ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Утверждено
учебным управлением МЭИ

Методические указания
по курсу

Инженерная графика
РАЗДАТОЧНЫЙ И ИЛЛЮСТРАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ
ЧАСТЬ 2

Москва Издательство МЭИ 1996

М 545
УДК:[744:69+514.18](72)

Методические указания по курсу "Инженерная графика".
Раздаточный и иллюстративный материал к практическим занятиям по начертательной геометрии. Часть 2. Ю.В.Степанов М.: Изд-во МЭИ, 1996. - 36 с.

Содержат сведения, необходимые для решения задач по начертательной геометрии. Показаны поэтапно методы решения конкретных задач; даны задачи для самостоятельного решения.

Показаны пути решения задач при помощи средств графического редактора Автокад.

Предназначены для студентов младших курсов всех факультетов, изучающих разделы: "Начертательная геометрия", "Теория построения чертежа" курса "Инженерная графика".

ЮРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ СТЕПАНОВ
Методические указания
по курсу
"Инженерная графика"
РАЗДАТОЧНЫЙ И ИЛЛЮСТРАТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ
ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ
ЧАСТЬ 2
(Кафедра инженерной графики)
Редактор Н.Г. Миронова
Корректор Е.Н. Касьянова

Темплан издания МЭИ, 1995 (11), метод.
Формат 60 Х 84 / 16 Подписано к печати 25.10.95 г.
Печ.л. 2,25 Уч.- изд.л 1,2
Тираж 1000 Изд. N 100 Заказ 168 т

Типография НИИ "Геодезия"
г.Красноармейск,ул Центральная,д.16

1. ВВЕДЕНИЕ

Данная работа является продолжением методических указаний [1]. Как было отмечено в первой части работы, важнейшие задачи курса начертательной геометрии - изучение метода отображения пространственных трехмерных объектов на плоскость и освоение способов решения позиционных, метрических и других задач, связанных с этими объектами, по их плоским изображениям.

Начертательная геометрия является теоретической базой для создания (чтения) чертежа [2].

В некоторых случаях использование методов начертательной геометрии является наиболее рациональным способом конструирования сложных поверхностей технических объектов с заданными параметрами, применяемых в энергетике (лопатки паровых и гидравлических турбин), в металлургии (винтовая прокатка труб) и других областях техники.

В методических указаниях представлены следующие разделы начертательной геометрии:

- кривые поверхности и тела вращения,
- пересечение кривых поверхностей плоскостью и прямой линией,
- пересечение кривой поверхности и многогранника,
- пересечение кривых поверхностей,
- плоскость, касательная к поверхности в заданной точке,
- нормаль к поверхности в заданной точке,
- методы преобразования ортогональных проекций.

Каждый раздел в данной работе содержит две задачи: одна из них демонстрирует способ решения, а другая предлагается для самостоятельного выполнения (условия хранятся на дискете).

К тексту методических указаний прилагается дискета с файлами, демонстрирующими методы решения задач [3].

2. КРИВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ И ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

Поверхности вращения и ограничиваемые ими тела имеют широкое применение в технике. В зависимости от вида образующей поверхности вращения могут быть линейчатыми и нелинейчатыми.

Линейчатой поверхностью вращения называют поверхность, полученную от вращения прямолинейной образующей (меридиана) вокруг неподвижной прямой - оси поверхности. Совокупность параллелей и меридианов образует каркас линейчатой поверхности.

На рис. 2.1 представлен (в ортогональных проекциях) прямой круговой конус и точки, принадлежащие конической поверхности и заданные одной проекцией. Используя каркасные линии поверхности, можно определить недостающие проекции этих точек.

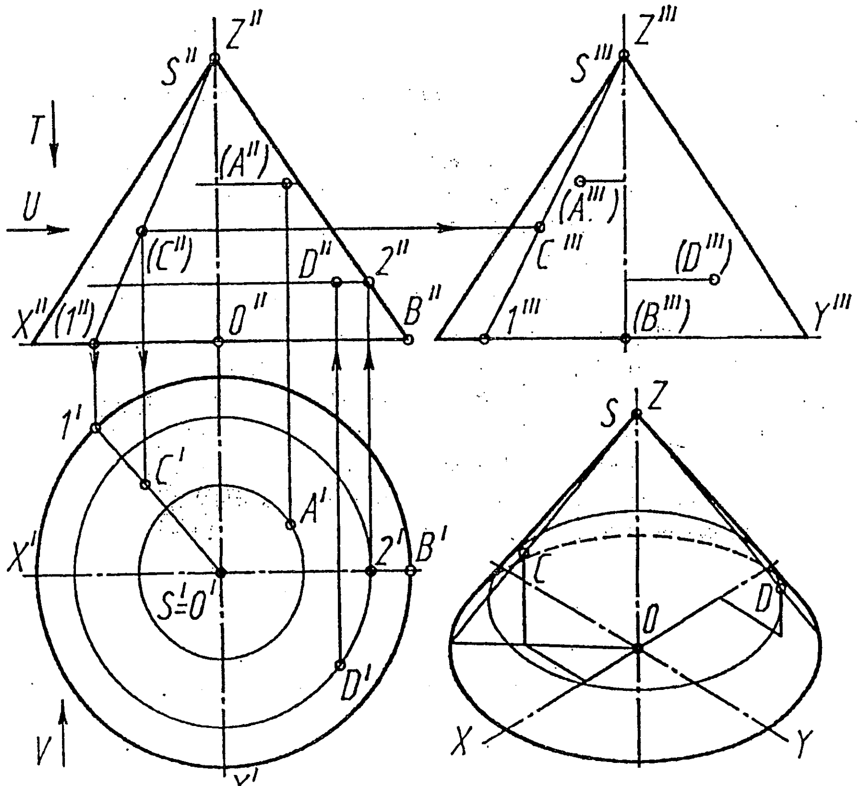


Рис. 2.1

На рис. 2.2 задана кривая поверхность - наклонный круговой конус. Показано применение каркасных линий (параллелей и образующих) для построения проекций точек, принадлежащих данной поверхности.

Видимость точек **A**, **B**, **D** на фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостях проекций определяется с помощью векторов **V**, **T**, **U** соответственно.

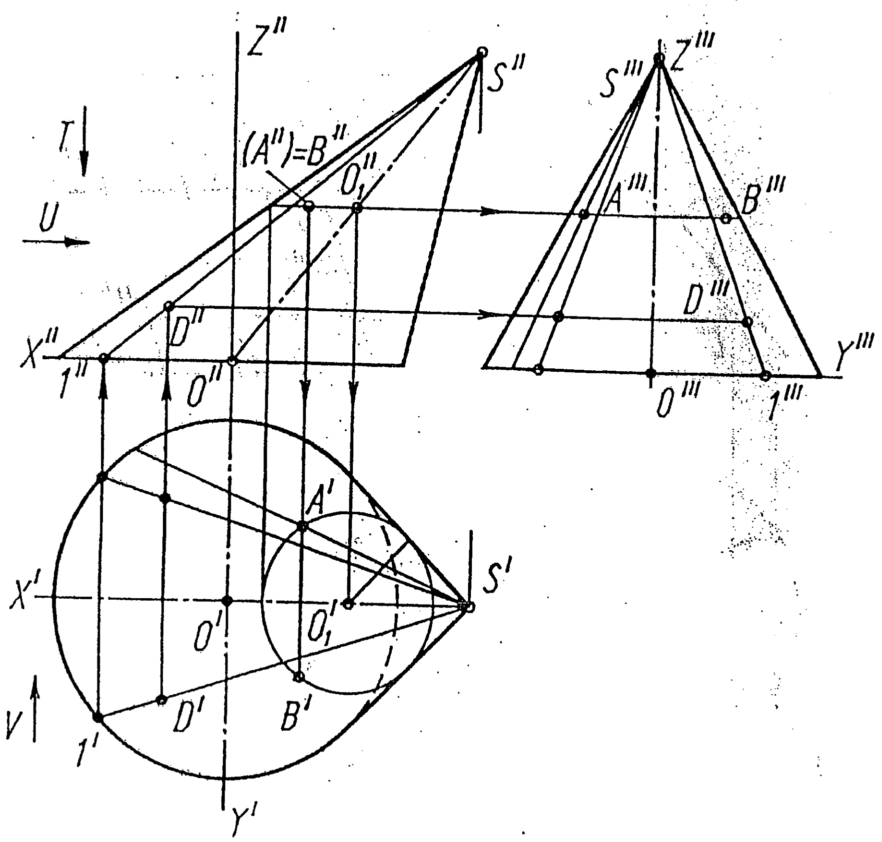


Рис. 2.2

Поверхность наклонного кругового цилиндра задана на рис. 2.3 ортогональными проекциями. С помощью каркасных линий (параллелей и образующих) определены проекции точек, принадлежащих данной поверхности.

Анализ видимости проекций точек **A**, **B**, **D**, **E**, **F** на соответствующих плоскостях проекций выполнен с помощью векторов **V**, **T**, **U**.

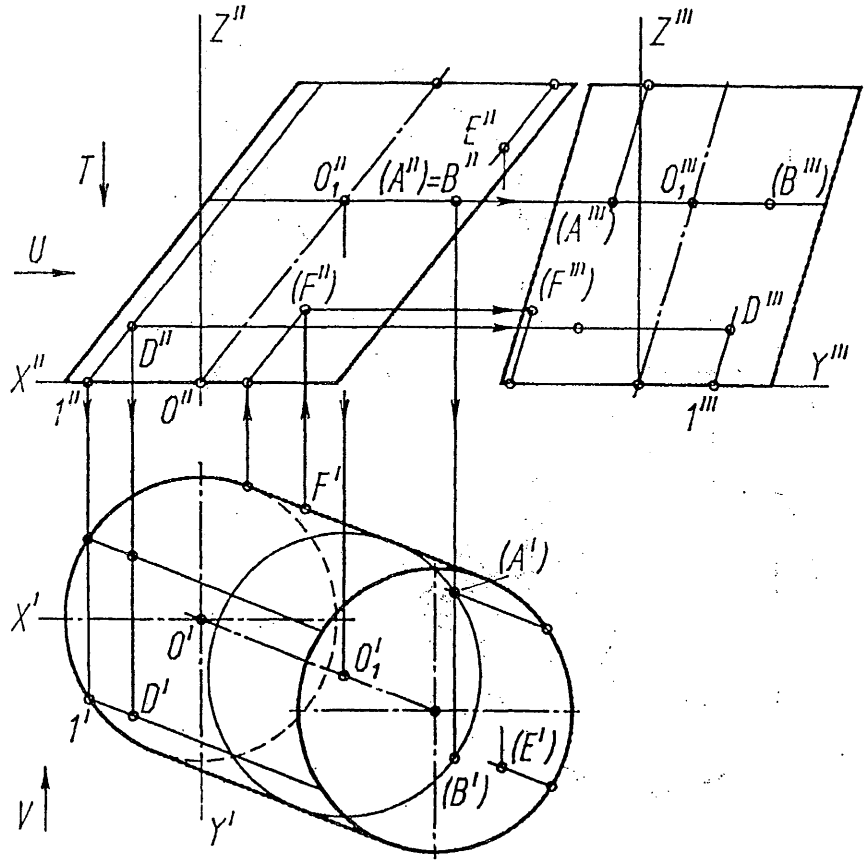


Рис. 2.3

При вращении окружности (или ее дуги) вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр, получается поверхность тора. Если ось вращения проходит через центр окружности (образующей), то получится поверхность сферы (частный случай поверхности тора).

