

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

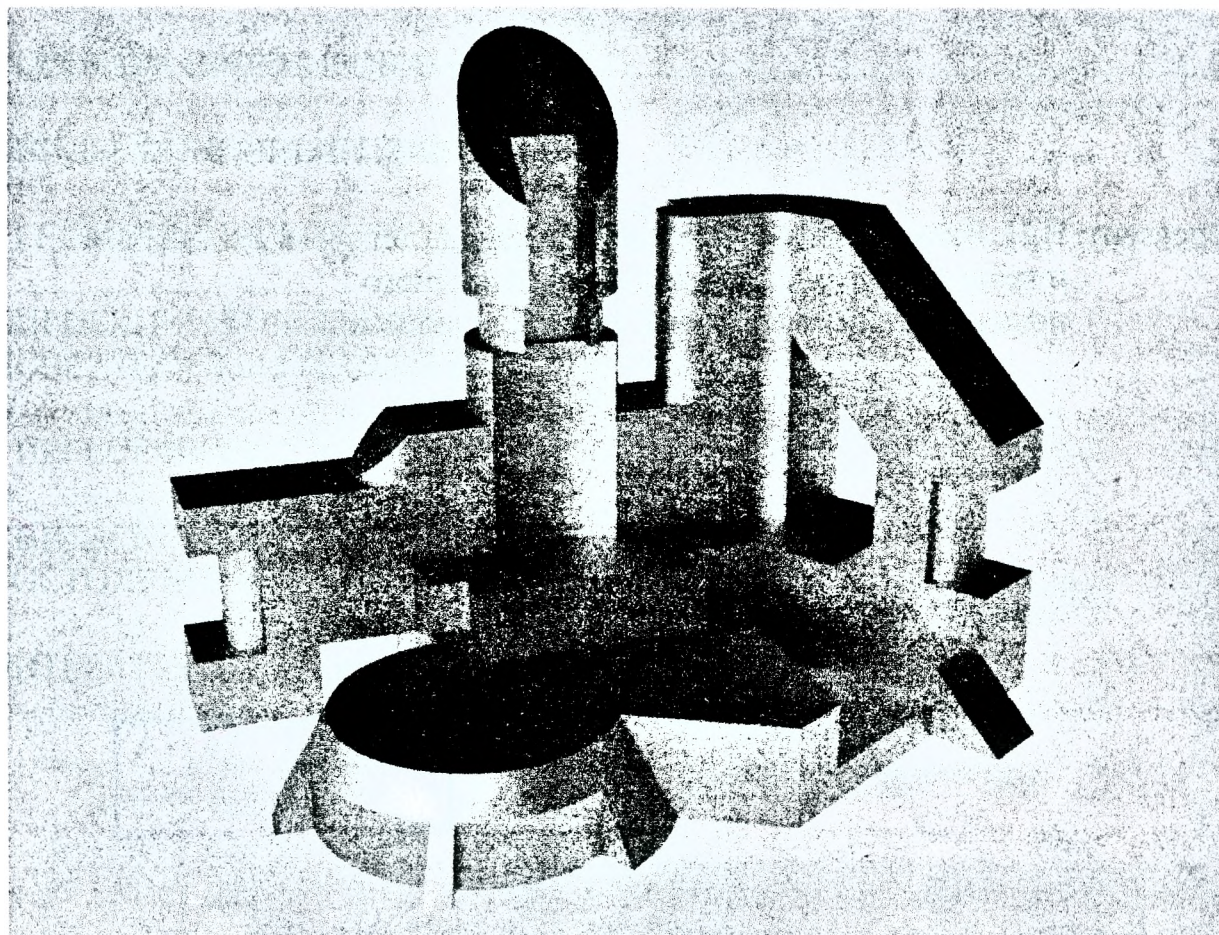
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по выполнению графической работы на тему:**

**«ИЗОБРАЖЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ  
ОБЪЕКТОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ, НА ЧЕРТЕЖЕ»**



УДК 744(075.8)

Методические указания предназначены для абитуриентов учреждения образования «Брестский государственный технический университет», поступающих для получения высшего образования I ступени по специальности 1 – 69 01 01 «Архитектура», а также для слушателей дневного подготовительного отделения и вечерних (краткосрочных) подготовительных курсов отдела довузовской подготовки и маркетинга.

Методические указания состоят из следующих разделов: «Основные правила оформления чертежа», «Геометрические построения», «Сопряжения», «Основы проецирования», «Виды. Основные правила выполнения видов», «Геометрические тела», «Проекция точек, принадлежащих поверхностям геометрических тел», «Пересечение геометрических тел плоскостями», «Виды комбинированных объектов, состоящих из различных геометрических тел».

Составитель: О.М. Мищирук, старший преподаватель



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА .....	4
1.1 ЧЕРТЕЖНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И МАТЕРИАЛЫ .....	4
1.2 ФОРМАТЫ .....	5
1.3 МАСШТАБЫ .....	6
1.4 ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА .....	6
2 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ .....	7
2.1 ПОСТРОЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ И ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПРЯМЫХ .....	7
2.2 ПОСТРОЕНИЕ УКЛОНА И КОНУСНОСТИ .....	11
2.3 ПОСТРОЕНИЕ ПРАВИЛЬНЫХ ВПИСАННЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ .....	13
2.4 СОПРЯЖЕНИЕ ЛИНИЙ .....	16
2.4.1 СОПРЯЖЕНИЕ ПРЯМЫХ .....	16
2.4.2 ПОСТРОЕНИЕ КАСАТЕЛЬНЫХ .....	16
2.4.3 СОПРЯЖЕНИЕ ДУГИ ОКРУЖНОСТИ С ПРЯМОЙ .....	19
2.4.4 СОПРЯЖЕНИЕ ДУГ ОКРУЖНОСТЕЙ .....	20
3 ОСНОВЫ ПРОЕКЦИРОВАНИЯ .....	22
4 ВИДЫ. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ВИДОВ .....	24
5 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА .....	26
6 ПРОЕКЦИИ ТОЧЕК, ПРИНАДЛЕЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТЯМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ .....	32
7 ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ .....	38
8 ВИДЫ КОМБИНИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ .....	47
ЛИТЕРАТУРА .....	54

## ВВЕДЕНИЕ

Целью вступительных испытаний по предмету «Творчество» является выявление способностей и уровня подготовки абитуриента к обучению по специальности «Архитектура» с учетом специфических требований к профессии архитектора. Абитуриент должен обладать объемно-пространственным мышлением и определенными навыками в области черчения. При подготовке к вступительным испытаниям по предмету «Творчество» абитуриенты осваивают методы изображения объемных геометрических фигур в ортогональных проекциях и способы графического решения различных геометрических задач.

Содержание методических указаний соответствует программе вступительных испытаний по предмету «Творчество» для абитуриентов учреждения образования «Брестский государственный технический университет» для получения высшего образования I ступени по специальности 1-69 01 01 «Архитектура» (этап «Черчение»), утвержденной Министерством образования Республики Беларусь в 2020 г.

Методические указания состоят из следующих разделов: «Основные правила оформления чертежа», «Геометрические построения», «Сопряжения», «Основы проецирования», «Виды. Основные правила выполнения видов», «Геометрические тела», «Проекции точек, принадлежащих поверхностям геометрических тел», «Пересечение геометрических тел плоскостями», «Виды комбинированных объектов, состоящих из различных геометрических тел».

## 1 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА

### 1.1 ЧЕРТЕЖНЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И МАТЕРИАЛЫ

Качество и скорость выполнения чертежа во многом зависят от применяемых чертежных принадлежностей и от умения ими пользоваться.

Рассмотрим некоторые простейшие чертежные инструменты, применяемые для выполнения графических работ.

*Линейка* – чертежный мерительный инструмент, предназначенный для проведения прямых линий на плоскости. Типы и основные параметры чертежный линейек устанавливает ГОСТ 17435 – 72.

*Угольник* – чертежный мерительный инструмент в виде плоского прямоугольного треугольника, который предназначен для проведения вертикальных, горизонтальных и наклонных линий чертежа. Типы и основные параметры угольников устанавливает ГОСТ 5094 – 74. Данный стандарт распространяется на чертежные угольники с углами при вершинах  $45^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ .

*Лекало* – тонкая пластина, имеющая криволинейные кромки и предназначенная для вычерчивания кривых линий. Пользоваться лекалом очень легко. Для начала необходимо все полученные точки соединить от руки тонкой кривой линией. Затем прикладываем лекало на участок кривой линии, таким обра-



зом, чтобы на подобранный контур лекала попадало не менее трех точек кривой. Следующий контур лекала подбирается и прикладывается так, чтобы он захватывал одну или две точки предыдущего участка кривой [4, 7].

*Транспортир* – чертежный инструмент, предназначенный для построения и измерения углов на чертежах. Он состоит из линейки и полукруга, который разделен на градусы от 0 до 180°. В некоторых моделях градусная шкала может доходить до 360°.

*Круговой циркуль* – чертежный инструмент для вычерчивания окружностей. Он состоит из шарнирно-соединенных ножек, одна из которых с иглой на конце, а другая – с грифелем.

*Циркуль-измеритель* применяется для измерения и откладывания линейных размеров, а также при делении на равные части отрезков и дуг окружностей. Он состоит из двух ножек, которые снабжены сменными иглками, привинченными винтами. Ножки циркуля должны быть одной длины. Циркуль-измеритель можно использовать для точных и мелких работ.

*Чертежная бумага* имеет большую плотность, чем писчая. Все технические характеристики бумаги для черчения устанавливает ГОСТ 597 – 73. Согласно стандарту чертежная бумага должна обладать хорошими потребительскими и механическими характеристиками (иметь белый цвет, хорошую упругость, прочность, поверхность хорошо удерживать графит, тушь, краски и не изменяться под давлением острия карандаша).

*Карандаши*, применяемые для черчения, имеют различную твердость и область применения на чертеже (таблица 1). В постсоветских странах и Европе для указания твердости карандаша используется буквенное обозначение, а в США – числовая шкала.

Таблица 1 – Типы карандашей для черчения

Обозначение			Область применения
Европа	Постсоветские страны	США	
В	М	#1	рамки, толстые линии
НВ	ТМ	#2	обводка готовых чертежей
F	-	#2½	
Н	Т	#3	для тонких линий, нанесения предварительных чертежей
2Н	2Т	#4	

*Стирательные резинки (ластики)* используются для чистки чертежа, а также для удаления ненужных линий и надписей. Могут быть любого цвета и плотности [4, 7].

## 1.2 ФОРМАТЫ

Во всех отраслях производства чертежи и техническая документация выполняются на листах строго определенных размеров. Размеры форматов устанавливает ГОСТ 2.301 – 68 «Форматы» (таблица 2) [1].

Таблица 2 – Обозначения и размеры основных форматов

Обозначение форматов	Размеры сторон форматов, мм
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297

### 1.3 МАСШТАБЫ

Размеры больших изделий при изображении на чертеже приходится уменьшать, а мелких – увеличить. Масштабом называется отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к его действительным размерам. При выборе масштаба учитывается сложность изображаемого предмета. Следует помнить, что на чертеже наносят действительные размеры изображаемого предмета независимо от применяемого масштаба.

Масштабы для вычерчивания чертежей принимаются по ГОСТ 2.302 – 68 «Масштабы» (таблица 3) [2].

Таблица 3 – Масштабы

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштаб увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Во всех возможных случаях изображение изделия рекомендуется выполнять на чертеже в натуральную величину, т. е. в масштабе 1:1.

### 1.4 ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА

Все линии чертежа выполняются строго по ГОСТ 2.303 – 68 (таблица 4), который регулирует наименование, начертание, толщину и основное назначение линий. Эти параметры придают чертежу выразительность, определенные эстетические качества и облегчают его чтение.



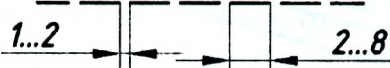

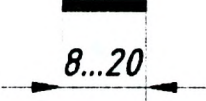
Толщины линий на чертеже зависят от величины  $s$  – толщины сплошной толстой основной линии. Величину  $s$  выбирают из предела 0,5...1,4 мм в зависимости от сложности и размера изображения, а также от его назначения.

Вычерчивание любого изображения удобнее начинать с проведения осевых и центровых линий. Это облегчает построение контуров симметричных изделий. Центровыми называются осевые линии, пересекающиеся в ее центре. Если диаметр окружности меньше 12 мм, то центровые линии вычерчивают тонкими сплошными линиями, а не штрихпунктирными.

Штрихпунктирные и штриховые линии должны пересекаться между собой и с другими линиями своими штрихами, а не промежутками между ними. Обратите внимание, что при вычерчивании штрихпунктирной линии в промежутке между штрихами может находиться не точка, а штрих – длиной  $\approx 1$  мм.

Каждая линия одного и того же типа на чертеже должна сохранять свою толщину и начертание [3].

Таблица 4 – Линии чертежа

№	Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
1	2	3	4	5
1	Сплошная толстая основная		s	Линии видимого контура; линии перехода видимые; линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2	Сплошная тонкая		От s/3 до s/2	Линии контура наложенного сечения; линии размерные и выносные; линии штриховки; линии-выноски; полки линий-выносок и подчеркивание надписей; линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях; линии перехода воображаемые; следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
3	Штриховая		От s/3 до s/2	Линии невидимого контура; линии перехода невидимые
4	Штрихпунктирная тонкая		От s/3 до s/2	Линии осевые и центровые; линии сечений, являющихся осями симметрии для наложенных или выносных сечений
5	Разомкнутая		От s до 1 1/2 s	Линии сечений

## 2 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

### 2.1 ПОСТРОЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ И ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПРЯМЫХ

Параллельными называются прямые линии, лежащие в одной плоскости и не пересекающиеся при продолжении их в обе стороны.

Существует несколько способов построения параллельных линий.

Рассмотрим построение при помощи линейки и угольников. Для этого сформулируем для себя задачу: через точку А необходимо простроить прямую *b* параллельную прямой *a* (рисунок 1) [4, 5, 7].



Для решения данной задачи угольник устанавливаем так, чтобы его катет (гипотенуза) совпадал с направлением заданной прямой  $a$ ; к другому катету (гипотенузе) подводят линейку и, удерживая линейку, перемещают угольник по направлению заданной точки  $A$ .

Эту же задачу можно решить и другим способом (рисунок 2). Из точки  $A$  произвольным радиусом  $r$  проводят окружность, которая пересекает прямую  $a$  в двух точках  $B$  и  $C$ . От одной из этих точек, например точки  $B$ , на прямой  $a$  циркулем откладывают отрезок  $BD$ , равный радиусу  $r$ . Из полученной точки  $D$  тем же радиусом  $r$  проводят дугу окружности до пересечения с ранее проведенной окружностью в точке  $E$ . Через точки  $A$  и  $E$  проводим искомую прямую  $b$ .

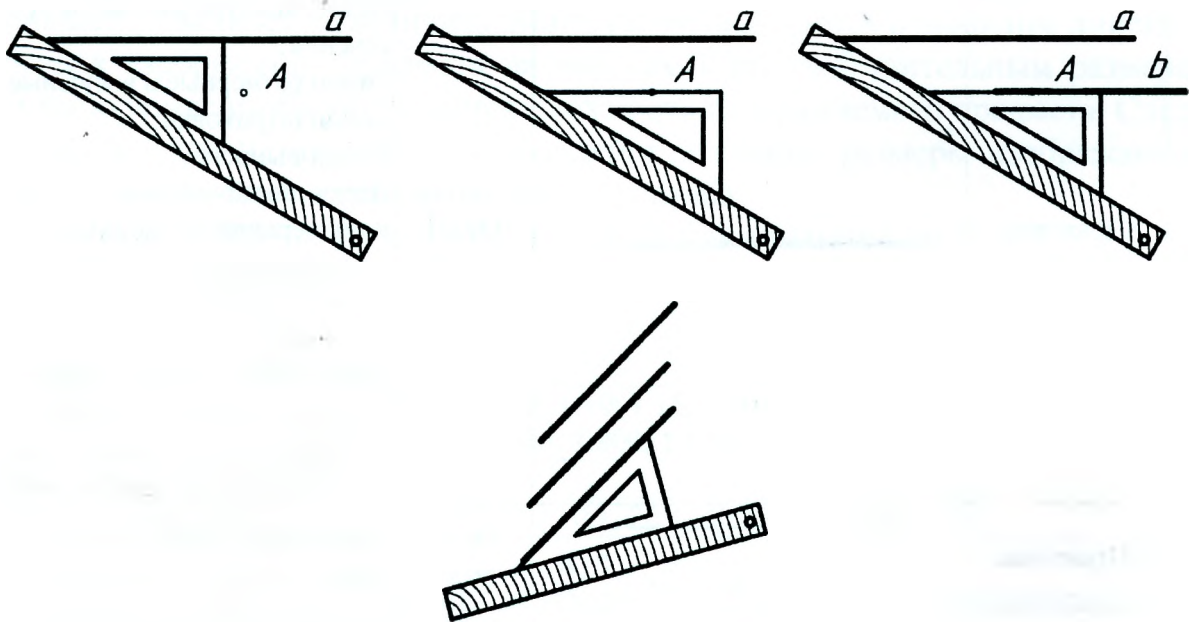


Рисунок 1 – Построение параллельных прямых при помощи линейки и угольника

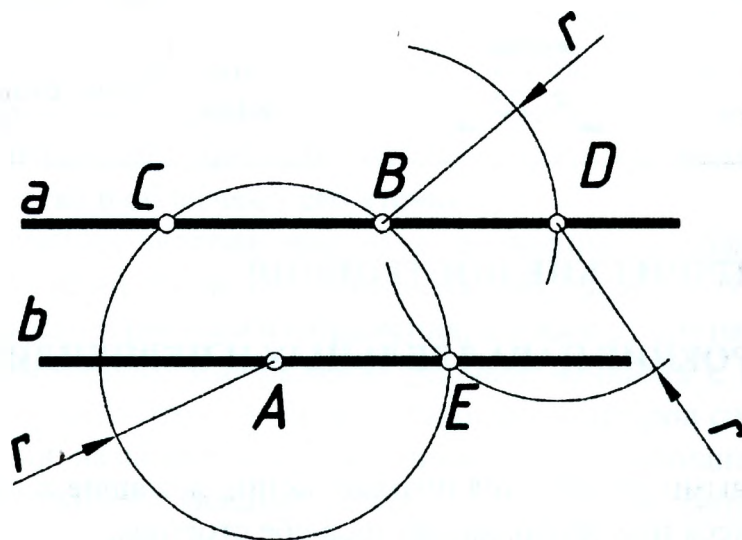
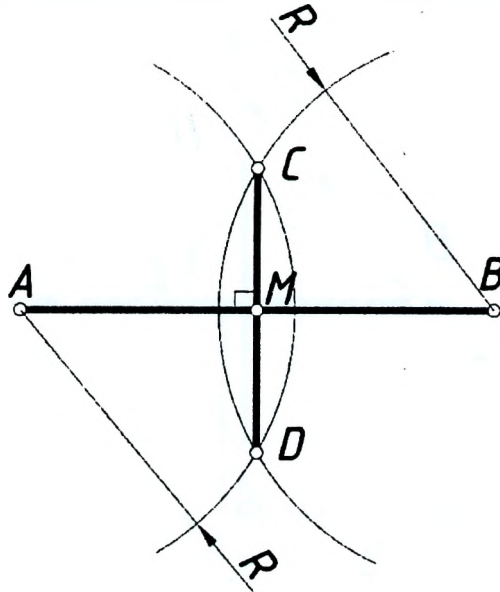


Рисунок 2 – Построение параллельных прямых при помощи циркуля

Две прямые на плоскости называются перпендикулярными, если при пересечении образуют 4 прямых угла.

