

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра "Инженерная графика машиностроительного профиля"

72

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

**Методические указания
по выполнению контрольной работы
для студентов-заочников машиностроительных специальностей**

Издание 2-е

М и н с к 1 9 9 8

УДК 515 (176.1)

Настоящие методические указания являются дополнением к общим методическим указаниям и контрольным заданиям для студентов-заочников. Их цель — предупредить типовые ошибки, допускаемые студентами-заочниками при выполнении контрольной работы.

В указаниях даются требования к оформлению работ, рассмотрены решения типовых задач, указаны страницы в рекомендованных программой литературных источниках, где находится соответствующий материал, даны образцы оформления заданий, задачи для подготовки к экзамену.

Составили:

Д. С. Шабека, В. В. Бурейко,
А. А. Врубель, И. В. Вендиков

Рецензенты:

П. Н. Чернявский, А. А. Лоптев

© Шабека Д.С., Бурейко В.В.,
Врубель А.А., Вендиков И.В.,
составление, 1998

ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Все чертежи выполняются в карандаше на чертежной бумаге формата А3 (297x420). Первая страница (титульный лист) каждой контрольной работы должна соответствовать форме (рис.3). Форматы чертежа оформляются по образцу (рис.1), а основная надпись для них по образцу (рис.2). Линии, надписи на чертежах, оформление пояснительной записки и порядок представления контрольных работ должны соответствовать требованиям [1].

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № I

Лист I, задача I

Л и т е р а т у р а: [1], с. 7-9; [2], с. 92 - 96, 122 - 123; [3], с. 52 - 53, 55 - 56, 86 - 87; [4], с. 77-78, 143 - 144.

Образец оформления дан на рис. 4.

Заданные треугольники представляют собой две пересекающиеся плоскости. Линия их пересечения строится по двум точкам, каждая из которых есть результат пересечения прямой, принадлежащей одной плоскости, с другой плоскостью.

Для лучшего понимания рассмотрим отдельные элементы решения этой задачи на наглядных изображениях и на чертежах. На рис. 5 (наглядное изображение) плоскости ABC и DEF пересекаются по прямой KT, которая строится по двум точкам: точке K, являющейся точкой пересечения прямой DE с плоскостью ABC, и точке T - точке пересечения прямой DF с плоскостью ABC.

Для того, чтобы построить точку пересечения прямой DE с плоскостью ABC, надо через прямую DE провести плоскость - по - срединку M (см.наглядное изображение на рис.6). Затем следует построить линию пересечения I-2 заданной плоскости ABC с плоскостью-посредником M. Точка T, полученная в результате пересечения линий DE и I-2, есть искомая. Решение такой же задачи на построение точки пересечения прямой и плоскости, выполненное на чертеже, дано на рис.7, где через прямую DE проведена фронтально-проецирующая плоскость-посредник, заданная фронтальным следом M_v . Видимость

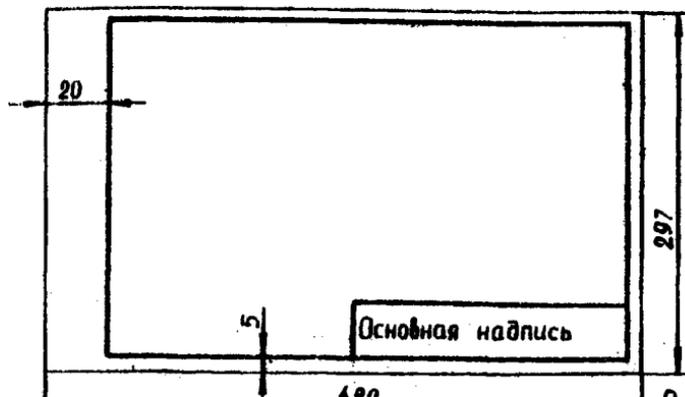


Рис. 1

35	35	50	
Начертательная геометрия			
БГПА	Контрольная работа		
Чертил	Петров	Стаж -	20.X.88
Рецензент			АТ-85-763

150

Рис. 2

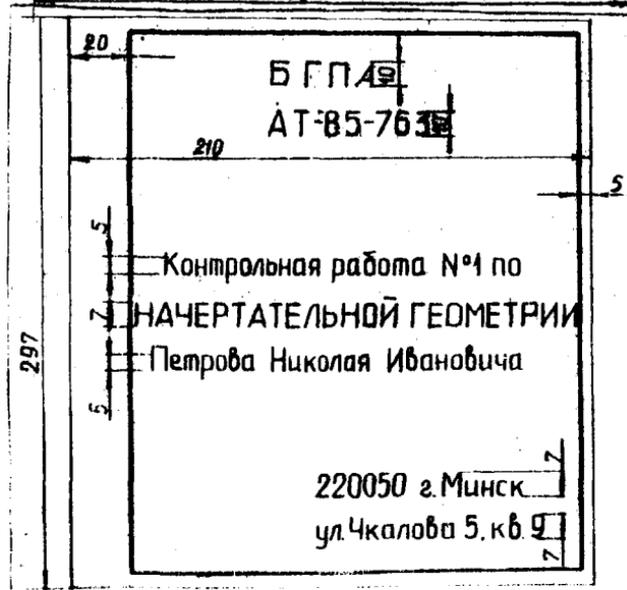
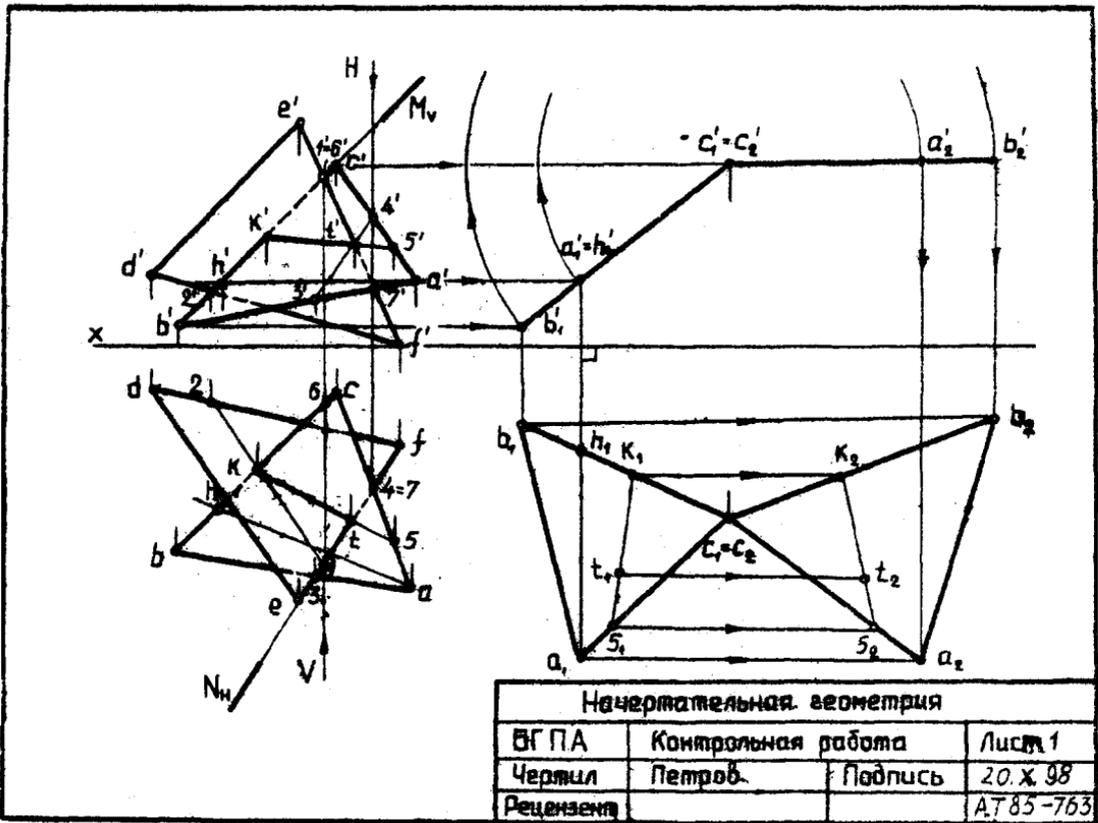


Рис. 3



Начертательная геометрия			
ВГПА	Контрольная работа	Лист 1	
Чертил	Петров	Подпись	20.X.98
Рецензент			АТ 85-763

Рис. 4

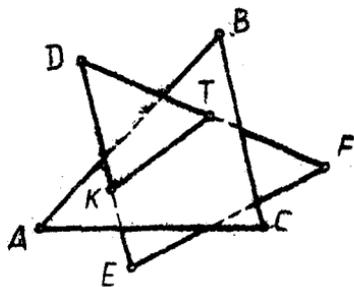


Рис. 5

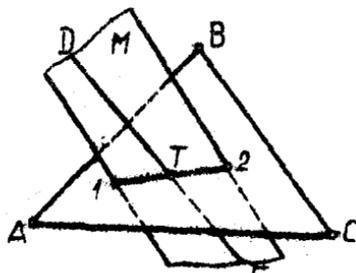


Рис. 6

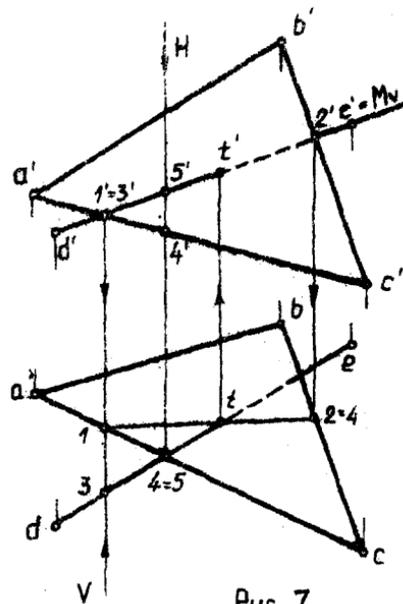


Рис. 7

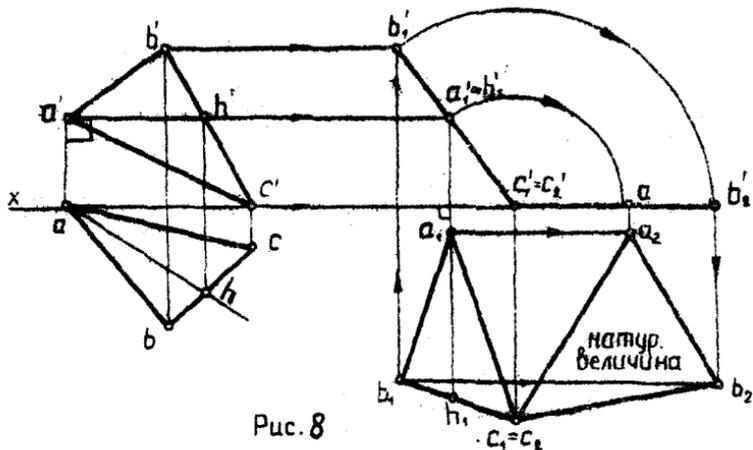


Рис. 8

проекция DE ($de; d'e'$, рис.7) определяется с помощью конкурирующих точек. На фронтальной проекции конкурирующими точками выбраны 1 и 3. Из расположения их горизонтальных проекций (3 ниже 1) видно, что прямая DE , которой принадлежит точка 3, расположена перед AC , поэтому линия $d'e'$ до t' будет видимой, а после t' - невидимой, так как точка T является границей видимости прямой DE . С помощью горизонтально-конкурирующих точек 4 и 5 аналогично определяют видимость DE на горизонтальной проекции. Стрелки с индексом H или V указывают проекцию взгляда на соответствующую плоскость проекций H или V .