На рис. 2.4 изображена поверхность сферы. Положение точки на поверхности сферы можно определить с помощью параллели - окружности, проходящей через эту точку. В качестве оси вращения здесь можно выбрать любую из трех прямых **OX**, **OY** или **OZ**.

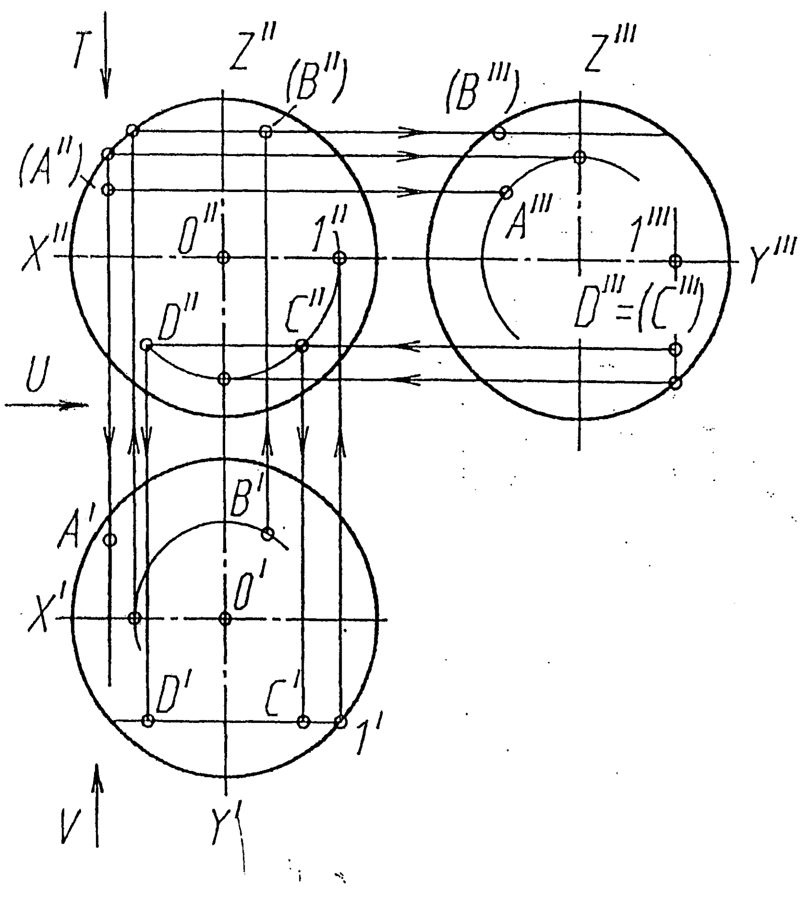


Рис. 2.4

На рис. 2.5 задана поверхность вращения - закрытый тор. Положение точки на поверхности тора можно определить с помощью каркасной линии - окружности, проходящей через эту точку.

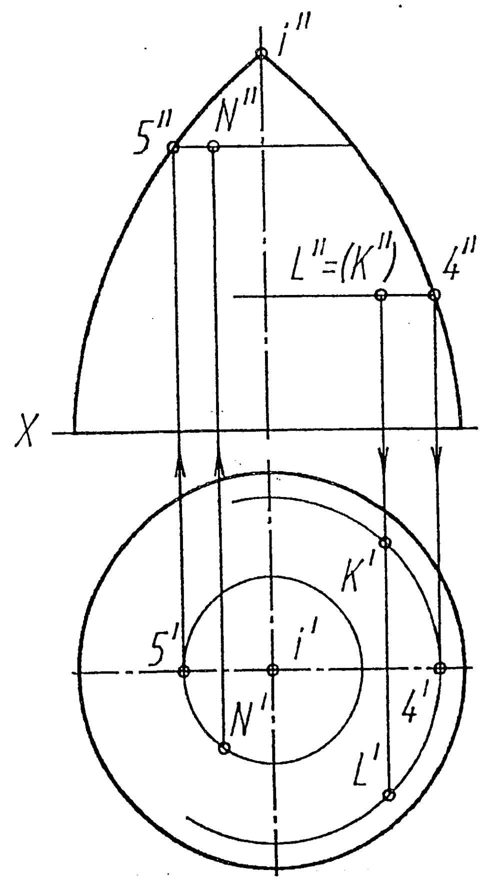


Рис. 2.5

Поверхность вращения четвертого порядка - открытый тор (круговое кольцо) приведена на рис. 2.6. Ось вращения тора перпендикулярна плоскости **H** (**XOY**). Показаны построения (с помощью параллелей) проекций точек **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H**, принадлежащих поверхности тора.

Анализ видимости заданных на торе точек выполнен с помощью векторов **V**, **T**.

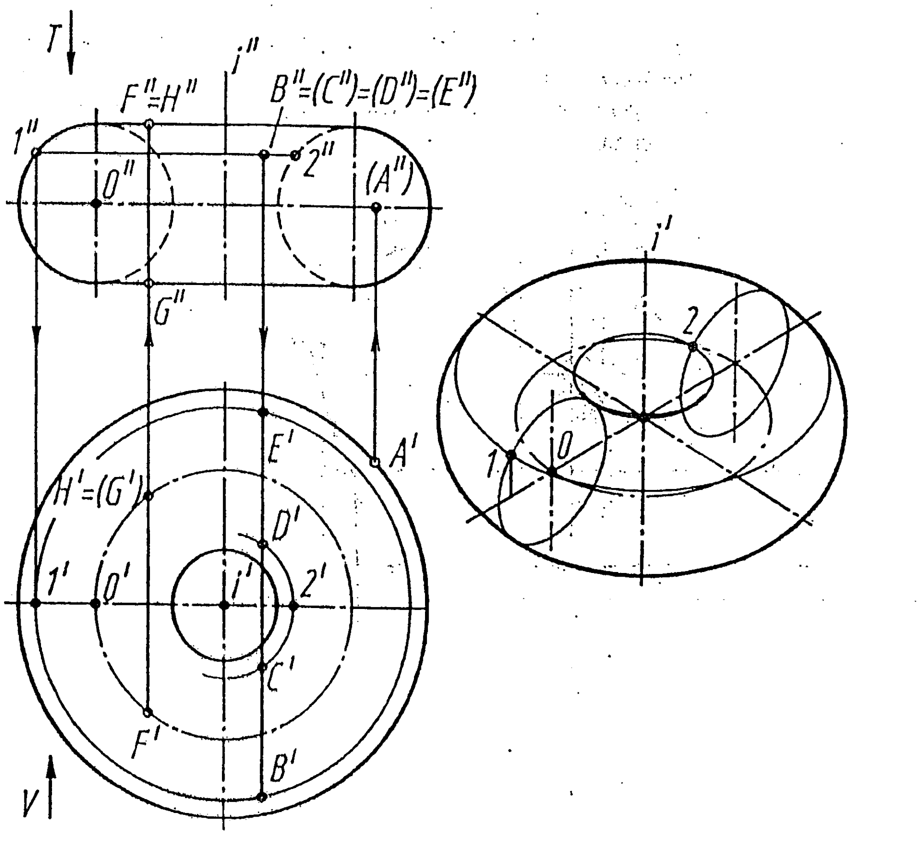


Рис. 2.6

3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КРИВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ И ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ

3.1. Пересечение поверхностей плоскостью частного положения

Для построения кривой линии, получаемой при пересечении цилиндрической поверхности плоскостью, в общем случае находят точки пересечения образующих с секущей плоскостью. При этом можно получить такие линии пересечения:

- две параллельные прямые, если секущая плоскость параллельна оси вращения цилиндра,
- окружность, если секущая плоскость перпендикулярна оси,
- эллипс, если секущая плоскость наклонна к оси вращения и пересекает все образующие цилиндра.

На рис. 3.1 проецирующая плоскость **Р** пересекает поверхность прямого кругового цилиндра по эллипсу.

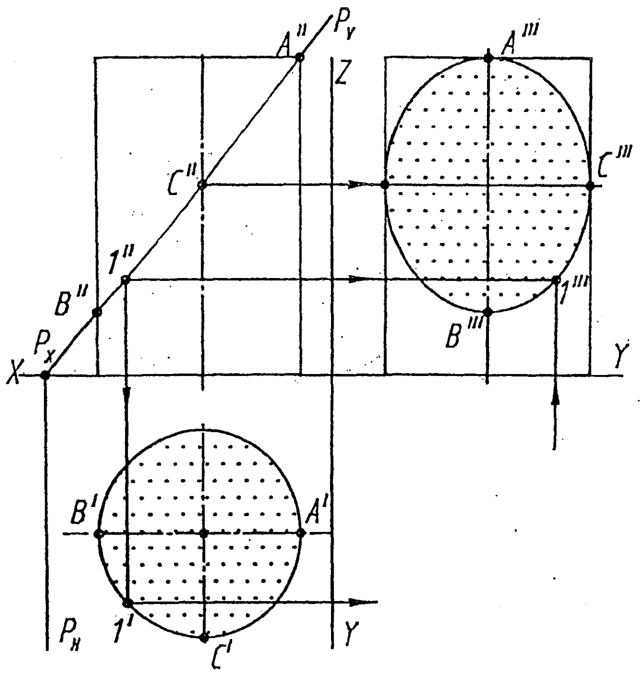


Рис. 3.1

При пересечении поверхности прямого кругового конуса плоскостью можно получить точку и пять различных линий пересечения. Вид указанных линий определяется положением секущей плоскости относительно образующих и (или) оси конической поверхности:

- точка или две пересекающиеся (распадающиеся) прямые, если секущая плоскость проходит через вершину конуса (рис. 3.2 а,б);
- окружность, если секущая плоскость перпендикулярна оси конуса (рис. 3.2 в);
- гипербола, если секущая плоскость параллельна двум образующим (пересекает две полости конуса, рис. 3.2 г);
- эллипс, если секущая плоскость наклонна к оси вращения и пересекает все образующие конуса (рис 3.2 д);
- парабола, если секущая плоскость параллельна одной образующей конуса (рис. 3.2 е).

