

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(национальный исследовательский университет)  
Ступинский филиал МАИ

---

Кафедра «Технология производства авиационных двигателей»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Начертательная Геометрия»

«Вторая позиционная задача на поверхностях»

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

Оценка \_\_\_\_\_ Дата защиты «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года

Ступино 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**

(национальный исследовательский университет)»

**Ступинский филиал МАИ**

Кафедра «Технологии производства авиационных двигателей»

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**З А Д А Н И Е**

На курсовой проект по дисциплине

«Начертательная геометрия»

Студент:

(№ группы, Ф.И.О)

Тема: «Вторая позиционная задача на поверхностях»

**Исходные данные к проекту:**

1. Построить линию пересечения поверхностей заданных непрозрачных фигур (тел), развертку линейчатой поверхности и сечение.

2. Построить три изображения детали с проекциями линий «среза».

Перечень подлежащих разработке вопросов:

1. По размерам начертить в тонких линиях три проекции заданных поверхностей. Проекции линий пересечения поверхностей строят по точкам с помощью вспомогательных секущих плоскостей или сфер.
2. Линии среза строятся по точкам, получаемым с помощью секущих плоскостей.

Срок сдачи студентом законченного проекта руководителю

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Руководитель \_\_\_\_\_/

Подпись студента \_\_\_\_\_/

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 – Теоретическая часть.....	4
Примеры использования метода секущих плоскостей .....	4
Примеры использования метода вспомогательных сфер .....	12
Примеры построения разверток поверхностей.....	16
Задание 1.1 – Пересечение поверхностей второго порядка .....	22
Задание 1.2 – Развертка конуса.....	24
Задание 1.3 – Построение сечения .....	25
Задание 2.1 - Линии среза .....	26
Список используемых источников.....	28
Приложение .....	28

## Введение

Начертательная геометрия – это наука о методах построения изображений пространственных форм на плоскости.

Начертательная геометрия и ее методы находят применение в различных областях науки и техники: в машиностроении, архитектуре, строительстве, изобразительном искусстве.

В начертательной геометрии чертежи являются тем инструментом, с помощью которого осуществляется непосредственное изучение геометрических форм предмета и выполняется решение пространственных задач. Поэтому к чертежам предъявляют следующие требования:

- чертеж должен быть наглядным, т.е. он должен вызывать пространственное представление об изображаемом предмете;
- чертеж должен быть обратимым, т.е. он должен точно определять форму, размеры и положение изображаемого предмета;
- чертеж должен быть простым для его графического выполнения;
- изображение предмета должно быть удобным для чтения размеров.

Чертежи, выполненные методом проецирования, называются проекционными.

## Глава 1 – Теоретическая часть

### Примеры использования метода секущих плоскостей

Построить три проекции заданных поверхностей и проекции линий их взаимного пересечения, используя в качестве посредников вспомогательные секущие плоскости. Для решения задачи используют следующий алгоритм

1. Вычертить фронтальную и горизонтальную проекции заданных поверхностей в соответствии с индивидуальным заданием по варианту

2. Построить профильную проекцию поверхностей, используя линии проекционной связи

3. Определить характер линий пересечения поверхностей, которые требуется построить, основываясь на полученных в курсе начертательной геометрии теоретических знаниях. Выявить основные черты линий пересечения на каждой проекции. Например:

- линия пересечения поверхностей многогранников с поверхностями вращения – плоская кривая; она может состоять из дуг окружностей, эллипсов, парабол, гипербол. Проекцией плоской кривой может быть как отрезок прямой, так и плоская кривая;

- линия пересечения двух соосных поверхностей вращения – окружность;

- если в две пересекающиеся поверхности вращения можно вписать общую для них сферу, то линия пересечения распадается на 2 плоские кривые (теорема Монжа);
- в общем случае две поверхности вращения пересекаются по пространственным кривым, проекции которых – плоские кривые

4. Выявить характерные точки, построить их недостающие проекции. К характерным точкам относятся:

- точки, расположенные на очерковых образующих поверхности вращения (в плоскости главного меридиана или в плоскости, перпендикулярной плоскости главного меридиана);
- точки, расположенные на экваторе;
- точки, расположенные на ребрах многогранника;
- точки, проекции которых отделяют видимую часть

проекция линии пересечения от невидимой части; • точки, определяющие большую и малую оси эллипсов; • высшие и низшие точки линии пересечения относительно плоскости  $\Pi_1$ , ближайшие и наиболее удаленные по отношению к наблюдателю, крайние слева и крайние справа на проекциях линии пересечения.

5. Построить промежуточные точки, принадлежащие линии пересечения поверхностей. Количество промежуточных точек определяется в зависимости от сложности формы проекции линии пересечения. Малое количество точек не позволяет выявить характер кривой. Слишком большое количество точек также не улучшает вид проекции, так как неизбежные погрешности в определении точек искажают форму кривой. Например, если проекция линии пересечения - эллипс, то для ее построения требуется всего 8 точек (вместе с характерными точками). Построение промежуточных точек осуществляется следующим образом: • поочередно проводят несколько вспомогательных секущих плоскостей-посредников. Плоскости выбирают так, чтобы линии пересечения той и другой поверхности

- Наглядное изображение полусферы и цилиндра

плоскостью были простейшими - окружностями или отрезками прямых линий; строят линии пересечения каждой плоскости-посредника с заданными поверхностями; • находят точки пересечения построенных линий. Эти точки - общие для пересекающихся поверхностей, следовательно, они лежат на линии их пересечения

6. Определить видимость точек. Видимые точки соединить последовательно сплошной основной линией с учетом характера кривой (для гладкой кривой, отличающейся от дуги окружности, используется лекало). Таким же образом соединить невидимые точки, используя невидимую (тонкую штриховую) линию

7. Выполнить обводку проекций поверхностей с учетом видимости.

**Пример 1.** Построение проекций линии пересечения полусферы и цилиндра. Проведем анализ изображения пересекающихся поверхностей.

Линия пересечения в данном случае является биквадратной кривой (кривой Вивиани). Так как по отношению к фронтальной плоскости проекций поверхность цилиндра является проецирующей, то фронтальная проекция линии пересечения является окружностью и совпадет с очерком цилиндра. Профильная проекция линии пересечения заданных поверхностей полусферы и цилиндра будет представлять собой параболу с вершиной в точке 1, так как поверхности

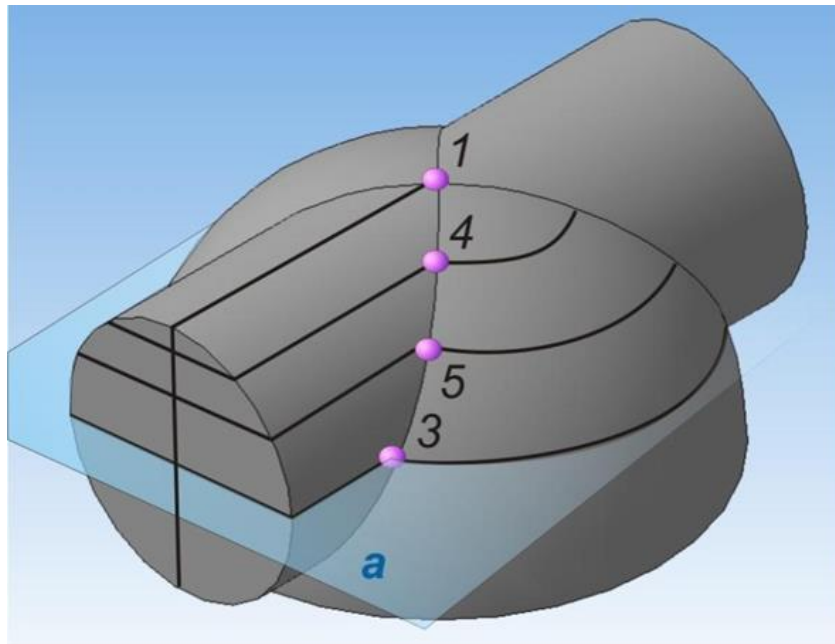


Рисунок 1 Наглядное изображение пересечения полусферы с цилиндром

имеют общую плоскость симметрии, параллельную профильной плоскости проекций. На горизонтальной плоскости проекций должна получиться плоская кривая, имеющая две оси симметрии.

