$ и $3_1'$ - в верхней части изображения. Точки 1 и

3 являются видимыми на поверхности конуса, а точки $1'$, $3'$ невидимые и называются фронтально конкурирующими.

Горизонтальные проекции точек $1_1, 1_1'$ и $3_1, 3_1'$ соединим штриховой линией, которые изображают невидимую проекцию верхних ребер призмы.

Через фронтальные проекции точек $2_2, 2_2'$ зададим подобную горизонтальную плоскость λ_2 , которая пересечет конус по окружности радиуса R_2 . Аналогично, проведя вертикальную линию проекционной связи через $2_2, 2_2'$, находим в пересечении с окружностью радиуса R_2 горизонтальные проекции точек $2_1, 2_1'$. Соединив проекции $2_1, 2_1'$ - получим горизонтальную проекцию нижнего ребра призмы, часть которого на участках $1_2 2_2$ и $1_2' 2_2'$ будет видима.

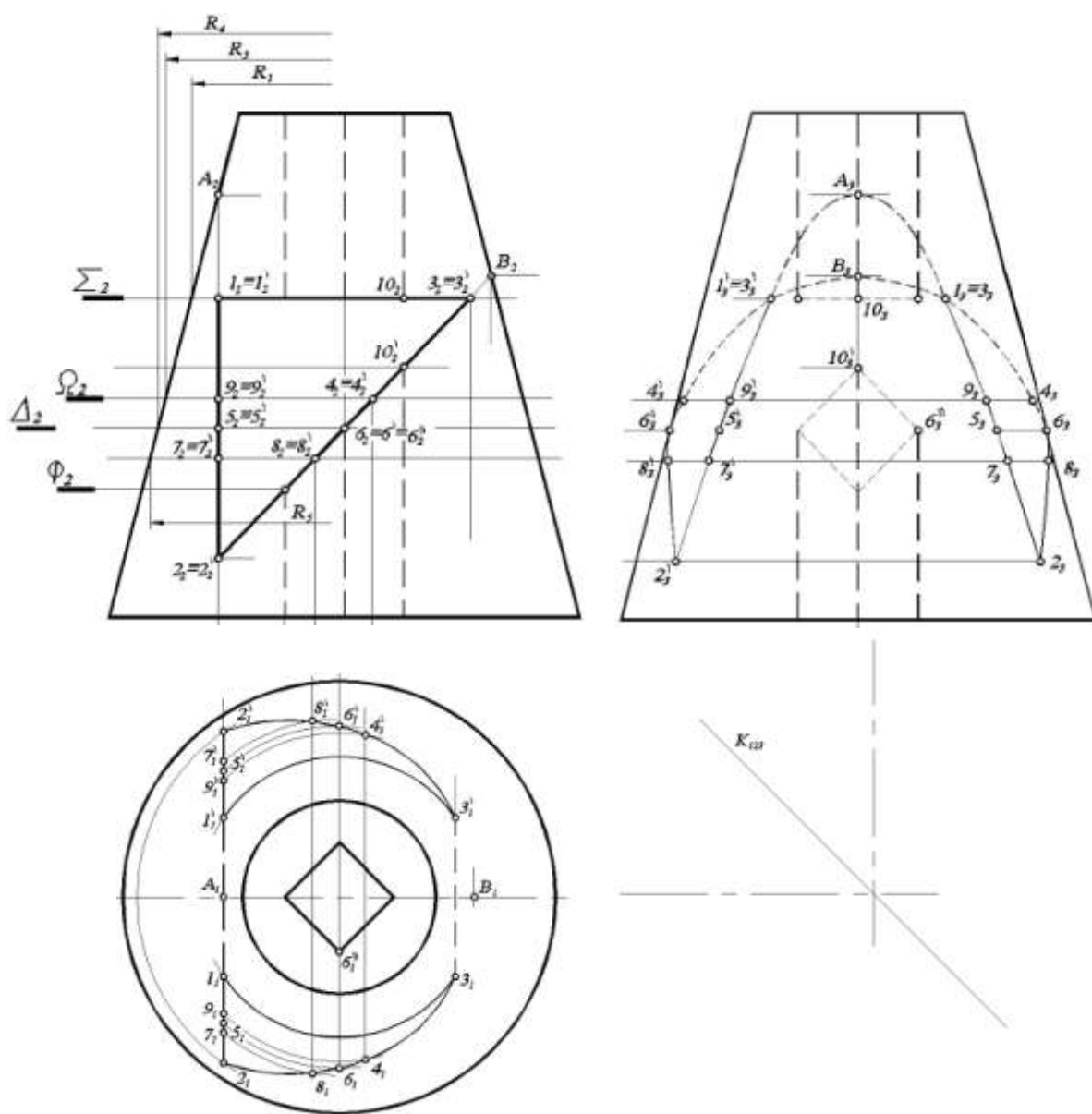


Рис.64. Пример построения чертежа детали конической формы

Промежуточные (случайные) точки гиперболы построены с помощью вспомогательных плоскостей Ω (точки 9-9'), Δ (точки 5-5'), Φ ((точки 7-7')), заданных произвольно по высоте между точками 2_2 - 1_2 . Горизонтальная и фронтальная проекции гиперболы вырождаются в прямую линию. Линия пересечения 1-3 фронтально – проецирующей грани призмы с поверхностью конуса образуют эллипс, промежуточные точки которого строим, используя те же вспомогательные плоскости.

Плоскость Ω дает точки 4, 4' (на пересечении дуги R_3 с вертикальной линией связи 4 - 4'; плоскость Δ точки 6 - 6' (R_4 с прямой 6 - 6'); плоскость Φ точки 8 - 8' (R_5 с прямой 8 - 8')). Полученные точки соединяем с помощью лекал.

Профильные проекции точек, принадлежащих ребрам, и промежуточные точки кривых (эллипса, гиперболы) строят, проводя горизонтальные линии проекционной связи через фронтальные проекции точек 1_2 , 2_2 , 3_2 и т.д. На виде слева от оси симметрии откладывают на этих линиях связи координату Y соответствующих точек, которые считывают с горизонтальной проекции (вид сверху).

Построение линий пересечения четырехгранной вертикальной призмы и граней (верхней и наклонной) горизонтальной призмы построены **методом ребер**. Точки 10 , $10'$, $6''$ принадлежат ребрам вертикальной призмы и их проекции строятся, исходя из теории о принадлежности точки прямой линии (смотри «Глава 1. Введение в начертательную геометрию»). Горизонтальные проекции точек 10_1 , $10'_1$, $6''_1$ и т.д. совпадают с вырожденными проекциями ребер вертикальной призмы на виде сверху.

Профильные проекции находим на пересечении горизонтальных линий связи, проходящих через фронтальные проекции 10_2 , $10'_2$, $6''_2$ и т.д. с профильными проекциями ребер вертикальной призмы на виде слева.

На рисунке 65 изображен пример оформления чертежа детали задания У2.000.000.002.

Главный вид совмещен с простым фронтальным разрезом. Секущая плоскость совпадает с фронтальной плоскостью симметрии детали, поэтому она не изображена и разрез не обозначен.