Относительная видимость проекций треугольников ABC и DEF на рис.4 определяется: на фронтальной проекции по фронтально-конкурирующим точкам 1 и 6, принадлежащим соответственно EF и BC ; на горизонтальной проекции - по горизонтально-конкурирующим точкам 4 и 7, принадлежащим AC и EF .

Чтобы определить натуральную величину треугольника ABC , необходимо преобразовать проекции (чертеж) так, чтобы плоскость общего положения ABC сначала заняла проецирующее положение, а затем положение уровня. Для преобразования чертежа по условию задачи надо использовать метод плоскопараллельного перемещения, в соответствии с которым меняется положение проекций относительно неподвижной оси (в данном случае оси X), рис.8.

Плоскость займет проецирующее положение в том случае, если линия уровня этой плоскости будет перпендикулярна плоскости проекций. На рис.8 такой линией уровня плоскости ABC есть горизонталь AH ($a'h', ah$). Перенесем горизонтальную проекцию треугольника ABC в новое положение a_1, b_1, c_1 , так, чтобы горизонтальная проекция горизонтали a_1h_1 заняла вертикальное положение ($a_1h_1 \perp X$), при этом следует учесть, что форма и размеры проекции при переносе не меняются, не допускается также "зеркальное" расположение треугольника a_1, b_1, c_1 относительно горизонтальной проекции горизонтали a_1h_1 .

При перемещении горизонтальной проекции треугольника в положение a_1, b_1, c_1 фронтальные проекции вершин будут перемещаться по горизонтальным линиям ($//$ оси X), а пересечение этих прямых с соответствующими вертикальными линиями связи, проведенными от новых горизонтальных проекций этих вершин, даст новую фронтальную про-

экиву треугольника $-a', b', c'$, которая вырождается в прямую линию, то есть плоскость ABC заняла фронтально-проецирующее положение.

Вторым преобразованием следует перевести плоскость ABC из проецирующего положения в положение уровня. Для этого проециро a', b', c' следует расположить горизонтально ($a', b', c' // \text{оси } X$), в данном случае поворотом вокруг проецирующей оси, совпадающей с точкой C (c'). Тогда фронтальная проекция займет положение $a_2' b_2' c_2' (c_1' = c_2')$. Горизонтальные проекции вершин a_1, b_1 при этом переместятся по горизонтальным линиям. Пересечение этих линий с вертикальными линиями связи, проведенными из $a_2' b_2'$, даст новое положение горизонтальных проекций точек $- a_2, b_2, c_2 = c_1$. Проекция $a_2 b_2 c_2$ равна натуральной величине треугольника ABC. На рис. 4 при решении аналогичной задачи в новое положение переносится также линия пересечения $k_1 t_1$ вместе со вспомогательной точкой B, а затем и в положение $a_2 b_2 c_2$, то есть на натуральную величину треугольника ABC.

Лист 2, задача 2

Л и т е р а т у р а: [1], с. 9; [2], с. 99-103;
[3], с. 58 - 60; [4], с. 114 - 117.

Образец оформления листа дан на рис. 9.

Главным этапом решения этой задачи является построение ребра пирамиды AS.

В соответствии с условием задачи ребро AS перпендикулярно плоскости основания пирамиды ABC. Значит, в данном случае надо из вершины A треугольника ABC восстановить перпендикуляр и на нем отложить отрезок заданной длины, равный высоте пирамиды.

Для лучшего понимания вопроса рассмотрим элементы решения задачи 2 на отдельных чертежах (рис. 10; 11).

Известно, что для построения прямой, перпендикулярной плоскости общего положения, в этой плоскости необходимо построить горизонталь и фронталь, так как если прямая перпендикулярна плоскости, то на чертеже фронтальная проекция перпендикуляра перпендикулярна фронтальной проекции фронтали плоскости, а горизонтальная проекция перпендикуляра перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтальной плоскости.

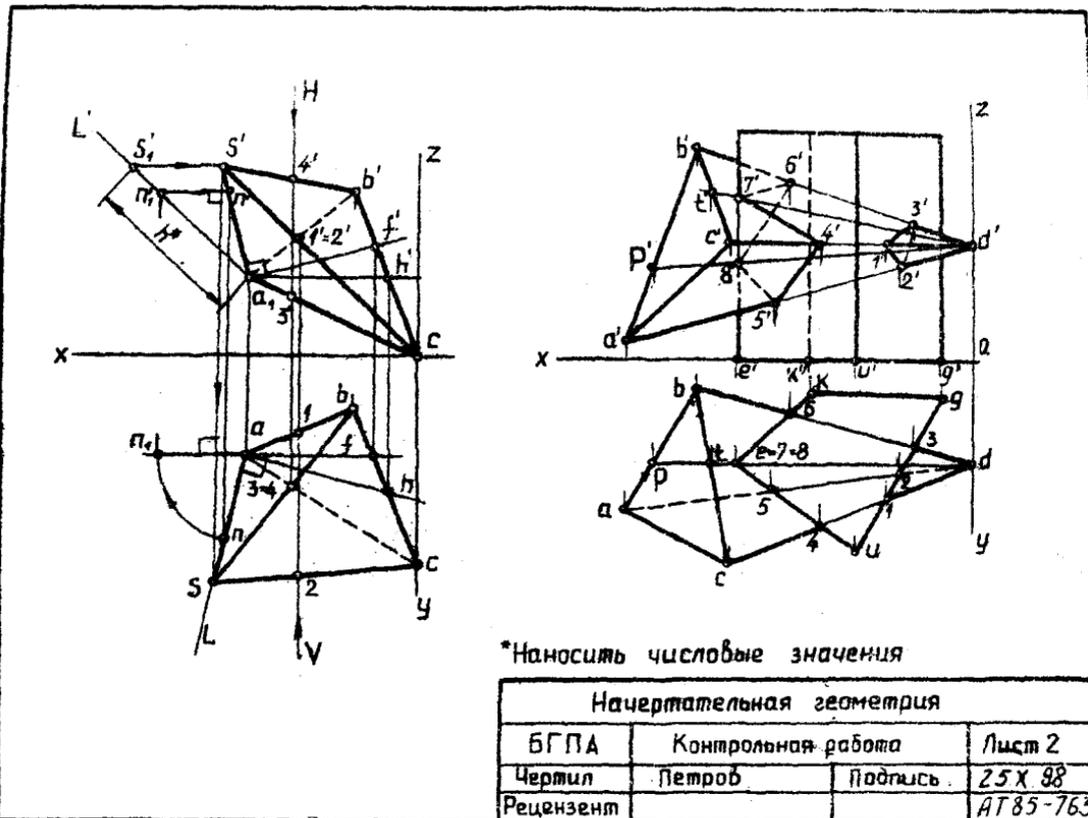


Рис. 9

В заданном треугольнике ABC фронталь или горизонталь иногда помещаются на чертеже, как, например, на рис. 10, где сторона AB является фронтальной плоскости, и поэтому в данном случае надо построить только горизонталь AN ($a'h', ah$).

На рис. 9 (см. образец) в треугольнике ABC построена горизонталь AN ($a'h', ah$), фронтальная проекция которой параллельна оси X , то есть для проведения горизонтали использована вершина A ($a'a$) и точка $N(h'h)$ на стороне BC . Фронталь AF строим также через вершину A и точку $F(f'f)$ на стороне BC , только у фронтали горизонтальная проекция параллельна оси X . Далее через точку A ($a'a$) проводим проекции перпендикуляра $(l'l')$, где l' перпендикулярна $a'f'$, а l — перпендикулярна ah . Так как прямая занимает общее положение, то проекции ее отрезков не являются натуральными величинами, поэтому ни на одной из проекций нельзя отложить заданную числовую величину высоты пирамиды. Для определения натуральной величины отрезка перпендикуляра AN на этой прямой надо задать произвольную точку $N'(n'n)$, а затем определить натуральную величину отрезка AN' .

На рис. 10 показано определение натуральной величины отрезка AN' методом прямоугольного треугольника. В треугольнике $an'n_0$ один катет — это горизонтальная проекция an , другой катет $n'n_0$ — это отрезок, равный разности высот точек A и N' ($Z_A - Z_{N'ax}$). Гипотенуза n_0a есть натуральная величина отрезка AN' , на которой следует отложить заданную числовую величину высоты пирамиды (H^*) и получить точку S_0 . Пропорциональным делением ($noa // S_0s$) определяют горизонтальную проекцию точки S , а затем, проводя вертикальную линию связи, определяют и фронтальную проекцию S' .

На рис. 9 и II натуральная величина отрезка перпендикуляра определена способом вращения вокруг горизонтально-проецирующей оси, проходящей через точку A . При вращении горизонтальная проекция точки n перемещается в положение n_1 , так чтобы прямая an_1 заняла горизонтальное положение; тогда фронтальная проекция точки n' переместится в положение n'_1 . Отрезок $a'n'_1$ есть натуральная величина, на которой надо отложить заданную числовую величину высоты пирамиды H^* . Затем пропорциональным делением, то есть перемещением S'_1 по горизонтальной линии параллельно $n_1n'_1$ до пересечения с $a_1n'_1$, определяют фронтальную проекцию вершины пирамиды S'_1 .

проведа вертикальную линию связи, определяет горизонтальную проекцию точки S .

Заключительным этапом решения задачи является соединение вершины пирамиды S (s', s'') с вершинами основания ABC ($a'b'c'$, $a''b''c''$) и определение видимости ребер пирамиды на проекциях способом конкурирующих точек.

Лист 2, задача 3

Л и т е р а т у р а: [1], с. 9 – 10; [2], с. 156 – 162; [3], с. 117 – 119; [4], с. 94 – 96, 102.

Для построения линии пересечения двух многогранников надо построить точки пересечения ребер одного многогранника (пирамиды) с гранями второго (призмы) и наоборот. Полученные точки, принадлежащие обоим многогранникам, надо соединить с учетом принадлежности пары точек одной грани и видимости линий.

В данной задаче призма занимает горизонтально-проецирующее положение, поэтому горизонтальная проекция линии пересечения на чертеже есть, так как она совпадает с вырожденной проекцией призмы. Точки пересечения ребер пирамиды с гранями призмы надо обозначить на горизонтальной проекции (1-2-3-4-5-6, рис. 9) и определить их фронтальные проекции, как показано на рис. 12, то есть многократно решить задачу на пересечение прямой общего положения с проецирующей плоскостью (гранью призмы).