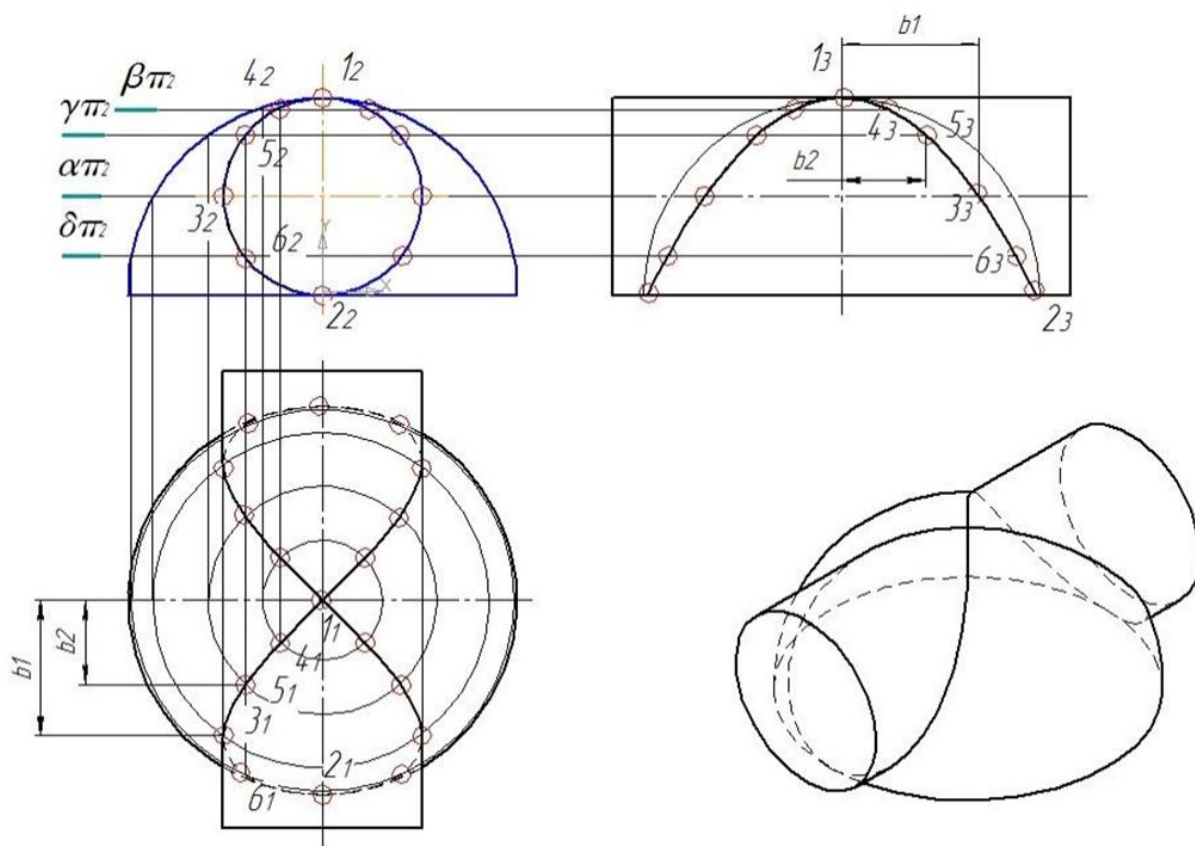


Рисунок 2 Построение проекций линии пересечения полусферы и цилиндра

Построение начнем с фронтальной плоскости проекций, так как фронтальная проекция поверхностей содержит проекцию линии их пересечения (окружность)

1. Выделим проекции характерных точек - 12, 22, 32. В качестве промежуточных точек выберем произвольные точки, примерно равномерно расположенные между характерными точками - 42, 52, 62

2. Определим горизонтальную и профильную проекции характерных точек 1 и 2, исходя из того, что точка 1 лежит на главном меридиане, а точка 2 - на экваторе полусферы.

3. Найдем недостающие проекции характерной точки 3, которая принадлежит образующей цилиндра и является границей видимости линии пересечения поверхностей. Для нахождения точки 3 проведем через нее вспомогательную горизонтальную плоскость  $\alpha\pi$  (след  $\alpha\Pi_2$ ). Плоскость  $\alpha$  пересечет полусферу по окружности, построение которой показано на рис.1 (расстояние  $b_1$ ), а цилиндр – по двум крайним образующим (они совпадают с



очерком цилиндра на плоскости  $\Pi_1$ ). Пересечение этих линий дает проекцию точки 31. Профильную проекцию точки 3 определим, проведя линию проекционной связи от фронтальной проекции точки, с одной стороны, а с другой – измерим расстояние по оси  $Y$  между плоскостью главного меридиана и точкой 31 и отложим это расстояние по оси  $Y$  на плоскости  $\pi_3$ . В результате получим точку 33. 4. Построим проекции дополнительных точек 4, 5, и 6. На фронтальной плоскости для каждой из них, необходимо повторять действия, описанные в пункте 3. 5. Определим видимость точек линии пересечения поверхностей. На горизонтальной плоскости проекций будут видимы только точки, фронтальные проекции которых расположены выше плоскости  $\alpha\pi_2$  (границей видимости будет являться точка 3). На профильной плоскости проекций все точки левой половины линии пересечения до характерных точек, лежащих на оси (12 и 22) будут видимы. 6. Соединим плавной линией полученные проекции точек (см. рис. 4) с учетом их видимости в последовательности, определенной на фронтальной проекции (точки 1, 4, 5, 3, 6, 2)

Пример 2. Построение двух проекций линии пересечения цилиндра и конуса. Представленные поверхности пересекаются по сложным кривым, большая часть которых закрыта от наблюдателя поверхностью цилиндра.

Как и в первом примере, фронтальная проекция линии пересечения совпадает с очерком цилиндра. Поэтому построение начнем с выделения фронтальных проекций общих точек обеих поверхностей. Характерными являются следующие точки: • 1 и 2, - принадлежащие плоскости главного меридиана конуса;

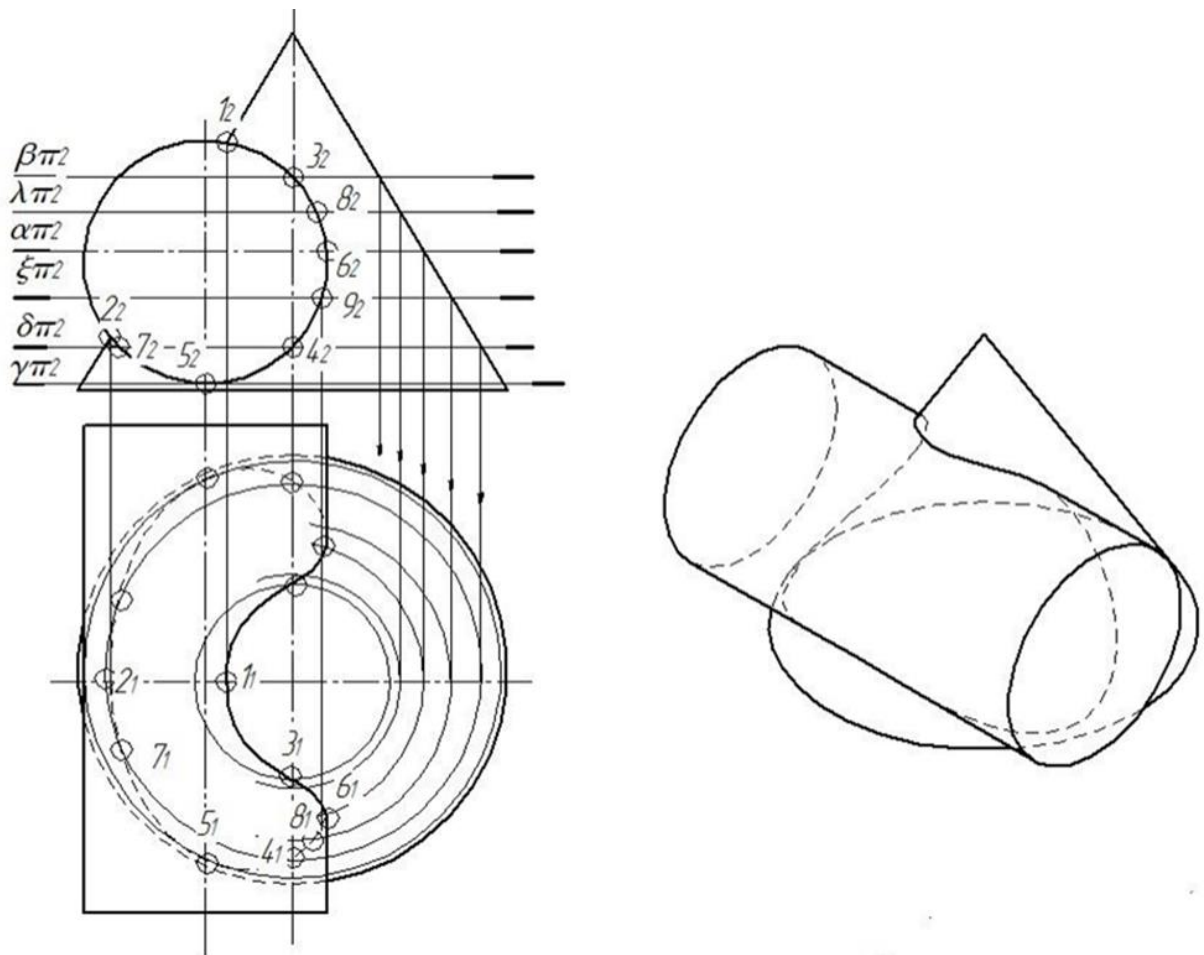


Рисунок 3 Применение метода вспомогательных секущих плоскостей для построения проекций линии пересечения конуса и цилиндра

