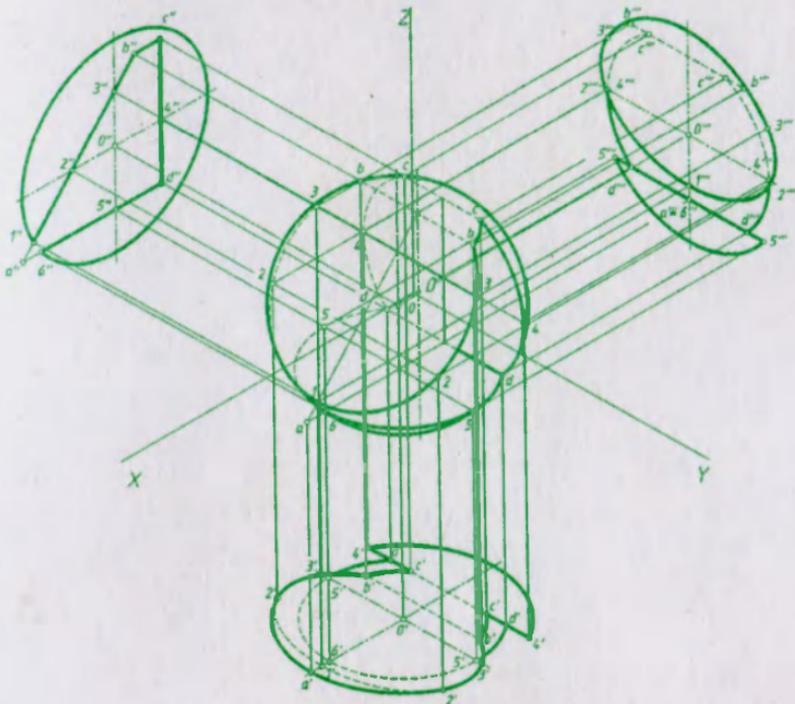


**Е.И. БЕЛЯКОВА  
П.В. ЗЕЛЁНЫЙ**

**НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ.  
ПРАКТИКУМ, СБОРНИК ЗАДАЧ**



**Минск 2010**

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Е.И. БЕЛЯКОВА  
П.В. ЗЕЛЁНЫЙ

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ.  
ПРАКТИКУМ, СБОРНИК ЗАДАЧ

Под редакцией П.В. Зелёного

*Допущено Министерством образования  
Республики Беларусь*

*в качестве учебного пособия для студентов  
высших учебных заведений по техническим специальностям*

Минск 2010

УДК 514.18 (075.8)

Б44

**Рецензенты:**

кафедра «Инженерная графика» Белорусского государственного технологического университета (зав. кафедрой, кандидат технических наук *Н.И. Жарков*),

кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой  
«Инженерная графика» БГУИР *В.А. Столер*

**Белякова, Е.И.**

Б44 Начертательная геометрия. Практикум, сборник задач: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по техническим специальностям / Е.И. Белякова, П.В. Зелёный; под ред. П.В. Зелёного. – Минск: БНТУ, 2010. – 163 с.

ISBN 978-985-525-237-6.

Практикум и сборник задач по начертательной геометрии содержит, помимо самих задач по основным темам курса, изучаемого в технических вузах, также вопросы, упражнения и задания по 30 вариантам по каждой теме для индивидуального выполнения студентами и образцы выполнения упражнений и заданий.

Издание может использоваться преподавателями для проведения практических занятий, а также будет полезно при самостоятельном изучении курса начертательной геометрии студентами заочной и вечерней форм обучения.

УДК 514.18 (075.8)  
ББК 22.151.3я73

ISBN 978-985-525-237-6

© Белякова Е.И.,  
Зелёный П.В., 2010  
© БНТУ, 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Практикум и сборник задач по начертательной геометрии предназначен для практического закрепления знаний, умений и навыков по основным темам этой дисциплины, входящей в качестве основополагающего раздела учебной дисциплины «Инженерная графика» – одной из составляющих цикла общенаучных и общепрофессиональных предметных курсов подготовки технических специалистов по большинству направлений образования профиля 1 «Техника и технологии», по направлению образования 27 «Экономика и организация производства», по группам специальностей 02 06 «Преподавание технологии» и 08 01 «Профессиональное образование», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь для высших учебных заведений.

Знания, умения и навыки при выполнении и чтении чертежей, решении различных пространственных задач на плоскости чертежа (или на дисплее компьютера), приобретенные при изучении курса начертательной геометрии, необходимы для усвоения как последующих общеинженерных и специальных технических дисциплин, так и для успешной профессиональной деятельности.

Авторы приносят благодарность за оказанную помощь при оформлении средствами компьютерной графики графической части условий разработанных задач, упражнений, индивидуальных заданий и образцов их выполнения О.П. Курилёнок, работникам кафедры «Инженерная графика машиностроительного профиля» Белорусского национального технического университета О.Н. Кучура, Т.В. Дорогокупец, Н.Л. Киселёвой, И.В. Толстик и В.Н. Степаненкову, аспирантке О.К. Щербаковой, а также студентам автотракторного факультета Е.Г. Афоничеву, А.А. Мещерякову, С.И. Штурич

## Занятие 1

**Тема 0. Краткий обзор стандартов для оформления студентами графических работ и упражнений по начертательной геометрии.**

Уделить 20 минут обзору государственных стандартов (ГОСТ) Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) по оформлению чертежей.

1. ГОСТ 2.301-68 «Форматы» — устанавливает форматы листов чертежей (и их обозначения), в частности, устанавливает форматы с размерами сторон  $210 \times 297$  (A4),  $297 \times 420$  (A3) и др.

2. ГОСТ 2.302-68 «Масштабы» — устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах. Обозначение натуральной величины изображения — М 1:1.

3. ГОСТ 2.303-68 «Линии» — устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах (табл. 1.1).

4. Толщина сплошной основной линии  $s$  должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на чертеже.

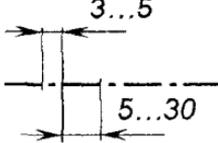
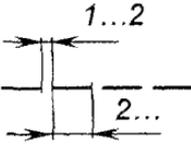
5. ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные» — устанавливает чертежные шрифты для нанесения на чертежи текстовых и цифровых надписей.

6. *Размер шрифта  $h$*  — величина, определяющая высоту прописных букв и цифр в мм ( $h = 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10,0; 14,0; 20,0$ ). Высота  $c$  строчных букв в слове — на один размер меньше ( $c = 1,8; 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10,0; 14,0$ ).

7. Толщина линии — шрифта  $d$  определяется в зависимости от высоты и типа шрифта: тип А (узкий шрифт) —  $d = 1/14h$ ; тип В (широкий шрифт) —  $d = 1/10h$ . Можно использовать шрифт без наклона (прямой) и с наклоном под углом около  $75^\circ$  к горизонтальной линии рамки чертежа.

8. Начертания букв, цифр и знаков, их ширина, расстояние между буквами и цифрами, минимальное расстояние между словами и минимальный шаг строк — см. ГОСТ 2.304-81.

Таблица 1.1

Наименование	Начертание	Толщина линии, мм	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		$s = 0,5 \dots 1,4$	Линии видимого контура
2. Сплошная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии выносные и размерные
3. Сплошная волнистая		От $s/3$ до $s/2$	Линия обрыва изображения
4. Штриховая		От $s/3$ до $s/2$	Линии невидимого контура
5. Штрихпунктирная тонкая		От $s/3$ до $s/2$	Линии осевые и линии симметрии
6. Штрихпунктирная с двумя точками		От $s/3$ до $s/2$	Линии сгиба на развертках

Выдать упражнение №0 «Пропись».



Тема 1. Метод проекций. Точка. Проекция точки в системе плоскостей  $H$  и  $V$  и в системе плоскостей  $H$ ,  $V$  и  $W$ .

Образование проекций: центральное и параллельное проецирование. Свойства параллельного проецирования. Прямоугольное (ортогональное) проецирование. Образование чертежа по методу Монжа. Точка в системе двух и трёх плоскостей проекций. Ортогональные проекции точки в системе прямоугольных координат (система координат Декарта). Проекция отрезка прямой линии.

### Вопросы:

1. Кто является основоположником начертательной геометрии как науки?
2. В чем сущность метода проекций и какие элементы составляют аппарат проецирования?
3. Сущность центрального и параллельного проецирования?
4. Что такое прямоугольное и косоугольное проецирование?
5. Основные свойства параллельного проецирования.
6. Что такое проекция точки?
7. Какие точки называют конкурирующими?
8. Какой метод проецирования для изображения предметов предложил Г. Монж?
9. Как образуются четверти и октанты пространства?
10. Как называются плоскости проекций и как обозначаются проекции точки на них?
11. Какими линиями связаны на чертеже проекции точек?
12. В каком октанте и каким образом располагается предмет в европейской системе изображений на чертежах (система первого пространственного угла)?
13. В каком октанте и каким образом располагается предмет в американской системе изображений на чертежах (в седьмом октанте)?

Задачи:

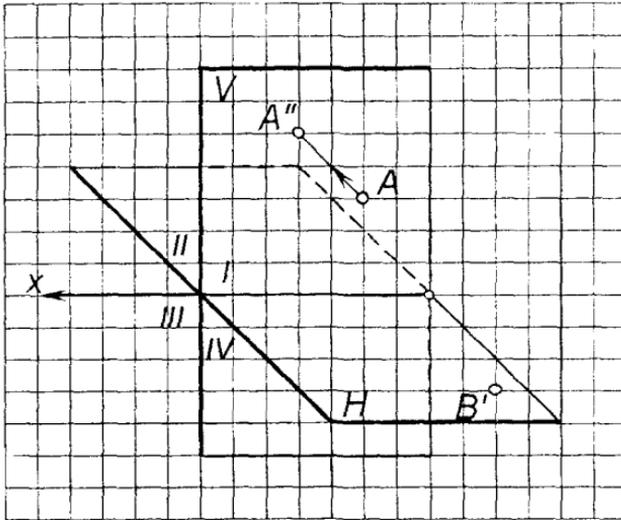


Рис. 1.2. Достроить на картине горизонтальную проекцию точки  $A(A' - ?, A'')$  и фронтальную проекцию точки  $B(B', B'' - ?)$ , лежащей в горизонтальной плоскости  $H$

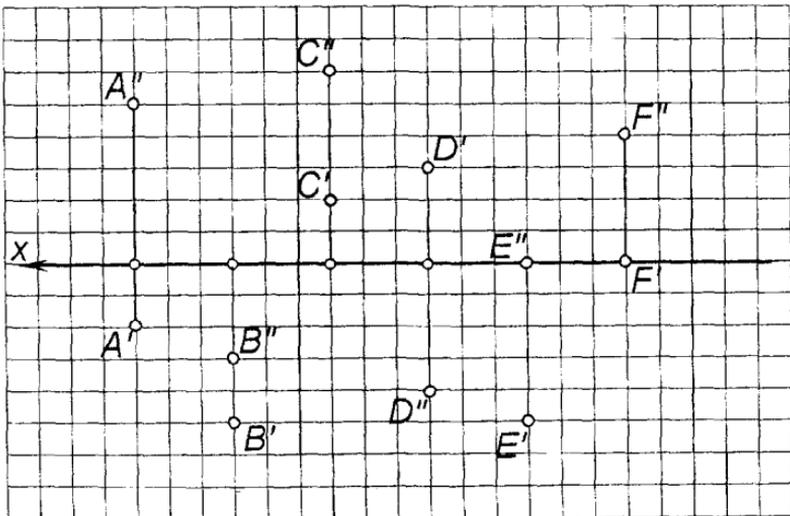


Рис. 1.3. Определить по чертежу, в каких четвертях пространства находятся точки  $A, B, C$  и  $D$  и каким плоскостям проекций принадлежат точки  $E$  и  $F$



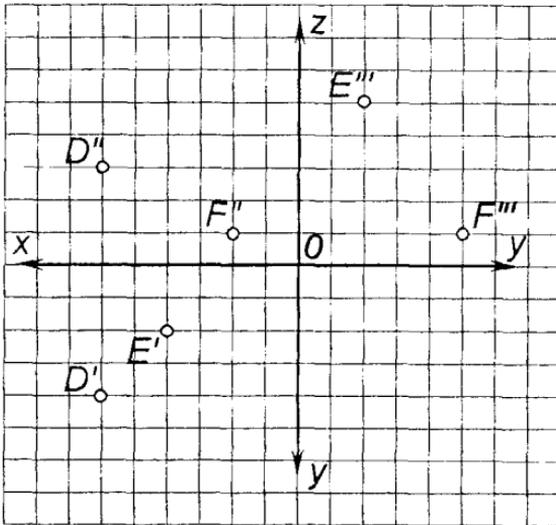


Рис. 1.6. Достроить проекции точек  $D$ ,  $E$  и  $F$ , расположенных в 1-ом октанте

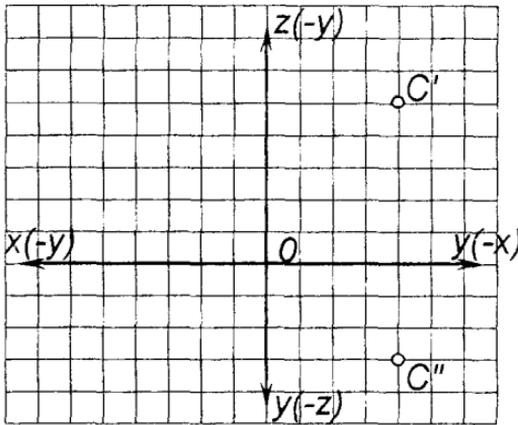


Рис. 1.7. Достроить проекции точки  $C$ , расположенной в 7-ом октанте

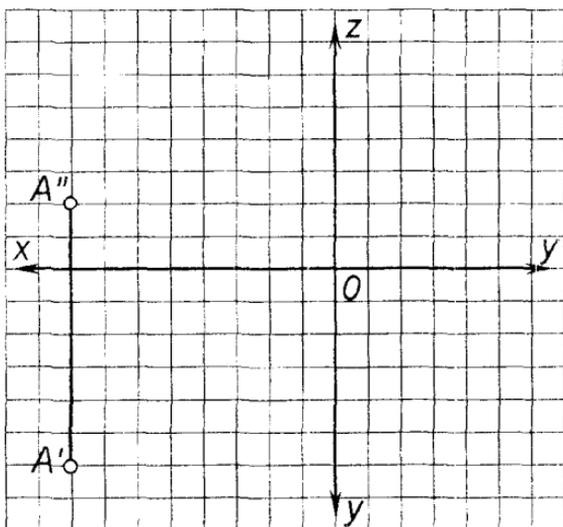


Рис. 1.8. Построить проекции пространственной ломаной линии ***ABCDE*** по координатам точек её вершин:  
***B(30,30,25), C(20,5,25), D(5,15,10), E(5,25,10)***

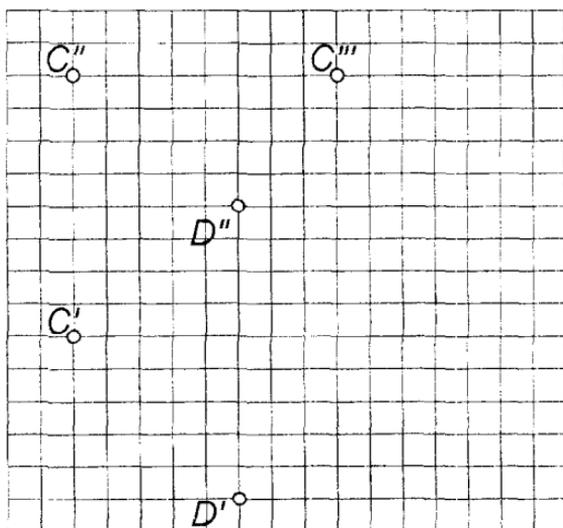


Рис. 1.9. Достроить профильную проекцию точки ***D(D', D'', D'''-?)*** относительно заданной точки ***C(C', D'', D''')*** без координатных осей:

*Выдать упражнение №1 «Пространственная ломаная линия».*

По заданным в табл. 1.2. координатам точек построить графиче-

ское условие – фронтальную и горизонтальную проекции пространственной ломаной линии.

Таблица 1.2

Упражнение 1 «Пространственная ломаная линия»													
Тема: Точка. Прямая													
№ вар.	Координата	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
1	X	80	80	80	70	60	45	45	35	25	10	10	20
	Y	25	25	10	10	20	20	35	45	35	35	35	15
	Z	10	20	35	50	50	50	35	35	25	25	10	0
2	X	75	75	60	50	50	40	25	15	5	5	15	25
	Y	15	25	25	35	50	40	50	50	25	25	25	5
	Z	35	35	45	45	35	20	20	10	10	25	25	35
3	X	80	80	70	70	60	50	40	30	20	20	10	10
	Y	30	45	45	25	15	15	15	5	20	20	20	5
	Z	50	35	25	10	20	5	5	35	35	50	50	50
4	X	80	80	70	60	45	45	35	35	20	10	10	10
	Y	25	10	10	25	35	45	45	25	15	15	15	25
	Z	40	40	50	50	35	20	20	20	30	30	10	10
5	X	75	75	75	65	55	45	35	25	15	15	15	0
	Y	45	45	35	25	25	10	10	10	20	20	40	30
	Z	50	35	25	25	40	25	25	5	5	15	15	5
6	X	80	80	80	70	55	55	45	30	30	20	10	10
	Y	30	20	10	10	20	35	35	45	45	35	20	20
	Z	50	50	30	15	15	25	25	10	40	40	25	35
7	X	80	80	80	80	65	55	55	45	30	30	20	5
	Y	10	10	20	35	20	20	5	5	5	25	40	20
	Z	15	25	35	35	55	45	45	45	10	10	25	25
8	X	75	65	65	65	55	45	35	25	15	15	5	5
	Y	10	20	25	35	35	50	50	30	30	30	40	55
	Z	50	40	25	25	10	10	20	35	35	50	50	40
9	X	80	80	80	80	70	55	40	40	30	15	5	5
	Y	10	20	20	30	30	50	35	25	25	40	40	40
	Z	30	30	50	50	50	40	40	15	5	20	20	5
10	X	80	80	80	65	65	50	50	40	25	10	10	0
	Y	10	10	20	30	40	40	25	25	45	30	15	15
	Z	20	30	40	50	50	40	30	20	20	5	15	15
11	X	70	80	70	60	55	45	45	35	25	25	10	10
	Y	10	10	25	25	40	40	40	40	30	20	20	35
	Z	20	30	50	50	40	40	25	15	15	30	10	10

№ вар.	Коор- дината	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
12	X	75	75	75	65	55	55	40	30	20	20	10	10
	Y	20	20	10	10	20	35	35	45	30	30	30	15
	Z	10	20	35	35	50	50	35	35	25	5	5	5
13	X	75	75	60	50	40	40	25	15	15	5	5	5
	Y	10	25	25	35	35	50	50	35	35	20	20	5
	Z	35	35	45	45	35	20	20	10	25	30	10	10
14	X	75	75	65	55	45	45	35	25	15	5	5	5
	Y	30	45	45	25	25	25	10	20	20	10	10	0
	Z	35	35	35	10	10	20	20	35	50	50	35	20
15	X	75	75	65	65	55	45	35	35	25	10	10	0
	Y	35	45	45	30	20	10	10	35	25	25	25	10
	Z	45	30	20	10	10	25	25	25	40	40	55	55
16	X	75	75	75	65	55	45	35	25	25	15	15	15
	Y	45	35	35	25	15	15	30	30	45	45	35	10
	Z	25	25	45	45	30	30	10	20	20	20	5	5
17	X	70	80	80	70	50	40	30	20	20	10	10	10
	Y	20	20	10	10	25	35	35	25	5	5	5	15
	Z	50	40	30	15	30	30	20	10	10	10	35	45
18	X	60	75	75	75	60	50	40	25	25	15	15	5
	Y	15	20	20	35	35	25	25	10	10	10	0	0
	Z	5	15	25	35	50	50	50	40	25	25	25	10
19	X	75	65	65	65	55	40	30	20	20	20	5	5
	Y	20	10	25	35	35	20	20	10	10	40	50	50
	Z	50	40	25	25	10	20	20	20	5	5	5	35
20	X	70	85	85	85	60	60	45	35	25	25	10	0
	Y	10	25	25	35	45	35	35	50	35	35	15	15
	Z	25	35	50	50	50	35	35	20	20	5	5	15
21	X	80	80	80	65	65	50	50	35	20	20	10	10
	Y	10	10	20	30	40	50	30	30	20	5	5	5
	Z	20	30	45	45	45	30	20	20	10	10	10	30
22	X	65	75	75	65	50	35	35	25	15	15	5	5
	Y	5	15	30	40	40	50	30	30	45	20	20	20
	Z	20	30	45	45	30	20	20	20	10	10	10	25
23	X	75	75	75	65	55	40	40	30	20	5	5	15
	Y	25	25	10	10	20	35	50	50	35	35	35	15
	Z	10	20	35	50	50	35	35	35	25	25	5	5

№ вар.	Координата	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
24	X	75	75	60	50	40	40	25	15	5	5	5	20
	Y	15	25	25	35	35	50	50	35	25	15	15	5
	Z	35	35	45	35	35	20	20	10	10	10	30	30
25	X	75	75	65	65	55	45	45	35	25	25	10	10
	Y	40	50	50	30	30	10	10	10	20	35	35	35
	Z	45	35	25	10	10	20	35	35	50	50	50	40
26	X	75	75	65	50	40	40	30	30	15	5	5	5
	Y	20	10	10	20	30	45	45	25	10	10	10	25
	Z	40	40	50	50	40	20	20	20	30	30	10	10
27	X	60	75	75	65	55	45	35	25	25	10	10	20
	Y	45	45	35	35	25	25	15	25	35	35	20	10
	Z	45	35	25	25	15	15	15	35	35	35	50	50
28	X	70	80	80	70	50	40	30	30	20	20	20	5
	Y	20	20	10	10	20	35	50	50	50	25	15	10
	Z	50	40	30	15	25	25	40	15	15	5	5	5
29	X	75	75	75	60	50	40	25	25	15	15	5	5
	Y	10	10	20	20	35	50	50	30	20	40	40	35
	Z	15	25	35	50	50	35	35	35	20	20	5	5
30	X	75	65	65	65	55	45	45	35	25	25	15	5
	Y	10	10	25	35	50	50	50	30	20	20	20	35
	Z	50	40	25	25	10	10	25	40	40	50	50	50

**В упражнении необходимо:**

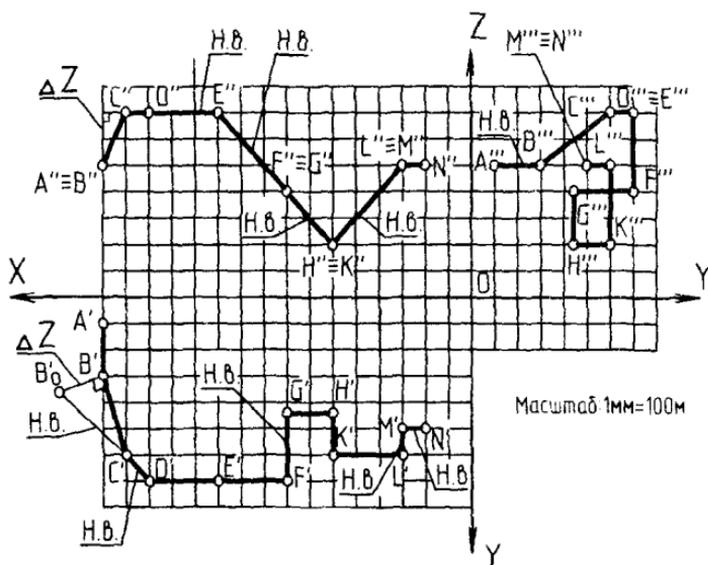
1. Построить профильную проекцию ломаной линии.
2. Определить положение каждого отрезка ломаной линии относительно плоскостей проекций H, V и W; написать наименование каждого отрезка и отметить проекции отрезков, имеющих на чертеже натуральную величину.

3. Для прямых линий общего положения показать построение их натуральной величины способом прямоугольного треугольника.

4. Определить общую длину ломаной в метрах, считая, что ее чертеж выполнен в масштабе 1:100.

Задание выполнить на формате А4 или А3 миллиметровой бумаги и оформить по образцу (рис. 1.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
X	80	80	75	70	55	40	40	30	30	15	15	10
Y	5	15	30	35	35	35	22	22	30	30	25	25
Z	25	25	35	35	35	20	20	10	10	25	25	25



$$L_{AN} = A'B' + B'C' + C'D' + D'E' + E''F'' + F''G'' + G''H'' + H''K'' + K''L'' + L'M' + M'N' =$$

$$= 1000 + 2000 + 500 + 1500 + 2000 + 1500 + 1400 + 700 + 1500 + 500 + 500 = 15900 \text{ м}$$

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| AB - фронтально-проецирующая | BC - общего положения        |
| CD - горизонтальная          | DE - профильно-проецирующая  |
| EF - фронтальная             | FG - фронтально-проецирующая |
| GH - фронтальная             | HK - фронтально-проецирующая |
| KL - фронтальная             | LM - фронтально-проецирующая |
| MN - профильно-проецирующая  |                              |

БНТУ	Упражнение №1		
Разработал			Вар №
Проверил			Гр

Рис. 1.10. Образец выполнения упражнения № 1

## Занятие 2

Тема 2. Прямая. Прямая общего положения. Частные положения прямой относительно плоскостей проекций. Принадлежность точки прямой.

### Вопросы:

1. Какие положения относительно плоскостей проекций может занимать прямая линия и как называются прямые в каждом возможном случае?

2. Какие характерные признаки на чертеже имеют прямые общего положения, прямые уровня и прямые проецирующие?

3. Теорема о принадлежности точки прямой.

4. Что такое «собирательное» свойство проецирующих прямых?

### Задачи:

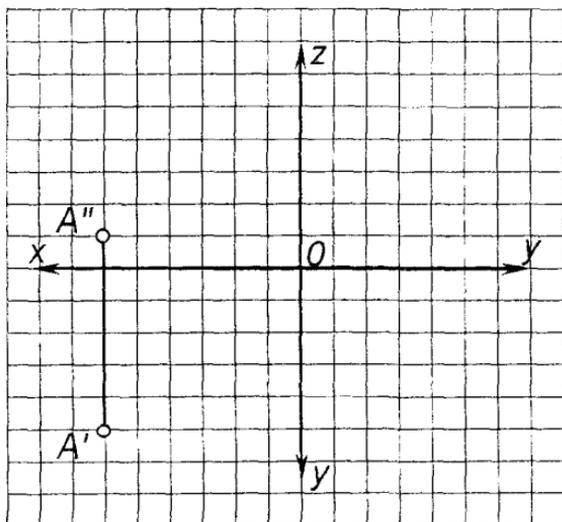


Рис. 2.1. Построить фронтальную, горизонтальную и профильную проекции отрезка  $AB$  по заданным проекциям точки  $A(A', A'')$  и заданным координатам точки  $B(10, 5, 25)$ . Какое положение занимает отрезок  $AB$  относительно плоскостей проекций? Построить проекции точки  $C$ , лежащей на прямой  $AB$  и расположенной на расстоянии 15 мм от плоскости  $H$

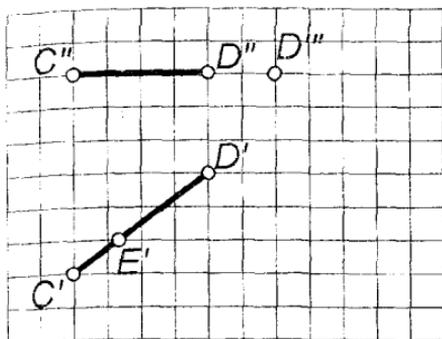


Рис. 2.2. Достроить профильную проекцию отрезка  $CD$ . Как отрезок  $CD$  расположен относительно плоскостей проекций? Достроить проекции точки  $E$ , лежащей на этом отрезке

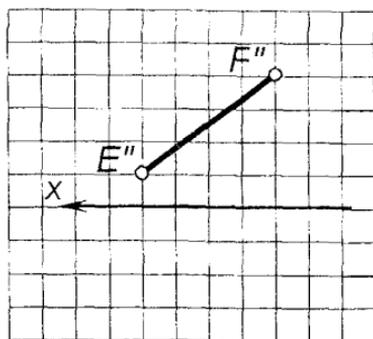


Рис. 2.3. Достроить горизонтальную проекцию отрезка  $AB$ , параллельного плоскости  $V$  и расположенного от неё на расстоянии 15 мм

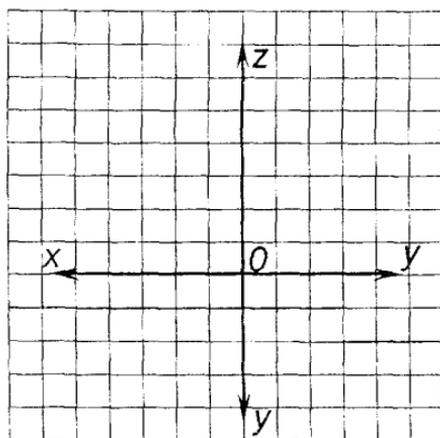


Рис. 2.4. Построить проекции отрезка  $MN$  длиной 20 мм, перпендикулярного к горизонтальной плоскости проекций  $H$  и расположенного на расстоянии: 20 мм от плоскости  $W$ , и 15 мм от плоскости  $V$ ; нижний конец отрезка расположен на расстоянии 5 мм от плоскости  $H$

Тема 2 (продолжение). Следы прямой. Деление отрезка в заданном отношении. Построение натуральной величины отрезка общего положения способом прямоугольного треугольника. Взаимное положение двух прямых и признаки их изображения на чертеже. Перпендикулярность прямых. Теорема о проецировании прямого угла и построение прямого угла на чертеже.

### Вопросы:

5. Что такое *след прямой* и как строятся на чертеже проекции фронтального и горизонтального следов?
6. Как на чертеже разделить проекции прямой в заданном отношении?
7. Какой угол является *углом наклона* прямой к плоскости проекций?
8. Каким способом можно определить на чертеже *натуральную величину* отрезка прямой общего положения и углы её наклона к плоскостям проекций?
9. Как построить на проекции прямой с одной конечной точкой проекции отрезка заданной величины?
10. Какое *взаимное положение* могут занимать две прямые?
11. Какие *характерные признаки* на чертеже имеют параллельные, пересекающиеся и скрещивающиеся прямые?
12. *Теорема о проецировании прямого угла* и графическое условие построения проекции прямого угла на чертеже?

### Задачи:

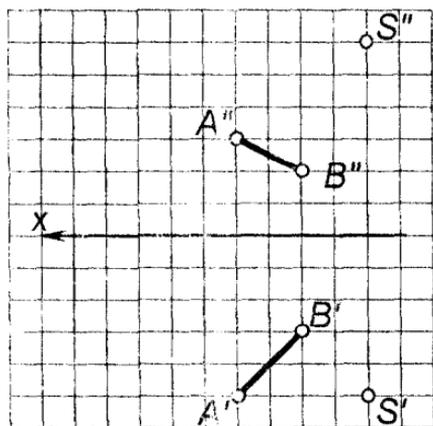


Рис. 2.5. Построить центральную проекцию отрезка  $AB$  на плоскость  $H$

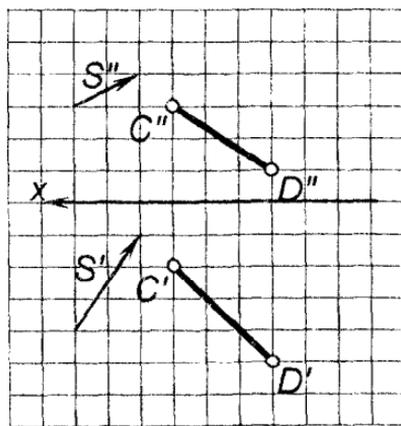


Рис. 2.6. Построить параллельную проекцию отрезка  $CD$  на плоскость  $V$  по направлению проецирования  $S$

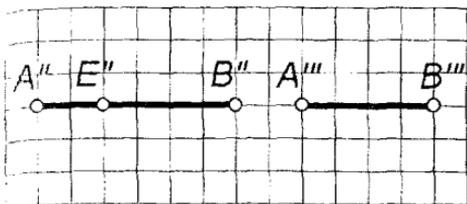


Рис. 2.7. Построить профильную проекцию точки  $E(E'', E'''-?)$ , лежащей на отрезке  $AB$  делением отрезка в заданной отношении

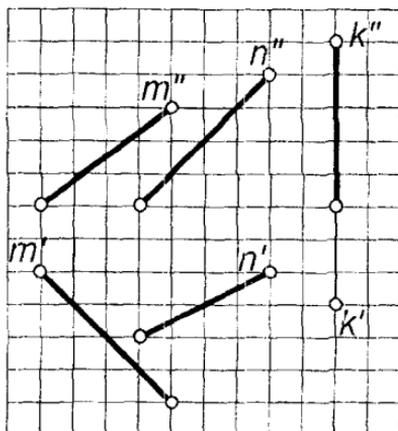


Рис. 2.8. Пересечь скрещивающиеся прямые  $m, n$  и  $k$  фронтальной прямой  $a$

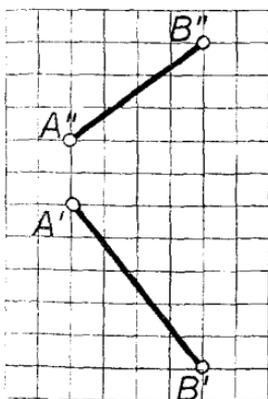


Рис. 2.9. Определить натуральную величину отрезка  $AB$  и углы его наклона к плоскостям проецирования  $H$  и  $V$

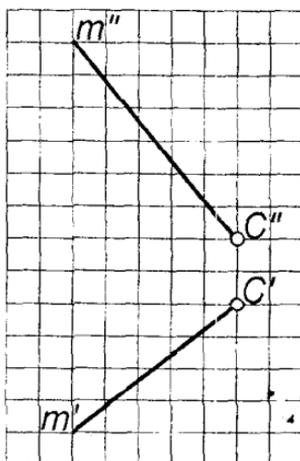


Рис. 2.10. На прямой  $m(m', m'')$  построить проекции отрезка  $CD=25 \text{ мм}$

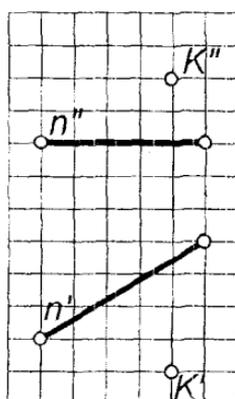


Рис. 2.11. К прямой  $n(n', n'')$  провести через точку  $K$  проекции перпендикулярной прямой  $m$  (расстояние от точки до прямой)

*Выдать упражнение №2 «Плоский контур».*

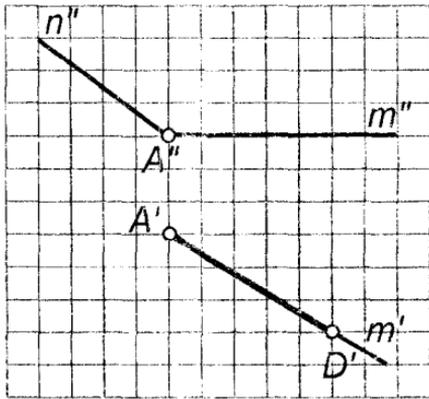


Рис. 2.12. Достроить проекции квадрата  $ABCD$ , сторона  $AD$  которого лежит на прямой  $m(m',m'')$ , а вершина  $B$  лежит на прямой  $n(n',n'')$

По заданным в табл. 2.1 координатам точек  $A$ ,  $M$  и  $K$  построить графическое условие – фронтальные и горизонтальные проекции отрезка  $AM$  и точки  $K$ .

В упражнении необходимо выполнить:

**Варианты 1-10:** построить фронтальную и горизонтальную проекции равнобедренной трапеции  $ABCD$  с большим основанием  $AD$ , расположенным на заданном отрезке  $AM$ ; вершина трапеции

точка  $B$  лежит на высоте трапеции, проходящей через заданную точку  $K$ ; высота трапеции  $BO$  и длина меньшего основания трапеции  $BC$  равны  $60$  мм. Определить углы наклона высоты трапеции  $BO$  к плоскостям проекции  $H$  и  $V$ .

**Варианты 11-20:** построить фронтальную и горизонтальную проекции параллелограмма  $ABCD$  со стороной  $AD$ , равной  $80$  мм и расположенной на заданном отрезке  $AM$ ; вершина параллелограмма точка  $B$  лежит на его высоте  $BO$ , проходящей через заданную точку  $K$ ; высота параллелограмма  $BO$  равна  $60$  мм. Определить углы наклона высоты параллелограмма  $BO$  к плоскостям проекций  $H$  и  $V$ .

**Варианты 21-30:** построить фронтальную и горизонтальную проекции равнобедренного треугольника  $ABC$  с основанием  $AC$ , расположенном на заданном отрезке  $AM$ ; вершина треугольника точка  $B$  лежит на высоте треугольника  $BO$ , проходящей через заданную точку  $K$ ; высота треугольника  $BO$  равна  $60$  мм. Определить углы наклона высоты треугольника  $BO$  к плоскостям проекций  $H$  и  $V$ .

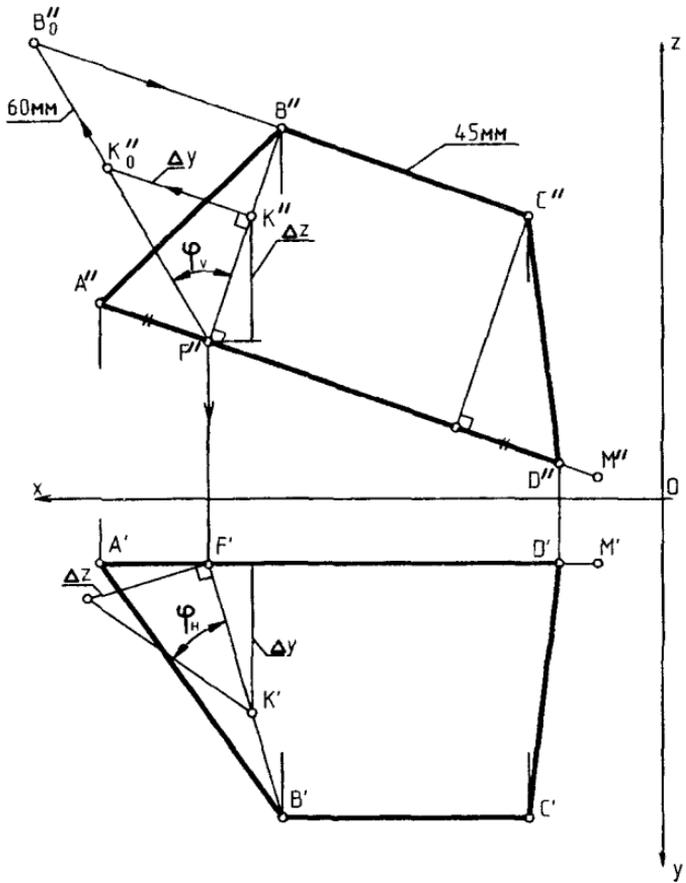
Упражнение выполнить на формате  $A4$  миллиметровой бумаги и оформить по образцу (рис. 2.13).

## Упражнение №2 «Плоский контур»

Тема: Точка. Прямая. Теорема о проекции прямого угла

№ вари- анта	Коор- дината				№ вари- анта				№ вари- анта			
		А	М	К		А	М	К		А	М	К
1	X	140	10	125	11	130	20	85	21	130	10	70
	Y	30	30	50		55	85	30		45	10	85
	Z	10	85	50		50	50	25		25	25	80
2	X	125	0	110	12	15	130	60	22	10	130	45
	Y	5	55	45		40	40	80		25	25	85
	Z	30	30	55		50	15	100		0	45	75
3	X	125	0	95	13	115	10	85	23	30	135	80
	Y	75	75	55		50	20	70		55	85	40
	Z	70	105	60		60	60	30		30	30	60
4	X	15	125	25	14	5	120	50	24	15	130	40
	Y	5	40	45		35	35	90		70	70	30
	Z	25	25	60		60	90	25		10	55	80
5	X	125	10	105	15	130	10	115	25	120	5	85
	Y	40	40	60		0	60	70		80	50	40
	Z	0	70	30		30	30	90		80	80	55
6	X	10	125	40	16	130	0	75	26	130	10	95
	Y	40	90	30		60	60	15		20	20	50
	Z	30	30	60		50	10	90		0	50	60
7	X	20	135	30	17	10	130	65	27	15	130	45
	Y	80	80	50		40	90	25		85	40	30
	Z	20	55	65		30	30	55		75	75	30
8	X	130	0	115	18	130	15	100	28	130	10	80
	Y	0	50	40		80	80	40		25	25	60
	Z	75	75	50		10	65	65		45	80	20
9	X	130	10	90	19	100	0	110	29	10	130	85
	Y	25	25	60		10	60	55		65	0	85
	Z	50	0	70		70	70	45		75	75	30
10	X	15	125	45	20	130	20	70	30	20	130	60
	Y	60	85	25		65	65	30		75	75	45
	Z	70	70	40		60	90	0		85	30	35

	A	M	N
X	130	15	95
Y	15	15	50
Z	45	5	65



БНТУ	Упражнение №2		
Разработал			Вар №
Проверил			Гр.