Разрез изображен полностью, т.к. относительно профильной плоскости симметрии правая и левая части детали неравнозначны.

Вид сверху совмещен с горизонтальным разрезом $A - A$. Половина вида от половины разреза разделены осевой штрихпунктирной линией. На $\frac{1}{2}$ разреза видимым изображено ребро 2-2' и внутренняя поверхность фигуры, лежащая ниже секущей плоскости. На $\frac{1}{2}$ вида изображены видимые линии на поверхности конуса.

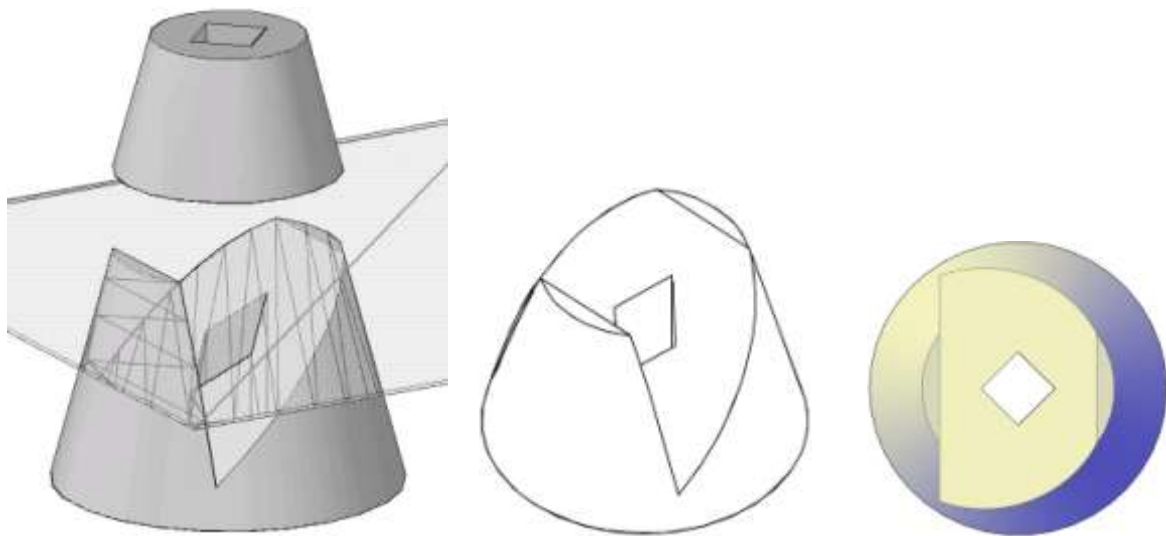
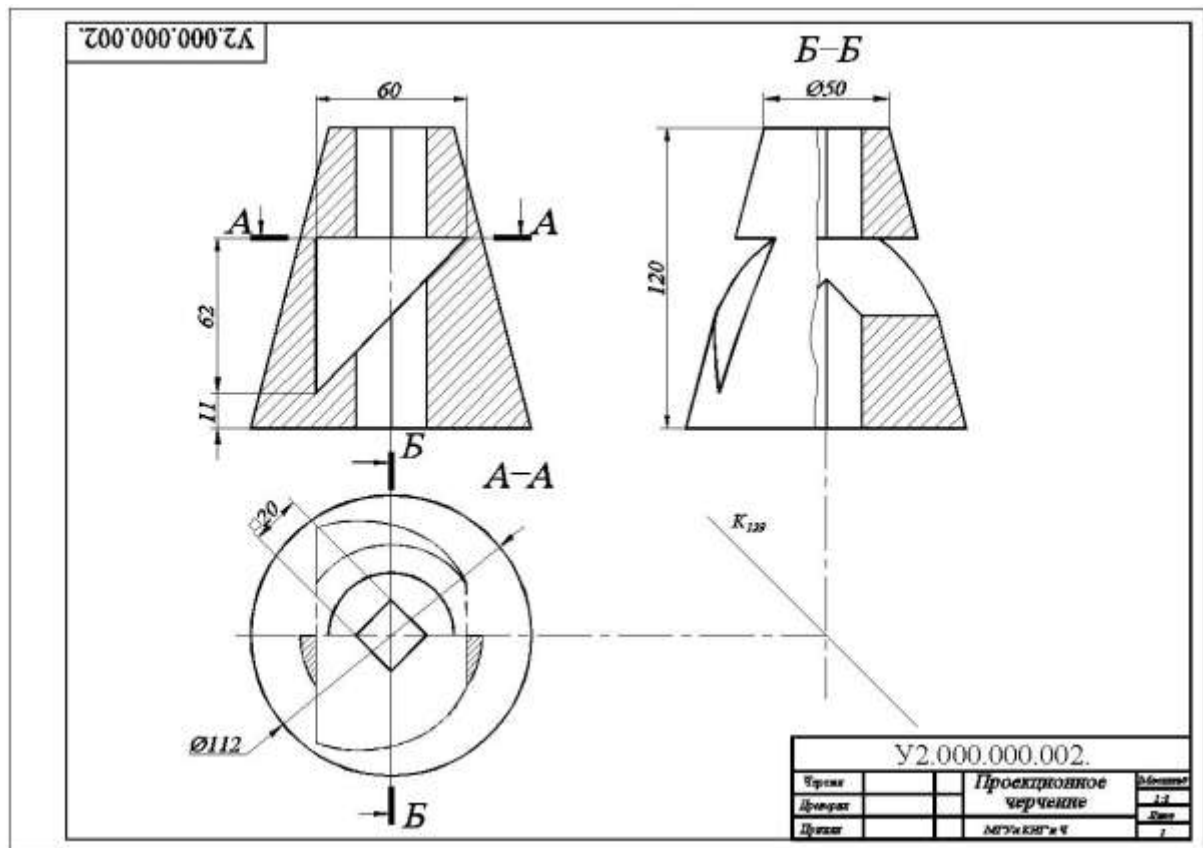


Рис.65. Пример выполнения У2.015.000.002 и наглядные изображения

Вид слева совмещен с разрезом $B - B$ секущая плоскость которого не совпадает с фронтальной плоскостью симметрии. Половина вида отделена от разреза тонкой волнистой линией, т.к. видимыми изображены линии пересечения многогранников и ребро вертикальной призмы, лежащие за секущей плоскостью и совпадающие с осевой штрихпунктирной линией.

Все геометрические фигуры, лежащие в секущих плоскостях, заштрихованы. Направление штриховки и расстояние между штрихами на всех видах одинаковы.

3.4. Выполнение задачи У2.000.000.003

В задаче требуется: построить три вида детали (по двум заданным в задании). На главном виде или виде слева построить указанный в задании сложный разрез (рис.66). Сложные разрезы выполняются после изучения материала «2.5. Разрезы» и «2.7. Некоторые условности и упрощения по ГОСТ 2.305-68». На остальных видах выполняются простые полные или местные разрезы.