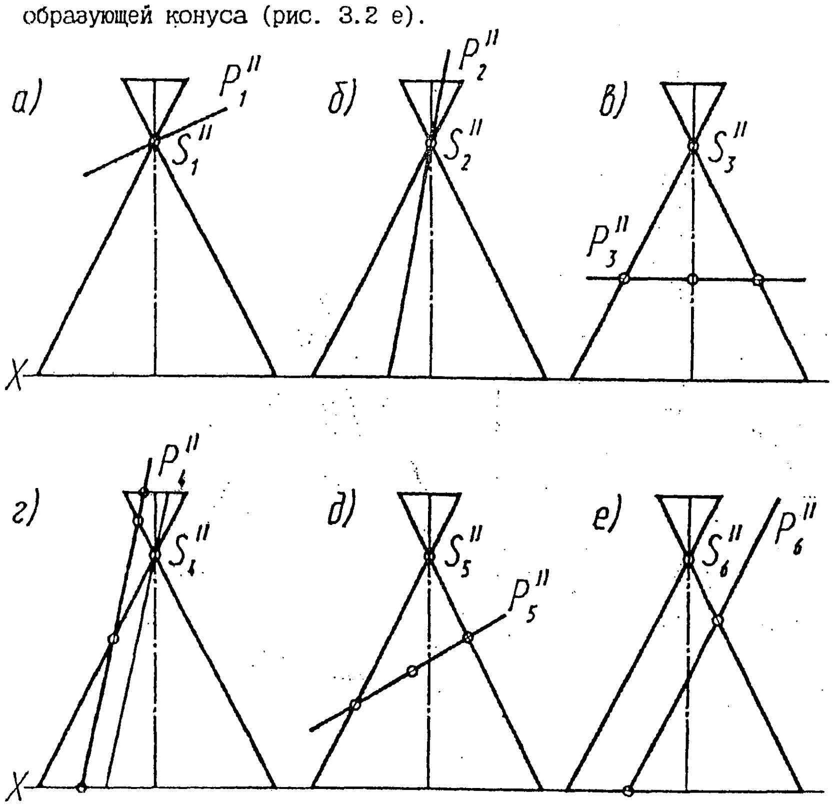


Рис. 3.2

Для построения кривой линии, получаемой при пересечении конической поверхности плоскостью, в общем случае находят точки пересечения образующих поверхности с секущей плоскостью.

На рис. 3.3 заданы: поверхность прямого кругового конуса и плоскость треугольника **ABS**, которая проходит через вершину конуса и **S** пересекает коническую поверхность по образующим **SC** и **SD**.

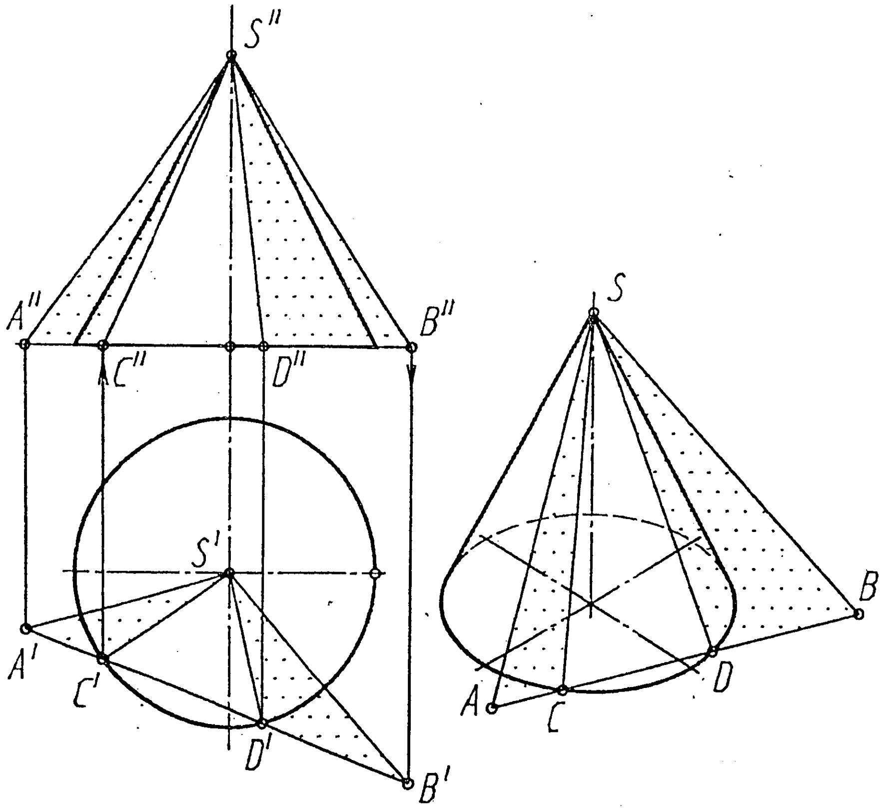


Рис. 3.3

На рис. 3.4 заданы: прямой круговой конус и фронтальная проецирующая плоскость **P**. Плоскость **P** пересекает поверхность конуса по эллипсу, оси которого определены точками **A, B, C**. На фронтальную плоскость проекций эллипс проецируется в отрезок прямой **A" B"**. Показаны построения проекций характерной точки **C**, принадлежащей оси эллипса.

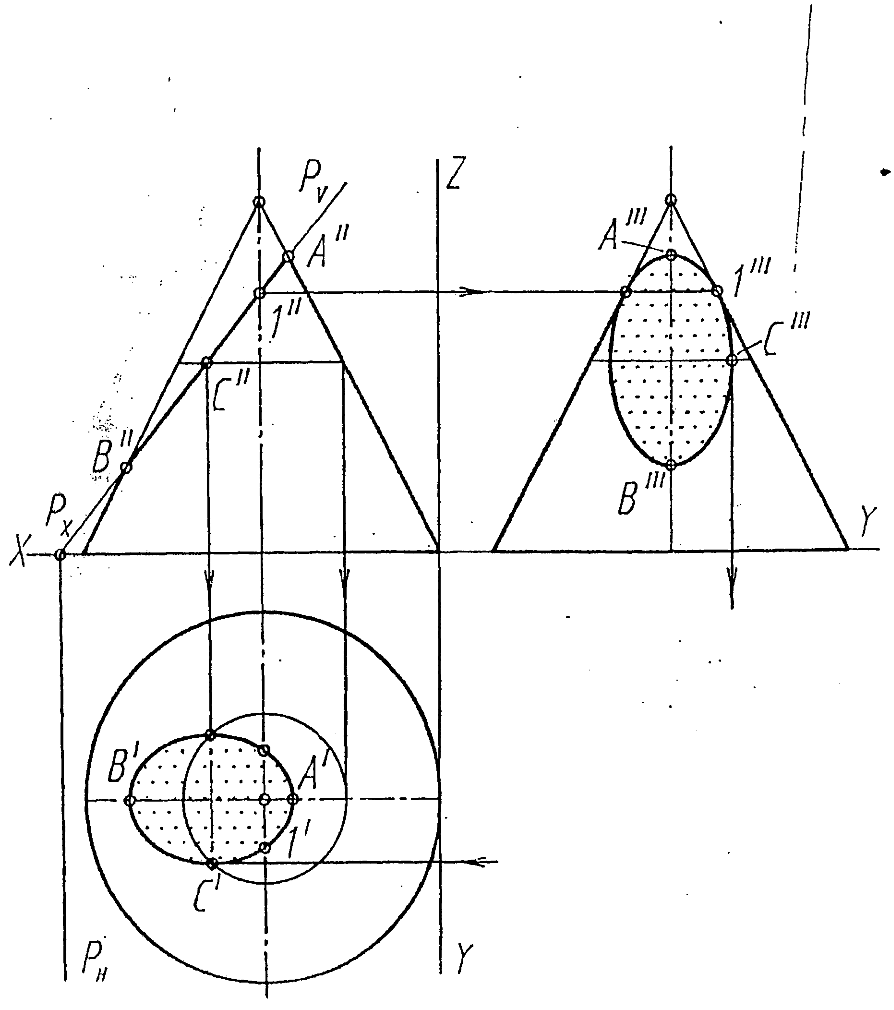


Рис. 3.4

На рис. 3.5 задана часть конуса, отсеченная плоскостью **Q**. Фронтально проецирующая плоскость **Q** пересекает поверхность прямого кругового конуса по параболе (плоскость параллельна одной образующей конуса **SD**). Точка **A** - вершина параболы. Даны построения проекций промежуточной точки **C**, принадлежащей параболе. На фронтальную плоскость проекции парабола проецируется в отрезок прямой **A" B"**.

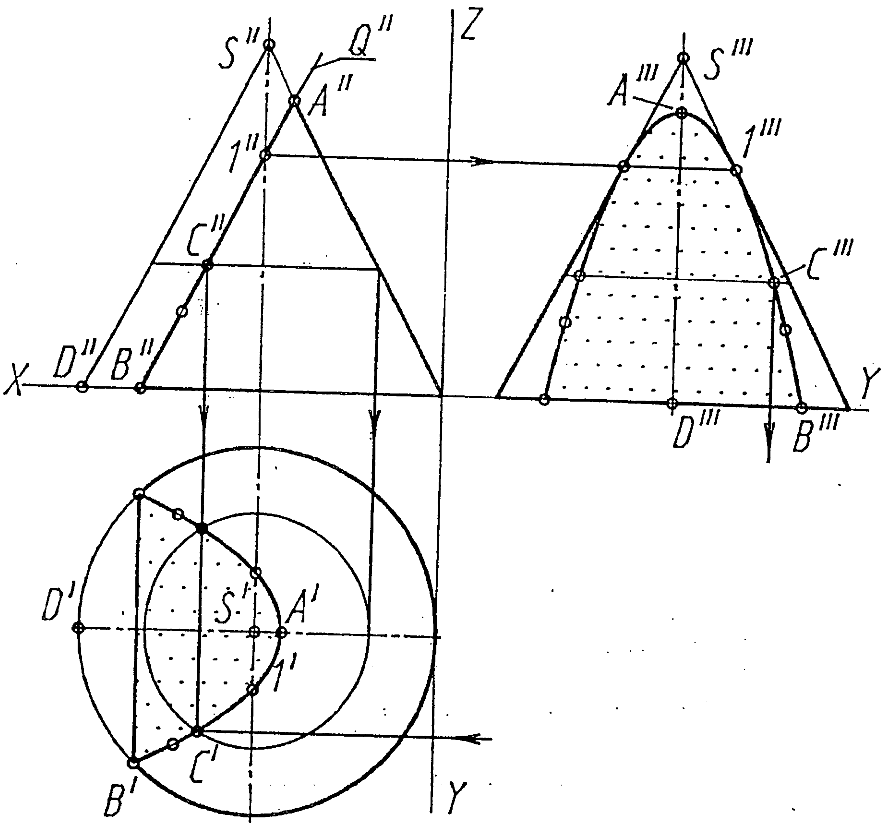


Рис. 3.5

На рис. 3.6 дана часть конуса, отсеченная плоскостью **R**. Проецирующая плоскость **R** пересекает поверхность прямого кругового конуса по гиперболе (плоскость параллельна двум образующим конуса: **SD** и **SE**, т.е. пересекает две полости конуса). Точка **A** - вершина ветви гиперболы. Показаны построения проекций промежуточной точки **C**, принадлежащей ветви гиперболы. На фронтальную плоскость проекций ветвь гиперболы проецируется в отрезок **A" B"**.