Рис. 2.13. Образец выполнения упражнения №2

### Занятие 3

**Тема 3. Плоскость. Задание плоскости на чертеже. Следы плоскости. Прямая и точка в плоскости. Положение плоскости относительно плоскостей проекций  $H$ ,  $V$  и  $W$ . Особые линии в плоскости: горизонталь, фронталь, линия ската. Взаимное положение двух плоскостей, прямой и плоскости.**

#### Вопросы:

1. *Какими геометрическими элементами можно задать плоскость на чертеже?*
2. *Что такое след плоскости?*
3. *Теорема о принадлежности прямой линии плоскости.*
4. *Теорема о принадлежности точки плоскости.*
5. *Особые линии в плоскости и как их построить на проекциях плоскости?*
6. *Какие положения может занимать плоскость относительно плоскостей проекций?*
7. *Какие характерные признаки имеют на чертеже плоскости общего положения, плоскости проецирующие и плоскости уровня?*
8. *В чем сущность «собирательного свойства» вырожденных проекций плоскостей частного положения?*
9. *Взаимное положение прямой и плоскости, двух плоскостей, по каким элементам пересекаются плоскости, прямая и плоскость?*
10. *Признак параллельности плоскостей?*
11. *Графический алгоритм построения на чертеже точки пересечения прямой общего положения с плоскостью общего положения и определение их относительной видимости?*
12. *Построение на чертеже линии пересечения двух плоскостей общего положения, проекции которых накладываются, по точкам пересечения прямых линий с плоскостью общего положения?*
13. *Как определяется на чертеже относительная видимость плоскостей?*

Задачи:

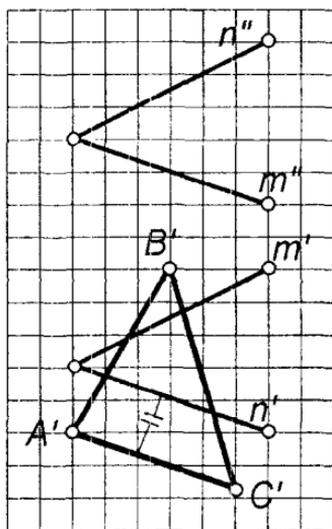


Рис. 3.1. Достроить фронтальную проекцию треугольника  $ABC$ , лежащего в плоскости  $\alpha(m \cap n)$

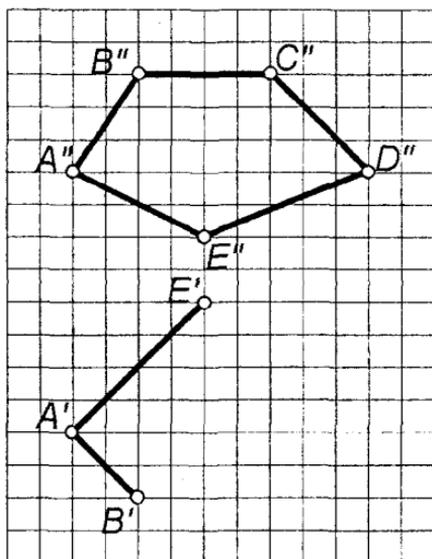


Рис. 3.2. Достроить горизонтальную проекцию пятиугольника  $ABCDE$

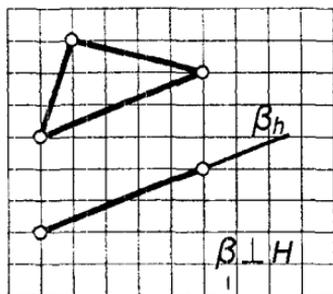


Рис. 3.3. Провести в плоскости частного положения произвольные фронталь  $f$  и горизонталь  $h$

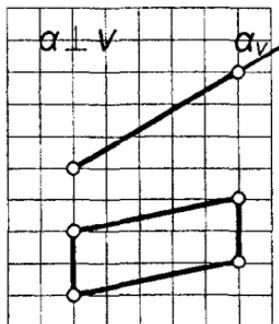


Рис. 3.4. Построить в плоскости частного положения произвольные фронталь  $f$  и горизонталь  $h$

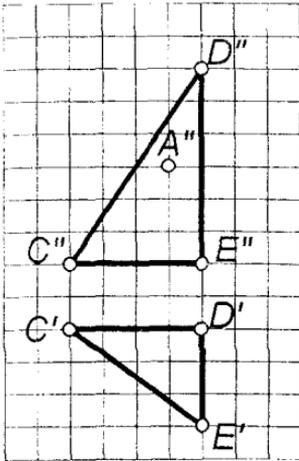


Рис. 3.5. Построить горизонтальную проекцию точки  $A(A'-?, A'')$ , лежащей в плоскости  $\alpha(\triangle CDE)$  (использовать горизонталь плоскости)

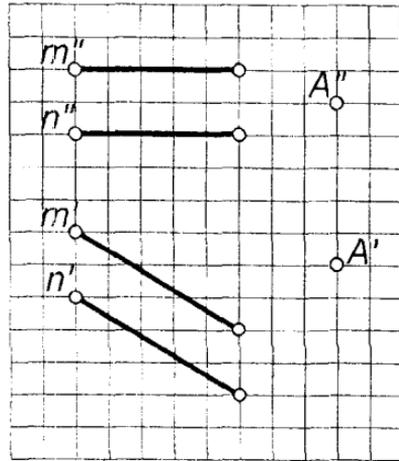


Рис. 3.6. Построить проекции плоскости  $\beta$ , параллельной заданной плоскости  $\alpha(m//n)$  и проходящей через точку  $A(A', A'')$  (использовать фронталь плоскости как вспомогательную прямую)

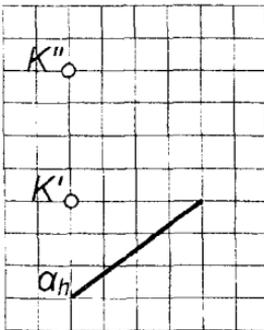


Рис. 3.7. Определить расстояние от точки  $K$  до горизонтально-проецирующей  $\alpha(a_h)$  плоскости

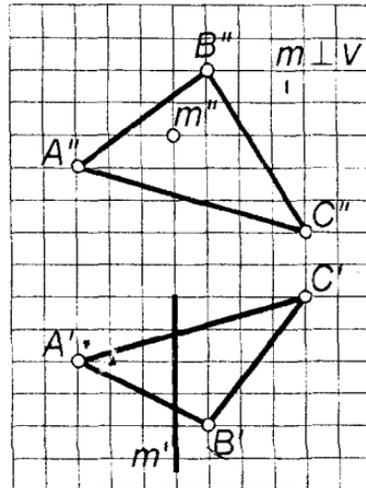


Рис. 3.8. Построить проекции точки пересечения прямой  $m$  с плоскостью  $\alpha(ABC)$

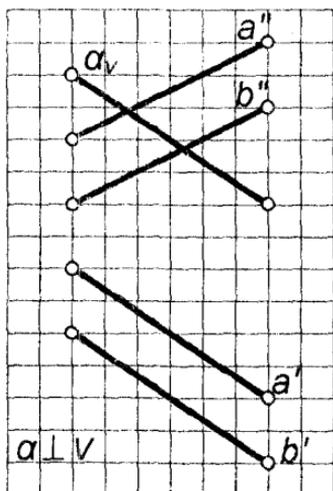


Рис. 3.9. Определить проекции линии пересечения плоскостей  $\alpha(a_v)$  и  $\beta(a''/b'')$

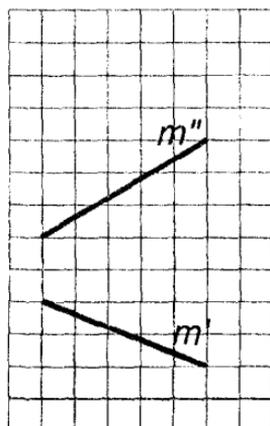


Рис. 3.10. ЗаклЮчить прямую  $m$  во фронтально-проецирующую плоскостью  $\beta(\beta_v)$

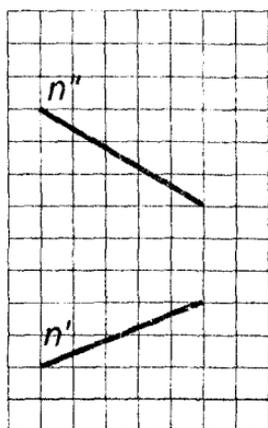


Рис. 3.11. ЗаклЮчить прямую  $n$  в горизонтально-проецирующую плоскостью  $\gamma(\gamma_h)$

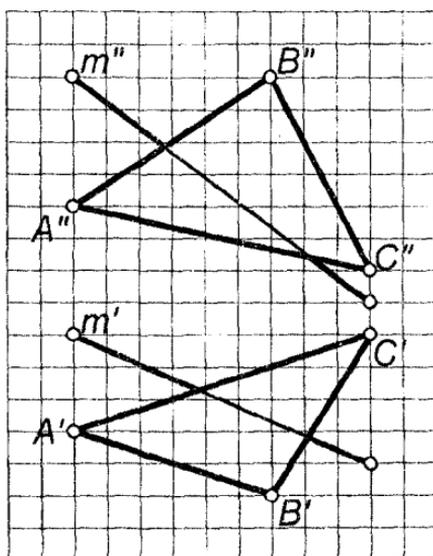


Рис. 3.12. Построить проекции точки пересечения плоскости  $\alpha(ABC)$  с прямой  $m$  и определить их относительную видимость

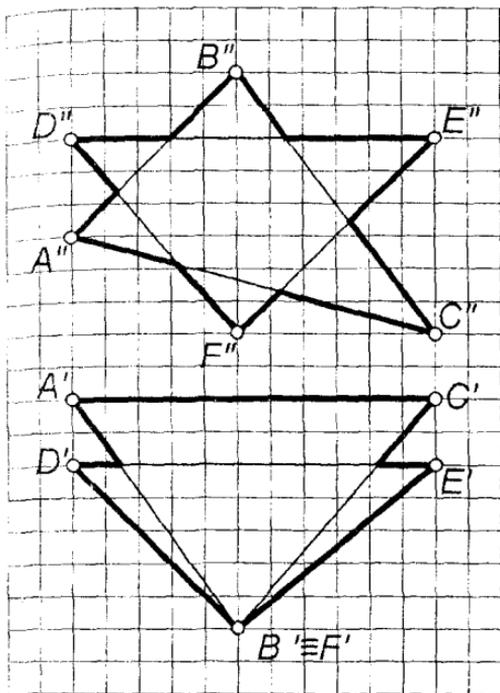


Рис. 3.13. Построить проекции линии пересечения плоскостей  $\alpha(ABC)$  и  $\beta(DEF)$  и определить их относительную видимость

*Выдать упражнение №3 «Пересечение плоскостей».*

По заданным в таблице 3.1 координатам точек построить графическое условие задачи – фронтальную и горизонтальную проекцию треугольной плоскости  $ABC$  и две проекции вершин  $D, E$  и  $F$  второй плоскости.

**В упражнении необходимо выполнить:**

**Варианты 1-10:** построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения  $MN$  двух треугольных плоскостей  $ABC$  и  $DEF$ ; определить на проекциях относительную видимость плоскостей;

**Варианты 11-20:** построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения  $MN$  двух плоскостей – треугольника  $ABC$  и параллелограмма  $DEFG$ , предварительно построив недостающие проекции вершины  $G$ ; определить на проекциях относительную видимость плоскостей;

**Варианты 21-30:** построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения  $MN$  двух плоскостей – треугольника  $ABC$  и четырехугольной плоскости  $DEFG$ , предварительно построить недостающую проекцию вершины  $G$ ; определить на проекциях относительную видимость плоскостей.

Упражнение 3 выполнить на формате А4 миллиметровой бумаги и оформить по образцу (рис. 3.14).

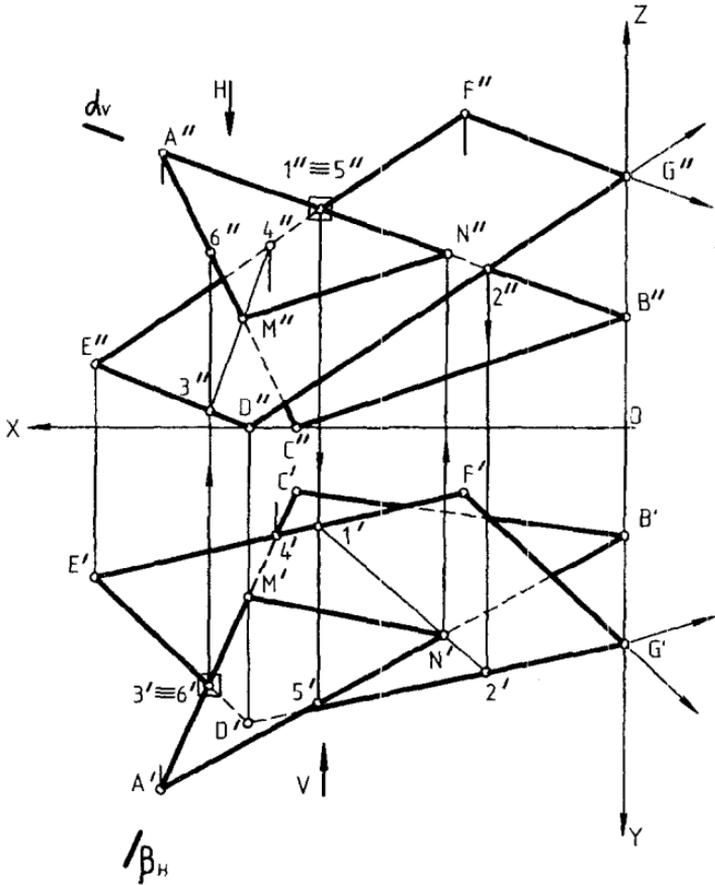
Таблица 3.1

Упражнение 3 «Пересечение плоскостей»							
Тема: «Пересечение прямой и плоскости общего положения»							
№ варианта	Координата	A	B	C	D	E	F
1	X	130	100	30	130	100	10
	Y	75	10	45	20	80	20
	Z	70	10	50	40	80	10
2	X	130	30	80	130	15	100
	Y	50	75	20	70	30	10
	Z	65	65	0	40	60	0
3	X	130	70	20	130	20	70
	Y	80	10	20	55	45	0
	Z	0	80	25	55	75	0
4	X	130	75	20	120	90	20
	Y	0	70	30	70	0	15
	Z	40	70	10	0	80	70
5	X	130	10	85	120	60	10
	Y	60	50	10	40	0	65
	Z	35	90	10	50	90	10
6	X	120	10	65	130	20	85
	Y	0	60	80	30	0	80
	Z	75	10	0	0	35	80
7	X	20	130	65	10	75	130
	Y	10	5	70	40	20	80
	Z	0	30	60	30	75	10
8	X	115	85	10	130	45	10
	Y	80	10	30	20	70	20
	Z	0	65	50	10	70	10
9	X	130	10	50	120	70	10
	Y	65	40	0	40	0	65
	Z	70	60	0	0	80	40
10	X	120	10	70	130	90	30
	Y	0	30	70	20	80	0
	Z	70	30	0	0	80	10

№ ва- рианта	Коор- дината	A	B	C	D	E	F
11	X	120	10	30	75	110	50
	Y	10	80	0	80	50	0
	Z	30	75	0	0	20	70
12	X	130	20	50	35	120	85
	Y	70	70	10	80	50	10
	Z	20	70	0	5	40	70
13	X	120	90	10	120	70	10
	Y	80	10	10	40	20	50
	Z	0	70	20	30	0	60
14	X	130	20	90	105	130	35
	Y	65	35	10	10	45	80
	Z	80	10	0	55	20	0
15	X	0	130	35	0	35	115
	Y	60	40	0	40	0	10
	Z	60	35	10	30	0	60
16	X	120	15	100	55	130	95
	Y	70	30	5	10	15	70
	Z	40	65	0	70	70	10
17	X	130	20	90	0	60	130
	Y	60	50	10	20	20	60
	Z	80	50	20	40	85	40
18	X	130	10	100	0	50	120
	Y	20	20	70	40	5	60
	Z	60	60	10	5	60	70
19	X	130	80	20	115	20	0
	Y	10	80	40	0	10	60
	Z	10	75	50	65	65	20
20	X	10	70	130	50	5	80
	Y	20	70	0	20	40	90
	Z	60	0	60	10	40	70

№ вари- анта	Коорди- ната	A	B	C	D	E	F	G
21	X	130	15	80	130	90	45	20
	Y	65	80	20	20	80	65	?
	Z	60	40	0	75	20	25	55
22	X	130	15	65	110	110	55	25
	Y	0	65	0	20	70	60	20
	Z	60	45	0	70	25	15	?
23	X	15	130	45	110	25	10	80
	Y	60	60	10	75	75	30	?
	Z	70	50	20	20	20	55	70
24	X	30	110	85	65	10	110	130
	Y	70	40	0	0	40	60	30
	Z	50	80	0	85	30	15	?
25	X	130	20	45	115	100	10	85
	Y	60	60	15	35	0	0	?
	Z	25	75	10	40	60	60	10
26	X	20	130	85	10	35	110	85
	Y	15	0	65	55	20	20	65
	Z	40	70	0	70	20	20	?
27	X	105	10	55	120	20	35	80
	Y	55	55	10	25	25	70	?
	Z	70	35	10	25	60	0	0
28	X	20	70	130	35	110	95	10
	Y	20	60	10	10	0	60	40
	Z	0	60	0	55	35	0	?
29	X	110	20	130	20	55	130	80
	Y	60	25	0	25	10	60	?
	Z	5	45	60	30	10	35	80
30	X	130	50	20	10	110	95	30
	Y	30	70	0	10	10	60	60
	Z	10	70	30	60	50	0	?

	A	B	C	D	E	F	G
X	105	0	75	85	120	35	0
Y	65	25	15	70	35	15	50
Z	85	25	5	0	15	75	60



БНТУ	Упражнение №3		
Разработал			Вар №
Проверил /			Гр.

Рис. 3.14. Образец выполнения упражнения №3

## Занятие 4

Тема 4. Поверхности. Гранные поверхности. Призма. Пирамида. Сечения поверхностей плоскостями частного положения.

### Вопросы:

1. Какой способ образования поверхности принят в начертательной геометрии?
2. Что такое направляющая и образующая линии поверхности?
3. Какие поверхности относятся к линейчатым?
4. Что такое определитель поверхности?
5. Как образуются призматическая и пирамидальная поверхности?
6. Призма как геометрическое тело. Прямая правильная призма.
7. Пирамида как геометрическое тело. Правильная пирамида.
8. Какие характерные признаки на чертеже у прямой правильной призмы и правильной пирамиды?
9. Какие линии образуются на поверхностях призмы и пирамиды при их сечении плоскостями?

### Задачи:

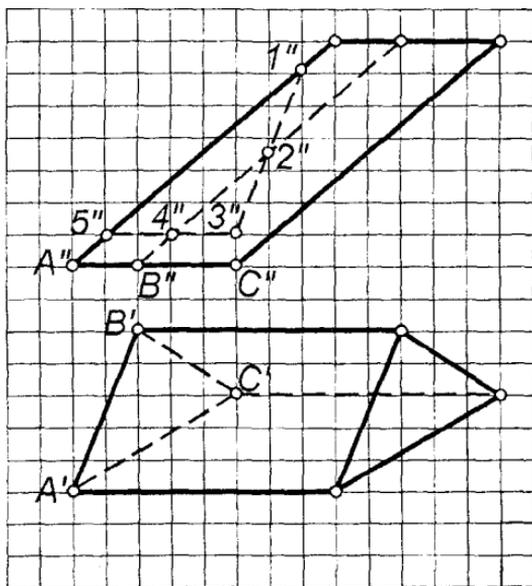


Рис. 4.1. Построить горизонтальную проекцию ломаной линии 1-2-3-4-5, лежащей на боковой поверхности наклонной неправильной призмы

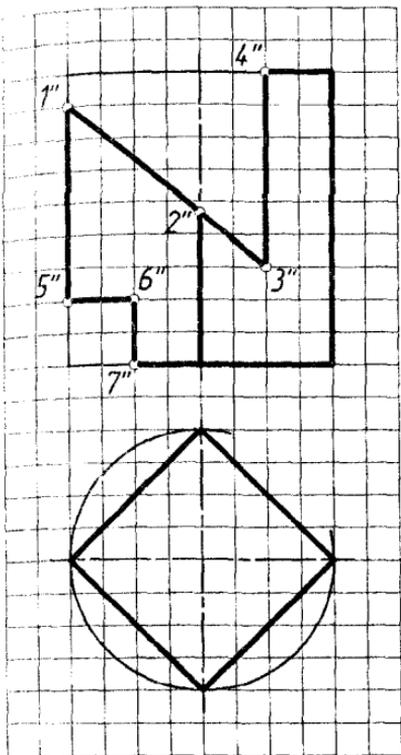


Рис. 4.2. Дорестроить горизонтальную и построить профильную проекции призмы

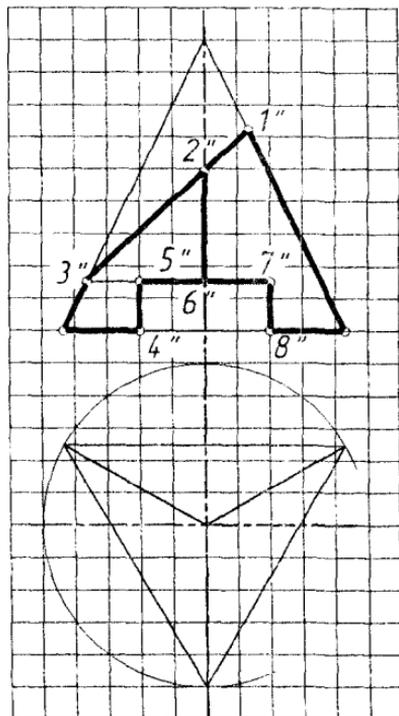


Рис. 4.3. Дорестроить горизонтальную и построить профильную проекции пирамиды

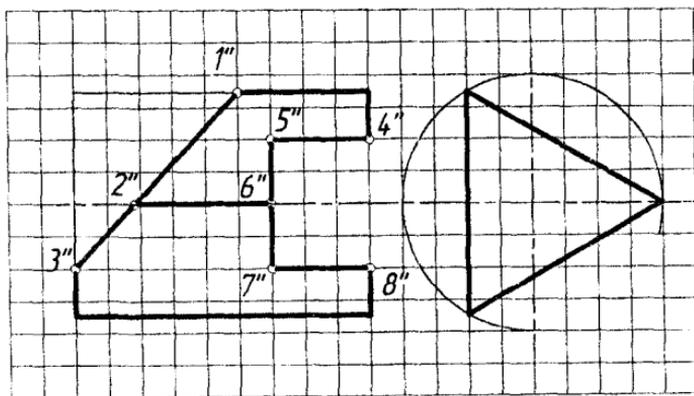


Рис. 4.4. Дорестроить профильную и построить горизонтальную проекции призмы

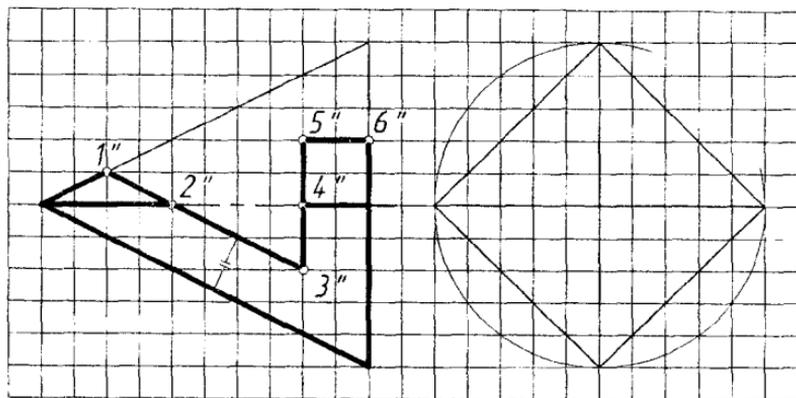


Рис. 4.5. Достроить профильную и построить горизонтальную проекции пирамиды

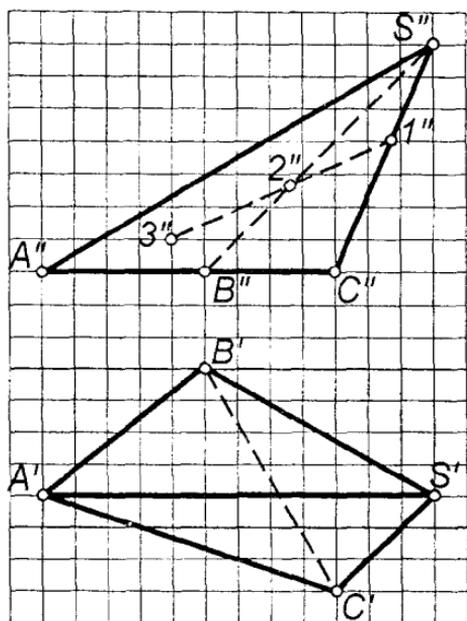


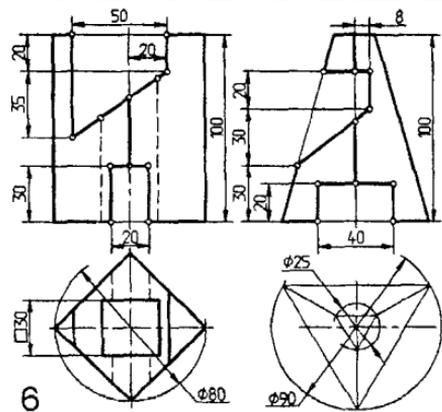
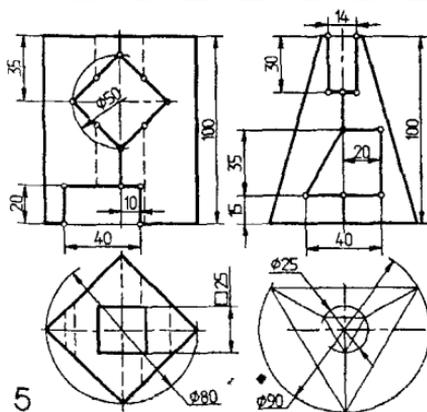
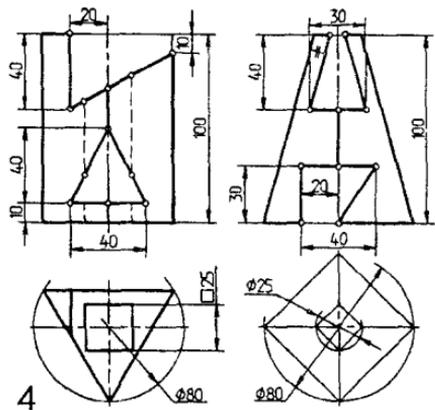
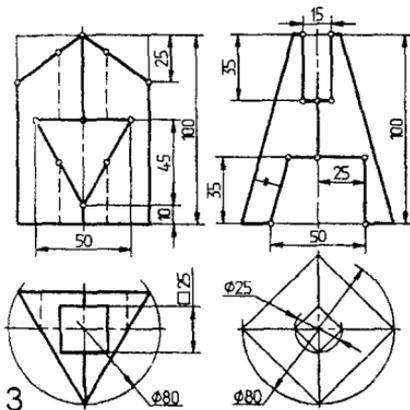
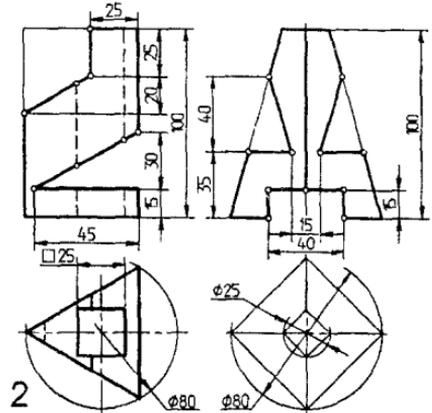
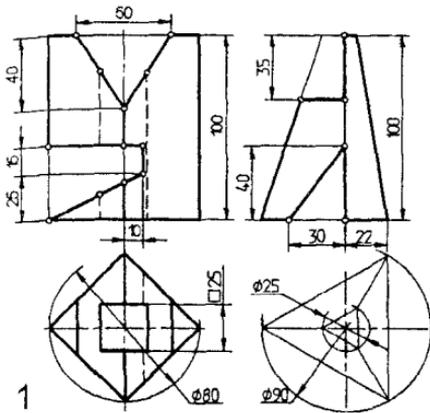
Рис. 4.6. Построить горизонтальную проекцию ломаной линии 1-2-3, лежащей на боковой поверхности неправильной пирамиды

*Выдать графическую работу №1 «Призма, пирамида».*

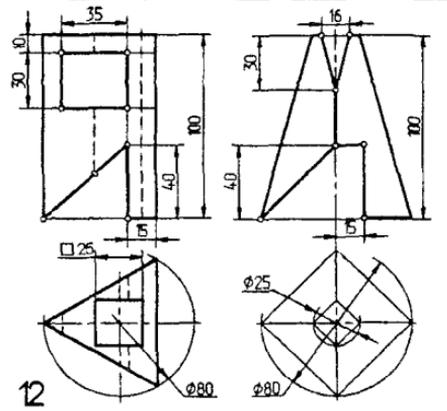
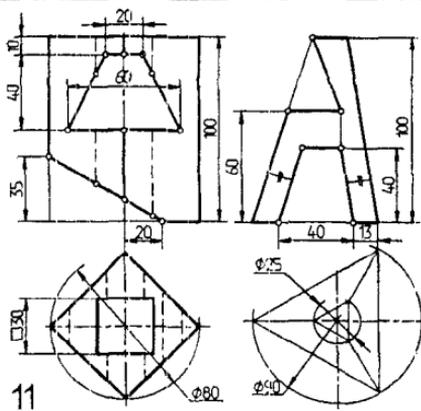
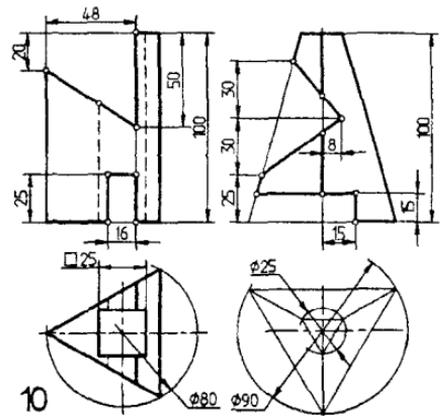
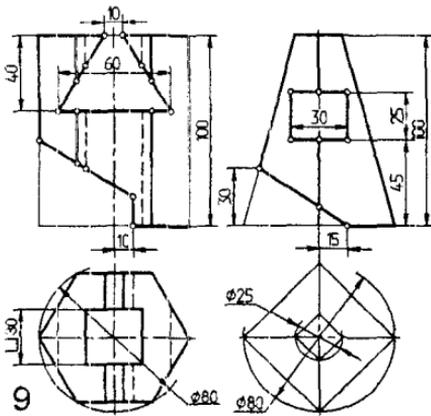
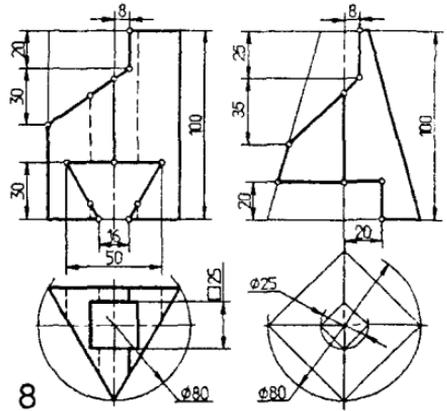
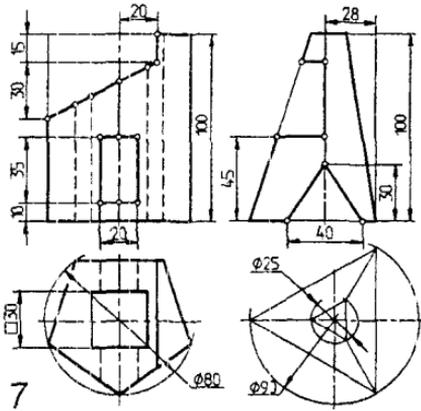
По заданным проекциям призмы и пирамиды со срезами плоскостями частного положения построить их профильные проекции. Исходные данные взять из табл. 4.1.

Графическую работу выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 4.7).

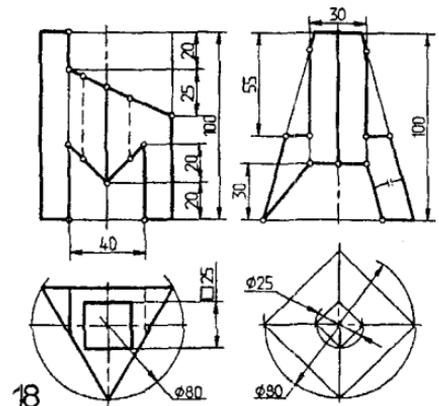
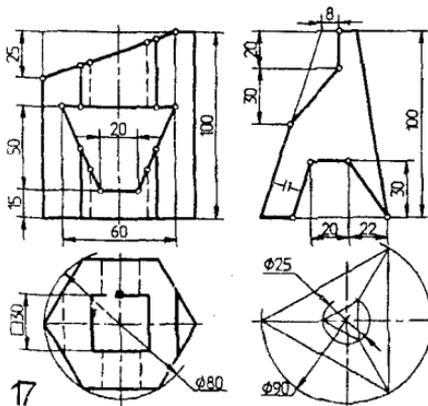
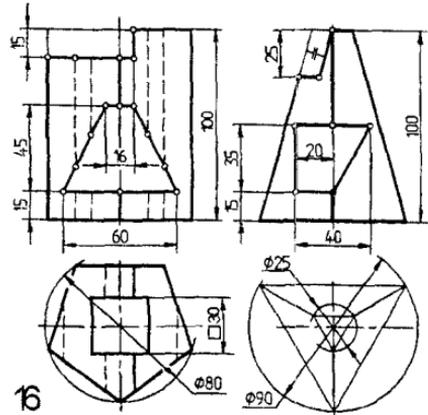
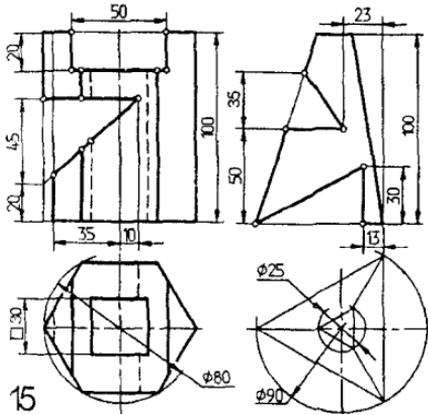
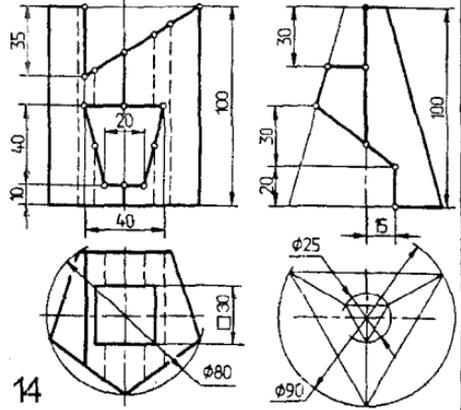
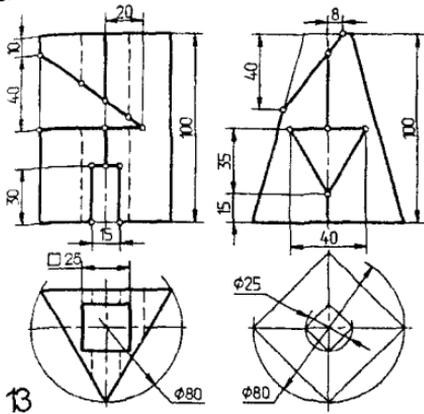
## Тема. Гранные поверхности: призма и пирамида



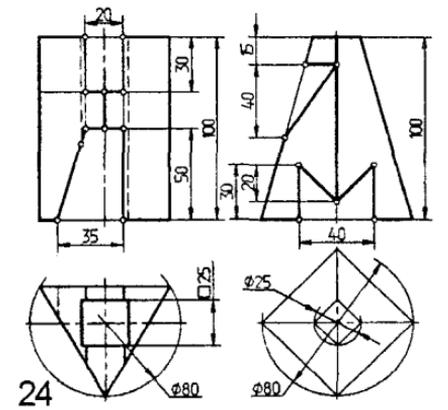
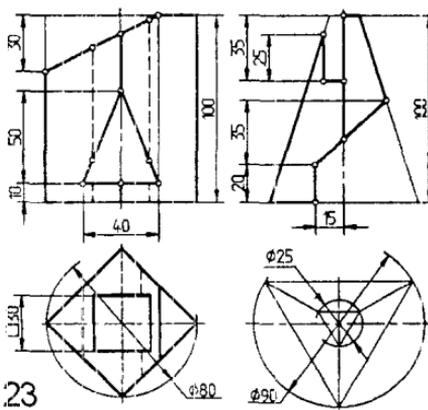
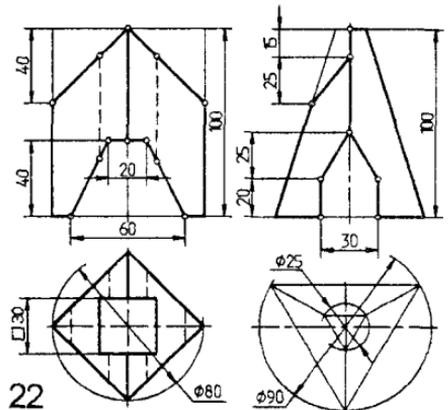
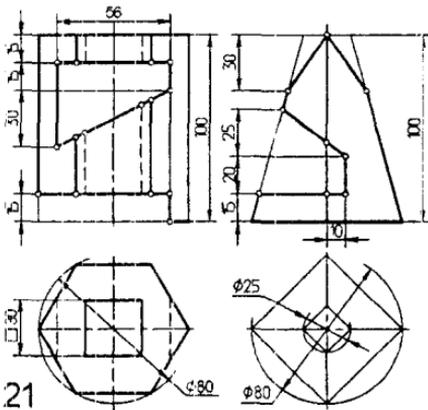
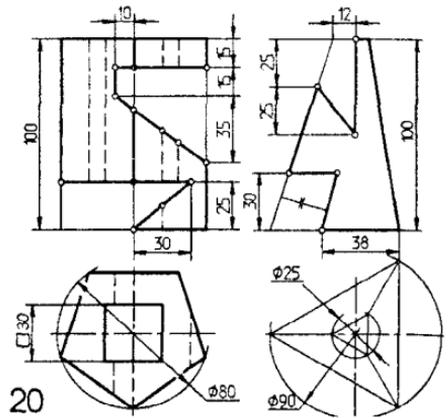
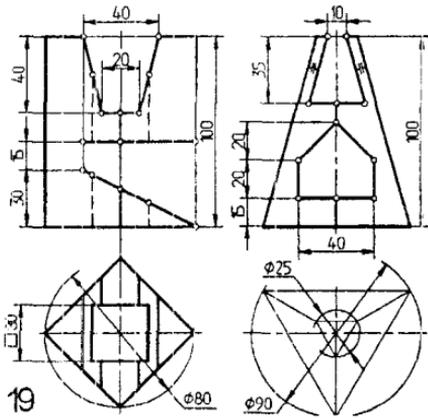
Тема. Гранные поверхности: призма и пирамида



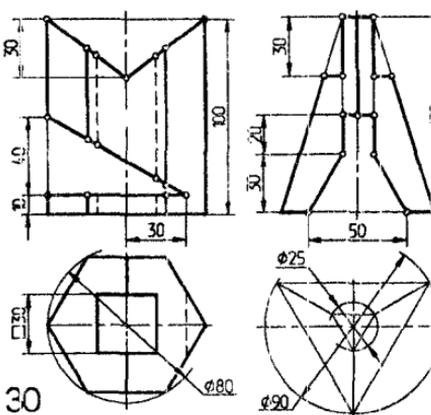
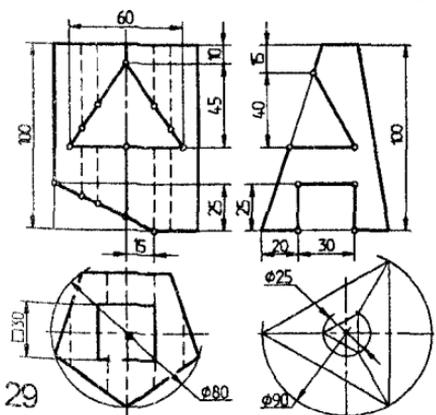
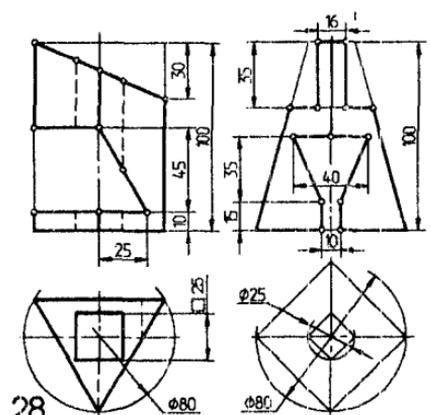
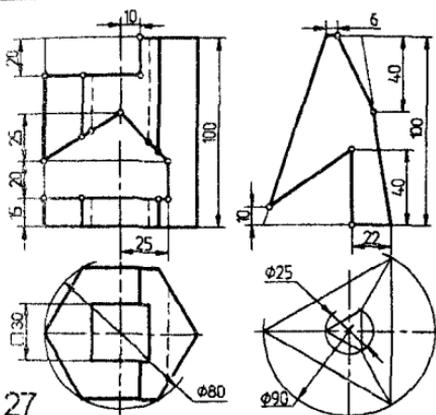
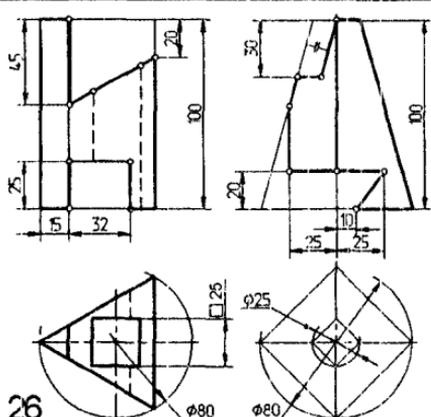
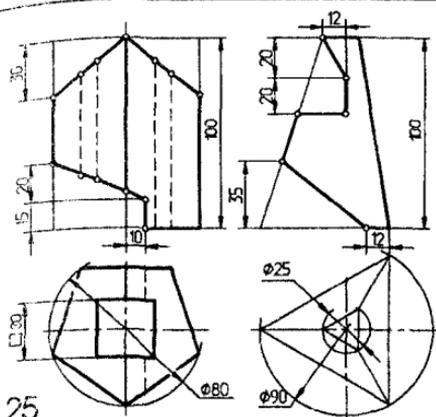
Тема. Гранные поверхности: призма и пирамида

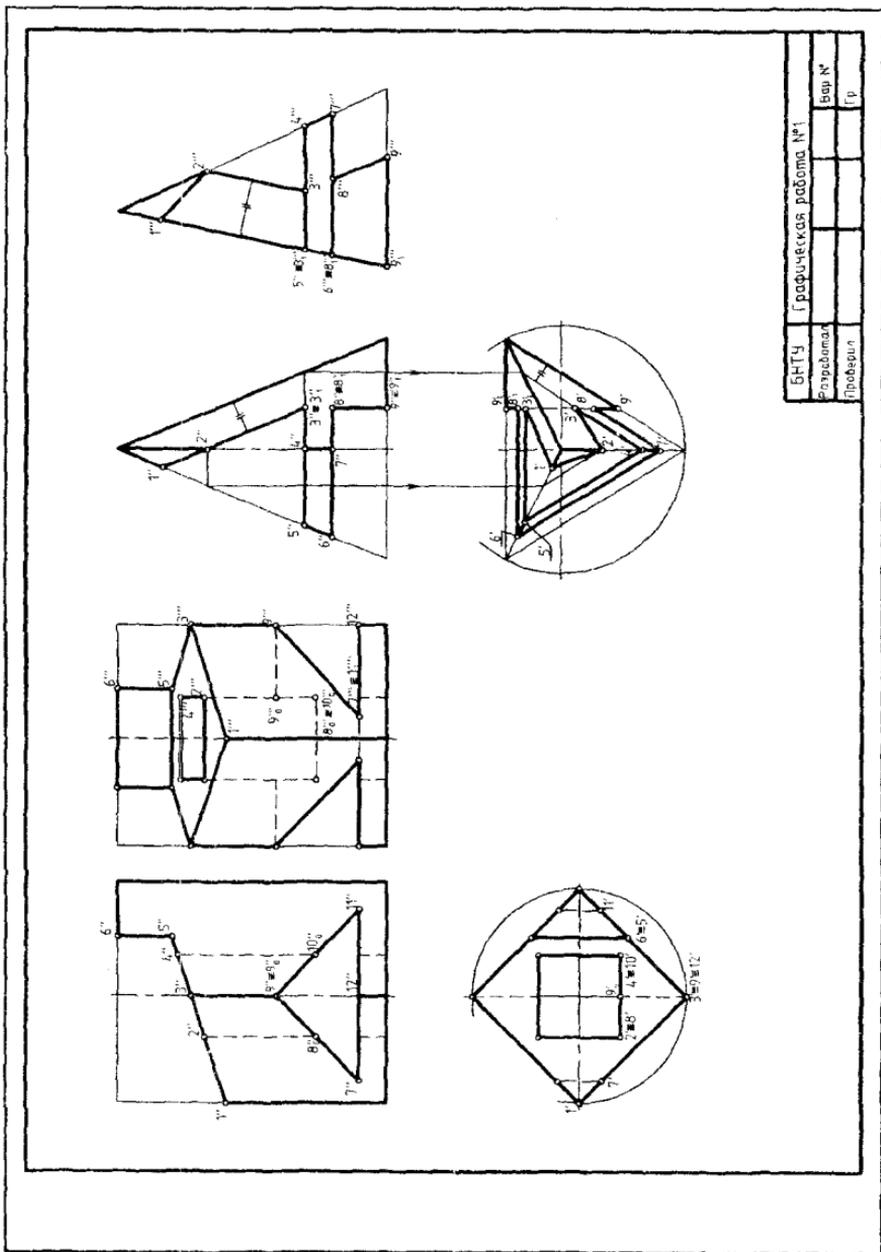


Тема. Гранные поверхности: призма и пирамида



Тема. Гранные поверхности: призма и пирамида





БНТУ	Графическая работа №1
Защитная	Верх №
Проверил	Гр

Рис. 4.7. Образец выполнения графической работы №1

## Занятие 5

Тема 5. Кривые поверхности. Кривые линейчатые поверхности: поверхности вращения прямой – круговой цилиндр и прямой круговой конус; эллиптические поверхности – эллиптический цилиндр и конус; сечения цилиндра и конуса плоскостями частного положения.

### Вопросы:

1. Как образуются поверхности вращения?

2. Какие характерные линии различают на поверхности вращения?

3. Как образуются поверхности цилиндра и конуса?

4. К каким поверхностям – линейчатым или нелinearчатым – относятся цилиндр и конус и какой порядок имеют эти поверхности?

5. Цилиндр и конус как геометрические тела.

6. Какие характерные признаки на чертеже имеют цилиндр и конус?

7. Сечения поверхности цилиндра плоскостями частного положения?

8. Сечения поверхности конуса плоскостями частного положения?

9. Какой цилиндр и какой конус называют эллиптическими (поверхности не вращения)?

