

**Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Казанский государственный технологический университет**

Б.И. Таренко, М.Е. Кирягина, Р.Н.Хусаинов

ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Методические указания

к расчетно - графической работе

**Казань
КГТУ
2007**

УДК 515 (076.8)

Составители: ст.преп. Б.И. Таренко
 ст.преп. М.Е. Кирыгина
 доц. Р.Н. Хусаинов

Проекционное черчение: методические указания к расчетно-графическим работам/ сост.: Б.И. Таренко [и др.] Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007. 43 с.

Материалы, приведенные в данной работе, будут полезны для студентов технологических специальностей при выполнении расчетно-графических задач и контрольных работ в процессе изучения темы «Проекционное черчение». Данная работа облегчит работу студентов, так как весь необходимый учебный материал систематизирован, а также даются указания по оформлению работы.

Предназначено для студентов технологических специальностей всех форм обучения при изучении ими основ проекционного черчения.

Подготовлено на кафедре инженерная и компьютерная графика и автоматизированного проектирования.

Печатаются по решению методической комиссии.

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.А. Лашков (КГТУ)
 канд. техн. наук, ст.преп. А.В.Семенов (КГАСУ)

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Выполненный по правилам и нормам международных стандартов чертеж понятен любому инженеру, технически грамотному рабочему независимо от страны, в которой он живет и языка, на котором он говорит. *Чертеж является «языком техники».*

Изображения на чертеже выполняют по правилам проецирования. *Проецированием* называется процесс получения изображения предмета на плоскости. Получившееся при этом изображение называют *проекцией*. «*Проекция*» - слово латинское. В переводе на русский язык оно означает «бросать вперед».

Чтобы вычертить сложную деталь, необходимо научиться вычерчивать простые геометрические формы: цилиндры, конусы, призмы, сферы и др. Умение провести полный анализ чертежа, т.е. определить взаимное расположение вершин, ребер, граней, образующих, указать видимые и невидимые части фигуры, определить проекции точек, лежащих на поверхности детали и является основной задачей *проецирования геометрических тел*.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить правила построения изображений – виды, разрезы, сечения (ГОСТ 2.305-68).
2. Научиться изображать на чертежах геометрические формы, имеющие сквозные вырезы, ограниченные основными геометрическими поверхностями.

2. ОБЪЕМ И ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

По усмотрению преподавателя (или в соответствии с номером варианта) студент получает индивидуальное задание, состоящее из двух или трех задач. Расчетно-графическая работа выполняется на формате А3.

Содержание задачи:

1) начертить одну из геометрических форм (призму, шар, конус или пирамиду) в трех проекциях (видах) с построением линии пересечения по заданным размерам в масштабе 1:1. При построении соблюдать проекционные связи;

Виды: вид спереди (фронтальная проекция), вид сверху (горизонтальная проекция), вид слева (профильная проекция);

2) Проставить (нанести) размеры;

3) Выполнить разрезы, видо-разрезы (по указанию преподавателя);

4) В одной из задач (кроме шара) выполнить сечение фигуры плоскостью, указанной на фронтальной проекции чертежа.

3. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ (ЕСКД ГОСТ 2.305-68)

Рассмотрим некоторые основные положения этого стандарта и рекомендации справочной и учебной литературы.

3.1. Изображения

Изображение в общем случае можно рассматривать как проекцию пространственного объекта на плоскость. Правила построения изображений, применяемые в инженерной графике, приведены в разделе «Система координат и плоскости, применяемые в инженерной графике» [5].

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

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

1. Виды,
2. Разрезы,
3. Сечения,
4. Выносные элементы,
5. Условности и упрощения.

3.2. Виды

Вид – изображение, обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые части поверхности предмета с помощью штриховых линий.

Виды разделяются на: основные, дополнительные и местные

Основные виды. По ГОСТ 2.305-68 устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (рис.1):

вид спереди (главный вид);

1. вид сверху;
2. вид слева;
3. вид справа;
4. вид снизу;
5. вид сзади.

Названия видов на чертежах надписывать не следует, за исключением случая, когда виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением (видом или разрезом, изображенным на фронтальной плоскости проекций). Для более рационального использования поля чертежа и уменьшения формата листа допускается располагать некоторые основные виды в любом месте поля чертежа вне проекционной связи с главным видом.

При нарушении проекционной связи, направление проецирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (рис.2, вид Д). Чертежи оформляют так же, если перечисленные виды отделены от главного изображения другими изображениями или расположены не на одном листе с ним.

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров, то применяют *дополнительные виды*, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (рис. 3,4,5).

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (рис. 3,4), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (рис.3,4, стрелка Б).

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (рис 5).

Дополнительные виды располагают, как показано на рис.3,4,5. Расположение дополнительных видов по рис.3 и 5 предпочтительнее.

Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением ©.

Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один вид. Если при этом связанные с дополнительным видом части предмета расположены под различными углами, то к обозначению вида условное графическое обозначение © не добавляют.

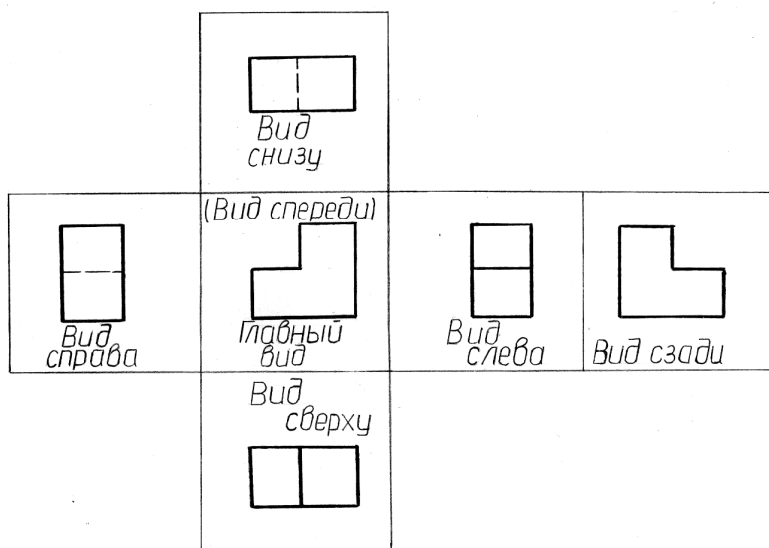
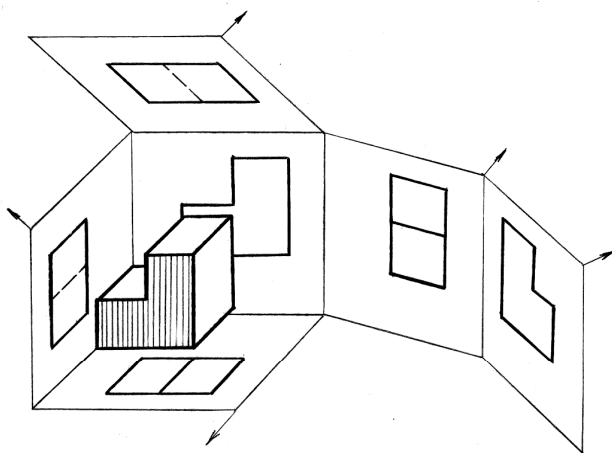