В данной задаче только одно ребро призмы E ($e'e''$) пересекается с двумя гранями пирамиды ABD и BCD в точках 7 и 8, то есть решается задача на пересечение горизонтально-проецирующей прямой с плоскостью общего положения. На рис. 13 дано решение такой задачи, где горизонтальная проекция точки пересечения 7 совпадает с вырожденной проекцией ребра E ($e''=7''$). Фронтальную проекцию этой точки ($7'$) определяют из условий ее принадлежности плоскости ABD , так как известно, что точка пересечения прямой и плоскости принадлежит и прямой и плоскости. Для этого проводят через точку 7 в плоскости ABD линию $d'p$ (dp', dp'') и на пересечении $d'p'$ и e' определяют фронтальную проекцию искомой точки – $7'$.

Соединение построенных точек линии пересечения требует анализа задачи, который показывает, что на рис. 9 линия пересечения состоит из двух замкнутых участков, один из которых 1-2-3 пред-

составляет собой плоский треугольник, так как принадлежит одной грани GU . Второй участок линии - это пространственная ломаная 4-5-6-7-8. Соединить можно следующие пары точек, принадлежащие одновременно граням пирамиды и призмы: прямая 4-5 принадлежит граням AQD и EU ; 4-7 - граням BQD и EU ; 7-6 - граням BQD и EK ; 6-8 - граням ABD и EK ; 8-5 - граням ABD и E . Видимыми на фронтальной проекции будут только те участки линии пересечения, которые принадлежат видимым граням призмы и пирамиды одновременно. Относительную видимость призмы и пирамиды определяют по фронтально-конкурирующим точкам.

Лист 3, задача 4

Л и т е р а т у р а : [1] ; с. II - 12; [2], с. 167 - 169;
[3], с. 125, 127.

Образец оформления листа дан на рис. 15.

Развертка поверхности - это фигура, полученная при совмещении поверхности с плоскостью. Построение развертки призмы ясно из методических указаний [1], с. II, рис. 3.

Для построения развертки пирамиды (рис. 15) необходимо определить натуральные величины всех ребер пирамиды, в том числе ребер основания, с учетом расположенных на них точек, принадлежащих линии пересечения. Кроме того надо определить натуральную величину образующих TD и RD , принадлежащих граням пирамиды DBC и DBA , на которых расположены точки линии пересечения 7 и 8.

Для определения натуральных величин ребер можно использовать любой известный метод определения натуральной величины отрезка или отсека плоскости - треугольника. На рис. 14 натуральные величины боковых ребер пирамиды определены методом вращения вокруг проецирующей оси, проведенной через вершину пирамиды D . Фронтальные проекции ребер AD и BD ($a'd'$ и $b'd'$) с точками 2-5-3-6, а также образующие TD и RD ($t'd'$ и $r'd'$) с точками 7-8 вращают до совмещения с горизонтальной линией. Ребро CD с точками 1 и 4 занимает частное положение ($c'd' \parallel ocyx$), поэтому его натуральная величина есть на горизонтальной проекции (cd). Горизонтальные проекции точек (a, b, t, u и 2-3-5-6-7-8) определяют на пересечении вертикальных линий связи, проведенных от a', b', t', u' и

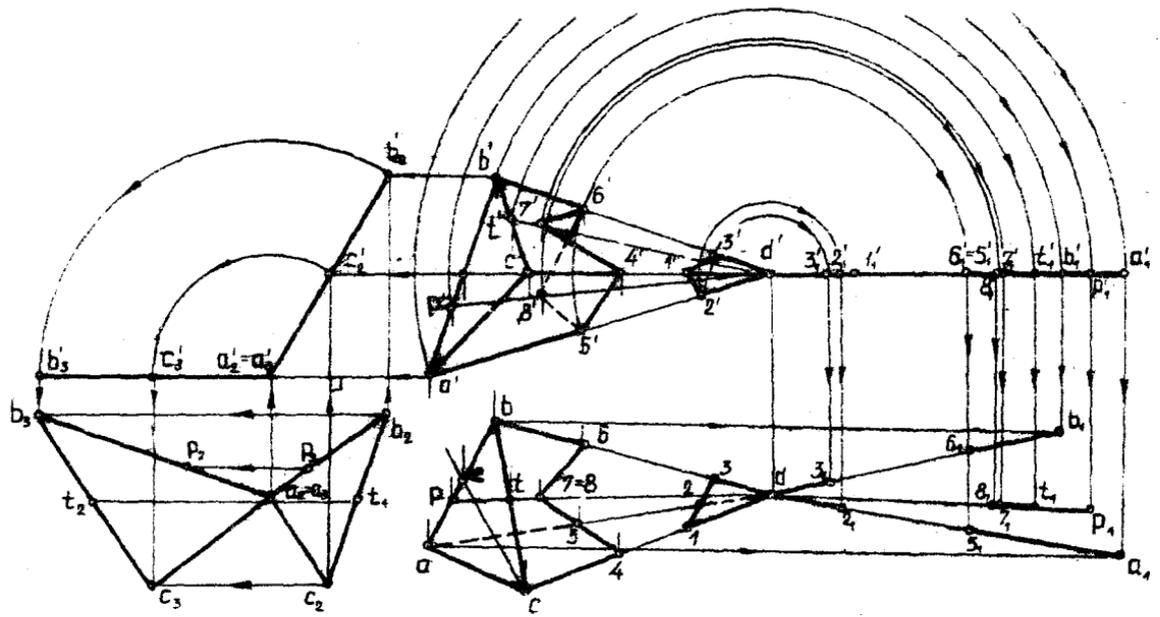


Рис. 14

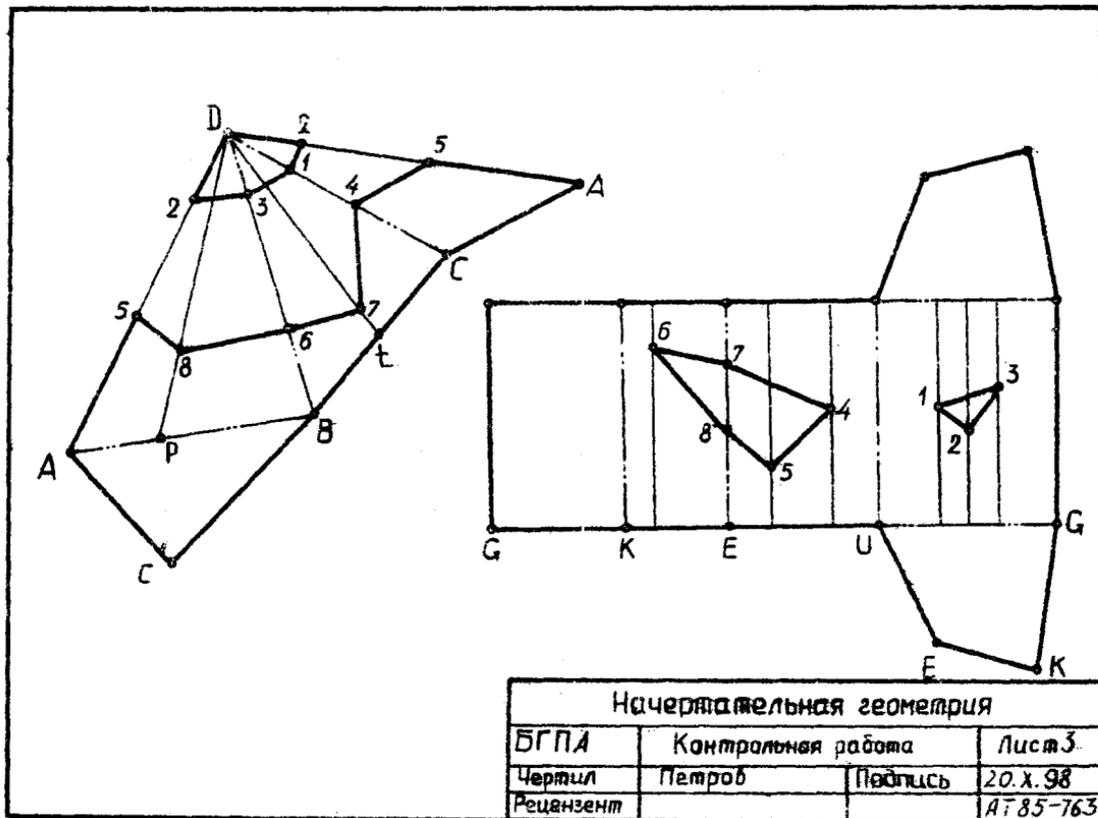


Рис. 15

$2'_3, 5'_6, 7'_8,$ с горизонтальными линиями, проведенными от горизонтальных проекций соответствующих точек a, b, p, t и 2-3-5-6-7-8.

Натуральную величину основания пирамиды ABC определяют способом плоскопараллельного перемещения, как показано на рис. 4 и 8.

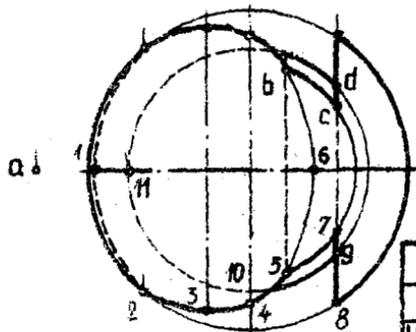
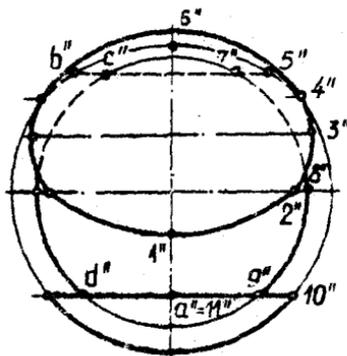
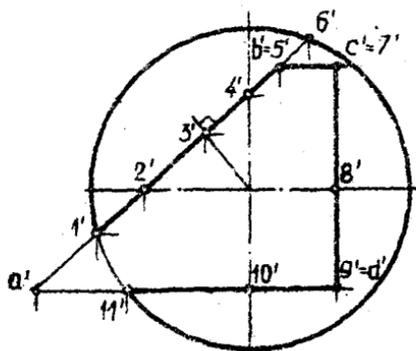
На рис. 15 грани пирамиды (треугольники) строят с помощью засечек по трем сторонам, нанося все точки линии пересечения, соединив их в таком же порядке, как и на проекциях. Линии изгиба, то есть ребра пирамиды внутри контура развертки, изображают штрихпунктирной линией с двумя штрихами.

Лист 4, задача 6

Л и т е р а т у р а: [1], с. 15; [3], с. 150 - 151; [4], с. 122 - 123.

Образец оформления листа дан на рис. 16.

Сквозное отверстие в шаре (шар - это геометрическое тело, сфера - это поверхность шара) образовано путем его пересечения четырьмя плоскостями, которые являются гранями фронтально-проецирующей призмы. Две грани BC и AD параллельны горизонтальной плоскости проекций H , грань CD параллельна плоскости W , а грань AB не параллельна ни одной из плоскостей проекций. Известно, что любая плоскость пересекает сферу только по окружности, но, в зависимости от положения плоскостей (граней AB, BC, CD, DA), расположенные в них дуги окружностей будут проецироваться в виде прямых, окружностей и эллипсов. Решение задачи 6 (рис. 16) в виде отдельных ее элементов подробно рассмотрено на рис. 17 и 18. На рис. 17 дано построение сечений шара, выполненных плоскостью α , параллельной горизонтальной плоскости проекций H , и плоскостью β , параллельной профильной плоскости проекций W . Плоскость α пересекает шар по окружности, которая проецируется на горизонтальную проекцию в виде дуги окружности $3-2-1-2_1-3_1$, а на профильную - в виде отрезка прямой $2''_3-1''-3''-2''$. Плоскость β пересекает шар по окружности, которая проецируется на горизонтальную проекцию в виде отрезка $4_1-3_1-5-3-4$, а на профильную проекцию - в виде дуги окружности $3''_4-4''_5-4''-3''$. Радиусы этих окружностей R_1 и R_2 обозначены на проекциях. На рис. 17 линия пересечения плоскостей α и β 3_1-3 не принадлежит поверхности шара. Отсеченная часть очерков шара на всех проекциях изображается тонкими линиями.