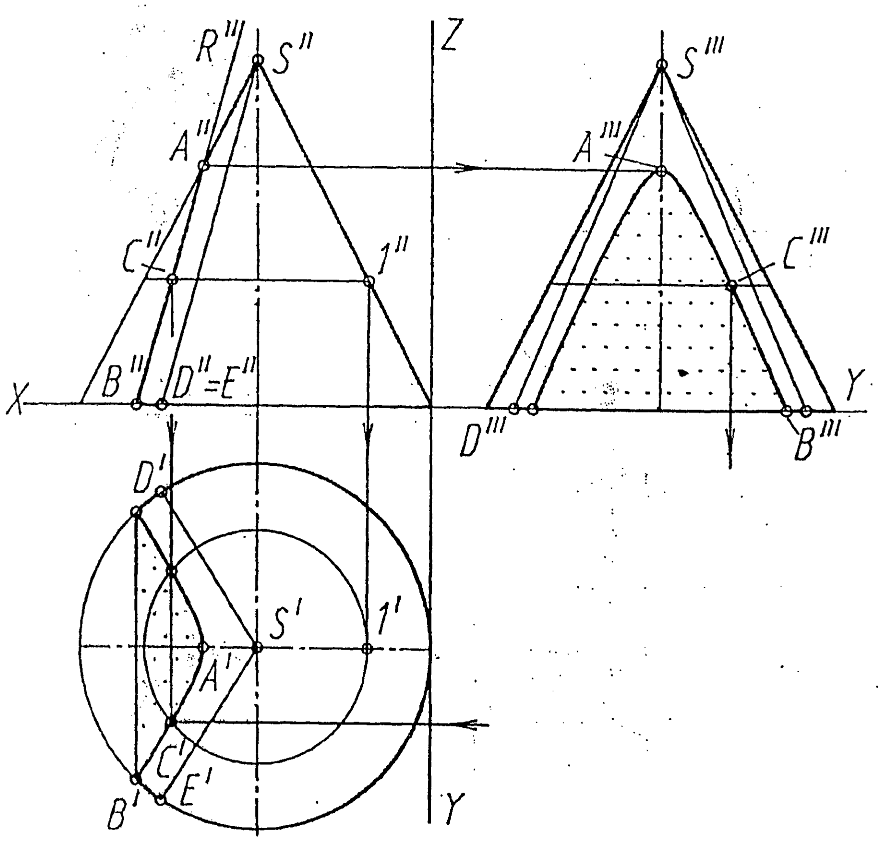


Рис. 3.6

Плоскость всегда пересекает сферу по окружности, которая проецируется в отрезок прямой, в виде эллипса или окружности, в зависимости от положения секущей плоскости по отношению к плоскости проекций.

На рис. 3.7 фронтальная и профильная проекции линии пересечения сферы горизонтально проецирующей плоскостью **P** - эллипсы, оси которых определены точками **A, B, C.**

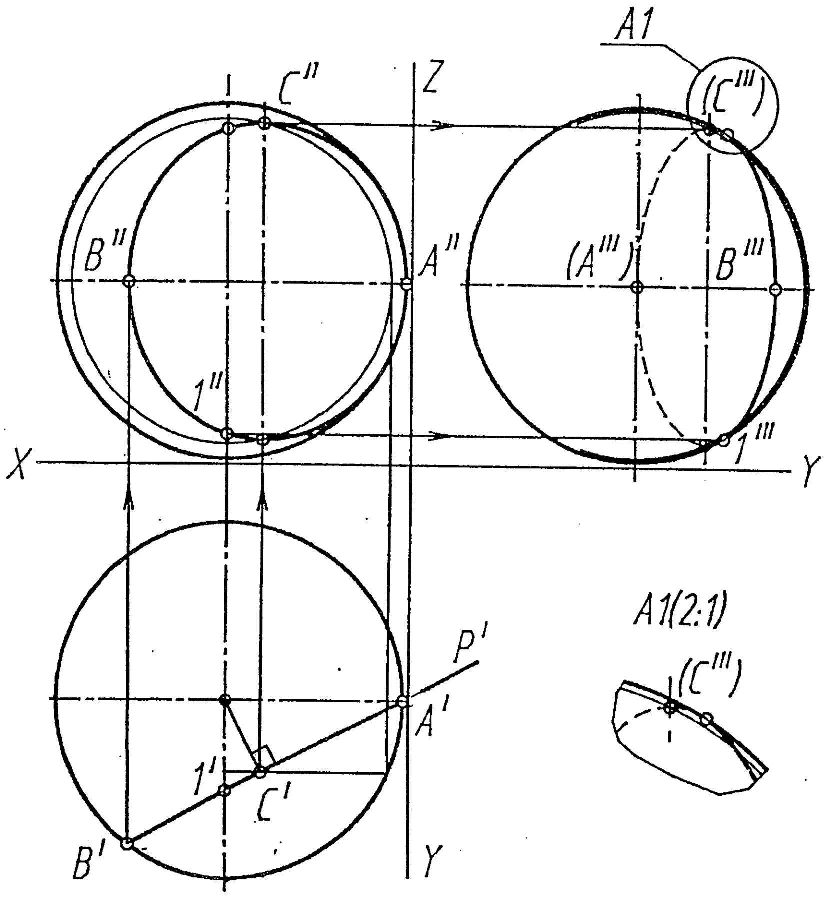


Рис. 3.7

3.2. Пересечение кривой поверхности прямой линией

Для определения точки (точек) пересечения прямой линии с поверхностью необходимо выполнить следующие построения:

- заключить прямую линию во вспомогательную плоскость;
- построить линию пересечения вспомогательной плоскости с заданной поверхностью;
- определить точку (точки) пересечения прямой с построенной линией пересечения.

Для построения точек пересечения прямой и конуса используют вспомогательную плоскость, проходящую через вершину **S** и заданную прямую **AB** (рис. 3.8). Плоскость **ABS** пересекает конус по образующим **1S** и **2S**, которые пересекаются с прямой **AB** в искомых точках **C** и **D**.

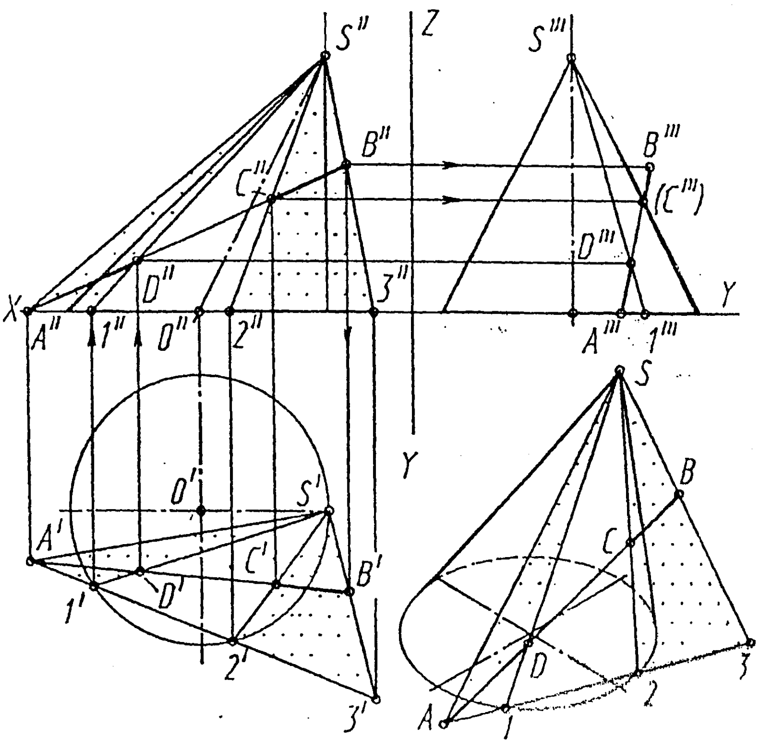


Рис. 3.8

Для построения точек пересечения прямой **AB** с поверхностью наклонного кругового цилиндра необходимо через прямую **AB** провести вспомогательную плоскость, параллельную оси цилиндра (рис. 3.9). Эта плоскость пересекает цилиндр по образующим, параллельным оси и проходящим соответственно через точки **3** и **4**. Полученные образующие пересекаются с прямой AB (расположены в одной плоскости) в искомых точках **C** и **D**.

Видимость участков прямой **AB** (цилиндр непрозрачен) на соответствующих проекциях определяется с помощью векторов **V**, **T**.

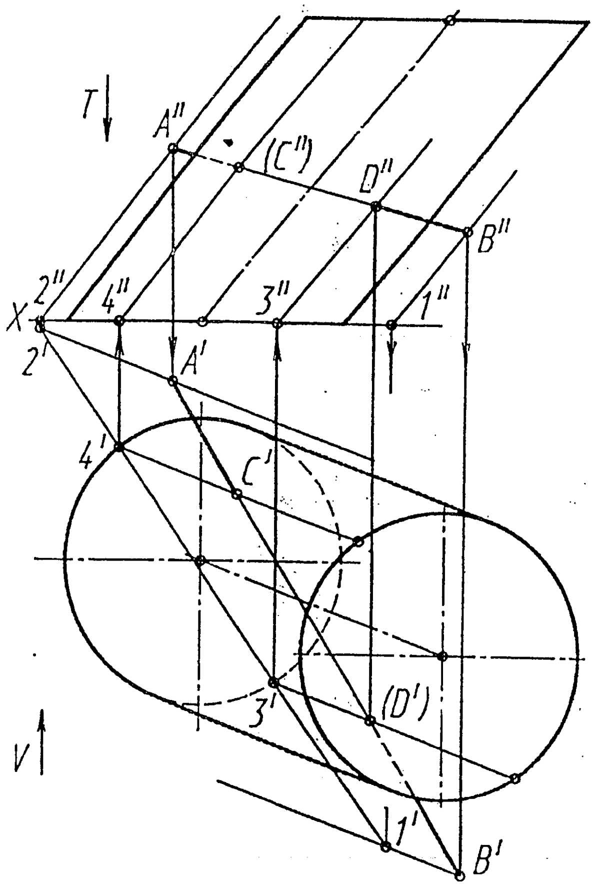


Рис. 3.9

При построении точек пересечения прямой линии со сферой используют вспомогательную секущую плоскость, проходящую через данную прямую. На рис. 3.10 эта задача решена с помощью способа перемены плоскостей проекций. Дополнительную плоскость проекций выбираем параллельной вспомогательной горизонтально проецирующей плоскости **P**, которая пересекает сферу по окружности, где и будут находиться искомые точки **C** и **D**.

Видимость участков прямой **AB** (сфера непрозрачна) на фронтальной и горизонтальной проекциях определяется с помощью векторов **V**, **T**.