Рис. 1 Виды чертежа

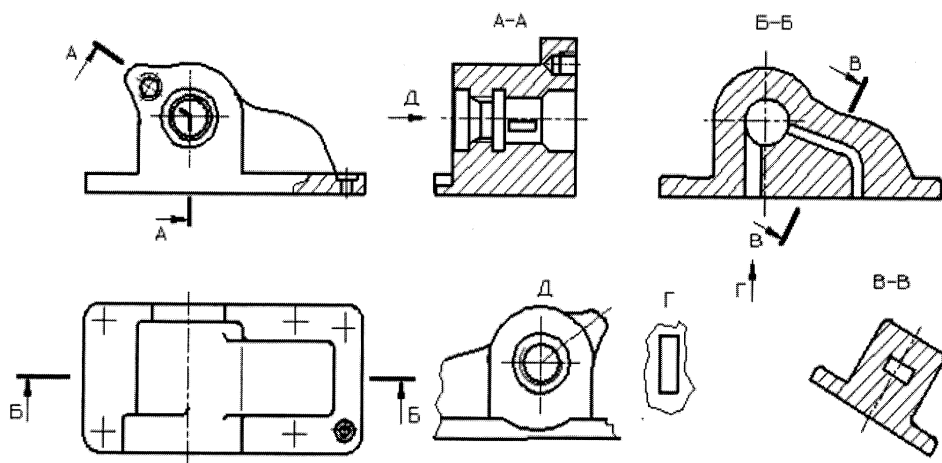


Рис. 2. Корпусная деталь

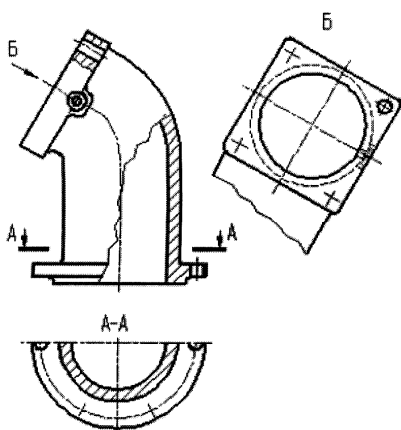


Рис. 3. Расположение и обозначение дополнительного вида

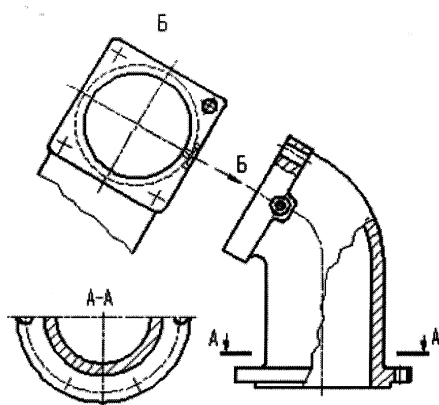


Рис. 4. Расположение и обозначение дополнительного вида

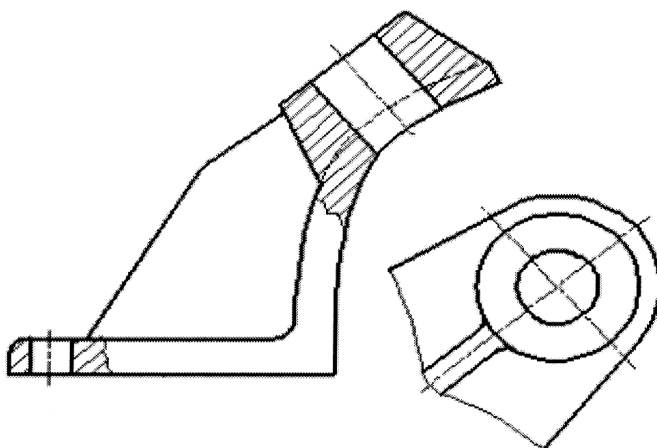


Рис. 5. *Дополнительный вид построенный без нарушения проекционной связи*

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета, называется *местным видом* (рис.2, вид Г). Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен. Местный вид изображают на чертеже подобно дополнительному виду.

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать размерам, приведенным на рис.6.

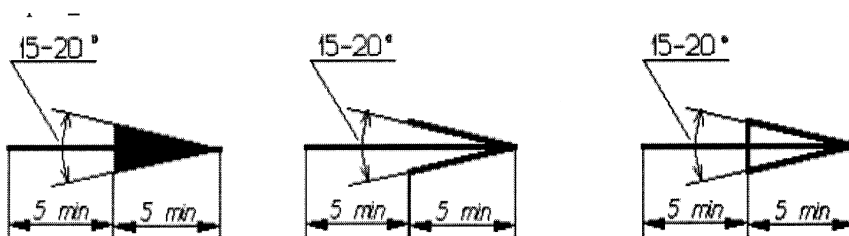


Рис.6. *Размеры стрелок, определяющих направление взгляда*

3.3. Разрезы

Для изготовления детали по чертежу необходимо, чтобы чертеж содержал исчерпывающие данные о форме и размерах этой детали. Говоря о форме, следует иметь в виду не только внешний вид детали, но и её внутреннее строение. Чтобы правильно представить сложное внутреннее строение детали, применяют условное изображение – разрезы (рис.7).

Разрезом называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. Отсеченную часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно удаляют, а оставшуюся часть предмета изображают на плоскости проекций, параллельной секущей плоскости. При этом изображается как фигура плоского сечения, так и видимые части предмета, находящиеся за секущей плоскостью (рис.7, разрезы).

Все многообразие разрезов, применяемых в машиностроительном черчении, может быть отнесено к нескольким типам.

1. В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяют на простые и сложные.

Простые – при одной секущей плоскости, например, (рис.7, разрез В-В).

Сложные – при нескольких секущих плоскостях, например, (рис.2, разрез А-А; рис.7, разрез Б-Б).

Сложные разрезы называют *ступенчатыми*, если секущие плоскости параллельны (рис.7, разрез Б-Б) и *ломанными*, если секущие плоскости пересекаются (рис.7, разрез А-А).

2. В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делятся на горизонтальные, вертикальные, наклонные.

горизонтальные – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций, например, (рис.7, разрез Б-Б). В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например, «план».

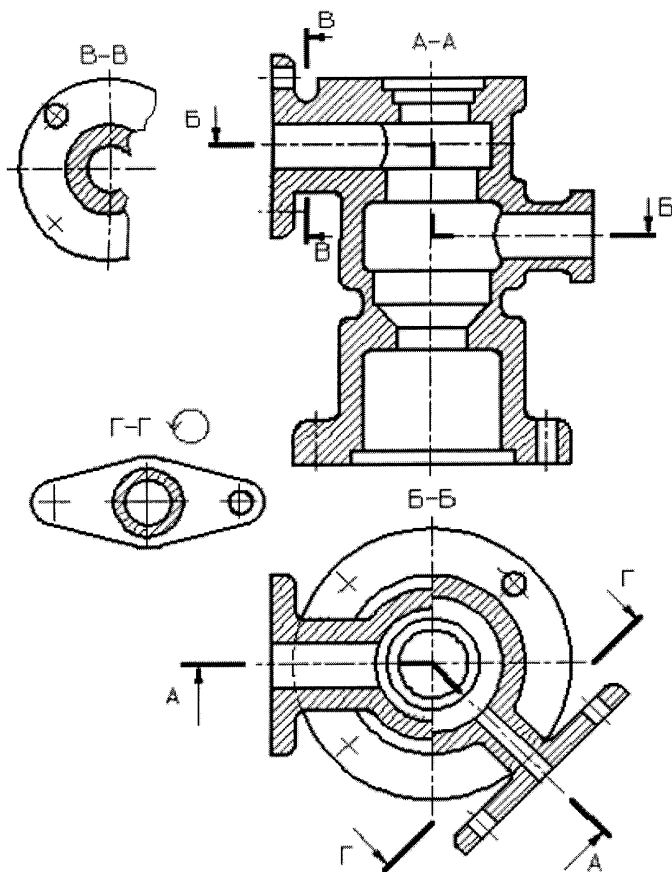


Рис. 7. Виды разрезов

Вертикальные – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций например, (рис.7, разрез В-В). Вертикальный разрез называется *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, например, (рис.2, разрез Б-Б), и *профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 7, разрез В-В).

Наклонные – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого, например, (рис.2, разрез В-В или рис.7 разрез Г-Г).

3. В зависимости от положения секущей плоскости относительно основных измерений предмета различают разрезы продольные и поперечные.

Продольные – секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета.

Поперечные – секущая плоскость перпендикулярна к длине или высоте предмета (для предметов, имеющих форму тел вращения, разрезы называются продольными, если секущая плоскость направлена вдоль оси, и поперечными, если она перпендикулярна к оси тела вращения).

3.4.Сечения

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (рис.8). В отличие от разреза на сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Сечения применяют в тех случаях, когда виды и разрезы не дают полного представления о форме отдельных элементов предмета.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (рис.9)

Сечения, не входящие в состав разреза, делятся на вынесенные и наклонные.

Вынесенные (рис.10,12) – выполняются отдельно от основного изображения предмета.

Наложенные (рис.11) – наносятся на изображение предмета

Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис.12).

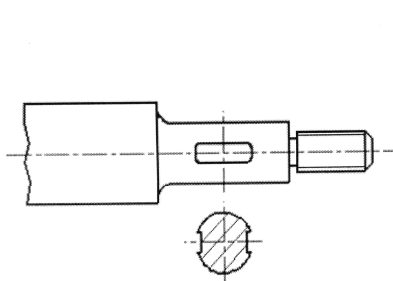


Рис. 8. Оформление вынесенного сечения

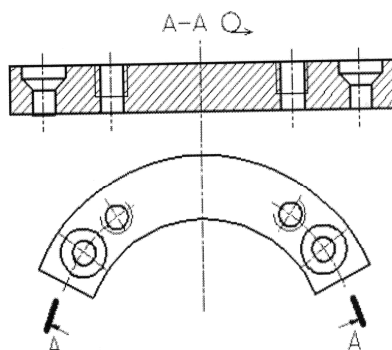


Рис. 9. Использование цилиндрической поверхности в качестве секущей.

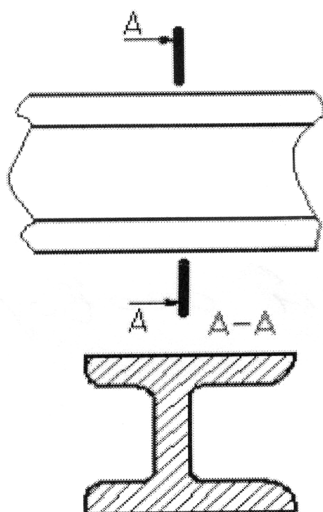


Рис. 10. Оформление вынесенного сечения

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения – сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (рис.11,12) указывают штрих – пунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

В случаях, подобных указанным на рис.11,12 при симметрической фигуре сечения, линию сечения не проводят.