Начертательная геометрия		
БГПА	Контрольная работа	Лист 4
Чертил	Петров	Подпись 25x188
Рецензент		А785-763

Рис. 16

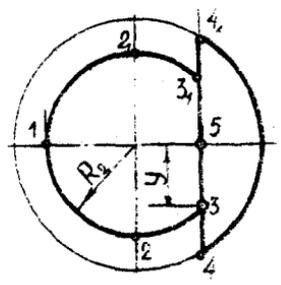
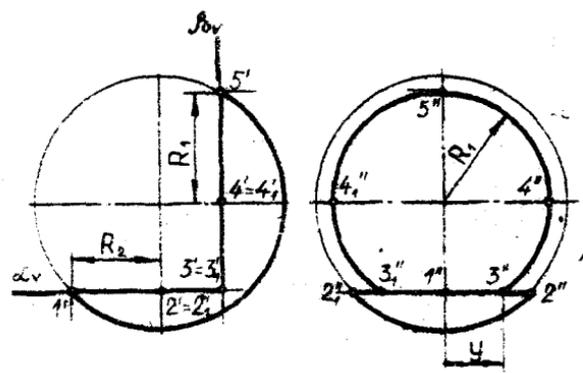


Рис. 17

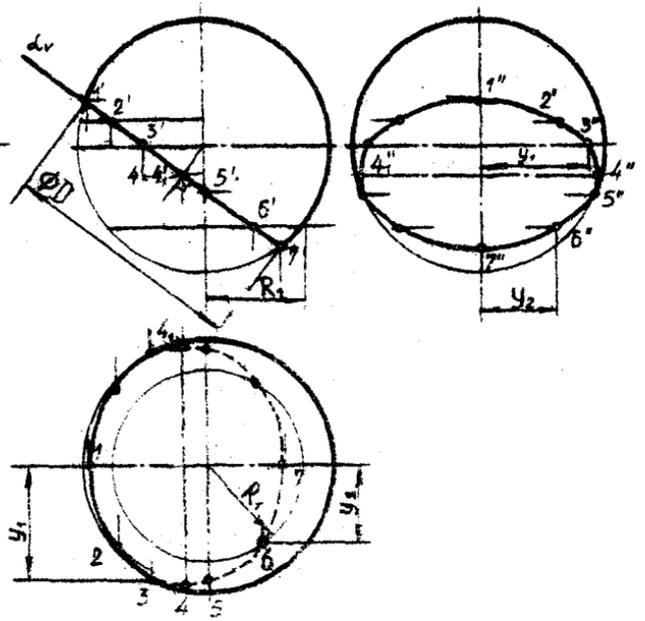


Рис. 18

На рис. 18 дано решение задачи на построение линии пересечения сферы с фронтально-проецирующей плоскостью d , которая не параллельна ни одной плоскости проекций. Окружность, образованная в результате пересечения сферы плоскостью d (ее диаметр D), на горизонтальную и профильную проекции проецируется в виде эллипсов. Известно, что линия пересечения плоскости d и сферы принадлежит и сфере и плоскости, поэтому целесообразно на вырожденной проекции плоскости d (d_v) наметить характерные и промежуточные точки линии пересечения, затем горизонтальные и профильные проекции этих точек определить из условия их принадлежности поверхности сферы. Так как оси эллипсов взаимно перпендикулярны и делят друг друга на равные части, то на фронтальной проекции можно отметить (характерные) точки $4'_1=4'$, ограничивающие концы отрезка оси симметрии эллипсов. На рис. 18, кроме точек 4-4', отмечены следующие характерные точки: 1 - наивысшая и точка на фронтальном очерке сферы; 3 - точка на горизонтальном очерке; 5 - точка на профильном очерке; 7 - наинизшая и точка на фронтальном очерке. Точки 2 и 6 - промежуточные. Недостающие проекции точек 1-3-7 определяют проведением соответствующих линий связи и координаты Y . Например, горизонтальная проекция точки 3 есть результат пересечения вертикальной линии связи, проведенной от 3', с горизонтальным очерком сферы (экватором). Профильную проекцию 3 определяют с помощью координаты Y и горизонтальной линии связи 3'-3'' (совпадает с осью сферы). Точку 5 целесообразно сначала определить на профильной проекции, проводя горизонтальную линию связи 5'-5'' до пересечения с профильным очерком, а горизонтальную проекцию определить (по аналогии с точкой 3), используя координату Y . Чтобы определить недостающие проекции точек 2, 4, 6, через каждую из этих точек следует провести окружность - параллель. Например, через точку 6 проведена окружность радиуса R , (на фронтальной проекции - прямая, на горизонтальной проекции - окружность), для определения горизонтальной проекции точки 6 надо провести вертикальную линию связи от 6' до пересечения с окружностью. Профильную проекцию 6'' определяют проведением горизонтальной линии связи от 6' до 6'', используя координату Y .

Полученные точки линии пересечения 1...7 соединяют плавной

кривой с учетом симметрии эллипсов относительно их осей ($4 - 4_1$ и $4'' - 4'''$). Если считать, что плоскость α (рис. 18) отсекает нижнюю часть шара, то участок линии 3-4-5-6-7 на горизонтальной проекции будет невидимым, а соответствующие участки отсеченных очерков шара (ниже α_V на фронтальной проекции, левее точки 3 на горизонтальной и ниже точки $5''$ на профильной) надо изобразить тонкими линиями.

В задаче 6 на рис. 16 построение линий пересечения шара с гранями BC, AD и CD выполняется так же, как в задаче на рис. 17, линии пересечения с гранью AB — как в задаче на рис. 18, только на рис. 16 эллипс неполный, а недостающая часть эллипса 5-6 показана тонкой линией. Удаленные участки очерков (горизонтального 2-8; фронтального I'-II'; профильного 4'-10'') изображены тонкими линиями.

Задача 7

Л и т е р а т у р а: [1], с. 16 — 18; [2], с. 112, 249; [3], с. 79 — 80, 215 — 216; [4], с. 136 — 137, 273.

Образец оформления листа дан на рис. 19.

В решении этой задачи можно выделить три этапа:

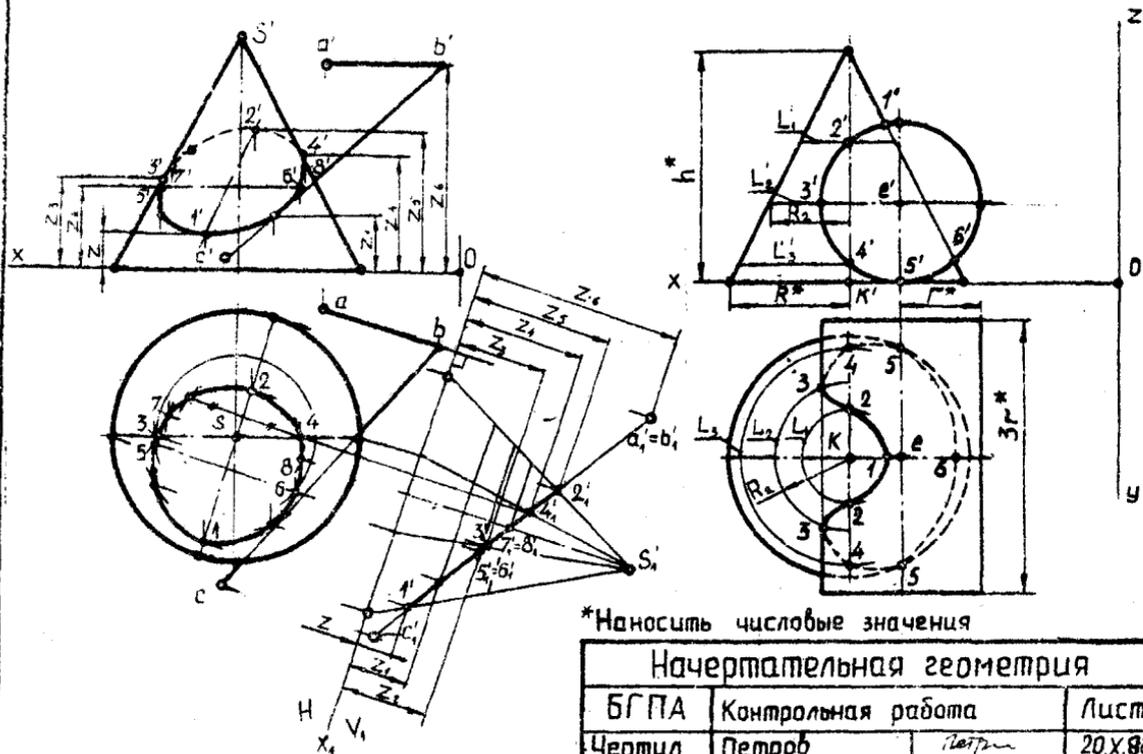
1. Выбор новой плоскости проекций и построение новых проекций секущей плоскости и конуса.
2. Построение проекции линии пересечения проектирующей плоскости с поверхностью конуса в новой системе плоскостей проекций.
3. Построение фронтальной проекции линии пересечения в первоначальной старой системе.

Начнем с выбора новой плоскости проекций и построения новой вырожденной проекции секущей плоскости. Так как по условию задачи основание конуса находится в плоскости H, то целесообразно эту плоскость оставить без изменения, а заменить фронтальную плоскость. Для преобразования плоскости ABC во фронтально-проецирующую (рис. 18), необходимо в ней построить горизонталь. Такая горизонталь может быть, как в нашем случае AB ($a'b'$, ab), среди прямых, задающих плоскость (рис. 19).