### Задачи:

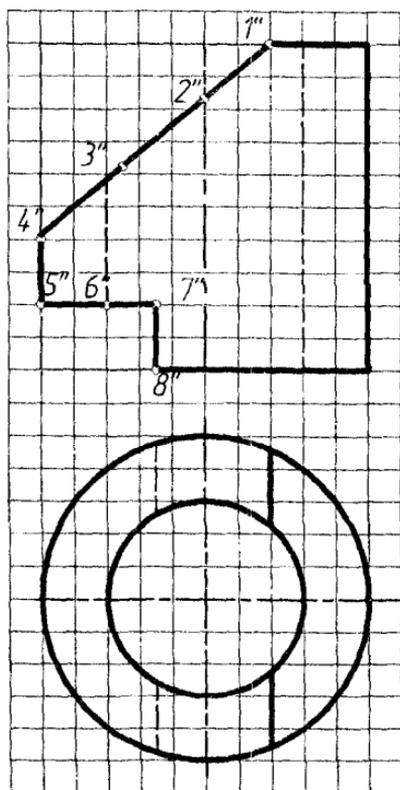


Рис. 5.1. Построить профильную проекцию цилиндра с отверстием

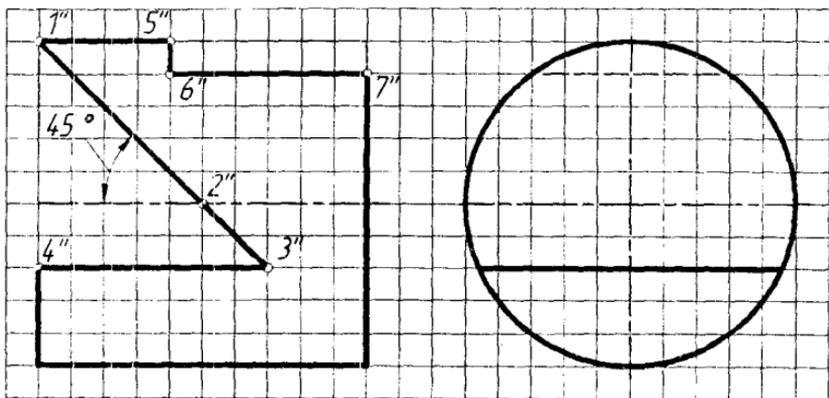


Рис. 5.2. Построить горизонтальную проекцию цилиндра

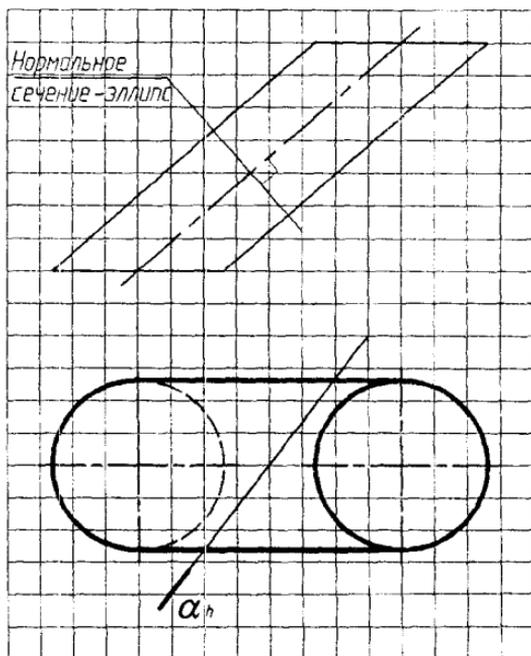


Рис. 5.3. Построить фронтальную проекцию линии сечения эллиптического цилиндра горизонтально-проецирующей плоскостью  $\alpha_h$

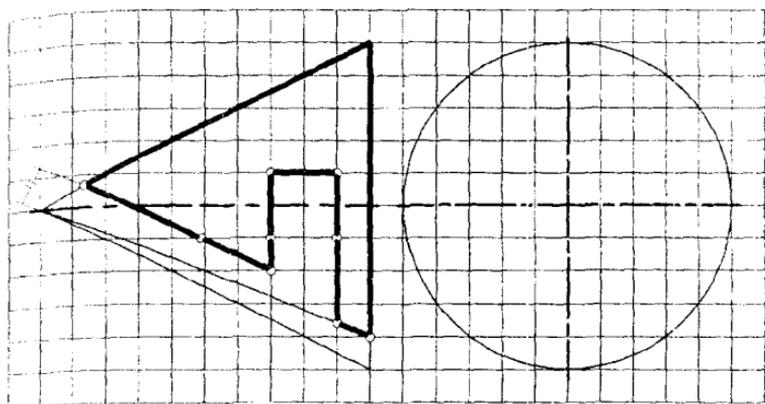


Рис. 5.5. Построить горизонтальную и построить профильную проекции конуса

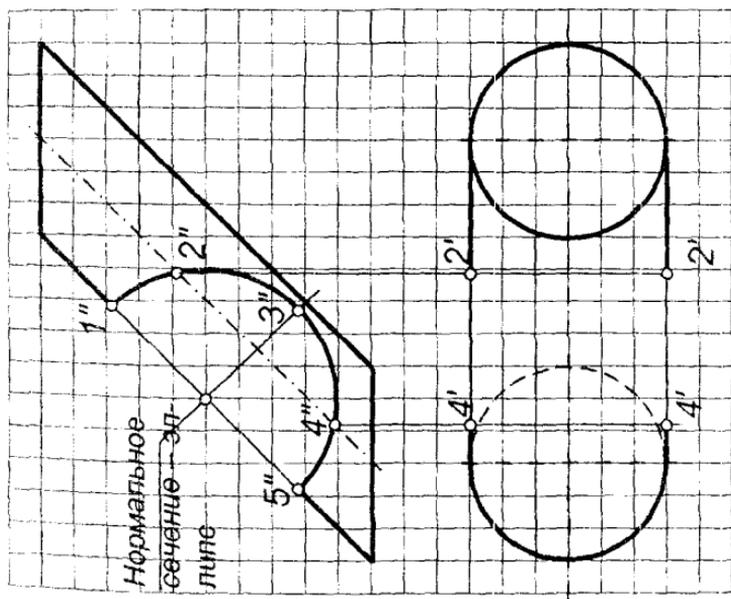


Рис. 5.4. Построить горизонтальную проекцию кривой линии 1-2-3-4-5, лежащей на боковой поверхности эллиптического цилиндра

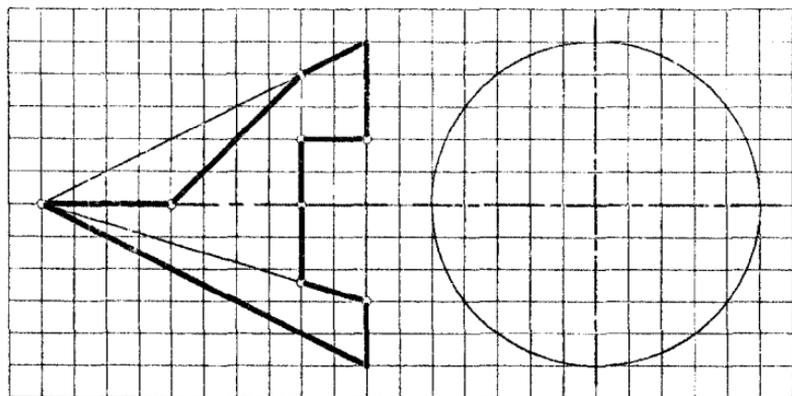


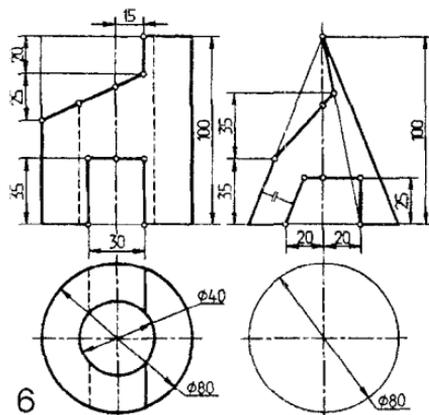
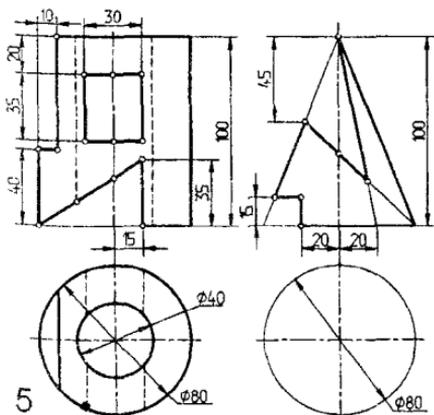
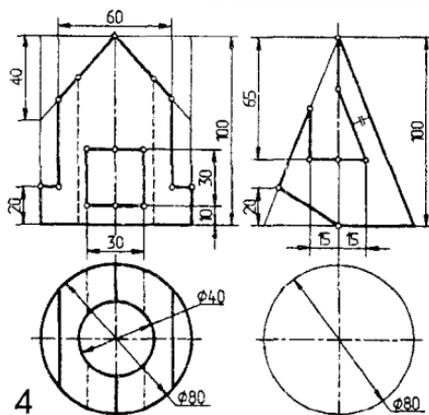
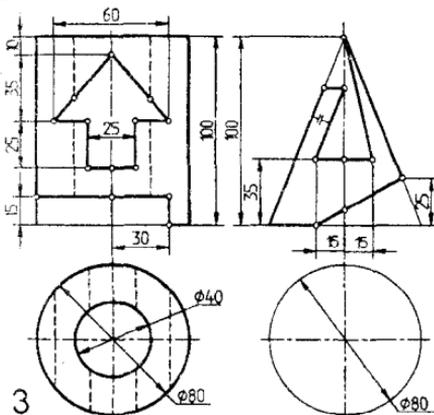
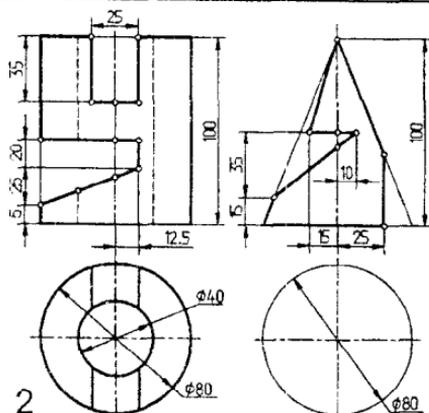
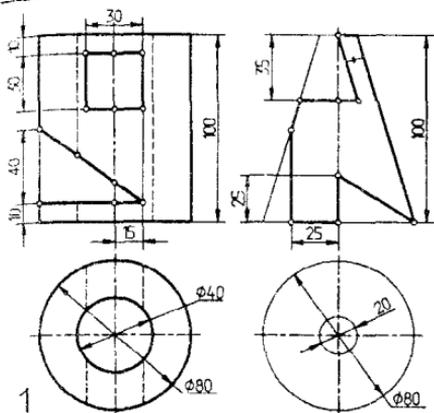
Рис. 5.6. Достроить профильную и построить горизонтальную проекции конуса

***Выдать графическую работу №2 «Цилиндр, конус».***

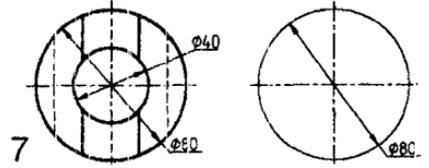
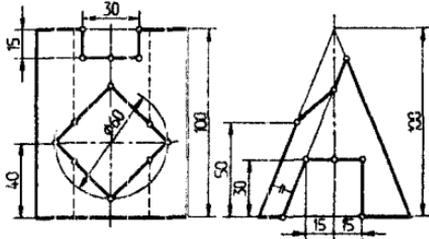
По заданным проекциям цилиндра и конуса со срезами плоскостями частного положения построить их профильные проекции. Исходные данные взять из табл. 5.1.

Графическую работу выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 5.7).

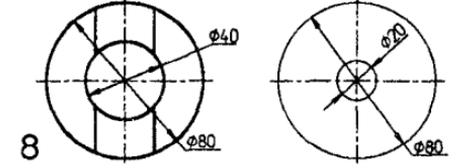
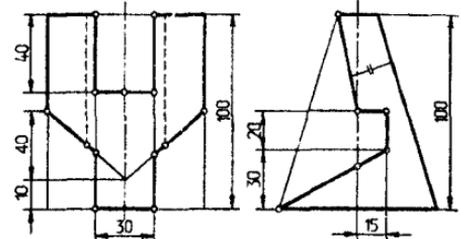
Тема. Поверхности вращения: прямые круговой цилиндр и конус



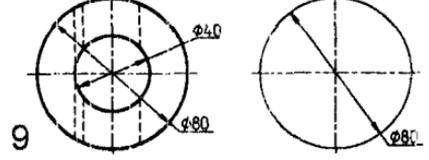
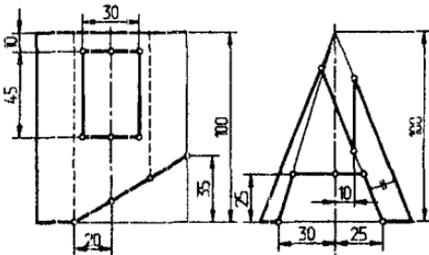
Тема. Поверхности вращения: прямые круговые цилиндр и конус



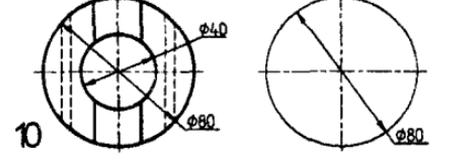
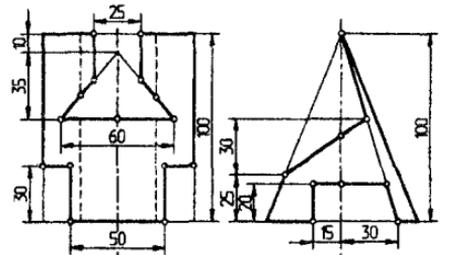
7



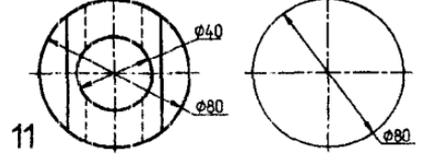
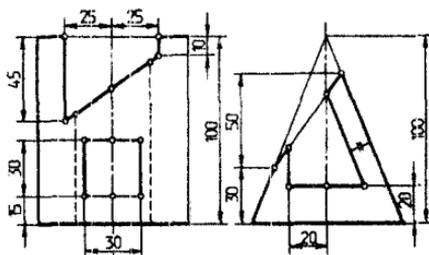
8



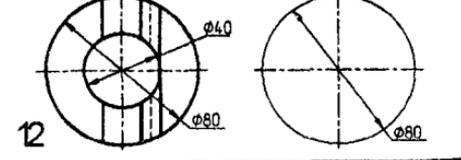
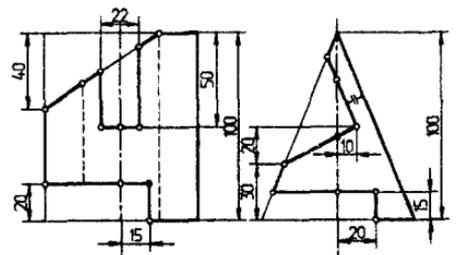
9



10

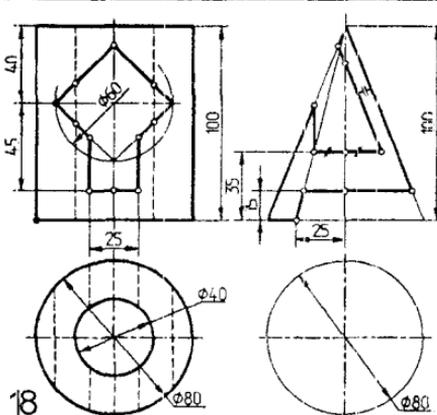
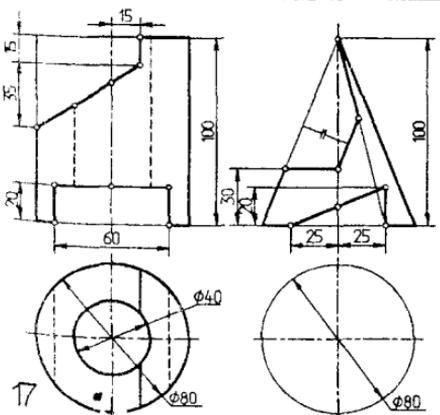
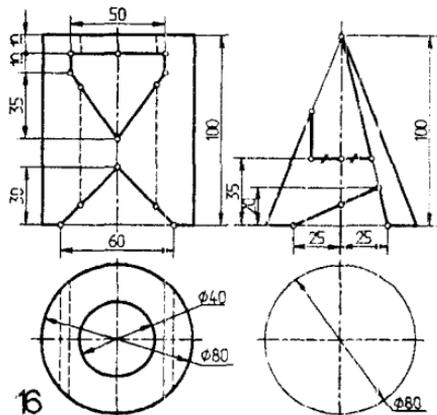
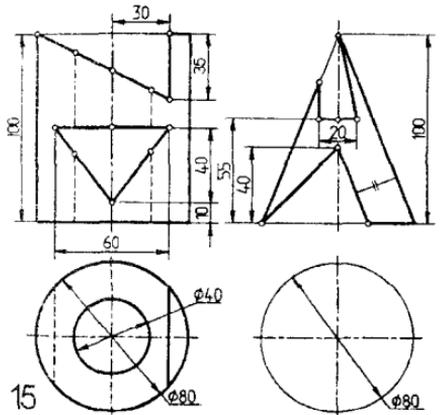
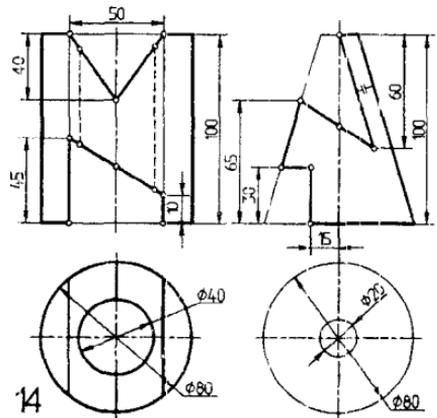
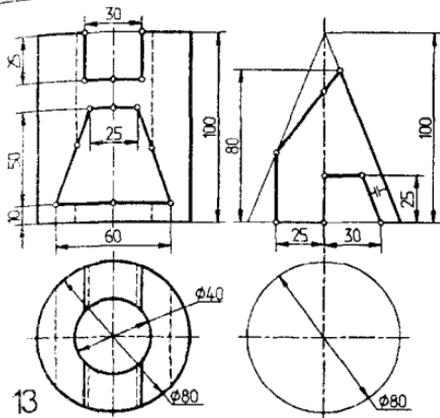


11

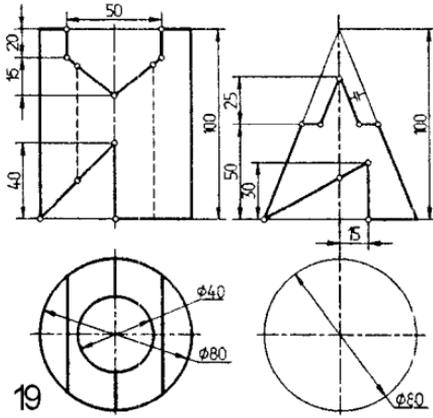


12

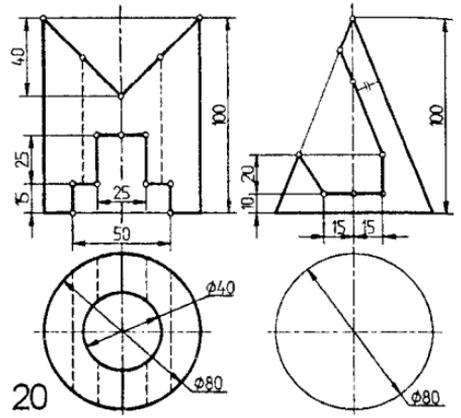
Тема. Поверхности вращения: прямые круговой цилиндр и конус



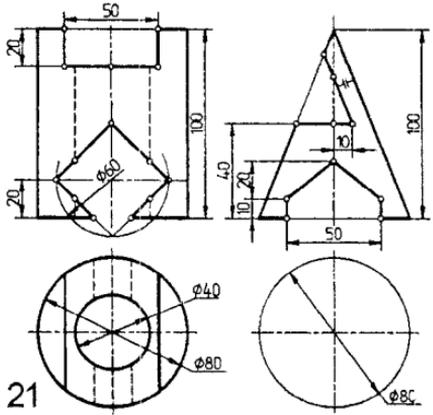
Тема. Поверхности вращения: прямые круговые цилиндр и конус



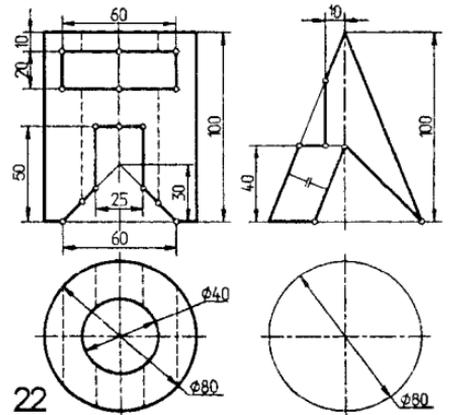
19



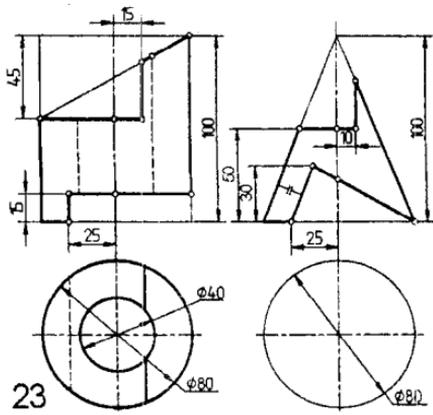
20



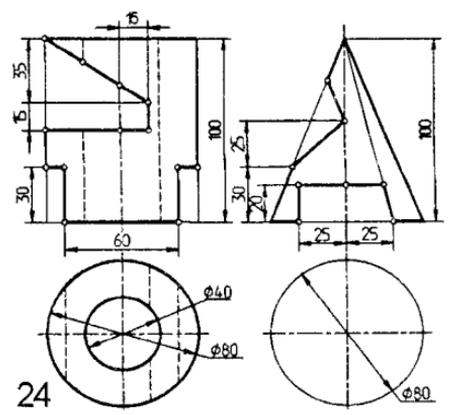
21



22

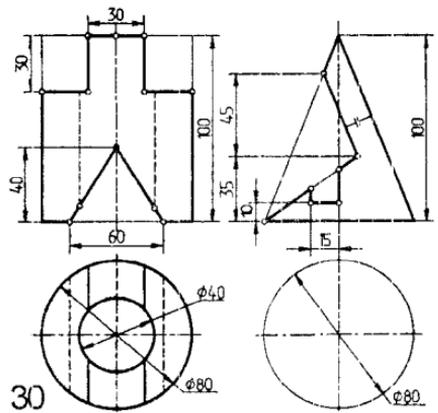
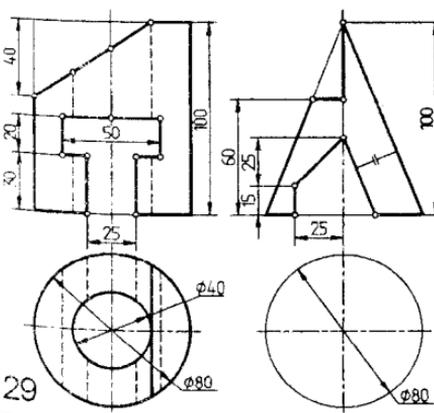
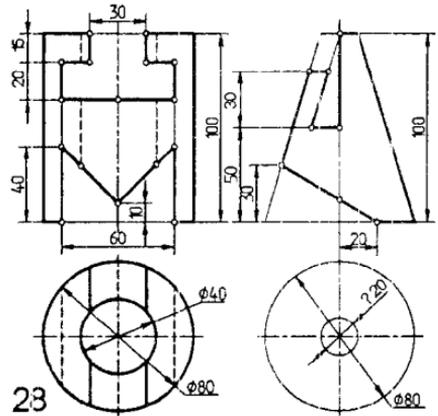
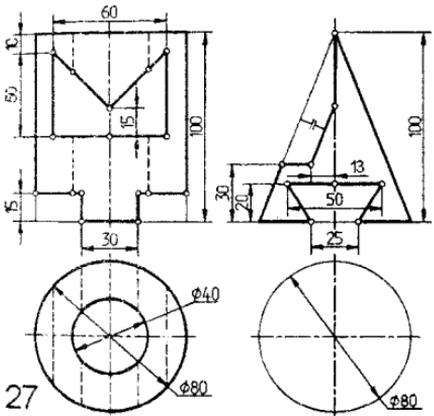
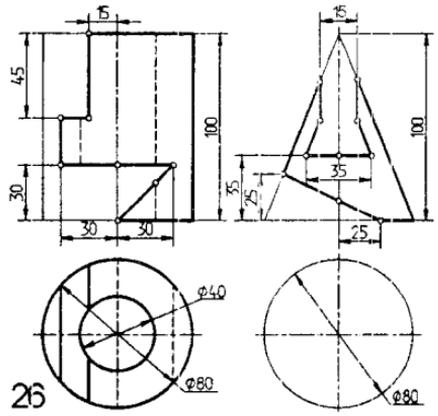
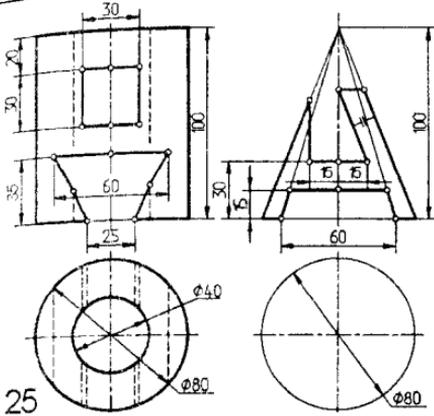


23



24

Тема. Поверхности вращения: прямые круговые цилиндр и конус





## Занятие 6

### Тема 5. Кривые поверхности. Кривые нелинейчатые поверхности вращения – шар и тор. Сечения шара и тора плоскостями частного положения

#### Вопросы:

1. Как образуются сферические и торовые поверхности?
2. Какой порядок имеют поверхности шара и тора?
3. Шар как геометрическое тело.
4. Характерные признаки на чертеже шара.
5. Тор как геометрическое тело.
6. Как различают торовые поверхности?
7. Характерные признаки открытого тора, тороида и глобоида на чертеже.
8. В каких сечениях открытого тора получаются кривые Персея?
9. В каких частных случаях кривые в сечениях открытого тора называются овалами Кассини?
10. Как образуются поверхности вращения – эллипсоиды, параболоид, одно- и двуполостные гиперboloиды?

#### Задачи:

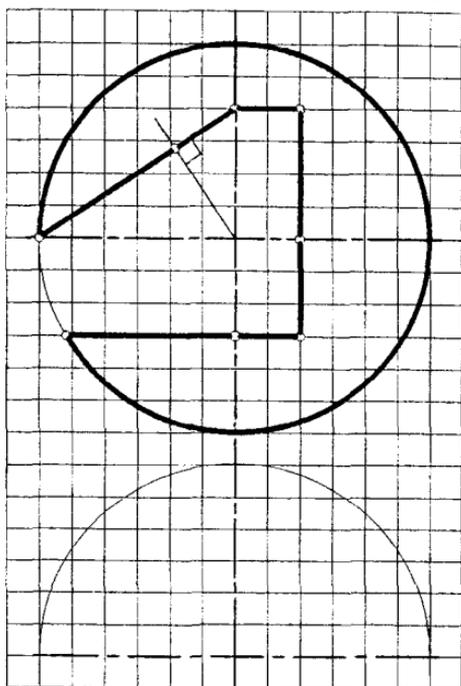


Рис. 6.1. Достроить горизонтальную и построить профильную проекции полушара

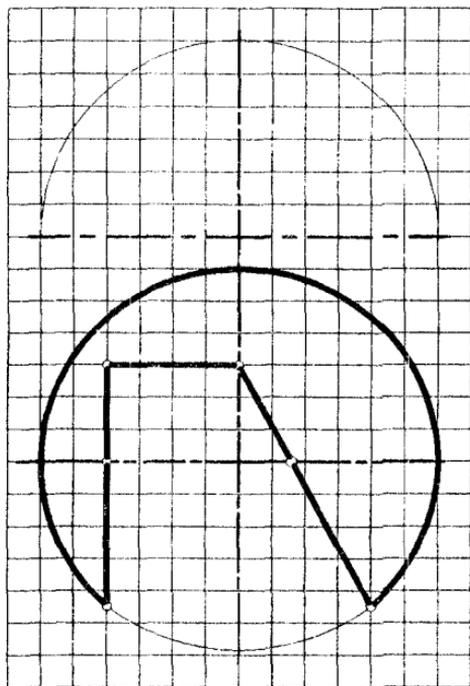


Рис. 6.2. Достроить фронтальную проекцию полушара

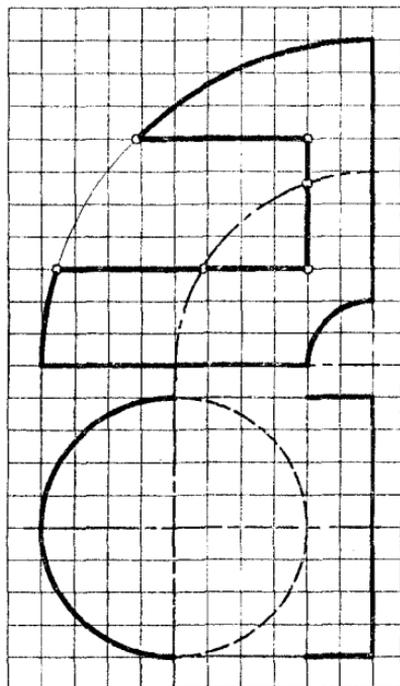


Рис. 6.3. Достроить горизонтальную проекцию 1/4 открытого тора

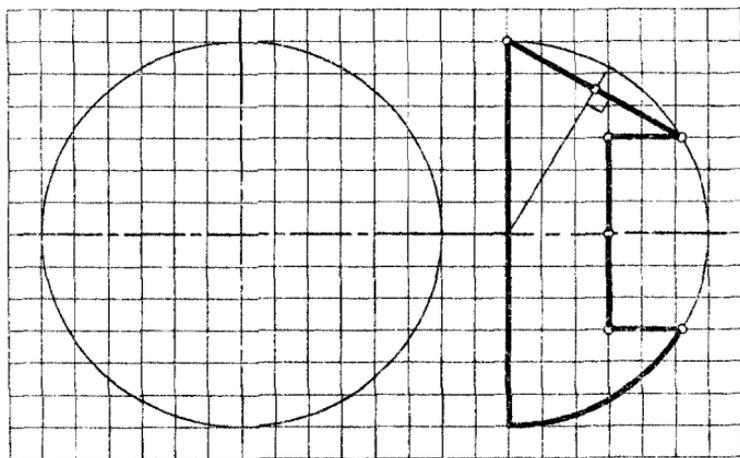


Рис. 6.4. Достроить фронтальную проекцию полушара

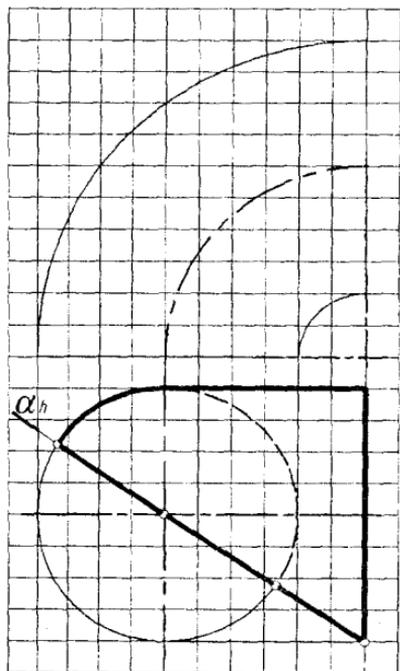


Рис. 6.5. Достроить фронтальную проекцию 1/4 открытого тора

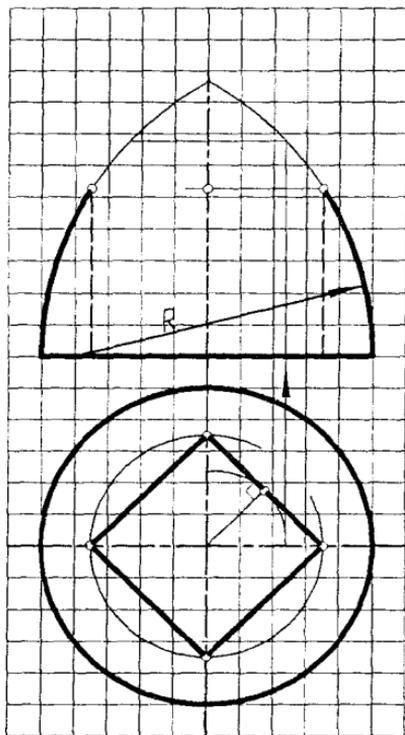


Рис. 6.6. Достроить фронтальную проекцию тороида (самопересекающийся тор) с призматическим отверстием

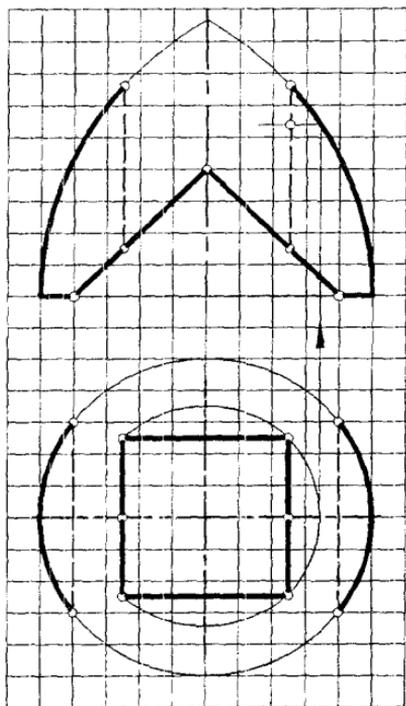


Рис. 6.7. Достроить фронтальную и горизонтальную проекции тороида (самопересекающийся тор) с вырезом и призматическим отверстием

*Выдать графическую работу №3 «Шар, тор».*

По заданным проекциям шара и тора со срезами плоскостями частного положения построить их профильные проекции.

Исходные данные взять из табл. 6.1.

Графическую работу выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 6.9).

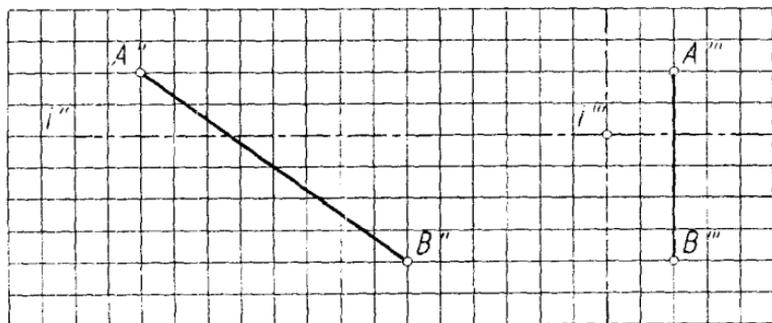
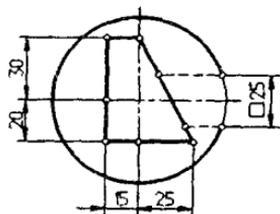
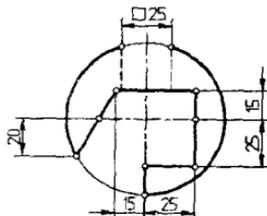
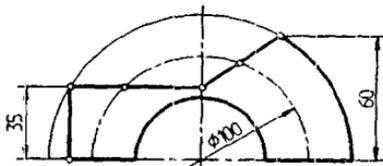
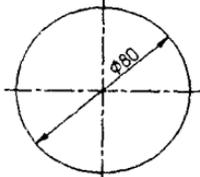


Рис. 6.8. Построить фронтальный и профильный очерки поверхности однополостного гиперболоида вращением прямой  $AB$  вокруг оси  $i(i'', i''')(i \perp W)$

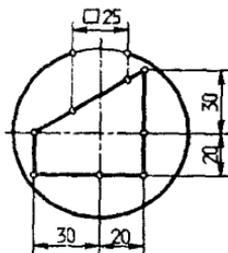
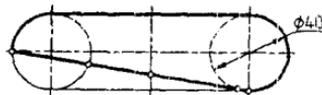
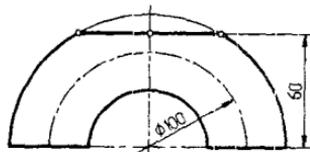
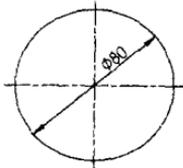
## Тема. Поверхности вращения: шар и тор



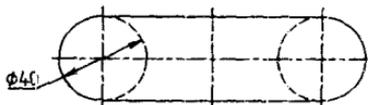
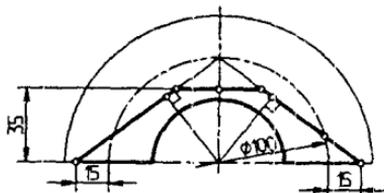
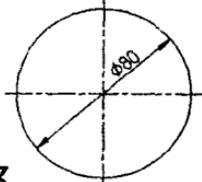
1



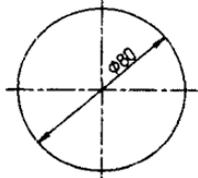
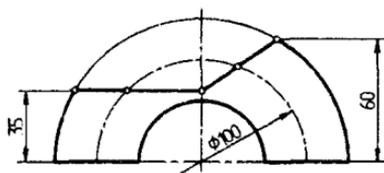
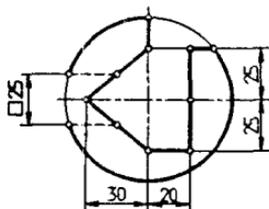
2



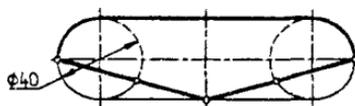
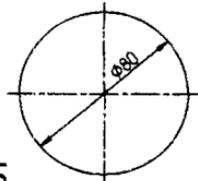
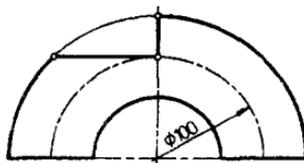
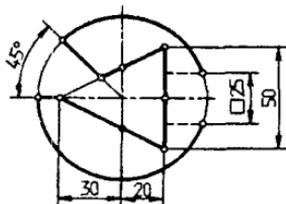
3



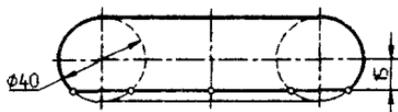
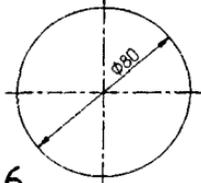
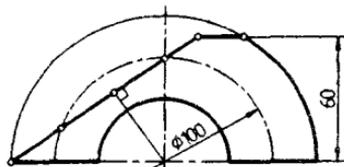
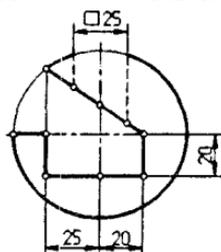
Тема. Поверхности вращения: шар и тор



4

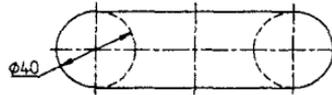
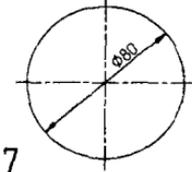
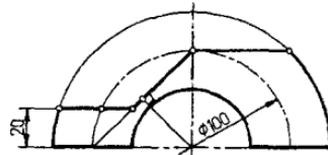
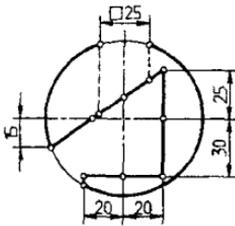


5

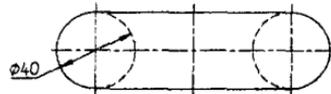
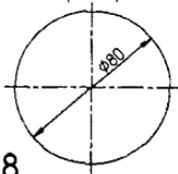
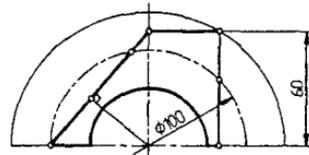
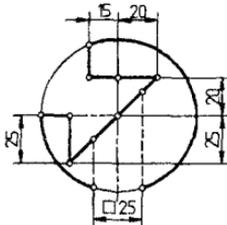


6

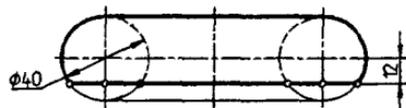
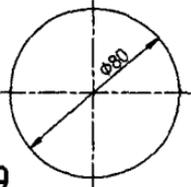
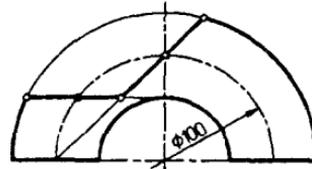
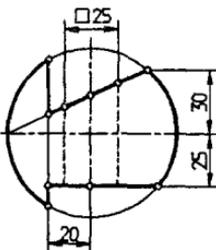
Тема. Поверхности вращения: шар и тор



7

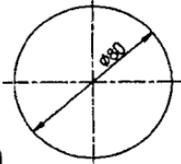
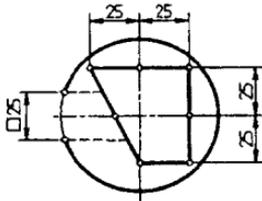


8

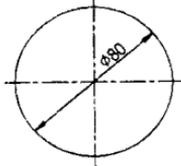
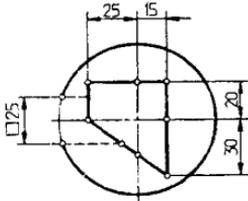
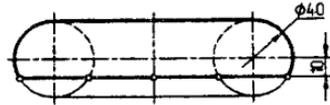
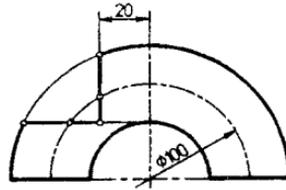


9

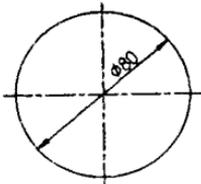
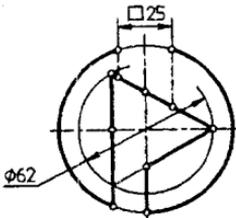
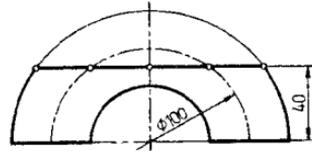
Тема. Поверхности вращения: шар и тор



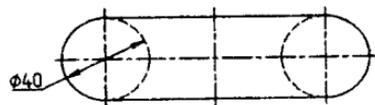
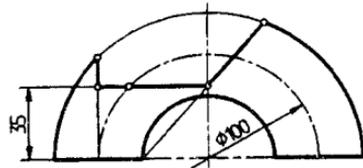
10



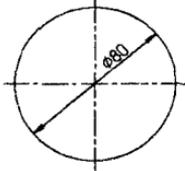
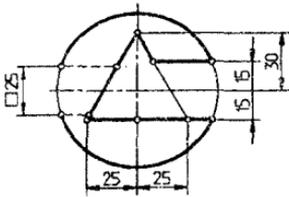
11



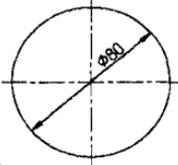
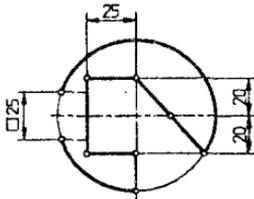
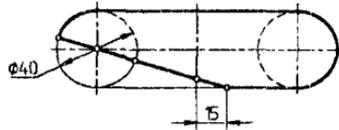
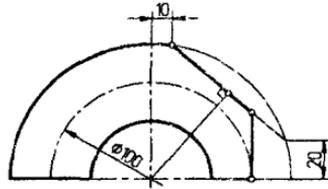
12



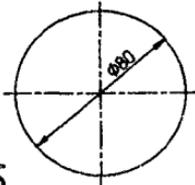
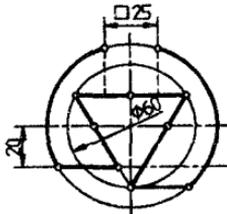
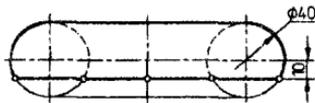
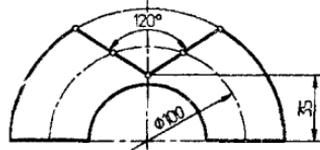
Тема. Поверхности вращения: шар и тор



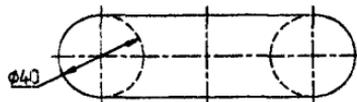
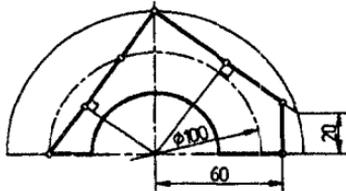
13



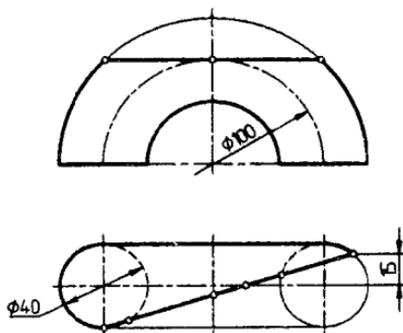
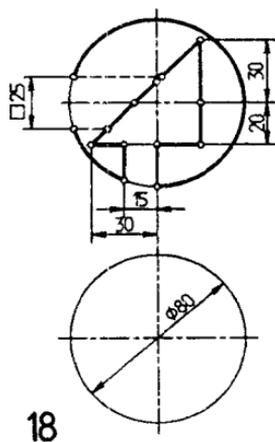
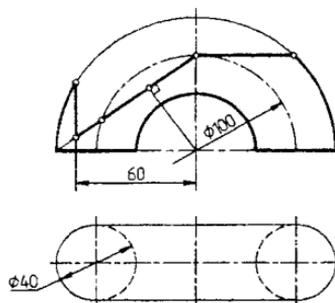
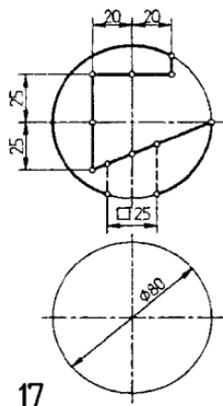
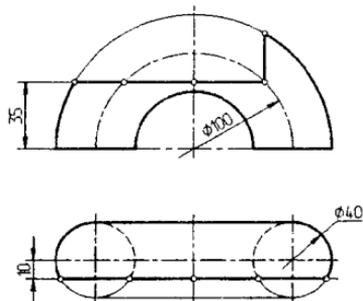
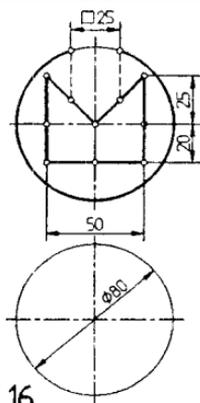
14