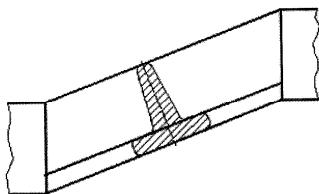


Рис. 11. *Образец оформления наложенного сечения*

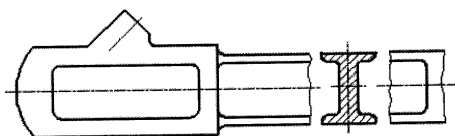


Рис. 12. *Образец оформления вынесенного сечения.*

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают её одинаковыми прописными буквами русского алфавита (в строительных чертежах – прописными или строчными буквами русского алфавита или цифрами). Сечение сопровождают надписью по типу «А-А» (рис. 9,10).

В зависимости от сложности детали количество изображений раскрывающих её строение на чертеже должно быть минимальным, но достаточным (виды, разрезы, сечения) для полного раскрытия геометрической формы детали. В нашем задании количество изображений упоминается разделе 2.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Задачи на построение линий пересечения поверхностей выполняются методом *вспомогательных секущих плоскостей – посредников*.

Для построения линии пересечения двух поверхностей, необходимо найти ряд общих для них точек, а затем соединить эти точки в определенной последовательности. Для нахождения произвольной точки линии пересечения необходимо:

- а) выбрать вспомогательную секущую плоскость;
- б) найти линию пересечения этой плоскости с каждой поверхностью.

На пересечении найденных линий получают искомые точки.

Вспомогательную секущую плоскость выбирают таким образом, чтобы её линия пересечения с каждой поверхностью проецировалась на плоскости проекций в виде простейших линий – *прямой или окружности*.

Линиями пересечения могут быть:

1. *пространственная кривая* – при пересечении двух кривых поверхностей;
2. *пространственная ломаная линия* – при пересечении двух многогранников;
3. *плоская линия* – при пересечении поверхности плоскостью (окружность, эллипс, гипербола, парабола);
4. *прямая* – при пересечении двух плоскостей.

5. ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

В числе кривых поверхностей – линейчатых и нелинейчатых – имеются широко распространенные в практике поверхности вращения. Телом вращения называют поверхность, получаемую от вращения какой-либо образующей линии вокруг неподвижной

прямой – *оси вращения*, причем в процессе образования поверхности вращения ось неподвижна.

Некоторые поверхности вращения представляют собой частные случаи поверхностей, например цилиндр вращения, конус вращения, сфера и другие.

5.1. ЦИЛИНДР

Прямой круговой цилиндр определяется высотой h и диаметром основания $D_{ц}$. Если техническая деталь имеет цилиндрическую форму, то для её изображения достаточно одной проекции, так как знак диаметра $\varnothing$ указывает на то, что деталь имеет форму тела вращения.

В зависимости от положения секущей плоскости в сечении цилиндра можно получить следующие фигуры (рис. 13):

1. *окружность* - если секущая плоскость $A-A$ перпендикулярна оси цилиндра;
2. *прямоугольник* - если секущая плоскость $B-B$ параллельна оси цилиндра –
3. *эллипс* - если секущая плоскость $B-B$ наклонна к оси.

Эллипс получается полным, если секущая плоскость пересекает все образующие цилиндра, и усеченным, если секущая плоскость пересекает одно или оба основания цилиндра.

5.1.1. Построение проекций цилиндра со сквозным отверстием

На рис. 14 дан прямой круговой цилиндр со сквозным отверстием в виде трехгранной призмы. Рассмотрим случай пересечения круговой поверхности (цилиндр) и многогранника (призмы). Линией пересечения будет *пространственная кривая*.

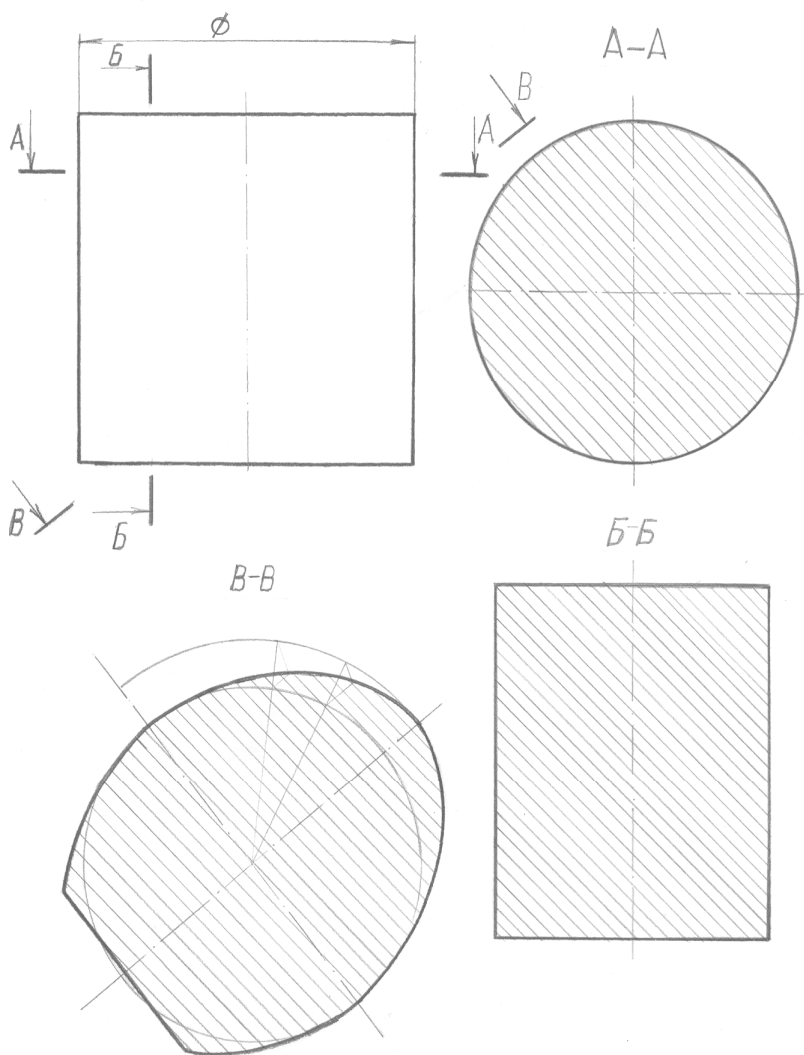


Рис. 13. Виды сечений цилиндра

При рассмотрении положения цилиндра относительно плоскостей проекций видим, что поверхность цилиндра перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, т.е. проекции точек, линий и фигур, лежащих на поверхности цилиндра, совпадают с проекцией основания цилиндра. Таким образом, на виде сверху боковая поверхность цилиндра и горизонтальная проекция линии пересечения совпадут с проекциями основания и изобразятся в виде окружности.

Из рис.14 видим, что все грани отверстия занимают фронтально проецирующее положение, поэтому проекция линии пересечения на виде спереди совпадает с контуром отверстия. Поскольку по условию задачи призматическое отверстие сквозное, то линий пересечения будет две: точки **1-3-5-7** принадлежат передней половине цилиндра (точки входа), точки **2-4-6-8** принадлежат задней половине цилиндра (точки выхода). Так как поверхность цилиндра пересекается плоскостями призматического отверстия, две из которых наклонны к горизонтальной плоскости проекций, а третья параллельна ей, то линия пересечения будет состоять из двух участков – *эллипса* и *части окружности (дуги)*. Участок **1-3-5-7** (вход), **2-4-6-8** (выход) и участок **7-9-11-13** (вход), **8-10-12-14** (выход) представляют собой части эллипса, а участок **1-15-13** (вход), **2-16-14** (выход) – часть окружности (дугу). Эти участки сходятся между собой на ребрах призмы.

5.1.2. Опорные и промежуточные точки

При построении точек линии пересечения сначала следует найти те точки, которые обычно называют *характерными* или *опорными*. Это точки, проекции которых отделяют видимую часть проекции линии пересечения от невидимой, это проекции точек линии пересечения высших и низших по отношению к горизонтальной плоскости **Н**, ближайших и наиболее удаленных

по отношению к зрителю, крайних слева и справа на проекциях линии пересечения. Определение этих точек позволяет видеть, в каких пределах расположены проекции линии пересечения и где между ними есть смысл определять промежуточные точки для более точного построения линии пересечения. На рис.14 *опорными* будут точки **1;7;13;15** на входе, **2;8;14;16** на выходе, остальные точки – *промежуточные*. При построении проекции линии пересечения на виде спереди (фронтальная проекция) используем свойство проецирующих плоскостей, т.е. проекции **1₂-3₂-5₂...** (**2₂-4₂-6₂**) на чертеже имеются. Горизонтальные проекции этих точек совпадают с очерковой окружностью, т.е. с горизонтальной проекцией цилиндрической поверхности. По двум проекциям находим профильные проекции точек **1₃-2₃-3₃** (рис.14). Соединим с помощью лекала точки **1₃;3₃;5₃ ...** (**2₃;4₃;6₃...**) в той последовательности, в какой они соединяются на виде спереди и на виде сверху, учитывая условие видимости.

Видимость. На виде сверху видим верхнее основание. Линии **1-2; 7-8; 13-14**, расположенные под ним, будут невидимы и изображены на чертеже штриховыми линиями. На виде спереди видна передняя половина цилиндра и все точки расположенные на ней. На виде слева видна передняя (по отношению к профильной плоскости проекций) половина цилиндра, со всеми расположенными на ней точками. Линии **1-2;7-8;13-14** будут невидимы. Выполняем вертикальный разрез на виде слева, соединяя половину вида с половиной разреза.