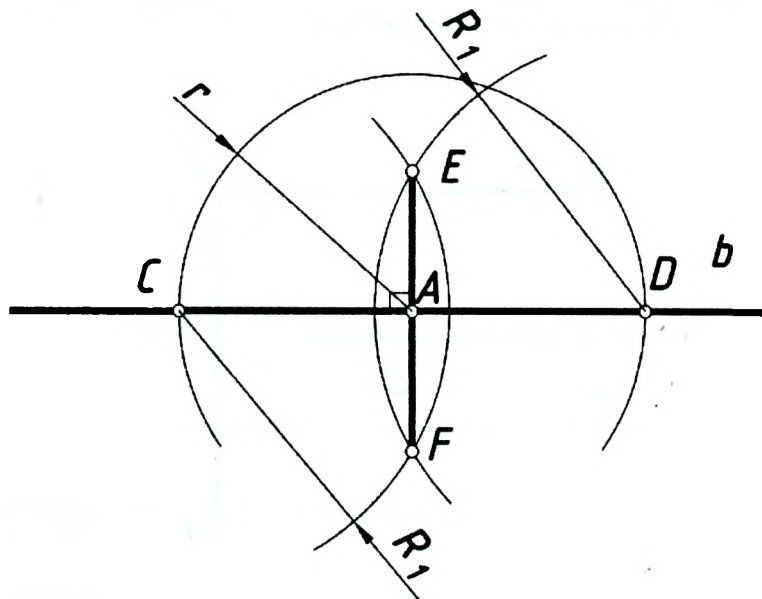
Рассмотрим различные случаи построения перпендикулярных прямых, встречающиеся в практике черчения [4, 5, 7].

Построение перпендикуляра к середине отрезка  $AB$  (рисунок 3). Из точек  $A$  и  $B$ , как из центров, радиусом, большим половины отрезка  $AB$ , проводят дуги окружностей до взаимного их пересечения в точках  $C$  и  $D$ . Прямая  $CD$  перпендикулярна к отрезку  $AB$  и проходит через его середину – точку  $M$ .



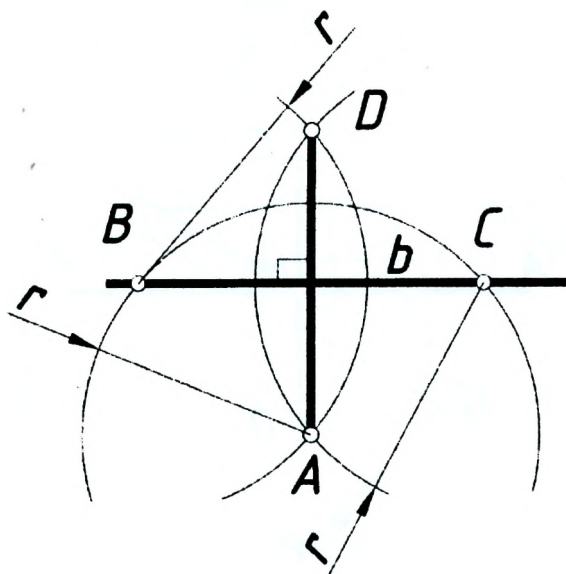
*Рисунок 3 – Построение перпендикуляра к середине отрезка*

Построение перпендикуляра к прямой  $b$  в заданной на ней точке  $A$  (рисунок 4). Принимая точку  $A$  за центр, произвольным радиусом  $r$ , описываем дугу окружности до пересечения ее с прямой  $b$  в точках  $C$  и  $D$ . Из центров  $C$  и  $D$  произвольным радиусом  $R_1$ , проводим дуги окружностей до взаимного их пересечения в точках  $E$  и  $F$ . Отрезок  $EF$  является искомым перпендикуляром.



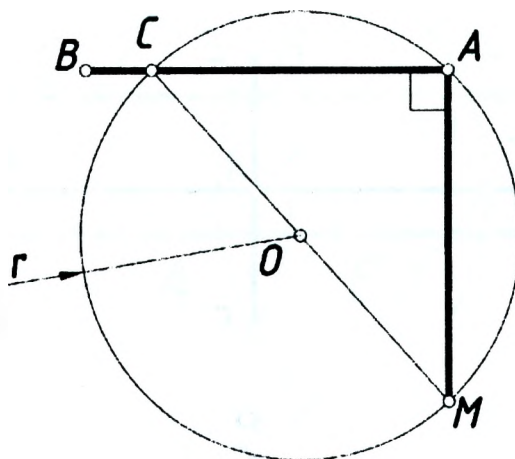
*Рисунок 4 – Построение перпендикуляра к прямой в заданной на ней точке*

Построение перпендикуляра к прямой  $b$  из точки  $A$ , лежащей вне этой прямой (рисунок 5). Из точки  $A$ , как из центра, произвольным радиусом  $r$  проводим дугу окружности, пересекающую заданную прямую в точках  $B$  и  $C$ . Приняв эти точки за центры, тем же радиусом  $r$  проводим дуги окружностей до взаимного их пересечения в точке  $D$ . Прямая  $AD$  является перпендикуляром к заданной прямой  $b$  [4, 5, 7].



*Рисунок 5 – Построение перпендикуляра к прямой из точки, лежащей на этой прямой*

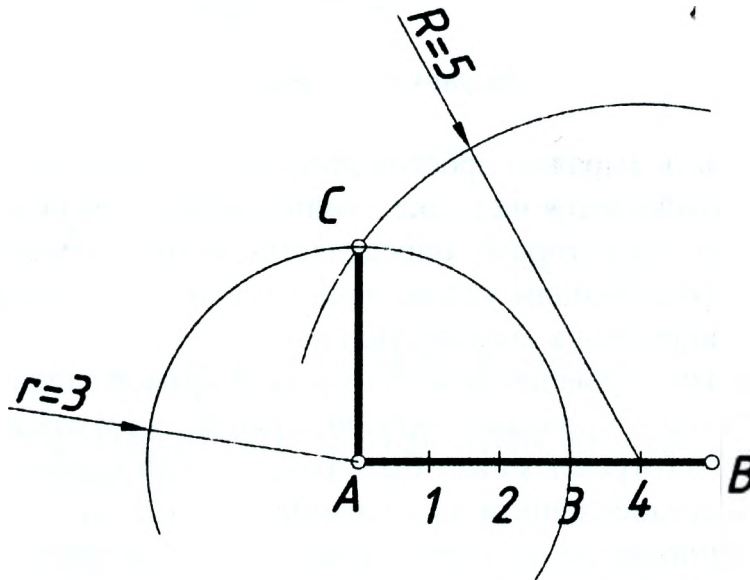
Построение перпендикуляра к отрезку  $AB$ , проходящего через концевую точку  $A$  отрезка (рисунок 6). Из произвольной точки  $O$ , лежащей вне отрезка  $AB$ , проводим окружность радиусом  $r = OA$ . Эта окружность пересекает отрезок  $AB$  в точке  $C$ . Точки  $C$  и  $O$  соединяем прямой и продолжаем ее до пересечения с окружностью в точке  $M$ . Прямая  $AM$  является искомым перпендикуляром, так как угол  $MAC$  – прямой, как угол вписанный в окружность и опирающийся на ее диаметр.



*Рисунок 6 – Построение перпендикуляра к отрезку, проходящего через концевую точку отрезка*

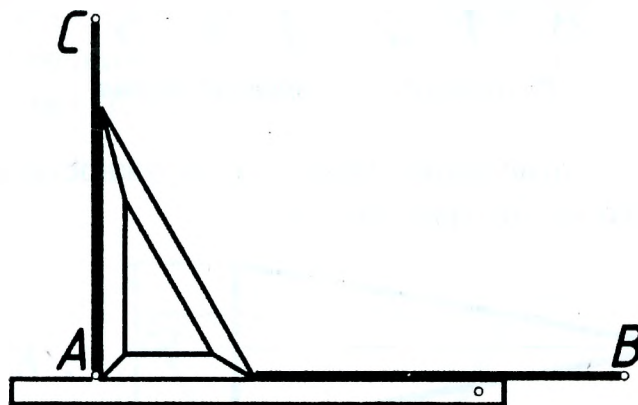


Данная задача имеет второй способ решения, основанный на свойствах так называемого египетского треугольника (рисунок 7). На отрезке прямой  $AB$  откладываем четыре равных отрезка произвольной длины. Из точки  $A$  проводим дугу окружности радиусом, равным трем взятым отрезкам, а из точки  $4$  – дугу окружности радиусом, равным пяти таким же отрезкам. Пересечение этих дуг дает точку  $C$ . Прямая  $AC$  является искомым перпендикуляром.



*Рисунок 7 – Построение перпендикуляра к отрезку, проходящего через концевую точку отрезка, основанное на свойствах египетского треугольника*

На рисунке 8 показано построение прямой  $AC$ , перпендикулярной к прямой  $AB$ , выполненное с помощью угольника и линейки [4, 5, 7].



*Рисунок 8 – Построение перпендикуляра при помощи угольника и линейки*

## 2.2 ПОСТРОЕНИЕ УКЛОНА И КОНУСНОСТИ

Уклон – это величина, которая характеризует наклон одной линии по отношению к другой. Уклон прямой  $AB$  к прямой  $AC$  определяется как тангенс угла между ними, т. е. как отношение двух катетов прямого угла (рисунок 9).

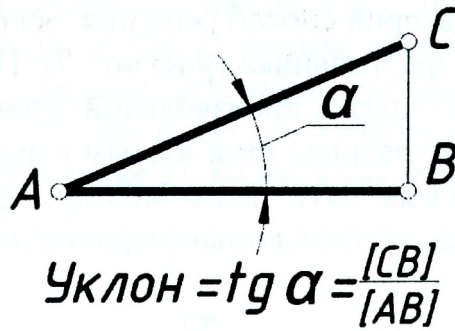


Рисунок 9 – Уклон

Уклон может быть выражен простой дробью, десятичной или в процентах. Значение уклона записывается на полке линии-выноски, расположенной параллельно направлению, по которому определяется величина уклона. Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак « $\angle$ », острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.

Рассмотрим задачу проведения через точку  $A$  прямой заданного уклона 1:5 (рисунок 10). Из точки  $A$  проводим горизонтальный луч и откладываем на нем пять равных отрезков (отрезок может быть равен любой удобной величине). На перпендикуляре, восстановленном из конечной точки  $B$ , откладываем одну такую часть. Уклон гипотенузы  $AC$  треугольника  $ACB$  будет равен 1:5.

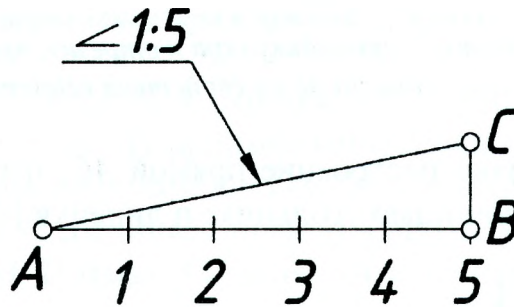


Рисунок 10 – Построение уклона

Конусность – это отношение диаметра окружности основания прямого кругового конуса к его высоте (рисунок 11).

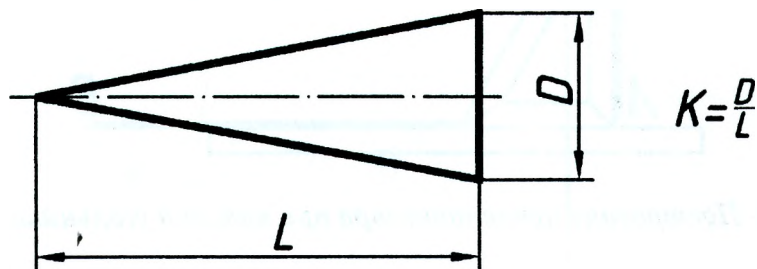


Рисунок 11 – Конусность

Конусность, как и уклон, выражается простой дробью, десятичной или в процентах. Числовое значение конусности записывается на полке линии-выноски, расположенной параллельно оси конуса, или на оси конуса. Перед

размерным числом конусности ставится знак « $\triangleleft$ », острый угол которого направлен в сторону вершины конуса.

Рассмотрим задачу проведения через точку  $A$  прямой заданной конусности 2:7 (рисунок 12). Из точки  $A$  проводим горизонтальный луч и откладываем на нем семь равных частей. На перпендикуляре, проведенном через конечную точку  $B$ , откладываем одну такую часть вверх и одну часть вниз. Соединив полученные точки  $C$  и  $D$  с точкой  $A$  получаем конус с конусностью 2:7.

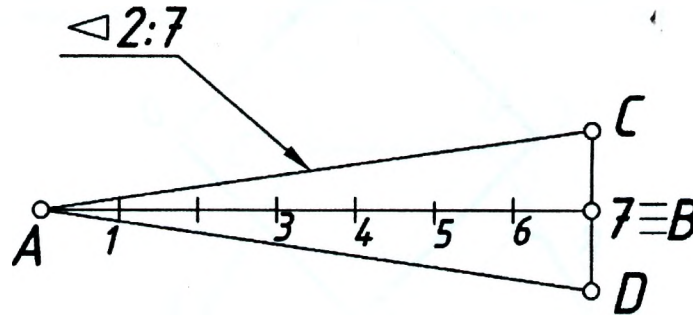


Рисунок 12 – Построение конусности

### 2.3 ПОСТРОЕНИЕ ПРАВИЛЬНЫХ ВПИСАННЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

В различных изделиях встречаются построения различных многогранных поверхностей по окружности, поэтому важно уметь делить окружность на равные части.

Деление окружности на три равные части и вписывание в нее правильного треугольника показано на рисунке 13. Для заданной окружности проводим один диаметр, например, вертикальный диаметр  $AB$ . Из точки  $A$  как из центра описываем дугу радиусом равным радиусу заданной окружности. Пересечение этой дуги с окружностью дает точки  $C$  и  $D$ . Точки  $B$ ,  $C$  и  $D$  делят окружность на три равные части. Соединив точки  $B$ ,  $C$  и  $D$  прямыми, получим вписанный в окружность правильный треугольник  $BCD$  [10].

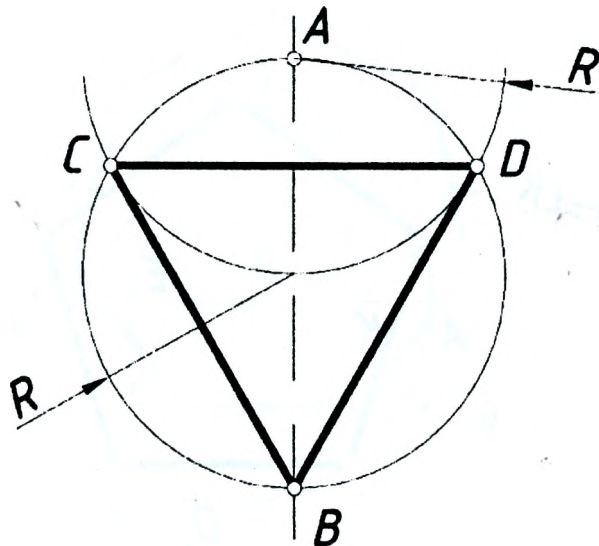
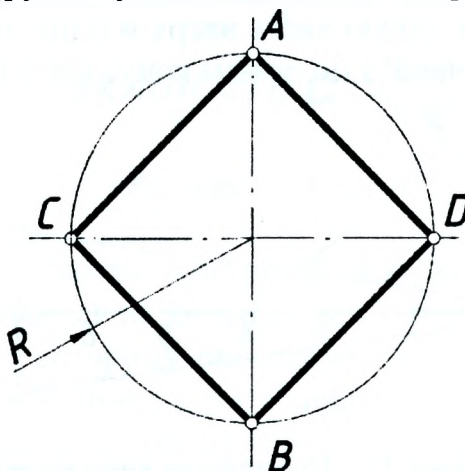


Рисунок 13 – Построение правильного треугольника, вписанного в окружность

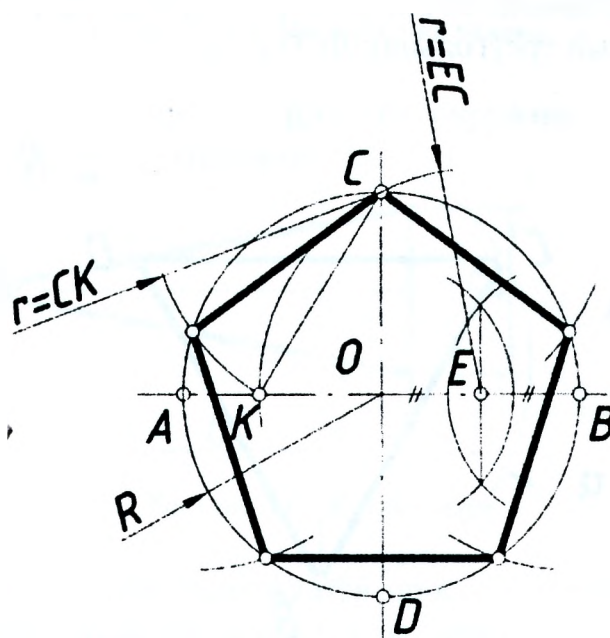


Деление окружности на четыре равные части и вписывание в нее квадрата показано на рисунке 14. Для заданной окружности проводим два взаимно перпендикулярных диаметра, например, вертикальный  $AB$  и горизонтальный  $CD$ . Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  делят окружность на четыре равные части. Соединив эти точки по замкнутому контуру, получим вписанный в окружность квадрат  $ABCD$ .