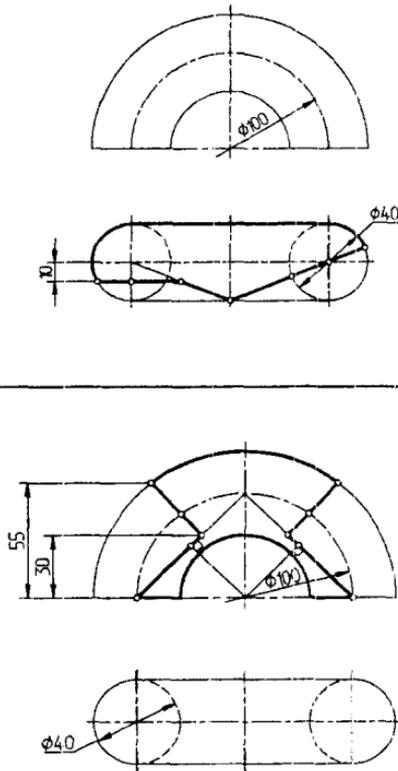
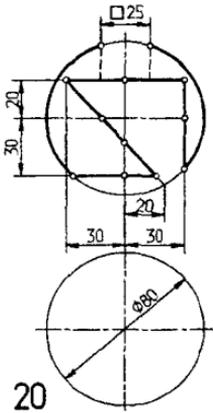
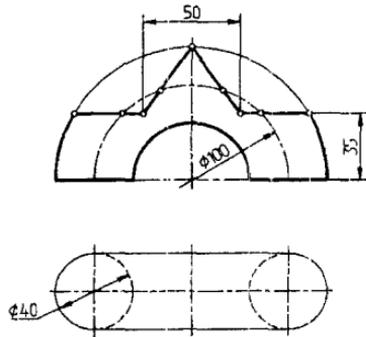
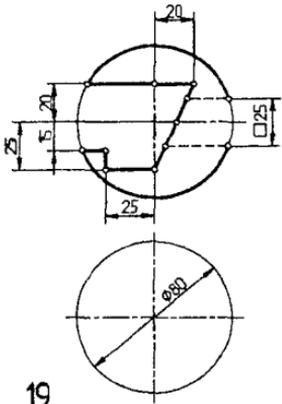
15



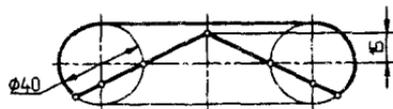
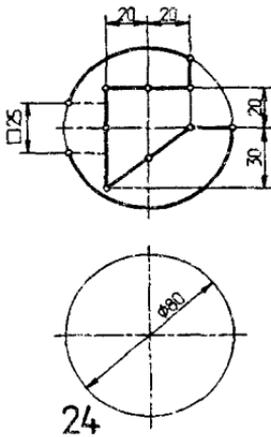
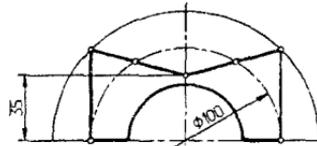
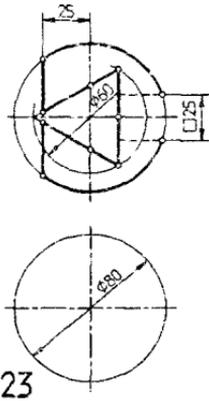
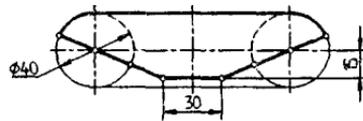
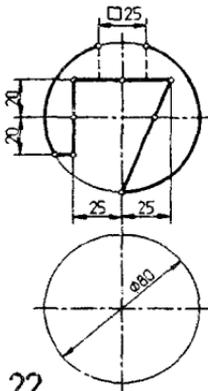
Тема. Поверхности вращения: шар и тор



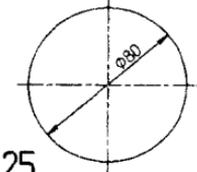
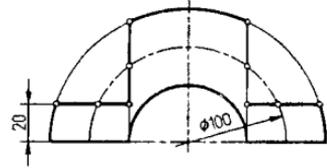
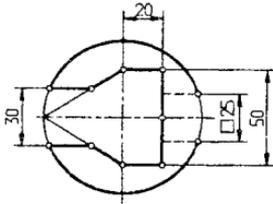
Тема. Поверхности вращения: шар и тор



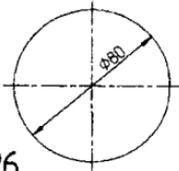
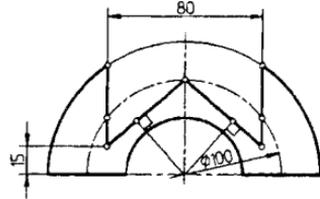
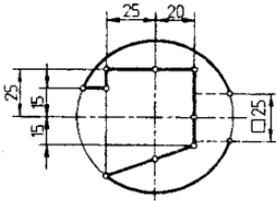
Тема. Поверхности вращения: шар и тор



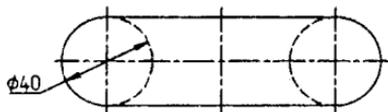
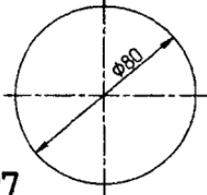
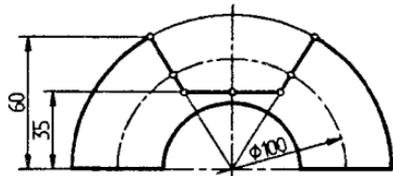
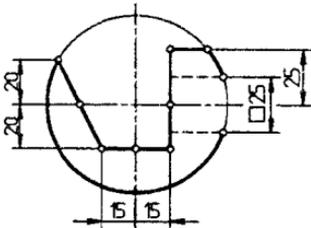
Тема. Поверхности вращения: шар и тор



25

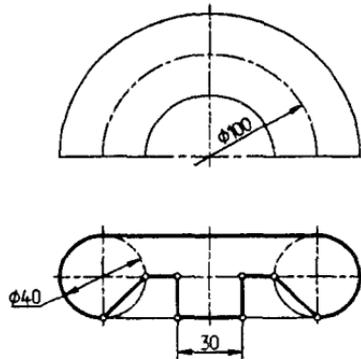
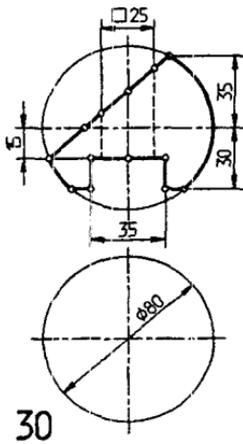
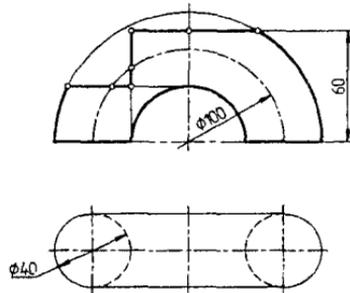
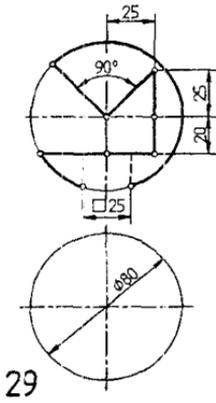
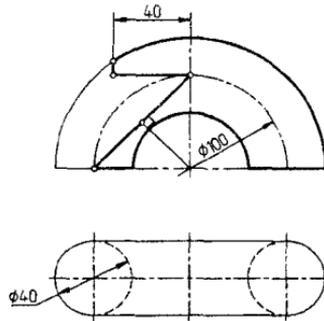
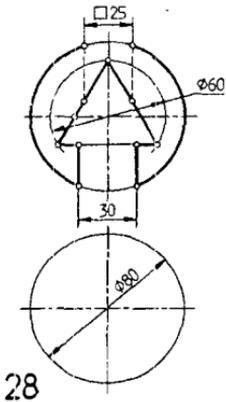


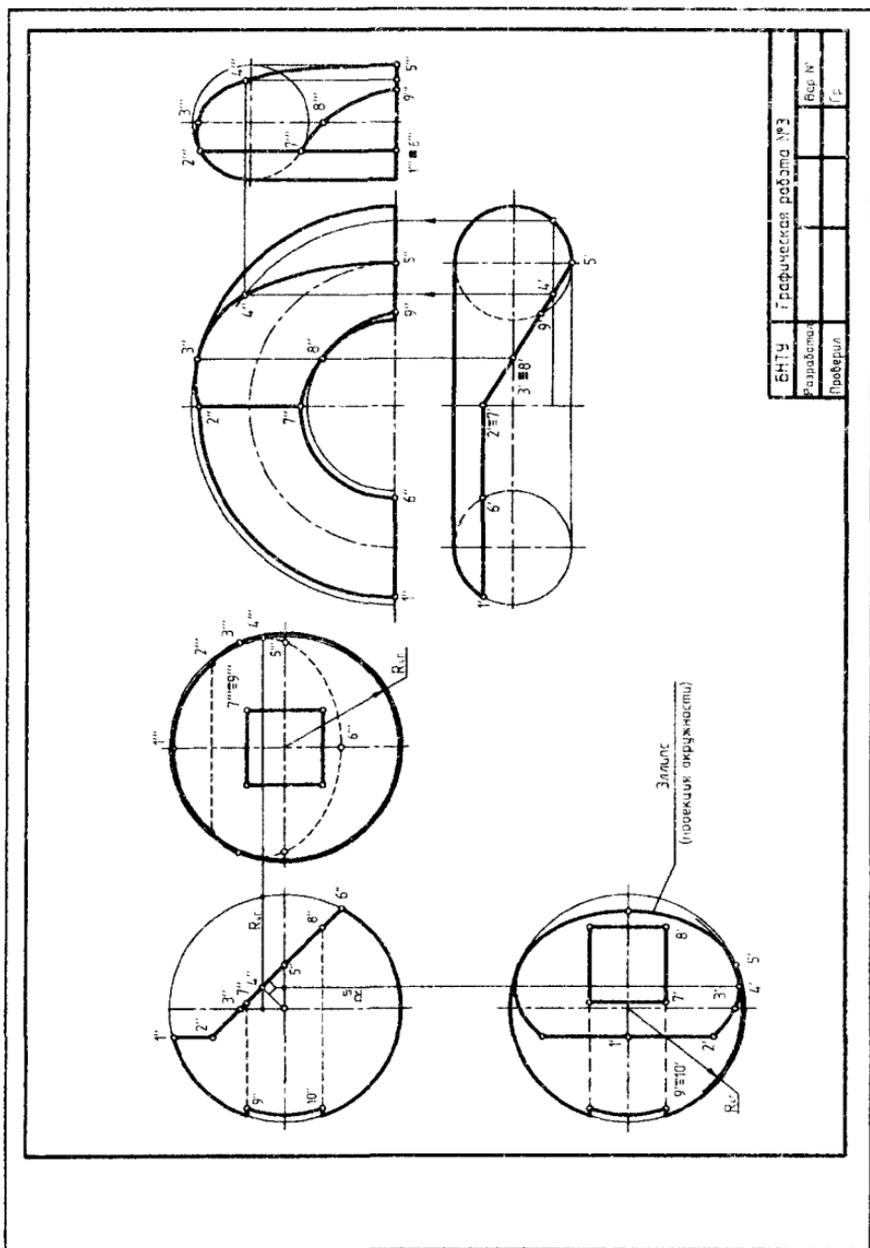
26



27

Тема. Поверхности вращения: шар и тор





ВНУ	Графическая работа №3	Вар. №	
Выработано		Проверено	

Рис. 6.9. Образец выполнения графической работы №3

## Занятие 7

### Тема 6. Комбинированные геометрические тела.

#### Вопросы:

1. Что такое комбинированное геометрическое тело?
2. По каким признакам на чертеже можно определить геометрические формы, образующие комбинированное тело?
3. Какова логическая последовательность графического решения задач с комбинированными геометрическими телами?

#### Задачи:

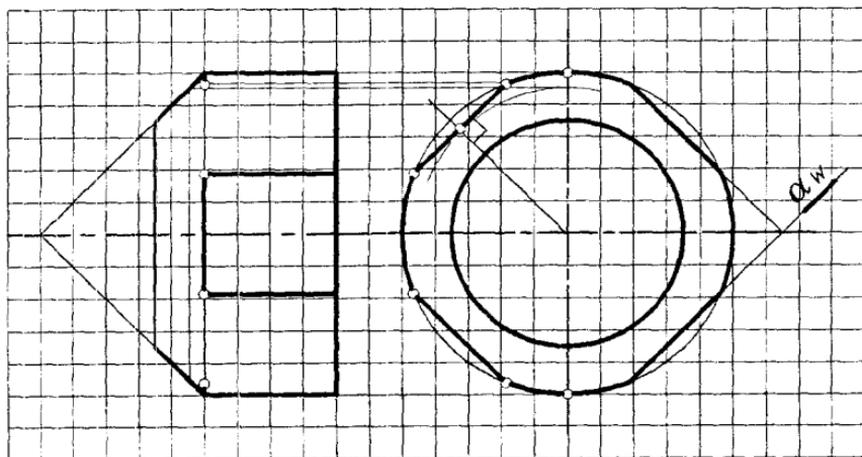


Рис. 7.1. Достроить фронтальную проекцию цилиндра и усеченного конуса, срезанных 4-мя профильно-проецирующими плоскостями  $\alpha(\alpha_w)$

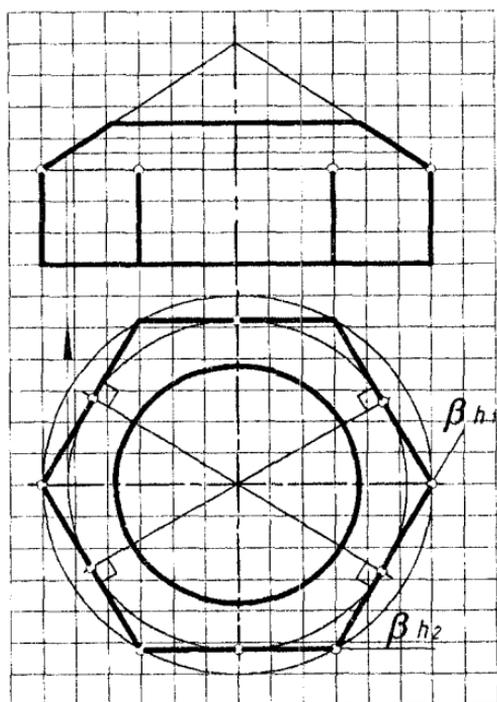


Рис. 7.2. Достроить фронтальную и построить профильную проекции цилиндра и усеченного конуса, срезанных 6-ю плоскостями  $\beta(\beta_H)$

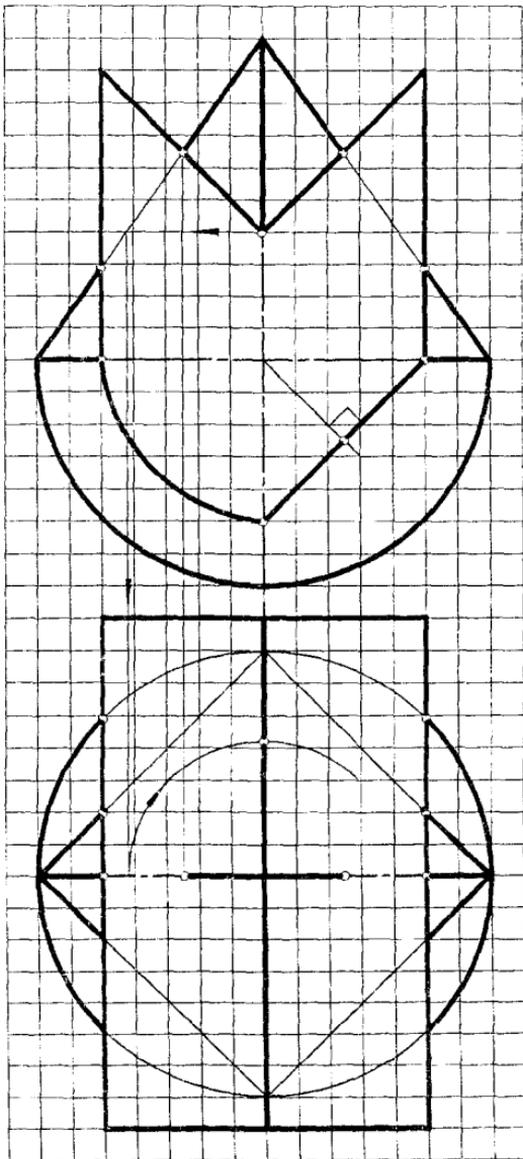
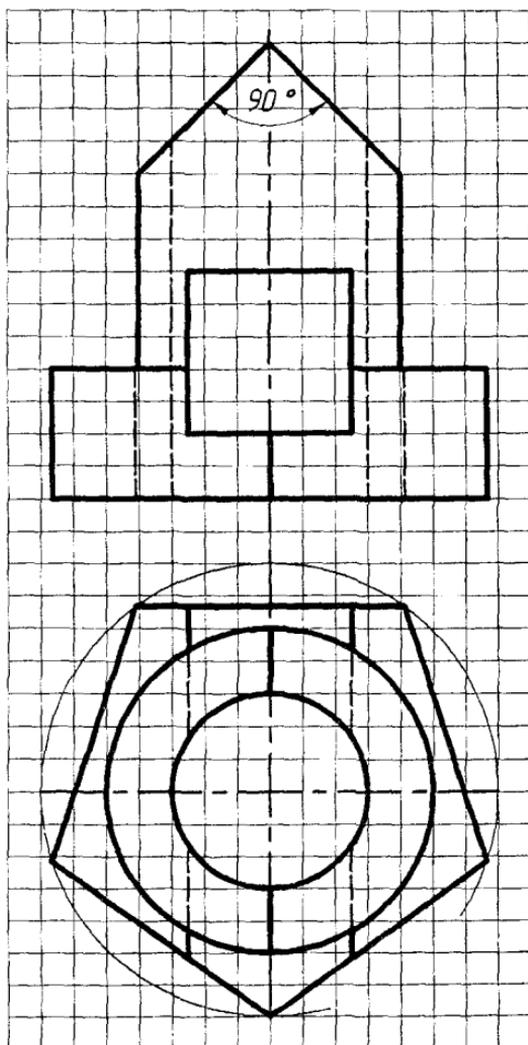


Рис. 7.3. Достроить горизонтальную и построить профильную проекции комбинированного геометрического тела



*Выдать графическую работу №4 «Тело комбинированное».*

По заданным проекциям построить профильную проекцию комбинированного геометрического тела со срезами, вырезами и отверстиями, выполненными плоскостями и поверхностями частного положения.

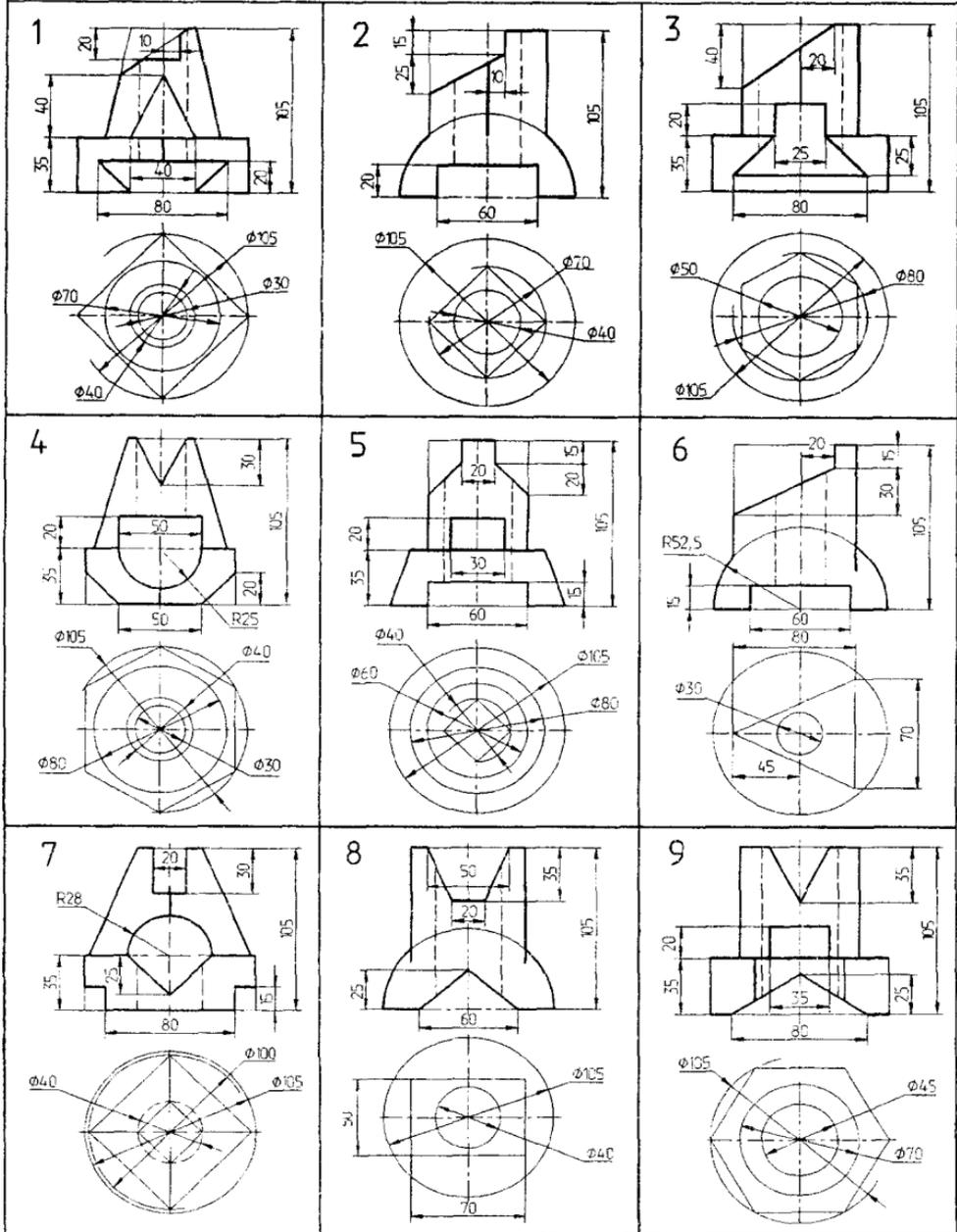
Исходные данные взять из табл. 7.1.

Графическую работу выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 7.5.).

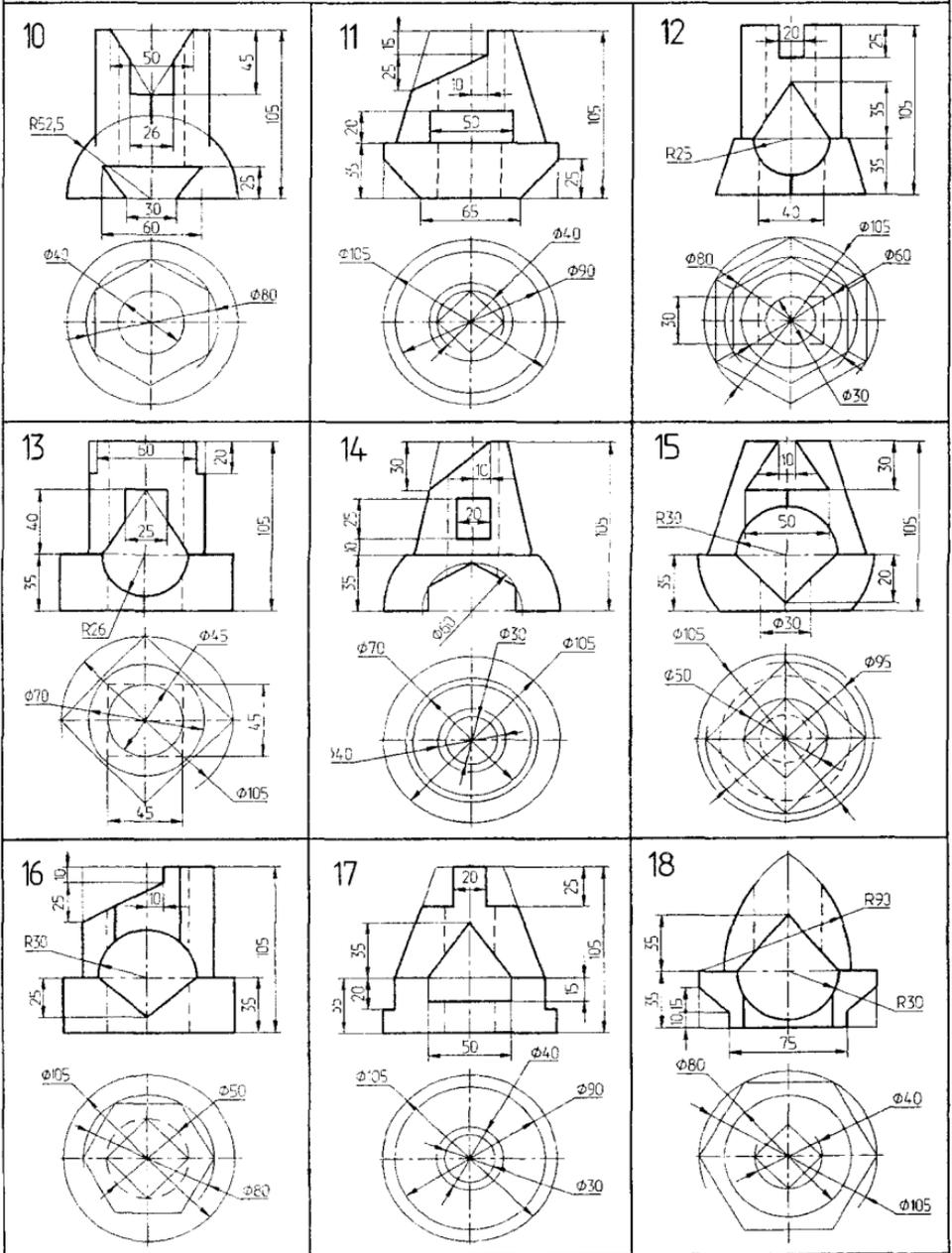
Рис. 7.4. Построить профильную проекцию комбинированного геометрического тела

Таблица 7.1

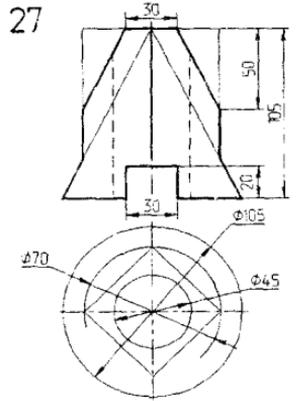
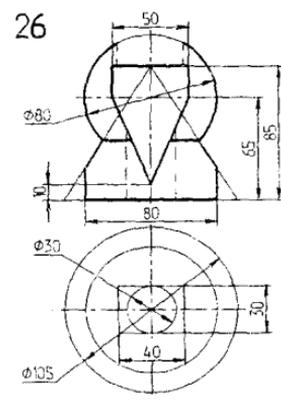
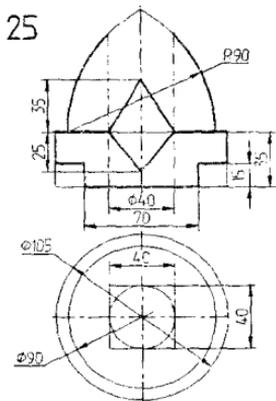
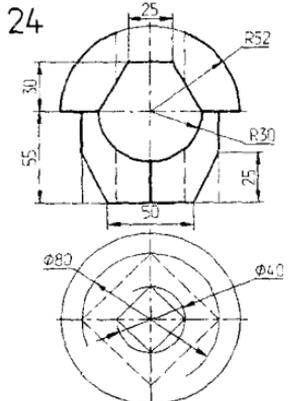
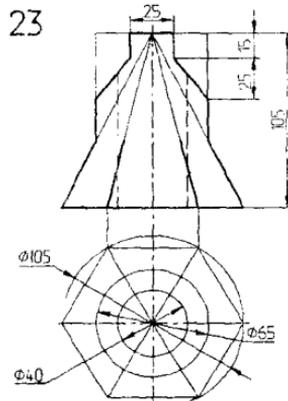
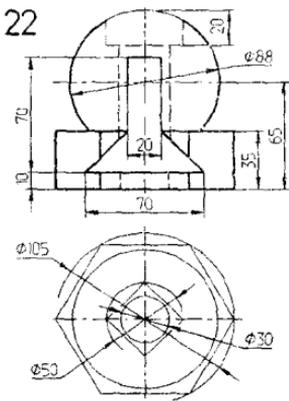
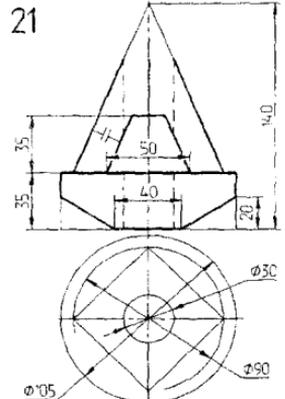
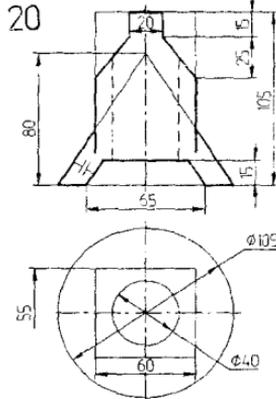
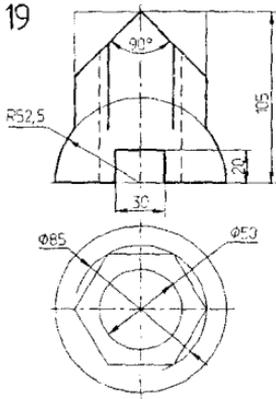
Тема. Поверхности: комбинированное геометрическое тело



Тема. Поверхности: комбинированное геометрическое тело

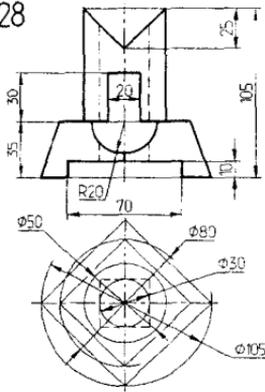


Тема. Поверхности: комбинированное геометрическое тело

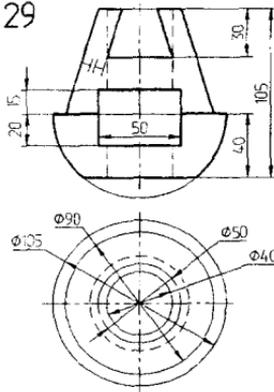


Тема. Поверхности: комбинированное геометрическое тело

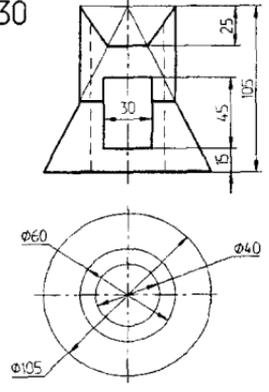
28

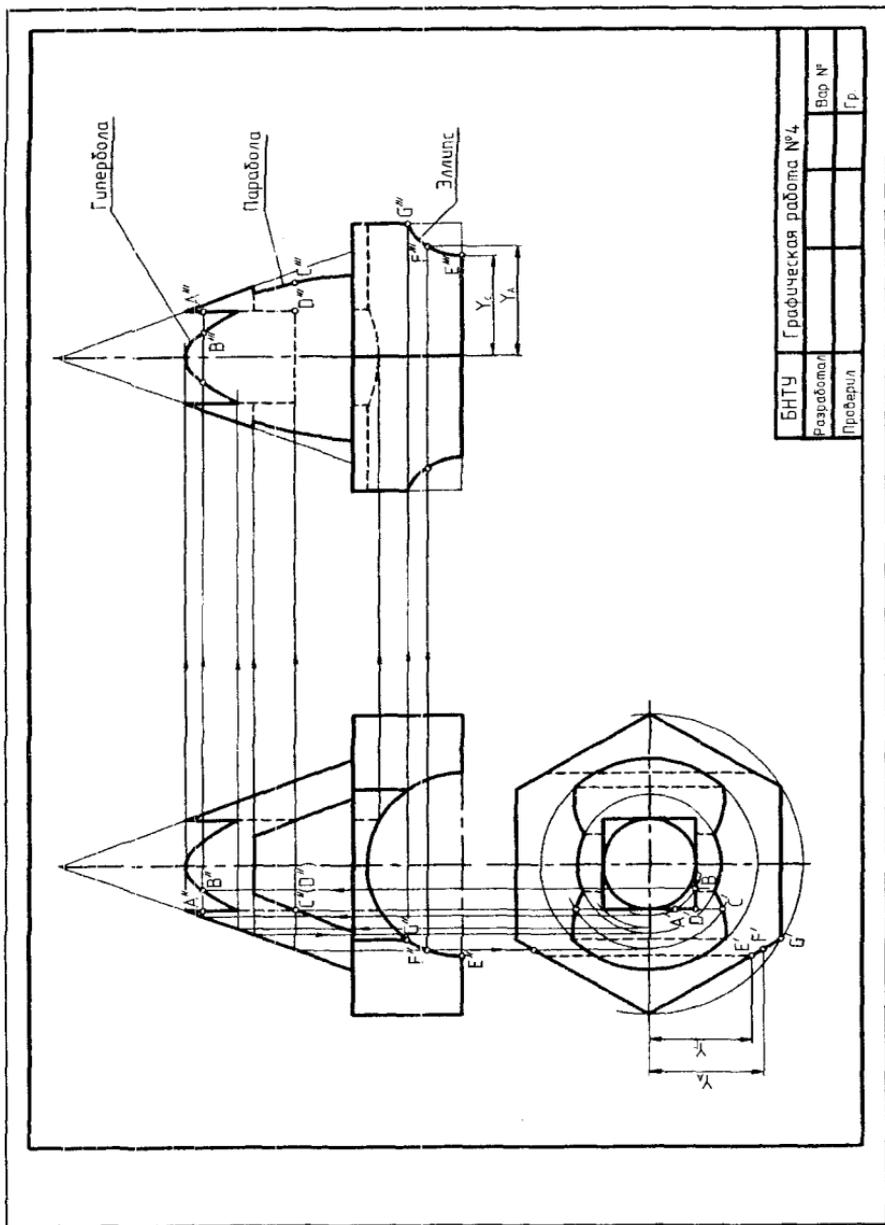


29



30





БНТУ	Графическая работа №4	Вар. №	Гр.
Разработал			
Проверил			

Рис. 7.5 Образец выполнения графической работы №4

## Занятие 8

### Тема 6. Пересечение поверхностей. Частные случаи пересечения поверхностей.

#### Вопросы:

1. Что такое линия пересечения поверхностей?
2. По каким линиям пересекаются гранные поверхности?
3. По каким линиям пересекаются поверхности вращения? Какой порядок имеет кривая линия пересечения поверхностей вращения?
4. Как строится линия пересечения, если обе поверхности проецирующие (1-ый частный случай)?
5. Как строится линия пересечения, если одна поверхность проецирующая (2-ый частный случай)?
6. Какая линия пересечения получается, если поверхности вращения соосны? Какие поверхности называются соосными (3-ий частный случай)?

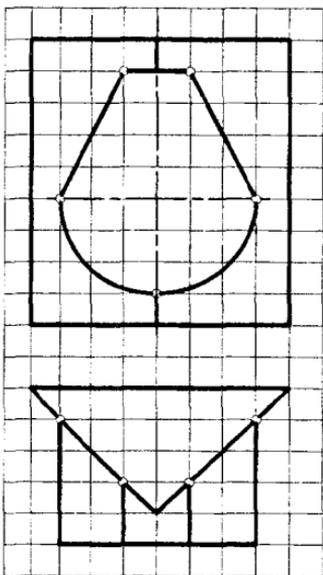


Рис. 8.1. Построить профильную проекцию комбинированного геометрического тела (1-й частный случай)

7. В каком случае пересечения поверхностей вращения 2-ого порядка можно применить теорему Г. Монжа? Формулировка теоремы Г. Монжа (4-ый частный случай)?

#### Задачи:

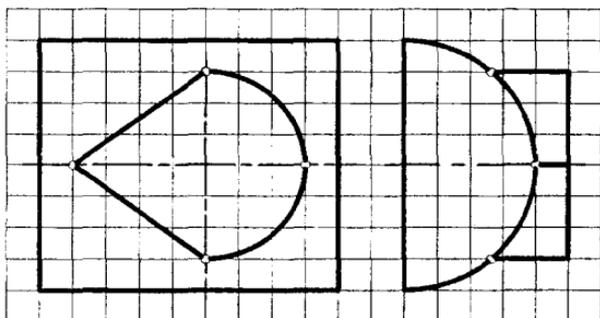


Рис. 8.2. Построить горизонтальную проекцию комбинированного геометрического тела (1-й частный случай)

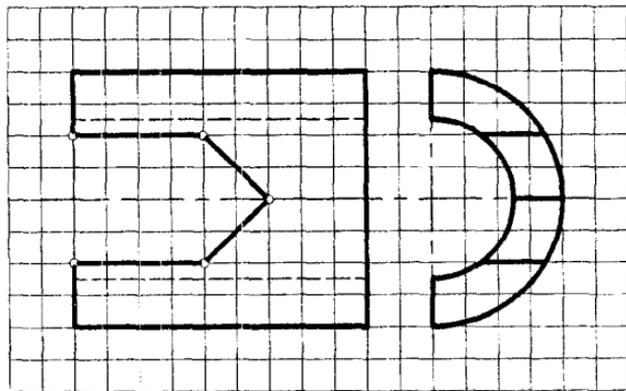


Рис. 8.3. Построить профильную проекцию полуголого полуцилиндра с вырезом (1-й частный случай)

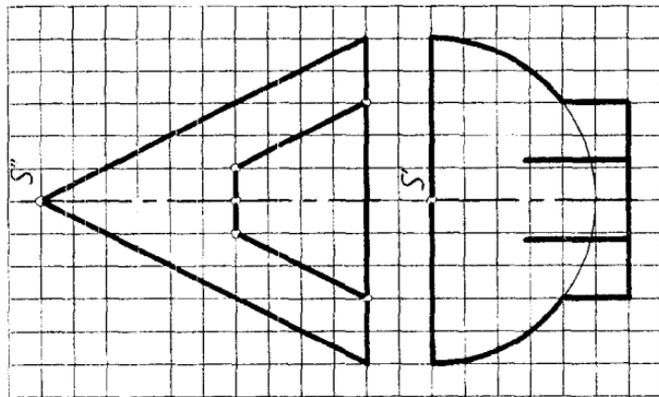


Рис. 8.4. Достроить горизонтальную проекцию линии пересечения двух геометрических тел (2-й частный случай)

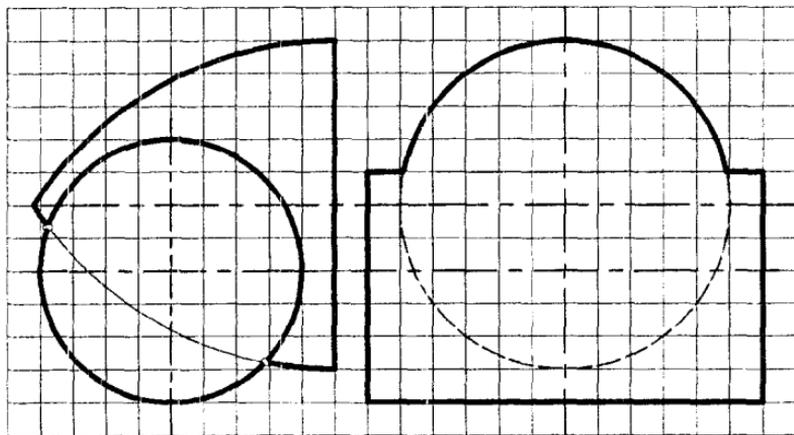


Рис. 8.5. Достроить горизонтальную проекцию линии пересечения двух геометрических тел (2-й частный случай)

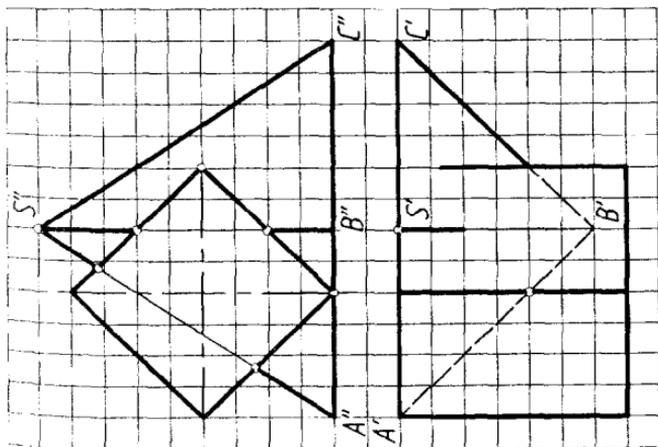


Рис. 8.6. Достроить горизонтальную проекцию линии пересечения поверхностей двух геометрических тел (2-й частный случай)

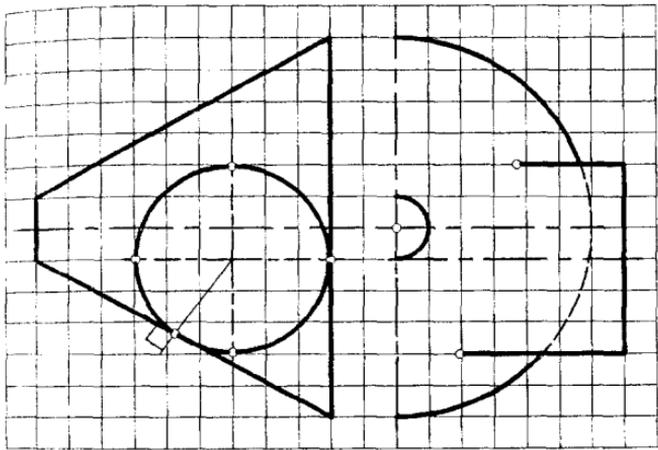


Рис. 8.7. Достроить горизонтальную проекцию линии пересечения поверхностей двух геометрических тел (одностороннее касание — 2-й частный случай)

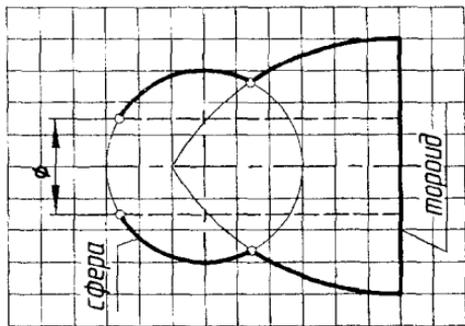


Рис. 8.8. Достроить линию пересечения поверхностей соосных поверхностей (3-й частный случай)

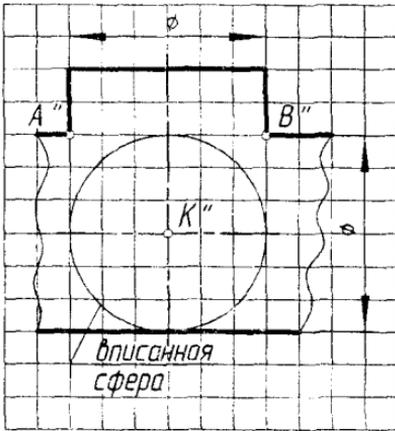


Рис. 8.9. Построить фронтальную проекцию линии пересечения цилиндров, описанных вокруг сферы (4-й частный случай: теорема Г. Монжа)

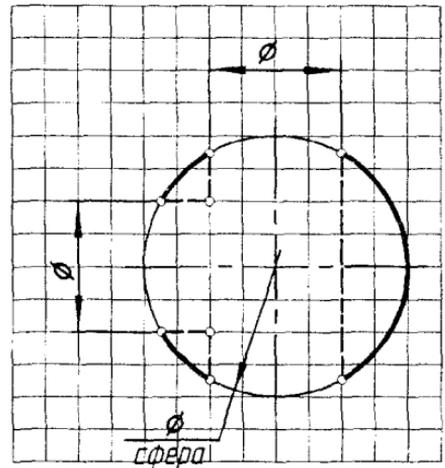


Рис. 8.10. Додостроить фронтальную проекцию шара с цилиндрическими отверстиями (3-й и 4-й частные случаи)

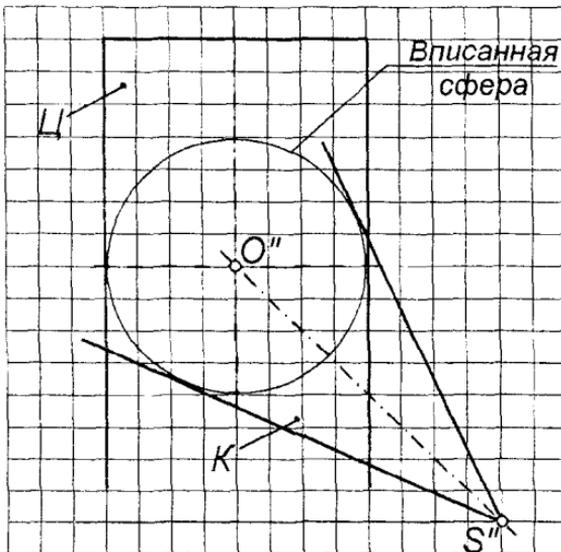


Рис. 8.11. Построить фронтальную проекцию линии пересечения цилиндра и конуса, описанных вокруг сферы (определить точки двойного соприкосновения: применить теорему Г. Монжа, 4-й частный случай)

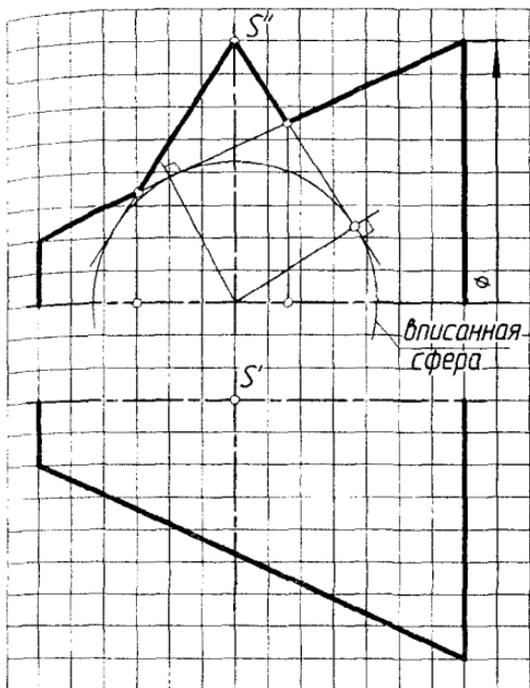


Рис. 8.12. Построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения поверхностей геометрических тел, описанных вокруг сферы (двойное соприкосновение, 4-й частный случай: применить теорему Г. Монжа)

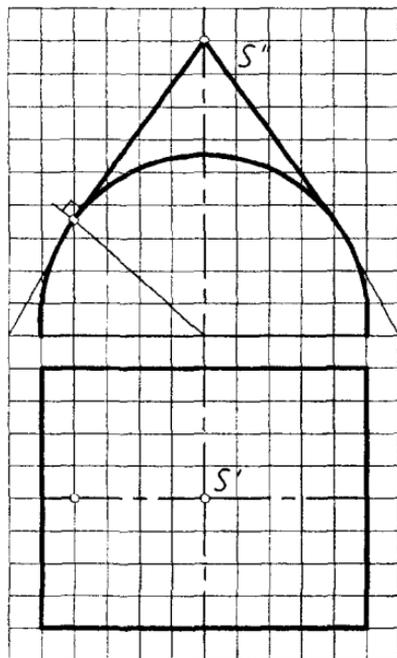
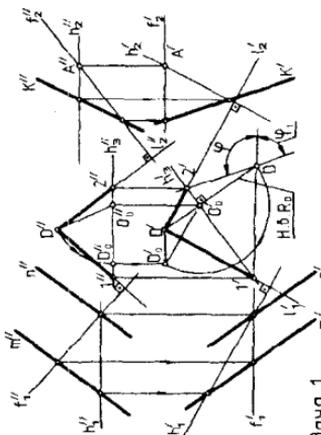


Рис. 8.13. Построить горизонтальную и профильную проекции линии пересечения цилиндра и конуса, описанных вокруг сферы (двойное соприкосновение, 4-й случай: применить теорему Г. Монжа)

**Выдать упражнение №4 (задача 3).**

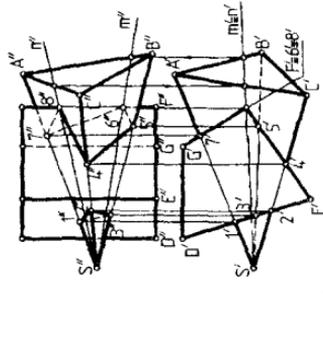
Упражнение выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 8.14).