Построение сечения. Натуральную величину сечения цилиндра плоскостью **А-А** можно построить:

1) с помощью полного сечения, т.е. построить эллипс по большой **BC** (**B₂C₂**) и малой **DE** (**D₂E₂**) осям, способом известным из геометрического черчения.

2) на рис. 14 натуральная величина сечения **А-А** найдена способом замены плоскостей проекций.

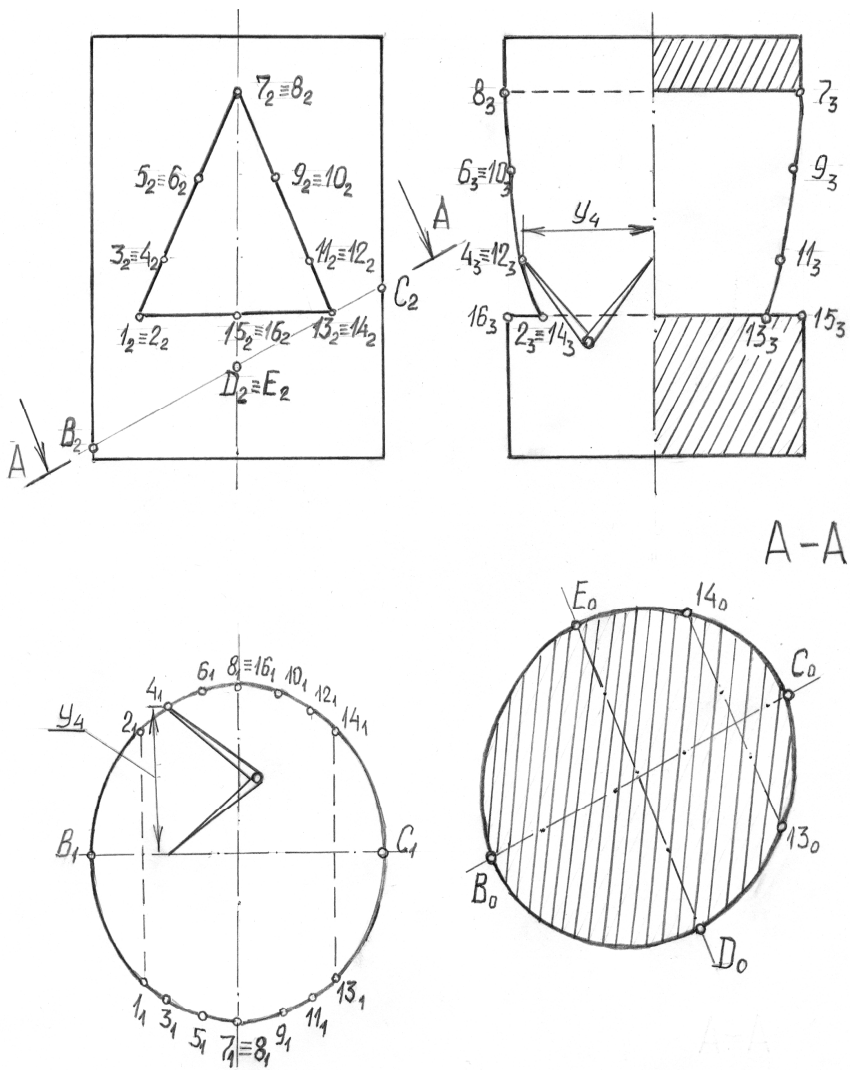


Рис. 14. Цилиндр со сквозным отверстием

5.2. КОНУС

Прямой круговой конус задается высотой h и диаметром основания D_k . Для изображения технической детали, имеющей коническую форму, бывает достаточно одной проекции, так как знак диаметра $\varnothing$ указывает, что деталь имеет форму тела вращения.

В зависимости от положения секущей плоскости в сечении конуса можно получить следующие фигуры (рис. 15):

1) **окружность** - если секущая плоскость $A-A$ перпендикулярна оси конуса;

2) **треугольник** - если секущая плоскость $B-B$ проходит через вершину конуса;

3) **эллипс** - если секущая плоскость $B-B$ пересекает образующие конуса, причем эллипс получается полным, если плоскость пересекает все образующие конуса, и усеченным, если плоскость пересекает основание конуса;

4) **парабола** - если секущая плоскость $\Gamma-\Gamma$ параллельна образующей конуса;

5) **гипербола** - если секущая плоскость $D-D$ параллельна вертикальной оси конуса.

5.2.1. Построение проекций конуса со сквозным отверстием

Пример построения прямого кругового конуса с вырезкой в виде прямоугольника представлен на рис.16. Имеем случай пересечения поверхности тела вращения и многогранника. Линией пересечения будет пространственная кривая.

Рассматривая положение конуса относительно плоскостей проекций, видим, что на виде сверху основание конуса спроецировалось в окружность. Боковая поверхность представляет собой криволинейную поверхность, образующие которой проходят через общую точку S_1 – вершину конуса.

По отношению к фронтальной плоскости проекций (вид спереди) образующие AS и BS являются очерковыми (крайними) и делят боковую поверхность конуса на две части – переднюю и заднюю. Образующие CS и DS – очерковые относительно профильной плоскости проекций (вид сбоку).

Из рис.16 видно, что все грани прямоугольного отверстия занимают фронтально проецирующее положение, поэтому проекция линии пересечения на виде спереди совпадает с контуром отверстия.

Обозначим точки принадлежащие линии пересечения прямоугольного отверстия с боковой поверхностью конуса $1,2,3,4\dots$, имея в виду, что линий пересечения будет две: точки $1-3-5-7\dots$ принадлежат передней половине конуса (точки входа), а точки $2-4-6-8\dots$ - задней (точки выхода).

Поверхность конуса пересекается плоскостями отверстия прямоугольной формы, две из которых перпендикулярны оси конуса, а две параллельны ей. Следовательно, линия пересечения будет состоять из различных участков кривых второго порядка. Участки $1-3-5$ и $15-13-11$ (точки входа) и участки $2-4-6$ и $16-14-12$ (точки выхода) представляют собой части окружности; участки $1-19-17-15$ и $5-7-9-11$ -(точки входа) и участки $2-20-18-16$ и $6-8-10-12$ (точки выхода) – части гиперболы. Эти участки сходятся между собой на сторонах прямоугольного отверстия. Отмечаем точки линии пересечения (рис.16) $1;3;5;11;13;15$ ($2;4;6;12;14;16$) – опорные, остальные промежуточные.

Для построения проекций линии пересечения на виде спереди используем свойство проецирующих плоскостей, т.е. проекции точек $1_2-3_2-5_2\dots$ ($2_2-4_2-6_2\dots$) на чертеже имеются. Для нахождения горизонтальных проекций этих точек необходимо уметь определять положение любой точки на поверхности конуса.

Пример: на рис.16 задана фронтальная проекция точек $M(M_2)$ и $N(N_2)$. Горизонтальные проекции этих точек M_1 и N_1 можно найти следующим образом:

1. Через точки M и N проводим секущую плоскость Σ (Σ_2) параллельно основанию конуса. В сечении получим окружность, на которой лежат точки M_1 и N_1 .

2. Секущую плоскость проводим через вершину S и точки $M(M_2)$ и $N(N_2)$. В сечении получаем треугольник SCD , на сторонах которого лежат точки M_1 и N_1 .

Горизонтальные проекции точек линии пересечения находятся с помощью горизонтальных секущих плоскостей: через точки $1,3,5$ ($6,4,2$) проводим плоскость $\Gamma(\Gamma_2)$ пересекающую конус по окружности радиусом R , на которой лежат точки $1_1-3_1-5_1$ ($2_1-4_1-6_1$). Таким же образом с помощью вспомогательных плоскостей H_2, θ_2, A_2 находим горизонтальные проекции остальных точек. По двум проекциям (фронтальной и горизонтальной) определяем положение всех остальных точек на профильной проекции. Построение понятно на примере точки 8 (рис.16). С помощью лекала соединяем точки на профильной проекции в той же последовательности, в какой они соединяются на главном виде, учитывая условия видимости.

Видимость. На виде сверху видимыми будут все точки и линии, лежащие на поверхности конуса. Линии $1-2$; $5-6$; $11-12$; $15-16$ находятся внутри конуса, поэтому они не видимы. На виде спереди видна передняя половина конуса со всеми точками и линиями на её поверхности. На виде слева видна передняя (по отношению к профильной плоскости проекций) половина конуса со всеми расположенными на ней точками. Линии $1-2$; $5-6$; $11-12$; $15-16$ не видны. Выполняем на виде слева видо-разрез.

Построение сечения. Натуральную величину сечения конуса наклонной плоскостью (рис.16) можно построить:

1) с помощью полного сечения по двум осям (большая ось $-EF$ (E_2F_2), малая $-MN$ (M_2N_2)). Как построить ось MN (см. рис.15);

2) путем заменой плоскостей проекций (рис.14).