Вводим новую ось проекций X_1 (рис. 20), перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали (ab). Из горизонтальных проекций точек (a, b, c) проводим новые линии связи, перпендикулярно новой оси проекции X_1 . От точек их пересечения с осью откладываем

Задача 7

Задача 8



*Наносить числовые значения

Начертательная геометрия

БГПА	Контрольная работа	Лист
Чертил	Петров	20x08
Рецензент	Иванов	АТ 85-763

Рис.19

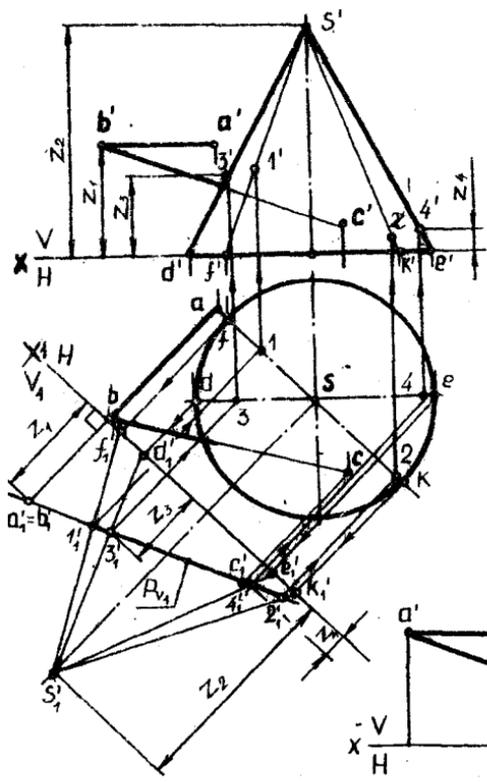


Рис. 20

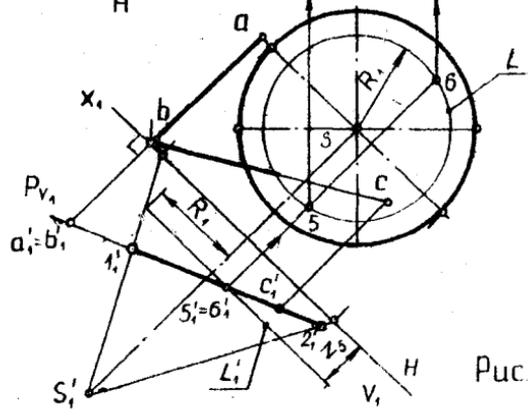
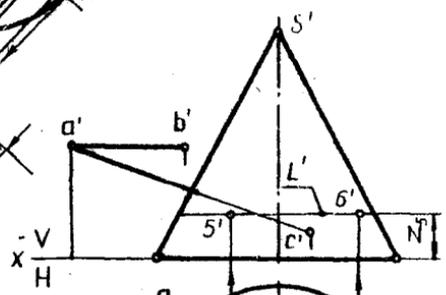


Рис. 21

отрезки, равные удалению заменяемых фронтальных проекций точек A старой оси X_1/Z_1 . Полученные таким образом новые фронтальные проекции точек a_1' , b_1' , c_1' определяют новую вырожденную проекцию плоскости (она же является и следом этой плоскости P_1 на новой плоскости проекций). Затем строится новая проекция конуса с основанием на оси X_1 и вершиной S_1' с координатой Z_2 . Так как плоскость ABC (P_1) в новой системе H_1/V_1 занимает проецирующее положение, то есть вырождается в прямую линию, то линия пересечения конуса и плоскости, в данном случае эллипс (см. конические сечения), совпадает с этой прямой линией.

Для построения искомых проекций линии пересечения надо на новой вырожденной проекции этой линии наметить характерные и промежуточные точки, определить их на горизонтальной, а затем и на фронтальной проекции.

На рис. 20 на вырожденной проекции сечения (P_1) намечены наивысшая и наименьшая точки $1(1')$, $2(2')$ на образующих SF и SK соответственно, а также точки $3(3')$ и $4(4')$ на фронтальном очерке конуса - на образующих $SВ$ и SE . Для определения горизонтальных проекций этих точек надо от новых проекций $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ провести линии связи перпендикулярно оси X_1 до пересечения с соответствующими образующими на горизонтальной проекции. Фронтальные проекции $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ определяют на пересечении вертикальных линий связи, проведенных от горизонтальных проекций 1 , 2 , 3 , 4 , с соответствующими образующими на фронтальной проекции ($s'f'$, $s'k'$, $s'b'$, $s'e'$). Чтобы не допустить ошибок, связанных с графической неточностью, следует проверить совпадение координат Z искомых точек в системе V/H и H_1/V_1 (например, Z_3 для $3'$ должна быть равна Z_3 для 3 ; Z_4 - для $4'$ и 4 ; рис. 20).

На рис. 21 показано определение характерных точек $5, 6$, принадлежащих отрезку малой оси симметрии эллипса, которые получены в результате деления большой оси эллипса 12 на две равные части. Для определения горизонтальной проекции точек $5, 6$ через $5', 6'$ проведена параллель $l(l')$. Её горизонтальная проекция - окружность построена по радиусу R_1 , а фронтальная проекция - прямая l' - по координате Z . Путем проведения соответствующих линий связи определены проекции точек $5, 6$ и $5', 6'$, ограничивающих малую ось эллипса.

Точки, принадлежащие линии пересечения конуса и плоскости, можно определять как на образующих (рис.20), так и на параллелях (окружностях), рис.21.

На рис.19 для определения точек линии пересечения использованы и образующие и параллели.

В заключение полученные точки искомой линии пересечения (эллипса) соединяют: на горизонтальной проекции с учетом симметрии относительно оси X_2 и характера кривой; на фронтальной проекции - с учетом видимости, где границей видимости являются точки 3,4 (3', 4'), принадлежащие фронтальному очерку конуса.

Задача 8

Л и т е р а т у р а: [1], с.18- 20; [2], с.298 - 299;
[3], с.230 - 231.

Образец выполнения дан на рис.19.

По условию задачи требуется построить линию пересечения цилиндрической и конической поверхностей (рис.19). Так как цилиндр занимает фронтально-проецирующее положение, то фронтальная проекция линии пересечения есть на чертеже - она совпадает с вырожденной фронтальной проекцией цилиндра (частью окружности), так как линия пересечения принадлежит обеим поверхностям. Поэтому задача сводится к определению горизонтальной проекции линии пересечения из условия ее принадлежности поверхности конуса.

На первом этапе решения на имеющейся фронтальной проекции линии пересечения следует наметить характерные точки: 1 и 6 - точки на фронтальном очерке конуса; 3 - на горизонтальном очерке цилиндра; 5 - на окружности основания конуса. Затем намечают промежуточные точки 2,4 (их может быть больше). Далее следует определять горизонтальные проекции намеченных точек из условия их принадлежности поверхности конуса.

Для определения горизонтальных проекций точек 1,5,6 достаточно провести вертикальные линии связи от 1',5',6' до пересечения с соответствующими линиями на поверхности конуса.

Чтобы определить горизонтальные проекции точек 2,3,4, через эти точки на поверхности конуса следует провести параллели $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$. Горизонтальные проекции этих параллелей - окружностей строят по соответствующим радиусам (например, R_2) и на них опре-

деляют искомые проекции точек (2,3,4). Все полученные горизонтальные проекции точек 1,2,3,4,5,6 следует соединить плавной кривой с учетом симметрии (отрезок I6) и видимости (граница видимости - точки 3). Затем надо определить относительную видимость очерковых линий (линий, ограничивающих изображение поверхности на проекциях) конуса и цилиндра. На горизонтальной проекции от точки 3 горизонтальный очерк цилиндра закрывает очерк конуса, поэтому очерк конуса изображен штриховой линией. Участки очерков одной поверхности, расположенные внутри другой поверхности, (например, отрезок I-6 на фронтальной проекции и 3-3 - на горизонтальной) изображают тонкими линиями.

Задача 10

Л и т е р а т у р а: [1], с.20 - 22; [2], с.302.

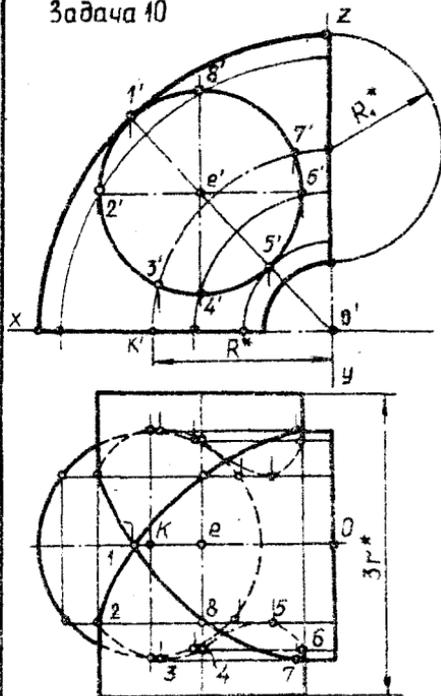
Образец оформления листа дан на рис. 23.

При решении этой задачи (рис.22) на построение линии пересечения фронтально-проецирующего цилиндра и отсеска (участка) открытого тора следует сразу учесть (как в задаче 8), что фронтальная проекция линии пересечения на чертеже есть - она совпадает с вырожденной проекцией цилиндра (окружностью). Поэтому основным этапом решения этой задачи является определение горизонтальных проекций намеченных на линии пересечения характерных и промежуточных точек из условия их принадлежности поверхности тора, последующее их соединение с учетом характера линии (на рис.22 - две отдельные линии, соприкасающиеся в точке I) и ее видимости.

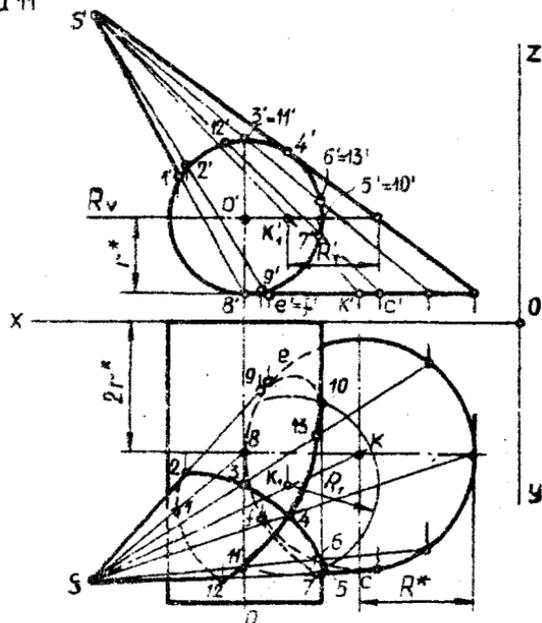
На рис. 23 рассмотрена задача на определение горизонтальной проекции линии $m(M'N')$, принадлежащей открытому тору. На чертеже задана фронтальная проекция линии $-M'$.