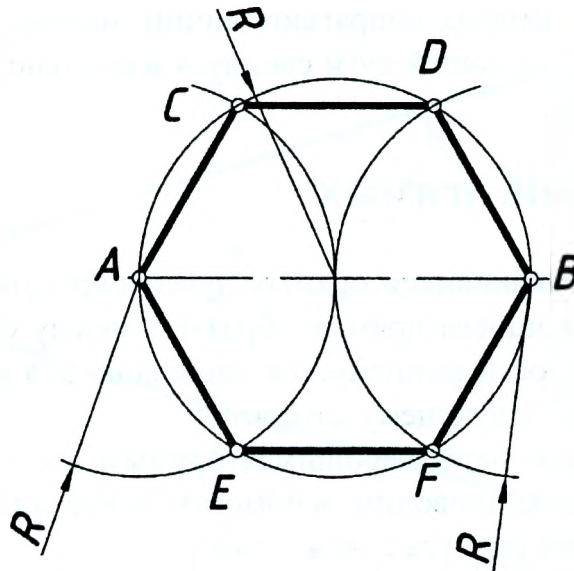
*Рисунок 14 – Построение квадрата, вписанного в окружность*

Деление окружности на пять равных частей и вписывание в нее правильного пятиугольника показано на рисунке 15. Для заданной окружности проводим два взаимно перпендикулярных диаметра, например, горизонтальный  $AB$  и вертикальный  $CD$ . Поделив радиус  $OB$  пополам (см. рисунок 3), получаем точку  $E$ . Из точки  $E$  как из центра проводим дугу радиусом, равным  $EC$ . Пересечение этой дуги с радиусом  $OA$  дает точку  $K$ . Отрезок  $CK$  соответствует искомой длине стороны вписанного правильного пятиугольника. Циркулем, установленным на эту длину, делаем засечки на окружности. Соединив полученные точки окружности по замкнутому контуру, получим вписанный в окружность правильный пятиугольник [4–8, 10].



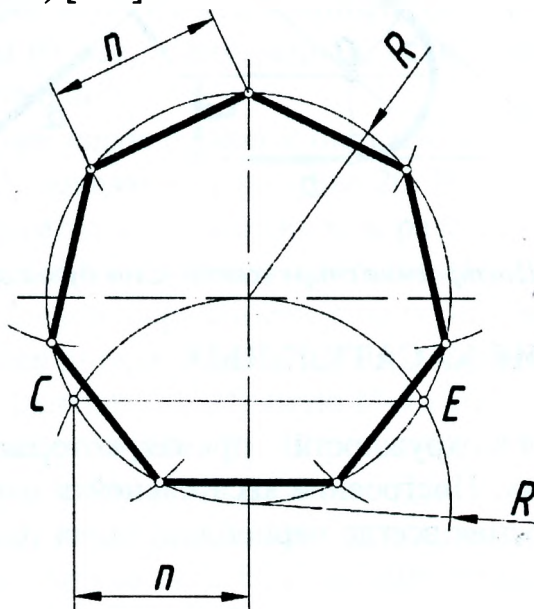
*Рисунок 15 – Построение правильного пятиугольника, вписанного в окружность*

Деление окружности на шесть равных частей и вписывание в нее правильного шестиугольника показано на рисунке 16. Для заданной окружности проводим один диаметр, например, горизонтальный диаметр  $AB$ . Из точек  $A$  и  $B$ , как из центров, описываем радиусом, равным радиусу заданной окружности, две дуги. Пересечение этих дуг с окружностью дает четыре точки, которые в совокупности с точками  $A$  и  $B$  делят окружность на шесть равных частей. Соединив последовательно все шесть точек прямыми по замкнутому контуру, получим вписанный в окружность правильный шестиугольник [4–8].



**Рисунок 16 – Построение правильного шестиугольника, вписанного в окружность**

Деление окружности на семь равных частей и вписывание в нее правильного семиугольника (рисунок 17) выполняют с помощью половины стороны вписанного треугольника, приблизительно равной стороне вписанного семиугольника, т. е.  $a_7$  равно половине хорды  $CE$ ; сторона семиугольника  $n = 0,434D$  ( $D$  – диаметр окружности) [4–8].



**Рисунок 17 – Построение правильного семиугольника, вписанного в окружность**

## 2.4 СОПРЯЖЕНИЕ ЛИНИЙ

Плавный переход одной линии в другую называют сопряжением линий. Точкой сопряжения называют общую точку для сопрягаемых линий. Точку сопряжения также называют точкой перехода. Точки сопряжений двух окружностей лежат на пересечении с линией, соединяющей их центры, а двух прямых дугой – на основании перпендикуляра, опущенного на прямую из центра сопрягающей дуги.

Радиусы, дугами которых сопрягают линии, называют радиусами сопряжения. Построение сопрягающей дуги сводится в основном к нахождению центра радиуса сопряжения.

### 2.4.1 СОПРЯЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

Сопряжение пересекающихся прямых дугой окружности показано на рисунке 18. Две пересекающиеся прямые образуют между собой угол. Сопряжение углов дугой окружности выполняется одинаково для прямых, острых и тупых углов и сводится к следующему алгоритму:

1. Параллельно двум пересекающимся прямым  $a$  и  $b$  на расстоянии, равном радиусу сопряжения, проводим вспомогательные линии, которые пересекаются в точке  $O$  (центре радиуса сопряжения).

2. Из центра радиуса сопряжения проводим перпендикуляры к прямым  $a$  и  $b$ , которые в пересечении с ними образуют точки сопряжений.

3. Радиусом сопряжения из центра  $O$  вычерчиваем дугу между точками сопряжений [10].

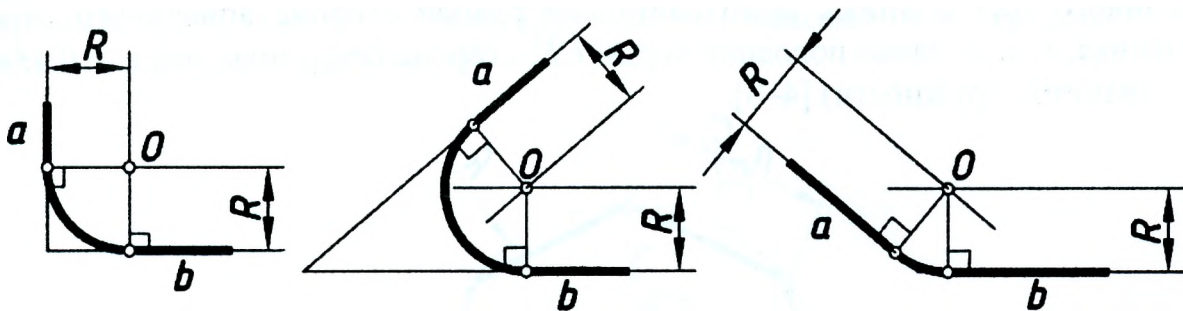


Рисунок 18 – Построение сопряжений углов дугой окружности

### 2.4.2 ПОСТРОЕНИЕ КАСАТЕЛЬНЫХ

Касательная прямая к окружности – прямая, которая имеет с окружностью ровно одну общую точку. Построение касательной к окружности основано на том, что касательная прямая всегда перпендикулярна радиусу, который проведен в точку касания.

Построение касательной из точки  $A$  к окружности с центром в точке  $O$  показано на рисунке 19. Проводим отрезок  $OA$ , соединяющий данную точку с



центром окружности. Отрезок  $OA$  делим пополам и из полученной точки  $B$ , как из центра, проводим вспомогательную окружность радиусом  $BO$ . Вспомогательная окружность пересекает заданную в точке  $C$ . Прямая  $AC$  – искомая касательная к окружности, так как вписанный угол  $ACO$  опирается на диаметр и является прямым [4–8].

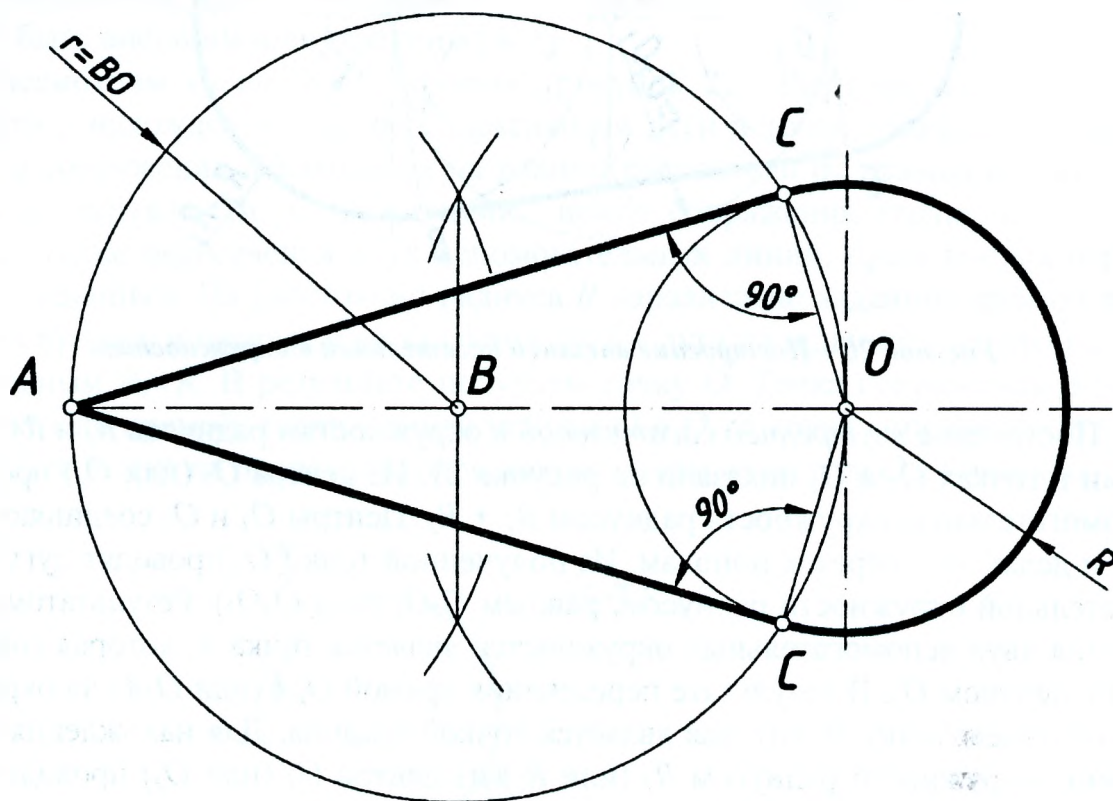


Рисунок 19 – Построение касательной из точки к окружности

Построение касательной к двум окружностям разного диаметра. Касательная к двум окружностям может быть внешней, если обе окружности расположены с одной стороны от нее, и внутренней, если окружности расположены с разных сторон от касательной.

Построение *внешней касательной* к окружностям радиусов  $R_1$  и  $R_2$  с центрами в точках  $O_1$  и  $O_2$  показано на рисунке 20. Из центра  $O_2$  большей окружности проводят вспомогательную окружность радиусом  $R_2 - R_1$ . Центры  $O_1$  и  $O_2$  соединяют прямой и делят этот отрезок пополам. Из полученной точки  $O_3$  проводят дугу вспомогательной окружности радиусом, равным  $O_3O_1$  (или  $O_3O_2$ ). Результатом пересечения двух вспомогательных окружностей является точка  $A$ , которая соединяется с центром  $O_2$ . Прямую  $O_2A$  необходимо продлить до пересечения с окружностью радиусом  $R_2$ . В результате на окружности получаем точку  $B$ , которая является точкой касания. Для нахождения точки касания окружности радиусом  $R_1$  из центра  $O_1$  проводят прямую, параллельную прямой  $O_2B$ , которая пересекая окружность  $R_1$  в искомой точке  $C$ . Прямая  $BC$  – внешняя касательная [4–8]

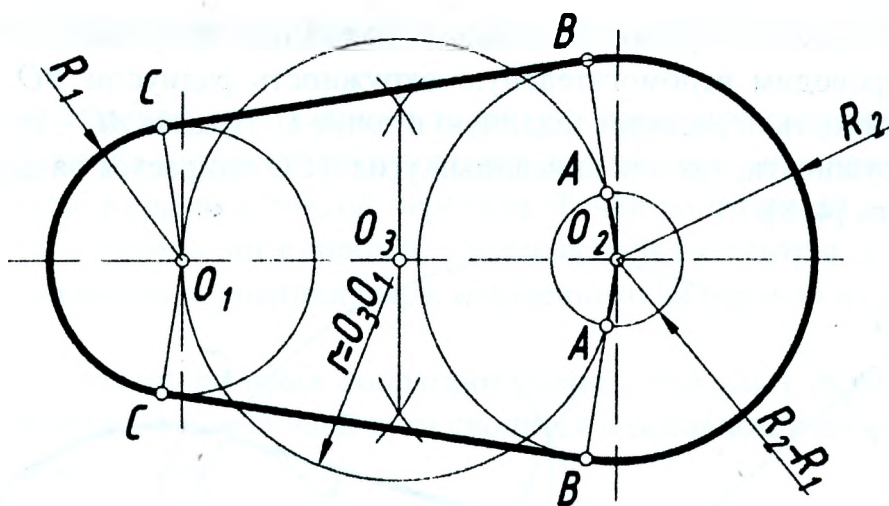


Рисунок 20 – Построение внешней касательной к окружностям

Построение *внутренней касательной* к окружностям радиусов  $R_1$  и  $R_2$  с центрами в точках  $O_1$  и  $O_2$  показано на рисунке 21. Из центра  $O_2$  (или  $O_1$ ) проводят вспомогательную окружность радиусом  $R_1 + R_2$ . Центры  $O_1$  и  $O_2$  соединяют прямой и делят этот отрезок пополам. Из полученной точки  $O_3$  проводят дугу вспомогательной окружности радиусом, равным  $O_3O_1$  (или  $O_3O_2$ ). Результатом пересечения двух вспомогательных окружностей является точка  $A$ , которая соединяется с центром  $O_2$ . В результате пересечения прямой  $O_2A$  (или  $O_1A$ ) на окружности получаем точку  $B$ , которая является точкой касания. Для нахождения точки касания окружности радиусом  $R_1$  (или  $R_2$ ) из центра  $O_1$  (или  $O_2$ ) проводят прямую, параллельную прямой  $O_2B$  (или  $O_1B$ ), которая пересекая окружность  $R_1$  (или  $R_2$ ) в искомой точке  $C$ . Прямая  $BC$  – внутренняя касательная [4–8, 10]

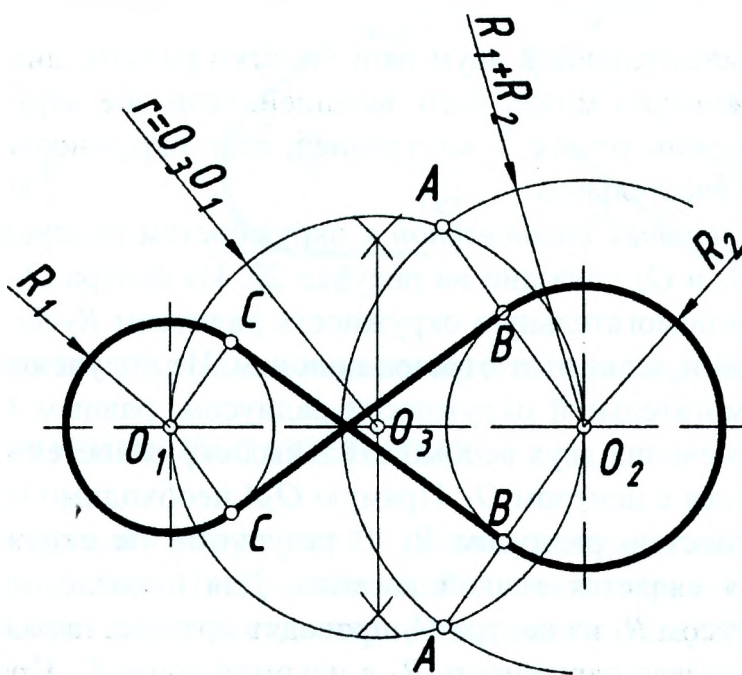


Рисунок 21 – Построение внутренней касательной к окружностям

### 2.4.3 СОПРЯЖЕНИЕ ДУГИ ОКРУЖНОСТИ С ПРЯМОЙ

Для рассмотрения построения сопряжения дуги окружности с прямой сформулируем для себя задачу: даны дуга окружности радиусом  $R_1$  и прямая  $a$ ; требуется построить их сопряжение заданным радиусом  $R$ .

Сопряжение дуги окружности с прямой заданным радиусом окружности может быть внешним и внутренним [4–8].

Рассмотрим *внешнее сопряжение* (рисунок 22). Решение данной задачи сводится к нахождению центра сопрягающей дуги и точек сопряжения. Центр радиуса сопряжения  $R$  находится на равном расстоянии от прямой  $a$  и от дуги заданной окружности. Следовательно, центр сопряжения (точку  $O$ ) можно найти в точке пересечения двух вспомогательных линий, проведенных параллельно заданным. На расстоянии радиуса  $R$  параллельно заданной прямой проводится прямая, а параллельно заданной дуге – дуга из заданного центра радиусом, равным  $R_1+R$ . В результате получаем точку  $O$ . Точка сопряжения  $A$  двух дуг лежит на прямой, соединяющей центры  $O$  и  $O_1$ , а точка сопряжения  $B$  прямой и дуги лежит на перпендикуляре, проведенном из центра  $O$  к прямой  $a$ .

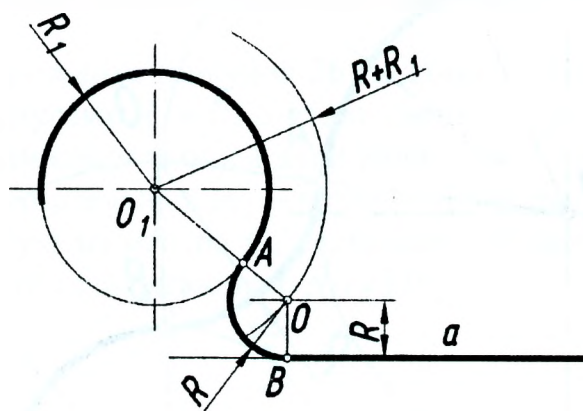


Рисунок 22 – Построение внешнего сопряжения дуги окружности с прямой

Построение *внутреннего сопряжения* (рисунок 23) осуществляется аналогично предыдущему способу с той лишь разницей, что радиус вспомогательной окружности, проводимой из центра  $O_1$ , равен  $R_1-R$  или  $R-R_1$ .