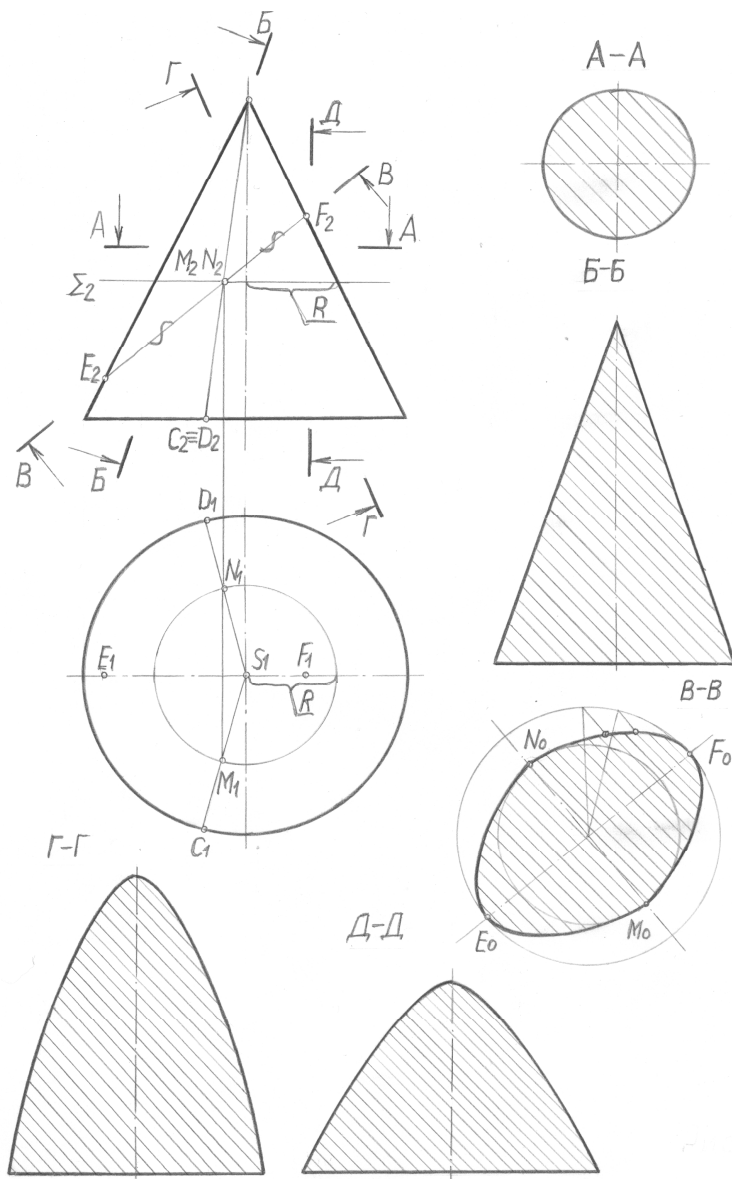


Рис. 15 Виды сечений конуса

5.3. ШАР

На все три проекции шар проецируется в виде окружностей, диаметры которых равны диаметру шара. На шаре выделяют следующие характерные линии (рис.17):

1. **Параллели** – окружности, лежащие в пересечении шара плоскостями, перпендикулярными вертикальной оси. Наибольшая параллель, проходящая через центр шара, называется *экватором*.
2. **Меридианы** – окружности, лежащие в пересечении шара плоскостями, проходящими через вертикальную ось вращения. Главными являются фронтальные и профильные меридианы.
3. **Сечение шара**. Пересечение шара любой плоскостью дает окружность в зависимости от положения секущей плоскости. Эта окружность проецируется в натуральную величину (если плоскость параллельна плоскости проекций), в прямую линию (если плоскость перпендикулярна к плоскости проекций), в эллипс (если секущая плоскость наклонна к плоскости проекций).

Построение проекций точек на поверхности шара. На рис.17 изображена фронтальная проекция точки M (M_2). Чтобы определить две другие её проекции, проведем через т. M вспомогательную секущую плоскость Γ (Γ_2), которая рассечет поверхность шара по окружности (параллели) радиуса R . Строим эту окружность на виде сверху. Точку M_1 находим на этой окружности по линии связи с т. M_2 . Профильная проекция т. M_3 определяется координатным способом.

Задача – построить проекции шара с вырезкой (рис18).

По условию задачи видим, что на виде сверху проекцией шара является горизонтальная проекция экватора, на виде спереди – фронтальная проекция меридиана, на виде слева – профильная проекция меридиана.

Из рис.18 видно, что каждая из плоскостей вырезки занимает фронтально-проецирующее положение, поэтому проекции линии пересечения на виде спереди совпадают с контуром вырезки, т.е. фронтальные проекции точек линии пересечения имеются.

На чертеже имеются точки $1_2, 2_2, 4_2 \dots$, если точки линии пересечения вырезки с поверхностью сферы обозначим **1-2-4-6-8-10-12-11-9-7-5-3-1**. Линия пересечения будет состоять из четырех участков окружности, которые сходятся между собой в углах вырезки.

Опорными точками будут все обозначенные точки линии пересечения.

На виде сверху проекции $2_1; 3_1; 10_1; 11_1$ лежат на экваторе, проекции $1_1; 12_1$ – на фронтальном меридиане.

Проекции точек $4_1; 6_1; 8_1$ и $5_1; 7_1; 9_1$ находим с помощью вспомогательной секущей плоскости $\Gamma(\Gamma_2)$, которая рассекает поверхность шара по окружности радиуса R .

На виде слева проекции точки можно найти:

- 1) координатным способом (рис.18);
- 2) методом вспомогательных секущих плоскостей.

Плоскость $\Sigma(\Sigma_2)$ рассекает поверхность шара по окружности радиуса R_1 , на которой лежат проекции $4_3-2_3-1_3-3_3-5_3$. Плоскость $Q(Q_2)$ рассекает поверхность шара по окружности радиуса R_2 , на которой лежат проекции точек $8_3-10_3-12_3-11_3-9_3$. Соединим проекции точек на виде сверху и на виде слева в той же последовательности, в какой они находятся на главном виде.

Видимость. На виде сверху экватор делит шар верхнюю видимую и нижнюю невидимую части.

На рис.18 форма вырезки позволяет дуги **4-6-8** и **3-7-9**, хотя они и лежат ниже экватора. На виде слева профильный меридиан отделяет левую видимую часть шара от правой невидимой. На виде слева выполняем разрез, совмещая половину вида с половиной разреза.

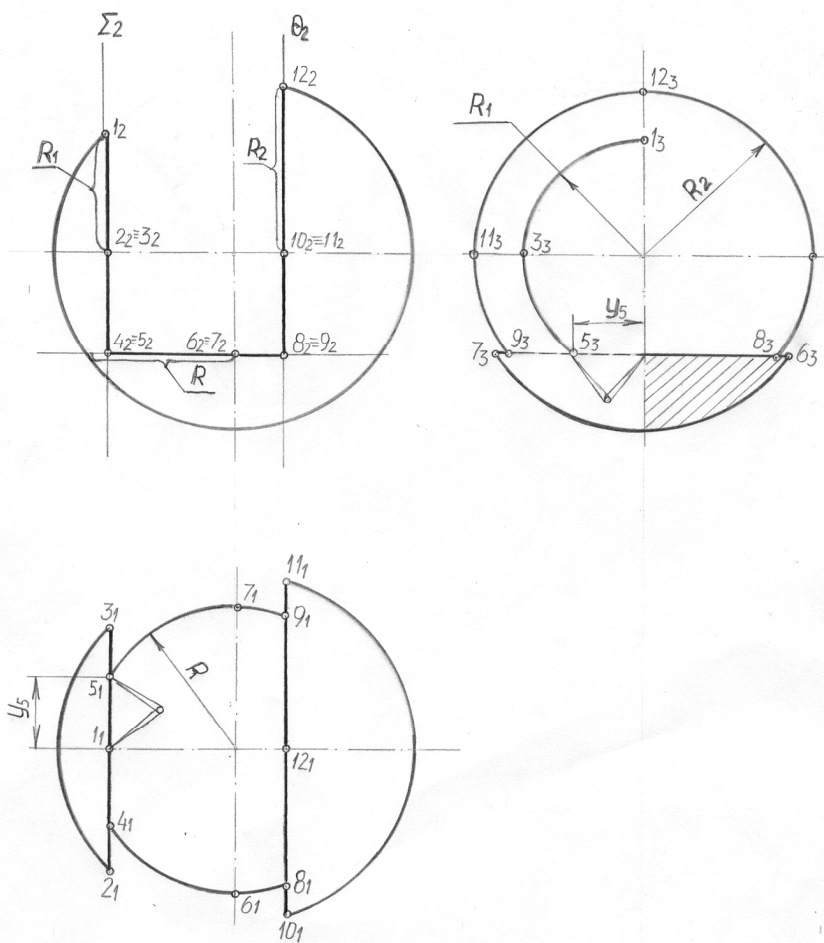


Рис. 18. Построение проекции шара с вырезкой

6. МНОГОГРАННИКИ

Одним из видов пространственных форм являются многогранники – замкнутые пространственные фигуры, ограниченные плоскими многогранниками. Вершины и стороны многоугольников являются вершинами и ребрами многогранников.