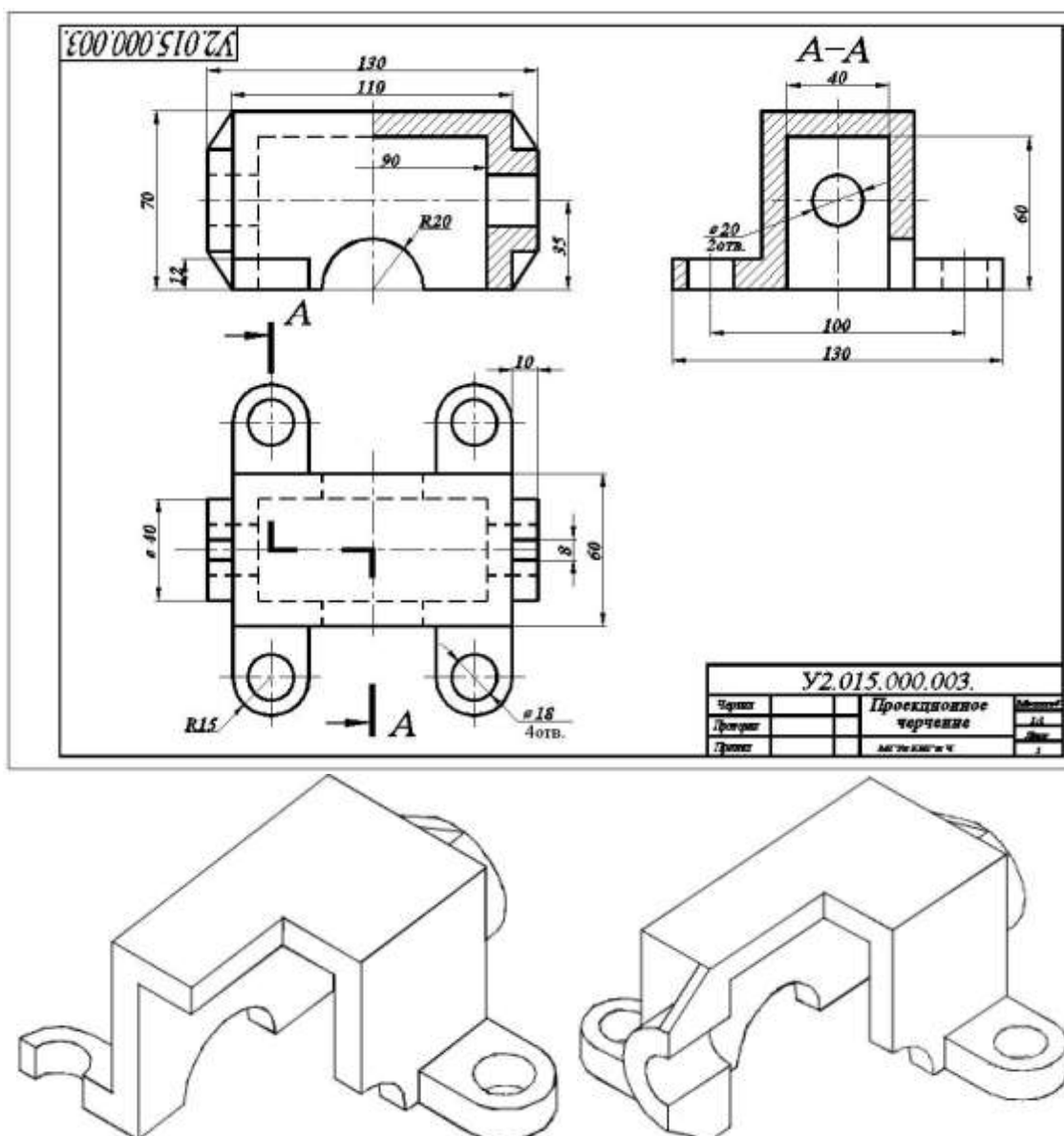


Рис.66. Пример выполнения задачи У2.015.000.003 и ее наглядное изображение

На рис.66 приведен пример сложного (ступенчатого) разреза *A-A*, когда одна секущая плоскость проходит через ось цилиндрического отверстия $\varnothing 18$, а другая – через полуцилиндрическую нишу $R20$ в стенке детали. Обе секущие плоскости параллельны между собой. Эти плоскости параллельны профильной плоскости проекций, поэтому разрез помещен на месте вида слева. Сечения, получившиеся в обеих секущих плоскостях,

условно совмещены. Переход от одной секущей плоскости к другой, отмеченный на виде сверху пересечением штрихов (уголками) на разрезе специально никак не показывается. Если в разрез попадает ребро жесткости, то при пересечении его вдоль, оно разрезается, но не заштриховывается.

На главном виде совмещается вид с разрезом (справа помещается разрез, слева – вид), т.к. деталь на этом виде симметричная. Размеры равномерно должны быть распределены по трем видам.

Глава 4. Аксонометрические проекции

4.1. Теория аксонометрического изображения

Целью аксонометрических изображений является, прежде всего, наглядность изображаемого объекта. При этом следует отметить, что аксонометрию применяют для объектов небольших размеров. Вторым важным свойством аксонометрии является ее обратимость, т.е. возможность единообразного толкования формы и размеров объекта.

Построение аксонометрических проекций заключается в том, что геометрическую фигуру вместе с осями прямоугольных координат, к которым эта фигура отнесена в пространстве, параллельным (прямоугольным или косоугольным) способами проецируют на выбранную плоскость проекций. Таким образом, аксонометрическая проекция — это проекция на одну плоскость. При этом направление проецирования выбирают так, чтобы оно не совпадало ни с одной из координатных осей.

При построении аксонометрических проекций изображаемый предмет жестко связывают с натуральной системой координат $OXYZ$. В целом аксонометрический чертеж получается состоящим из параллельной проекции предмета, дополненной изображением координатных осей с натуральными масштабными отрезками по этим осям. Название «аксонометрия» и произошло от слов — аксон — ось и метрео — измеряю.

Декартова система координат может занять по отношению к плоскости аксонометрии любое положение (расстояние между ними в силу параллельного проецирования роли не играет), и, как следствие этого, взаимное положение аксонометрических осей и связанных с ними показателей искажения могут иметь произвольное значение. Это явление рассматривают в курсе начертательной геометрии как теорему Польке.

Как большое здание строят из маленьких кирпичиков, так и любую сложную аксонометрию можно построить, умея строить аксонометрию точки. В дальнейшем, с накопленным опытом, приходит умение упрощать построения, но в основе всего остается построение точки.

Три координаты, фиксирующие положение точки в ортогональных проекциях (рис.67), определяют так же и ее положение в аксонометрических осях. Точка А –(вершина телевизионной башни) имеет

координаты на чертеже X_A , Y_A , Z_A . В изометрии (не забывая об искажении в 1.22 раза) вершину А найдем, последовательно откладывая отрезки X_A , Y_A , Z_A .