- 3 и 4, - лежащие в плоскости, перпендикулярной плоскости главного меридиана конуса, следовательно, их фронтальные проекции будут располагаться на очерке конуса; • 5 - самая высокая точка; Рис. 5. Наглядное изображение цилиндра и конуса

- 6 - самая правая точка. Горизонтальные проекции точек 1 и 2 определяются проведением линий проекционной связи. Остальные проекции точек (3, 4, 5, 6) строятся при помощи проведения через них вспомогательных горизонтальных плоскостей ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ). Для построения плавной пространственной кривой линии пересечения целесообразно взять дополнительные секущие плоскости  $\lambda$ ,  $\xi$  и найти дополнительные точки пересечения (7, 8, 9). Видимость точек на горизонтальной плоскости проекций определяет плоскость  $\alpha$  все точки, фронтальные проекции которых лежат выше плоскости  $\alpha\pi_2$ , будут видимы, ниже – невидимы (граница

видимости – точка 6)

**Пример 3.** Построение трех проекций линии пересечения цилиндра и конуса (рис. 7, 8). Так как в данном случае горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с очерком цилиндра, вначале определяем горизонтальные проекции общих точек цилиндра и конуса (рис. 7). Выделим следующие характерные точки (рис. 8): • 1 - принадлежит экватору (основанию) конуса; • 3 - самая высокая точка; • 2 и 2', - лежащие в плоскости главного меридиана цилиндра, следовательно, их фронтальные проекции будут располагаться на очерке цилиндра. Точки 3, 3', 4, 4' - промежуточные, взятые произвольно. Проекция точки 1 определим по проекционным связям. Остальные проекции находим следующим образом

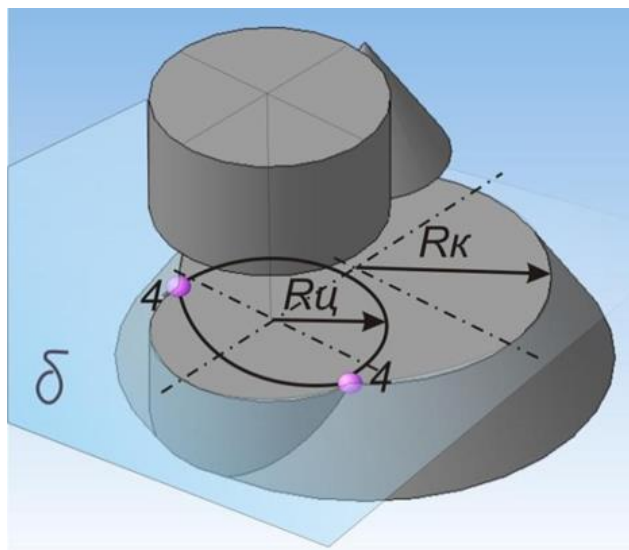


Рисунок 4 Пересечение цилиндра и конуса

1. Проводим последовательно горизонтальные проекции параллелей конуса через выделенные горизонтальные проекции точек, определяем радиус каждой параллели, например, точки 4 и 4' (см. рис. 8). Затем находим фронтальную проекцию каждой параллели

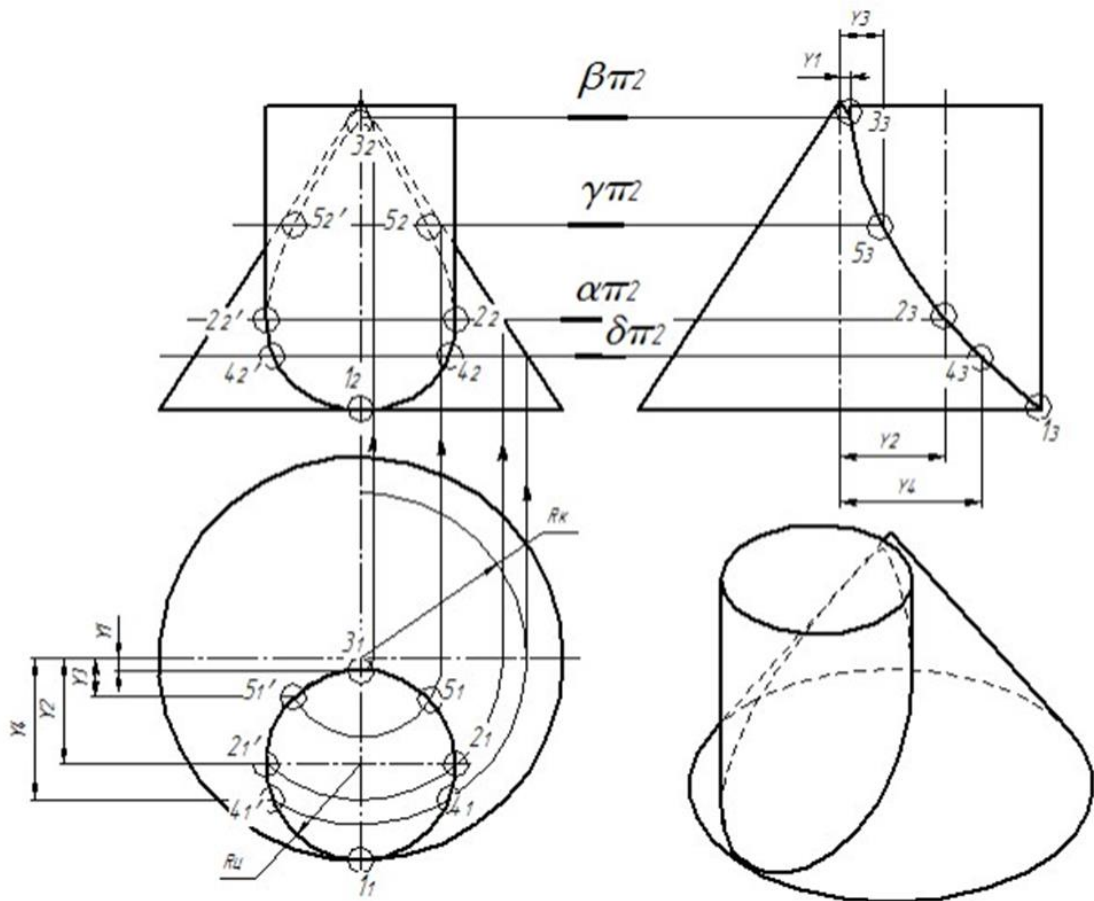


Рисунок 5 Пример построения проекций линии пересечения конуса и цилиндра

2. Строим фронтальные следы этих плоскостей и принимаем их за вспомогательные секущие плоскости, поскольку каждая параллель конуса лежит в соответствующей горизонтальной плоскости

3. Находим фронтальные проекции выделенных точек в каждой вспомогательной плоскости, проведя линии проекционной связи, и соединяем эти точки последовательно, строя линию пересечения поверхностей

4. Строим профильные проекции точек, для чего измеряем расстояние вдоль оси  $Y$  (т.е. по вертикали) от горизонтальной проекции каждой точки до горизонтальной оси конуса ( $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$ ). Затем на плоскости  $\pi_3$  это расстояние откладываем от вертикальной оси конуса вправо в соответствующей секущей плоскости  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$

5. Определяем видимость линии пересечения на всех плоскостях проекций и обводим изображение

## Примеры использования метода вспомогательных сфер

Задача № 4. По фронтальной проекции пересекающихся поверхностей построить линию их взаимного пересечения. Для решения задачи используют следующий алгоритм

1. Вычертить заданную фронтальную проекцию поверхностей.
2. Определить характер кривой линии пересечения поверхностей. Так как обе заданные поверхности - поверхности вращения, то линия их пересечения есть биквадратная пространственная кривая. В данном задании обе поверхности вращения имеют общую плоскость симметрии, параллельную фронтальной плоскости проекций. Поэтому фронтальная проекция линии их пересечения является кривой 2-го порядка
3. Обозначить характерные точки, принадлежащие линии пересечения поверхностей. Вследствие условий, указанных в пункте 2, характерные точки будут совпадать с точками пересечения очерков поверхностей
4. Построить промежуточные точки линии пересечения методом концентрических сфер-посредников, для этого:
  - задаем центр сфер-посредников. Как правило, это точка пересечения осей вращения поверхностей;
  - определяем пределы изменения радиуса сферы-посредника:

$$R_{\min} < R < R_{\max}$$

$R_{\max}$  равен расстоянию от заданного центра сфер до наиболее удаленной характерной точки.  $R_{\min}$  равен радиусу сферы, вписанной в большую поверхность и пересекающей меньшую поверхность;