Многогранники как простейшие пространственные формы существуют с древнейших времен творчества человека. Многогранные формы предметов применялись не только в древние и средние века, они дошли и до наших дней.

Наибольший практический интерес представляют призмы, пирамиды, призматойды и правильные выпуклые многогранники – тела Платона (тетраэдр, гексаэдр, октаэдр, додекаэдр и икосаэдр), а также многие многогранники, имеющие произвольную форму.

6.1. ПРИЗМА

Многогранник, две грани которого представляют собой равные многоугольники с взаимно параллельными сторонами – основаниями, называют *призмой*.

На чертеже правильная призма характеризуется высотой призмы и диаметр окружности, в которую вписаны верхнее и нижнее основания призмы.

При пересечении призмы секущей плоскостью, в зависимости от её положения, в сечении призмы, например правильной четырехгранной, можно получить следующие фигуры (рис.19):

- 1) если секущая плоскость *А-А* параллельна основанию призмы, в сечении получаем четырехгранник, параллельный и равный основанию;
- 2) если секущая плоскость *Б-Б* параллельна ребру призмы, в сечении получаем прямоугольник;

3) если секущая плоскость ***В-В*** наклонена к ребрам призмы в сечении получаем многоугольник, не равный и не подобный основанию.

6.1.1. Построение проекций призмы со сквозным отверстием

На рис.20 дана прямая четырехгранная призма со сквозным отверстием в виде трехгранной призмы. Имеем случай пересечения двух многогранников. Линией пересечения будет пространственная ломаная линия.

Рассматривая положение призмы относительно плоскостей проекций, видим, что каждая грань призмы перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций и, следовательно, является горизонтально проецирующей плоскостью.

На рис.20 видно, что каждая из граней трехгранного отверстия перпендикулярна фронтальной плоскости, т.е. занимает фронтально проецирующее положение.

Проецирующая плоскость изображается прямой линией (следам-проекций) на перпендикулярной к ней плоскости проекций. Следы - проекций проецирующих плоскостей обладают собирательным свойством. Это свойство заключается в том, что проекции точек, линий, фигур, принадлежащих проецирующим плоскостям, совпадают с их следами-проекциями.

Сквозное призматическое отверстие занимает фронтально проецирующее положение. Поэтому проекции линии пересечения на виде спереди совпадают с контуром отверстия.

Боковые грани призмы вместе с лежащими на них отрезками линии пересечения на горизонтальной плоскости проекций (вид сверху) совпадают с проекциями оснований и изображаются в виде четырехугольника.

Обозначим точки линии пересечения точками **1,2,3, ...**, имея в виду, что линий пересечения будет две: **1-3-5-7-1** – пространственная

ломаная линия, принадлежащая передней части призмы, линия **2-4-6-8-2** - линия, принадлежащая заднее части призмы.

Взять точку на поверхности – значит определить проекции точки, лежащей на этой поверхности. Для построения проекции линии пересечения на виде спереди и виде сверху используем свойство проецирующих плоскостей, т.е. проекции **1₂-3₂-5₂-7₂-1₂ (2₂-4₂-6₂-8₂)** на чертеже имеются, по ним находим проекции **1₁-3₁-5₁-7₁-1₁, (2₁-4₁-6₁-8₁-2₁)**. По двум проекциям определяем профильные проекции точек **1₃, 2₃, 3₃ ...**. Построение понятно из (рис.20). На примере точки 4 (**4₁, 4₂, 4₃**). Соединяя точки **1₃-3₃-5₃-7₃-1₃** и **2₃-4₃-6₃-8₃-2₃** в той же последовательности, в каком они соединяются на главном виде, учитывая условие видимости.

Видимость. На виде сверху дано верхнее основание, линии **1-2; 3-4; 7-8**, расположенные под ним невидимы и изображаются на чертеже штриховой линией – линией невидимого контура, толщина которой в 2-3 раза меньше, чем толщина сплошной основной линии.

На виде спереди видна передняя часть призмы и все её точки, задняя половина призмы со всеми её точками – невидима.

На виде слева видна передняя (по отношению к профильной плоскости проекций) половина призмы со всеми расположенными на ней точками. Линии **1-2; 3-4**: линии невидимого контура.

Выполняя разрез **А-А**, совмещаем половину вида с половиной разреза. На виде слева выполняем местный разрез, сохраняя на чертеже ребро призмы.

6.1.2. Построение наклонного сечения А-А

Натуральную величину сечения призмы плоскостью **А-А** рис. 20 можно построить:

а) с помощью полного сечения, т.е. построить сечение призмы плоскостью **А-А**, предположив, что четырехгранная призма не имеет отверстия.