Определить величину линейного угла между плоскостями  $\alpha$  ( $m$  и  $n$ ) и  $\beta$  ( $k$  и  $A$ ).  
За вершину дополнительного угла принять точку  $D(D', D'')$ .



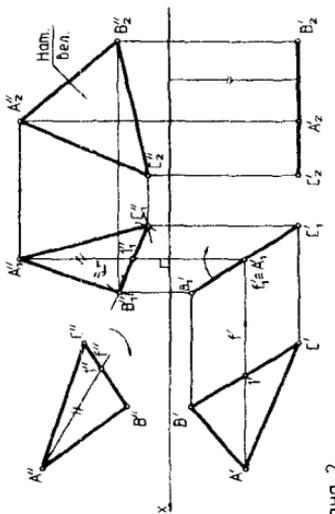
Задача 1

Построить линии пересечения призмы и пирамиды (по вариантам).  
Установить относительную видимость пересекающихся поверхностей.



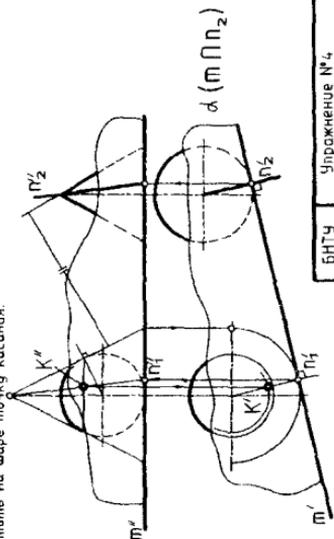
Задача 3

Определить натуральную величину плоскости  $\alpha$  (ABC) способом плоскопараллельного перемещения.



Задача 2

Построить одну из плоскостей, касательные конусу и шару.  
Отметить на шаре точку касания.



Задача 4

БНТУ		Управление №4	
Разработал		Всп	
Проверил		Пр	

## Занятие 9

Тема 7. Пересечение поверхностей. Общие случаи пересечения поверхностей. Способы вспомогательных секущих плоскостей, концентрических и эксцентрических сфер

### Вопросы:

1. Сущность способов построения линий пересечения с помощью посредников. Общий графический алгоритм для построения линии пересечения поверхностей с помощью посредников.

2. Какие способы построения линии пересечения с помощью посредников рассматриваются?

3. Какие графические условия должны быть соблюдены для применения: способа секущих плоскостей, способа концентрических сфер и способа эксцентрических сфер?

4. Алгоритм для построения линии пересечения многогранников?

### Задачи:

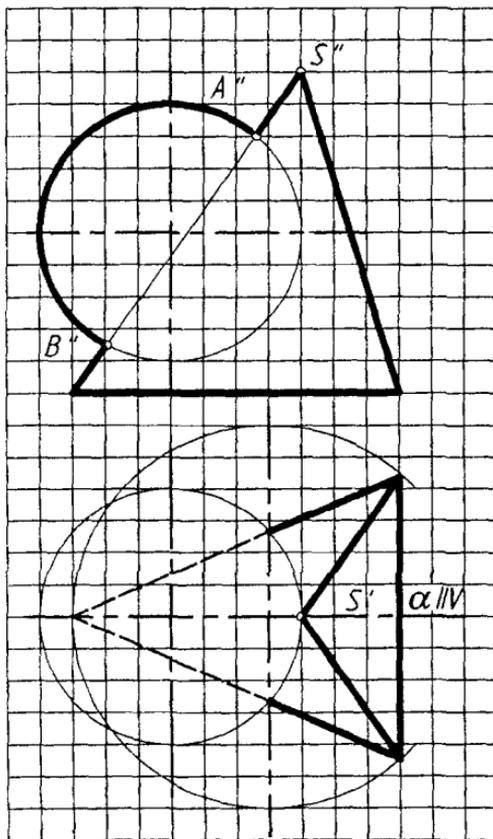


Рис. 9.1. Построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения поверхностей геометрических тел и оформить очерки проекций (применить способ вспомогательных секущих плоскостей)

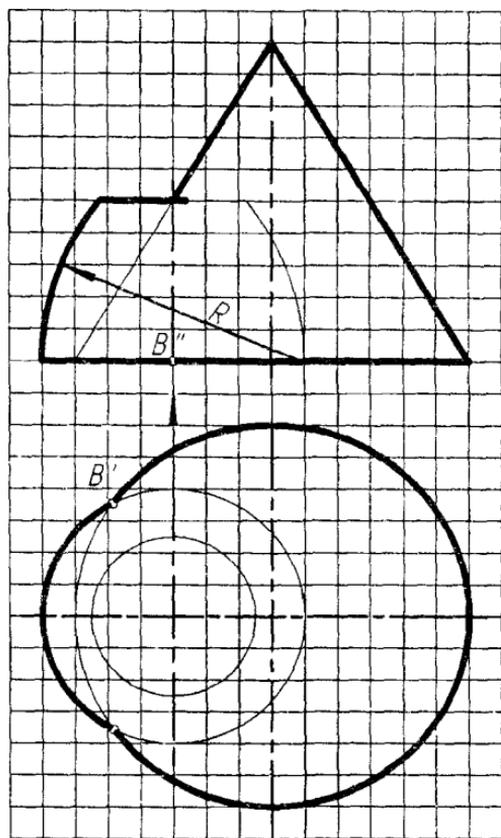


Рис. 9.2. Построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения поверхностей геометрических тел и оформить очерки проекций (применить способ вспомогательных секущих плоскостей)

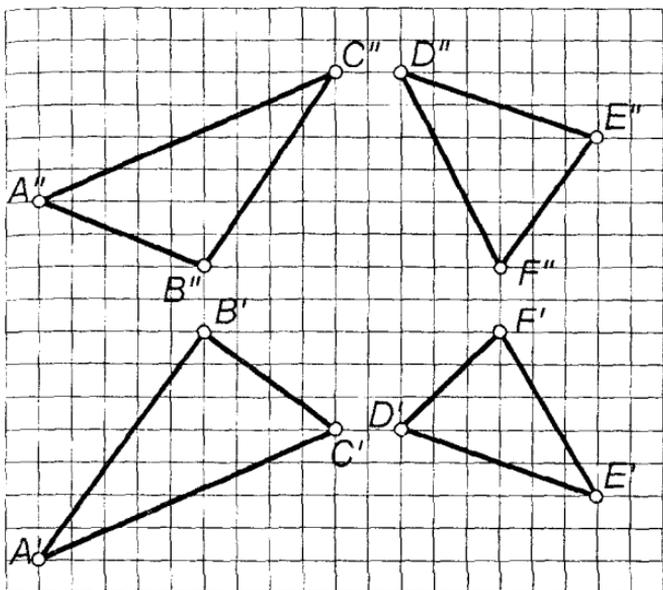


Рис. 9.3. Построить проекции линии пересечения двух плоскостей:  $\alpha(\triangle ABC) \cap \beta(\triangle DEF)$  (применить способ вспомогательных секущих плоскостей)

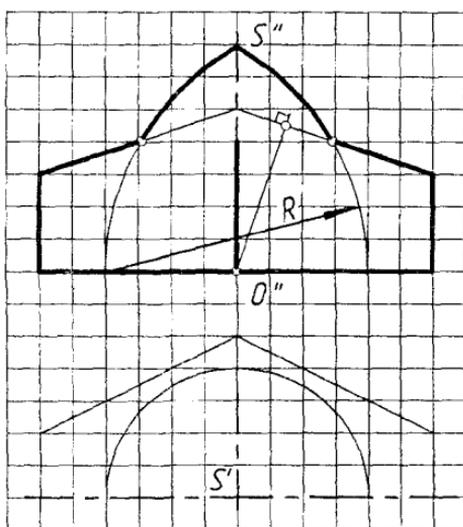


Рис. 9.4. Построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения поверхностей геометрических тел и оформить очерки проекций (применить способ концентрических сфер)

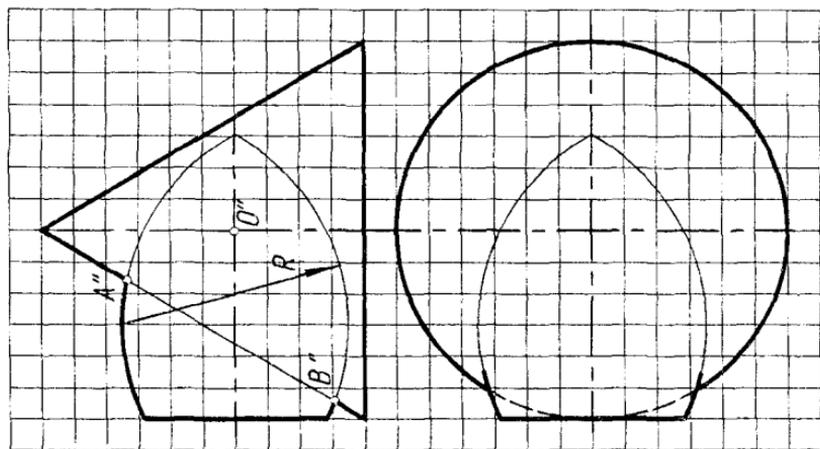


Рис. 9.5. Построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения геометрических тел и оформить очерки проекций (применить способ концентрических сфер)

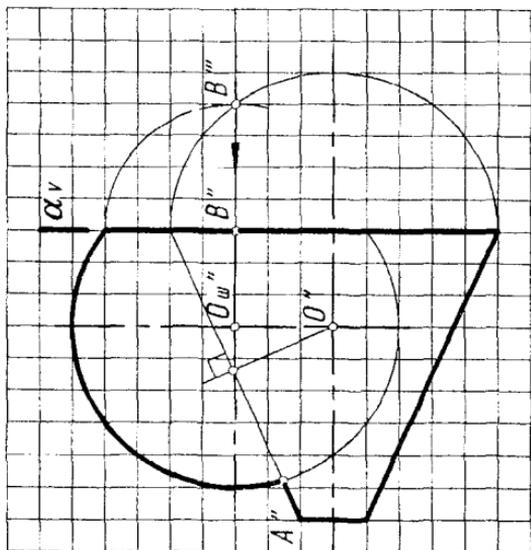


Рис. 9.6. Построить фронтальную проекцию линии пересечения поверхностей геометрических тел и оформить очерк проекции (применить способ концентрических сфер)

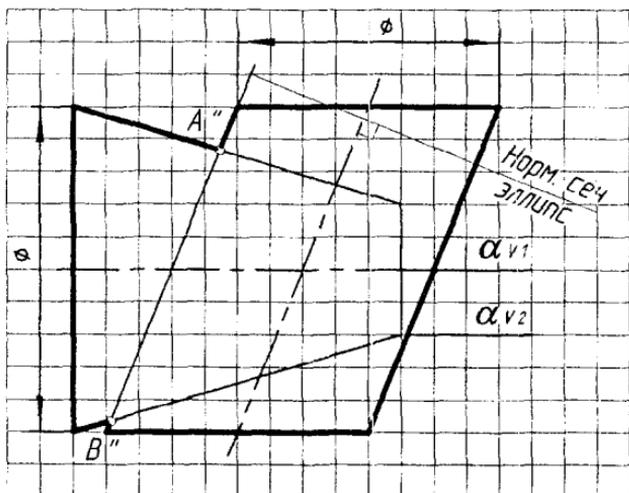


Рис. 9.7. Построить фронтальную проекцию линии пересечения эллиптического цилиндра с круговым конусом и оформить очерк проекции (применить способ эксцентрических сфер)

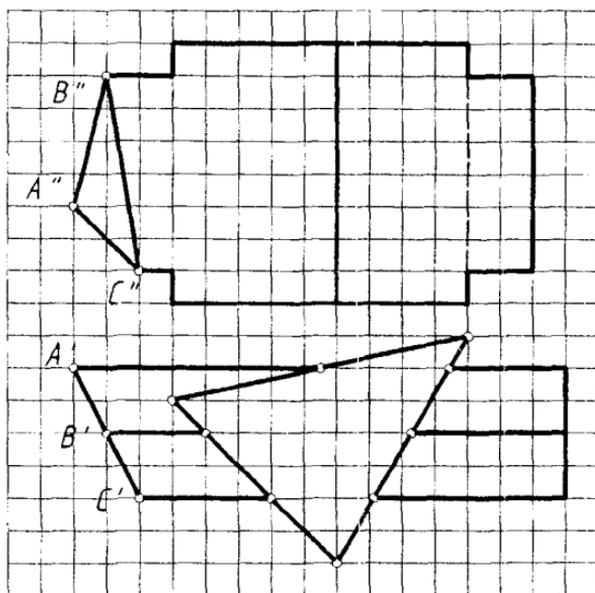


Рис. 9.8. Достроить на фронтальной проекции линию пересечения многогранников и оформить очерк проекции

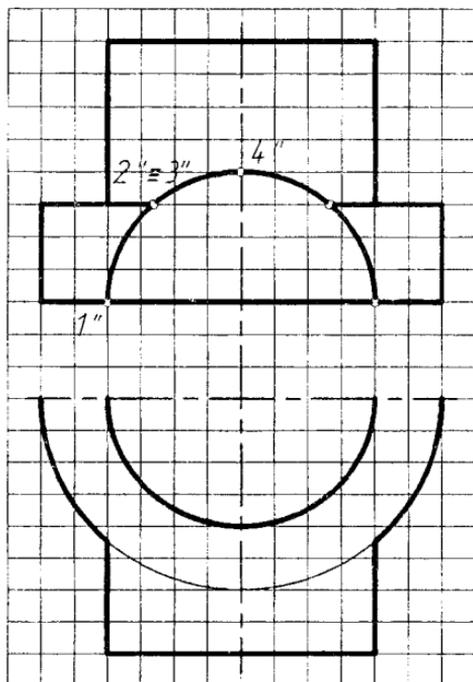


Рис. 9.9. Достроить горизонтальную и построить профильную проекции комбинированного геометрического тела (пересечение 3-х поверхностей, 1-й частный случай)

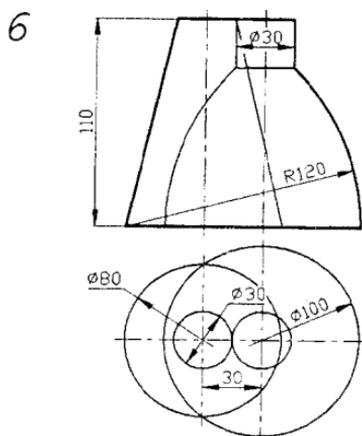
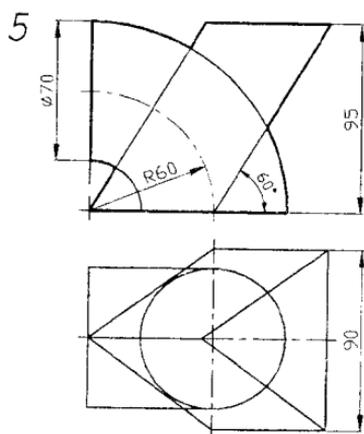
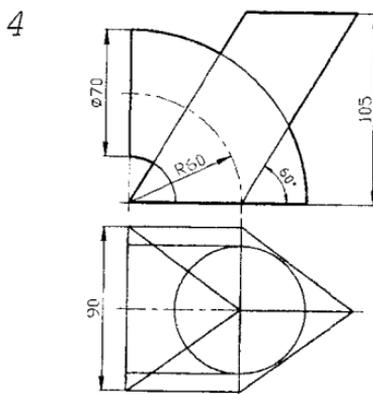
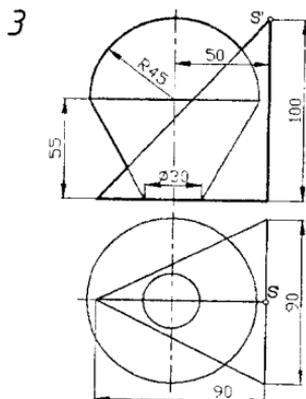
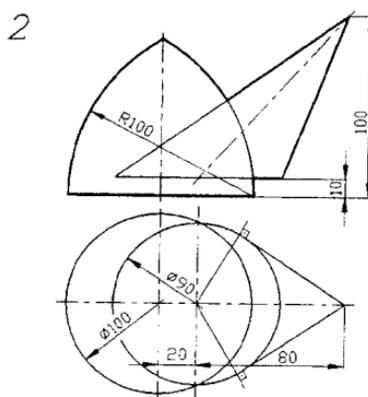
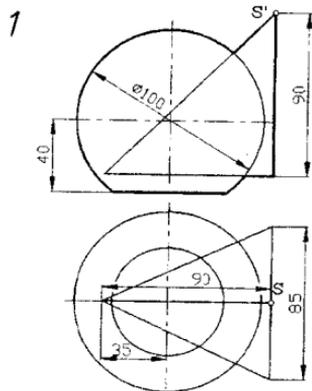
*Выдать графическую работу №5 «Пересечение поверхностей».*

Построить проекции линии пересечения заданных поверхностей.

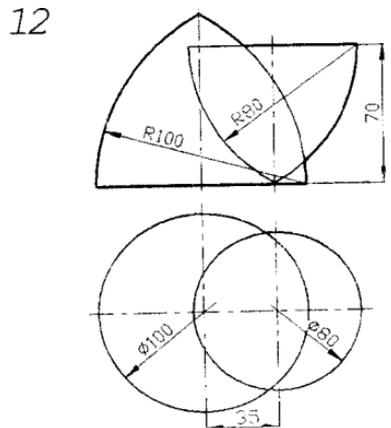
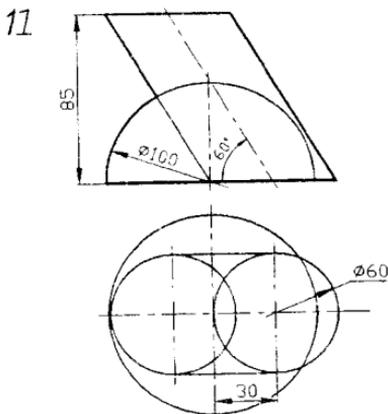
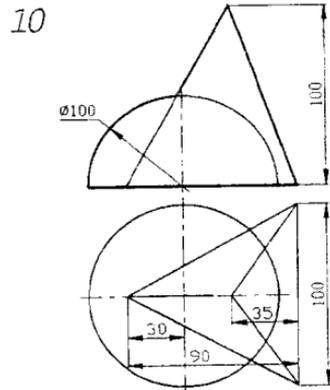
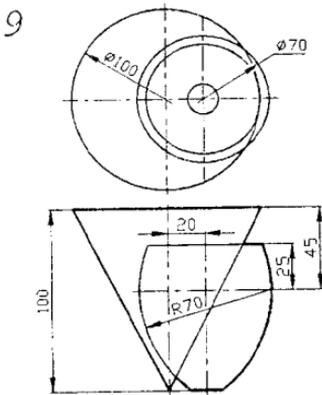
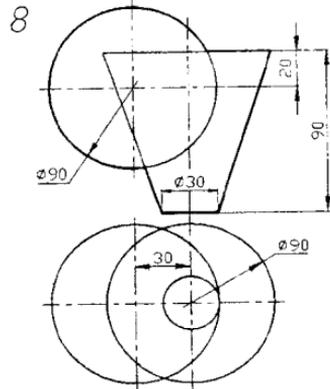
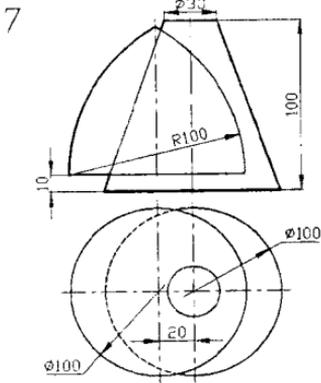
Исходные данные взять из табл. 9.1. и 9.2.

Графическую работу выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 9.10).

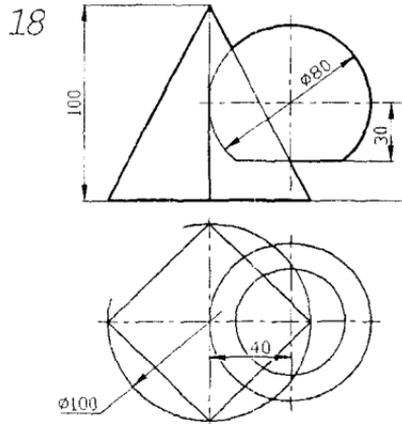
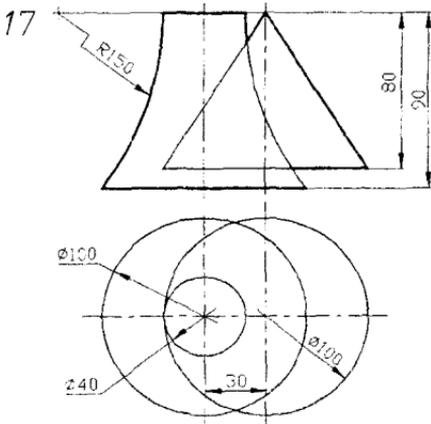
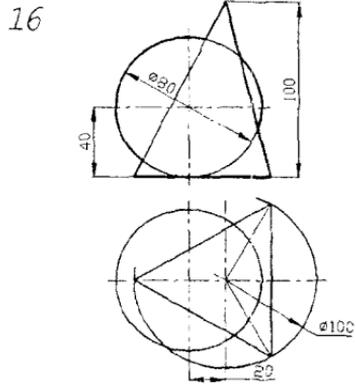
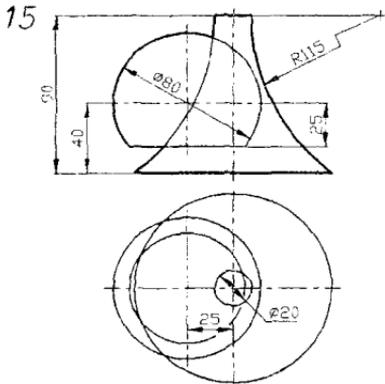
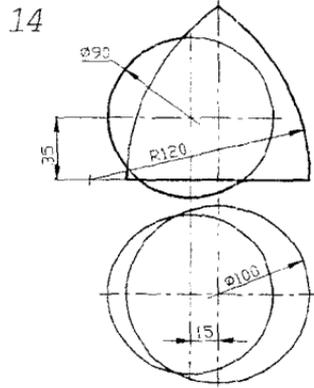
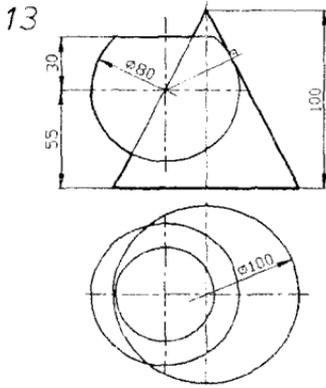
## Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих плоскостей



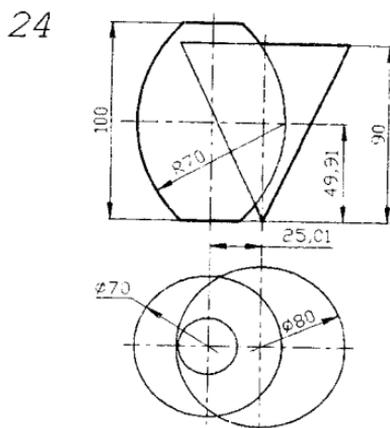
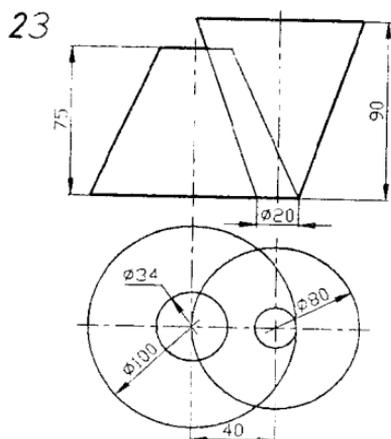
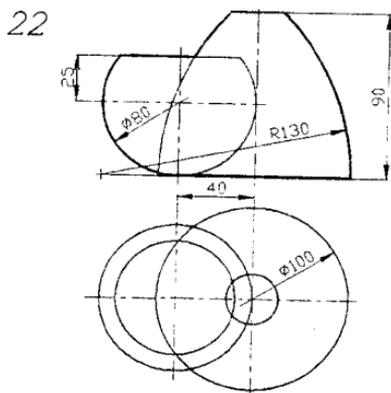
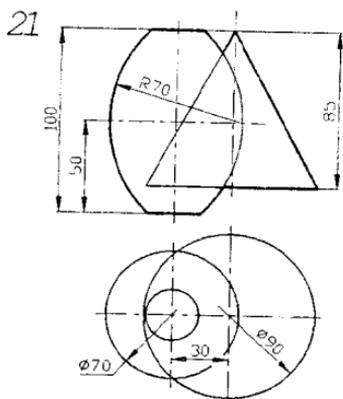
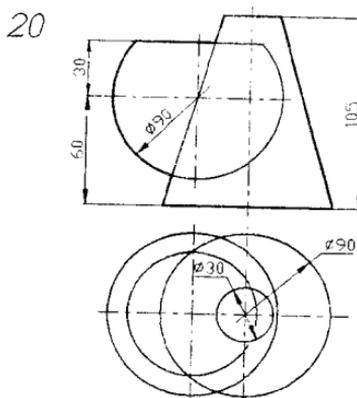
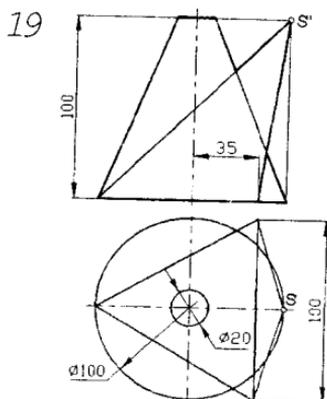
Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих плоскостей



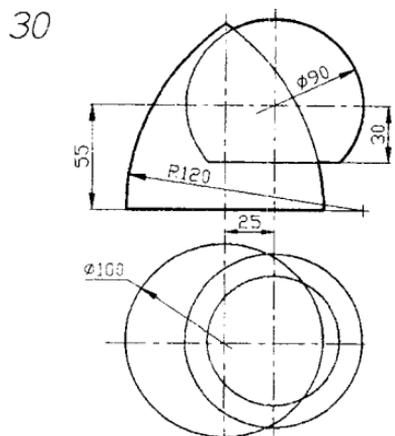
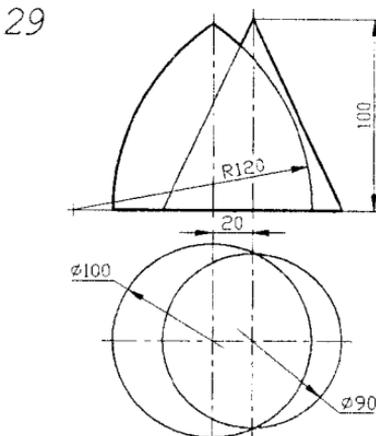
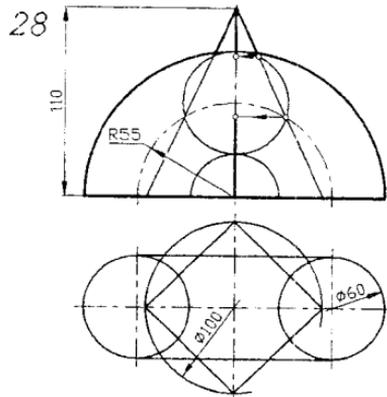
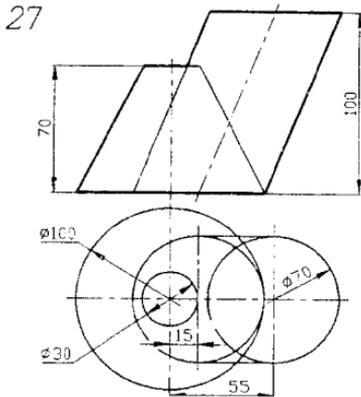
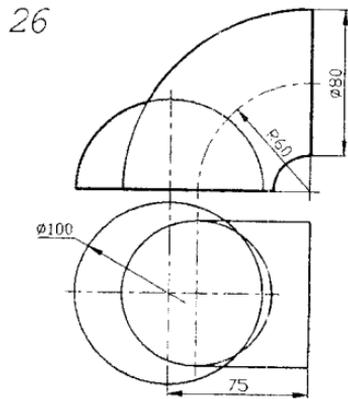
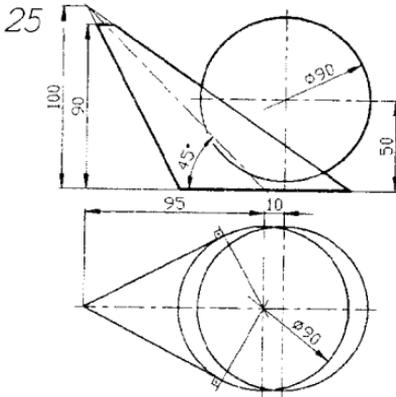
Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих плоскостей



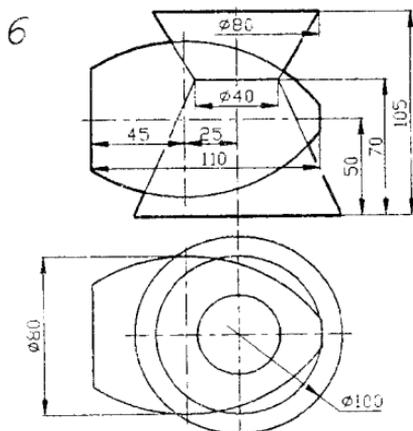
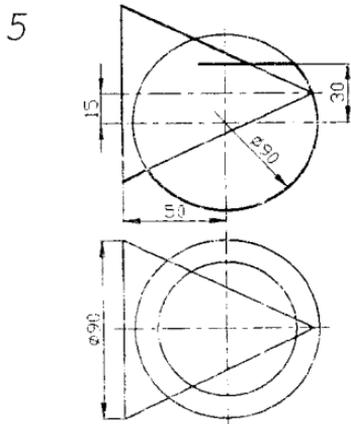
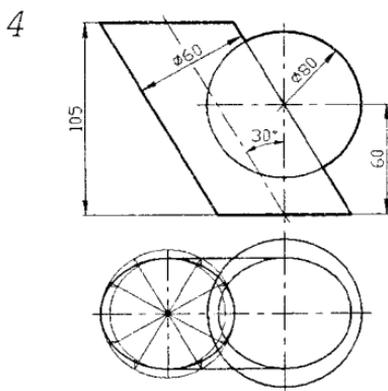
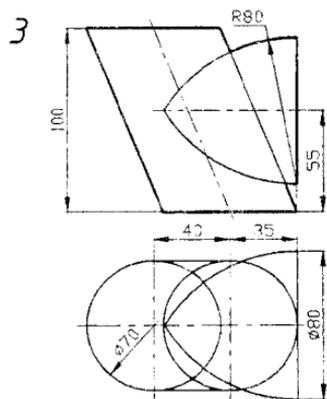
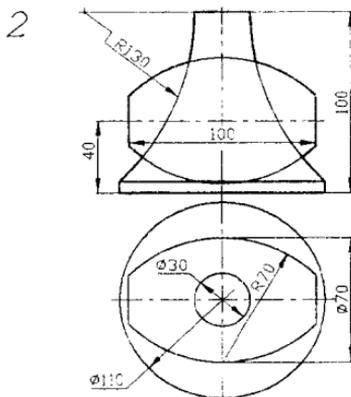
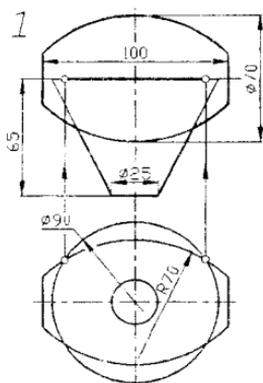
Продолжение табл. 9.1  
Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих плоскостей



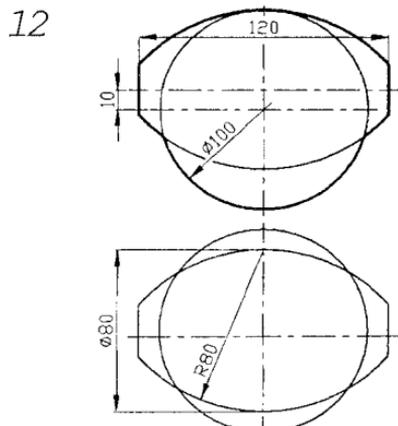
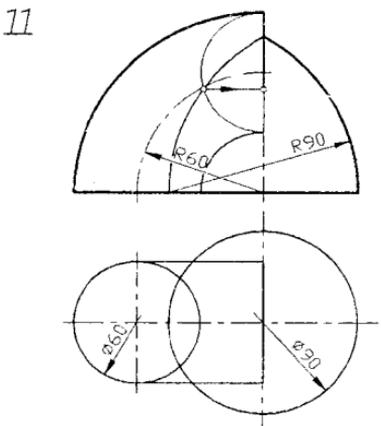
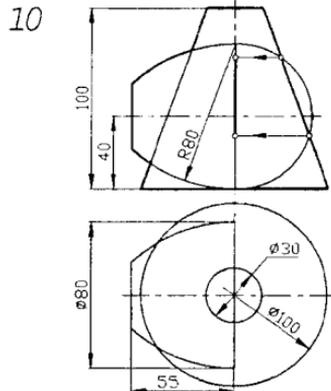
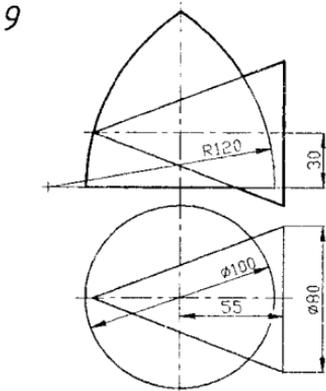
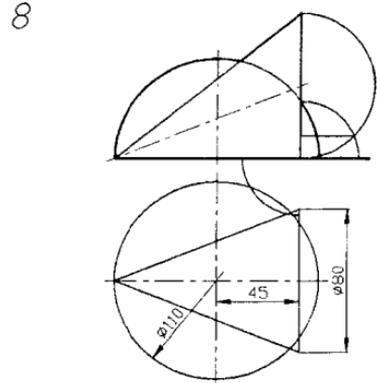
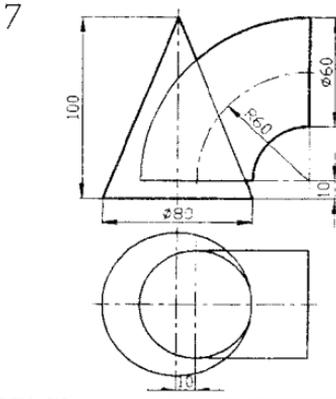
Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих плоскостей



## Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих сфер

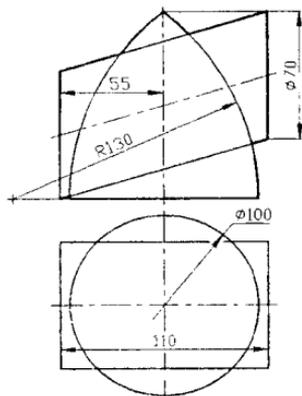


Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих сфер

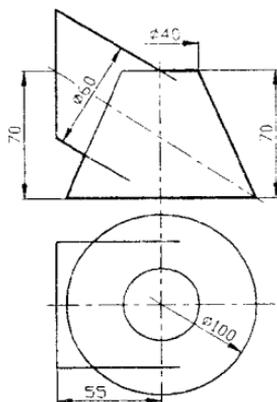


Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих сфер

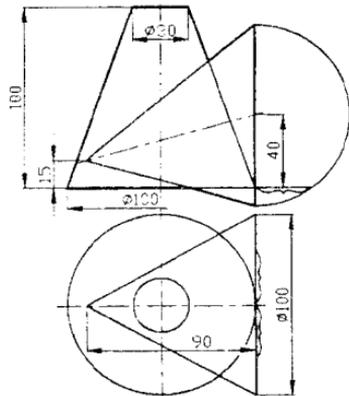
13



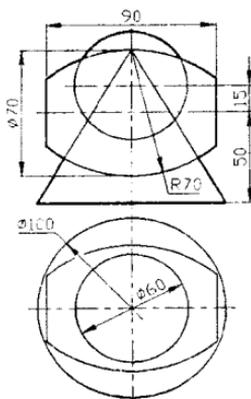
14



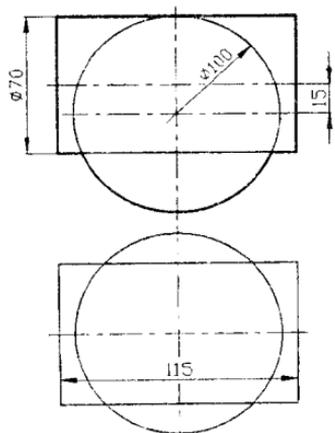
15



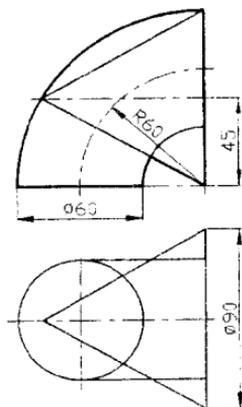
16



17

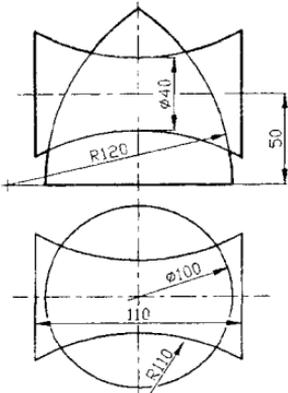


18

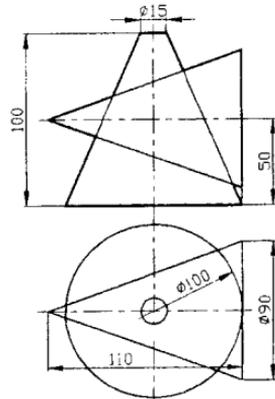


Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих сфер

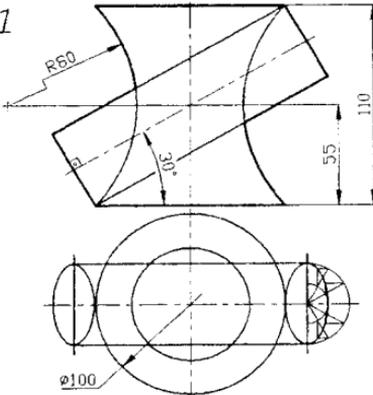
19



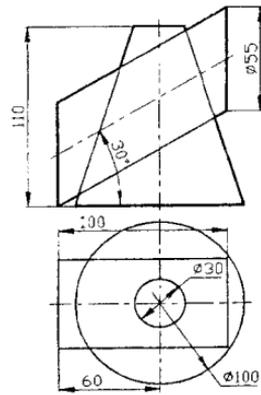
20



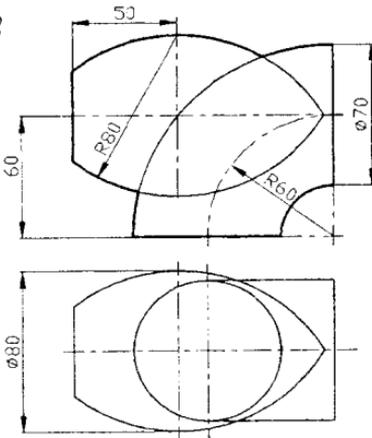
21



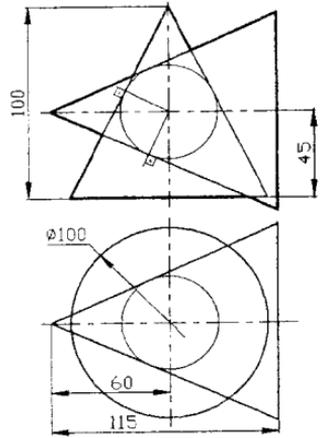
22



23

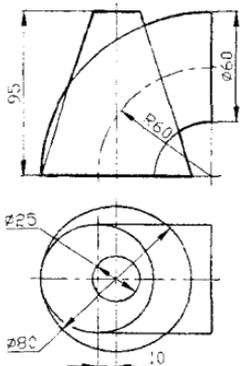


24

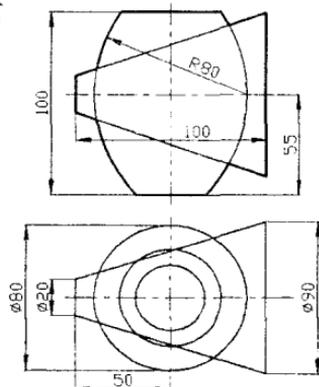


Тема. Пересечение поверхностей: способ секущих сфер

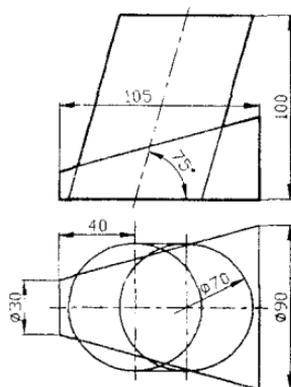
25



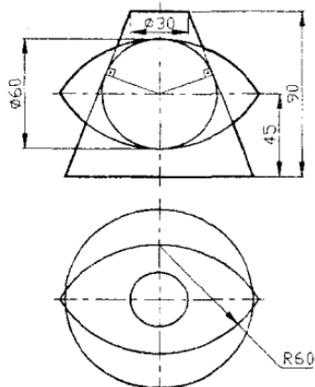
26



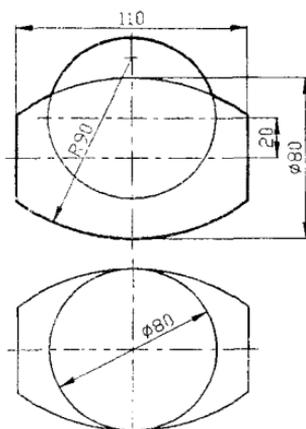
27



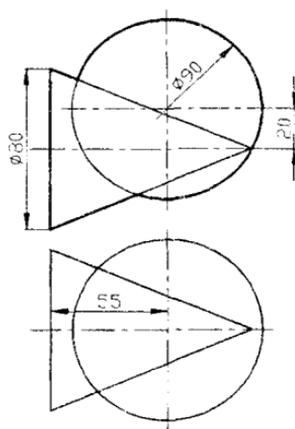
28



29



30



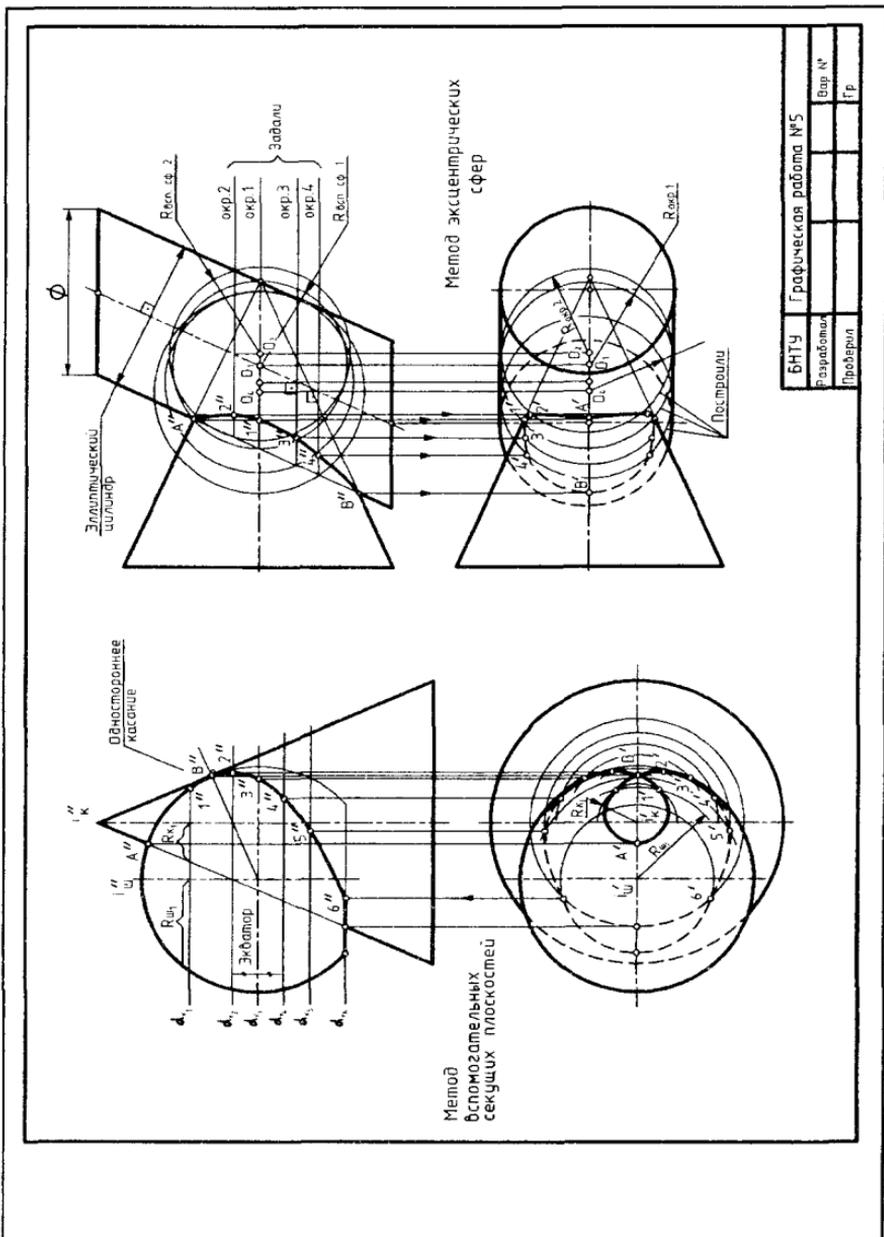


Рис. 9.10. Образец выполнения графической работы №5

## Занятие 10

### Тема 8. Преобразование чертежа. Способ замены плоскостей проекций.

#### Вопросы:

1. В чем сущность способов преобразования чертежа?