- строим сферу минимального радиуса. Линия её пересечения с каждой из заданных поверхностей есть окружность (в данном случае сфера касается большей поверхности и пересекает меньшую поверхность по окружности). В пересечении окружностей находим точки, общие для заданных поверхностей, а следовательно, принадлежащие линии пересечения этих поверхностей. Каждая из окружностей лежит в плоскости, перпендикулярной оси вращения соответствующей поверхности. В силу того, что оси вращения обеих поверхностей параллельны плоскости П2, окружности проецируются на П2 в

виде прямолинейных отрезков, что облегчает построение точек пересечения окружностей; • проводим еще 2–3 вспомогательные сферы, радиус которых лежит в определенном выше диапазоне. При построении каждой сферы находим линии ее пересечения с заданными поверхностями, а затем точки пересечения линий; • если сфера минимального радиуса одновременно оказалась вписанной в обе поверхности, то имеет место частный случай пересечения поверхностей, описываемый теоремой Монжа. При этом дальнейшее использование метода сфер теряет смысл. Проекция линии пересечения строится значительно проще: находятся точки пересечения очерков поверхностей и попарно соединяются прямыми линиями крест-накрест. 5. Соединить полученные точки плавной кривой линией. 6. Выполнить обводку проекции поверхностей с учетом видимости.

**Пример 1.** Построение проекции линии пересечения конуса и цилиндра методом вспомогательных концентрических сфер (рис. 9). Характерные точки – 1 и 2 совпадают, с точками пересечения очерков поверхностей. Вначале вычертим вспомогательную сферу минимального радиуса с центром в точке  $O_2$ . Радиус сферы определим построением точки ее касания с конусом ( $A_2$ ), для чего из центра сферы проведем перпендикуляр к образующей конуса. Построив линии пересечения сферы с обеими поверхностями, находим их общую точку 3

Затем определяем сферу максимального радиуса  $R_{\max}$  и строим промежуточную сферу радиуса немного большего, чем минимальный и меньшего, чем максимальный радиус. Определяем, где данная сфера пересекла образующие конуса и цилиндра, проводим через эти точки прямые и находим общую точку 4

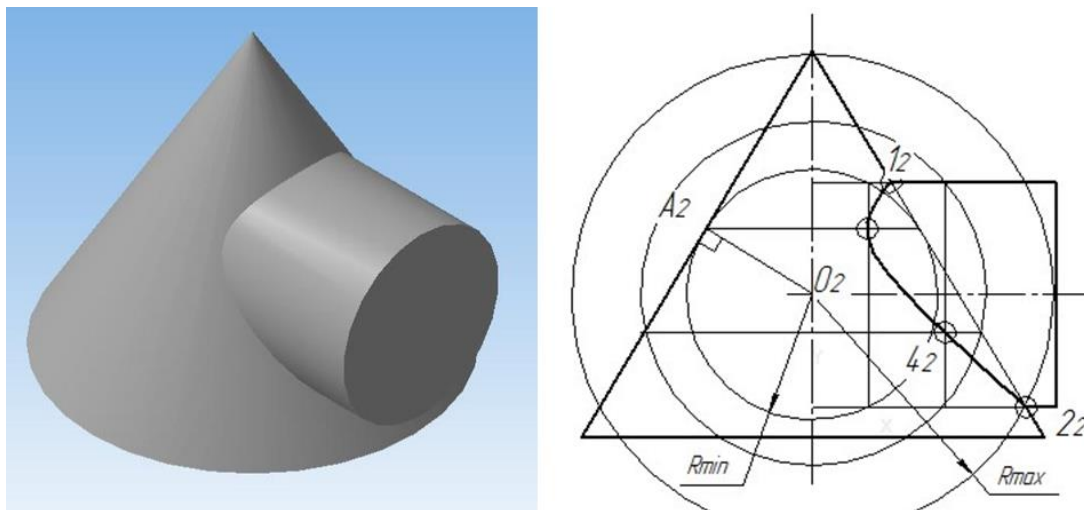


Рисунок 6 Использование метода вспомогательных концентрических сфер для построения линии пересечения поверхностей конуса и цилиндра

Для точности построения линии пересечения заданных поверхностей можно проводить несколько вспомогательных сфер. При этом все проекции линий пересечения вспомогательных сфер с заданными поверхностями образуют два семейства параллельных прямых, перпендикулярных соответствующим проекциям осей вращения поверхностей. Пересечение прямой линии одного семейства с соответствующей прямой линией другого семейства и дает нам искомые проекции точек, принадлежащих линии пересечения поверхностей.

**Пример 2.** Построение проекции линии пересечения поверхностей конуса и закрытого тора. Построение проводится аналогично описанному в предыдущей задаче, по тому же алгоритму. Отличие заключается лишь в вычерчивании вспомогательной сферы минимального радиуса. Точка касания поверхностей сферы и тора ( $A_2$ ) лежит на линии, проходящей через центры дуг окружностей, являющихся образующими данных поверхностей.

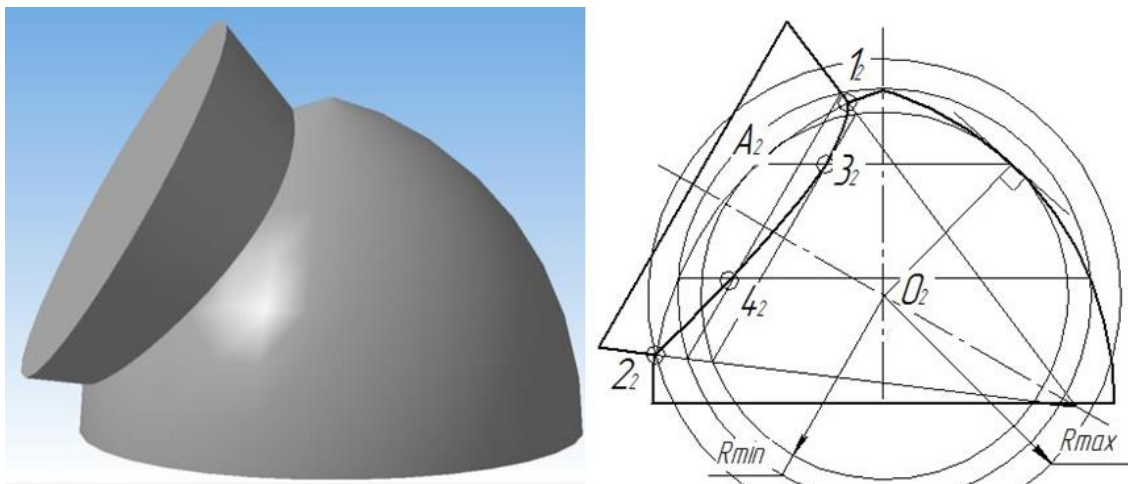


Рисунок 7 Использование метода вспомогательных концентрических сфер для построения линии пересечения поверхностей конуса и закрытого тора

**Пример 3.** Построение проекции линии пересечения двух усеченных конусов. Построив сферу минимального радиуса, мы обнаружили, что поверхности обоих конусов описаны вокруг этой сферы. Такой случай описывается теоремой Монжа, согласно которой линия пересечения поверхностей распадается на 2 плоские кривые. Строим линии касания обоих конусов со сферой минимального радиуса и находим проекцию их общих точек (32). Затем соединяем отрезками прямых точки пересечения очерков конусов 12 и 22 с точкой 32. Полученные отрезки прямых линий и есть проекция линии пересечения заданных поверхностей