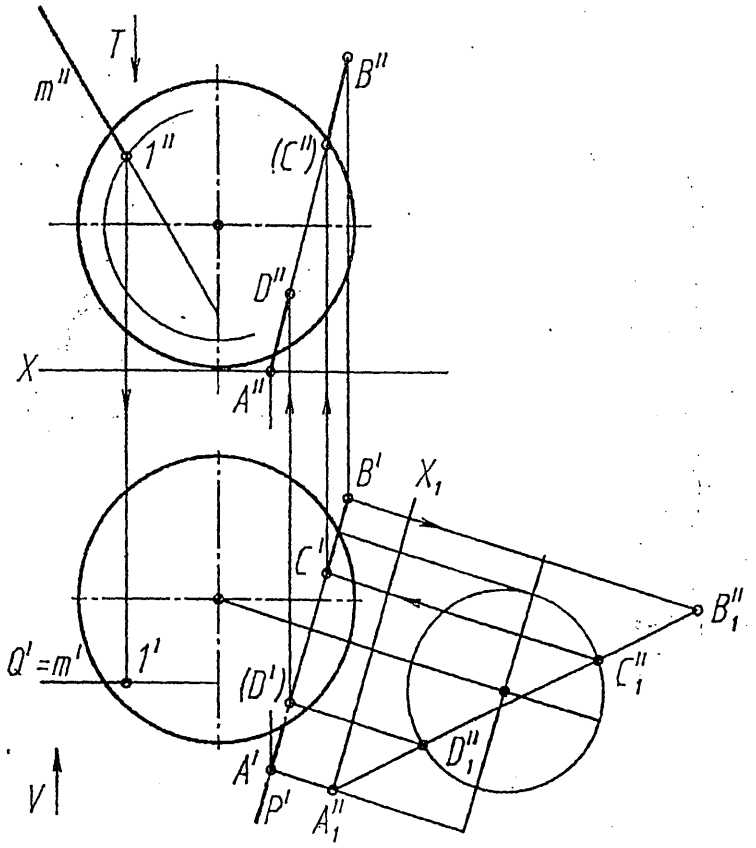


Рис. 3.10

4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

4.1. Одна из поверхностей занимает проецирующее положение

Если одна из пересекающихся поверхностей проецирующая, то построение линии пересечения двух поверхностей упрощено и сводится к построению недостающих проекций линии на одной из поверхностей.

На рис. 4.1 прямой круговой конус пересекает пятигранная призма, грани которой - плоскости частного положения. Три грани пересекают конус по линиям: эллипс, парабола и гипербола. Фрагменты решения задачи даны на рис. 3.4 - 3.6.

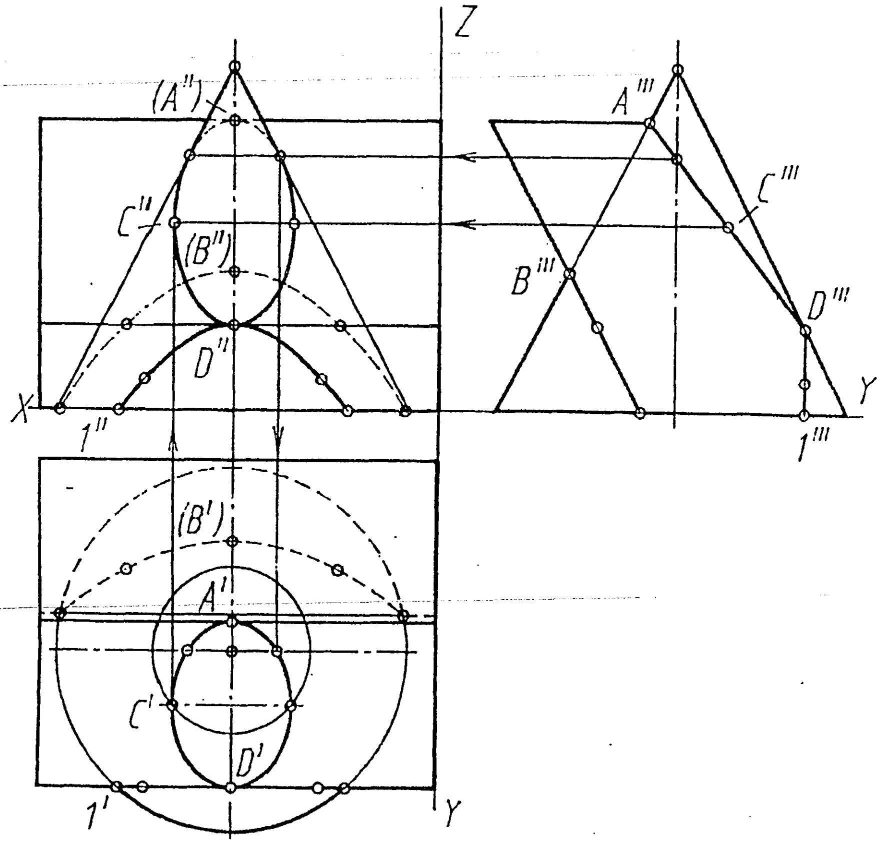


Рис. 4.1

На рис. 4.2 дан прямой круговой конус, отсеченный гранями правильной шестигранной призмой (заготовка для гайки). Боковые грани призмы - плоскости частного положения, пересекающие конус по гиперболам. Показаны построения двух характерных точек **(1, 2)** и одной промежуточной точки **(3)**, принадлежащих гиперболам.

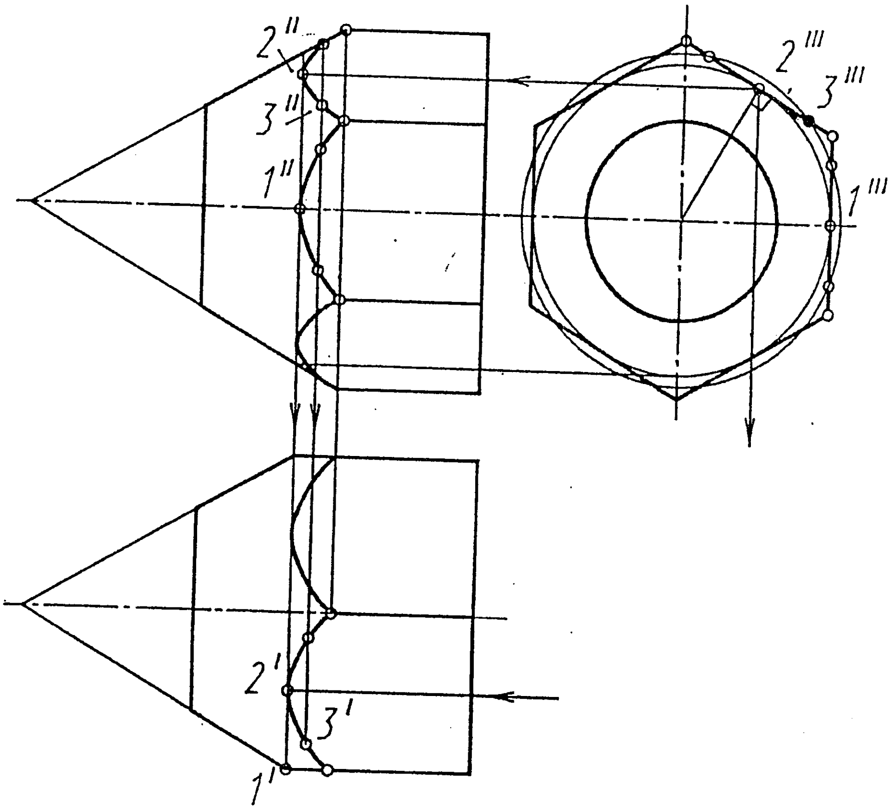


Рис. 4.2

На рис. 4.3 заданы: сфера и призма. Боковые грани призмы - плоскости частного положения. Три грани пересекают сферу по окружностям, две из которых проецируются на горизонтальную и профильную плоскости проекций в эллипсы. Фрагмент решения задачи дан на рис. 3.7.

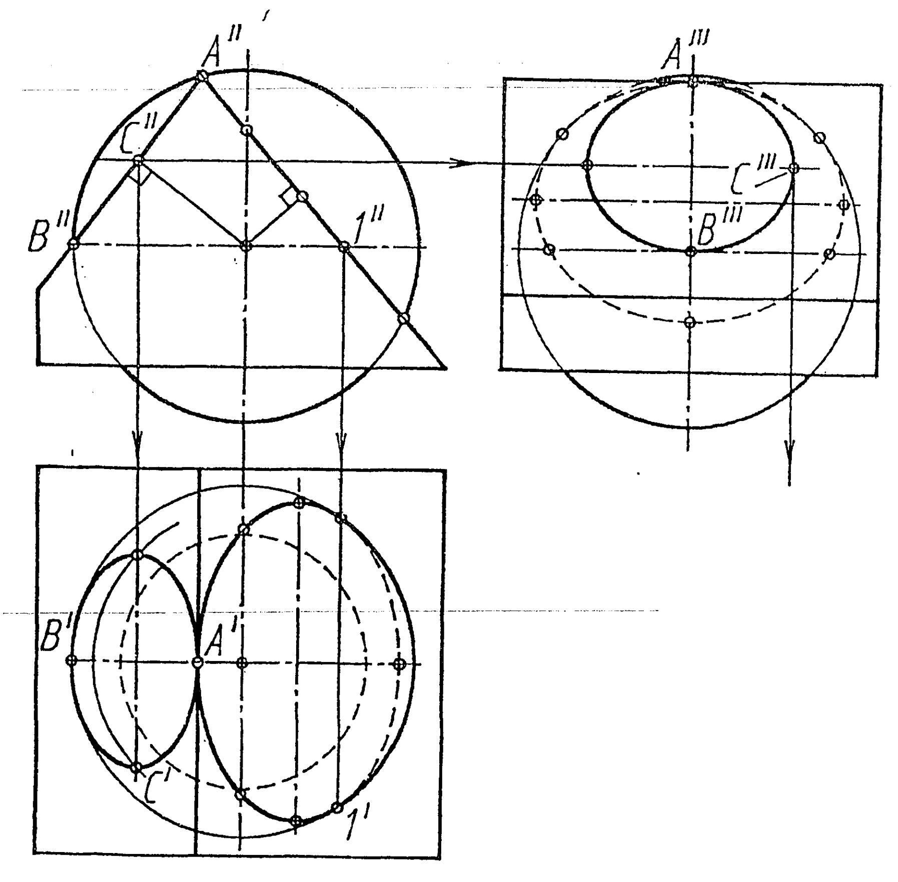


Рис. 4.3

Даны: фронтально проецирующий цилиндр и пирамида (рис. 4.4). Боковые грани пирамиды пересекают цилиндр: грань **ASB** - по окружности, грани **ACS** и **CSB** - по эллипсам. Для построения горизонтальной проекции линий пересечения (фронтальная проекция линий пересечения известна из условия задачи) можно использовать каркасные линии, принадлежащие граням пирамиды. Например, для построения эллипса в грани **ACS** можно использовать прямые, параллельные ребру **AC** или **AS** ребру.