2. В чем сущность способа замены плоскостей проекций?

3. Какие четыре основные задачи решаются способом замены плоскостей проекций?

#### Задачи:

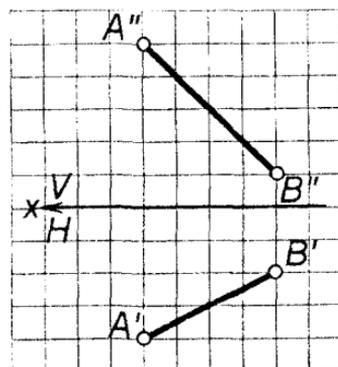


Рис. 10.1. Определить углы наклона отрезка  $AB$  к плоскостям проекций  $H$  и  $V$

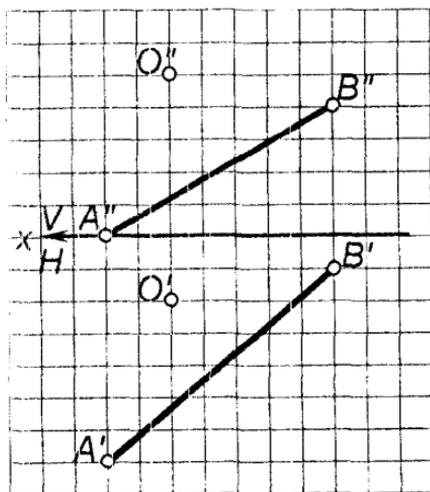


Рис. 10.2. Определить радиус сферы с центром в точке  $O$ , касательной к прямой  $AB$  (расстояние от точки до прямой)

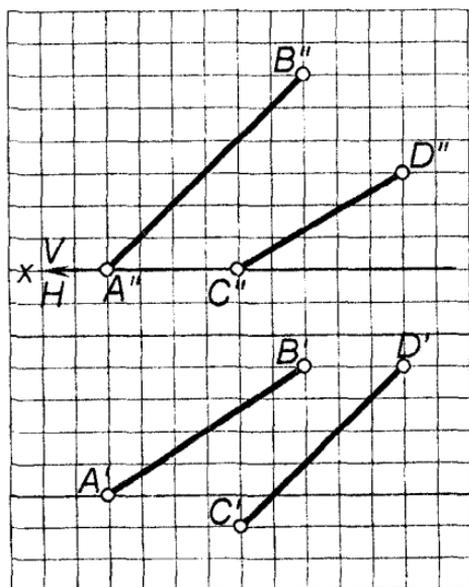


Рис. 10.3. Определить центр и построить проекции сферы, касательной к заданным скрещивающимся прямым  $AB$  и  $CD$  (расстояние между скрещивающимися прямыми)

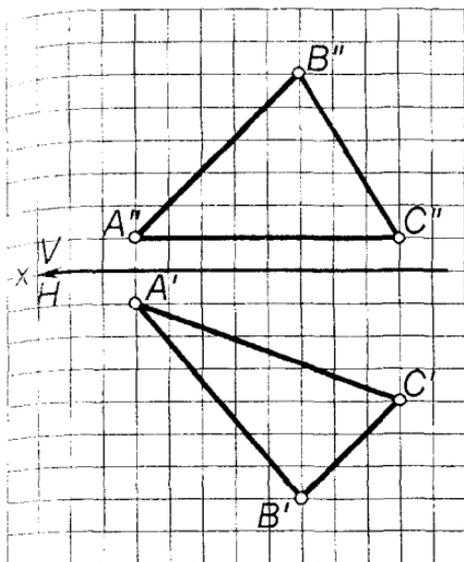


Рис. 10.4. Определить углы наклона плоскости  $\alpha(\triangle ABC)$  к плоскостям проекций  $H$  и  $V$

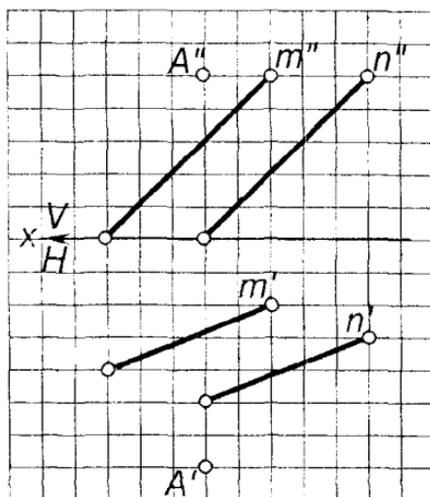


Рис. 10.5. Определить натуральную величину расстояния  $AO$  от точки  $A$  до плоскости  $\alpha(m//n)$ , построить проекции отрезка  $AO$  на заданном условии

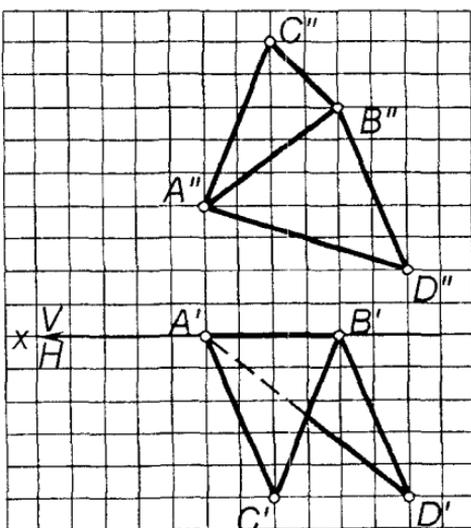


Рис. 10.6. Определить натуральную величину двугранного угла  $ABCD$

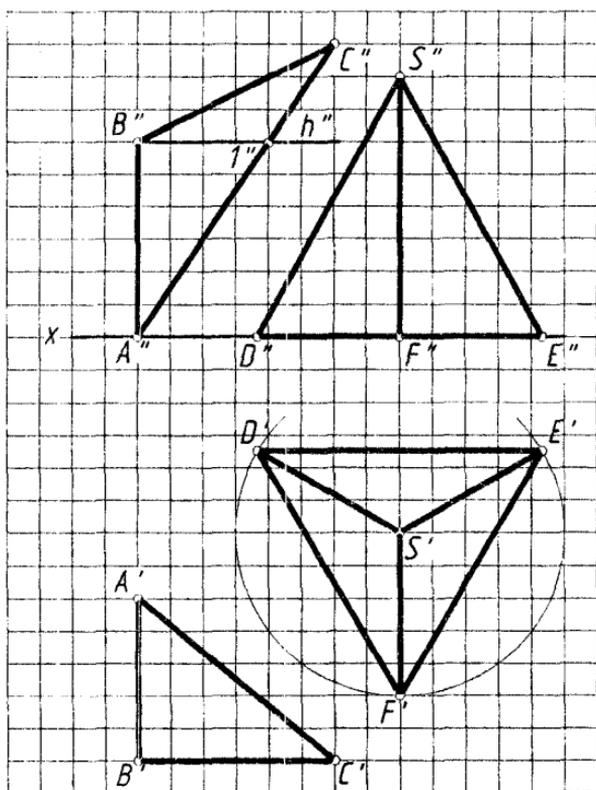
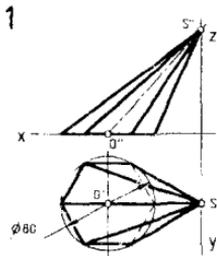


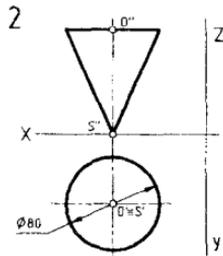
Рис. 10.7. Построить натуральную величину сечения пирамиды плоскостью  $\alpha(\triangle ABC)$  и построить проекции ломаной линии пересечения на заданных проекциях пирамиды



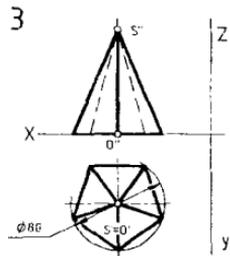
Тема. Преобразование чертежа. Способ замены плоскостей проекций



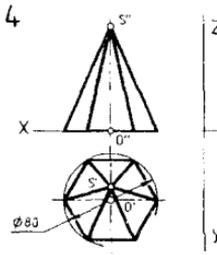
	A	B	C	S	O	б.р.
X	105	140	125	0	65	f
Y	80	55	120	65	65	
Z	35	10	60	90	0	



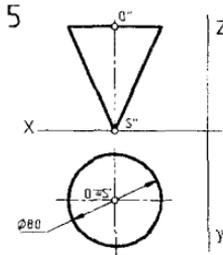
	A	B	C	S	O	б.р.
X	145	125	95	45	45	h
Y	105	35	70	50	50	
Z	80	15	60	0	90	



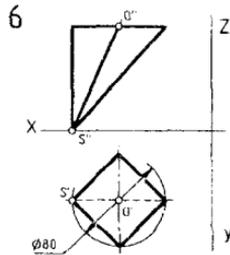
	A	B	C	S	O	б.р.
X	145	95	125	45	45	f
Y	50	40	0	50	50	
Z	75	40	15	90	0	



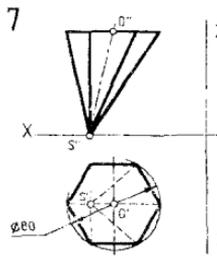
	A	B	C	S	O	б.р.
X	145	160	130	50	50	h
Y	30	80	15	40	55	
Z	30	70	10	90	0	



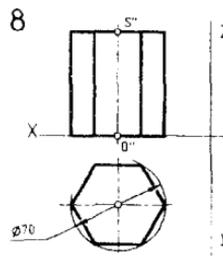
	A	B	C	S	O	б.р.
X	145	125	90	45	45	f
Y	110	50	90	45	60	
Z	15	65	25	0	90	



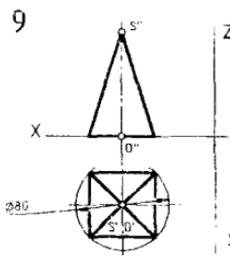
	A	B	C	S	O	б.р.
X	115	100	140	90	50	h
Y	10	55	45	45	45	
Z	30	80	80	0	90	



	A	B	C	S	O	б.р.
X	145	120	100	70	50	f
Y	25	100	50	70	70	
Z	5	70	35	0	90	

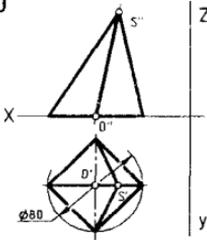


	A	B	C	S	O	б.р.
X	110	90	130	40	40	h
Y	70	25	30	60	60	
Z	90	20	35	90	0	



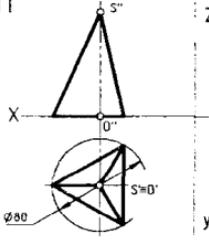
	A	B	C	S	O	б.р.
X	140	90	105	50	50	f
Y	85	75	40	55	55	
Z	45	45	0	90	0	

10



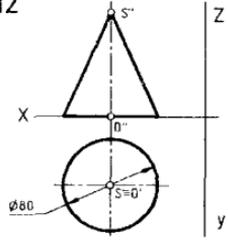
	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	125	145	95	30	50	h
Y	55	10	50	55	55	
Z	70	30	50	90	0	

11



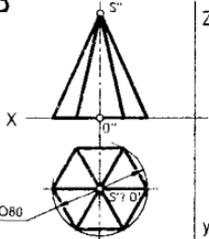
	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	135	120	95	50	50	h
Y	10	75	50	55	55	
Z	15	70	40	90	0	

12



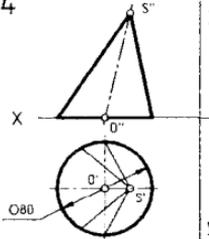
	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	145	110	95	50	50	h
Y	45	80	55	60	60	
Z	0	65	30	90	0	

13



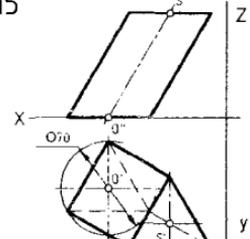
	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	145	90	90	45	45	f
Y	25	40	95	60	60	
Z	80	55	10	90	0	

14



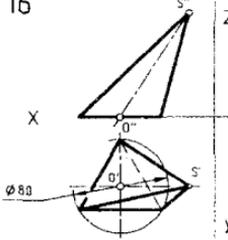
	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	140	105	90	15	45	h
Y	45	110	75	60	60	
Z	0	70	40	90	0	

15



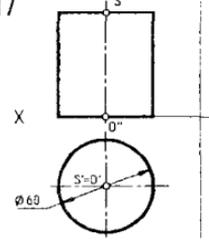
	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	145	110	125	35	80	f
Y	100	65	30	105	60	
Z	60	40	15	90	0	

16



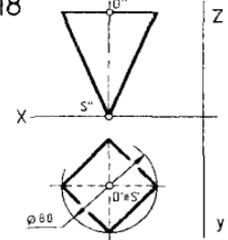
	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	145	105	120	5	60	h
Y	105	75	25	50	50	
Z	65	45	0	90	0	

17



	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	145	90	125	40	40	f
Y	85	65	5	60	50	
Z	90	50	0	90	0	

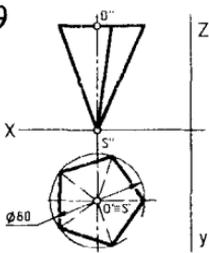
18



	A	B	C	S	O	$\delta_{\text{пр}}$
X	145	130	95	50	50	h
Y	40	75	25	60	60	
Z	50	90	30	0	90	

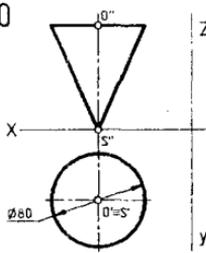
Тема. Преобразование чертежа. Способ замены плоскостей проекций

19



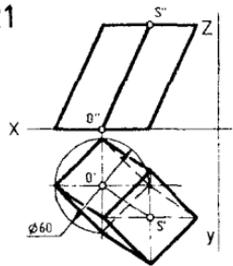
	A	B	C	S	O	Фр.
X	110	145	90	45	45	f
Y	60	115	105	60	60	
Z	95	55	30	0	90	

20



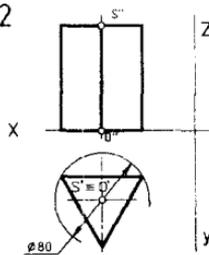
	A	B	C	S	O	Фр.
X	140	90	110	50	50	h
Y	40	50	100	70	70	
Z	0	25	65	0	90	

21



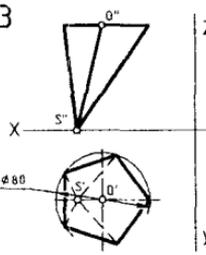
	A	B	C	S	O	Фр.
X	145	130	105	35	95	f
Y	110	55	125	65	50	
Z	55	25	70	90	0	

22



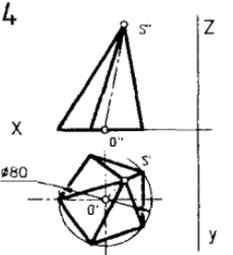
	A	B	C	S	O	Фр.
X	140	90	100	40	40	h
Y	80	60	20	50	50	
Z	70	40	10	90	0	

23



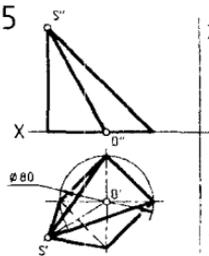
	A	B	C	S	O	Фр.
X	145	90	120	60	45	f
Y	50	35	0	60	60	
Z	95	50	10	0	90	

24



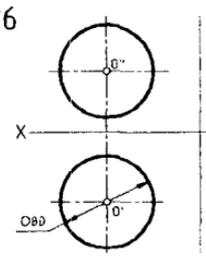
	A	B	C	S	O	Фр.
X	145	95	115	25	40	h
Y	80	60	10	45	60	
Z	60	35	0	90	0	

25



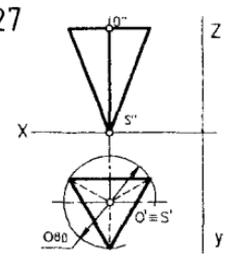
	A	B	C	S	O	Фр.
X	105	120	145	90	40	f
Y	70	35	80	80	60	
Z	50	25	70	90	0	

26



	A	B	C	O	Фр.
X	145	120	100	45	h
Y	50	25	90	55	
Z	50	15	85	50	

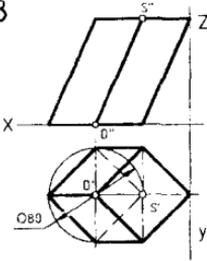
27



	A	B	C	S	O	Фр.
X	140	105	95	40	40	f
Y	110	40	75	50	50	
Z	90	15	65	0	90	

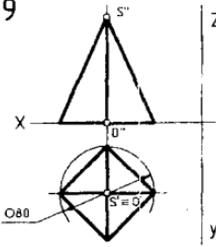
Тема. Преобразование чертежа. Способ замены плоскостей проекций

28



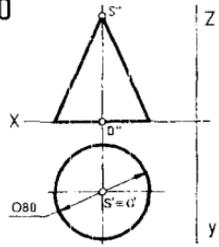
	A	B	C	S	O	б.р.
X	145	110	120	40	80	h
Y	65	100	70	80	80	
Z	75	25	55	90	0	

29



	A	B	C	S	O	б.р.
X	130	145	100	50	50	h
Y	40	95	65	55	55	
Z	0	60	40	90	0	

30



	A	B	C	S	O	б.р.
X	140	125	100	50	50	h
Y	110	45	70	60	60	
Z	75	0	45	90	0	

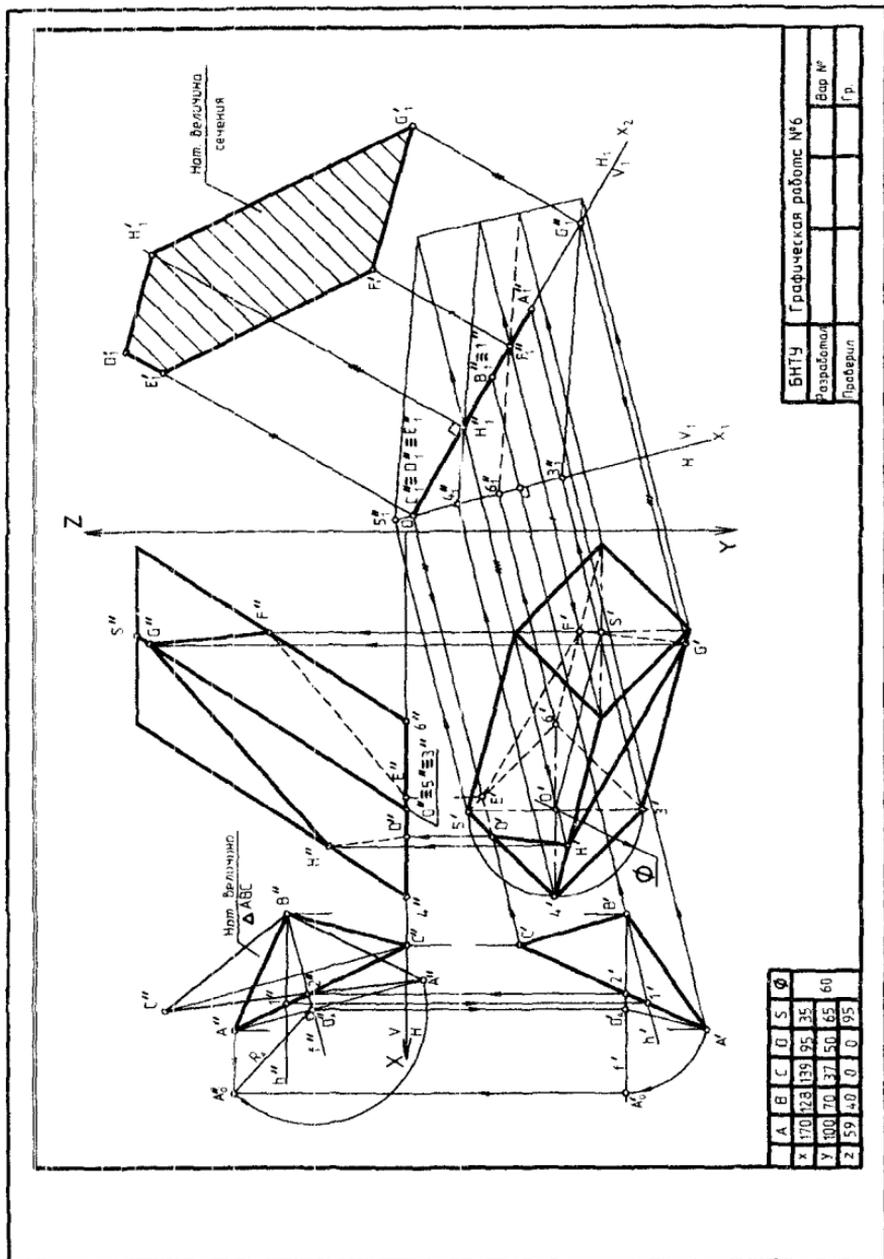


Рис. 10.9. Образец выполнения графической работы №6

## Занятие 11

Тема 8. Преобразование чертежа (продолжение). Способ вращения вокруг линии уровня. Способы вращения вокруг проецирующей оси и способ плоскопараллельного перемещения.

### Вопросы:

1. В чем сущность способа вращения вокруг линии уровня?
2. В чем сущность способа вращения вокруг проецирующей оси?
3. В чем сущность способа плоскопараллельного перемещения?
4. Какой угол называют углом между прямой и плоскостью? Какой угол называют углом между плоскостями?

### Задачи:

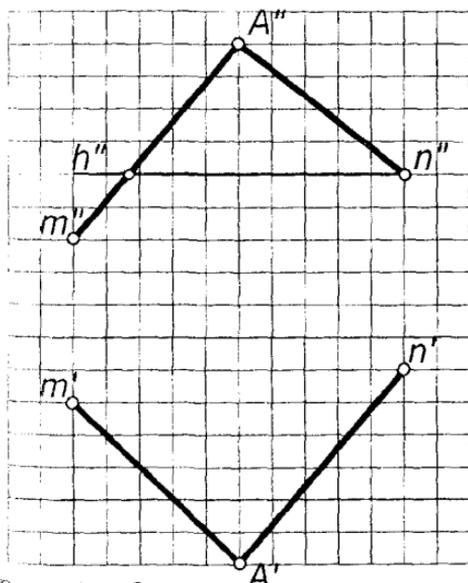


Рис. 11.1. Определить угол между пересекающимися прямыми  $m$  и  $n$  (вращать вокруг горизонтальной прямой)

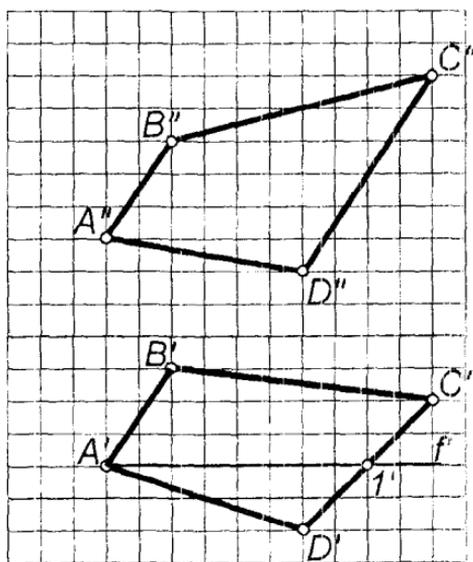


Рис. 11.2. Построить натуральную величину четырёхугольника  $ABCD$  (вращать вокруг фронтальной прямой)

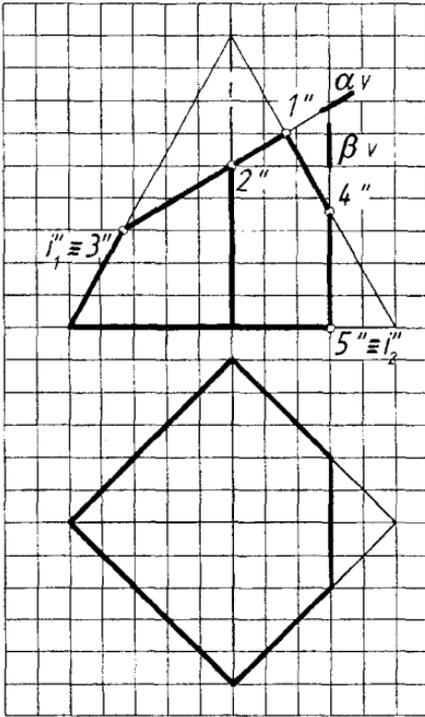


Рис. 11.4. Достроить горизонтальную проекцию пирамиды и построить натуральные величины сечений её поверхности плоскостями  $\alpha(\alpha_v)$  и  $\beta(\beta_v)$  вращением вокруг фронтально-проецирующих осей  $i_1$  и  $i_2$

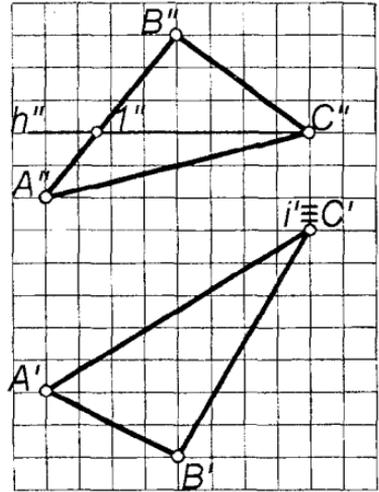


Рис. 11.3. Преобразовать плоскость общего положения  $\alpha(ABC)$  во фронтально-проецирующую плоскость (вращать вокруг горизонтально-проецирующей оси  $i$ )

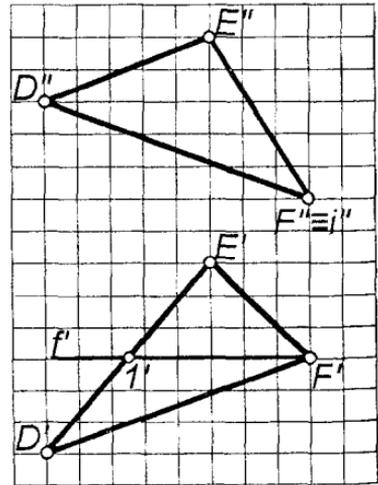


Рис. 11.5. Определить угол наклона плоскости  $\beta(DEF)$  к фронтальной плоскости проекций (вращать вокруг фронтально-проецирующей оси  $i$ )



## Занятие 12

Тема 9. Перпендикулярность прямой и плоскости, двух плоскостей. Частные случаи пересечения прямой и плоскости, двух плоскостей.

### Вопросы:

1. Теорема о перпендикулярности прямой и плоскости?
2. Теорема о проецировании прямого угла?
3. Как строят на чертеже, исходя из двух теорем, проекции перпендикуляра к плоскости?
4. На какие типы можно разделить задачи на тему перпендикулярность прямой и плоскости?
5. Какое обязательное графическое действие характерно для каждого типа задач?
6. Признак перпендикулярности двух плоскостей?
7. Что называют углом между прямой и плоскостью?
8. Что называют углом между двумя плоскостями?

### Задачи:

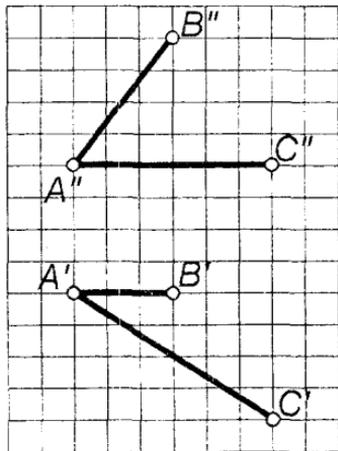


Рис. 12.1. Построить проекции одного из шаров радиусом  $R = 10$  мм, центр которого расположен на расстоянии 25 мм от плоскости  $\alpha(AB \cap AC)$  (1-й тип задач – провести перпендикуляр от плоскости в пространство)

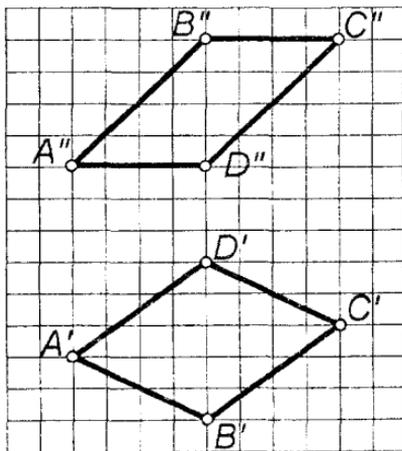


Рис. 12.2. Построить проекции прямой четырёхугольной призмы с основанием  $ABCD$  высотой 25 мм. Определить относительную видимость граней и ребер призмы (1-й тип задач)

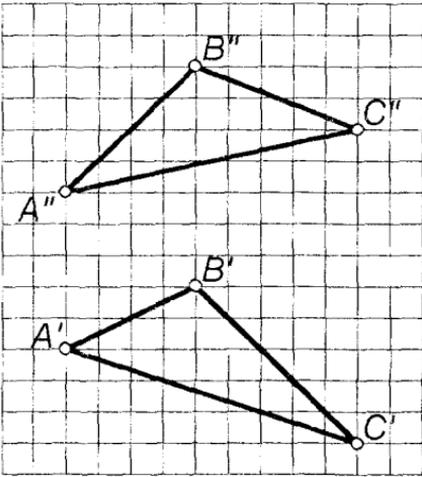


Рис. 12.3. Построить плоскость, параллельную заданной плоскости  $\alpha(ABC)$  и отстоящую от неё на расстоянии 20 мм (1-й тип задач)

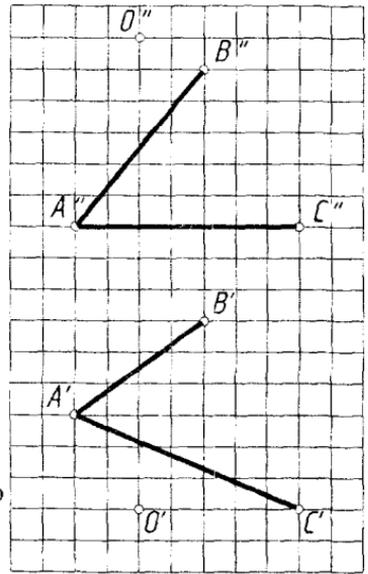


Рис. 12.4. Построить проекции шара с центром в точке  $O$ , касательного плоскости  $\alpha(AB \cap AC)$  (2-й тип задач – опустить перпендикуляр из точки в пространстве на плоскость)

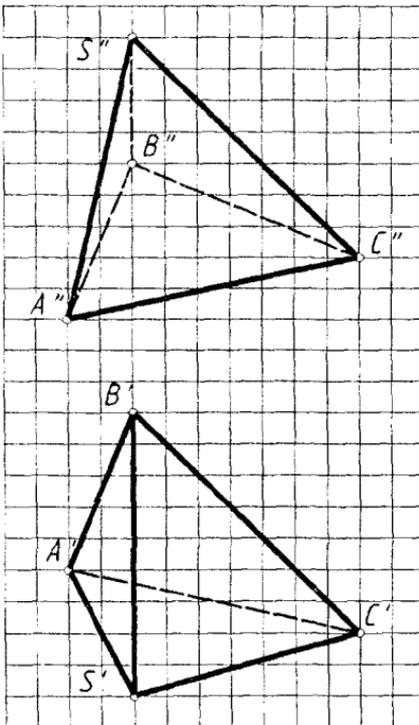


Рис. 12.5. Определить натуральную величину высоты  $SO$  пирамиды  $SABC$  (2-й тип задач)

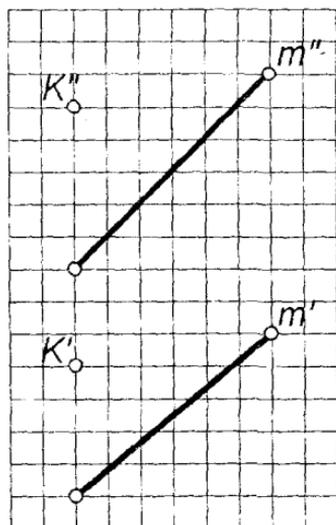


Рис. 12.6. Определить натуральную величину расстояния от точки  $K$  до прямой  $m$  (3-й тип задач – построить плоскость, перпендикулярную к прямой)

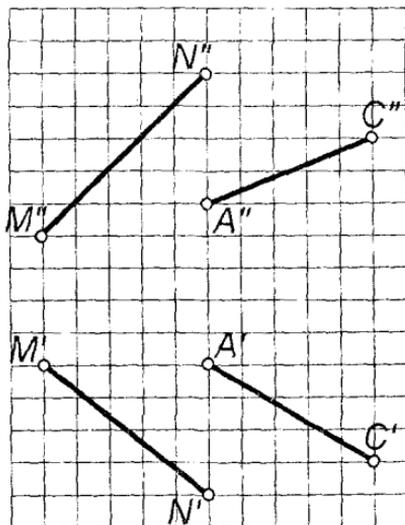


Рис. 12.7. Построить проекции треугольника  $ABC$ , сторона  $AB$  которого перпендикулярна прямой  $MN$ , а вершина  $B$  лежит на этой прямой (3-й тип задач)

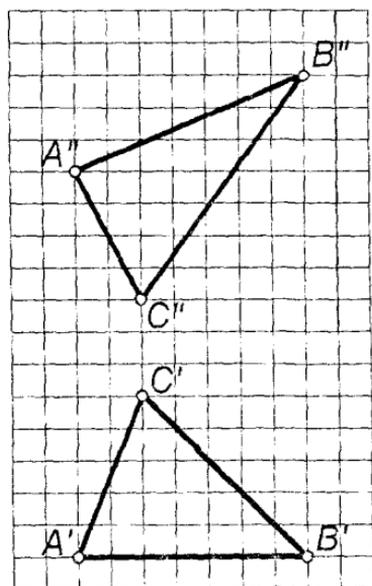


Рис. 12.8. Построить проекции высоты  $AO$  треугольника  $ABC$  (3-й тип задач)

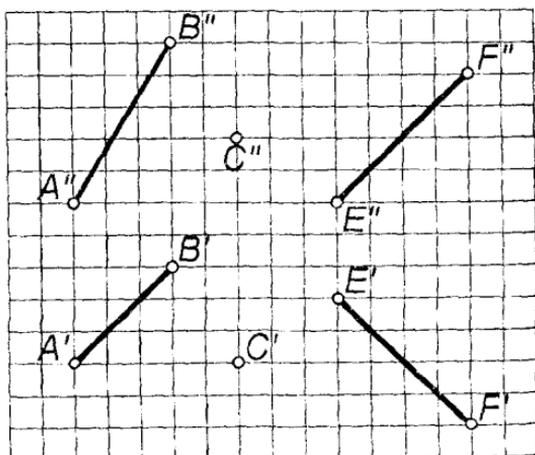


Рис. 12.9. Провести через прямую  $EF$  плоскость  $\beta$ , перпендикулярную к плоскости  $\alpha(AB, C)$

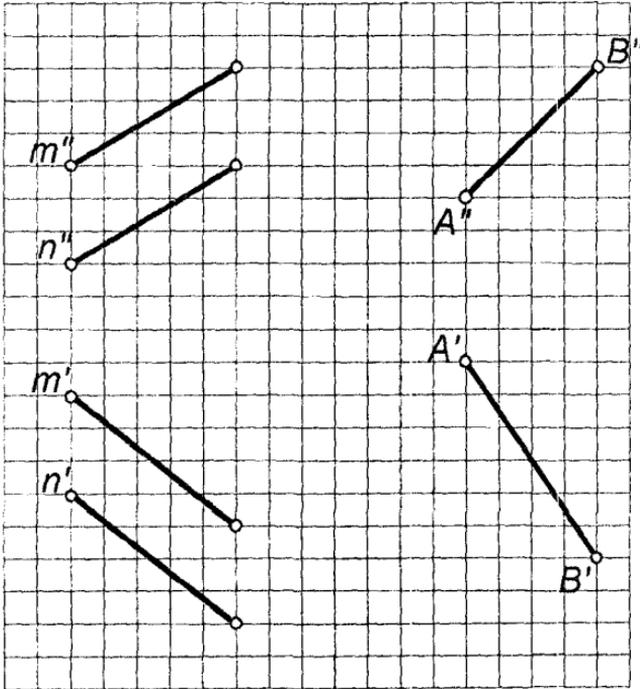


Рис. 12.10. Определить натуральную величину угла между прямой **AB** и плоскостью  $\alpha(m//n)$  (использовать точку **A** прямой **AB**; вращать вокруг горизонтали)

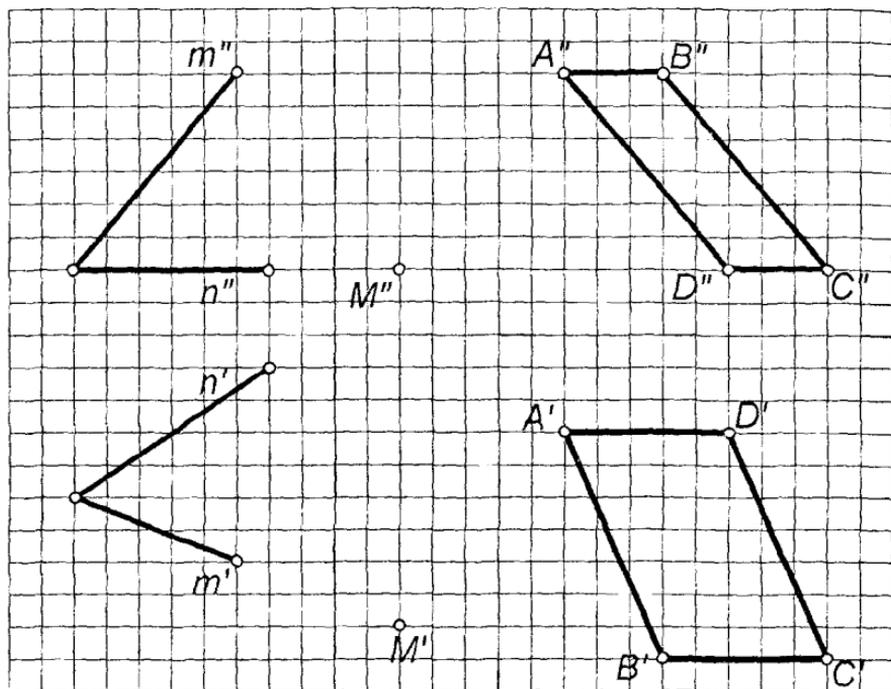


Рис. 12.11. Определить натуральную величину угла между плоскостями  $\alpha(m''n'')$  и  $\beta(ABCD)$  (вращать вокруг фронтали)

*Выдать графическую работу №7 «Перпендикулярность прямой и плоскости».*

**В задании необходимо:**

а) по заданным координатам точек (см. табл. 12.1) построить графические условия двух задач:

- для первой задачи: проекции треугольника  $ABC$  и одну из проекций точки  $O$ , лежащей в этой плоскости (достроить недостающую ее проекцию);

- для второй задачи: проекции прямой  $AB$  и прямой  $MN$ ;

б) **задача 1** – построить проекции прямой пирамиды  $SABC$  с основанием  $ABC$ . Высота пирамиды  $SO$  равна 70 мм. Основание высоты – точка  $O$ ;

с) **задача 2** – построить проекции прямоугольника  $ABCD$  по заданной

стороне  $AB$ . Вершина прямоугольника  $C$  лежит на заданной прямой  $MN$ .

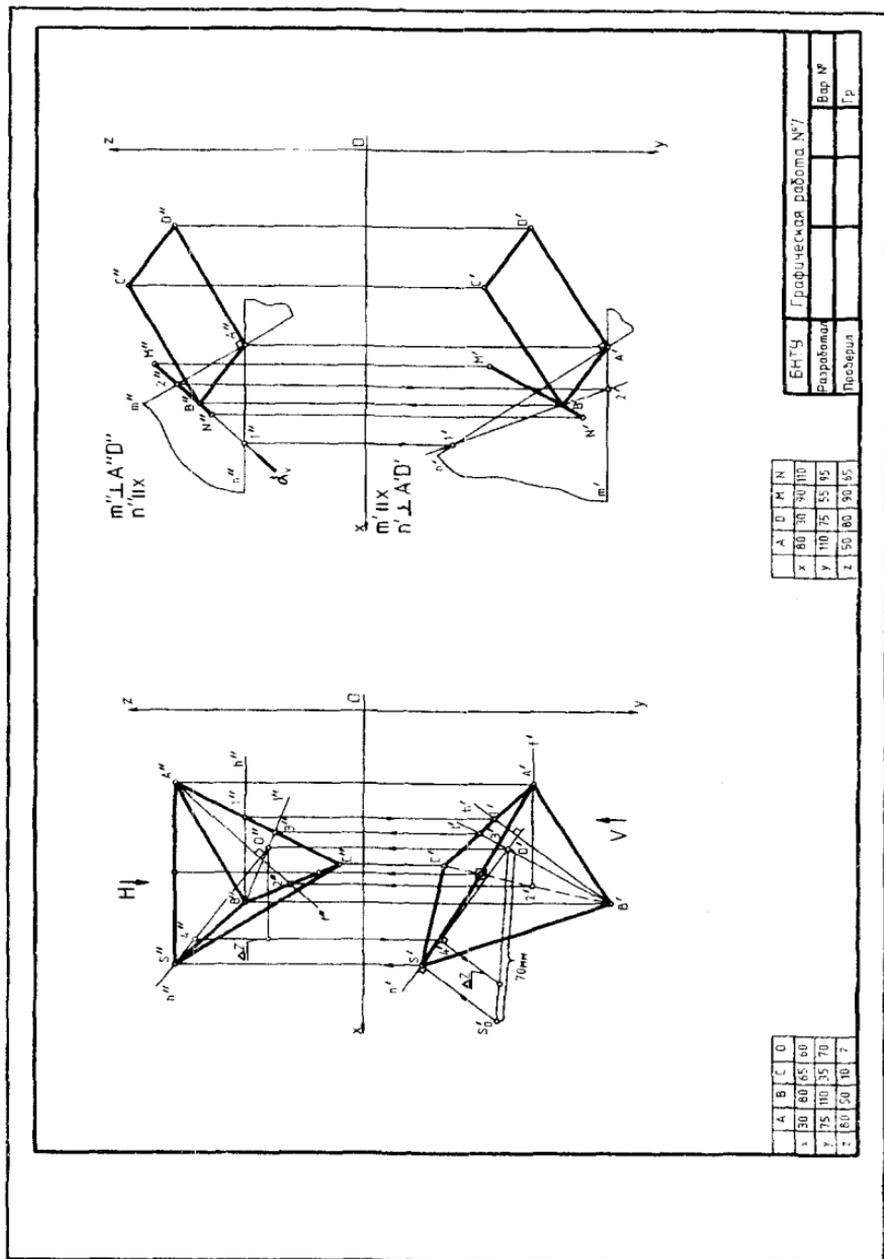
Обе задачи выполнить на одном формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 12.12).