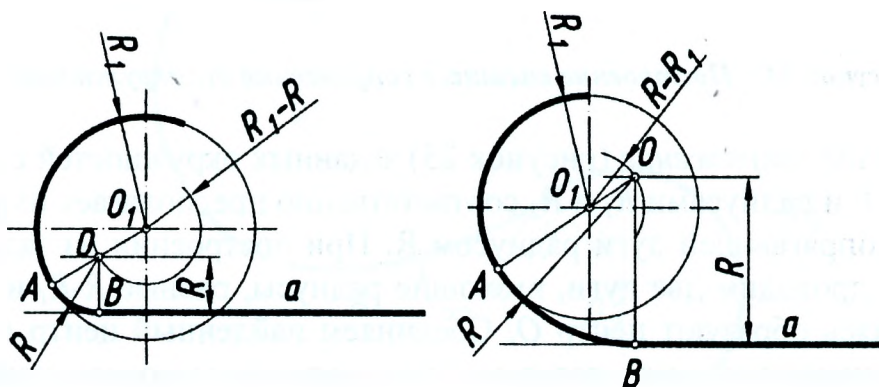


Рисунок 23 – Построение внутреннего сопряжения дуги окружности с прямой



## 2.4.4 СОПРЯЖЕНИЕ ДУГ ОКРУЖНОСТЕЙ

Сопряжение дуг окружностей заданной дугой может быть внутреннее, внешнее и смешанное. Построение этих сопряжений сводится к нахождению центра  $O$  сопрягающей дуги и точек сопряжения.

*Внешнее сопряжение* (рисунок 24) заданных окружностей с центрами в точках  $O_1$  и  $O_2$  и радиусами  $R_1$  и  $R_2$  соответственно предполагает их расположение снаружи сопрягающей дуги радиусом  $R$ . При построении из заданных центров  $O_1$  и  $O_2$  проводим две дуги, имеющие радиусы, равные  $R+R_1$  и  $R+R_2$ , которые пересекаясь образуют центр  $O$ . Соединяем найденный центр  $O$  с  $O_1$  и  $O_2$  вспомогательными прямыми, которые пересекают заданные окружности в точках сопряжения  $A$  и  $B$ . Из центра  $O$  между точками  $A$  и  $B$  проводим сопрягающую дугу [10].

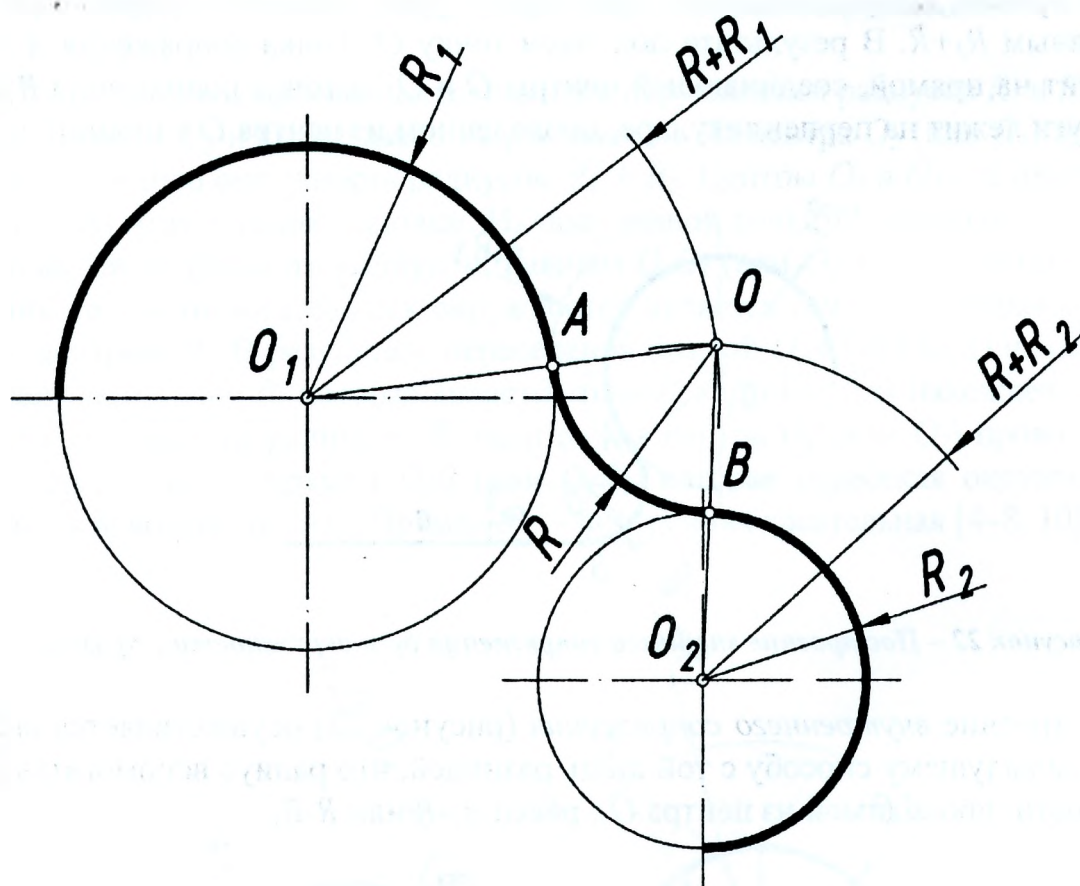
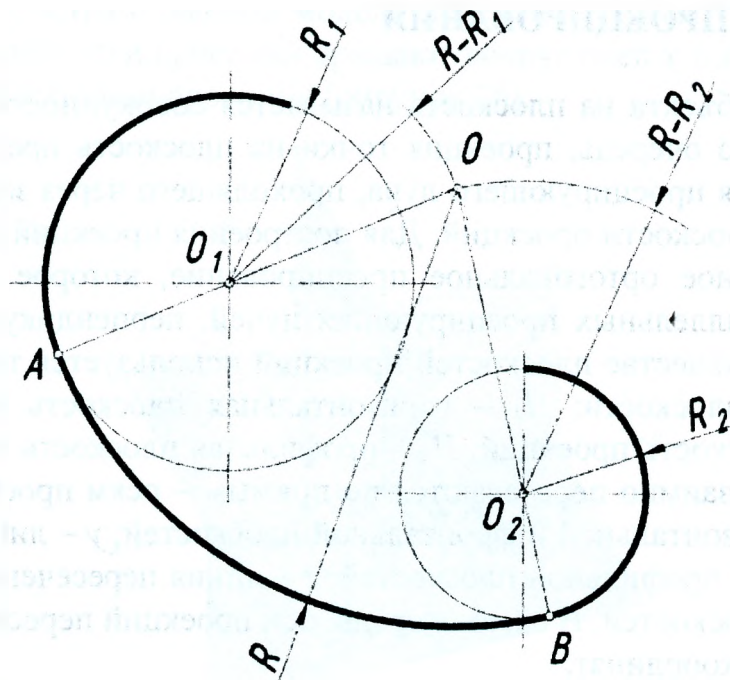


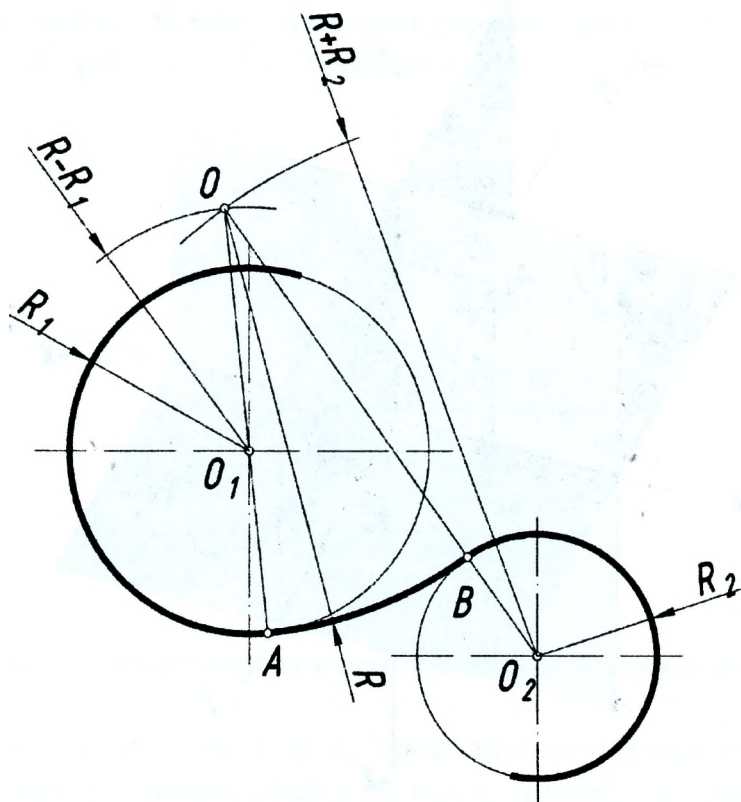
Рисунок 24 – Построение внешнего сопряжения дуг окружностей

*Внутреннее сопряжение* (рисунок 25) заданных окружностей с центрами в точках  $O_1$  и  $O_2$  и радиусами  $R_1$  и  $R_2$  соответственно предполагает их расположение внутри сопрягающей дуги радиусом  $R$ . При построении из заданных центров  $O_1$  и  $O_2$  проводим две дуги, имеющие радиусы, равные  $R-R_1$  и  $R-R_2$ , которые пересекаясь образуют центр  $O$ . Соединяем найденный центр  $O$  с  $O_1$  и  $O_2$  вспомогательными прямыми, которые при продлении за пределы точек  $O_1$  и  $O_2$  пересекают заданные окружности в точках сопряжения  $A$  и  $B$ . Из центра  $O$  между точками  $A$  и  $B$  проводим сопрягающую дугу [9, 10].



**Рисунок 25 – Построение внутреннего сопряжения дуг окружностей**

Смешанное сопряжение (рисунок 26) заданных окружностей с центрами в точках  $O_1$  и  $O_2$  и радиусами  $R_1$  и  $R_2$  соответственно предполагает их расположение внутри и снаружи сопрягающей дуги радиусом  $R$ . Центр  $O$  построим пересечением двух вспомогательных дуг – первую проведем радиусом, равным  $R-R_1$  из центра  $O_1$ , а вторую из центра  $O_2$  радиусом, равным  $R+R_2$ . Находим точки сопряжения и проводим сопрягающую дугу [10].



**Рисунок 26 – Построение смешанного сопряжения дуг окружностей**

### 3 ОСНОВЫ ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Проекцией объекта на плоскость называется совокупность проекций всех его точек. В свою очередь, проекция точки на плоскость представляет собой точку пересечения проецирующего луча, проходящего через заданную точку в пространстве и плоскости проекций. Для построения проекций объекта используется параллельное ортогональное проецирование, которое осуществляется при помощи параллельных проецирующих лучей, перпендикулярных плоскости проекций. В качестве плоскостей проекций используется три взаимно перпендикулярных плоскости:  $\Pi_1$  – горизонтальная плоскость проекций;  $\Pi_2$  – фронтальная плоскость проекций;  $\Pi_3$  – профильная плоскость проекций. Плоскости проекций взаимно пересекаются по прямым – осям проекций:  $x$  – линия пересечения горизонтальной и фронтальной плоскостей;  $y$  – линия пересечения горизонтальной и профильной плоскостей;  $z$  – линия пересечения фронтальной и профильной плоскостей. В свою очередь, оси проекций пересекаются в одной точке  $O$  – начале координат.

Взаимно перпендикулярные оси проекций представляют прямоугольную систему координат, которая отличается от декартовой системы координат направлением осей.

Построим ортогональные проекции точки  $A$ , расположенной в первом октанте евклидова пространства. Для этого из точки  $A$  проведем проецирующие лучи – перпендикуляры к плоскостям проекций. Точки пересечения лучей с плоскостями – проекции точки  $A$ : горизонтальная проекция –  $A_1$ , фронтальная проекция  $A_2$ , профильная проекция  $A_3$  (рисунок 27) [6].

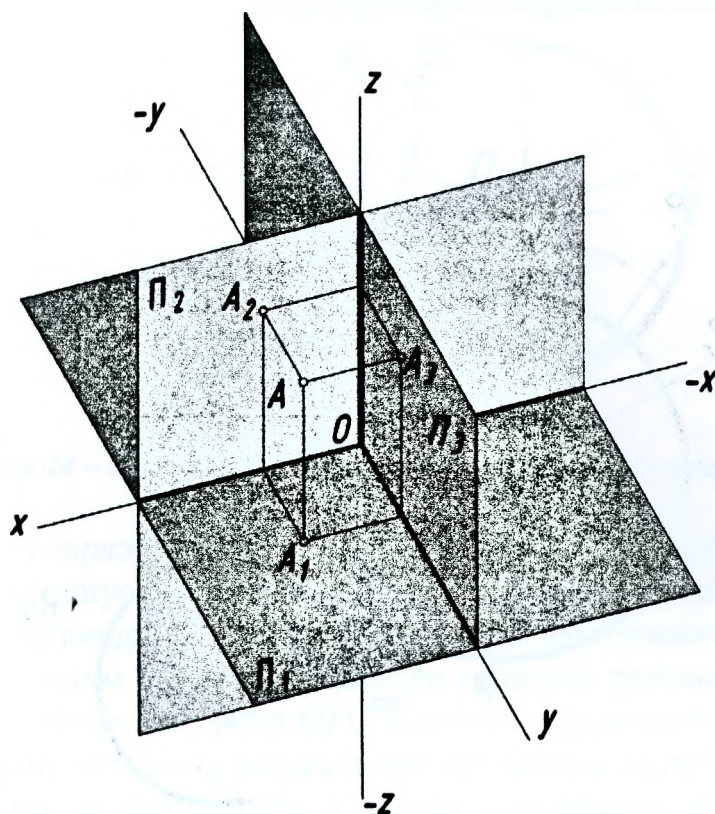
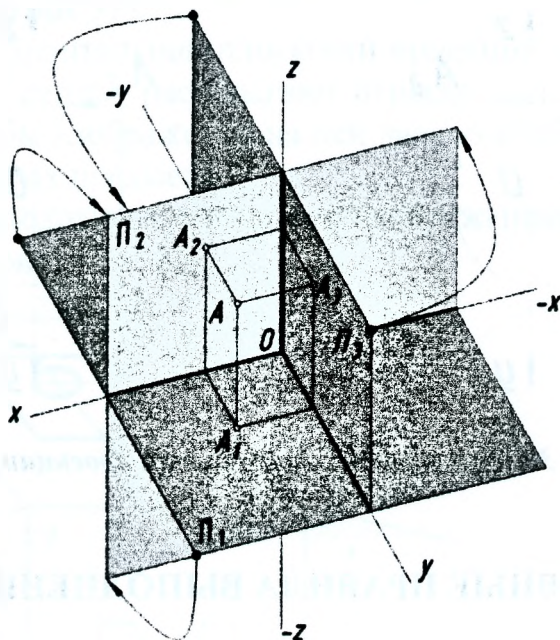


Рисунок 27 – Ортогональные проекции точки  $A$



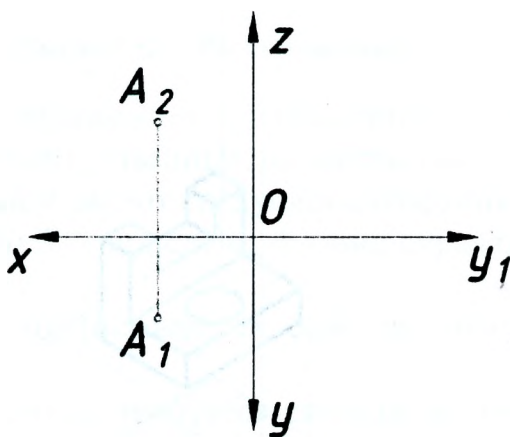
Чтобы от пространственной модели перейти к чертежу горизонтальную и фронтальную плоскости проекций вращают вокруг осей  $x$  и  $z$ , до совмещения с фронтальной плоскостью проекций (рисунок 28).



**Рисунок 28 – Схема вращения плоскостей проекций**

Две проекции точки  $A_1$  и  $A_2$  полностью определяют положение точки  $A$  в пространстве, так как по этим проекциям можно определить три координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Поэтому по двум заданным проекциям точки всегда можно построить третью, которая будет лежать на пересечении двух линий связи [6].

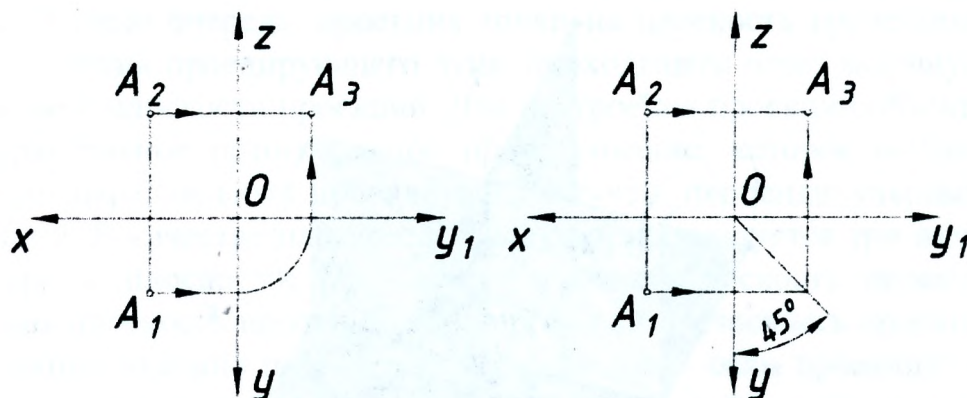
Рассмотрим задачу. Заданы проекции горизонтальная  $A_1$  и фронтальная  $A_2$  проекции точки  $A$  (рисунок 29). Требуется найти проекцию профильную  $A_3$  проекцию.



**Рисунок 29 – Фронтальная и горизонтальная проекции точки  $A$**

Через заданные проекции  $A_1$  и  $A_2$  проводим линии связи, перпендикулярные осям  $y$  и  $z$ . Перенос точки с оси  $y$  на ось  $y_1$  и наоборот осуществляется путем проведения дуги из центра  $O$ . Также можно воспользоваться вспомога-

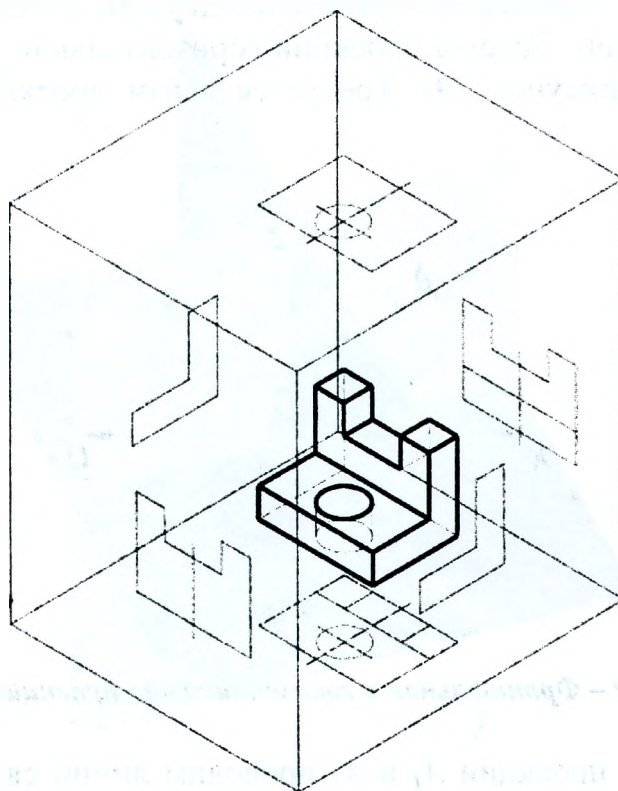
ной прямой (постоянной прямой чертежа), проведенной из точки  $O$  под углом  $45^\circ$  к оси  $y$ . С помощью этой прямой осуществляется связь горизонтальной проекции точки с профильной и наоборот (рисунок 30) [6].