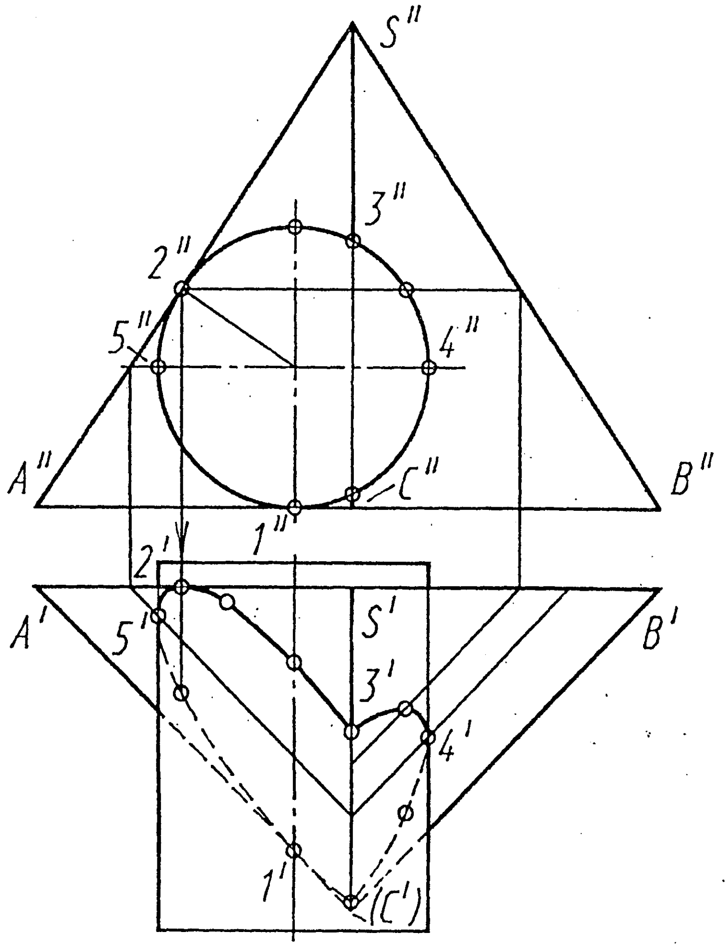


Рис. 4.4

Даны: горизонтально проецирующий цилиндр и сфера (рис. 4.5). Эти поверхности пересекаются по двум кривым, горизонтальная проекция которых известна из условия задачи. Для построения фронтальной проекции линий пересечения заданных поверхностей можно использовать каркасные линии (параллели) сферы. Экстремальные точки линий пересечения можно определить с помощью общей для заданных поверхностей плоскости симметрии **R**.

Характерные точки одной из искомых линий обозначены цифрами.

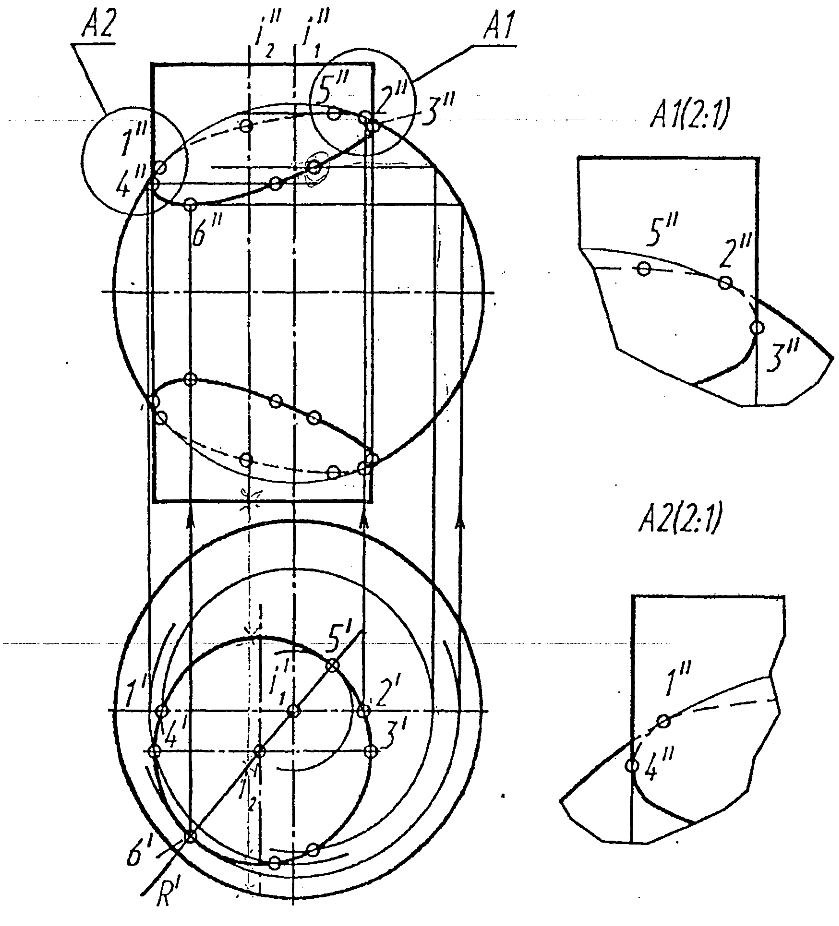


Рис. 4.5

На рис. 4.6 даны: фронтально проецирующий цилиндр и трехгранная призма, поверхности которых пересекают поверхность кольцевого тора. Боковые грани призмы - горизонтально проецирующие плоскости. Фронтальная проекция линии пересечения цилиндра и тора и горизонтальные проекции линий пересечения призмы и тора известны. Для построения недостающих проекции линий пересечения заданных поверхностей использованы каркасные линии (параллели) тора.

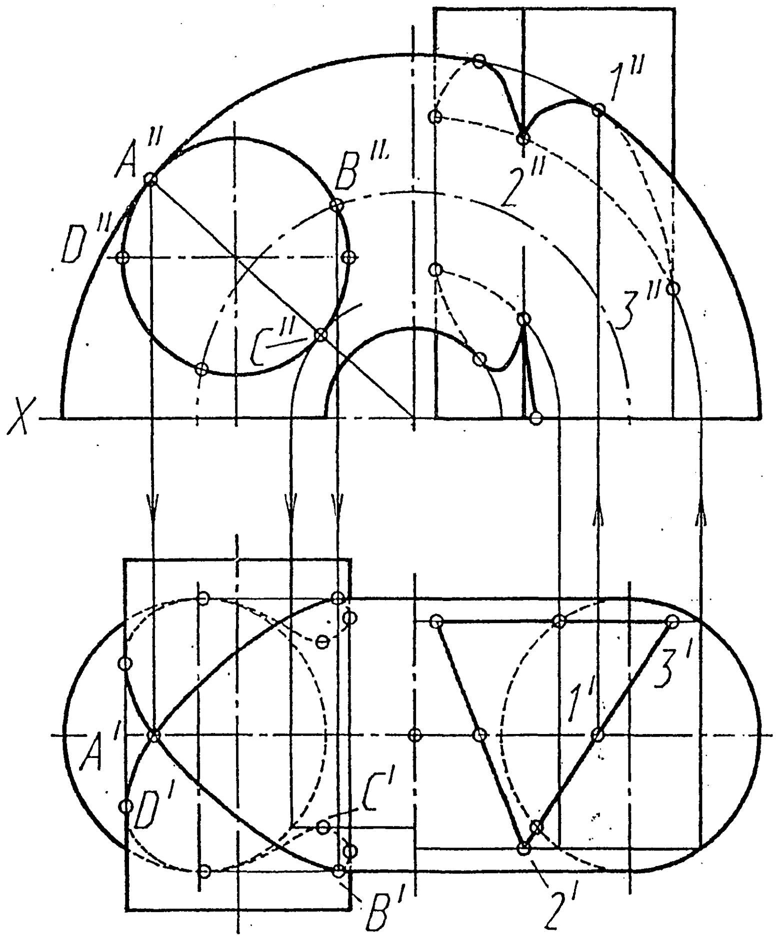


Рис. 4.6

4.2. Метод вспомогательных секущих поверхностей

В общем случае линию пересечения двух кривых поверхностей между собой строят по точкам, которые определяют с помощью вспомогательных секущих поверхностей. Находят линии пересечения вспомогательной поверхности с каждой из заданных. Точки пересечения построенных линий принадлежат линии пересечения заданных поверхностей. В качестве вспомогательных поверхностей выбирают такие, линии пересечения которых с заданными поверхностями проецируются на чертеже в графически простые линии (прямые, окружности).

На рис. 4.7 заданы две поверхности: сфера и прямой круговой

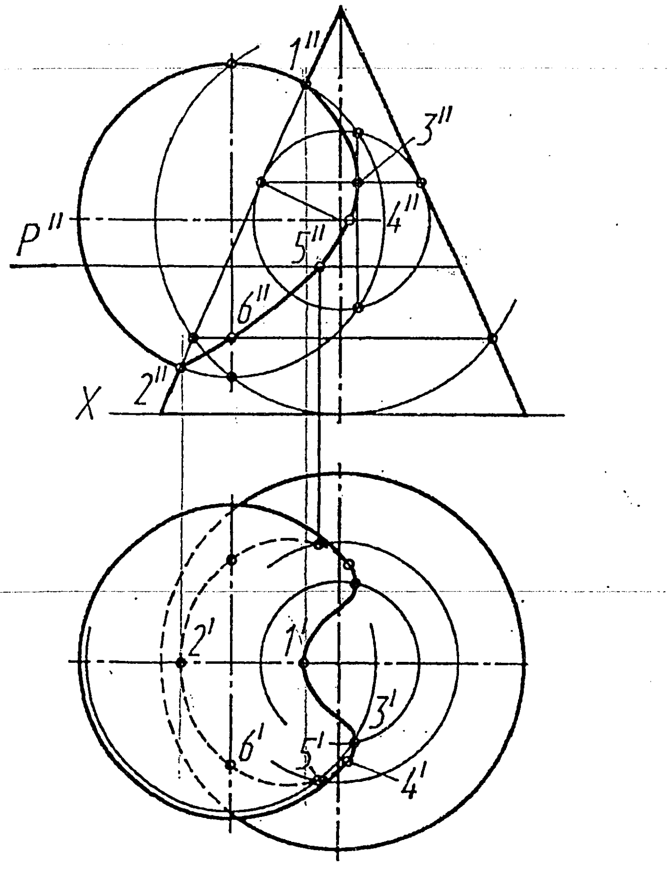


Рис. 4.7

конус. Для построения линии пересечения заданных поверхностей можно в качестве вспомогательных поверхностей использовать совокупность плоскостей, перпендикулярных оси конуса, которые пересекают сферу и конус по окружностям. Точки пересечения этих окружностей есть точки искомой линии пересечения.

Если ось поверхности вращения проходит через центр сферы и сфера пересекает эту поверхность, то линия их пересечения - окружность, плоскость которой перпендикулярна оси поверхности вращения.