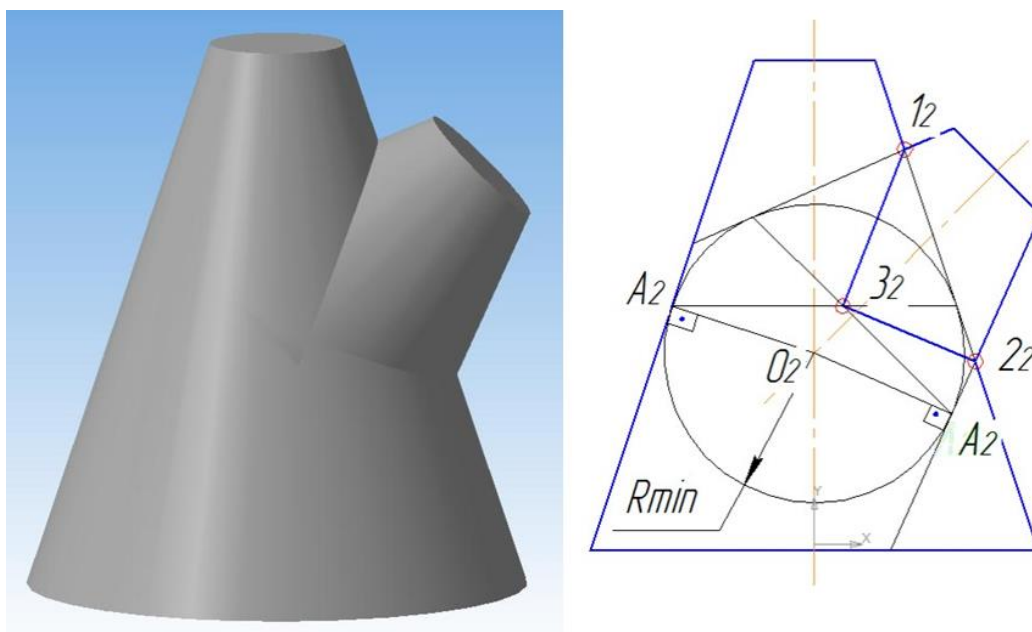


Рисунок 8 Построение проекции линии пересечения поверхностей вращения 2-го порядка, описанных вокруг общей сферы



## Примеры построения разверток поверхностей

На третьем листе курсовой работы требуется решить еще одну задачу на построение развертки указанной поверхности, совместив ее изображение с пересекающимися поверхностями. Для этого необходимо:

1. Изобразить на свободном месте эпюра поверхность Р, ограниченную построенной линией пересечения

2. Для построения приближенной развертки поверхности Р следует аппроксимировать линейчатую (цилиндрическую или коническую) поверхность гранной поверхностью (призматической или пирамидоидальной). Для учебной работы достаточно применить 12-гранную поверхность

3. На свободном месте провести линию: • вертикальную или горизонтальную прямую развернутого нормального сечения - для построения развертки цилиндрической поверхности. Длину линии можно посчитать по формуле  $2\pi R$  (где R - радиус цилиндра) или первоначально взять произвольную длину; • дугу окружности радиусом, равным длине образующей конуса L, - для построения развертки конической поверхности. Размер дуги можно также определить при помощи подсчета угла сектора по известной из стереометрии формуле:

$$\varphi = 360^\circ R/L$$

где R - радиус основания конуса, L - длина его образующей, или вначале провести дугу радиусом L произвольной величины.

4. Далее, в зависимости от выбранного способа построения линии развертки, или разделить ее на 12 равных отрезков – в случае фиксированной величины (длины окружности) линии, или на линии последовательно отложить 12 отрезков, равных ширине граней гранной поверхности.

5. Через каждый конец отрезка провести прямые линии: • перпендикулярно к исходной линии – для построения развертки цилиндрической поверхности; • к центру дуги - для построения развертки поверхности конуса.

6. На проведенных линиях необходимо последовательно отложить соответствующие длины каждого ребра построенной гранной поверхности. При построении развертки цилиндрической поверхности длины ребер каждой можно измерять непосредственно на поверхности цилиндра, аппроксимированного призмой, так как все они параллельны фронтальной плоскости проекций и, следовательно, проецируются на плоскость П2 в натуральную величину. Однако длины ребер пирамиды, аппроксимирующей коническую поверхность, за исключением боковых граней, не параллельны плоскости проекций. Поэтому необходимо определять их натуральную величину. Для этой цели наиболее удобно использовать метод вращения вокруг проецирующей прямой, в качестве которой следует использовать ось вращения конуса.

7. Соединить плавной кривой линией построенные точки (тип линии - сплошная основная). Провести ось симметрии развертки. Допустимо построить половину развертки. Обозначить развертку в соответствии с ГОСТ 2.109-68.

**Пример 1.** Построение развертки цилиндрической поверхности представлен на рис.12. Для развертки мы выбрали пример №1 (см. рис. 9) с построением линии взаимного пересечения конуса и цилиндра. Перенесем цилиндрическую поверхность до линии взаимного пересечения поверхностей на свободное поле чертежа и развернем ее основанием параллельно горизонтальной плоскости проекций. Дочертим основание цилиндра на горизонтальной плоскости. 1. Аппроксимируем поверхность цилиндра 12-гранной призмой. Построим проекции ребер призмы (точки 1, 2, 3, 4... — вершины ребер). Так как развертка состоит из двух симметричных частей, построим половину развертки. 2. Определим длину половины развертки по формуле  $\pi r$ , разделим на 6 равных частей (длина одной части равна  $a$ ). Отложим 6 отрезков на линии развернутого нормального сечения цилиндра (точки 1, 2, 3, 4...). 3. Через каждую полученную точку проведем линии, перпендикулярные линии развернутого нормального сечения и отложим на

них высоты соответствующих ребер. 4. Перенесем дополнительные точки ( $A_2$  и  $B_2$ ) с построенной линии пересечения первого примера для построения более плавной кривой. Определим их местоположение на развертке, отложив соответственно расстояния  $b$  и  $c$ )

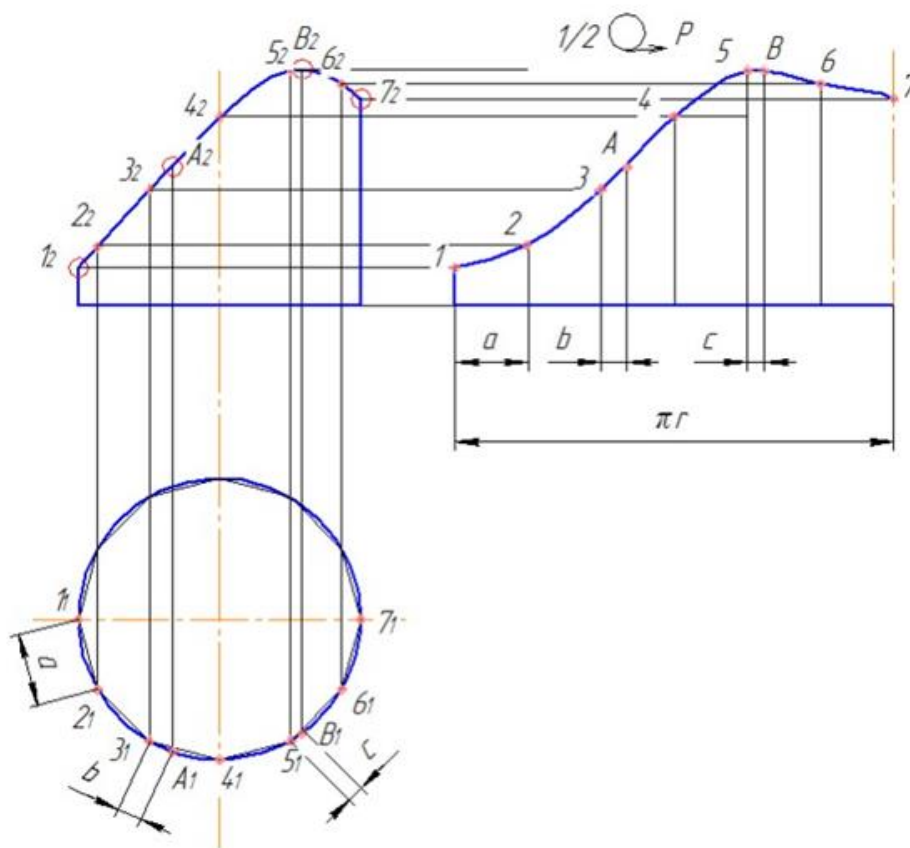


Рисунок 9 Построение развертки цилиндрической поверхности

5. Соединим плавной линией полученные точки. Обозначим развертку поверхности в соответствии с ГОСТ 2.109-68.

### Пример 2. Построение развертки конической поверхности

1. Начертим отдельно на свободном поле чертежа фронтальную проекцию части конуса (рис. 13), ограниченной линией пересечения и основанием. Пристроим к основанию половину горизонтальной проекции конуса.

2. Приближенную развертку прямого кругового конуса строим способом нормального сечения. Аппроксимируем поверхность конуса вписанной в него 12-гранной пирамидой. Впишем в основание конуса правильный 12-угольник. Через вершины многоугольника проводим ребра

пирамиды.

3. Развертка прямого кругового конуса – часть кругового сектора, радиус которого равен величине очерковой образующей конуса  $S1$  или  $S8$ . Очерковые образующие  $S1$  и  $S8$  проецируются в натуральную величину на фронтальную плоскость проекций, так как являются фронтальными прямыми.