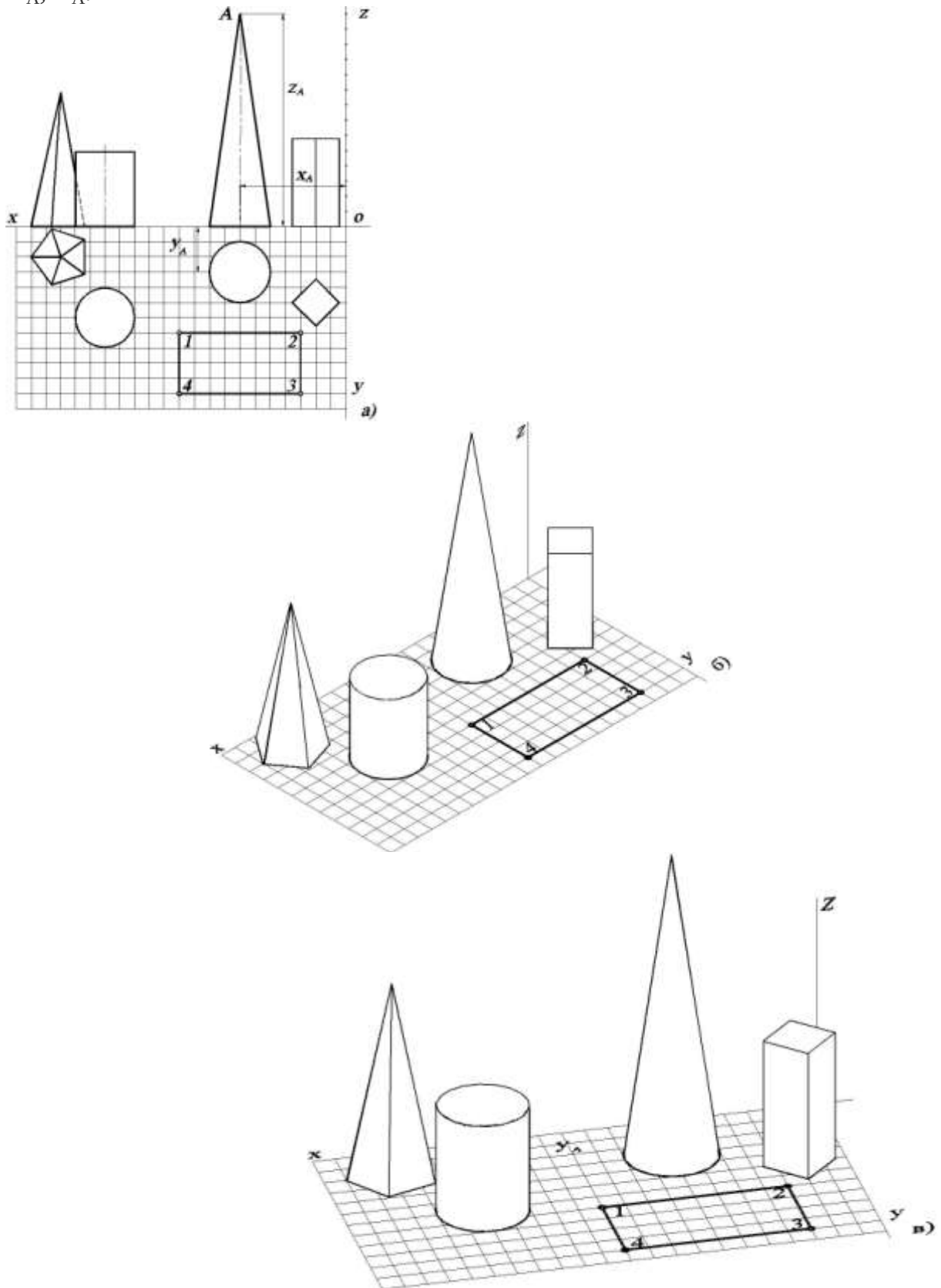


Рис. 67. Схема построения: а – по ортогональным проекциям; б - изометрии; в – диметрии

На аксонометрическом чертеже точка А задается двумя проекциями (рис.68 б).

A' – аксонометрической проекцией;

A_1' – вторичной проекцией.

Аксонометрия получается по схеме метода двух изображений. Совмещается плоскость изображения Π и вторая вспомогательная плоскость проекций Π_2 с аксонометрической плоскостью проекций Π' , а вторая вспомогательная плоскость проекций Π_1 – с координатной плоскостью Oxy натуральной системы координат.

Линии связи, соединяющие аксонометрические A' и вторичные проекции A_1' точек пространства, параллельны между собой.

В зависимости от вида проецирования аксонометрии бывают **центральные, параллельные (косоугольные) и прямоугольные (ортогональные)**. В последнем случае направление проецирования S перпендикулярно плоскости изображения Π' .

Искажения по аксонометрическим осям определяются **показателями искажения, равными отношению аксонометрических отрезков к натуральному:**

$$u = \frac{[e'_x]}{[e]}$$

$$v = \frac{[e'_y]}{[e]}$$

$$w = \frac{[e'_z]}{[e]}$$

В зависимости от соотношения между показателями искажения аксонометрия бывает:

- изометрическая (все показатели искажения равны);
- диметрическая (два показателя искажения равны, но не равны третьему);
- триметрическая (все показатели искажения различны).

При построении аксонометрических изображений необходимо знать, насколько произвольно могут быть выбраны аксонометрические оси и аксонометрические единичные отрезки. На этот вопрос отвечает **основная теорема аксонометрии**, называемая **теоремой Польке**. Она говорит о том, что в **косоугольной аксонометрии выбор аксонометрических осей и единичных отрезков e'_x, e'_y, e'_z совершенно произволен**.

На основании этой теоремы фигура, полученная заданием на плоскости Π' трех произвольных лучей $O'x', O'y', O'z'$ и отложенных на них трех отрезков e'_x, e'_y, e'_z произвольной длины, может рассматриваться, как параллельная проекция трех взаимно перпендикулярных осей натуральной системы координат $Oxyz$ с отложенными на них равными единичными отрезками e .

4.3. Прямоугольная аксонометрия и ее свойства

Теорема Польке недействительна для прямоугольной аксонометрии, т.к. задание направления $s(OO') \perp \Pi'$ (рис.69) оставляет на выбор положения начала O натуральной системы координат $Oxyz$ только одну степень свободы ($O \in s$) вместо двух степеней свободы в случае параллельной аксонометрии. Необходимо знать ограничения, накладываемые на выбор аксонометрической системы координат $O'x'y'z'$ и единичных отрезков e'_x, e'_y, e'_z , которые следуют непосредственно из свойств прямоугольной аксонометрии.