Таблица 12.1

Графическая работа № 7									
Тема: «Перпендикулярность»									
Координата	№ варианта	Задача № 1				Задача № 2			
		A	B	C	O	A	D	M	N
X	1	100	45	10	65	65	10	100	70
Y		40	10	65	?	20	55	30	80
Z		10	60	20	35	10	60	0	65
X	2	90	40	10	60	65	10	110	75
Y		70	45	80	65	30	80	20	80
Z		100	100	55	?	85	55	90	40
X	3	90	40	15	60	70	20	105	80
Y		10	10	65	?	70	45	60	25
Z		20	70	0	25	80	30	90	30
X	4	90	60	0	40	60	0	110	60
Y		45	0	45	35	0	45	0	70
Z		100	55	70	?	35	50	25	85
X	5	80	0	55	40	65	5	105	80
Y		50	40	15	?	15	40	75	0
Z		100	50	50	60	90	50	20	105
X	6	100	10	50	60	50	15	100	70
Y		95	75	45	80	45	85	25	90
Z		50	20	0	?	5	35	0	60
X	7	15	75	105	50	100	40	90	65
Y		80	40	80	?	70	90	10	35
Z		20	0	50	25	45	5	85	35
X	8	75	95	15	50	70	15	100	85
Y		5	60	50	45	75	45	60	10
Z		60	100	50	?	100	50	90	50
X	9	75	10	60	35	60	10	100	75
Y		50	70	100	?	100	70	80	40
Z		100	55	55	60	10	55	0	65

Координата	№ варианта	Задача № 1				Задача № 2			
		A	B	C	O	A	D	M	N
X	10	80	115	35	75	80	35	115	85
Y		60	25	10	30	80	40	75	30
Z		0	55	15	?	40	55	50	80
X	11	80	35	0	45	35	0	85	60
Y		35	5	70	?	15	70	20	40
Z		15	60	30	40	60	30	70	20
X	12	105	20	75	60	75	105	65	25
Y		10	20	60	25	80	20	40	65
Z		60	30	15	?	70	15	40	80
X	13	120	80	35	100	60	100	45	20
Y		45	100	80	?	35	80	75	20
Z		30	50	10	35	60	40	10	70
X	14	80	25	0	50	60	100	45	15
Y		0	65	30	20	65	0	75	20
Z		100	100	50	?	90	45	100	45
X	15	20	100	45	55	90	65	40	15
Y		40	40	0	?	60	80	20	85
Z		10	30	60	40	60	10	35	20
X	16	80	30	0	50	40	90	65	40
Y		90	25	80	65	0	65	50	110
Z		60	95	30	?	90	55	45	15
X	17	110	55	20	45	55	20	95	65
Y		50	105	70	?	85	50	75	20
Z		50	75	10	35	80	15	75	50
X	18	25	65	100	75	65	100	45	15
Y		90	100	40	70	85	25	95	45
Z		95	25	65	?	25	65	15	80
X	19	55	105	25	65	55	25	100	75
Y		20	85	60	?	20	45	65	0
Z		30	40	90	50	30	90	65	20
X	20	110	90	40	85	90	110	60	25
Y		35	95	80	70	25	85	10	80
Z		25	70	0	?	70	25	80	25

Координата	№ варианта	Задача № 1				Задача № 2			
		A	B	C	O	A	D	M	N
X	21	100	40	65	70	45	20	100	65
Y		65	30	80	?	80	30	40	95
Z		80	65	15	60	75	25	30	90
X	22	20	100	45	60	25	80	95	25
Y		30	10	60	35	60	0	45	90
Z		45	90	90	?	45	90	55	10
X	23	90	30	10	55	100	40	80	55
Y		80	25	80	?	45	100	0	55
Z		70	90	30	75	50	0	90	45
X	24	90	20	40	45	40	20	85	60
Y		10	70	10	35	80	10	50	100
Z		95	80	40	?	40	80	75	25
X	25	105	55	25	60	55	25	75	105
Y		25	80	25	?	80	35	90	35
Z		60	80	10	55	90	20	100	45
X	25	105	55	25	60	55	25	75	105
Y		25	80	25	?	80	35	90	35
Z		60	80	10	55	90	20	100	45
X	26	110	50	25	75	50	25	110	65
Y		20	30	95	35	30	85	10	65
Z		30	80	30	?	80	15	90	55
X	27	30	100	80	70	80	100	5	25
Y		75	35	80	?	80	35	90	40
Z		5	40	80	35	80	40	90	40
X	28	30	75	100	75	50	100	35	15
Y		85	85	25	65	20	65	65	10
Z		100	35	65	?	100	65	50	110
X	29	110	50	10	75	50	10	95	65
Y		65	10	55	?	70	25	65	15
Z		10	80	55	40	80	55	90	25
X	30	20	65	90	60	80	65	50	25
Y		60	20	80	50	35	95	70	15
Z		80	10	50	?	50	10	30	80



A	B	C	D
x	30	60	65
y	75	110	35
z	60	50	16

A	D	I	N
x	80	30	110
y	110	75	65
z	150	80	90

ЕНТУ		Графическая работа №7	
Разработано		Вар. №	
Писчерил		Гр	

Рис. 12.12. Образец выполнения графической работы № 7

## Занятие 13

### Тема 10. Аксонометрические проекции.

#### Вопросы:

1. Каким способом проецирования получают аксонометрические проекции?
2. Основная теорема аксонометрических проекций – теорема К. Польке – Г. Шварца?
3. Какие виды аксонометрических проекций различают: по направлению проецирования? По коэффициентам искажения?
4. Сколько видов аксонометрических проекций определяет ГОСТ 2.317-69?
5. Прямоугольная изометрия – оси, коэффициенты искажения, расположение и размеры больших и малых осей эллипсов?
6. Прямоугольная диметрия?
7. Косоугольная диметрия?

#### Задачи:

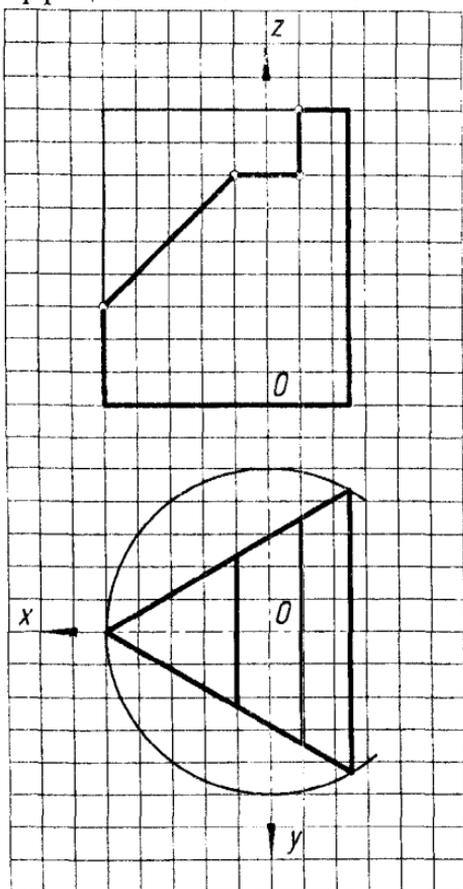


Рис. 13.1. Построить прямоугольную изометрическую проекцию призмы со срезами фронтально-проецирующими плоскостями

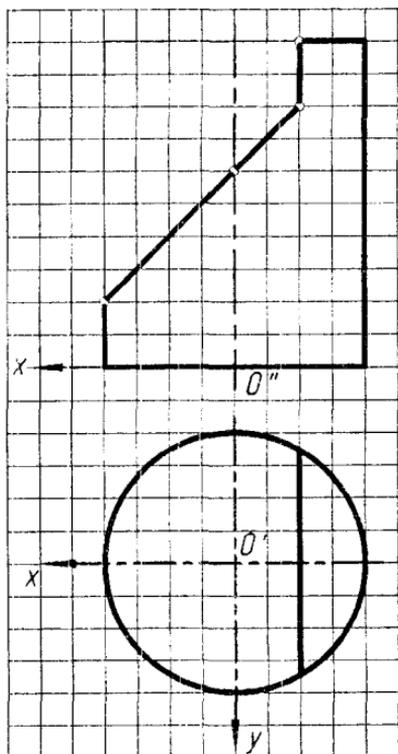


Рис. 13.2. Построить прямоугольную изометрическую проекцию цилиндра со срезом фронтально-проецирующими плоскостями

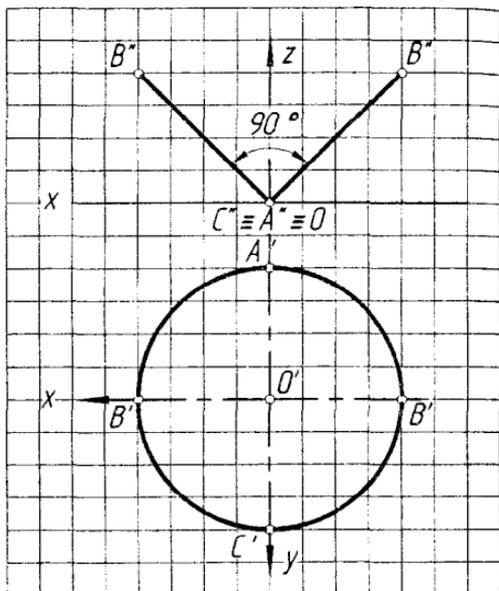


Рис. 13.3. Построить прямоугольную изометрическую проекцию двух полуокружностей, расположенных во фронтально-проецирующих плоскостях под  $\angle 90^\circ$

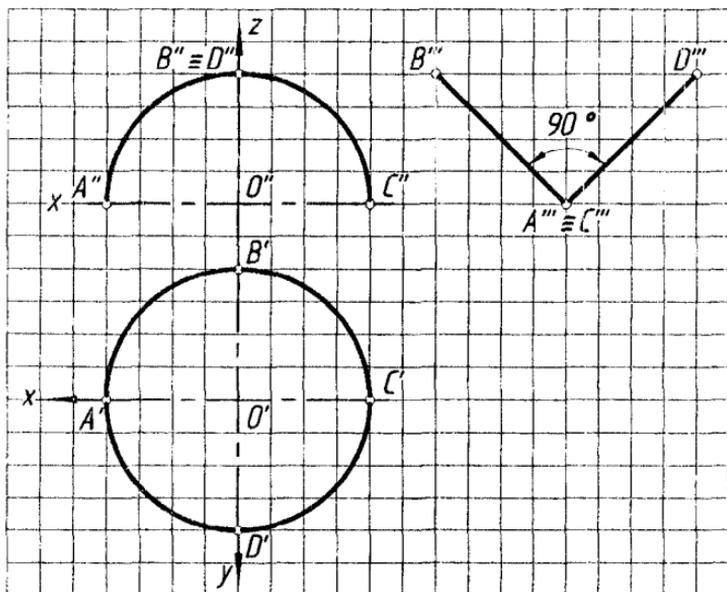


Рис. 13.4. Построить прямоугольную изометрическую проекцию двух полуокружностей, расположенных в профильно-проецирующих плоскостях под  $\angle 90^\circ$

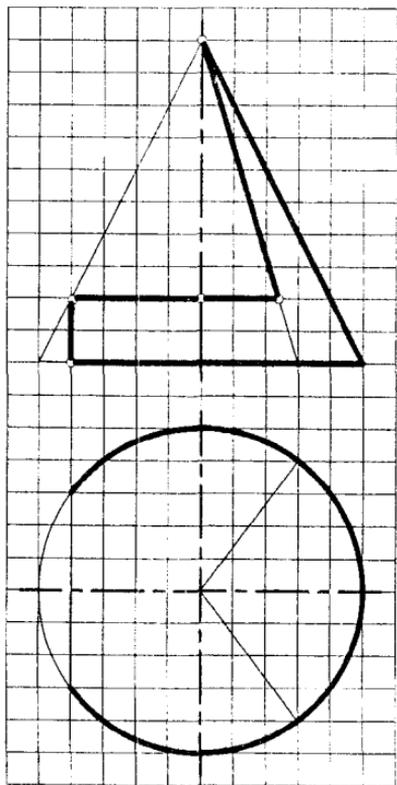


Рис. 13.5. Достроить горизонтальную проекцию конуса и построить прямоугольную изометрию конуса

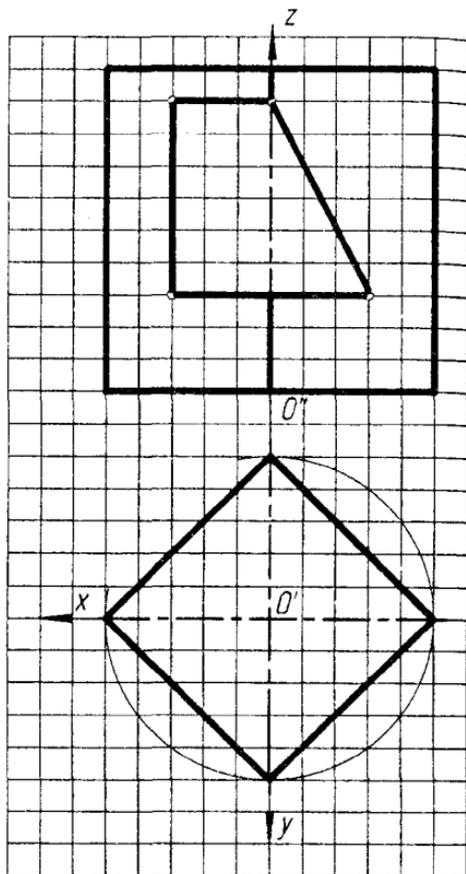


Рис. 13.6. Построить прямоугольную диметрию призмы со сквозным призматическим отверстием

*Выдать графическую работу №8<sup>а</sup> и №8<sup>б</sup> или 8<sup>а</sup> «Аксонометрия».*

В графической работе №8<sup>а</sup> построить прямоугольную диметрию пирамиды, а в графической работе №8<sup>б</sup> – прямоугольную изометрию цилиндра. В графической работе №8<sup>в</sup> построить прямоугольную изометрию комбинированного геометрического тела.

Графические работы выполнить на форматах А3 белой чертёжной бумаги и оформить по образцам на рис. 13.9 и 13.10 или на рис. 13.11. Исходные данные взять из табл. 4.1 и 5.1 или 7.1.

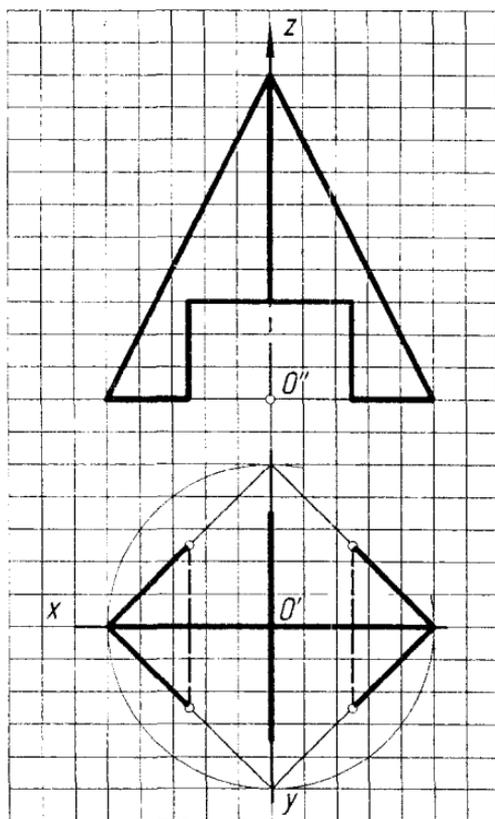


Рис. 13.7. Достроить горизонтальную проекцию пирамиды с пазом, выполненным фронтально-проецирующими плоскостями, и построить косоугольную диметрию пирамиды

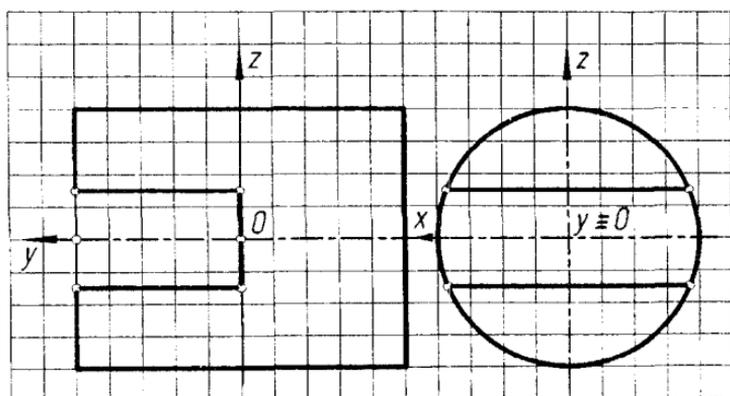
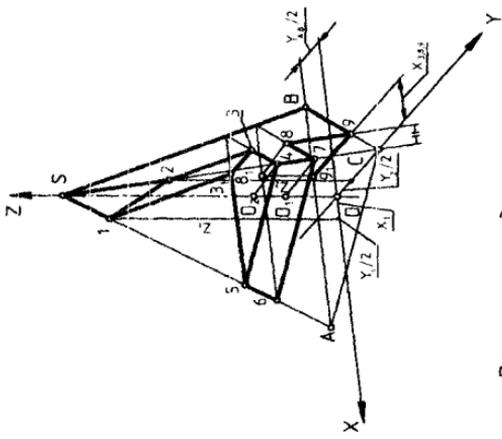
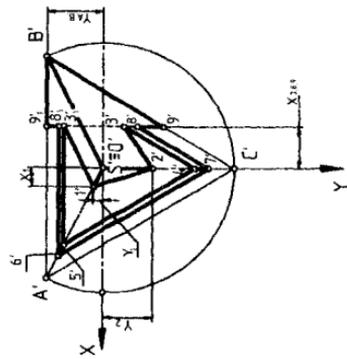
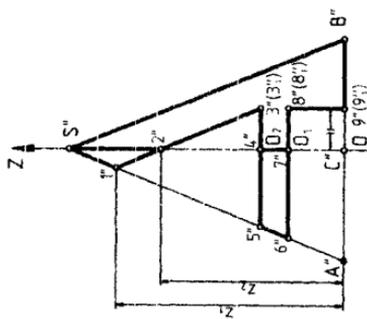


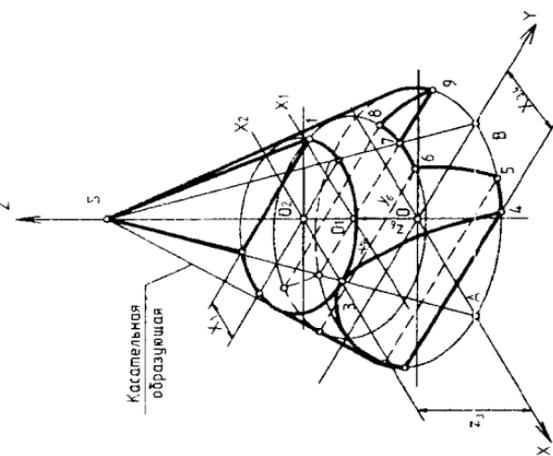
Рис. 13.8. Построить косоугольную фронтальную диметрию цилиндра с прямоугольным пазом



Прямоугольная диметрия  
(коэффициенты искажения:  $K_x = K_z = 1$ ;  $K_y = 0.5$ )

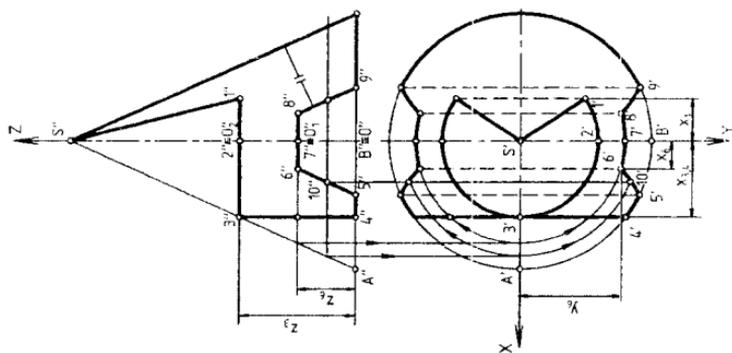
БНТУ	Графическая работа №8 <sup>a</sup>		
Разработал		Вар №	
Проверил		Гр.	

Рис. 13.9 Образец выполнения графической работы №8<sup>a</sup>



Прямоугольная изометрия

(коэффициенты искажения  $K_x = K_y = K_z = 1$ )



БНТУ	Графическая работа №8
Разработка	Вар №
Проверка	Гр.

Рис. 13.10 Образец выполнения графической работы №8<sup>b</sup>

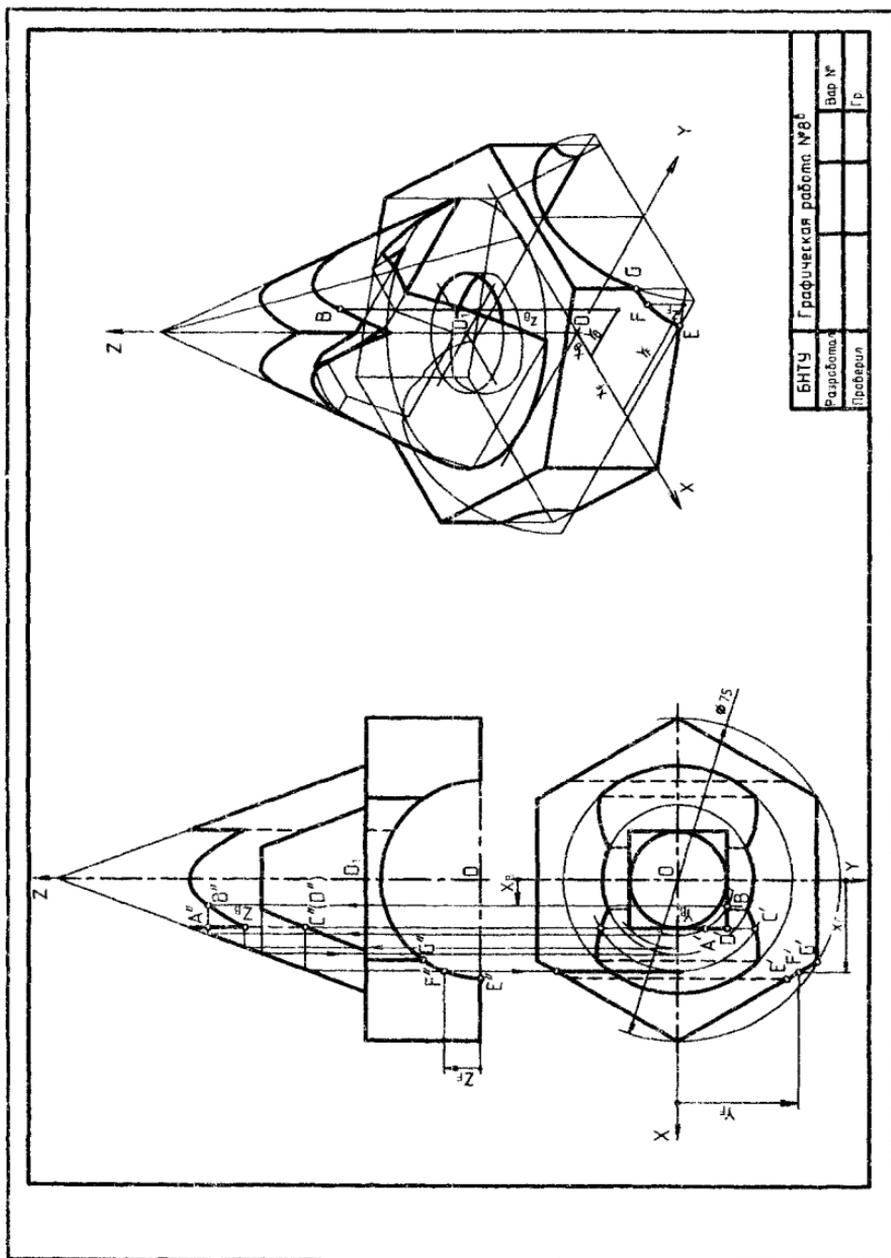


Рис. 13.11 Образец выполнения графической работы №8<sup>Б</sup>

## Занятие 14

### Тема 11. Развертки. Геодезическая линия на поверхности.

#### Вопросы:

1. Что называют разверткой поверхности?
2. Какие поверхности относятся к развертываемым?
3. Какие существуют способы построения разверток гранных поверхностей?
4. Условия применения способа нормального сечения и способа раскатки для построения развертки поверхностей призмы и цилиндра.
5. Способы развертки поверхностей пирамиды и конуса.
6. Развертки каких поверхностей можно построить точно? приближенно?
7. Что такое геодезическая линия?
8. Как построить геодезическую линию на геометрической поверхности?

#### Задачи:

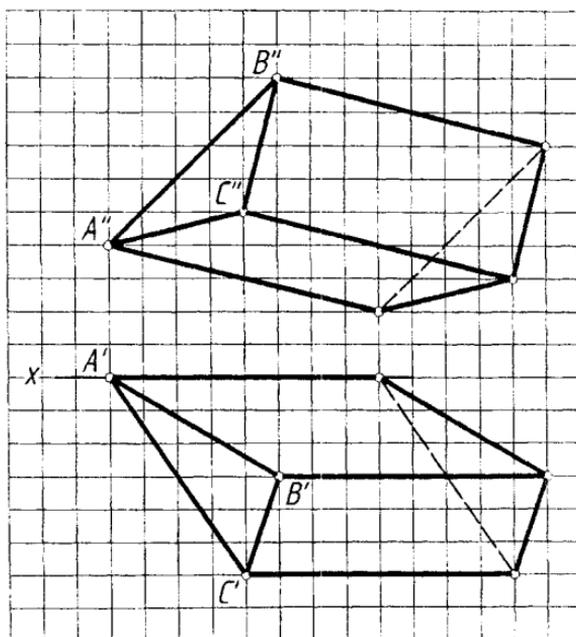


Рис. 14.1. Построить способом нормального сечения развертку боковой поверхности призмы

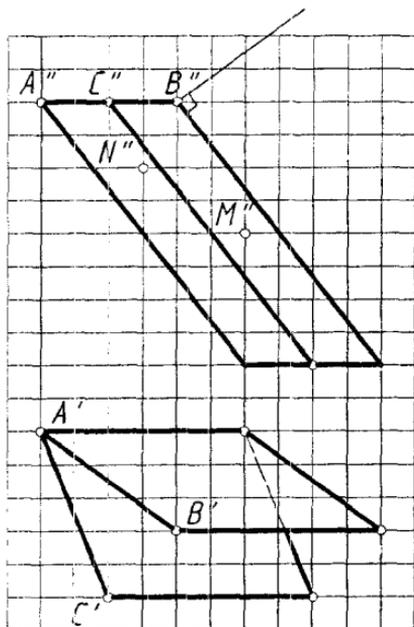


Рис. 14.2. Построить развёртку двугранного угла **CAB** способом раскатки и построить проекции кратчайшего расстояния между точкой **M**, лежащей на грани **AB**, и точкой **N**, лежащей на грани **AC** (геодезическая линия)

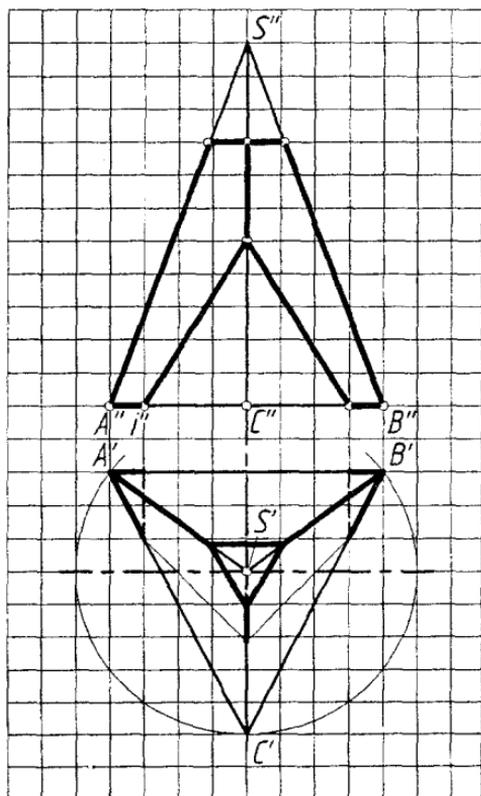


Рис. 14.3. Построить горизонтальную проекцию усеченной пирамиды и построить полную развёртку её поверхности (от ребра **SC**)

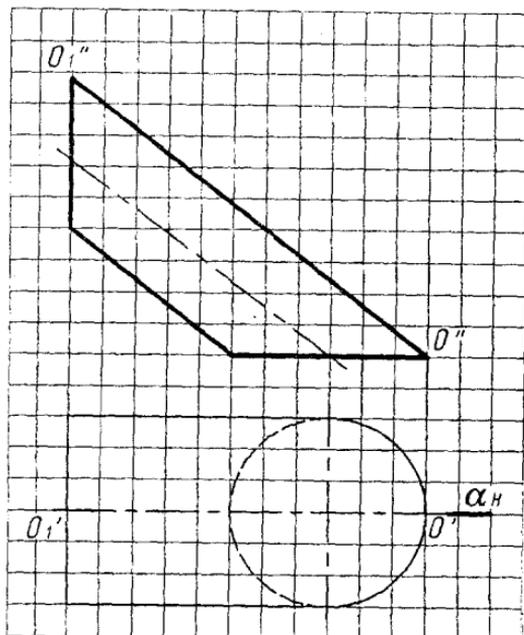


Рис. 14.4. Построить развёртку боковой поверхности эллиптического цилиндра способом раскатки

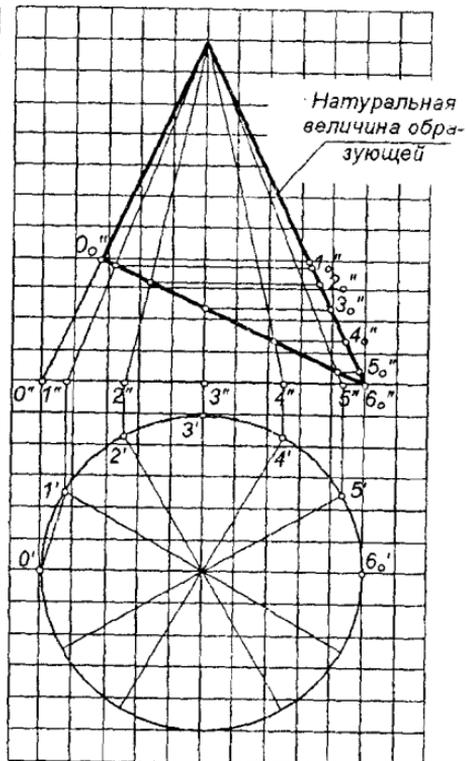


Рис. 14.5. Построить половину развёртки боковой поверхности конуса со срезом (горизонтальную проекцию не достраивать)

*Выдать графическую работу №9<sup>а</sup> или №9<sup>б</sup> «Развертки поверхностей»*

Исходные данные для выполнения графической работы №9<sup>а</sup>.

**В задании требуется:**

1. По приведенным рисункам 14.6 и 14.7 и заданным в таблице 14.1 размерам построить фронтальную и горизонтальную проекции полого воздуховода, цилиндрические и конические участки которого описаны вокруг сфер.

2. Выполнить развертки цилиндрических и конических участков, указанных в таблице 14.1 для каждого варианта.

Поэтапное построение графической работы:

1. По заданным в таблице 14.1 размерам своего варианта построить по рис. 14.6 фронтальные и горизонтальные проекции трех сфер и фронтальные проекции трех цилиндрических участков I, III, V воздуховода, описанных вокруг этих сфер.

2. Построить фронтальные и горизонтальные проекции конических участков II и IV воздуховода, описанных вокруг сфер. Построение очерковых образующих конических участков, касательных к сферам, выполнить, используя геометрический способ построения касательной к окружностям разного диаметра (см. учебно-методическое пособие «Проекционное черчение» [32]).

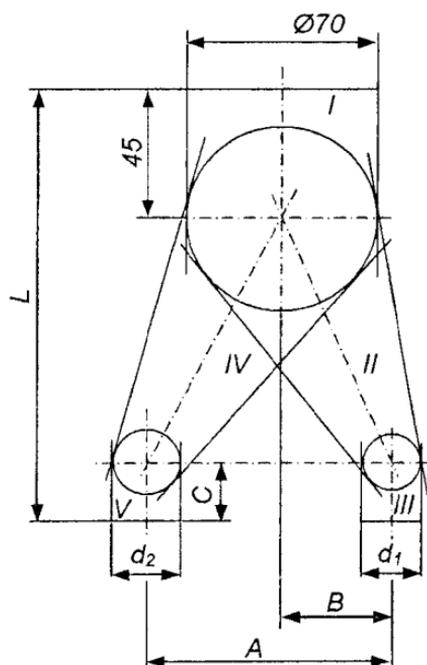


Рис. 14.6. Графическая часть условия к графической работе №9<sup>а</sup> «Развертка воздуховода»

3. Построить линии пересечения поверхностей воздуховода по парам I-II, II-III, I-IV, IV-V, применив теорему о двойном соприкосновении поверхностей вращения второго порядка и теорему Монжа о пересечении поверхностей вращения второго порядка, описанных вокруг сферы; выделить толстыми линиями участки воздуховода, указанные в таблице для

развертки.

4. Построить на правой половине чертежа развертки цилиндрических участков воздуховода по известному правилу.

5. Построить развертку конического участка воздуховода.

Графическую работу выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 14.8). В левом нижнем углу чертежа дать табличные данные с размерами своего варианта.

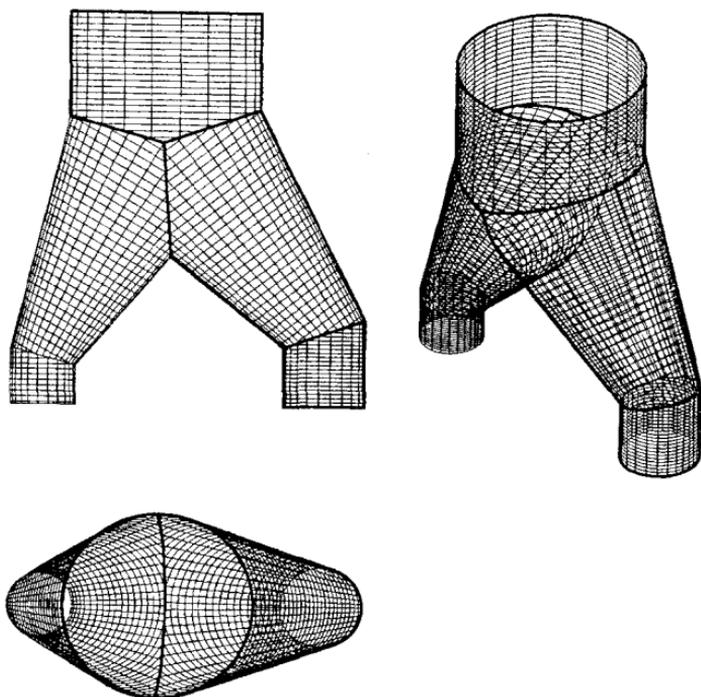


Рис. 14.7. К графической работе №9<sup>а</sup> «Развертка воздуховода»

Таблица 14.1

Графическая работа №9 <sup>а</sup> Тема: «Развертки поверхностей вращения»							
№ варианта	L, мм	A, мм	B, мм	C, мм	d <sub>1</sub> , мм	d <sub>2</sub> , мм	Развернуть участки
1	150	100	50	25	26	30	I, II, III
2	145	110	50	25	32	28	I, IV, V
3	140	110	60	25	30	34	I, II, III
4	150	110	60	20	32	24	I, IV, V
5	145	100	55	20	28	30	I, II, III
6	140	110	45	20	34	26	I, IV, V
7	150	100	50	25	30	26	I, II, III

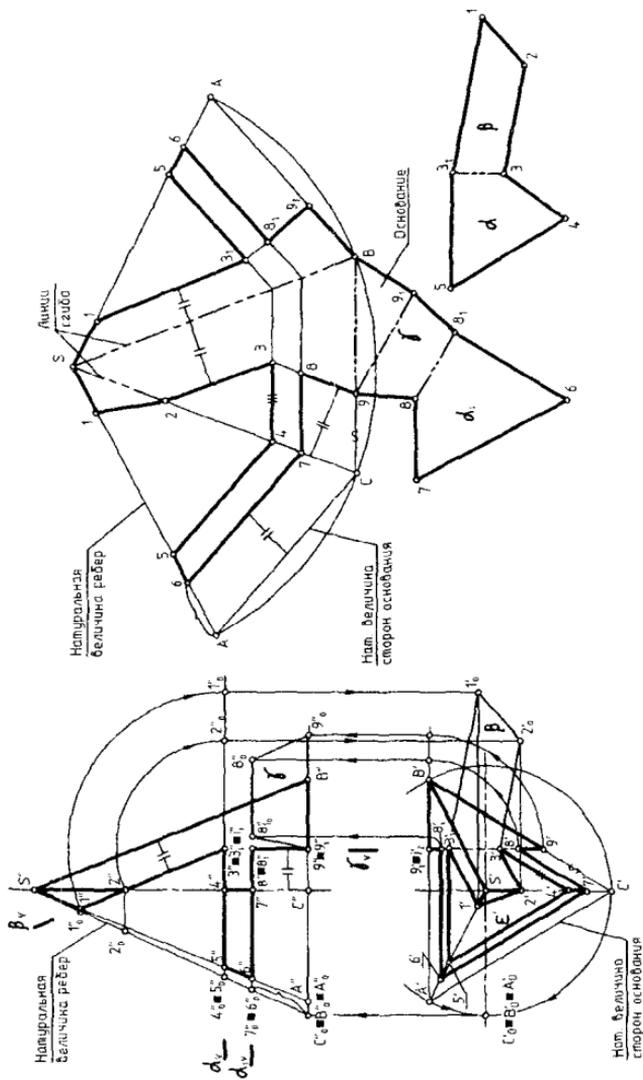
№ варианта	L, мм	A, мм	B, мм	C, мм	d <sub>1</sub> , мм	d <sub>2</sub> , мм	Развернуть участки
8	145	110	50	25	28	32	I, IV, V
9	150	80	40	25	24	36	I, II, III
10	140	110	60	20	34	30	I, IV, V
11	145	105	55	20	26	28	I, II, III
12	150	110	65	20	32	22	I, IV, V
13	140	80	20	25	30	28	I, II, III
14	145	100	60	25	36	30	I, IV, V
15	150	90	30	25	28	34	I, II, III
16	140	80	25	20	30	20	I, IV, V
17	145	90	35	20	20	28	I, II, III
18	150	110	65	20	22	24	I, IV, V
19	140	105	45	25	26	32	I, II, III
20	145	100	50	25	24	28	I, IV, V
21	150	95	55	25	22	26	I, II, III
22	140	90	40	20	28	34	I, IV, V
23	145	110	60	20	20	24	I, II, III
24	150	95	50	20	24	30	I, IV, V
25	140	90	45	25	26	24	I, II, III
26	145	80	45	25	22	30	I, IV, V
27	150	90	65	25	28	20	I, II, III
28	140	85	50	20	28	28	I, IV, V
29	145	110	55	20	22	26	I, II, III
30	150	75	35	20	34	26	I, IV, V

Исходные данные для выполнения графической работы № 9<sup>б</sup> взять из табл. 4.1.

Графическую работу выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 14.9)

При выполнении задания применить знания, полученные при изучении темы 7 «Преобразование чертежа: способы замены плоскостей проекций, вращения вокруг линии уровня и вокруг проецирующей оси, способ плоскопараллельного перемещения».





БНТУ	Графическая работа №98
Разработчик	Вар. №
Проверил	Гр.

Рис. 14.9. Образец выполнения графической работы №98

## Занятие 15

Тема 12. Кривые линии. Кривые поверхности. Винтовые линии и винтовые поверхности.

### Вопросы:

1. Как образуется кривая линия?
2. В чём состоит различие между плоской и пространственной кривыми линиями?
3. Как образуются цилиндрическая и коническая винтовые линии?
4. Какие характеристики имеет цилиндрическая винтовая линия?
5. Как образуются кривые линейчатые поверхности коноида, цилиндроида, косої плоскости?
6. Как образуются винтовые поверхности прямого и косої геликоидов?

### Задачи:

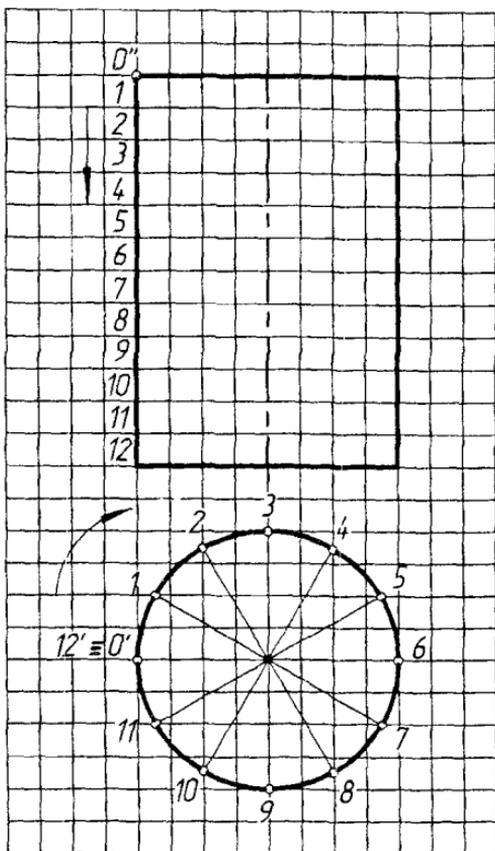


Рис. 15.1. Построить на поверхности прямого кругового цилиндра правую винтовую линию (шаг – 12 клеток)

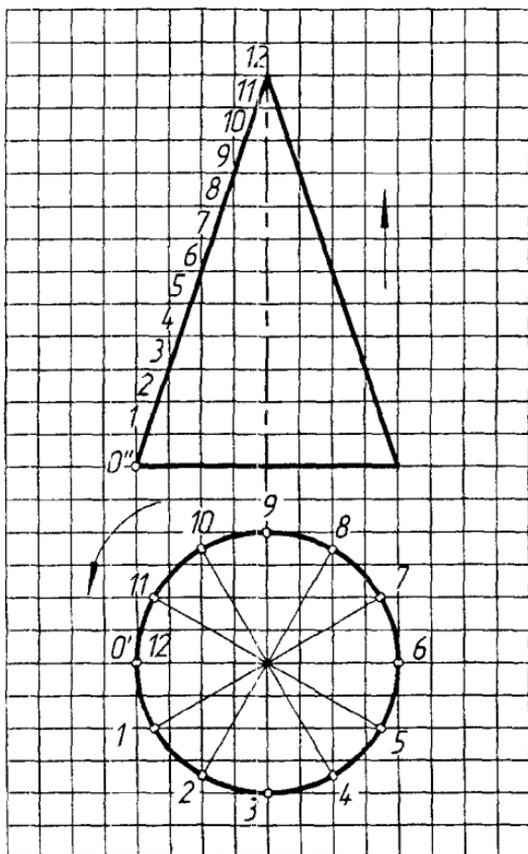


Рис. 15.2. Построить на проекциях конуса левую винтовую линию (шаг – 12 клеток)

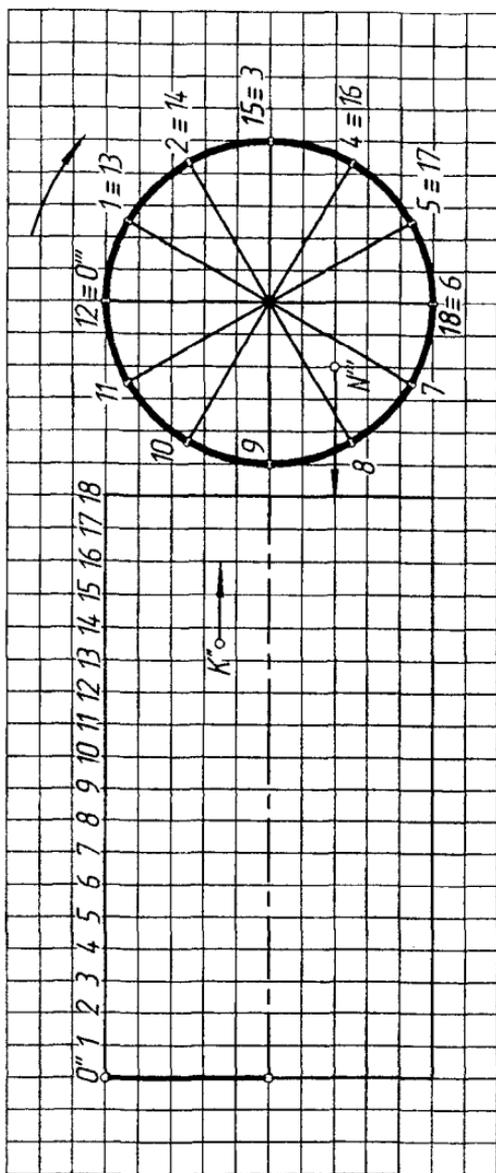


Рис. 15.3. Достроить фронтальную проекцию прямого геликоида с правой винтовой направляющей линией. Достроить недостающие проекции точек  $K(K''-?)$  и  $N(N''-?)$  на поверхности геликоида

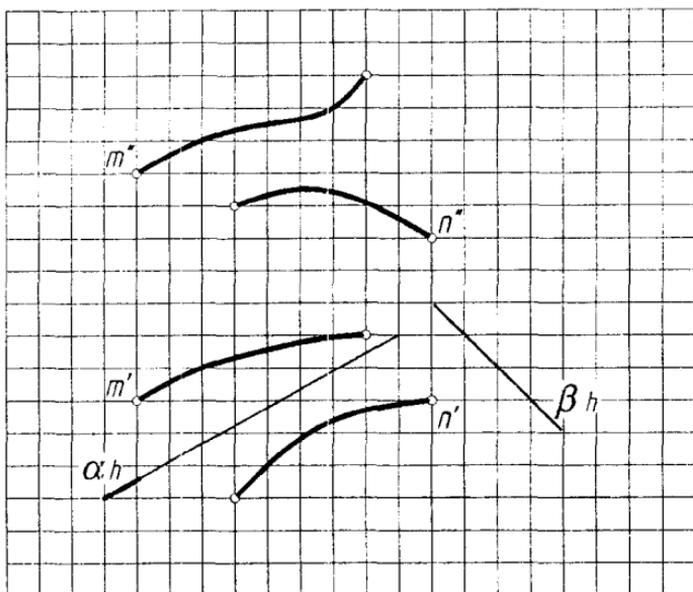


Рис. 15.4. Построить фронтальную проекцию линии пересечения поверхности цилиндроида  $\Phi(m, n, \beta)[A]$  с горизонтально-проецирующей плоскостью  $\alpha(\alpha_H)$

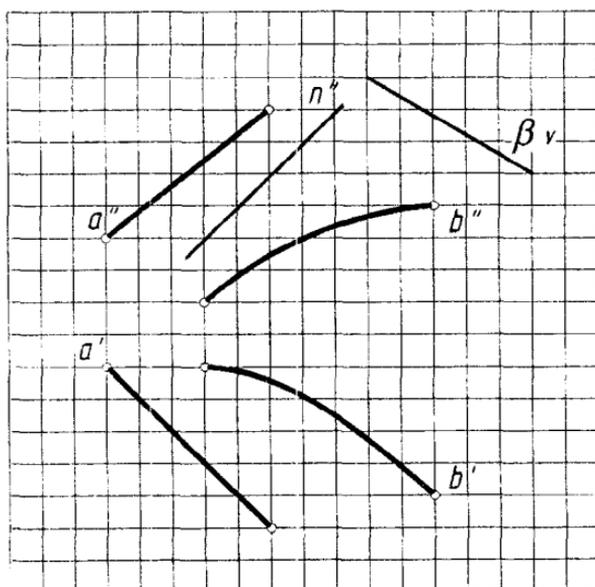


Рис. 15.5. Построить горизонтальную проекцию линии  $n(n'', n'-?)$ , лежащей на поверхности коноида  $\Phi(a, b, \beta)[A]$

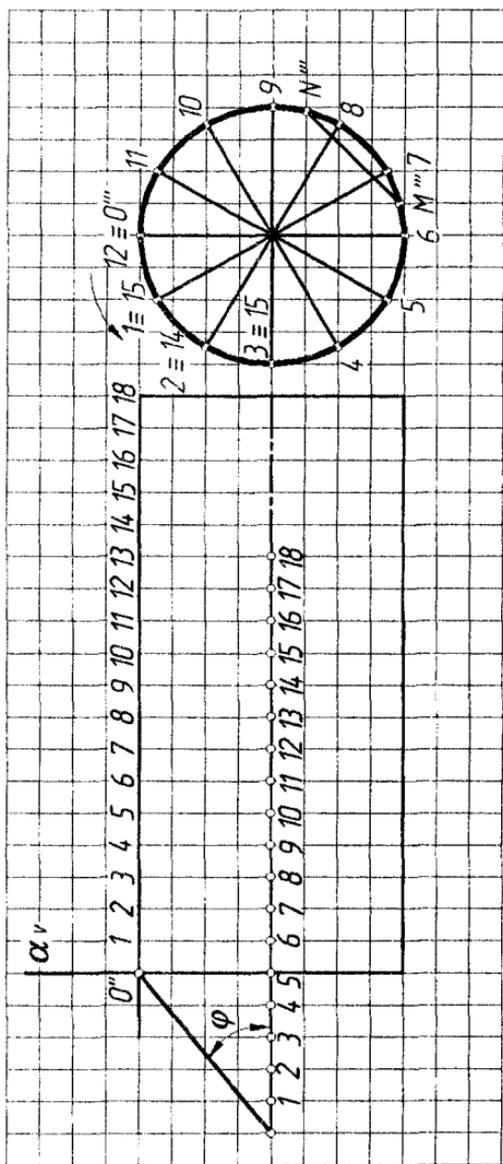


Рис. 15.6. Построить фронтальную проекцию косо́го левого геликоида по заданному условию. Построить сечение поверхности геликоида профильной плоскостью  $\alpha(\alpha_V)$  на его профильной проекции. Построить фронтальную проекцию линии  $MN$ , лежащей на поверхности геликоида

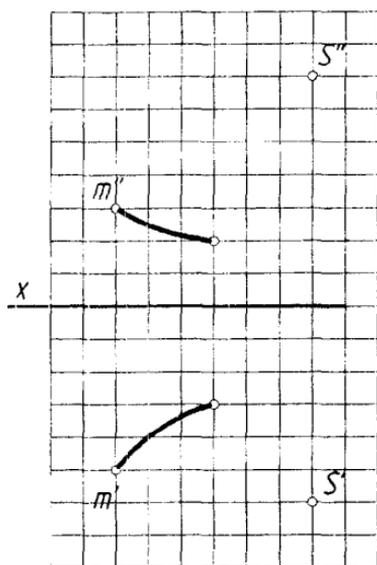


Рис. 15.7. Построить горизонтальный след конической поверхности  $\Phi(S,m)$

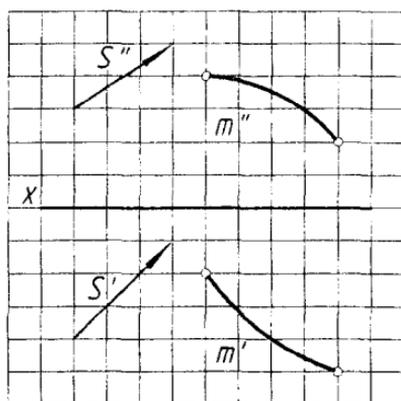


Рис. 15.8. Построить фронтальный след цилиндрической поверхности  $\Phi(S,m)$

**Выдать графическую работу №10 «Косой геликоид».**

Образование поверхности косого (наклонного) геликоида:

Поверхность косого геликоида образуется винтовым движением прямой образующей по двум направляющим – цилиндрической винтовой линии (гелиссы) и её оси (рис. 15.9), причем образующие сохраняют постоянный угол  $\varphi$  наклона к оси винтовой линии.