Для решения этой задачи на фронтальной проекции линии (M') намечают ряд точек, в том числе характерные 1,3,5: 1 - на фронтальном очерке тора $\ell_1(L'_1L_1)$; 3 - на горизонтальном очерке тора $\ell_2(L'_2L_2)$; 5 - на окружности основания $\ell_3(L'_3L_3)$; и промежуточные 2,4. Для определения горизонтальных проекций 1,3,5 достаточно от 1',3',5' провести вертикальные линии связи до пересечения с соответствующими линиями тора на горизонтальной проекции L_1, L_2, L_3 . Чтобы построить горизонтальные проекции точек 2 и 4, надо через 2' и 4' провести дуги окружностей (параллели) $m_1(N'_1N_1)$ и $m_2(N'_2N_2)$

Задача 10



Задача 11



* Наносить числовые значения

Начертательная геометрия

БГПА	Контрольная работа	Лист
Чертил	Петров	20.XI.98
Рецензент	Иванов	4785-763

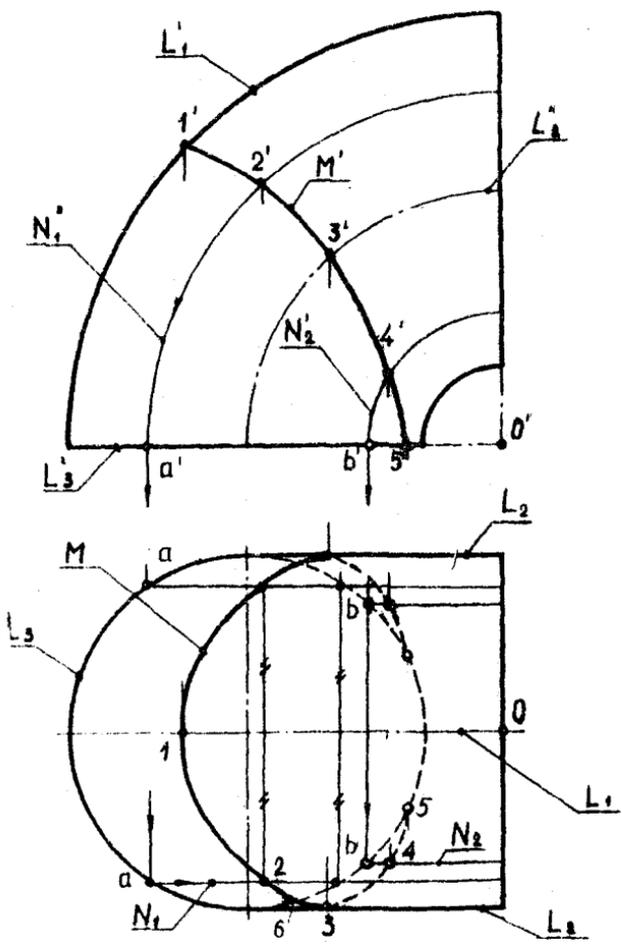


Рис. 23

с центром в O' и началом в $a' b'$ соответственно. Искомые проекции точек 2 и 4 будут на горизонтальных проекциях этих окружностей - N_1 и N_2 , спроецированных в виде прямых линий, с началом в точках a и b .

Обозначенные на рис.23 точки 1,2,3,4,5 определяют лишь половину искомой линии. Вторая половина располагается симметрично относительно L_1 .

Задача 10 решается аналогично, то есть на вырожденной проекции линии пересечения (окружности) намечены точки 1 - 8 ($1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8'$) и определены их горизонтальные проекции. Соединить горизонтальные проекции точек надо с учетом строгого соблюдения последовательности, принятой на фронтальной проекции. В заключение надо определить видимость линии пересечения и относительную видимость очерков цилиндра и тора.

Лист 7, задача II

Л и т е р а т у р а: [1], с.21 - 22.

Образец оформления листа дан на рис.22.

По условию задачи требуется построить линию пересечения поверхностей фронтально-проецирующего цилиндра и наклонного эллиптического конуса (у которого перпендикулярное сечение эллипс).

Как в задачах 8 и 10 (рис.19 и 22), фронтальная проекция линии пересечения на чертеже есть - она совпадает с вырожденной фронтальной проекцией цилиндра, то есть с дугой окружности, заключенной внутри фронтального очерка конуса. В других вариантах этой задачи проекцией линии пересечения могут быть две дуги окружности, это значит, что линия пересечения состоит из двух участков. Для решения этой задачи надо на фронтальной проекции линии пересечения наметить характерные и промежуточные точки, определить их горизонтальные проекции из условия принадлежности поверхности конуса, соединить горизонтальные проекции точек в том же порядке, как и на фронтальной проекции, с учетом видимости линии. В заключение следует определить относительную видимость цилиндра и конуса.

На рис.24 рассмотрено построение проекций точек, принадлежащих наклонному конусу. Дано построение точек 1, 2, расположенных на образующих фронтального очерка $SA (s'a', s'a)$ и $SB (s'b', s'b)$.

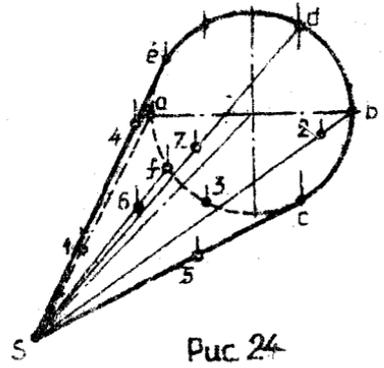
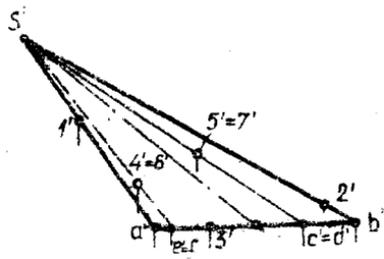


Рис. 24

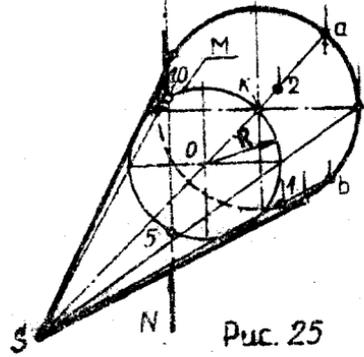
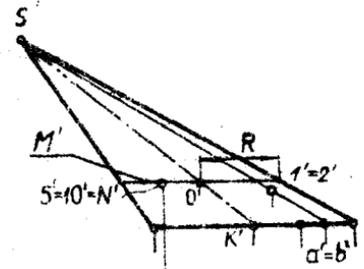


Рис. 25

Фронтальные проекции этих образующих пересекают основание конуса в точках a' и b' , поэтому сначала надо определить горизонтальные проекции точек (a и b), чтобы построить горизонтальные проекции образующих sa и sb . Проведением вертикальной линии связи от $1'$ и $2'$ до пересечения с sa и sb определяют горизонтальные проекции точек 1, 2.

При построении горизонтальных проекций точек 1, 2 (рис. 24) часто допускаются ошибка, которая состоит в том, что искомые проекции 1, 2 строят на линиях SE и SC вместо построения на линиях SA и SB . На рис. 24 дано также построение фронтальных проекций образующих конуса, принадлежащих горизонтальному очерку — SE ($s'e'$, se) и SC ($s'e'$, sc). Их строят по проекциям точек $e's'$ и $e's'$, где E и C — точки касания образующей с окружностью основания, S — вершина конуса.

Следует учесть, что на фронтальной проекции с образующей SE конкурирует SE ($s'e' = s'f'$), а с образующей CS конкурирует SD ($c's' = d's'$).

При построении линии пересечения (задача II) каждая фронтально-проецирующая образующая цилиндра пересекает конус в двух точках, которые принадлежат фронтально-конкурирующим образующим конуса, поэтому надо строить горизонтальные проекции точек, принадлежащих обеим конкурирующим образующим конуса, так как в данном случае искомая горизонтальная проекция линии пересечения несимметрична, как это имело место в задачах 8 и 10. Пример: точки 3 и II, рис. 22.

На рис. 24 на фронтально-конкурирующих образующих SE и SC заданы точки 4 и 6 ($4' = 6'$) и 5 и 7 ($5' = 7'$). Их горизонтальные проекции определяют: 4 — на se ; 6 — на sf ; 5 — на sc ; 7 — на sd .

На рис. 24 показано построение точки 3 ($3, 3'$), принадлежащей окружности основания конуса.

В задаче II требуется также определить точки пересечения образующей, принадлежащей горизонтальному очерку цилиндра, с поверхностью конуса, то есть определить горизонтальные проекции точек 5 и 10 (рис. 22). Такая задача отдельно решена на рис. 25, где фронтально-проецирующая прямая n ($n'n$) пересекается с поверхностью конуса.

Так как точка пересечения прямой и поверхности принадлежит и прямой и поверхности, то фронтальная проекция точек пересечения совпадает с вырожденной проекцией прямой ($N' = S' = I O'$); горизонтальную проекцию точек 5 и 10 определяют из условия их принадлежности поверхности конуса. На рис. 25 для этого через точки 5 и 10 проведена окружность m ($M' M$), фронтальная проекция которой параллельна основанию конуса, а горизонтальная проекция (окружность) определяется центром O ($O' O$), полученным на пересечении M' и $S' K'$, и радиусом R . На этой окружности определяют горизонтальные проекции точек 5 и 10. Эти точки можно определить с помощью образующих, как на рис. 24 определены точки 4 и 6. На рис. 25 показано определение произвольных точек 1, 2, принадлежащих конкурирующим образующим SA и SB .

Лист 8, задача 12

Л и т е р а т у р а: [1], с. 22 - 23; [2], с. 281, 284 - 285; [3], с. 227; [4], с. 297.

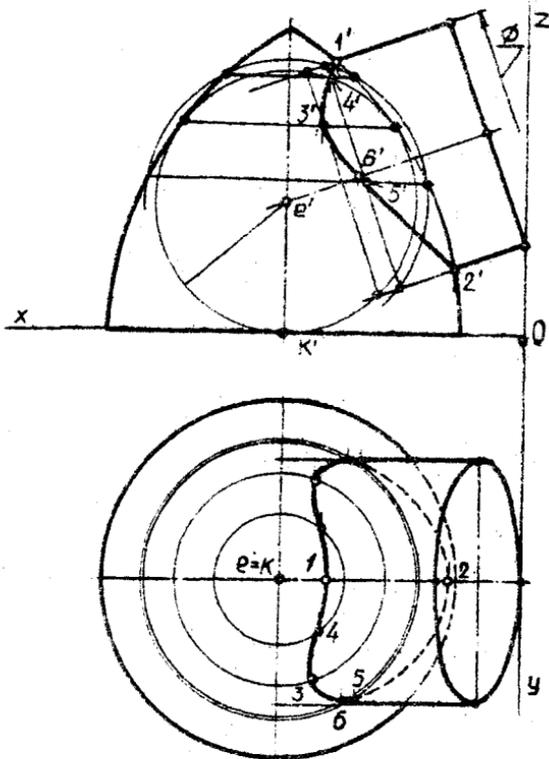
Образец оформления листа дан на рис. 26.

Задача решается с применением метода вспомогательных концентрических сфер, так как имеется все необходимое для этого условия:

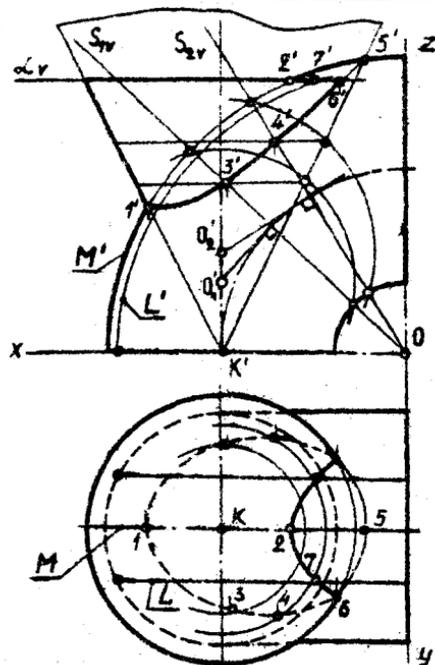
1. Пересекаются поверхности вращения.
2. Оси вращения поверхностей пересекаются.
3. Пересекающиеся оси находятся в плоскости, параллельной плоскости проекций.