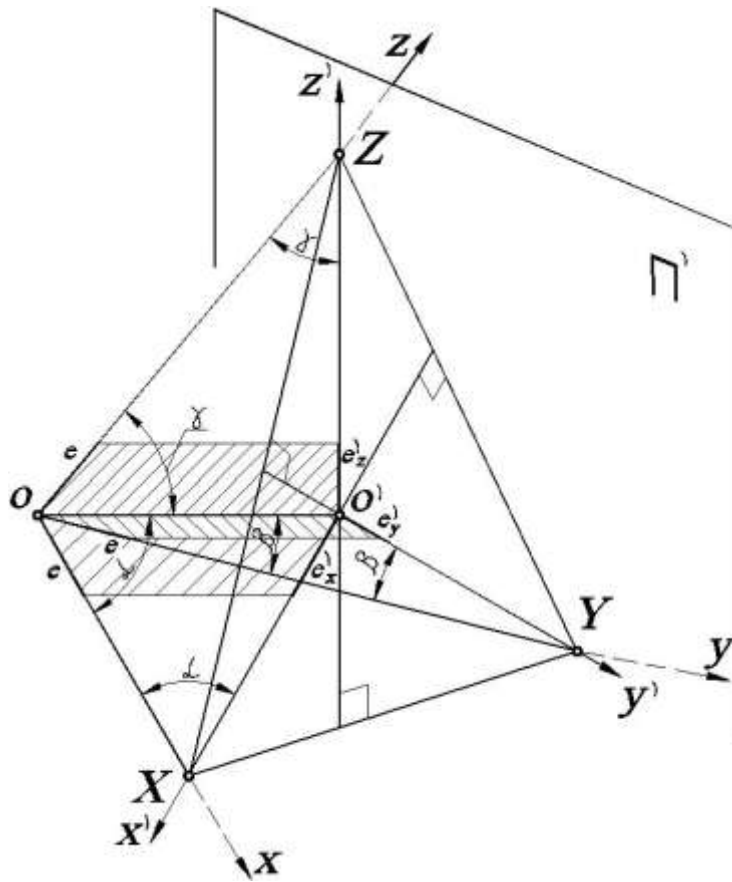


Рис.69. Треугольник следов

1) **Треугольник следов XYZ**, по которому натуральная система координат пересекается с плоскостью изображения Π' , **является остроугольным** (рис.69).

Это свойство очевидное: декартова система координат пересекается с любой плоскостью, отличной от координатной, по остроугольному треугольнику.

2) **Аксонометрические оси $O'x', O'y', O'z'$ являются высотами треугольника следов XYZ.**

Справедливость этого свойства следует из теоремы о проецировании прямого угла. Например, прямые Oz, XY

перпендикулярны, при этом $X'Y' \subset \Pi'$ (или $X'Y' // \Pi'$), поэтому их проекции $O'z'$, $X'Y' = X'Y'$ также будут перпендикулярными.

3) Сумма квадратов показателей искажения равна двум:

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2$$

Эта формула называется **основной формулой прямоугольной аксонометрии**.

4.4. Сравнение свойств чертежа Монжа и аксонометрии

Наибольшее распространение среди обратимых чертежей получили чертеж Монжа и аксонометрия. Они используются для изображения деталей и узлов в машиностроении, а также строительных конструкций. Применяя различные способы изображения необходимо знать их достоинства и недостатки.

Сравнение изображений точки A на чертеже Монжа (рис.70а) и на аксонометрическом чертеже (рис.70б), а также изображений детали (рис.70 в и г) позволяет сделать следующие выводы:

1) изображения геометрических фигур на чертеже Монжа и на аксонометрическом чертеже принципиально ничем не отличаются, т.к. указанные чертежи получаются по единой схеме метода двух изображений: фигура на обоих чертежах изображается двумя проекциями;

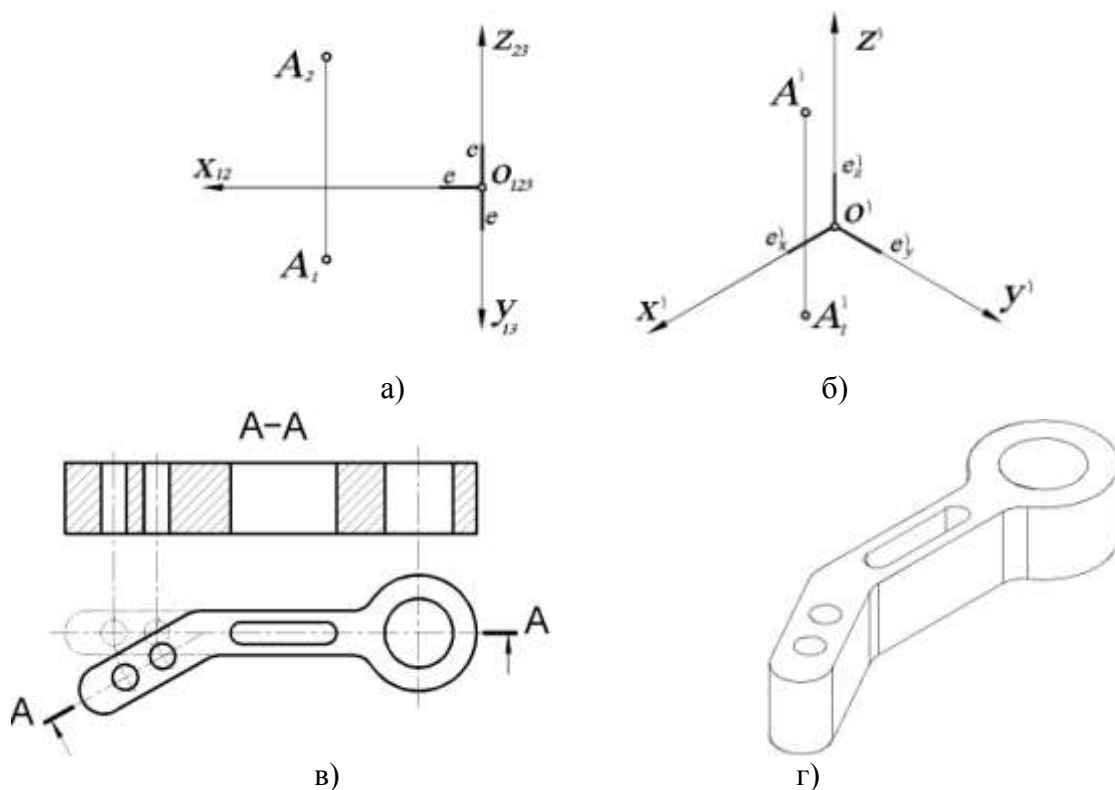


Рис.70. Сравнение чертежа Монжа (а и в) и аксонометрии (б и г)

2) чертеж Монжа проще и точнее аксонометрического чертежа, т.к. на чертеже Монжа все единичные отрезки изображаются без искажения, а в аксонометрии с искажением;

3) аксонометрический чертеж нагляднее чертежа Монжа, т.к. проекции координатных плоскостей в аксонометрии являются невырожденными, а на двухкартинном чертеже Монжа изображение координатной плоскости Oyz вырождается в прямую.

Из всего вышесказанного вытекают два важных следствия:

- 1) алгоритмы графического решения позиционных задач на чертеже Монжа и на аксонометрическом чертеже одинаковы;
- 2) алгоритмы графического решения метрических задач значительно проще на чертеже Монжа.

4.5. Техника выполнения чертежей в аксонометрических проекциях

4.5.1. Прямоугольная изометрия

Прямоугольная изометрия характеризуется тем, что приведенные коэффициенты искажения составляют 0,82. Их получают из соотношения (1).

Для прямоугольной изометрии из соотношения (1) получаем:

$3U^2 = 2$, или $U = V = W = (2/3)^{1/2} = 0,82$, т. е. отрезок координатной оси длиной 100 мм в прямоугольной изометрии изобразится отрезком аксонометрической оси длиной 82 мм. При практических построениях пользоваться такими коэффициентами искажения не совсем удобно, поэтому ГОСТ 2.317—69 рекомендует пользоваться приведенными коэффициентами искажения:

$$U = V = W = 1.$$

Построенное таким образом изображение будет больше самого предмета в 1,22 раза, т. е. масштаб изображения в прямоугольной изометрии будет $M^A 1,22:1$.