На дуге сектора последовательно откладываем 12 отрезков, равных ширине граней пирамиды, измеренных на горизонтальной проекции – расстояние  $11\ 21=21\ 31$  и т.д. В связи с тем, что полученная фигура развертываемой поверхности симметрична, строим ее половину. Для построения половины развертки достаточно отложить 6 отрезков.

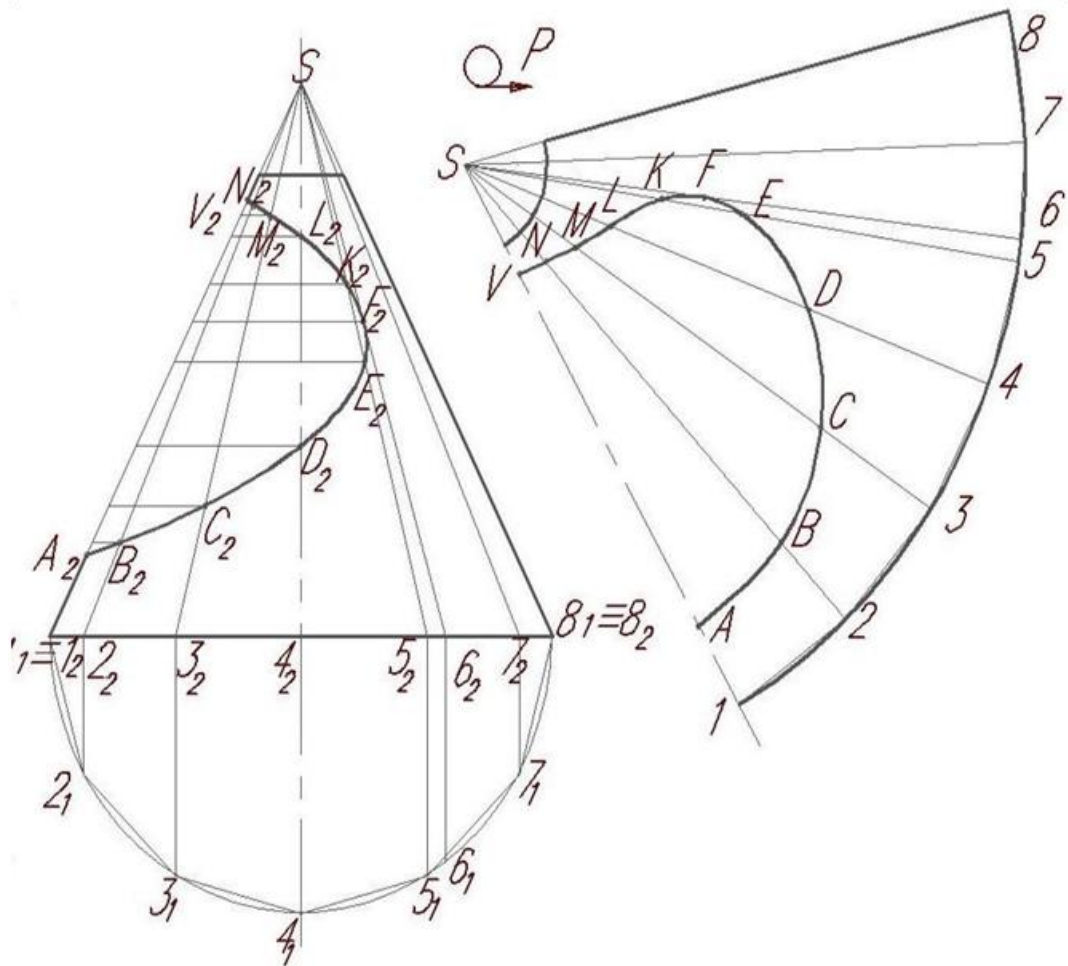


Рисунок 10 Построение развертки прямого кругового конуса 26

4. Длины ребер пирамиды, аппроксимирующей коническую поверхность, за исключением боковых ребер, не параллельны плоскостям проекций. Поэтому необходимо определить их натуральные величины.

Натуральную величину каждой образующей SB, SC, SD, SE и т.д. определим способом вращения вокруг оси конуса, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций.

5. Построенные точки A, B, C, D, E, F, K, L, M, N, V соединим плавной кривой линией, обведем основной сплошной линией контур развертки, нижнее основание, проведем ось симметрии развертки штрихпунктирной тонкой линией. Обозначим развертку поверхности в соответствии с ГОСТ 2.109-68

## Глава 2 - Практическая часть

### *ЗАДАНИЕ 1 Линия пересечений поверхностей 2 порядка*

Линию пересечения поверхностей строят при помощи вспомогательных секущих поверхностей. При этом данные поверхности пересекаются вспомогательной поверхностью. Определяются линии пересечения каждой из данных поверхностей со вспомогательной. Если эти линии пересекаются, то полученные точки пересечения принадлежат обоим данным поверхностям и, следовательно, их линии пересечения.

Вспомогательные поверхности, пересекаясь с данными, должны давать графически простые линии, которые проецировались бы на плоскости проекций в виде прямых и окружностей. Поэтому в качестве вспомогательных поверхностей используют плоскости и сферы.

Опорные точки определяются особыми способами, в каждом примере своим, но чаще всего без дополнительных построений.

Иногда линии пересечения поверхностей второго порядка можно построить сразу, используя теорему Монжа.

Теорема Монжа. Если две поверхности второго порядка описаны около третьей или вписаны в нее, то они пересекаются по двум плоским кривым, плоскости которых проходят через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания

### *ЗАДАНИЕ 2 Линии среза*

В этом задании строятся линии перехода поверхности вращения во вспомогательные поверхности вращения. Эти линии перпендикулярны осям поверхности вращения рассматриваемой детали. Для упрощения необходимо достроить вспомогательные секущие плоскости и разрезы

Искомые профильные проекции точек лежат на пересечении окружности со следами параллельных плоскостей

## Задание 1.1 – Пересечение поверхностей второго порядка

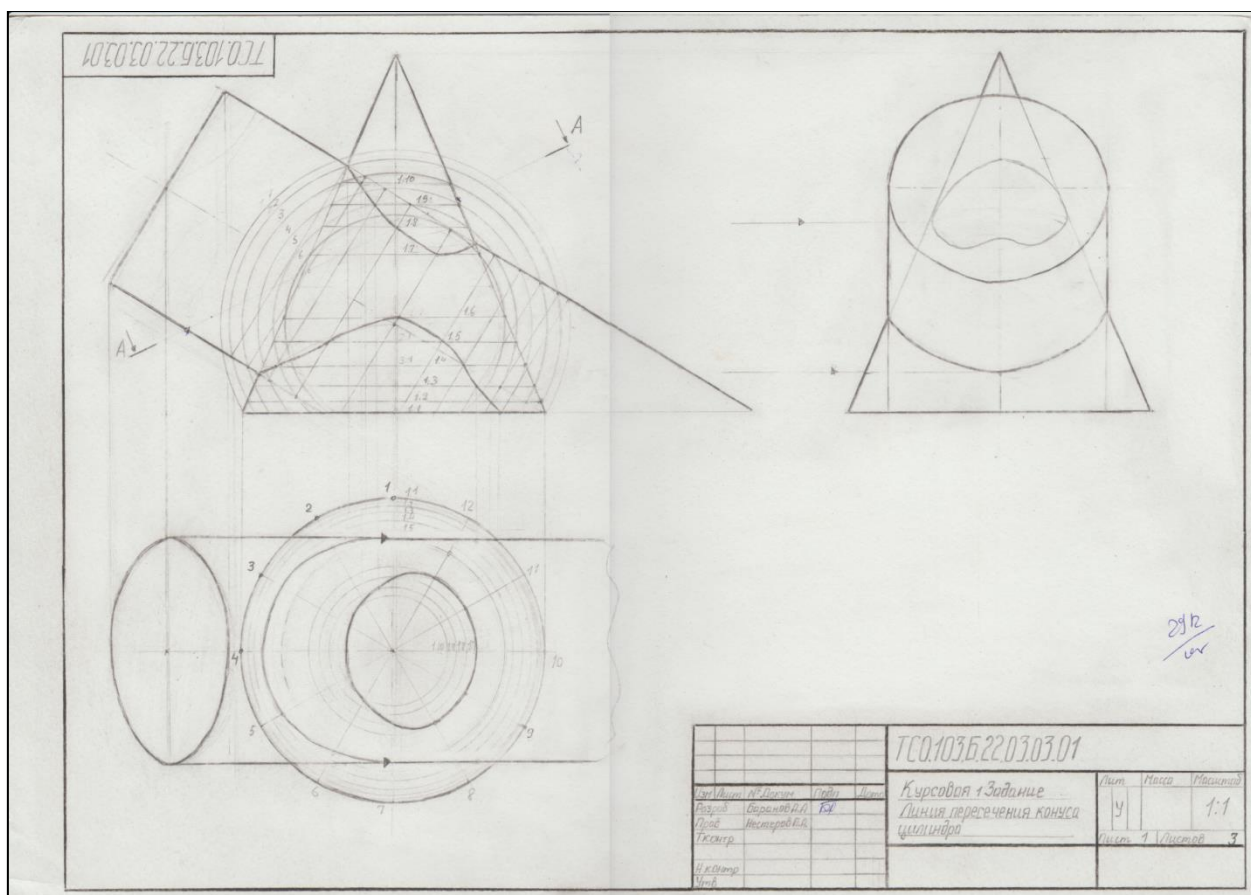


Рисунок 11 Построение линий пересечения цилиндра и конуса

### Решение:

Построим линию пересечения поверхностей конуса и цилиндра с помощью вспомогательных шаровых сечений. Этот способ решения справедлив, так как в рассматриваемой задаче все оси вращения тел вращения перпендикулярны проецирующей оси. Поэтому строить секущие сферы достаточно из одной точки. Построим при помощи 6 вспомогательных секущих сфер радиусом крайних  $R_{\max}$  и  $R_{\min}$  58мм 32мм соответственно. Но чем больше вспомогательных секущих сфер, тем больше точность и больше точек встречи