Рассмотрим пример применения этого метода на рис. 27, где пересекаются цилиндрическая и коническая поверхности вращения. Решение дается в одной проекции с целью получения более четкого изображения и начинается с отыскания и обозначения уже имеющихся на чертеже фронтальных проекций двух характерных точек линии пересечения 1 и 2, принадлежащих образующим фронтальных очерков пересекающихся поверхностей. Центром вспомогательных сфер (посредников) является точка E (E'). Для построения проекций точек искомой линии пересечения используются фронтальные проекции сфер - окружностей с центром в E' . Наименьший радиус окружности (сферы) определяется путем сравнения длин нормалей, проведенных из E к пересекающимся поверхностям. Фронтальные проекции этих нормалей (дейст-

Задача 12



Задача 13



Начертательная геометрия

БГПА	Контрольная работа		Лист
Чертил	Петров	Гдему -	15.XII.98
Рецензент	Иванов	Иван -	АТ 85-763

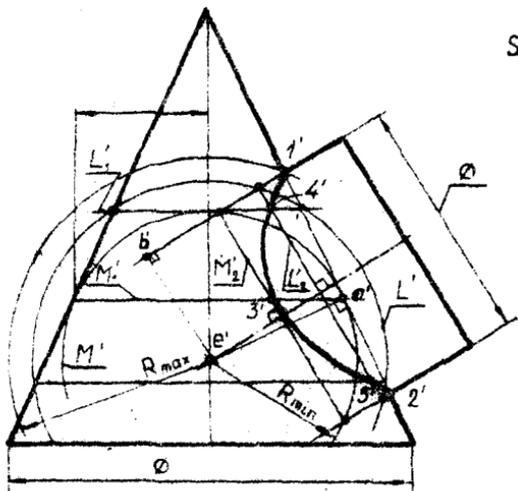


Рис. 27

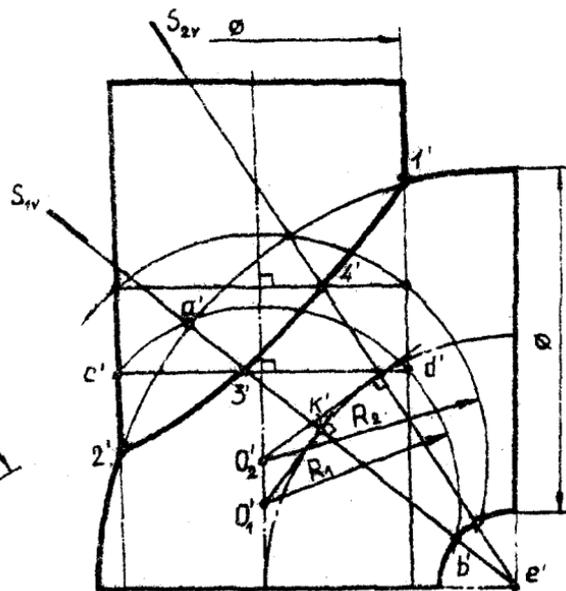


Рис. 28

вительная длина) строятся как перпендикуляры из фронтальной проекции e' центра сфер на одноименные проекции очерковых образующих (если образующие прямолинейные) или как радиусы вписанных в очерки поверхностей окружностей. В рассматриваемом на рис.27 примере проекциями нормалей являются отрезки $a'e'$ и $b'e'$. Сравнение их длин показывает, что большей нормалью является $a'e'$. Поэтому она и является минимальным радиусом сфер - посредников ($R_{min} = a'e'$). Сфера этого радиуса M' касается конуса по параллели M_1' и пересекает цилиндр по параллели M_2' . Эти параллели проецируются в виде отрезков прямых, и на их пересечении получают характерную точку 3 (наиболее глубокого внедрения поверхности цилиндра в конус).

Промежуточные точки линии пересечения строятся с помощью ряда сфер, радиусы которых R должны удовлетворять условию $R_{max} > R > R_{min}$. Величина R_{max} определяется расстоянием от проекции центра сфер e' до наиболее удаленной точки пересечения очерков пересекающихся поверхностей. На рис.27 это точка 2. На рис.27 промежуточная точка $4'$ строится на пересечении параллелей L_1' и L_2' , полученных от пересечения сферы с поверхностями конуса и цилиндра соответственно.

Решение задачи 12 на рис.26 выполняется аналогично описанному выше. Определение горизонтальных проекций точек линии пересечения необходимо производить из условия принадлежности одной из пересекающихся поверхностей, в данном случае удобнее из условия принадлежности поверхности закрытого тора. Для этого через точки 3, 4, 5 проводят параллели (окружности). Соединяют точки линии пересечения сначала на фронтальной проекции и получают проекцию точки 6 ($6'$), которая является точкой видимости на горизонтальной проекции, так как принадлежит образующим горизонтального очерка цилиндра (на фронтальной проекции они совпадают с осью цилиндра).

В заключение определяют относительную видимость отсеков поверхностей цилиндра и тора на горизонтальной проекции.

Лист 8, задача 13

Л и т е р а т у р а: [1], с.23 - 25; [2], с.286 - 287; [3], с.363; [4], с.300 - 301.

Образец оформления листа дан на рис.26.

По условию задачи требуется построить линию пересечения по-

верхностей вращения (тора и конуса), оси которых не пересекаются, поэтому здесь не может быть применен метод концентрических сфер-посредников. Однако обе пересекающиеся поверхности имеют круговые сечения и общую фронтальную плоскость симметрии, а это означает, что круговые сечения могут быть результатом пересечения каждой поверхности с общей сферой. Если эти круговые сечения спроецируются в виде прямых линий и пересекутся между собой, то точки их пересечения принадлежат обеим поверхностям, значит, и искомой линии пересечения. Поэтому здесь можно использовать метод эксцентрических сфер - посредников. Основным этапом решения задачи является определение центров сфер - посредников.

Рассмотрим решение аналогичной задачи на рис.28, где пересекаются тор и цилиндр, имеющие общую плоскость симметрии, параллельную плоскости проекций V . Поверхности заданы только фронтальной проекцией. Линия пересечения здесь заключена между характерными точками 1,2 ($1',2'$), построенными на пересечении фронтальных очерков. Промежуточные точки строят следующим образом. Центры всех сфер, пересекающих цилиндр по окружностям, могут быть расположены только на оси цилиндра (в задаче 13, рис.26 - на оси конуса), а круговые сечения тора могут быть получены от секущих плоскостей ($S_1V; S_2V$), проведенных через ось вращения тора $E (E')$. Для построения проекции центра сферы O_1' , которая пересечет тор по окружности $AB (a'b')$, надо из середины отрезка $a'b'$ точки K' провести перпендикуляр до пересечения с осью цилиндра, из центра O_1' провести сферу радиусом $R_1 (O_1'k')$. Эта же сфера пересечет цилиндр по параллели $l'D (c'd')$. На пересечении проекций $a'b'$ и $c'd'$ получают $3'$ - проекцию точки, принадлежащей линии пересечения. Для построения точки 4 ($4'$) выполняется аналогичное построение. На рис.28 полученные проекции точек 1,2,3,4 соединяют плавной кривой. При решении задачи 13 в некоторых вариантах основание конуса (αv) врезается в поверхность тора, как на рис.26. Поэтому в таких случаях следует продолжить очерковую образующую конуса так, чтобы получить вспомогательную точку 5 ($5'$) на пересечении очерков тора и цилиндра. При соединении построенных точек линии пересечения на участке между $4'$ и $5'$ эта линия пересекает основание конуса в характерной точке 6 ($6'$) - после которой участок линии пересечения 6-7-2 ($6'-7'-2'$) становится плоским, так как получен в результате пересечения плоскости α с поверхностью тора. Точки

2 и 7 определяют из условия их принадлежности поверхности тора на соответствующих параллелях (окружностях) $m (M'M)$ и $l (L'L)$. Горизонтальные проекции точек линии пересечения 3 и 4 целесообразно определять из условия принадлежности поверхности конуса на соответствующих параллелях.

В заключение на горизонтальной проекции (рис.26) определяют видимость линии пересечения. Если считать, что основание конуса закрыто плоскостью $\alpha (\alpha \nu)$, то видимым участком линии пересечения будет только 6-7-2, как на рис.26. В методических указаниях I основание конуса не закрыто плоскостью (конус - воронка), поэтому линия пересечения на горизонтальной проекции видима. Затем следует определить относительную видимость отрезков тора и цилиндра.

П р и л о ж е н и е

С целью закрепления знаний, приобретенных в процессе изучения начертательной геометрии, а также развития навыков в построении и чтении чертежа, студентам предлагается решить ряд комплексных задач, включающих основные вопросы курса начертательной геометрии. Решение предложенных задач послужит также хорошей подготовкой к экзамену.

Графические условия задач даны на рис.29 (вместе с текстом условий) и на рис.30. На рис.31 приведены примеры решения аналогичных задач. Тексты условий задач к рис.30 и краткие методические указания к решению всех задач (рис.29 и 30) приводятся ниже.

Методические указания к решению задач на рис.29

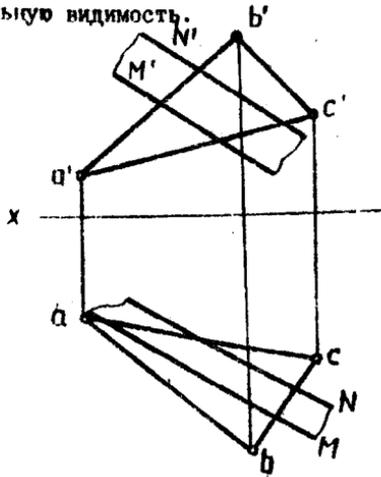
Задача 1, рис.29. Линия пересечения плоскостей $ABC(a'b'c', abc)$ и $m/n(M'N', MN')$ принадлежит обеим плоскостям, поэтому задача сводится к определению двух точек, принадлежащих одновременно обеим плоскостям. В данном случае такими точками, определяющими линию пересечения, будут точки пересечения двух прямых $m(M'M)$ и $n(N'N)$ с плоскостью ABC . В заключение следует определить относительную видимость двух плоскостей.

Решение аналогичной задачи дано на рис. 4, 5 и 6.

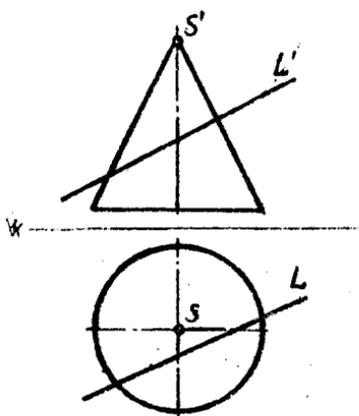
Задача 2, рис.29. Для построения точек пересечения прямой $l(l'l')$ с поверхностью конуса надо выполнить следующие построения: 1) заключить прямую в проецирующую плоскость; 2) построить линию пересечения конуса с этой плоскостью (это будет одно из известных конических сечений); 3) искомые точки определяют на пересечении прямой с построенным сечением. В данном случае, если прямую заключить во фронтально-проецирующую плоскость, то сечением будет эллипс, который строят по совокупности точек, принадлежащих конусу и плоскости (см. рис. 20 и 21). В заключение следует определить относительную видимость прямой и конуса.