В качестве вспомогательных поверхностей можно использовать набор сфер с постоянным центром при следующих условиях (рис. 4.8):

- две пересекающиеся поверхности - поверхности вращения;

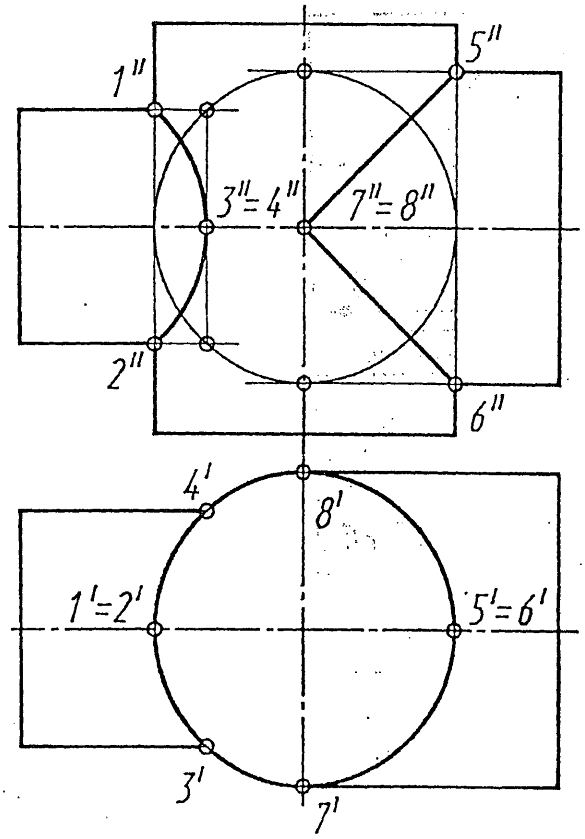
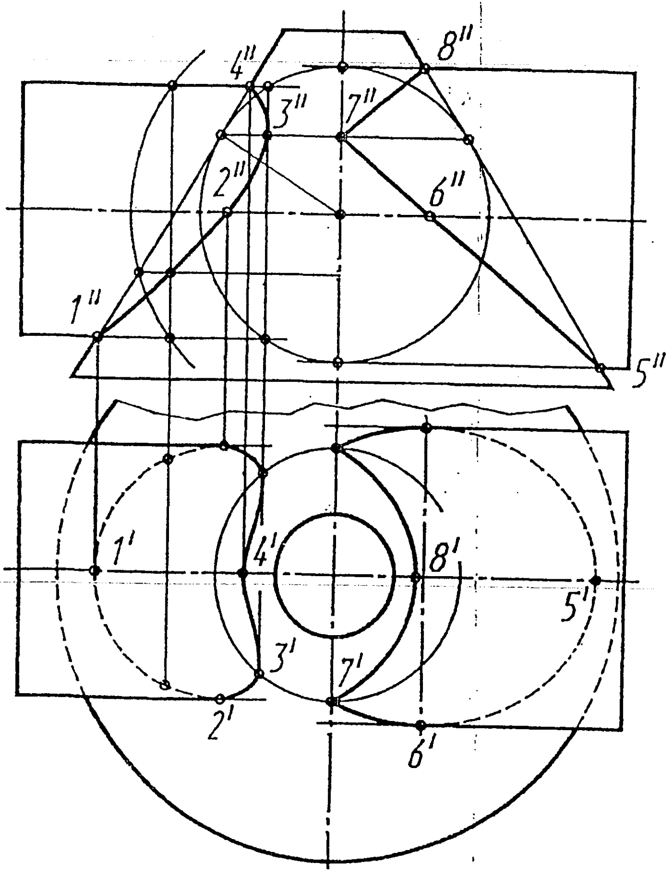


Рис. 4.8

- оси поверхностей вращения пересекаются, точка пересечения осей - центр вспомогательных (концентрических) сфер.
- плоскость, образованная осями поверхностей (плоскость симметрии), должна быть параллельна плоскости проекций.

Способ секущих сфер с постоянным центром пременен в задачах, представленных на рис. 4.8, 4.9. Этот способ можно применить и в задаче, данной на рис. 4.7. Экстремальная точка **3** здесь определена с помощью вспомогательной сферы минимального радиуса.

Если две поверхности вращения описаны около одной сферы, то, согласно теореме Монжа [2], они пересекаются по двум плоским кривым. В задачах рис. 4.8, 4.9 эти плоские кривые - эллипсы.



Способ секущих сфер с переменным центром можно применить, если:

- одна из пересекающихся поверхностей - поверхность вращения, а другая - имеет круговые сечения;
- обе поверхности имеют общую плоскость симметрии, к которой перпендикулярны плоскости круговых сечений;
- плоскость симметрии должна быть параллельна плоскости проекций.

В задаче, представленной на рис. 4.10, применен способ секущих сфер с переменным центром **(O)**. Круговые сечения поверхности тора получены совокупностью секущих плоскостей **Q**.

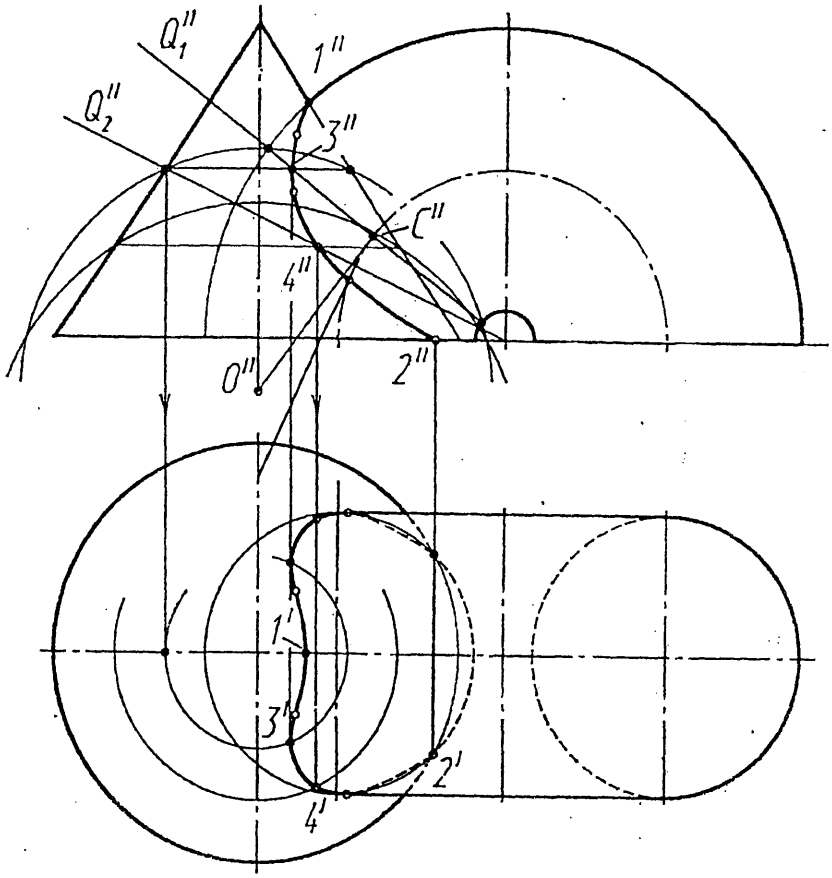


Рис. 4.10

5. КАСАТЕЛЬНАЯ ПЛОСКОСТЬ И НОРМАЛЬ К ПОВЕРХНОСТИ. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ

Плоскостью, касательной к поверхности в данной точке, называют плоскость, образованную касательными, проведенными к кривым (каркасным линиям), принадлежащим поверхности и проходящим через эту точку.

Нормалью к поверхности в данной точке называют прямую, перпендикулярную к касательной плоскости и проходящую через точку касания [2].

На рис. 5.1 задан прямой круговой конус. Плоскость, касательная к поверхности конуса, касается ее вдоль образующей.

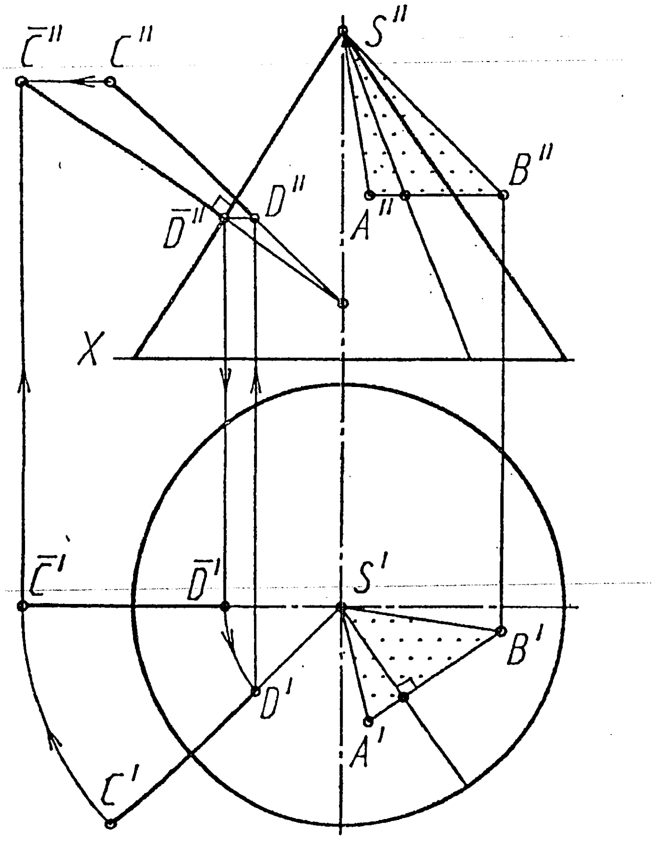


Рис. 5.1

Треугольник **ABS** есть касательная плоскость к поверхности конуса в данной точке. Для определения кратчайшего расстояния от точки до поверхности конуса, можно использовать способ вращения вокруг оси поверхности.

Необходимо через точку **C** провести нормаль к поверхности и найти точку пересечения нормали с поверхностью конуса.

На рис. 5.2 задана поверхность тора (кругового кольца). Показаны построения плоскости треугольника **1,2,3**, касательной к поверхности тора в точке **1**. При помощи способа вращения вокруг оси тора определено кратчайшее расстояние **[A′B′]** от точки **A**, до поверхности тора.

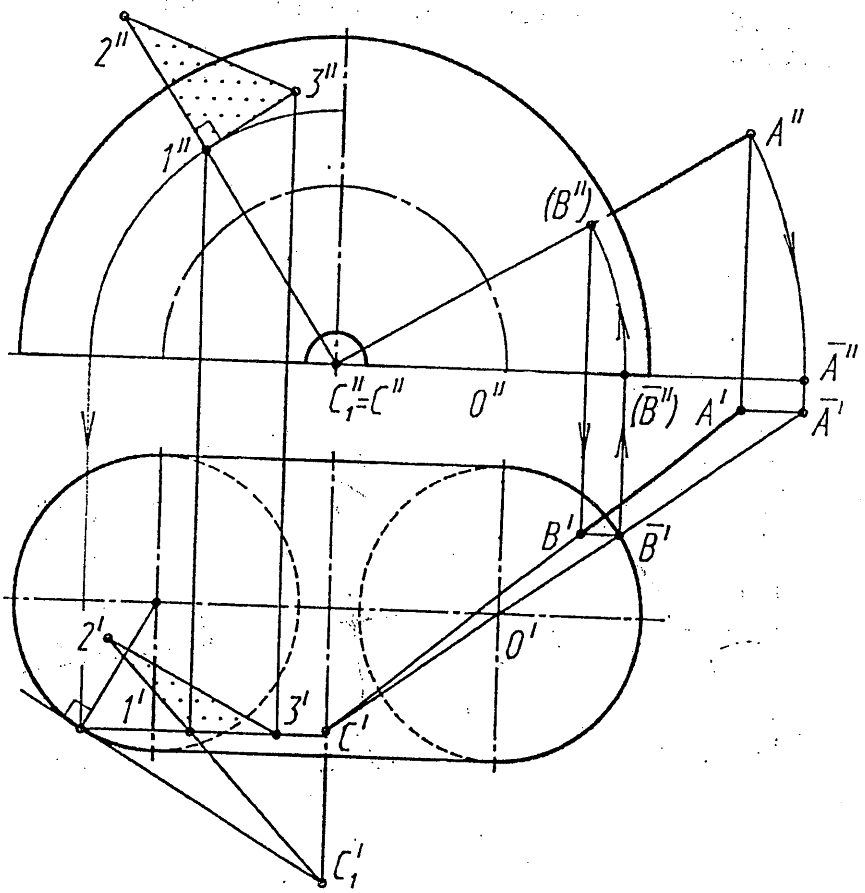


Рис. 5.2

На рис. 5.3 заданы два отрезка скрещивающихся прямых [AB] и [CD]. Требуется определить расстояние и угол между скрещивающимися прямыми.