Точки встречи определяется на пересечении вспомогательной секущей сферы и поверхности вращения. Строить будем сначала во фронтальной проекции. Как видно эти линии при соединении перпендикулярны оси вращения детали вращения. Пересечение двух этих линий есть общая точка встречи поверхностей деталей при этом находится точка встречи в одной из

проекции

Строим Сферы 1, 2, 3, 4, 5, 6. В результате получено 10 уровней линий пересечения с осями линий конуса. На этих уровнях будут симметрично зеркально отображены линия пересечений конуса – цилиндра

В горизонтальной проекции восстанавливаем точки способом достраивания концентрических направляющих плоскостей окружностей, столько, сколько линий уровня построены на конусе во фронтальной проекции. В данном случае 10 концентрических окружностей на конусе образуют 10 линий уровня во фронтальной проекции

Добавим вспомогательное построение: секущую плоскость  $A - A$ . Которая проходит особенно через пересечение осевой линии конуса и линии пересечения конуса – цилиндра. На разрезе в этой точке будут пересекаться линии пересечения по эллипсам. Так как конус рассекаемый плоскостью такого положения как  $A - A$  как известно проецируется эллипсом в натуральную величину. Тем же самым эллипсом является сечение



## Задание 1.2 – Развертка конуса

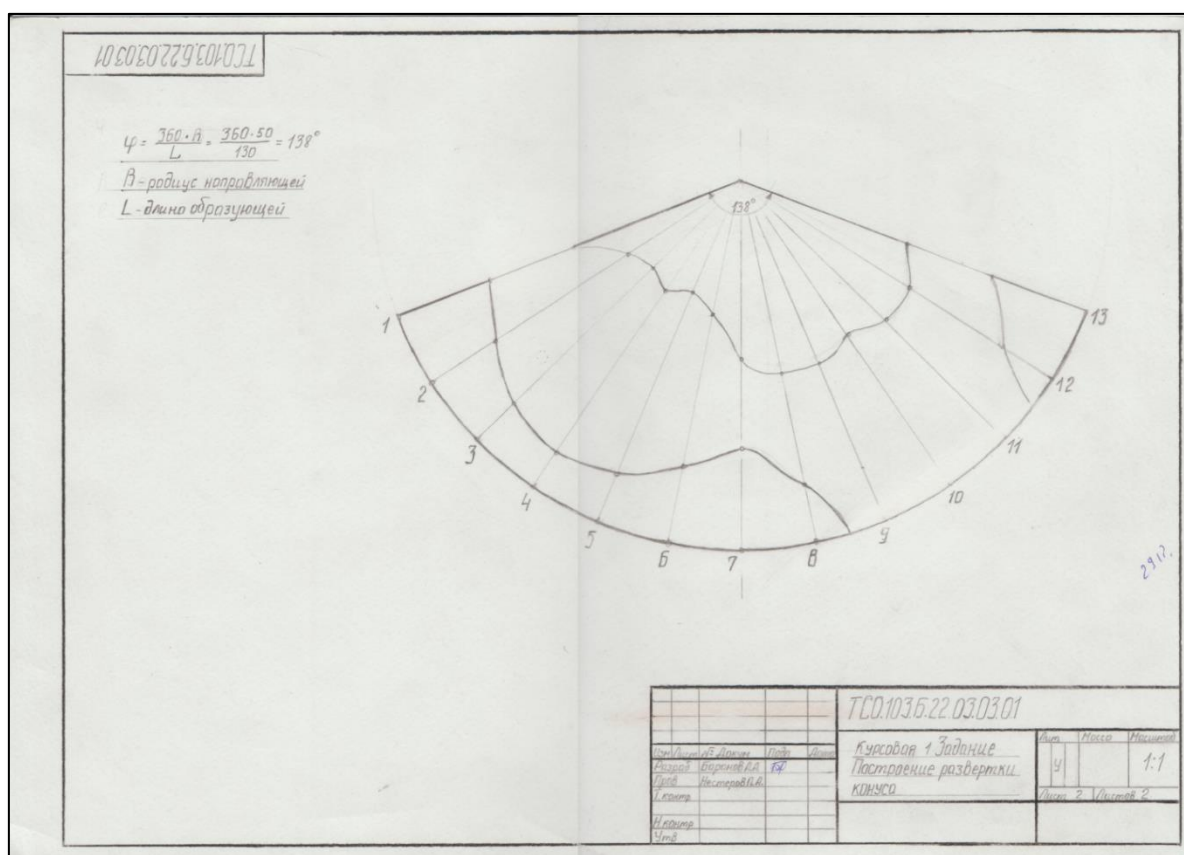


Рисунок 12 Построение развертки с линией пересечения

### Решение:

**Развертка** боковой поверхности конуса вращения – круговой сектор с углом  $\alpha = R \cdot 360/L$ , где  $R$  – радиус основания конуса вращения,  $L$  – длина образующей (она же – радиус кругового сектора развертки)

$$\alpha = R \cdot 360/L = (50 \cdot 360)/130 = 138^\circ$$

Этот сектор под углом  $138^\circ$  и радиусом  $L = 80$  мм можно построить с достаточной для практических целей точностью следующим образом. Основание конуса делится на 12 частей, и по частям отмечают его на дуге окружности радиусом  $L$ . На развертке образующих конуса отмеряется размер во фронтальной проекции на контурной образующей до пересечения с линией уровня, здесь на конусе 10 линией уровня как было указано. Дистраивается кривая линия пересечения конуса на развертке и получается линия пересечения поверхностей в развернутом виде построена на развертке конуса