Задача 3, рис.29. Известно, что если прямая перпендикулярна плоскости, то ее фронтальная проекция перпендикулярна фронтальной проекции фронтали, а горизонтальная - горизонтальной проекции

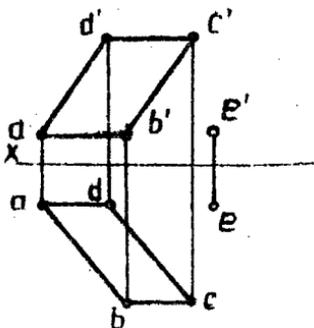
1. Построить линию пересечения плоскостей α ($\triangle ABC$) и β ($M'N'$) и установить их относительную видимость.



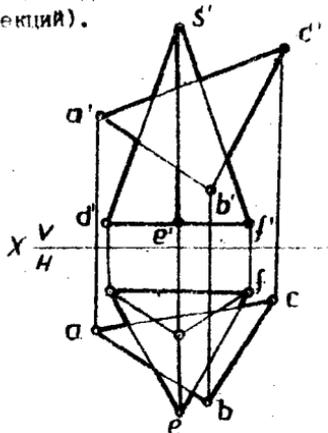
2. Построить точки пересечения прямой с конусом и в одной из точек построить плоскость, касательную к конусу.

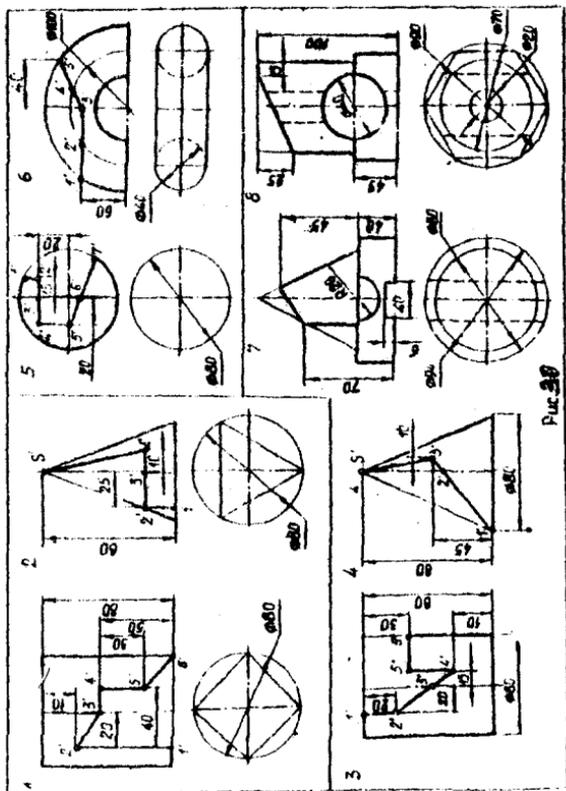


3. Определить расстояние от точки E до плоскости ABCD.



4. Построить сечение пирамиды $SDEF$ плоскостью ABC и определить его натуральную величину (методом замены) плоскостей проекций.





P. 23

горизонталь.

На рис. 3I (задача 4) дано решение аналогичной задачи, в которой горизонталью является сторона AC, а фронталь AI построена, поэтому направление проекций перпендикуляра будет таким: $e' \perp p(a'')'$, а $e \perp \text{гор}(a'c)$. Следующим этапом будет определение точки пересечения прямой $E(e'e)$ с плоскостью ABC, для этого прямую E заключают в плоскость $\alpha (e' = \alpha v)$, строят линию пересечения α с ABC - I-2 (I'-2', I-2) и на пересечении линии e с линией I-2 определяют искомую точку T($t't'$). Построение точки пересечения прямой и плоскости показано на рис. 5 и 6. Отрезок ET определяет расстояние от точки E до плоскости ABC, однако на чертеже, рис. 3I, имеются только его проекции ($e't'$, $e't$). Определение натуральной величины отрезка показано на рис. IO и II.

Отметим, что в задаче 3 (рис. 29) в плоскости ABCD на чертеже уже имеется и фронталь AD и горизонталь AB.

Задача 4, рис. 30. Для решения этой задачи следует преобразовать чертеж так, чтобы плоскость ABC ($a'b'c'$, abc) стала проецирующей, а проекция основания пирамиды $d'e'f'$ оставалась прямой линией. Такому условию удовлетворит замена фронтальной плоскости проекций V на V_1 . Это значит, что задача сначала будет решаться в системе H/V_1 , где вырожденная проекция линии пересечения совпадает с новой проекцией плоскости $a'_1b'_1c'_1$. Решение аналогичной задачи (сечение конуса) дано на рис. 19, 20, 2I (задача 7), однако данная задача гораздо проще, так как её решение сводится к определению трех или четырех точек, принадлежащих ребрам пирамиды.

Содержание задач к рис. 30 и краткие методические указания к их решению

Задачи 1 и 2, рис. 30. Дана фронтальная проекция призмы и пирамиды со срезами, образованными фронтально-проецирующими плоскостями. На горизонтальной проекции даны только очерки геометрических фигур.

Требуется достроить горизонтальные и построить профильные проекции заданных фигур.

**Методические указания к решению
задач 1 и 2, рис. 30**

Начертить заданную фронтальную проекцию, а затем в тонких линиях горизонтальную и профильную проекции фигур без срезов. Вести построение сечений, то есть определять недостающие проекции обозначенных точек, надо последовательно, от каждой плоскости отдельно, сразу на трех проекциях. При построении некоторых профильных (иногда горизонтальных) проекций точек следует пользоваться координатой y , как на рис. 31, задачи 1, 2, 3. В заключение при определении очерков на горизонтальной и профильной проекциях отсеченную часть очерка (например, 2-7 в задаче 1, рис. 31) изображать тонкими линиями.

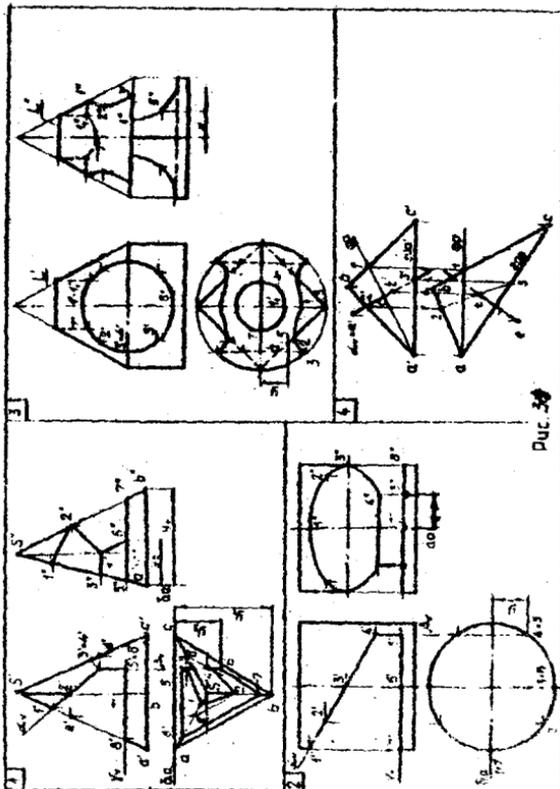
Пример решения пирамиды дан на рис. 31, задача 1.
Задачи 3 и 4, рис. 30. Даны фронтальные проекции цилиндра и конуса со срезами, образованными фронтально-проецирующими плоскостями.

Требуется построить горизонтальные и профильные проекции заданных геометрических фигур.

**Методические указания к решению задач
3 и 4, рис. 30**

Начертить заданную фронтальную проекцию, а затем в тонких линиях горизонтальную и профильную проекции без срезов. Вести построение, то есть определять недостающие проекции обозначенных точек, надо последовательно, от каждой плоскости отдельно, сразу на трех проекциях, при этом вначале надо выяснить характер искомой линии пересечения (эллипс, окружность, прямая, парабола и др.). Некоторые профильные (иногда горизонтальные) проекции точек следует строить с помощью координаты y , как на рис. 31. Отсеченную часть очерков изобразить тонкими линиями. Пример решения цилиндра дан на рис. 31, задача 2, где сечениями являются: эллипс - от плоскости α ; пара прямых - от плоскости β ; окружность - от плоскости γ .

Задачи 5 и 6, рис. 30. Даны фронтальные проекции шара и тора со срезами, образованными фронтально-проецирующими плоскостями. Требуется дорисовать горизонтальные и построить профильные проекции геометрических фигур.



Методические указания к решению задач

5 и 6, рис.30

Начертить заданную фронтальную проекцию, а затем в тонких линиях без срезов горизонтальную и профильную. Проанализировать характер линий, в виде которых будут проецироваться круговые сечения шара (дуги окружностей, эллипсов, прямые) на горизонтальной и профильной проекциях. Вести построение, то есть определить недостающие проекции обозначенных точек, надо последовательно, от каждой плоскости отдельно, сразу на трех проекциях. Дуги окружностей на проекциях строят только по радиусу. Решение аналогичной задачи на построение сечений шара дано на рис.16, 17 и 18. При решении задачи 6 (сечение тора) надо определить недостающие проекции обозначенных точек I - 5 (следует добавить еще несколько промежуточных точек). Определение недостающих проекций точек на поверхности тора показано на рис.22 и 24. Отсеченную часть очерков изображать тонкими линиями.

Задачи 7 и 8, рис.30. Дана фронтальная и горизонтальная проекции фигуры, состоящей из двух геометрических тел со срезами и отверстиями. Требуется достроить горизонтальную и построить профильную проекции геометрической фигуры.

Методические указания к решению задач

7 и 8, рис. 30

Начертить заданную фронтальную проекцию, а затем в тонких линиях горизонтальную и профильную без срезов и вырезов. Построить плоские сечения. Построить линию пересечения горизонтального отверстия с внешней поверхностью фигуры с учетом того, что фронтальная проекция линии пересечения на чертеже есть. Затем (в задаче 8) надо построить линии взаимного пересечения отверстий. В заключение следует определить видимость линий.

Построение линии взаимного пересечения поверхностей, если одна из пересекающихся поверхностей занимает проецирующее положение, показано на рис.19, задача 8.

На рис.31, задача 3, дан пример решения аналогичной задачи, в которой комбинированная поверхность состоит из призмы и конуса.

Обе эти поверхности пересекаются с фронтально-проецирующим цилиндром (отверстие) по линии: 1;2;3 - конус и цилиндр, по линии 4;5;6 - цилиндр и призма. Кроме того, в конусе имеется вертикальное отверстие, соосное с конусом и пересекающееся с ним по окружности $\subset (\angle L' L'')$. Соосные поверхности вращения - это такие, которые имеют ось вращения и пересекаются между собой по окружности. Вертикальное отверстие пересекается также с горизонтальным отверстием по линии 1-7. В заключение построены горизонтальная и профильная проекции очерков, определена видимость линий.

Литература

1. Начертательная геометрия и черчение. Методические указания и контрольные задания для студентов заочников. - М.: Высшая школа, 1978.
2. Гордон О. В., Семенов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. - М.: Наука, 1977.
3. Бубенников А. В., Громов М. Я. Начертательная геометрия. - М.: Высшая школа, 1973.
4. Курс начертательной геометрии / Под ред. Н. В. Четверухина. - М.: Высшая школа, 1968.