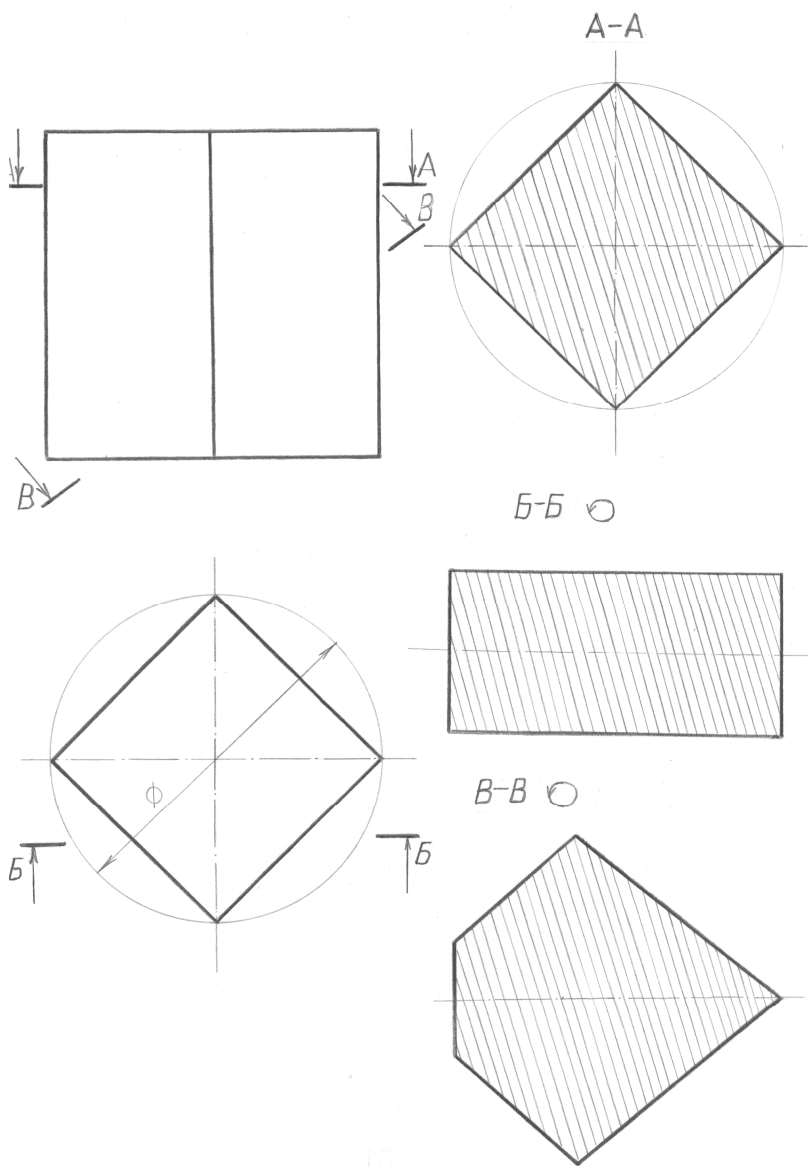


Рис. 19 Виды сечений призмы

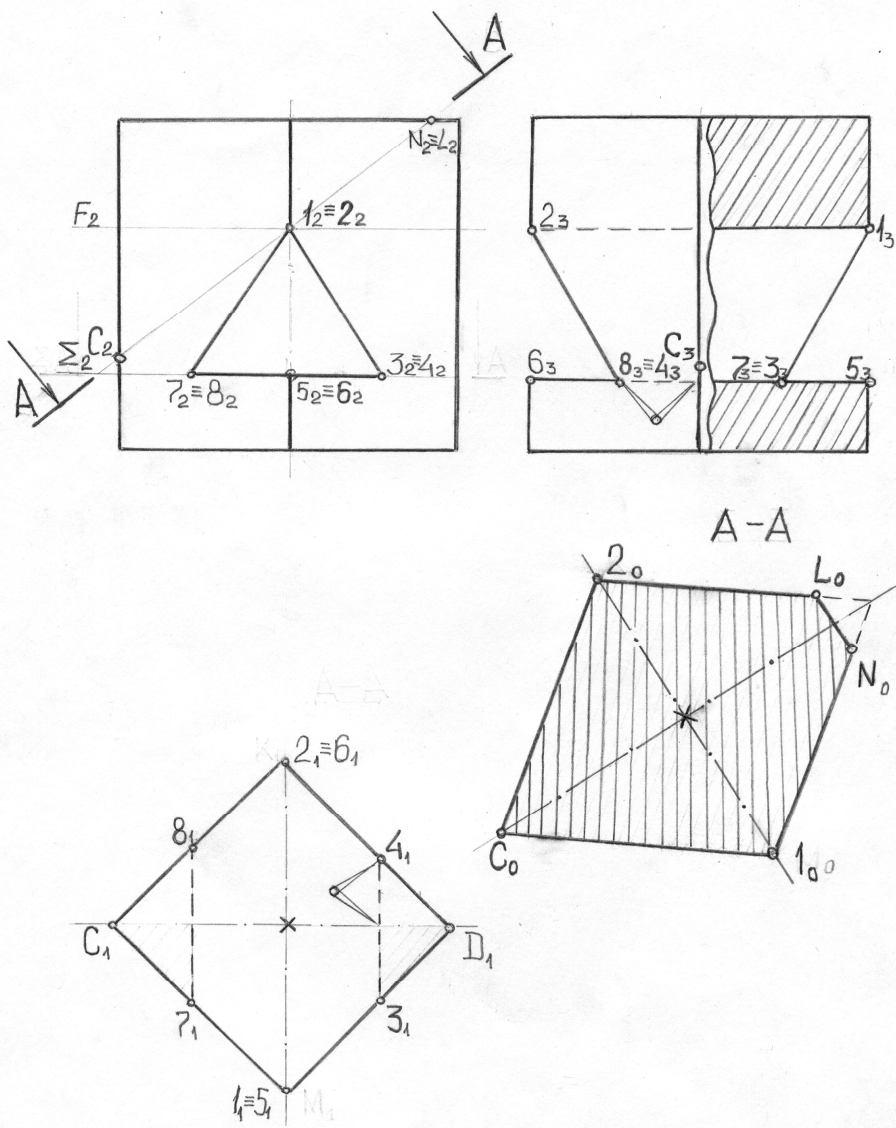


Рис. 20 Построения проекций призмы с отверстием и наклонного сечения A-A

Параллельно следу секущей плоскости $A-A$ на свободном месте поля чертежа проводим ось, на которой откладываем точку C_0 , соответствующую проекции точки C_2 и точку D_0 , соответствующую проекции точки D_2 .

На перпендикуляре к оси $C_0 D_0$, проходящем через точку $(*)$ на рис. 20 откладываем расстояния $*M_1 = *K_1$. Четырехугольник $C_0 K_0 D_0 M_0$ является натуральной величиной сечения призмы плоскостью $A-A$.

С учетом отверстия в призме, выделяем участки, не принадлежащие призме;

б) способом замены плоскостей проекций.

На свободном месте поля чертежа проводим ось параллельно следу секущей плоскости $A-A$. Откладываем на ней натуральную величину отрезков, принадлежащих фронтальной проекции сечения $C_2 E_2 R_2 D_2 S_2 F_2 C_2$. На соответствующих линиях связи, проведенных перпендикулярно оси $C_0 D_0$, откладываем натуральную величину прямых, принадлежащих сечению. Например, прямая EF (вид сверху $E_1 F_1$) спроецировалась в натуральную величину, так как прямая EF в пространстве перпендикулярна фронтальной плоскости проекций. На изображении натуральной величины сечения она обозначена $E_0 F_0$. Аналогично найдена прямая $R_0 S_0$. Очертание площади сечения достраивается до полного штрихпунктирными линиями.

6.2. ПИРАМИДА

Многогранник, одна грань которого многоугольник с большим числом сторон (не менее трех), а остальные являются треугольниками с общей вершиной, называют *пирамидой*.

Размерами, характеризующими правильную пирамиду, являются её высота и диаметр окружности, в которую вписано основание пирамиды.

6.2.1. Пересечение пирамиды

В зависимости от положения секущей плоскости в сечении пирамиды, например правильной трехгранной пирамиды, можно получить (рис. 21) следующие фигуры:

- 1) *треугольник, подобный основанию* - если секущая плоскость *А-А* параллельна основанию пирамиды;
- 2) *треугольник* - если секущая плоскость *Б-Б* проходит через вершину пирамиды;
- 3) *разносторонний четырехугольник* - если секущая плоскость *В-В* пересекает ребра пирамиды и часть основания.

6.2.2. Построение проекций пирамиды со сквозным отверстием

На рис. 22 дана правильная трехгранная пирамида со сквозным прямоугольным отверстием. Имеем случай пересечения двухмногогранников. Линией пересечения будет пространственная ломаная линия.

Рассматривая положение пирамиды относительно плоскостей проекций, видим, что на виде сверху пирамида представляет собой равносторонний треугольник с проекциями трёх ребер, исходящими из вершины S_1 . На виде спереди пирамида изображается треугольником с проекциями тех же ребер. На виде слева грань ASC проецируется в прямую, т.е. грань ASC занимает профилно-проецирующее положение, а все точки и линии принадлежащие ей, совпадут с её следом – проекций ($S_3A_3 = C_3$).

Из рис. 22 видно, что все грани прямоугольного отверстия на виде спереди занимают фронтально-проецирующее положение, поэтому проекция линии пересечения заданного отверстия.

Обозначим точки линии пересечения **1,2,3,4 ...**, имея в виду, что линий пересечения будет две: линия **1-3-4-6-8-9**, принадлежащая передним граням пирамиды (точки входа) и линия **2-5-7-10-2** – принадлежащая задней грани пирамиды (точки выхода).

Взять точку на поверхности – значит определить проекции точки, лежащей на поверхности. Точка принадлежит поверхности, если она

лежит на линии, принадлежащей поверхности. На рис. 22 задана фронтальная проекция точки $M(M_2)$, лежащей на грани SAB . Горизонтальную проекцию точки $M(M_1)$ можно найти:

- 1) исходя из условия, что точка принадлежит прямой, если её проекции лежат на одноименных проекциях этой прямой. Через точку $M(M_2)$ проведена прямая SC и на её горизонтальной проекции найдена проекция т. M_1 ;
- 2) через точку $M(M_2)$ можно провести прямую параллельно одной из сторон грани пирамиды, исходя из условия, что у прямых, параллельных в пространстве, одноименные проекции параллельны. Прямая $KL(K_1L_1)$ параллельна $AB(A_1B_1)$;
- 3) через точку $M(M_2)$ проводим вспомогательную секущую плоскость $\Sigma(\Sigma_2)$ параллельно основанию пирамиды. В сечении треугольника $KLN(K_1L_1N_1)$ находим точку M_1 .

Для построения проекции линии пересечения на виде спереди используем свойство проецирующих плоскостей, т.е. проекции $1_2-3_2-4_2- \dots -1_2$ (точки входа) и $2_2-5_2-7_2- \dots - 2_2$ (точки выхода) на чертеже имеются. Горизонтальные проекции этих точек находим с помощью вспомогательных секущих плоскостей. Через точки $1;3;4;5;2$ проводим вспомогательную секущую плоскость $\Gamma(\Gamma_2)$ (рис.22). Плоскость $\Gamma(\Gamma_2)$ пересекает пирамиду по треугольнику EFL , подобному основанию пирамиды. Проекция точек $1_1-3_1-4_1-(2_1-5_1)$ будут лежать на сторонах этого треугольника. Через точки $9;8;6;7;10$ проводим вспомогательную секущую плоскость $\Sigma(\Sigma_2)$, в сечении снова получается треугольник, но большей площади, чем в сечении Γ_2 , т.е. он ближе к основанию пирамиды. На сторонах этого треугольника находятся точки $9_1-8_1-6_1-(7_1-10_1)$. По двум проекциям определим положение всех точек на профильной проекции. Построение понятно из рис. 22 на примере точки 6 ($6_1, 6_2, 6_3$). Соединяем горизонтальные проекции точек $1_1-3_1-4_1- \dots (2_1-5_1- \dots)$ и профильные проекции точек $1_3-3_3-4_3- \dots (2_3-5_3- \dots)$ в той же последовательности, в какой они соединяются на главном виде (фронтальной проекции), учитывая условие видимости.