*Рисунок 30 – Построение профильной проекции точки A*

#### 4 ВИДЫ. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ВИДОВ

В техническом черчении изображение предметов выполняются по методу параллельного ортогонального (прямоугольного) проецирования, исходя из того, что предмет расположен между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Изображения предмета дают наиболее полное представление о нем при проецировании с разных точек зрения на разные плоскости проекций [5, 7–9].

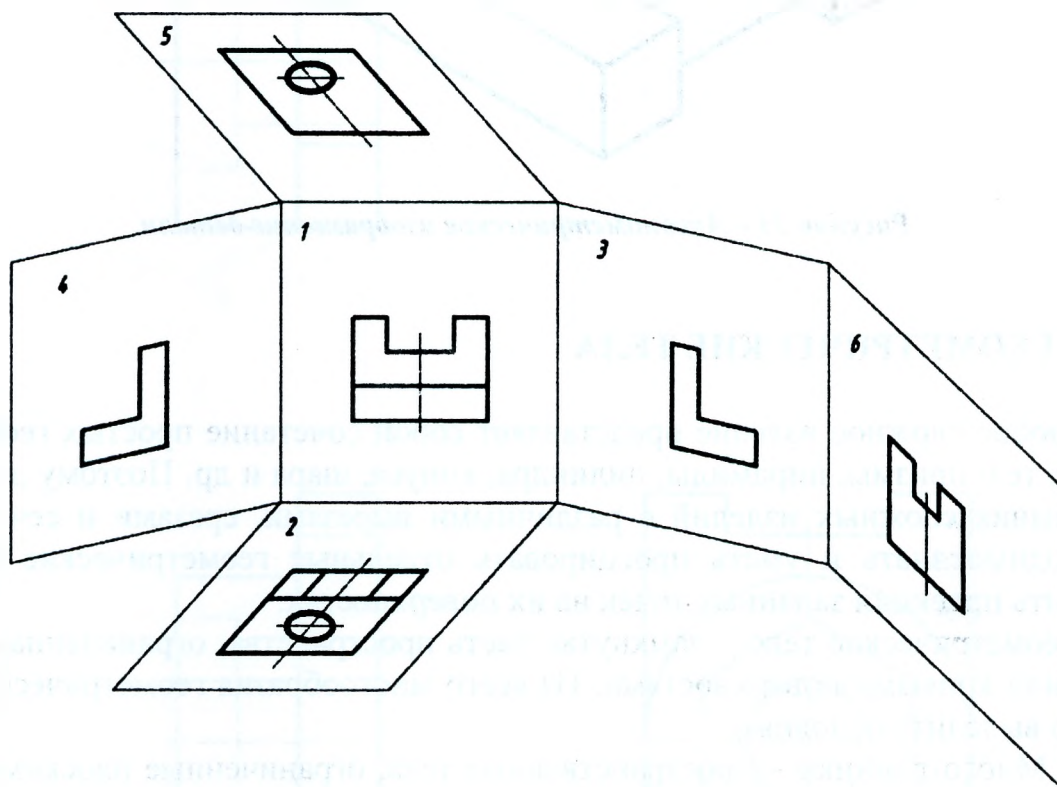


*Рисунок 31 – Проекция предмета на грани куба*

Согласно ГОСТ 2.305-68 «Изображения – виды, разрезы, сечения» за основные плоскости проекций принимают шесть граней куба, внутри которого мысленно помещают предмет и проецируют его на внутреннюю сторону поверхности граней (рисунок 31).

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимают на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Грани куба с расположенными на них изображениями предмета совмещают в одну плоскость (рисунок 32).



*Рисунок 32 – Расположение видов*

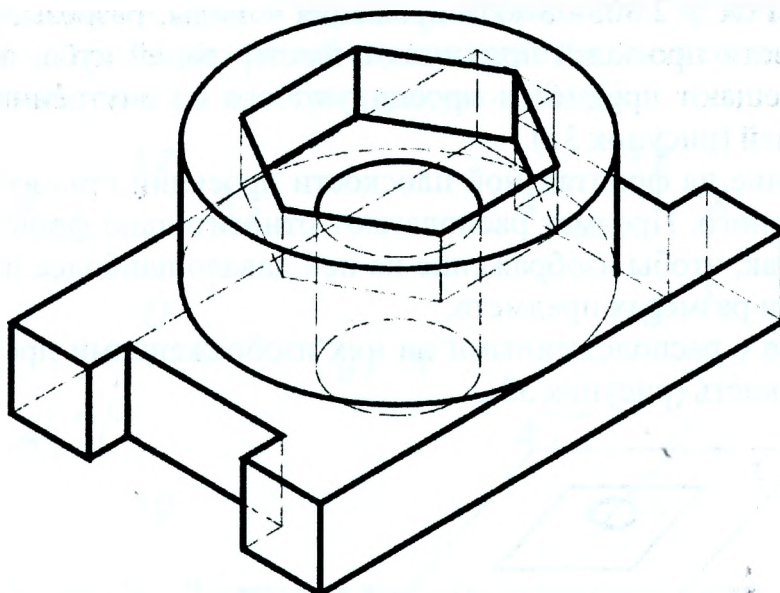
Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Виды, спроецированные на шесть основных плоскостей проекций, являются основными и имеют следующие названия: 1 – вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади [5, 7–9].

Основные виды не подписываются, если располагаются в проекционной связи между собой.

При выполнении чертежа требуется следить за компоновкой, т. е. за равномерным расположением изображений на поле чертежа. Расстояния между изображениями должны быть примерно одинаковыми. Рекомендуется строить все изображения на чертеже одновременно, вычерчивая каждый элемент предмета на всех его проекциях.

Рассмотрим пример. По наглядному изображению (рисунок 33) требуется построить три вида детали (рисунок 34).





*Рисунок 33 – Аксонометрическое изображение детали*

## 5 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА

Любое сложное изделие представляет собой сочетание простых геометрических тел: призмы, пирамиды, цилиндра, конуса, шара и др. Поэтому для проецирования сложных изделий с различными вырезами, срезами и сечениями необходимо знать и уметь проецировать отдельные геометрические тела и находить проекции заданных точек на их поверхностях.

Геометрическое тело – замкнутая часть пространства, ограниченная плоскими или кривыми поверхностями. Из всего многообразия геометрических тел можно выделить основные:

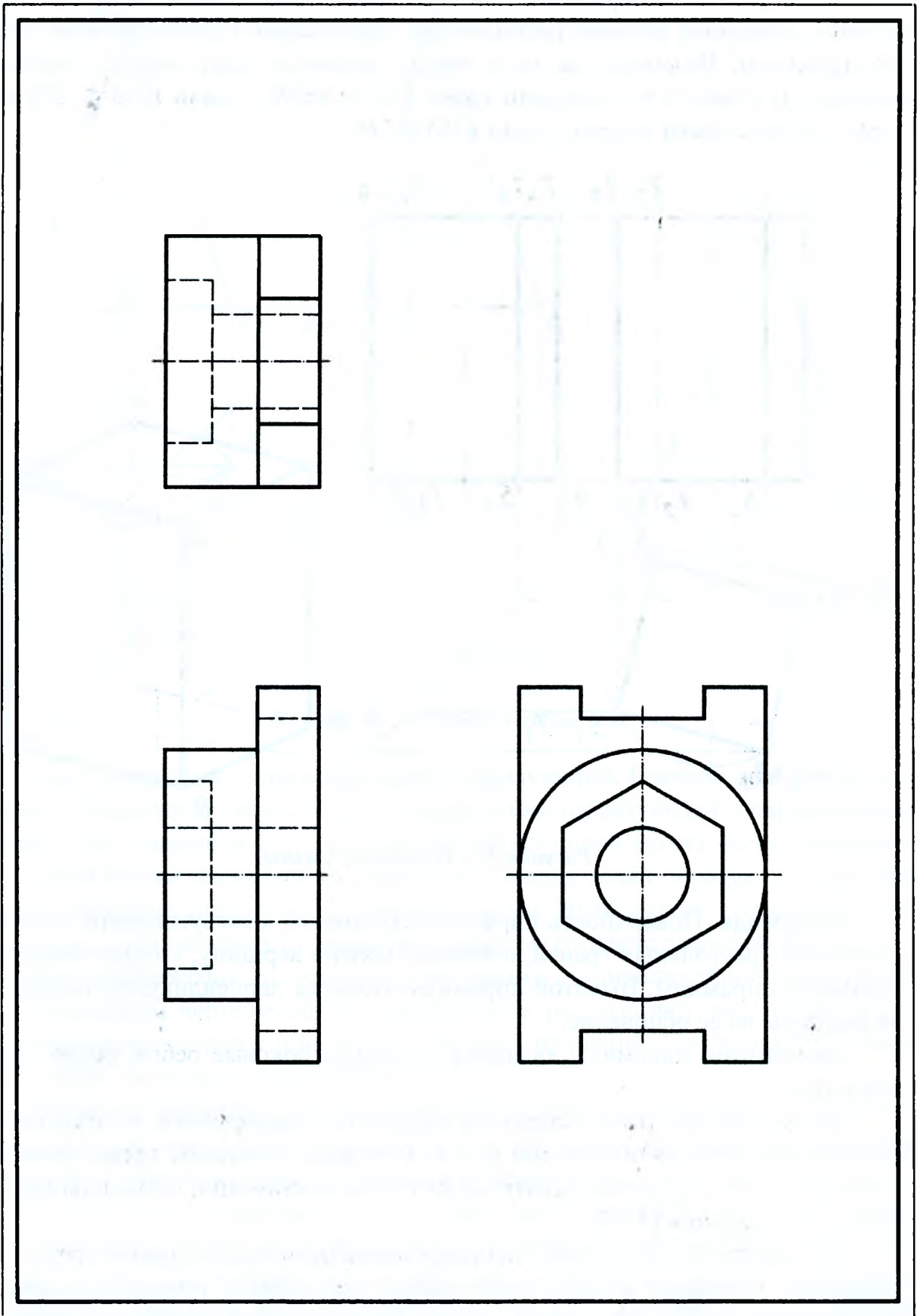
1. Многогранники – пространственные тела, ограниченные плоскими многоугольниками (многоугольники называют гранями многогранника, стороны многоугольников – ребрами многогранника, а вершины многоугольников – вершинами многогранника).

2. Тела вращения – тела, ограниченные поверхностью вращения. Поверхность вращения – поверхность, образованная вращением прямолинейной или криволинейной образующей вокруг прямой, называемой осью вращения.

**Призма.** Поверхность призмы состоит из двух равных многоугольных оснований с соответственно параллельными сторонами и боковых четырехугольных граней, представляющих собой прямоугольники (если призма прямая) или параллелограммы (если призма наклонная) [4–9].

Элементами призмы являются вершины, боковые ребра, ребра основания и грани – два основания (верхнее и нижнее) и боковые грани.

По количеству углов основания призмы подразделяют на треугольные, четырехугольные, пятиугольные и т. д. Призму называют прямой, когда ее боковые грани являются прямоугольными четырехугольниками, и правильной, если ее основания являются правильными многоугольниками.



**Рисунок 34 – Три вида детали**

На рисунке 35 изображены проекции правильной прямой четырехугольной призмы, основания которой расположены параллельно горизонтальной плоскости проекций. Видимым на виде сверху является лишь верхнее основание призмы. На главном виде видимы грани 1485 и 4378, а грани 1265 и 2376 невидимы. На виде слева видимы грани 1265 и 1485.

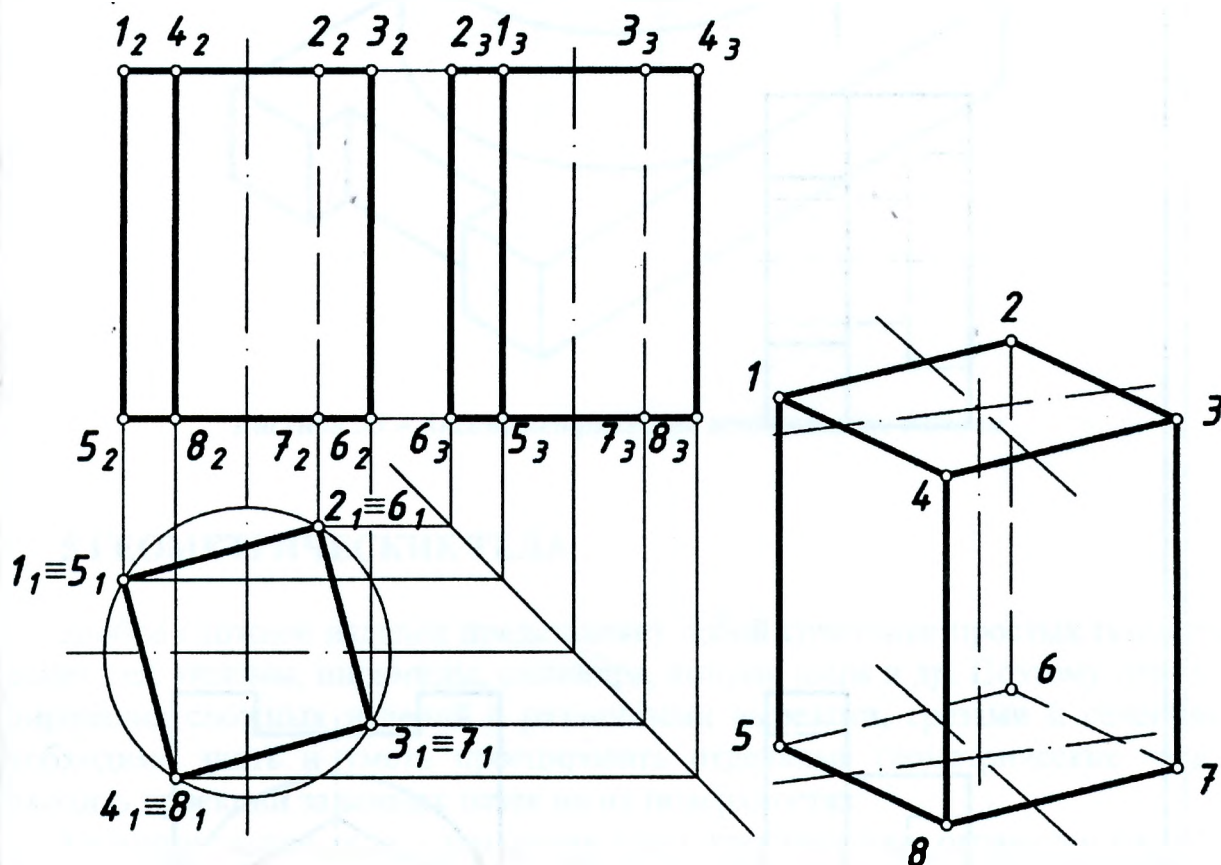


Рисунок 35 – Проекции призмы

**Пирамида.** Поверхность пирамиды состоит из многоугольного основания и боковых треугольных граней, имеющих общую вершину, которая называется вершиной пирамиды. Высотой пирамиды является перпендикуляр, опущенный из вершины на ее основание.

Элементами пирамиды являются вершины, боковые ребра, ребра основания и грани.

По количеству углов основания пирамиды подразделяют на треугольные, четырехугольные, пятиугольные и т. д. Пирамиду называют правильной, если ее вершина проецируется в центр основания и в основании пирамиды правильный многоугольник [4–9].

На рисунке 36 изображено проецирование правильной прямой треугольной пирамиды, основание которой расположено параллельно горизонтальной плоскости проекций. На виде сверху все три боковые грани пирамиды видимы. На главном виде видимы две передние грани пирамиды  $SAC$  и  $SCB$ , а грань  $SAB$  невидима. На виде слева видима лишь грань  $SAC$ , а грани  $SAB$  и  $SCB$  невидимы.



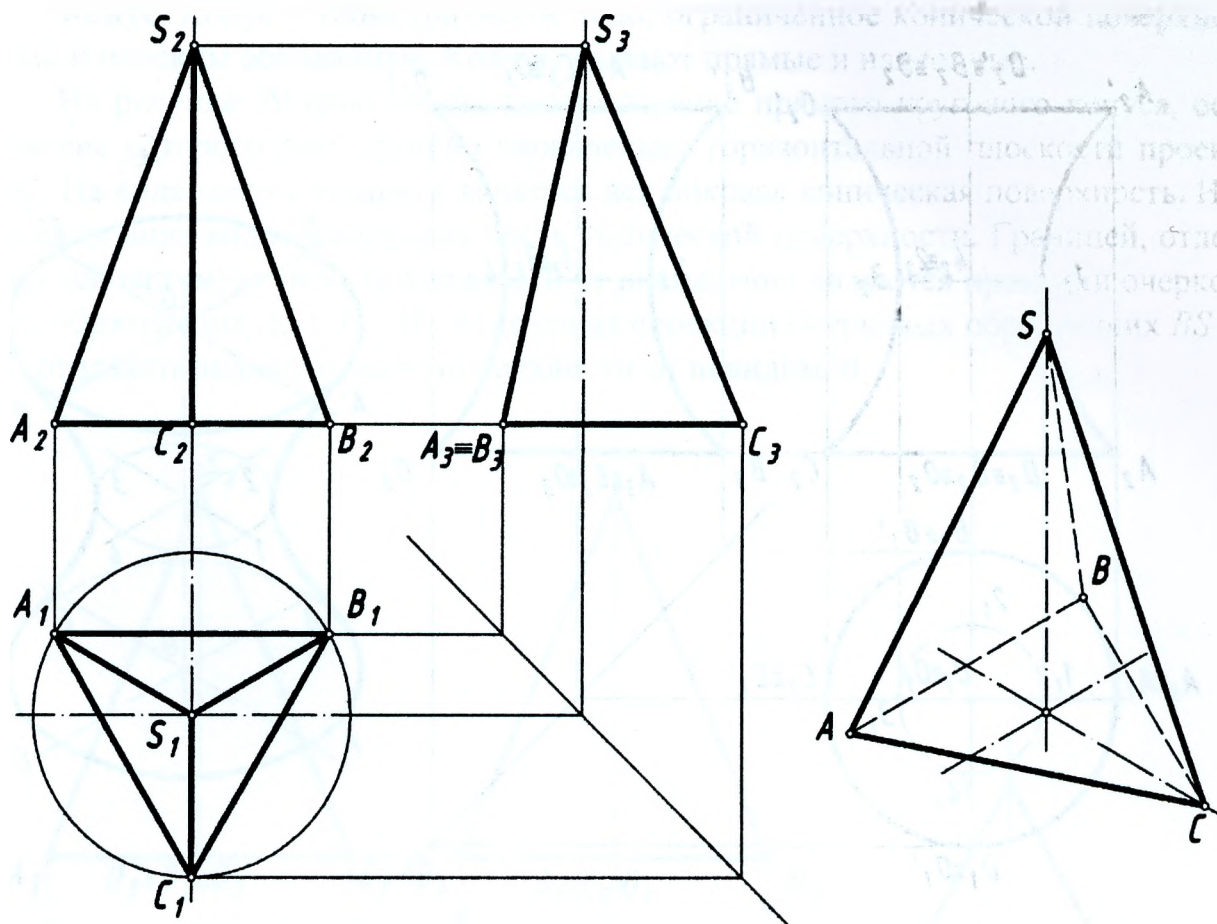


Рисунок 36 – Проекции пирамиды

**Тело вращения с криволинейной образующей.** Боковая поверхность таких тел образована при вращении кривой линии (образующей) вокруг оси вращения. Тело вращения с криволинейной образующей может быть ограничено двумя или одним плоскими основаниями. Каждая точка образующей при вращении описывает окружность с центром на оси. Наибольшая и наименьшая такие окружности называются экватором и горлом соответственно [4–9].