### Задание 1.3 – Построение сечения

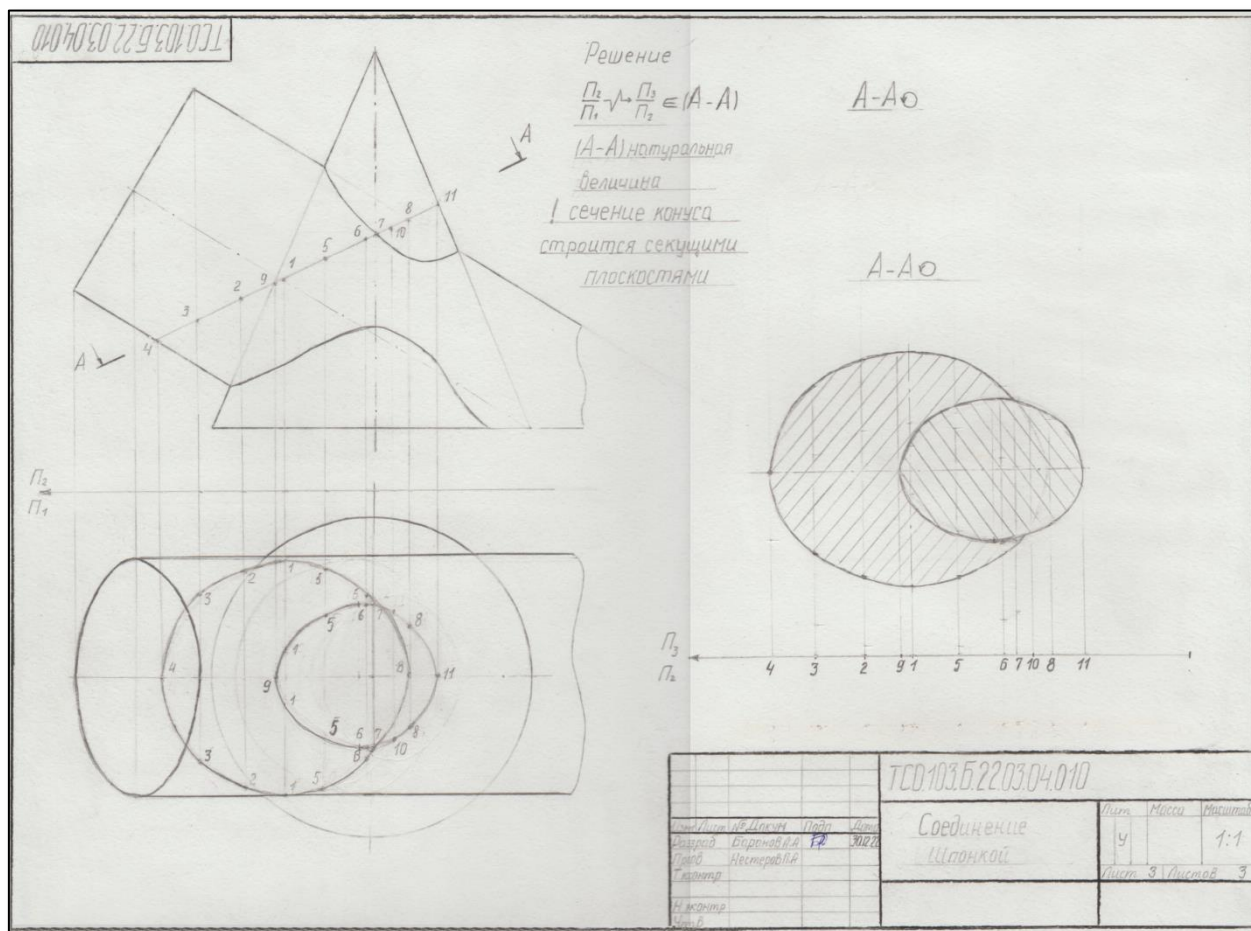


Рисунок 13 Построение сечения цилиндра и конуса

Добавим вспомогательное построение: секущую плоскость  $A - A$ . Которая проходит особенно через пересечение осевой линии конуса и линии пересечения конуса – цилиндра. На разрезе в этой точке будут пересекаться линии пересечения по эллипсам. Так как конус рассекаемый плоскостью такого положения как  $A - A$  как известно проецируется эллипсом в натуральную величину. Тем же самым эллипсом является сечение цилиндра рассекаемым той же плоскостью  $A - A$

Заменяем плоскость проекции  $P_1/P_2$  на  $P_2/P_3$  переносим в свободное поле чертежа, размеры отступают от проецирующих осей, контроль отступов производится реальным измерительным инструментом. Плоскость  $P_2/P_3$  заменяется

## Задание 2.1 - Линии среза

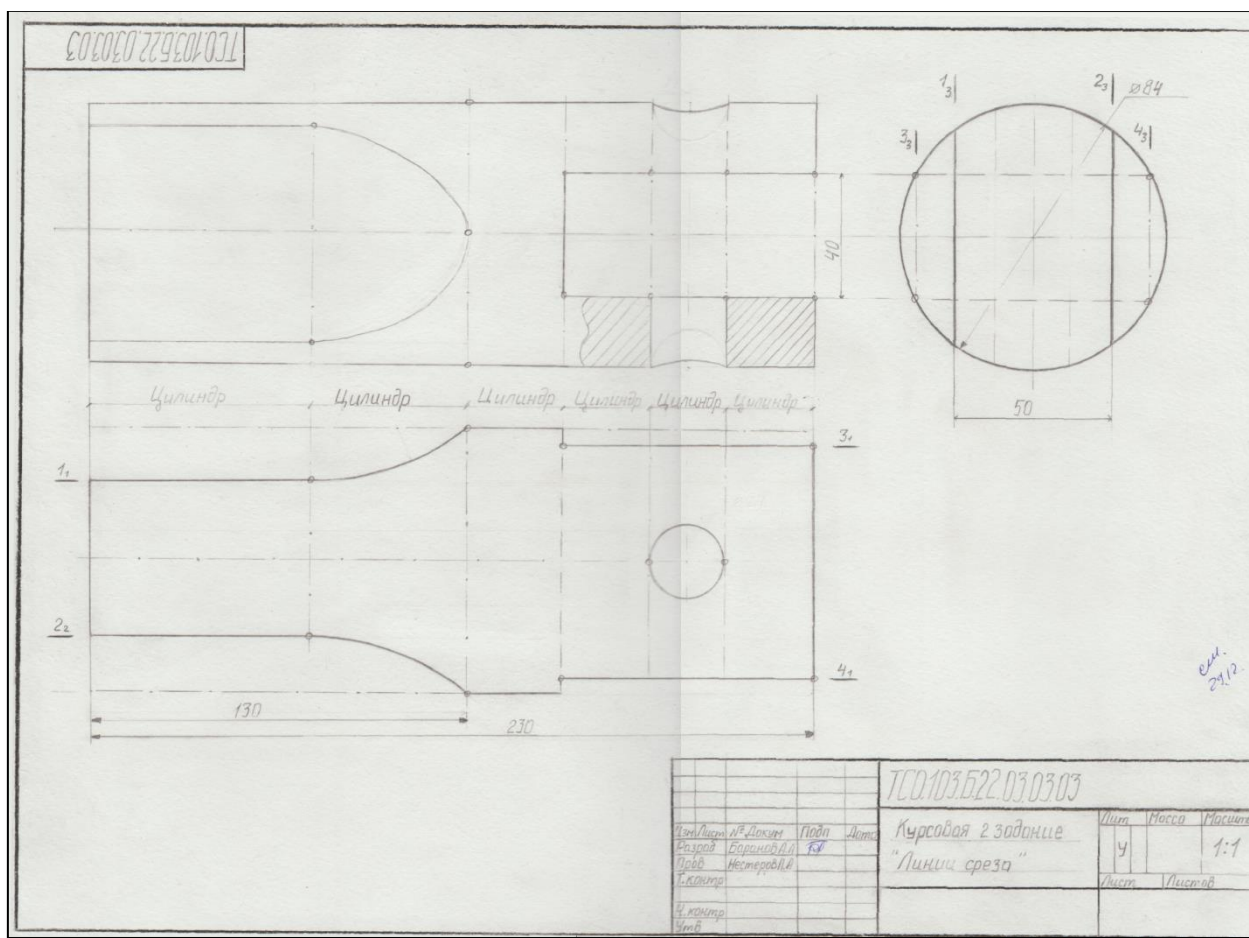


Рисунок 14 Исходные данные линии среза

Решение:

В детали представленной на рисунке 2 выделяют мысленно следующие поверхности вращения. Цилиндр усеченный радиусом 42 мм длиной 70 мм согласно построению на чертеже (приложение б). Тор с внутренним радиусом 80 мм, далее цилиндр диаметром 84 мм длиной 29 мм. Далее цилиндр усеченный пропилом с тем же диаметром длиной 80 мм

Для нахождения промежуточных точек линии «среза» на главном виде используют вспомогательные плоскости, перпендикулярные к оси вращения

Построенные точки переносятся на профильную проекцию ПЗ

## **Заключение**

В ходе выполнения курсовой работы были освоены и изучены основные методы геометрических построений с поверхностями вращения. Были начерчены линии пересечения двух поверхностей второго порядка, построены развёртки, построены сечения в натуральную величину, построены линии среза

Полученные навыки формируют пространственный навык восприятия геометрии на плоскости, в особенности геометрии тел вращения

### **Список используемых источников**

1. Бубенников А. В. Начертательная геометрия. - М., 1985.
2. Гордон В. О., Семенцов-Огиевский М.А. Курс начертательной геометрии. - М., 1998.
3. Гордон В. О., Иванов Ю.Б., Солнцева Т.Е. Сборник задач по начертательной геометрии. - М., 2002.
4. Инженерная и компьютерная графика / Э.Т. Романычева, А. К. Иванова, А. С. Куликов и др. - М., 1996.
5. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. - М., 1998.
6. Локтев О. В. Краткий курс начертательной геометрии. - М., 2001.
7. Потемкин А. В. Инженерная графика. Просто и доступно. - М., 2000.
8. Чекмарев А. А. Инженерная графика. - М., 2002.
9. Чекмарев А.А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению - М., 2002.
10. Чекмарев А.А. Задачи по инженерной графике: учебное пособие для студ. тех. спец. вузов - М., 2003.

### **Приложение**

- А – «Курсовая 1 Задание» Линия пересечения конуса - цилиндра А3 1 лист
- А - «Курсовая 1 Задание» Построение сечения - цилиндра А3 1 лист
- А - «Курсовая 1 Задание» Линия пересечения конуса - цилиндра А3 1 лист
- Б – «Курсовая 2 Задание Линии среза» А3 1 лист