Аксонометрические оси в прямоугольной изометрии располагаются под углом 120° друг к другу (рис.71). Изображение окружности в аксонометрии представляет интерес, особенно окружностей, принадлежащих координатным или им параллельным плоскостям.

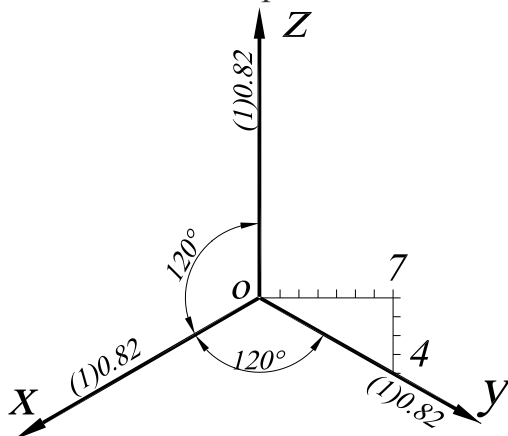


Рис. 71. Аксонометрические оси в прямоугольной изометрии

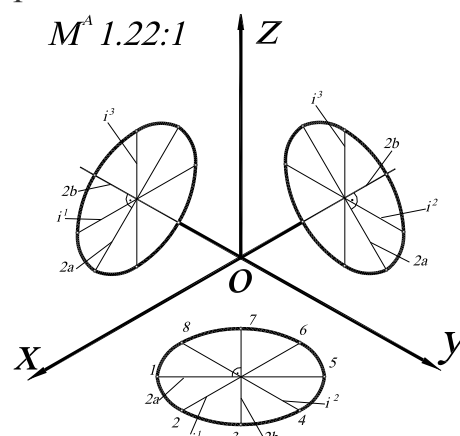


Рис.72. Окружности в прямоугольной изометрии

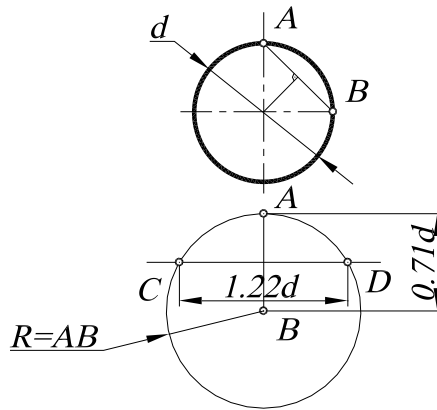


Рис.71. Построение осей овала

В общем случае окружность проецируется в эллипс, если плоскость окружности расположена под углом к плоскости проекции. Следовательно, аксонометрией окружности будет эллипс. Для построения прямоугольной аксонометрии окружностей, лежащих в координатных или им параллельных плоскостях, руководствуются правилом: большая ось эллипса перпендикулярна той координатной оси, которая отсутствует в плоскости окружности.

В прямоугольной изометрии равные окружности, расположенные в координатных плоскостях, проецируются в равные эллипсы (рис.72).

Размеры осей эллипсов при использовании приведенных коэффициентов искажения равны: большая ось $2a = 1,22d$, малая ось $2b = 0,71d$, где d — диаметр изображаемой окружности.

Диаметры окружностей, параллельных координатным осям, проецируются отрезками, параллельными изометрическим осям, и изображаются равными диаметру окружности: $l^1 = l^2 = l^3 = d$, при этом

$$l^1 \parallel X; l^2 \parallel Y; l^3 \parallel Z.$$

Эллипс, как изометрию окружности, можно построить по восьми точкам, ограничивающим его большую и малую оси и проекции диаметров, параллельных координатным осям (для малых диаметров окружности - $d \leq 20\text{мм}$).

В практике инженерной графики эллипс, являющийся изометрией окружности, лежащей в координатной или ей параллельной плоскости, можно заменить четырехцентровым овалом, имеющим такие же оси: $2a = 1,22d$ и $2b = 0,71d$. На рис.75 показано построение осей такого овала для изометрии окружности диаметра d .

Построение четырехцентрового овала, которым можно заменить построение эллипса, показано на рис.74.

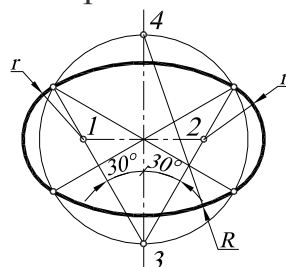


Рис.74. Построение четырехцентрового овала в изометрии

Сначала надо определить положение большой и малой осей эллипса по рисунку 72. Затем строится окружность заданного радиуса. Вспомогательные прямые 13 и 12, построенные под углом 30° к большой оси эллипса, определяют положение центров 1 и 2 к уже полученным центрам 3 и 4.

Из центров 1 и 2 строятся дуги окружностей радиусом r и из центров 3 и 4 строятся дуги окружностей радиусом R . Полученный четырехцентровый овал довольно близок к эллипсу и, как правило, удовлетворяет требования машиностроительных чертежей. Но если надо построить в изометрии сопряжения, то погрешности между эллипсом и четырехцентровым овалом не позволяют выполнить точных построений. В этом случае следует строить эллипс.

Изображение геометрических поверхностей в прямоугольной изометрии рассмотрим на примере построения стандартной прямоугольной изометрии усеченного прямого кругового конуса (рис.71).

На комплексном чертеже изображен конус вращения, усеченный горизонтальной плоскостью уровня, расположенной на высоте z от нижнего основания, и профильной плоскостью уровня, дающей в сечении на поверхности конуса гиперболу с вершиной в точке A . Проекции гиперболы построены по отдельным ее точкам.

Отнесем конус к натуральной системе координат $OXYZ$. Построим проекции натуральных осей на комплексном чертеже и отдельно их изометрическую проекцию. Построение изометрии начинаем с построения эллипсов верхнего и нижнего оснований, которые являются изометрическими проекциями окружностей оснований. Малые оси эллипсов совпадают с направлением изометрической оси O_z (см. рис.75). Большие оси эллипсов перпендикулярны малым осям. Величины эллипсов осей определяются в зависимости от величины диаметра окружности (d — нижнего основания и d_1 — верхнего основания). Затем строят изометрию сечения конической поверхности профильной плоскости уровня, которая пересекает основание по прямой, отстоящей от начала координат на величину X_A и параллельной оси O_y .

Изометрия точек гиперболы строится по координатам, замеряемым на комплексном чертеже, и откладываем без изменения вдоль соответствующих изометрических осей, так как приведенные коэффициенты искажения $U = V = W = 1$. Изометрические проекции точек гиперболы соединяем плавной кривой. Построение изображения конуса заканчивается проведением очерковых образующих касательной к эллипсам оснований. Невидимая часть эллипса нижнего основания проводится штриховой линией.