При изображении поверхностей вращения с криволинейной образующей на комплексном чертеже обычно поверхность располагают так, чтобы ее ось была перпендикулярна к одной из плоскостей проекций. На рисунке 37 приведен пример одной из таких поверхностей.

**Цилиндр.** Цилиндр – это геометрическое тело, ограниченное цилиндрической поверхностью и двумя основаниями. Элементами цилиндра являются два основания (верхнее и нижнее) и боковые поверхность.

На рисунке 38 изображено проецирование прямого кругового цилиндра, основания которого расположены параллельно горизонтальной плоскости проекций. На главном виде видима передняя часть цилиндрической поверхности. Границей, отделяющей видимую часть поверхности от невидимой, являются проекции очерковых образующих  $AE$  и  $CG$ . На виде слева проекции очерковых образующих  $BF$  и  $DH$  отделяют видимую часть поверхности от невидимой.

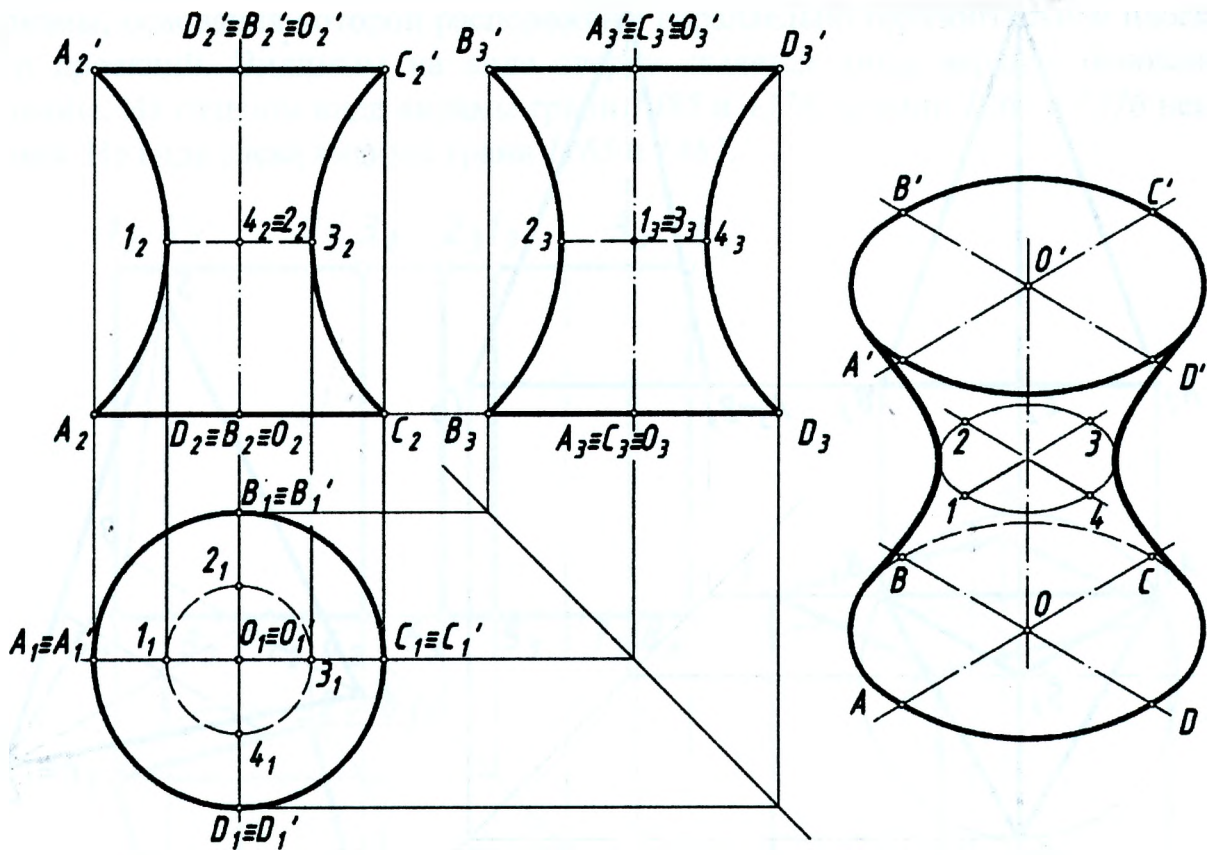


Рисунок 37 – Проекции поверхности вращения с криволинейной образующей

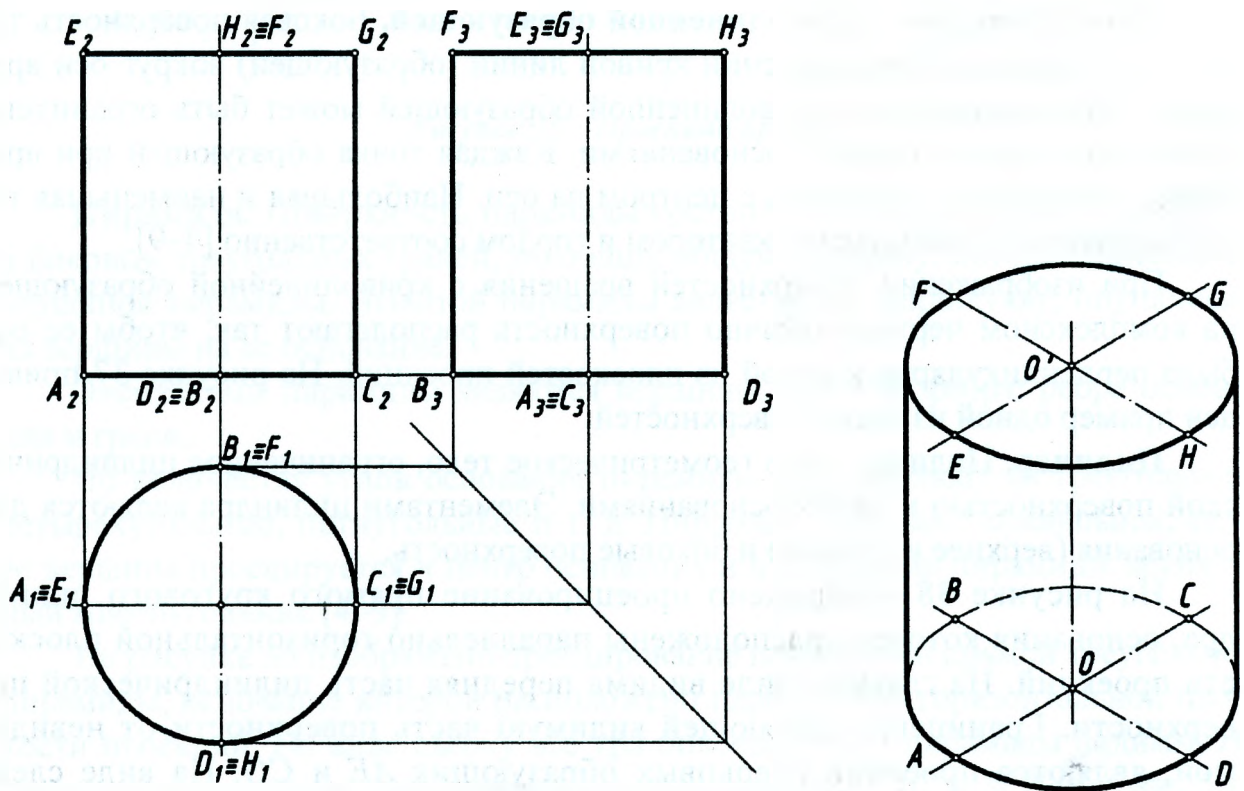


Рисунок 38 – Проекции прямого кругового цилиндра



**Конус.** Конус – геометрическое тело, ограниченное конической поверхностью и плоским основанием. Конусы бывают прямые и наклонные.

На рисунке 39 изображено проецирование прямого кругового конуса, основание которого расположено параллельно горизонтальной плоскости проекций. На виде сверху видимой является вся боковая коническая поверхность. На главном виде видима передняя часть конической поверхности. Границей, отделяющей видимую часть поверхности от невидимой, являются проекции очерковых образующих  $AS$  и  $CS$ . На виде слева проекции очерковых образующих  $BS$  и  $DS$  отделяют видимую часть поверхности от невидимой.

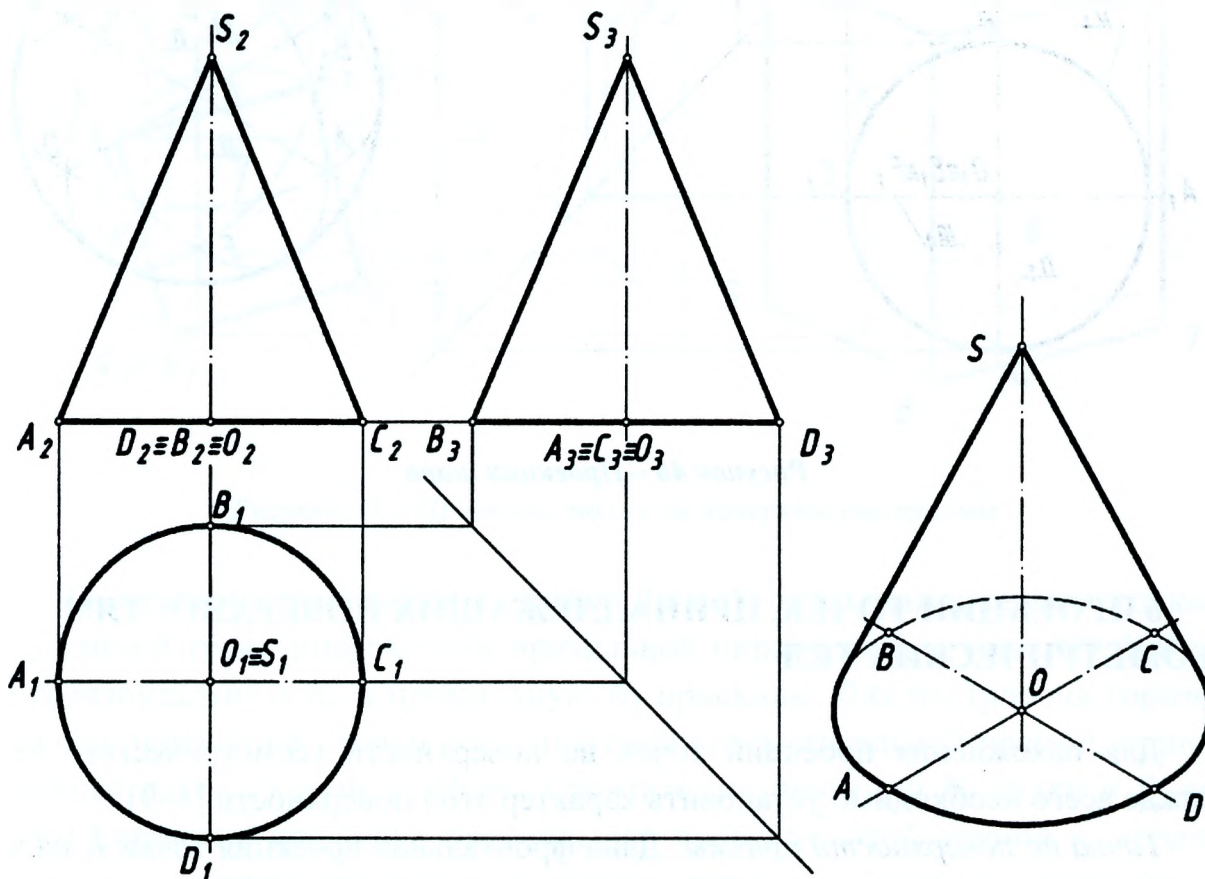


Рисунок 39 – Проекции прямого кругового конуса

**Шар.** Шар – тело, ограниченное сферической поверхностью, все точки которой равноудалены от центра. Любая прямая, проходящая через центр шара, является осью симметрии, а любая плоскость – плоскостью симметрии.

Шар на все три плоскости проецируется в виде окружности. Для характеристики шара на ее поверхности выделены три окружности: экватор ( $p$ ), главный или фронтальный меридиан ( $m$ ) и профильный меридиан ( $n$ ). На рисунке 40 показаны проекции этих трех главных линий. На виде сверху экватор делит поверхность шара на видимую и невидимую части. Все точки, лежащие выше экватора, будут видимы на виде сверху. Границей видимости на главном виде является фронтальный меридиан, а на виде слева – профильный меридиан [4–9].



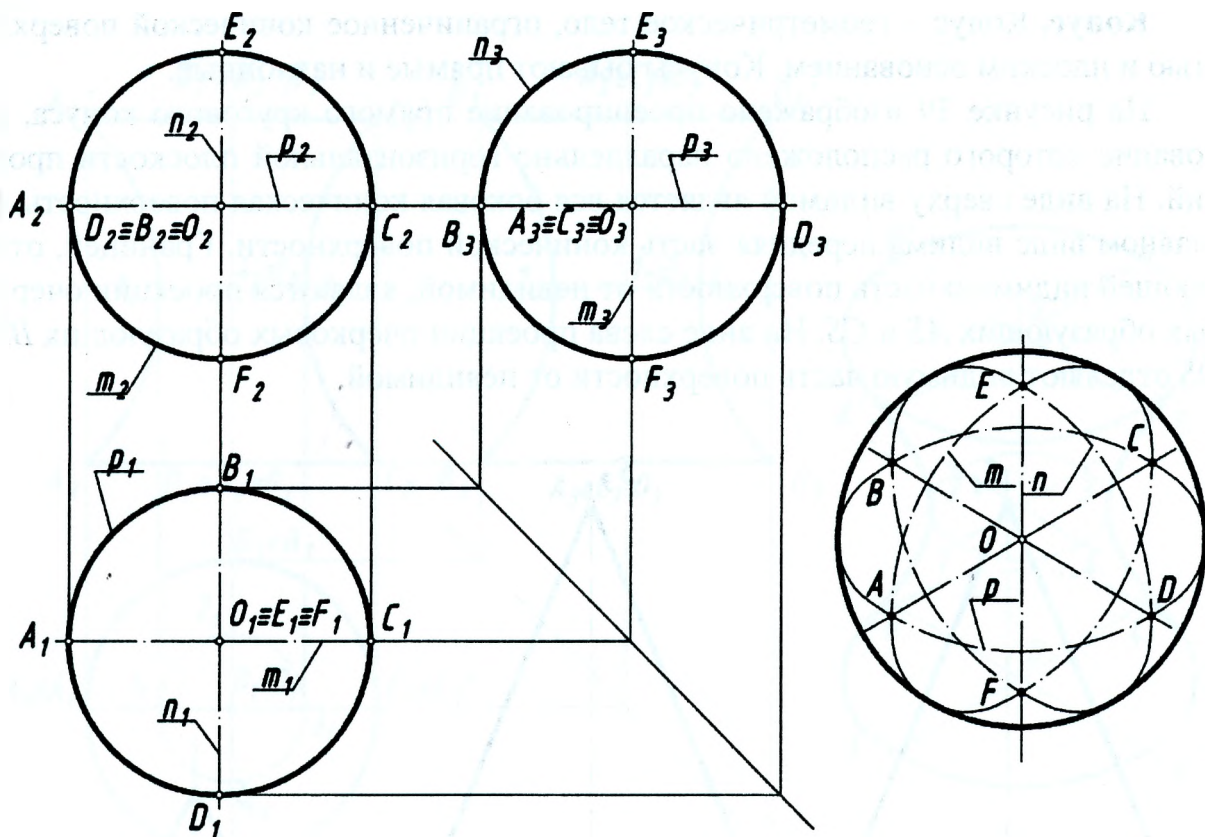


Рисунок 40 – Проекции шара

## 6 ПРОЕКЦИИ ТОЧЕК, ПРИНАДЛЕЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТЯМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Для нахождения проекций точек на поверхности геометрического тела прежде всего необходимо установить характер этой поверхности [4–9].

*Точка на поверхности призмы.* Дана фронтальная проекция точки  $K$  на видимой грани поверхности прямой призмы (рисунок 41). Найдем ее горизонтальную  $K_1$  и профильную  $K_3$  проекции. Так как точка  $K$  принадлежит грани  $1485$ , значит ее горизонтальная проекция  $K_1$  принадлежит одноименной проекции грани призмы  $1_14_18_15_1$ . Профильная проекция  $K_3$  точки лежит на пересечении двух линий связи: первую проводим горизонтально из заданной проекции  $K_2$  точки, а вторую линию связи проводим из полученной ранее горизонтальной проекции  $K_1$  точки через постоянную линию чертежа.