Кратчайшее расстояние между двумя скрещивающимися прямыми есть расстояние между параллельными плоскостями, которым принадлежат эти прямые.

Задача решена способом перемены плоскостей проекций [1]. Новую (вторую) плоскость проекций необходимо расположить перпендикулярно одной из заданных прямых и из полученной точки (проекции прямой) провести перпендикуляр **[A2'O2']** к проекции другой прямой. Мерой угла между скрещивающимися прямыми является угол **B3"F3"D3"**.

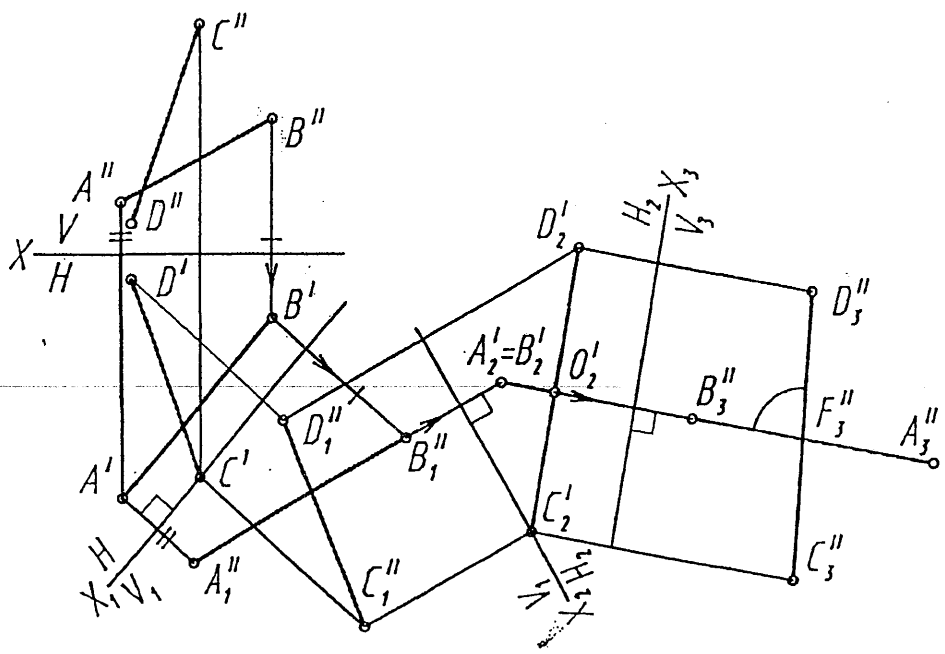


Рис. 5.3

На рис. 5.4 заданы: плоскость общего положения **P** и горизонтально проецирующая прямая **i**. С помощью способа вращения вокруг оси **i**, плоскость **P** переведена из общего положения в частное ($\overline{P}$ - фронтально проецирующая плоскость). При вращении плоскости **P**, поворачивают ее горизонтальный след и горизонталь, проходящую через точку **1** (точку пересечения оси **i** и плоскости **P**).

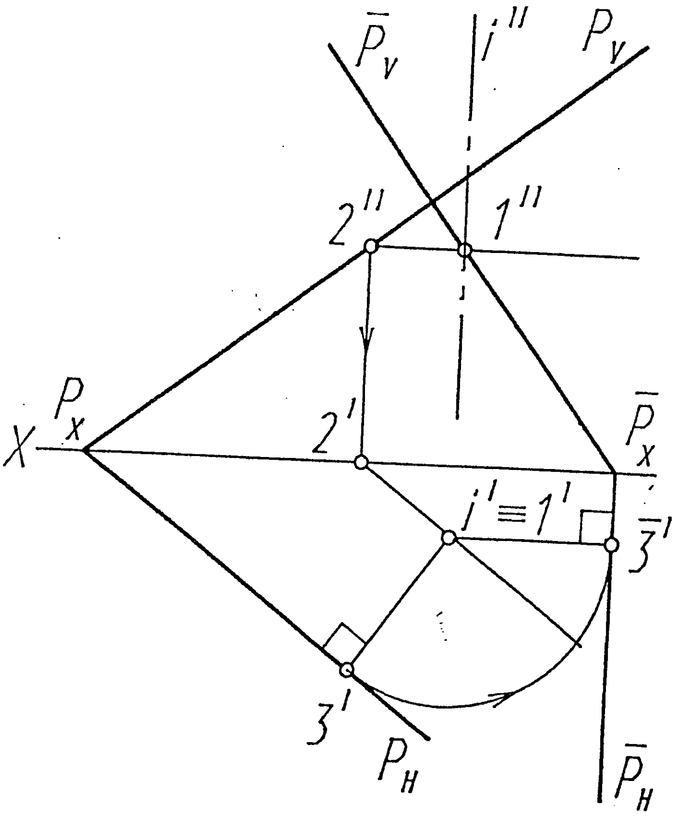


Рис. 5.4

На рис. 5.5, в качестве примера, представлена одна из задач, предлагаемых для самостоятельного решения. Другие задачи и инструкции пользователю хранятся на дискете, прилагаемой к методическим указаниям. Решение задачи представлено на рис. 5.6.

Дано: плоскость P, горизонтальная проекция стороны AB.

Найти: проекции треугольника ABC, принадлежащего плоскости P. Сторона AC — фронталь, угол ABC — прямой.

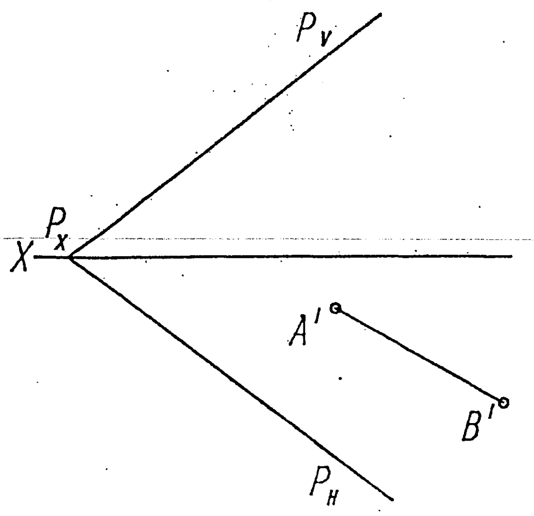


Рис. 5.5

Чтобы определить точку **C** прямоугольного треугольника **ABC**, необходимо через точку **B** провести плоскость **Q**, перпендикулярную прямой **AB**. Сторона **BC** принадлежит плоскости **P** (по условию) и плоскости **Q**, значит она принадлежит линии пересечения **(1, 2)** этих плоскостей. Искомая точка **C** - точка пересечения прямой **m** и **(1, 2)**.

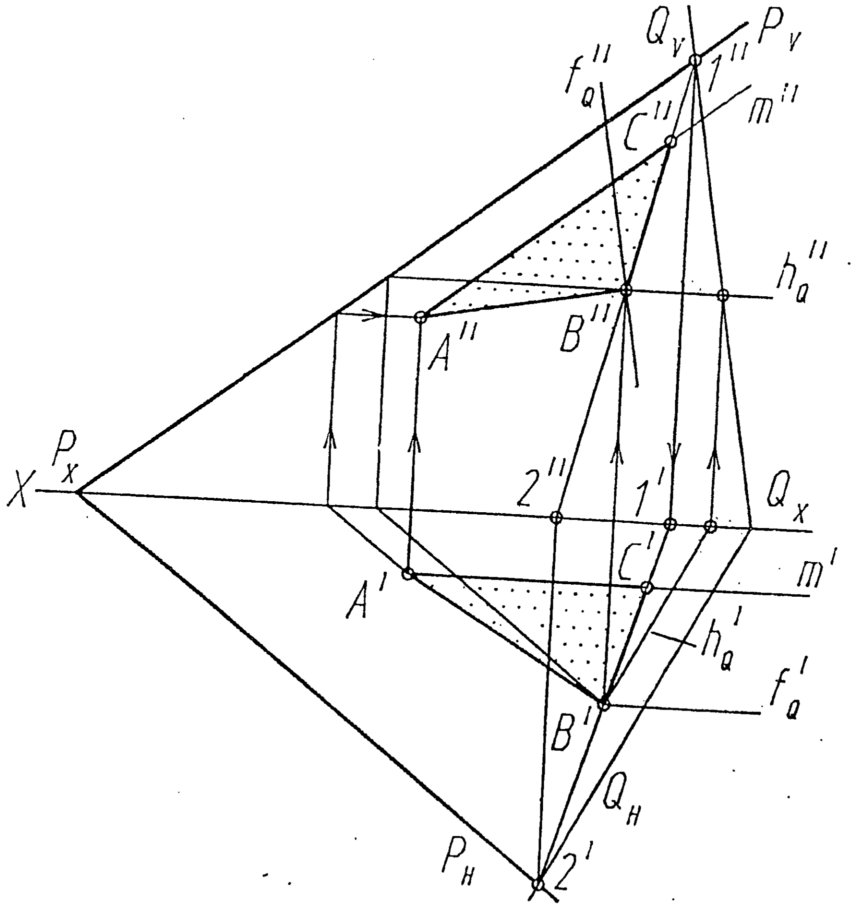


Рис. 5.6

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Ю.В. Раздаточный и иллюстративный материал по начертательной геометрии. Часть 1. М.: МЭИ, 1995.

2. Фролов С.А. Начертательная геометрия. М.: Машиностроение, 1978.

3. Гладков С. и др. Курс практической работы с системой Автокад - 10. М.: "Диалог-МИФИ", 1991.

4. Фролов С.А. Сборник задач по начертательной геометрии. М.: Машиностроение, 1986.

5. Боголюбов С.К. Черчение. М.: Машиностроение, 1989, 336 с.

6. Короев Ю.И., и др. Сборник задач и заданий по начертательной геометрии. М.: Стройиздат, 1989.

7. Локтев О.В., Числов П.А. Сборник задач по начертательной геометрии. М.: Высшая школа, 1977.

8. Аугер В. AutoCAD-11.0 /Пер. с нем. К.: Торгово-издательское бюро BHV, 1993,

9. Кречко Ю.А., Полищук В.В. Автокад. Курс практической работы. М.: "Диалог-МИФИ", 1994.

СОДЕРЖАНИЕ