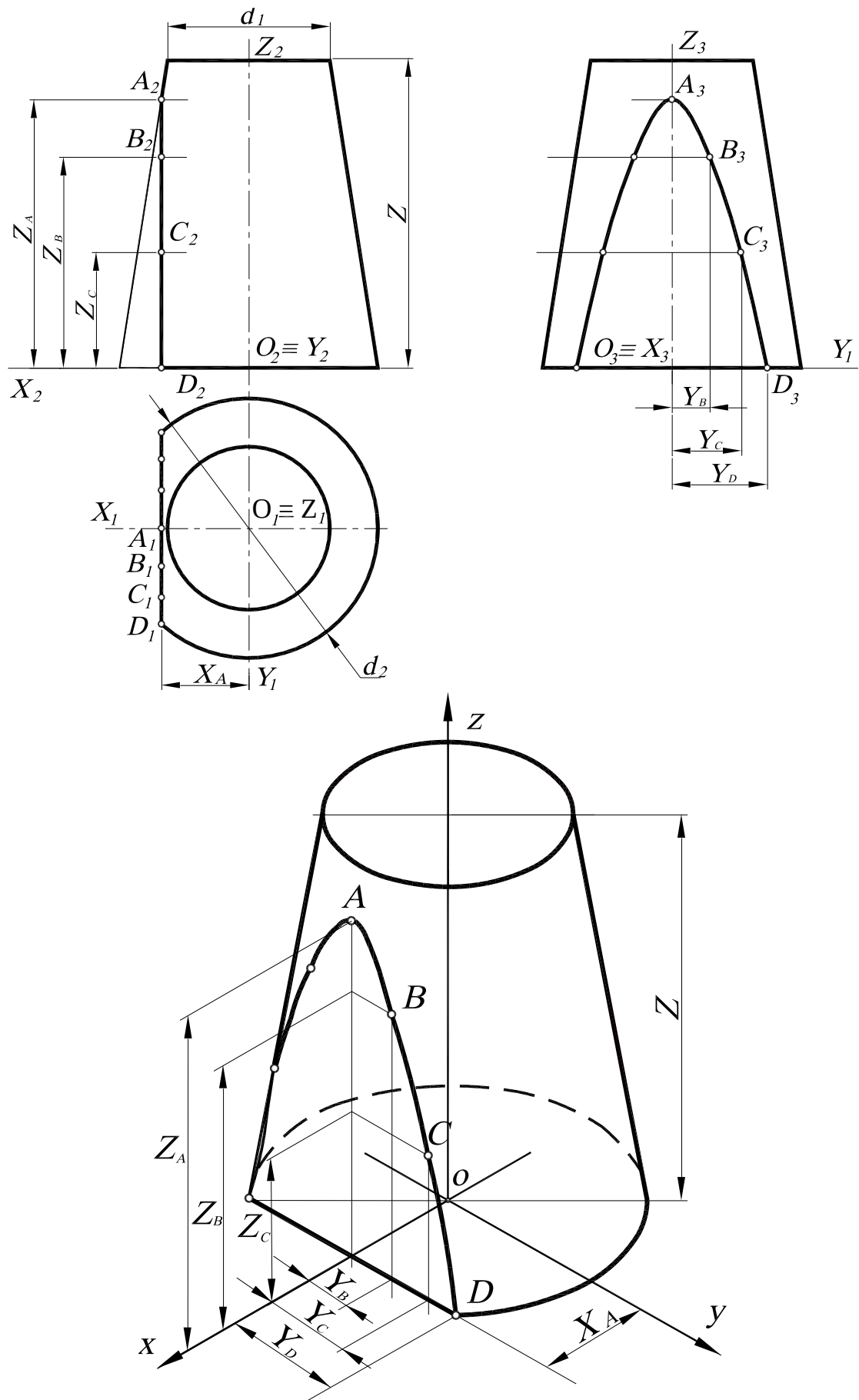


Рис.75. Пример построения стандартной прямоугольной изометрии усеченного прямого кругового конуса

4.5.2. Прямоугольная диметрия

Прямоугольная диметрия характеризуется тем, что коэффициенты искажения, определенные из выражения (1), $U = W = 0,94$, а $V = 0,47$. Определяют их следующим образом:

$$U^2 + (U/2)^2 + U^2 = 2;$$

$$U^2 = 8/9; U = W = (8/9)^{1/2} = 0,94; V = 0,47.$$

В соответствии с ГОСТ 2.317—69 практические построения в прямоугольной диметрии следует выполнять, пользуясь приведенными коэффициентами искажения: $U = W = 1$ и $V = 0,5$.

Расположение осей стандартной прямоугольной диметрии показано на рис.76. Аксонометрический масштаб для прямоугольной диметрии будет $M^A 1,06:1$.

В прямоугольной диметрии равные окружности диаметра d , лежащие в координатных плоскостях XOY и YOZ проецируются в равные эллипсы, большая ось которых $2a = 1,06d$, а малая — $2b = 0,35d$, если пользуемся приведенными коэффициентами искажения. Окружность, расположенная в плоскости XOZ проецируется в эллипс с осями, большая ось которых $2a^1 = 1,066d$, малая ось — $2b^1 = 0,95d$ (рис.73). Диаметры окружности, параллельные координатным осям, спроецируются в отрезки, параллельные осям диметрии $l^1 = l^2 = d$; $l^3 = 0,5d$, при этом $l^1 \parallel OX$; $l^2 \parallel OY$; $l^3 \parallel OZ$ (рис.77).

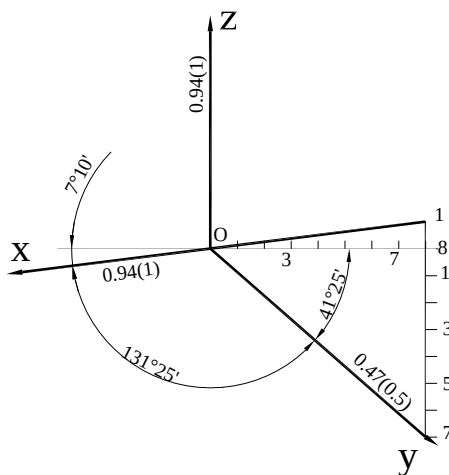


Рис.76. Расположение осей стандартной прямоугольной диметрии

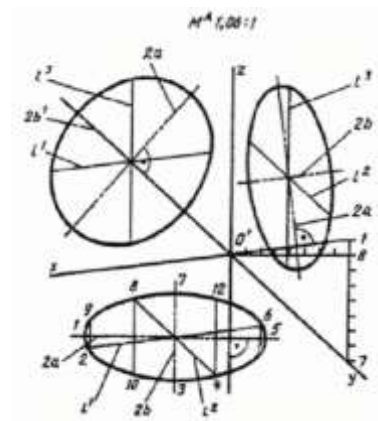


Рис.77. Окружность в прямоугольной диметрии

Можно построить кроме указанных точек еще четыре точки, симметричные точкам, ограничивающим проекции диаметров, параллельных координатным осям. Тогда эллипс, как диметрию окружности, можно построить по его двенадцати точкам.