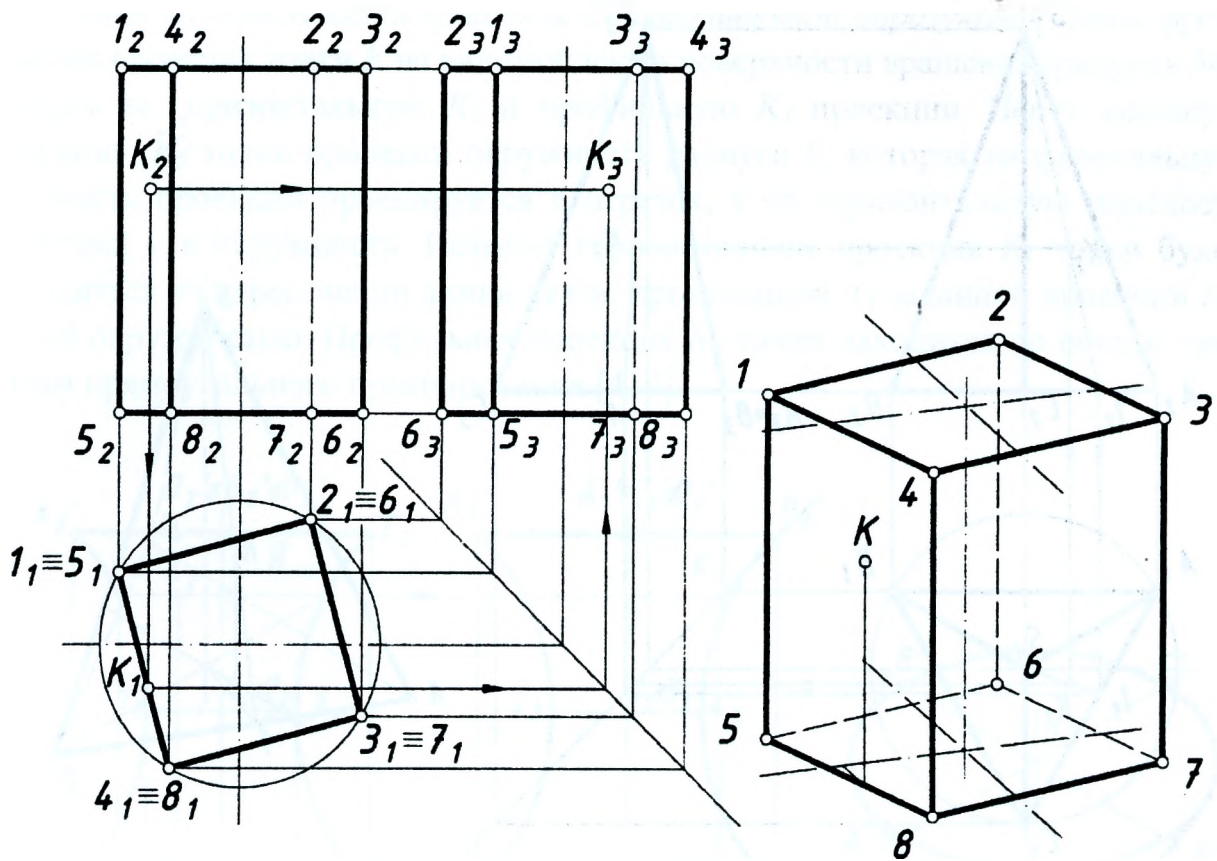
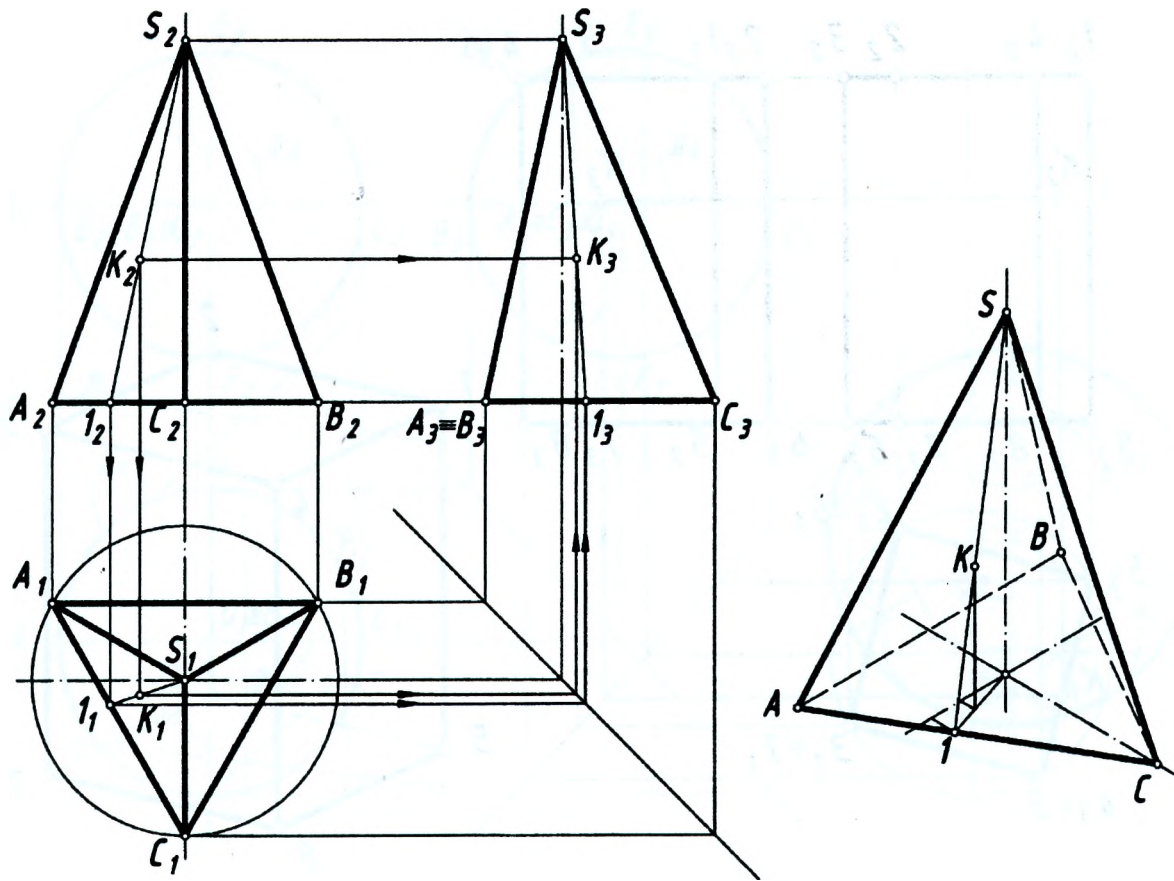


Рисунок 41 – Проекции точки на поверхности призмы

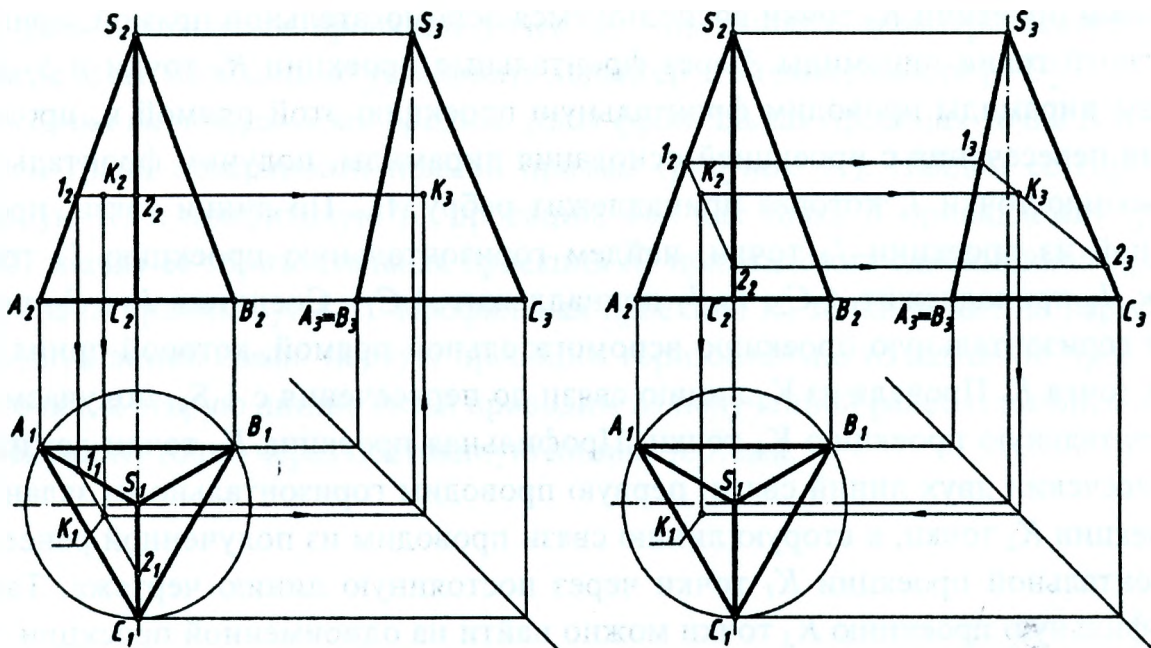
Точка на поверхности пирамиды. Дана фронтальная проекция точки  $K$  на видимой грани поверхности правильной пирамиды (рисунок 42). Найдем ее горизонтальную  $K_1$  и профильную  $K_3$  проекции. Для построения горизонтальной проекции  $K_1$  точки воспользуемся вспомогательной прямой, принадлежащей грани пирамиды. Через фронтальные проекции  $K_2$  точки и  $S_2$  вершины пирамиды проводим фронтальную проекцию этой прямой и, продлив ее до пересечения с проекцией основания пирамиды, получим фронтальную проекцию точки  $1$ , которая принадлежит ребру  $AC$ . По линии связи, проведенной из проекции  $1_2$  точки, найдем горизонтальную проекцию  $1_1$  точки (т. к.  $1_2$  принадлежит  $A_2C_2$ , то  $1_1$  принадлежит  $A_1C_1$ ). Соединив  $1_1$  с  $S_1$ , получим горизонтальную проекцию вспомогательной прямой, которой принадлежит точка  $K$ . Проведя из  $K_2$  линию связи до пересечения с  $1_1S_1$ , получаем горизонтальную проекцию  $K_1$  точки. Профильная проекция  $K_3$  точки лежит на пересечении двух линий связи: первую проводим горизонтально из заданной проекции  $K_2$  точки, а вторую линию связи проводим из полученной ранее горизонтальной проекции  $K_1$  точки через постоянную линию чертежа. Также профильную проекцию  $K_3$  точки можно найти на одноименной проекции  $1_3S_3$  вспомогательной прямой [4–9].





**Рисунок 42 – Проекции точки на поверхности пирамиды**

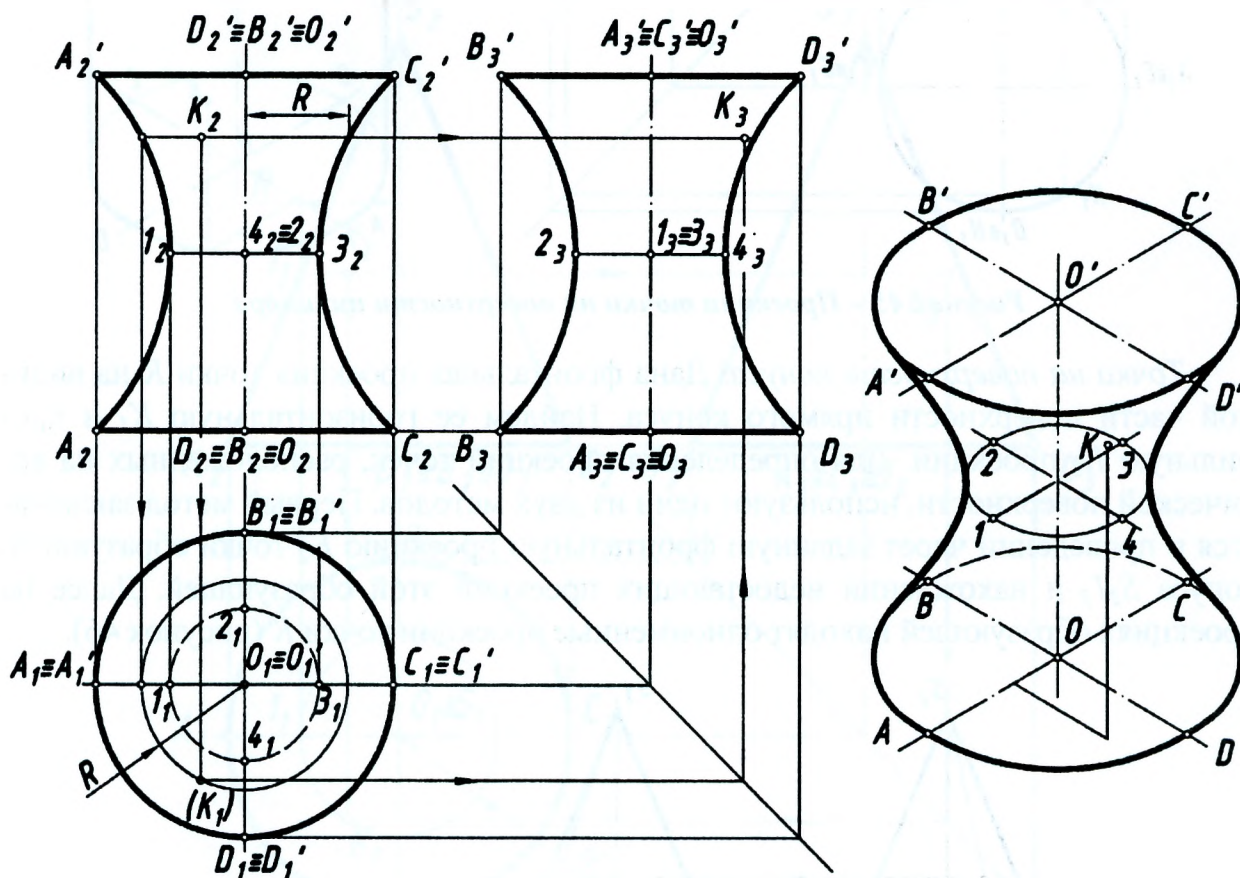
Для построения проекций точки на поверхности пирамиды можно пользоваться любой прямой, принадлежащей грани пирамиды (рисунок 43). От расположения вспомогательной прямой будет зависеть дальнейший алгоритм нахождения проекций точки  $K$ .



**Рисунок 43 – Нахождение проекций точки на поверхности пирамиды**



*Точка на поверхности вращения с криволинейной образующей.* Дана фронтальная проекция точки  $K$  на видимой части поверхности вращения (рисунок 44). Найдем ее горизонтальную  $K_1$  и профильную  $K_3$  проекции. Через заданную проекцию  $K_2$  точки проведем окружность радиуса  $R$ , которая на фронтальную плоскость проекций проецируется в отрезок, а на горизонтальную плоскость проекций – в окружность. Искомая горизонтальная проекция  $K_1$  точки будет находиться на пересечении линии связи, проведенной из заданной проекции  $K_2$ , с этой окружностью. Профильная проекция  $K_3$  точки находится по общим правилам прямоугольного проецирования [4–9].



**Рисунок 44 – Точка на поверхности вращения с криволинейной образующей**

*Точка на поверхности цилиндра.* Дана фронтальная проекция точки  $K$  на видимой части поверхности прямого цилиндра (рисунок 45). Найдем ее горизонтальную  $K_1$  и профильную  $K_3$  проекции. Боковая поверхность цилиндра проецируется на горизонтальную плоскость проекций в окружность. Заданная точка  $K$  принадлежит боковой поверхности цилиндра, а значит на горизонтальной проекции лежит на этой окружности. Профильная проекция  $K_3$  точки лежит на пересечении двух линий связи: первую проводим горизонтально из заданной проекции  $K_2$  точки, а вторую линию связи проводим из полученной ранее горизонтальной проекции  $K_1$  точки через постоянную линию чертежа [4–9].

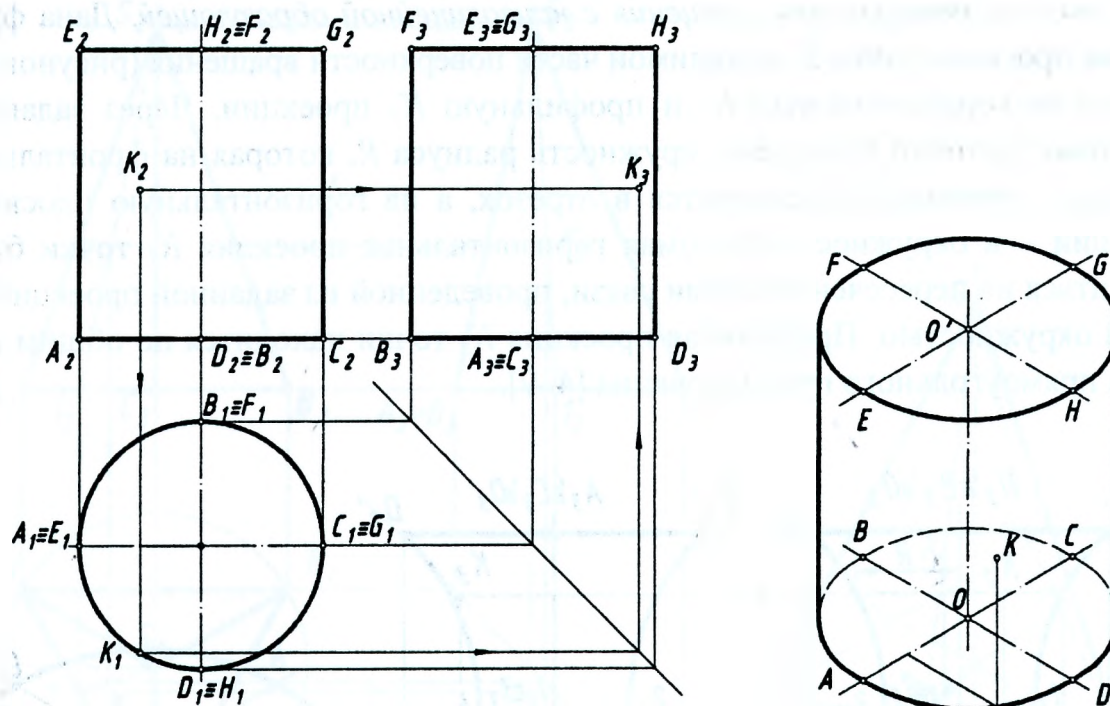


Рисунок 45 – Проекции точки на поверхности цилиндра

Точка на поверхности конуса. Дана фронтальная проекция точки  $K$  на видимой части поверхности прямого конуса. Найдем ее горизонтальную  $K_1$  и профильную  $K_3$  проекции. Для определения проекций точек, расположенных на конической поверхности, используют один из двух методов. Первый метод заключается в проведении через заданную фронтальную проекцию  $K_2$  точки образующей конуса  $S_2I_2$  и нахождении недостающих проекций этой образующей. Далее на проекциях образующей находят одноименные проекции точки  $K$  (рисунок 46).