В задании необходимо выполнить:

1. По приведенному рис. 15.10 с установочными размерами, заданными в табл. 15.1 координатами точек  $S(S'')$ ,  $K(K'')$  и  $O_2(O_2'')$  построить фронтальную и профильную проекции косого геликоида со срезами профильными плоскостями  $\alpha_V$  и  $\beta_V$  по длине 180 мм.
2. Достроить профильную проекцию точки  $K(K'', K'''-?)$  лежащей на поверхности геликоида.
3. Достроить фронтальную проекцию отверстия  $\varnothing 30$  мм, выполненного в одном лепестке геликоида.

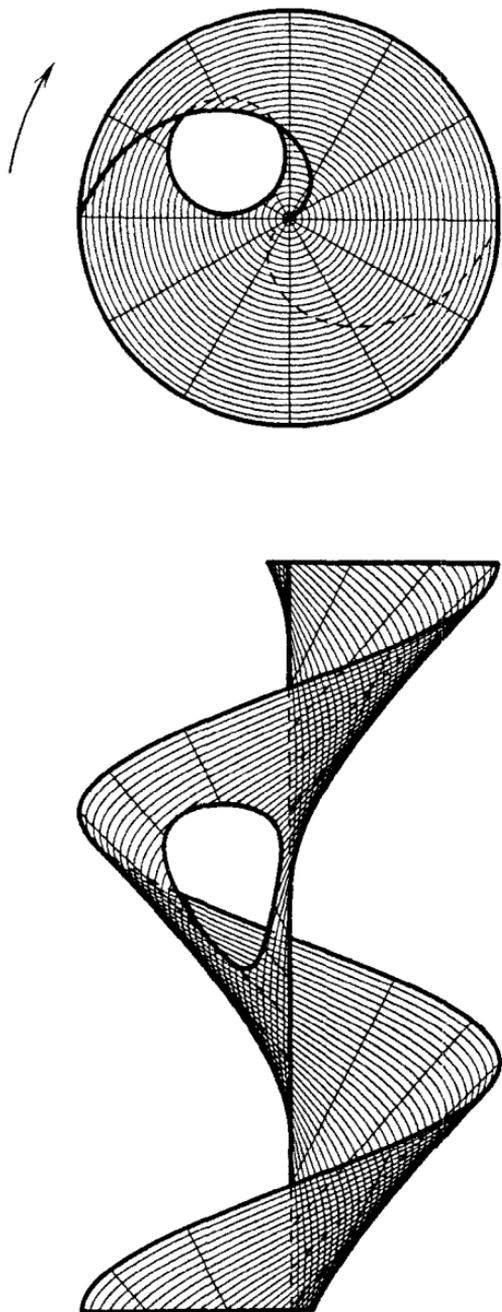


Рис. 15.9. Косой геликоид с отверстием (направление вращения образующей – правое)

Графическая работа №10  
Тема: «Кривые поверхности. Косой геликоид»

№ варианта	S (S <sup>o</sup> )		K (K'', K'''-?)		O <sub>2</sub> (O <sub>2</sub> ''')		Направление вращения образующей
	X	Z	X	Z	Y	Z	
1	50	50	70	85	60	40	правое
2	60	50	75	65	95	20	левое
3	70	50	45	60	55	40	правое
4	50	50	135	35	55	60	левое
5	60	50	135	30	100	75	правое
6	70	50	105	40	70	65	левое
7	50	50	70	70	60	35	правое
8	60	50	70	85	95	20	левое
9	70	50	70	60	70	35	правое
10	50	50	130	20	55	65	левое
11	60	50	130	15	105	75	правое
12	70	50	115	40	70	80	левое
13	50	50	55	80	60	30	правое
14	60	50	70	70	105	35	левое
15	70	50	70	85	65	25	правое
16	50	50	130	30	65	75	левое
17	60	50	125	40	105	70	правое
18	70	50	130	40	55	65	левое
19	50	50	55	60	70	30	правос
20	60	50	50	60	105	40	левое
21	70	50	110	20	100	65	правое
22	50	50	115	40	65	65	левое
23	60	50	125	10	110	65	правое
24	70	50	75	70	100	35	левое
25	50	50	75	60	70	20	правое
26	60	50	65	90	115	40	левое
27	70	50	135	40	110	60	правое
28	50	50	115	20	70	70	левое
29	60	50	115	35	115	60	правое
30	70	50	45	65	115	35	левое

Примечание: размеры, взятые в скобки, не наносить на чертеж

Графическую работу выполнить на формате А3 белой бумаги и оформить по образцу (рис. 15.11). В левом нижнем углу чертежа дать табличные данные с размерами своего варианта.

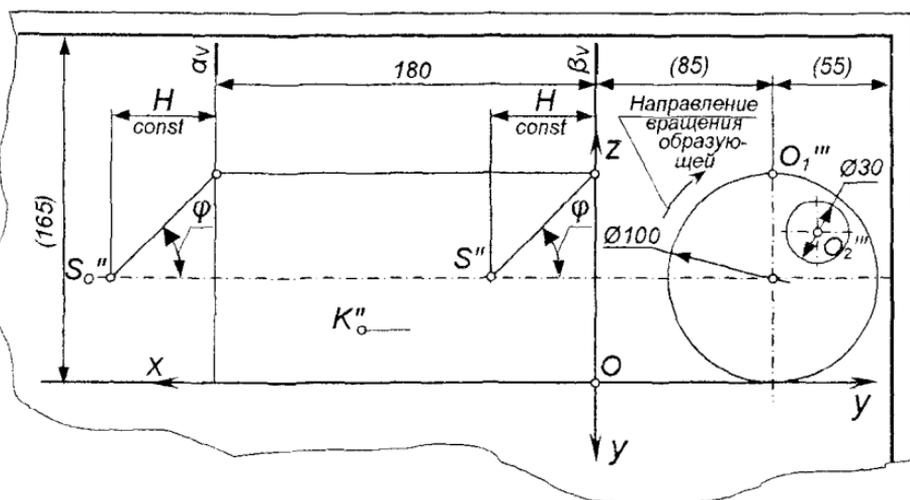


Рис. 15.10. Графическая часть условия к графической работе №10 «Косой геликоид»



## Занятие 16

Тема 13. Пересечение прямой с поверхностью. Касательные плоскости. Расстояние от точки до поверхности.

### Вопросы:

1. Сформулируйте графический алгоритм построения на чертеже точек пересечения прямой с поверхностью.
2. Что такое касательная плоскость к поверхности?
3. Какими линиями задают касательную плоскость и как строят проекции касательной плоскости на чертеже?
4. Как определить расстояние от точки до поверхности?

### Задачи:

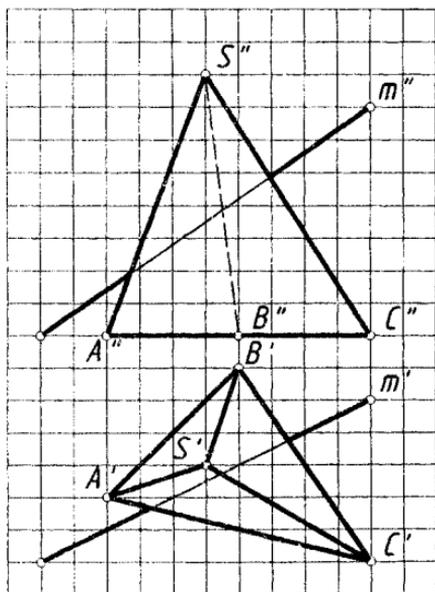


Рис. 16.1. Построить точки пересечения прямой  $m$  с поверхностью пирамиды

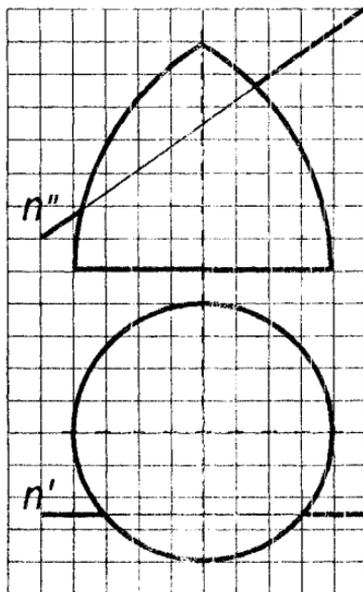


Рис. 16.2. Построить точки пересечения прямой  $n$  с поверхностью тороида

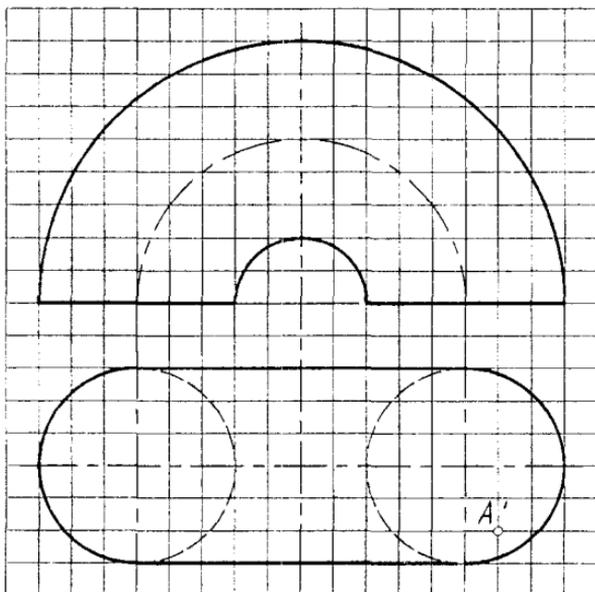


Рис. 16.3. Построить касательную плоскость в точке  $A(A', A''-?)$ , лежащей на поверхности открытого тора

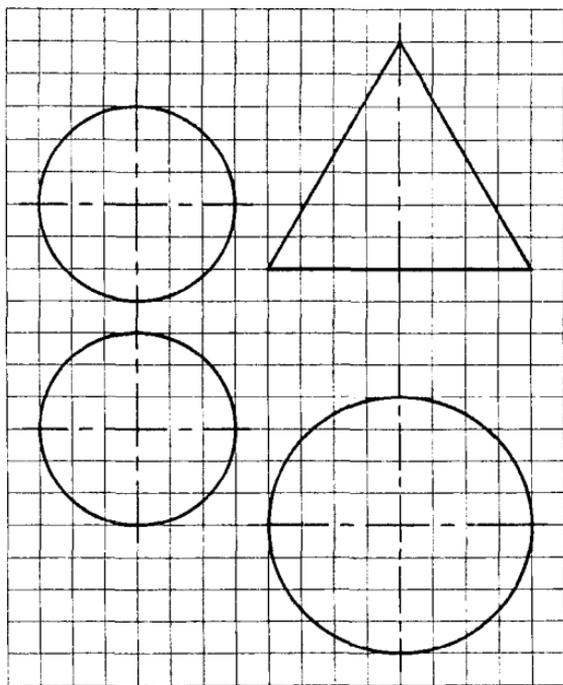


Рис. 16.4. Построить общую касательную плоскость (одну) к поверхности шара и конуса

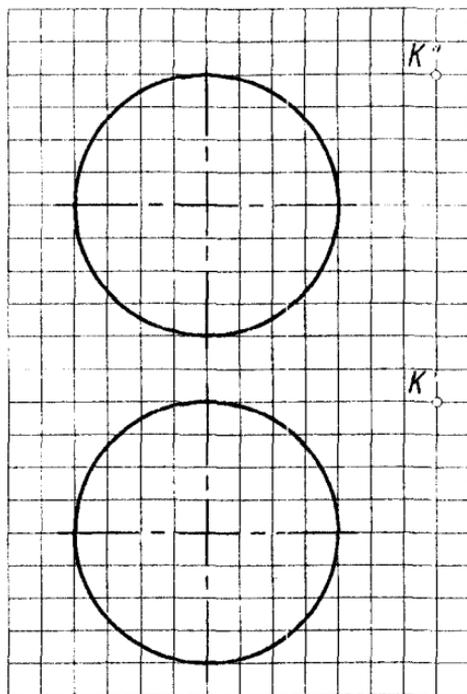


Рис. 16.5. Определить расстояние от точки  $K$  до поверхности шара (решить двумя способами – заменой плоскостей проекций и вращением вокруг горизонтально проецирующей оси  $i$ )

*Выдать упражнение №4 (задача №4).*

Упражнение выполнить на формате А3 белой чертежной бумаги и оформить по образцу (рис. 8.14).

## Занятие 17. Итоговое

### Тема: Метрические задачи. Перечень.

I. Определение натуральных величин геометрических элементов.

1. Определить натуральную величину отрезка общего положения:

- способом прямоугольного треугольника;
- способом замены плоскостей проекций преобразовать в прямую уровня;
- способом вращения вокруг проецирующей оси преобразовать в прямую уровня.

2. Определить натуральную величину плоскости общего положения (замкнутого отсека):

- способом замены плоскостей проекций преобразовать в плоскость уровня;
- способом вращения вокруг линии уровня преобразовать в плоскость уровня;
- способом плоскопараллельного перемещения преобразовать в плоскость уровня.

II. Определение расстояния между геометрическими элементами (образами).

1. Определить расстояние от точки до прямой общего положения:

- способом замены плоскостей проекций преобразовать плоскость, заданную прямой и точкой, в плоскость уровня (прямую и точку рассматривать как плоскость);
- способом замены плоскостей проекций преобразовать прямую общего положения в проецирующую прямую;
- способом вращения вокруг линии уровня преобразовать плоскость, заданную прямой и точкой, в плоскость уровня;
- способом плоскопараллельного перемещения преобразовать плоскость, заданную прямой и точкой, в плоскость уровня;
- по теме «Перпендикулярность» – 3-ий тип задач (построить через точку плоскость (ГМТ), перпендикулярную к прямой, и определить точку пересечения этой плоскости с заданной прямой).

2. Определить расстояние между параллельными прямыми:

- способом замены плоскостей проекций преобразовать плоскость, заданную параллельными прямыми, в плоскость уровня;

- способом замены плоскостей проекций преобразовать две параллельные общего положения в проецирующие прямые;
- способом вращения вокруг линии уровня преобразовать плоскость, заданную параллельными прямыми, в плоскость уровня, ограничив её замкнутым отсеком;
- способом плоскопараллельного перемещения преобразовать плоскость, заданную параллельными прямыми, в плоскость уровня;
- по теме «Перпендикулярность» – 3-ий тип задач (построить через любую точку на одной из заданных прямой плоскость (ГМТ), перпендикулярную ко второй прямой, и определить точку пересечения этой плоскости со второй прямой).

3. Определить расстояние между скрещивающимися прямыми, преобразовав одну из прямых в проецирующую.

4. Определить расстояние от точки до плоскости:

- по теме «Перпендикулярность» – провести перпендикуляр к плоскости, построить точку пересечения этого перпендикуляра с заданной плоскостью и найти любым способом натуральную величину построенного отрезка (см. пункт 1);
- способом замены плоскостей проекций преобразовать плоскость общего положения в плоскость проецирующую.

5. Определить расстояние от точки до поверхности вращения:

- способом плоскопараллельного перемещения преобразовать плоскость, проведенную через точку и ось вращения поверхности, в плоскость уровня;
- способом вращения вокруг проецирующей оси повернуть плоскость, проведенную через точку и ось вращения поверхности, в плоскость уровня.

III. Определение углов наклона геометрических элементов к плоскостям проекций  $H$  и  $V$ .

1. Определить углы наклона прямой общего положения к плоскостям проекций  $H$  и  $V$ :

- способом прямоугольного треугольника построить на двух проекциях натуральные величины отрезка и определить углы наклона прямой;
- способом замены плоскостей проекций преобразовать прямую общего положения в горизонтальную, а затем во фронтальную прямую;

- способом вращения вокруг проецирующих осей преобразовать прямую общего положения в прямую горизонтальную и во фронтальную прямую.

2. Определить угол наклона прямой к заданной плоскости общего положения:

- a. из любой точки прямой опустить перпендикуляр к плоскости;
- b. способом вращения вокруг линии уровня преобразовать построенную плоскость, заданную прямой и перпендикуляром, в плоскость уровня;

- c. искомый угол будет дополнять построенный угол до  $90^\circ$ .

3. Определить величину двугранного угла, если на чертеже есть линии пересечения плоскостей, образующих двугранный угол (ребро):

- способом замены плоскостей проекций преобразовать ребро двугранного угла в проецирующую прямую;

4. Определить угол между двумя плоскостями общего положения, если на чертеже нет линии пересечения заданных плоскостей (ребра):

- задача решается косвенным путем, для чего из любой точки пространства следует опустить перпендикуляры к заданным плоскостям, которые в свою очередь задают вспомогательную плоскость, перпендикулярную к этим плоскостям;

- эту вспомогательную плоскость способом вращения вокруг линии уровня следует преобразовать в плоскость уровня, определив угол между перпендикулярами;

- искомый угол будет дополнять построенный угол до  $180$  (углом между плоскостями считают угол острый).

### *18. Содержание экзаменационного задания*

В содержание экзаменационного билета должен входить один вопрос по темам прочитанных лекций для оценки теоретических знаний и владения терминологией дисциплины и две задачи на геометрические построения. Это – позиционная задача на построение общих элементов пересекающихся геометрических образов (поверхностей, линии и поверхности, плоскости и поверхности) и метрическая на комплексное применение методов начертательной геометрии (желательно, имеющей отношение к обучаемой специальности).

## Вопросы по курсу начертательной геометрии, включенные в экзаменационные билеты

1. Метод проекций. Центральные и параллельные проекции. Свойства параллельных проекций. Косоугольные и прямоугольные (ортогональные) проекции.

2. Метод Г. Монжа. Четверти и октанты пространства. Образование проекционного комплексного чертежа.

3. Точка в системе трех плоскостей проекций  $H$ ,  $V$  и  $W$ . Проекция точки в системе прямоугольных координат. Европейская и американская системы расположения изображений на чертежах.

4. Прямая линия. Прямые общего и частного положений относительно плоскостей проекций. Характерные признаки этих прямых на чертеже. Теорема о принадлежности точки прямой.

5. Деления отрезка прямой на чертеже в заданном отношении (свойство параллельных проекций). Построение на чертеже натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов его наклона к плоскостям проекций  $H$  и  $V$  способом прямоугольного треугольника. Построение на прямой проекций отрезка заданной величины.

6. Следы прямой. Построение на чертеже проекций фронтального и горизонтального следов прямой общего положения.

7. Взаимное положение прямых. Прямые параллельные, пересекающиеся и скрещивающиеся. Характерные признаки на чертеже параллельных, пересекающихся и скрещивающихся прямых. Конкурирующие точки на скрещивающихся прямых.

8. О проекциях плоских углов. Теорема о проецировании прямого угла (прямая и обратная). Привести наглядный рисунок с доказательствами (согласно прямой и обратной теоремам о трех перпендикулярах). Теорема о делении пополам проекций острого или тупого углов.

9. Плоскость. Способы задания плоскости на чертеже. Следы плоскости. Теоремы о принадлежности прямой и точки плоскости. Прямые особого положения в плоскости (фронталь, горизонталь, линия наибольшего ската) и их построение на чертеже.

10. Характерные положения плоскости относительно плоскостей проекций. Плоскости общего и частного положений. Характерные признаки этих плоскостей на чертеже. Проведение через прямую общего положения проецирующей плоскости (заключение

прямой в плоскость) и обозначение этого действия на чертеже.

11. Взаимное положение прямой и плоскости, двух плоскостей. Признаки параллельности прямой и плоскости, двух плоскостей. Построение на чертеже плоскости, параллельной заданной.

12. Пересечение прямой и плоскости, двух плоскостей. Частные случаи пересечения и общий случай пересечения. Графический алгоритм построения точки пересечения прямой общего положения с плоскостью общего положения. Построение линии пересечения плоскостей общего положения по точкам пересечения прямых общего положения с плоскостью общего положения (случай, когда проекции плоскостей на чертеже накладываются).

13. Перпендикулярность (частный случай взаимного положения прямой и плоскости двух плоскостей). Теоремы о перпендикулярности прямой и плоскости, двух плоскостей. Теорема о проецировании прямого угла. Проведение на чертеже проекций перпендикуляра к плоскости.

14. Задачи трех типов о перпендикулярности прямой и плоскости и характерные графические действия для каждого типа задач:

а). провести проекции перпендикуляра из точки на плоскости в пространство; требуется построить на проекциях перпендикуляра проекции отрезка заданной величины;

б). провести проекции перпендикуляра из точки в пространстве к плоскости; требуется построить проекции точки пересечения перпендикуляра с плоскостью;

в). построить плоскость, перпендикулярную к заданной прямой; требуется построить точку пересечения построенной плоскости с заданной или другой прямой.

15. Преобразование чертежа. Способы преобразования и их сущность:

а). способ замены плоскостей проекций; четыре задачи преобразования прямой и плоскости этим способом;

б). способ вращения вокруг проецирующей прямой;

в). плоскопараллельное перемещение (частный случай способа вращения вокруг проецирующей прямой);

г). способ вращения вокруг прямой уровня (фронтали или горизонтали).

16. Определение угла между прямой и плоскостью и между двумя плоскостями.

17. Поверхности. Способ образования поверхностей (кинемати-

ческий). Образующая и направляющая линии, каркас поверхности, определитель поверхности; очерк поверхности на чертеже.

18. Поверхности гранные. Образование. Геометрические тела – призма и пирамида. Построение проекций точек на поверхности, построение сечений плоскостями частного положения.

19. Кривые линии. Плоские и пространственные кривые линии. Винтовые линии. Построение пространственной конической и цилиндрической винтовых линий. Характеристики винтовых пространственных линий.

20. Кривые поверхности. Кривые поверхности с прямолинейной образующей. Цилиндрическая и коническая поверхности. Поверхности вращения. Образование. Порядок поверхности. Геометрические тела – круговой цилиндр и круговой конус. Построение проекций точек на поверхностях цилиндра и конуса. Сечение поверхностей цилиндра и конуса плоскостями частного положения.

21. Поверхности вращения с криволинейной образующей. Образование. Порядок поверхностей. Характерные линии на поверхности вращения. Геометрические тела – шар и тор (открытый, замкнутый, самопересекающийся – тороид и глобоид). Сечения поверхностей шара и тора (кривые Персея) плоскостями частного положения.

22. Прочие поверхности вращения – эллипсоид (сжатый и вытянутый), параболоид, одно- и двуполостный гиперболоид. Образование. Показать образования однополостного гиперболоида вращением отрезка прямой линии вокруг оси (отрезок и ось – скрещивающиеся прямые).

23. Некоторые кривые поверхности. Поверхности с одной прямолинейной направляющей – цилиндрические, конические и торсы. Поверхности с двумя прямолинейными направляющими и плоскостью параллелизма – коноид, цилиндроид, косая плоскость. Поверхности с тремя прямолинейными скрещивающимися направляющими – однополостный гиперболоид.

24. Кривые поверхности нелинейчатые. Поверхности циклические. Поверхности, задаваемые каркасом (графические и топографические поверхности).

25. Винтовые поверхности. Образование. Прямой и косой геликоиды. Построение проекций точек на поверхности геликоида. Сечение поверхности геликоида плоскостью, перпендикулярной оси (спираль Архимеда).

26. Касательные плоскости. Задание на чертеже. Проведение касательных плоскостей к поверхностям цилиндра, конуса, шара и тора в заданной точке поверхности.

27. Пересечение поверхностей геометрических тел с прямой линией. Графический алгоритм построения проекций точек пересечения прямой с поверхностью.

28. Пересечение двух поверхностей. Понятие о линии пересечения. Частные случаи пересечения поверхностей геометрических тел:

а). боковые поверхности двух тел занимают проецирующее положение относительно плоскости проекций (призма и цилиндр);

б). боковая поверхность одного тела занимает проецирующее положение относительно плоскости проекций;

в). пересечение поверхностей геометрических тел вращения (кроме открытого тора), расположенных соосно (поверхности имеют общую ось вращения);

г). пересечение поверхностей геометрических тел вращения второго порядка, имеющих двойное соприкосновение и описанных вокруг сферы (построение проекций линии пересечения по теореме Г.Монжа).

29. Пересечение поверхностей. Общие случаи пересечения. Способы посредников. Сущность способа посредников. Графический алгоритм построения проекций линии пересечения поверхностей способом посредников.

Рассмотренные способы посредников:

а). способ вспомогательных секущих плоскостей;

б). способ вспомогательных концентрических сфер;

в). способ вспомогательных эксцентрических сфер.

30. Пересечение поверхностей многогранников. Графический алгоритм построения пространственной ломаной линии пересечения граней поверхностей.

31. Развертывание поверхностей. Поверхности развертываемые и неразвертываемые. Понятие развертки поверхности. Точные и приближенные развертки.

32. Развертывание поверхностей. Развертка боковой поверхности призмы:

- способом триангуляции (способом треугольников);

- способом нормального сечения;

- способом раскатки.

Условия применения каждого способа.

33. Развертывание поверхностей. Развертка боковой поверхности пирамиды способом треугольников.

34. Развертывание поверхностей. Развертка цилиндра:

- способом нормально сечения;

- способом раскатки.

Аппроксимация (замена) цилиндрической поверхности призматической для построения приближенной развертки.

35. Развертывание поверхности кругового конуса. Формула угла развертки. Приближенная развертка аппроксимацией (заменой) конической поверхности пирамидальной.

36. Приближенные развертки сферической и торовой поверхностей.

37. Аксонометрические поверхности. Определение. Прямоугольные и косоугольные проекции. Коэффициенты искажения по аксонометрическим осям и приведенные коэффициенты искажения. Изометрические, диметрические и триметрические проекции. Теорема К.Польке-Г.Шварца «Основное предложение аксонометрии».

38. Стандартные аксонометрии по ГОСТ 2.317-69.

39. Прямоугольная изометрия. Расположение аксонометрических осей, расположение больших и малых осей и величины эллипсов, коэффициенты искажения. Привести способ построения эллипсов (четырёхцентровых овалов) в прямоугольной изометрии.

40. Прямоугольная диметрия. Расположение аксонометрических осей, расположение и величины больших и малых осей эллипсов, коэффициенты искажения. Привести способ построения эллипсов (четырёхцентровых овалов) в прямоугольной диметрии.

41. Косоугольная диметрия. Расположение аксонометрических осей, расположение и величины больших и малых осей эллипсов, коэффициенты искажения. Привести способ построения эллипсов (четырёхцентровых овалов) в косоугольной диметрии.

**Примечание.** Привести графические примеры, иллюстрирующие теоретический материал по всем изложенным вопросам курса начертательной геометрии.

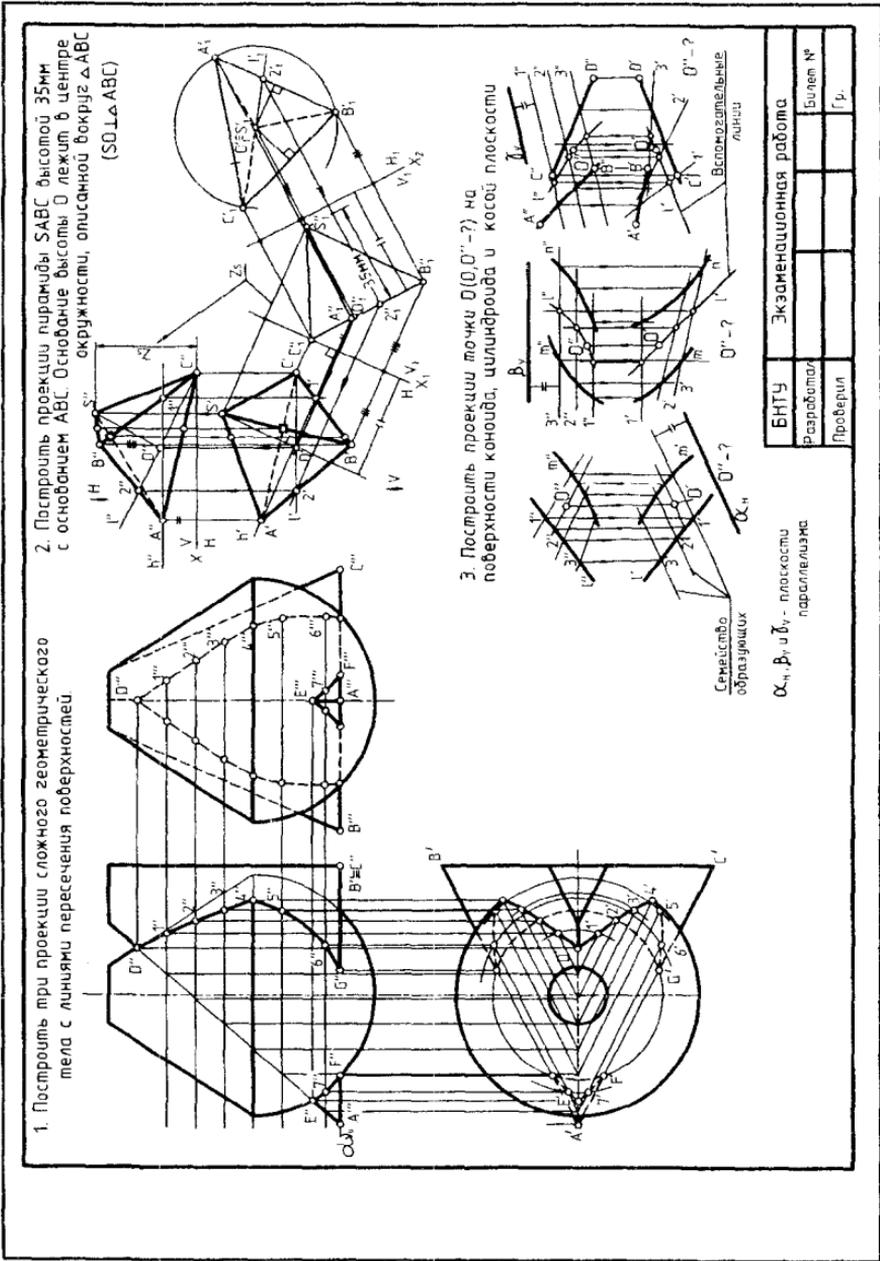


Рис. 19.1. Образец выполнения экзаменационного задания

## 19. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Учебники и учебные пособия

1. Белякова Е.И. Начертательная геометрия: учебное пособие / Е.И. Белякова, П.В. Зелёный; под ред. П.В. Зелёного. – М.: Новое знание; Минск: Новое знание, 2010. – 248 с.
2. Белякова, Е.И. Начертательная геометрия. Краткий курс по темам графических работ: учебное пособие / Е.И. Белякова, П.В. Зелёный; под ред. П.В. Зелёного. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.
3. Бубенников, А.В., Громов, М.Я. Начертательная геометрия. – М., 1985.
4. Винницкий, И.Г. Начертательная геометрия. – М.: Высшая школа 1975. – 208 с.: ил.
5. Виноградов, В.Н. Начертательная геометрия: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: Амалфея, 2001. – 368 с.
6. Галиченко, К.Я., Ляпевич, К.К. Начертательная геометрия: учебник для втузов. – Минск, 1976. – 306 с.: ил.
7. Гордон, В.О., Семенцов-Огиевский, М.А. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для втузов / Под ред. В.О. Гордона. – 26-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2004. – 272 с.: ил.
8. Гордон, В.О., Семенцов-Огиевский, М.А. Курс начертательной геометрии. – М.: Машиностроение, 1999. – 288 с.
9. Гордон, В.О., Семенцов-Огиевский, М.А. Курс начертательной геометрии: учебное пособие / Под ред. Ю.Б. Иванова. – 23-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 272 с.
10. Короев, Ю.И. Начертательная геометрия: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Архитектура-С, 2007. – 424 с.: ил.
11. Начертательная геометрия / Н.Н. Крылов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1977. – 231 с.: ил.
12. Локтев, О.В. Краткий курс начертательной геометрии. – 3-е изд., исправл. – М.: Высшая школа, 1999. – 136 с.: ил.
13. Нартова, Л.Г. Современный курс начертательной геометрии. – М., 1996.
14. Начертательная геометрия: Учеб. для вузов/ Н.Н. Крылов, Г.С. Иконникова, В.Л. Николаев, В.Е. Васильев; Под ред. Н.Н. Крылова. – 8-е изд., испр. М.: Высшая школа, 2002. – 224 с.: ил.
15. Начертательная геометрия / Н.Ф. Четверухин [и др.]. – М., 1963.

16. Павлова, А.А. Начертательная геометрия. – М.: Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 1999. – 301 с.: ил.

17. Тарасов, Б.Ф., Дудкин, Л.А., Немолотов, С.О. Начертательная геометрия. – СПб.: Изд-во «Лань», 2001. – 256 с.: ил. – (Учебники для вузов. Спец. литература).

18. Фролов, С.А. Начертательная геометрия: [Учеб. для машиностроит. спец. вузов]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 240 с., ил.

19. Фролов, С.А. Начертательная геометрия: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 286 с.: ил.

20. Чекмарев, А.А. Начертательная геометрия и черчение: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 472 с.: ил.

### Сборники задач

21. Белякова Е.И. Начертательная геометрия: рабочая тетрадь / Е.И. Белякова, П.В. Зелёный; под ред. П.В. Зелёного. – М.: Новое знание; Минск: Новое знание, 2009. – 48 с.

22. Бубенников, А.В., Громов, М.Я. Сборник задач по начертательной геометрии. – М., 1963.

23. Георгиевский, О.В. Начертательная геометрия: сборник задач с решением типовых примеров. – М.: АСТ, Астрель, 2006. – 101 с.: ил.

24. Гордон, В.О., Иванов, Ю.Б., Солнцева, Т.Е. Сборник задач по курсу начертательной геометрии. – М.: Машиностроение, 1998.

25. Засов, В.Д., Иконникова, Г.С., Крылов, Н.Н. Задачник по начертательной геометрии. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1984.

26. Локтев, О.В., Числов, П.А. Задачник по начертательной геометрии. – М.: Высшая школа, 1997. – 103 с.: ил.

27. Пеклич, В.А. Задачи по начертательной геометрии. – М.: Высшая школа, 1997.

28. Посвянский, А.Д., Рыжов, Н.Н. Сборник задач по начертательной геометрии. – М., 1963.

29. Фролов, С.А. Сборник задач по начертательной геометрии. – М., 1980.

30. Чекмарев А.А. Задачи и задания по инженерной графике: учеб. пособие для вузов А.А. Чекмарев, - 2-е изд., стереотип. - М.: Академия, 2007. - 123 с.

### Дополнительная литература

31. Александрович, З.И., Зенюк, И.А., Якубенко, В.С. Черчение: учебное пособие для подготовительных отделений вузов. - Минск: Высшая школа, 1983. - 228 с.: ил.

32. Бабулин Н.А. Построение и чтение машиностроительных чертежей: Учебник / Н.А. Бабулин. - 12-е изд, доп. - М.: Высш. шк., 2005. - 453 с.: ил.

33. Вольхин К.А. Начертательная геометрия. Электронное учебное пособие / Новосиб. гос. тех. ун-т. - Новосибирск - 2003 (<http://graph.power.nstu.ru/Wolhin/unm/Graphbook/index/html>)

34. Зелёный П.В. Проекционное черчение: Учебно-метод. пособие к практическим занятиям по дисц. «Начертательная геометрия. Инженерная графика / П.В. Зелёный, Е.И. Белякова, С.В. Гиль и др. - Мн.: БГПА, 2002. - 61 с.

35. Проекционное черчение с задачами: [Учеб. пособие для техн. спец. вузов / И.В. Манцетова, Д.Ю. Маянц, К.Я. Галиченко, К.К. Ляшевич]. - 3-е изд., перераб. и доп. - Минск: Вышэйш. школа, 1978 С. - 341 с., ил.; 27 см.

36. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учебник для вузов - 7-е изд. стереотип. М.: Высшая школа, 2006 - 364 с.

37. Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. - 8-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2008, - 493 с., ил.

*Примечание:* можно пользоваться указанными учебниками, учебными пособиями и сборниками задач и других лет издания, а также учебниками и сборниками по начертательной геометрии других авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
<b>1. Занятие 1</b> .....	<b>4</b>
1.1. Тема 0. Краткий обзор стандартов для оформления студентами графических работ и упражнений по начертательной геометрии .....	4
1.2. Тема 1. Метод проекций. Точка. Проекция точки в системе плоскостей $H$ и $V$ и в системе плоскостей $H$ , $V$ и $W$ .....	5
<b>2. Занятие 2</b> .....	<b>16</b>
2.1. Тема 2. Прямая. Прямая общего положения. Частные положения прямой относительно плоскостей проекций. Принадлежность точки прямой .....	16
2.2. Тема 2 (продолжение). Следы прямой. Деление отрезка в заданном отношении. Построение натуральной величины отрезка общего положения способом прямоугольного треугольника. Взаимное положение двух прямых и признаки их изображения на чертеже. Перпендикулярность двух прямых. Теорема о проецировании прямого угла и построение прямого угла на чертеже .....	18
<b>3. Занятие 3</b> .....	<b>23</b>
3.1. Тема 3. Плоскость. Задание плоскости на чертеже. Следы плоскости. Прямая и точка в плоскости. Положение плоскости относительно плоскостей проекций $H$ , $V$ и $W$ . Особые линии в плоскости: горизонталь, фронталь, линия ската. Взаимное положение двух плоскостей, прямой и плоскости .....	23
<b>4. Занятие 4</b> .....	<b>32</b>
4.1. Тема 4. Поверхности. Гранные поверхности. Призма. Пирамида. Сечения плоскостей плоскостями частного положения (проецирующими) .....	32
<b>Занятие 5</b> .....	<b>41</b>

5.1.	Тема 5. Кривые поверхности. Кривые линейчатые поверхности: поверхности вращения прямой – круговой цилиндр и прямой круговой конус; эллиптические поверхности – эллиптический цилиндр и конус; сечения цилиндра и конуса плоскостями частного положения .....	41
6.	<i>Занятие 6</i> .....	51
6.1.	Тема 5. Кривые поверхности. Кривые нелинейчатые поверхности вращения – шар и тор. Сечения шара и тора плоскостями частного положения. ....	51
7.	<i>Занятие 7</i> .....	66
7.1.	Тема 6. Комбинированное геометрическое тело ...	66
8.	<i>Занятие 8</i> .....	75
8.1.	Тема 7. Пересечение поверхностей. Частные случаи пересечения поверхностей .....	75
9.	<i>Занятие 9</i> .....	81
9.1.	Тема 7. Пересечение поверхностей. Общие случаи пересечения поверхностей. Способы вспомогательных секущих плоскостей, концентрических и эксцентрических сфер .....	81
10.	<i>Занятие 10</i> .....	98
10.1.	Тема 8. Преобразование чертежа. Способ замены плоскостей проекций .....	98
11.	<i>Занятие 11</i> .....	107
11.1.	Тема 8. Преобразование чертежа. Способ вращения вокруг линии уровня. Способы вращения вокруг проецирующей оси и способ плоскопараллельного перемещения . ....	107
12.	<i>Занятие 12</i> .....	110
12.1.	Тема 9. Перпендикулярность прямой и плоскости, двух плоскостей. Частные случаи пересечения прямой и плоскости, двух плоскостей .....	110
13.	<i>Занятие 13</i> .....	119
13.1.	Тема 10. Аксонометрические проекции .....	119
14.	<i>Занятие 14</i> .....	127
14.1.	Тема 11. Развертки. Геодезическая линия на поверхности .....	127

<b>15. Занятие 15</b> .....	135
15.1. Тема 12. Кривые линии. Кривые поверхности. Винтовые линии и винтовые поверхности .....	135
<b>16. Занятие 16</b> .....	145
16.1. Тема 13. Пересечение прямой с поверхностью. Касательные плоскости. Расстояние от точки до поверхности .....	145
<b>17. Занятие 17. Итоговое</b> .....	148
17.1. Тема: Метрические задачи. Перечень. ....	148
<b>18. Содержание экзаменационного задания</b> .....	150
<b>19. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	157

Учебное издание

БЕЛЯКОВА Евгения Ивановна  
ЗЕЛЁНЫЙ Петр Васильевич

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ.  
ПРАКТИКУМ, СБОРНИК ЗАДАЧ

Учебное пособие

Ответственный за выпуск Л.Н. Шалаева

---

Подписано в печать 18.02.2010.

Формат  $60 \times 84^{1/16}$ . Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 9,47. Уч.-изд. л. 7,41. Тираж 300. Заказ 1098.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.