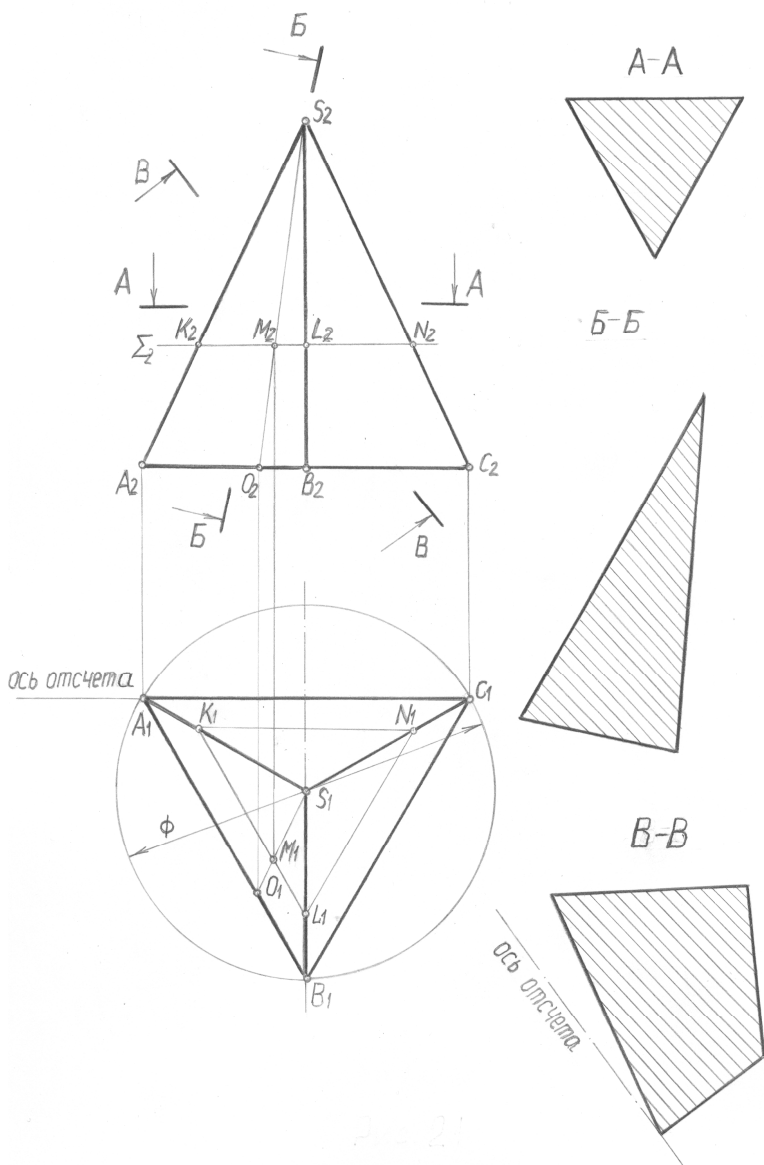
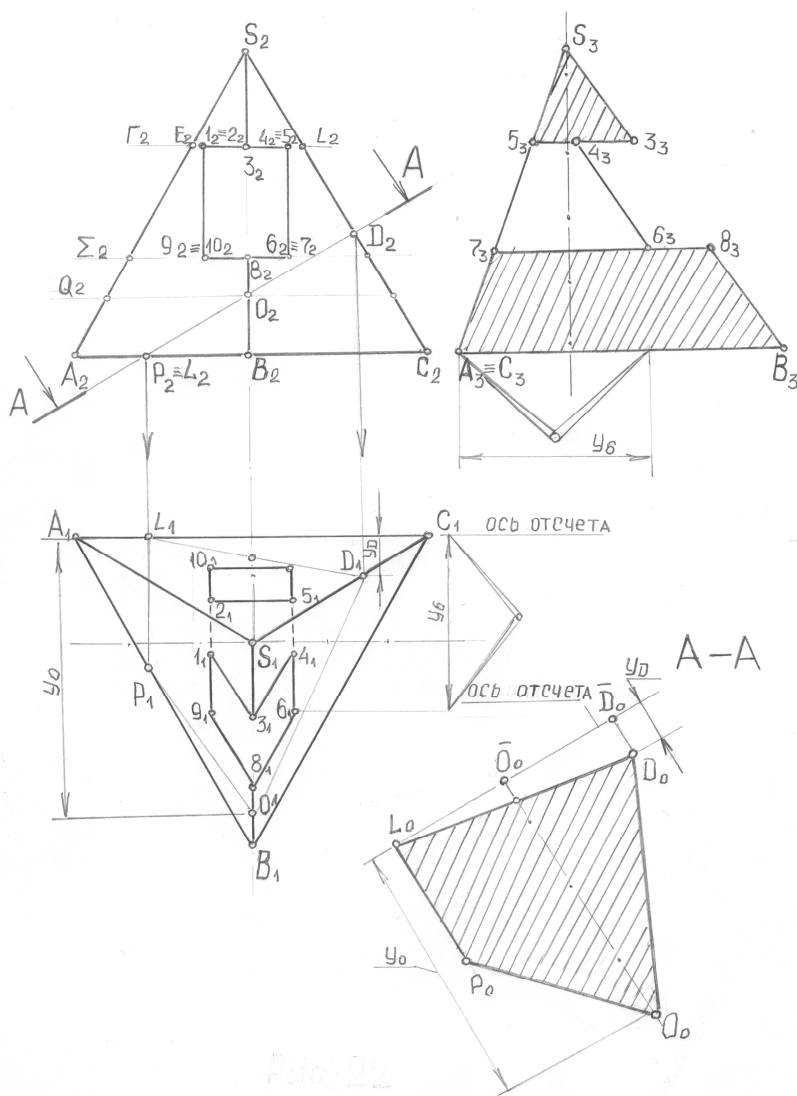


Рис. 21. Виды наклонных сечений пирамиды.



Видимость. На виде сверху все грани пирамиды будут видимы с лежащими на них линиями и точками. Линии **1-2;4-5;6-7** и **9-10**, находящиеся внутри пирамиды, невидимы.

На виде спереди находятся две грани **SAB** и **SBC** со всеми линиями и точками, лежащими на их поверхности.

На виде слева видна передняя (по отношению к профильной плоскости проекций) половина пирамиды со всеми расположенными на ней точками. Линии **1-2;4-5;6-7;9-10** не видим. Выполняем полный профильный разрез, т.е. через вершину пирамиды **S** проводим секущую плоскость перпендикулярно основанию **ABC**.

6.2.3. Построение наклонного сечения *A-A*

Натуральную величину наклонного сечения *A-A* пирамиды **SABC** (см. рис.22) можно построить следующим образом.

На свободном поле чертежа проводим тонкую вспомогательную линию, параллельно следу секущей плоскости *A-A*, приняв её за ось отсчета. Откладываем на ней точки **L₀**, **$\bar{O}_0$** и **$\bar{D}_0$** , причем отрезок **L₀ $\bar{O}_0$** равен отрезку **P₂ O₂**; отрезок **$\bar{O}_0 \bar{D}_0$** = **O₂ D₂**.

Из точек **L₀**, **$\bar{O}_0$** , **$\bar{D}_0$** проводим прямые перпендикулярные оси отсчета и на каждом из этих перпендикуляров откладываем отрезки, взятые из горизонтальной проекции, равные **L₁**, **P₁**; **Y₀**; **Y_D**. Проекция **O₁** найдена с помощью вспомогательной секущей плоскости **Q₂**.

Соединив построенные точки **D₀**, **O₀**, **P₀** и **L₀** между собой, получим неравносторонний четырехугольник **D₀ O₀ P₀ L₀**, который является натуральной величиной заданного наклонного сечения *A-A* пирамиды.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается метод вспомогательных секущих плоскостей при построении линии пересечения поверхностей?
2. Что такое разрез и сечение? Чем они отличаются?
3. Классификация разрезов.
4. Для каких целей применяются разрезы, сечения?
5. Какая линия разделит вид от совмещенного с ним разреза, в случае тела вращения или в случае многогранника?
6. Как должна быть расположена секущая плоскость, чтобы в сечении конической поверхности получились: а) окружность; б) эллипс; в) парабола; г) гипербола; д) треугольник?
7. В каких случаях объединяют на чертеже часть вида с частью разреза? Как оформляют подобное комбинированное изображение?
8. В каких случаях применяются разрезы или сечения?

Библиографический список

1. Система государственных Стандартов. ЕСКД 2.104-68; 2.303-68; 2.305-68; 2.306-68.
2. Куликов. А.С. Проекционное черчение. /М.: Машиностроение, 1967.
3. Гордон В.О., Семенцов - Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии./ В.О. Гордон [и др.]. - М.: Наука, 1971.
4. Платонова Р.С., Гришина Н.П. Проекционное черчение. Методические указания. / Р.С. Платонова [и др.] Казань, 1978.
5. Вяткин Г.П. Машиностроительное черчение: учебное пособие для вузов / М: Г.П. Вяткин Машиностроение, 1977.
6. Бубенников А.В., Громов М.Я.. Начертательная геометрия /М.: А.В. Бубенников[и др.] Высшая школа, 1973г.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие сведения.....	3
1. Цель работы.....	3
2. Объем и оформление работы.....	4
3. Изображения – виды, разрезы, сечения (ЕСКД ГОСТ 2.305-68).....	4
3.1 Изображения.....	4
3.2 Виды.....	5
3.3 Разрезы.....	10
3.4 Сечения.....	12
4. Рекомендации к решению задач.....	15
5. Тела вращения.....	15
5.1. Цилиндр.....	16
5.1.1. Построение проекций цилиндра со сквозным отверстием	16
5.1.2. Опорные и промежуточные точки.....	18
5.2 Конус.....	21
5.2.1. Построение проекций конуса со сквозным отверстием	21
5.3. Шар	26
6. Многогранники.....	30
6.1. Призма.....	30
6.1.1. Построение проекций призмы со сквозным отверстием.....	31
6.1.2. Построение наклонного сечения Б-Б.....	32
6.2. Пирамида.....	35
6.2.1. Построение проекций пирамиды со сквозным отверстием.....	36
6.2.2 Построение наклонного сечения А-А.....	36
7. Вопросы для самопроверки.....	41
8. Литература.....	41

Подписано в печать

Формат 60X84 1/16

Бумага писчая

Уч.-изд.л.

Издательство Казанского государственного технологического
университета

420015, г. Казань, К.Маркса, 68.