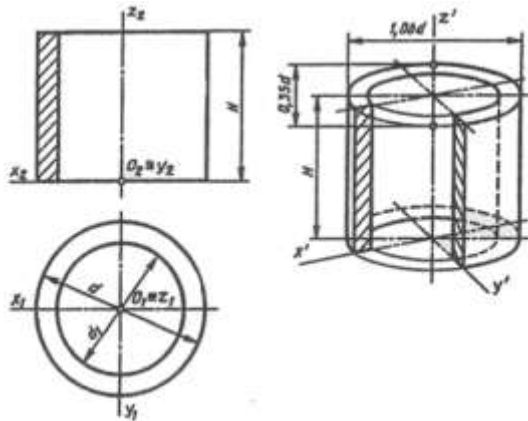


Рис.78. Пример построения стандартной прямоугольной диметрии прямого кругового цилиндра

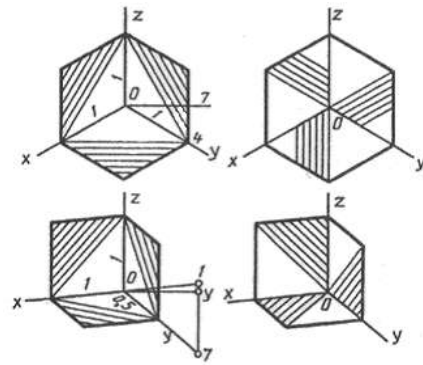


Рис.79. Направление штриховки

Изображение геометрических поверхностей в прямоугольной диметрии рассмотрим на примере построения стандартной прямоугольной диметрии прямого кругового цилиндра. На рис.78 приведен пример комплексного чертежа полого цилиндра высотой H с наружным d и внутренним d_1 диаметрами. Цилиндр расположим в натуральную величину в натуральной системе координат $OXYZ$, относительно которой построим его диметрическую проекцию. Как и в случае построения окружностей в изометрии, в диметрии также начнем построение фигуры с эллипсов верхнего и нижнего оснований цилиндра, которые являются изометрическими проекциями окружностей этих оснований. Окружности основания расположены в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, поэтому, пользуясь приведенными ранее правилами, определим, что большие оси эллипсов будут перпендикулярны оси OZ . Малые оси эллипсов совпадут с направлением оси OZ . Центры осей эллипсов нижнего и верхнего оснований расположены на расстоянии H . Величины осей определяем в зависимости от величины наружного и внутреннего диаметров цилиндров. Построив эллипсы, приведем очерковые линии, касательные к внешним эллипсам.

Для наглядности построим вырез четверти цилиндра, построение которого видно из рис.78. Направление штриховки выреза выберем, как показано на рис.79. Невидимые линии покажем штриховыми линиями. Для наглядности такими же линиями покажем линии вырезанной части цилиндра. Видимые контурные линии наводят нужной толщиной.

4.5.3. Пример выполнения задания У2.000.000.003А

На рис. 80 приведен пример выполнения аксонометрической проекции детали задания У2. Задачу У2.000.000.003А выполняют в изометрии. Для наглядности на чертеже показано построение в аксонометрии некоторых характерных точек. При выполнении задания эти построения сохранять не обязательно.

Вырез в аксонометрии не должен копировать сложный разрез в задаче У2.000.000.003. Он должен быть таким, что бы максимально показать внутреннее строение детали, но и не ухудшать наглядность ее наружного вида. Ребро жесткости, при рассечении его вдоль, в аксонометрических проекциях, разрезается и штрихуется.

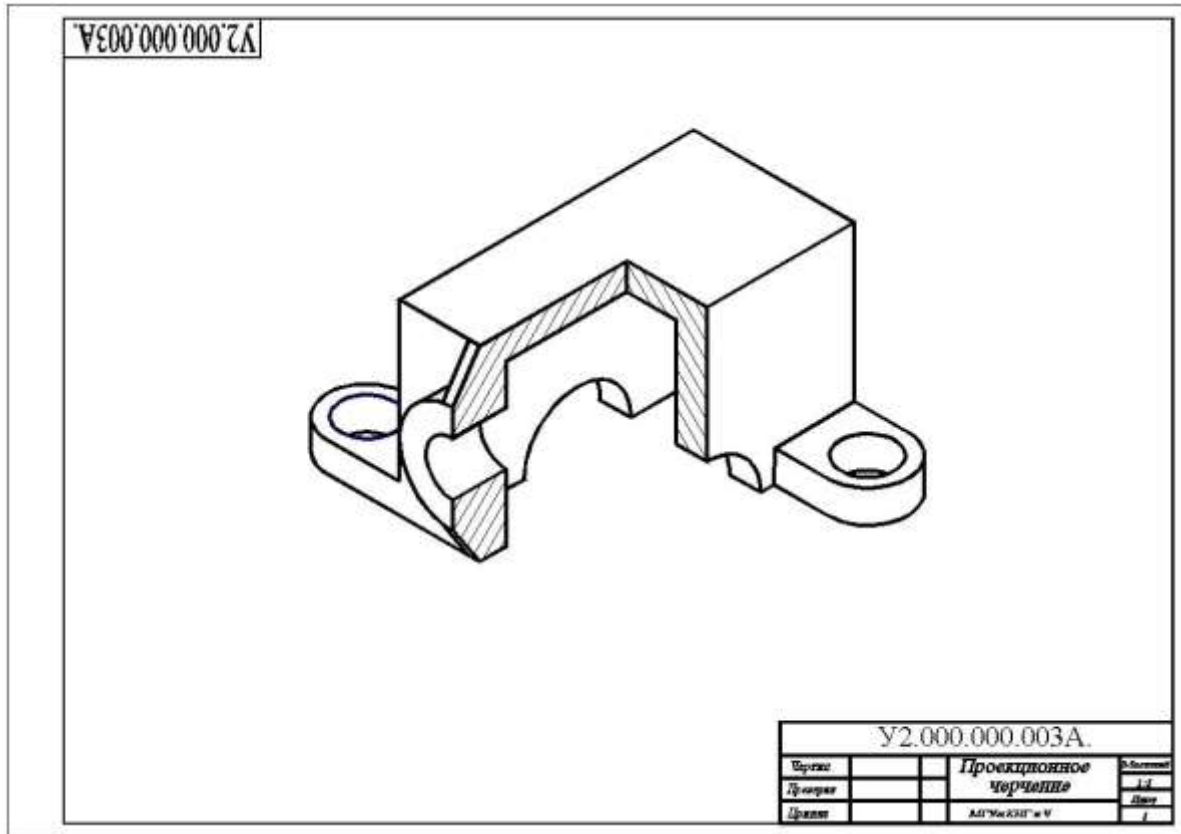


Рис.80. Пример выполнения У2.015.000.003А

Библиографический список

1. Иванов Г.С. Начертательная геометрия.- М.:МГУЛ, 2012.-340с.
2. Посвянский А.Д. Краткий курс начертательной геометрии. - М.; Высшая школа, 2006.-236с.
3. Чекмарев А. А. Инженерная графика.- М.: Высшая школа, 2007.- 365с.
4. Чекмарев А. А. Справочник по черчению. - М.: Высшая школа, 2007.-493с
5. Основы проекционного черчения: учеб. пособие / Комаров Н.А., Чувашев А. П., Тихонов В. А., Васильева К. В; под общ. ред. Тихонова В.А. - М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007.-59с.
6. Сборник Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Общие правила выполнения чертежей. ГОСТ 2.301-68 – ГОСТ 2.320-82.