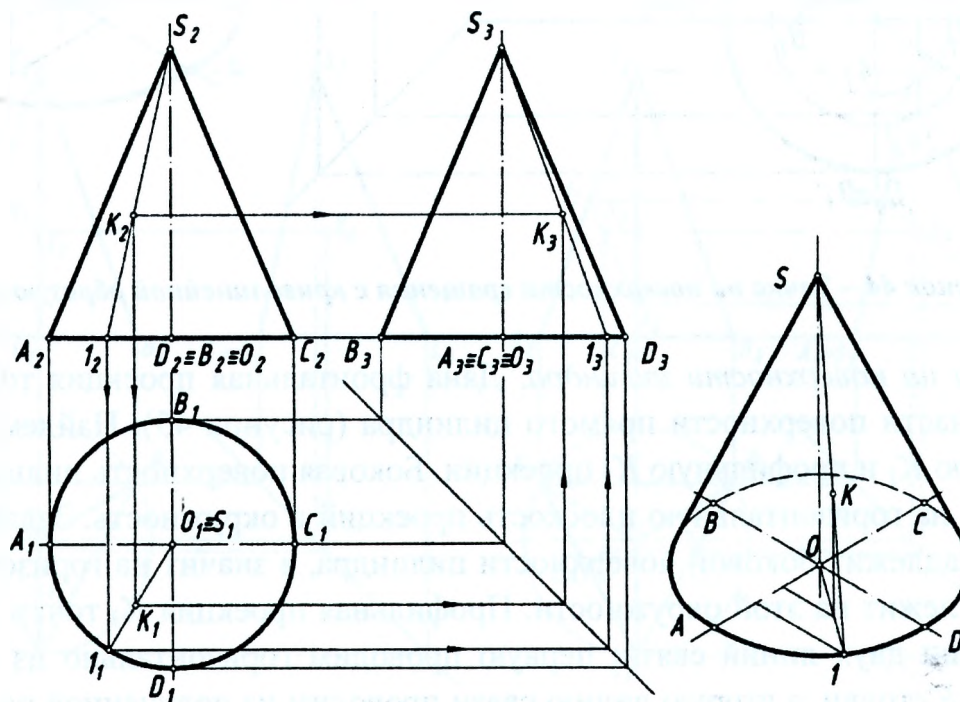


Рисунок 46 – Проекции точки на поверхности конуса



Второй метод (рисунок 47) основан на том, что каждая точка образующей при образовании конической поверхности описывает окружность в плоскости, перпендикулярной к оси конуса. Через фронтальную проекцию  $K_2$  точки проводим окружность радиуса  $R$ , которая на фронтальную плоскость проекций проецируется в отрезок, а на горизонтальную плоскость проекций – в окружность. На горизонтальной проекции этой окружности и находится  $K_1$ . Профильная проекция  $K_3$  точки лежит на пересечении двух линий связи: первую проводим горизонтально из заданной проекции  $K_2$  точки, а вторую линию связи проводим из полученной ранее горизонтальной проекции  $K_1$  точки через постоянную линию чертежа [4–9].

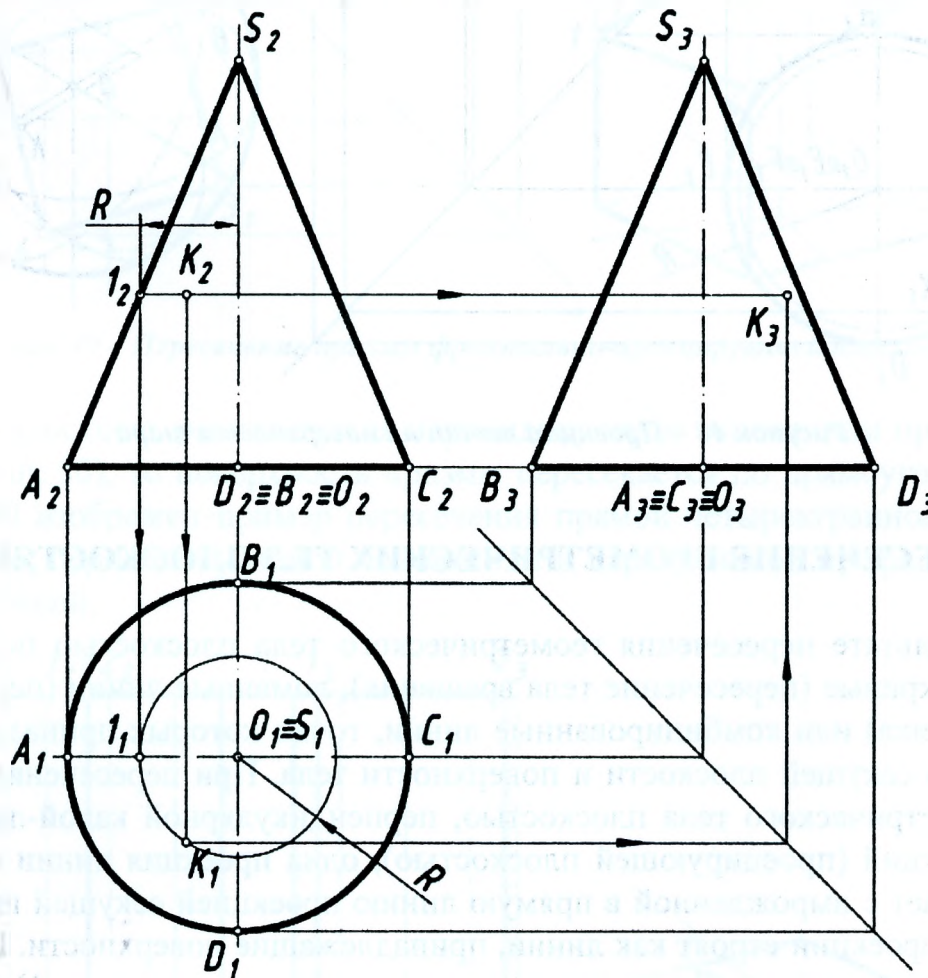


Рисунок 47 – Проекции точки на поверхности конуса

**Точка на поверхности шара.** Дана фронтальная проекция точки  $K$  на видимой части поверхности шара (рисунок 48). Найдем ее горизонтальную  $K_1$  и профильную  $K_3$  проекции. Через заданную проекцию  $K_2$  точки проведем окружность радиуса  $R$ , которая на фронтальную плоскость проекций проецируется в отрезок, а на горизонтальную плоскость проекций – в окружность. Искомая горизонтальная проекция  $K_1$  точки будет находиться на пересечении линии связи, проведенной из заданной проекции  $K_2$ , с этой окружностью. Профильная проекция  $K_3$  точки находится по общим правилам прямоугольного проецирования, но можно построить таким же методом, как и горизонтальную [4–9].



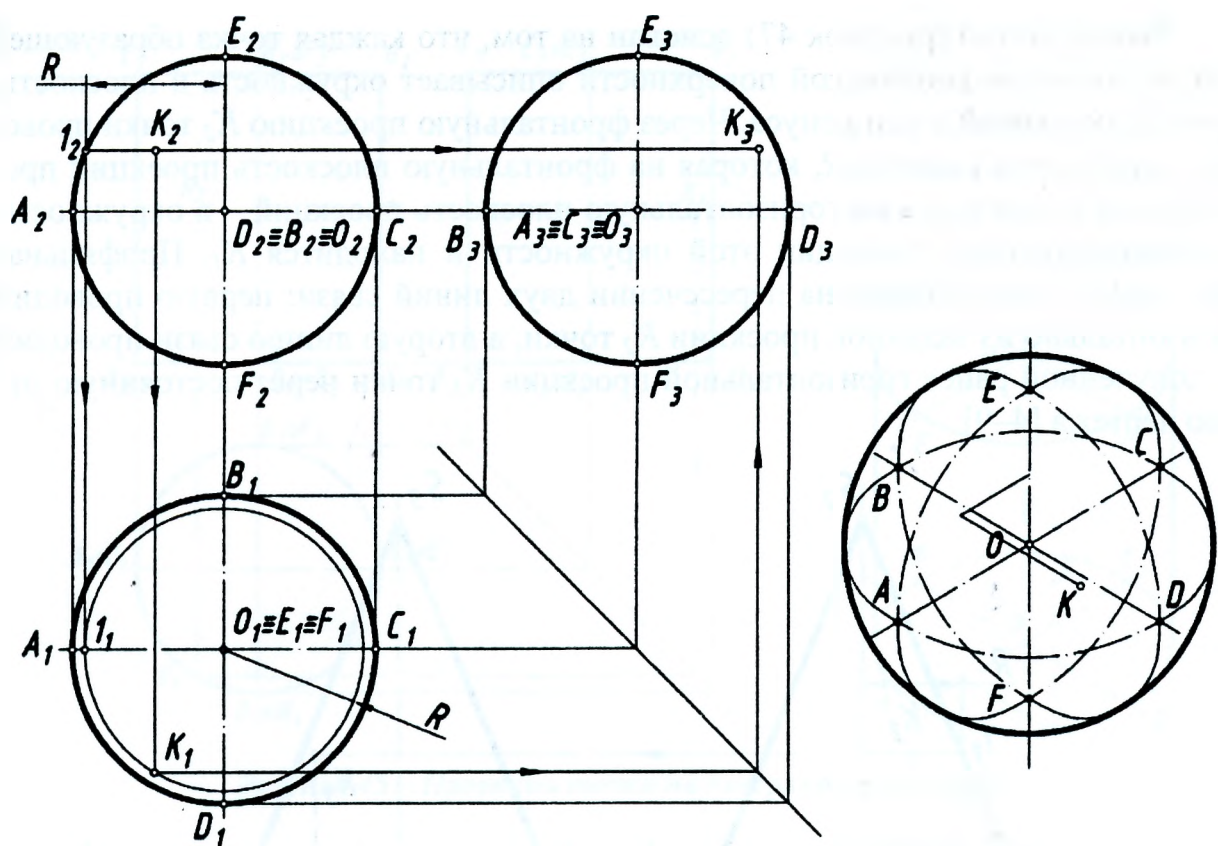
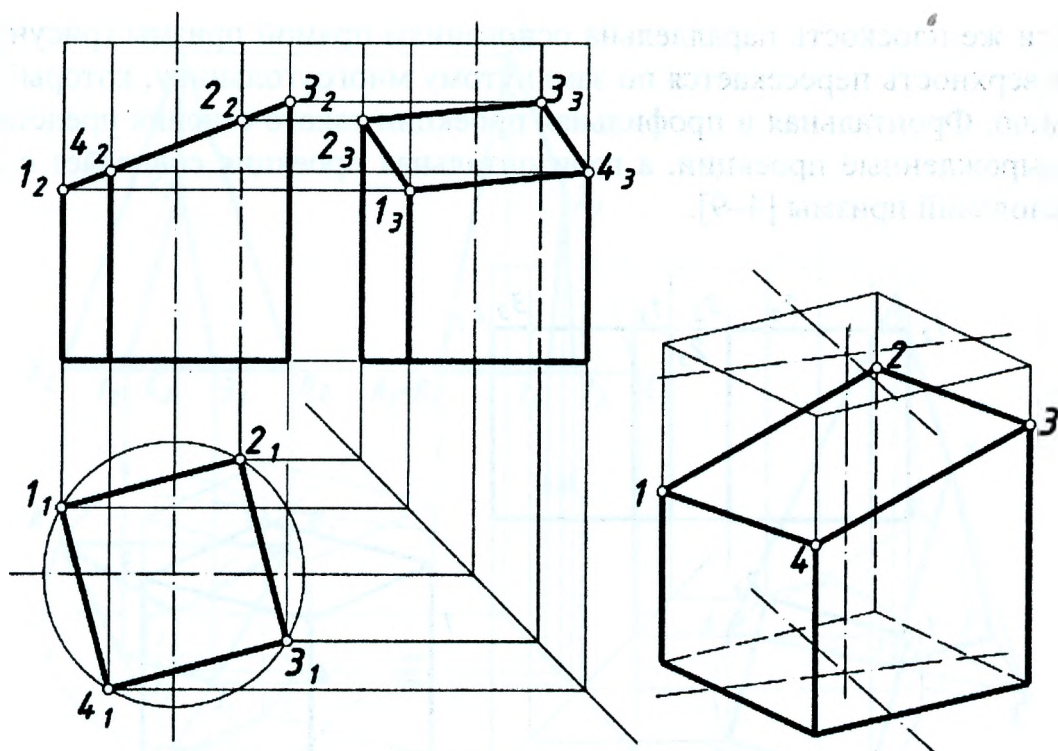


Рисунок 48 – Проекции точки на поверхности шара

## 7 ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ

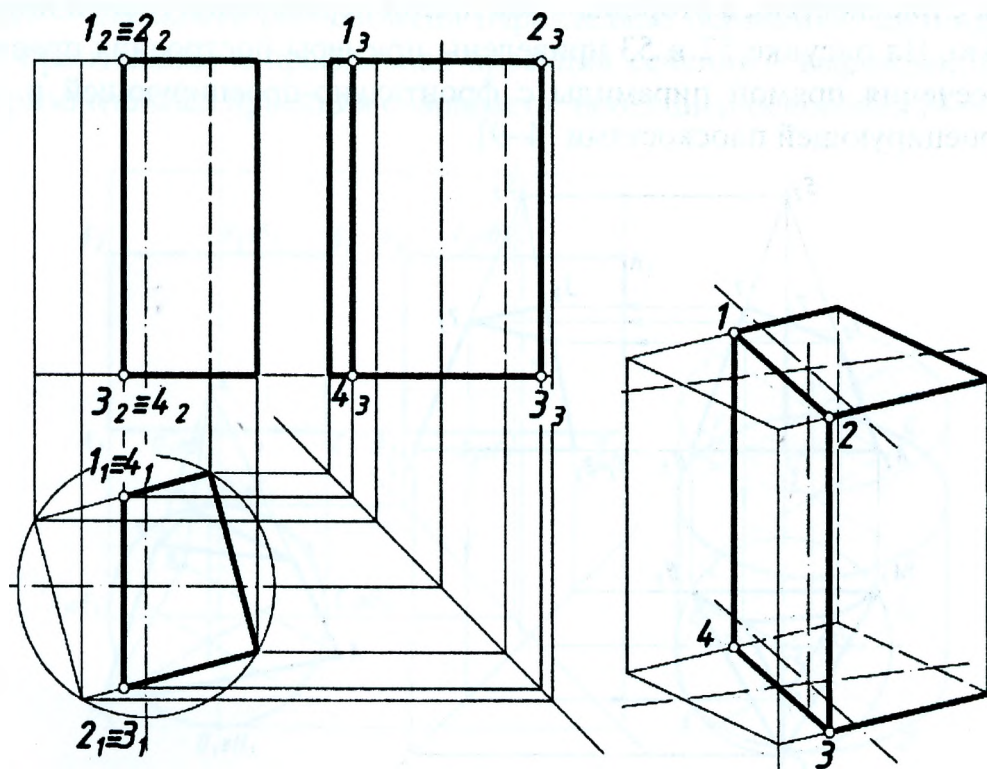
В результате пересечения геометрического тела плоскостью получаются замкнутые кривые (пересечение тела вращения), ломанные линии (пересечение многогранника) или комбинированные линии, точки которых принадлежат одновременно секущей плоскости и поверхности тела. При пересечении поверхности геометрического тела плоскостью, перпендикулярной какой-либо плоскости проекций (проецирующей плоскостью), одна проекция линии пересечения совпадает с вырожденной в прямую линию проекцией секущей плоскости, остальные проекции строят как линии, принадлежащие поверхности. Проекции линии пересечения строят по точкам, которые делят на два типа: 1) характерные (опорные); 2) произвольные (промежуточные). К характерным точкам относятся наивысшая и наини́зшая точки, точки смены видимости и точки, расположенные на очерковых образующих. Проекции этих точек строят как проекции точек, принадлежащих поверхностям геометрических тел.

**Пересечение призмы плоскостями.** При пересечении поверхности призмы плоскостью получается плоская ломанная замкнутая линия. В случаях, когда плоскость не пересекает основания призмы (рисунок 49), число изломов этой линии соответствует числу боковых граней призмы. На рисунке 49 изображен пример пересечения прямой четырехгранной призмы с фронтально-проецирующей плоскостью [4–9].



**Рисунок 49 – Пересечение призмы фронтально-проецирующей плоскостью**

Если плоскость располагается перпендикулярно основаниям прямой призмы (рисунок 50), то поверхность призмы пересекается по прямоугольнику. На рисунке 50 изображен пример пересечения прямой четырехгранной призмы с плоскостью, перпендикулярной основаниям и параллельной профильной плоскости проекций.



**Рисунок 50 – Пересечение призмы с профильной плоскостью**



Если же плоскость параллельна основаниям прямой призмы (рисунок 51), то ее поверхность пересекается по замкнутому многоугольнику, который равен основанию. Фронтальная и профильная проекции такого сечения представляют собой вырожденные проекции, а горизонтальная проекция совпадает с проекцией оснований призмы [4–9].

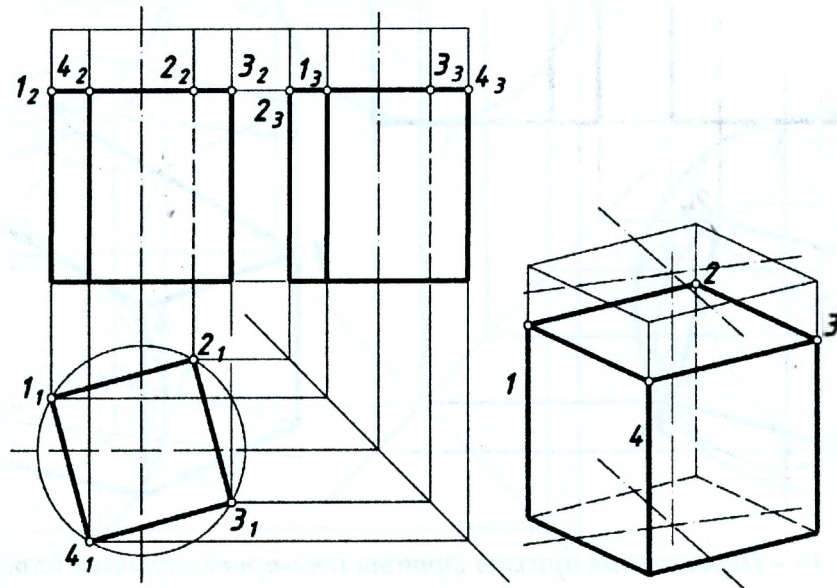


Рисунок 51 – Пересечение призмы с горизонтальной плоскостью

**Пересечение пирамиды плоскостями.** При пересечении поверхности пирамиды любой плоскостью ее поверхность пересекается по плоской ломанной замкнутой линии. Вершины этой линии строятся как точки пересечения ребер пирамиды с плоскостью, а стороны – как линии пересечения граней пирамиды с плоскостью. На рисунке 52 и 53 приведены примеры построения проекций линии пересечения прямой пирамиды с фронтально-проецирующей и горизонтально-проецирующей плоскостями [4–9].

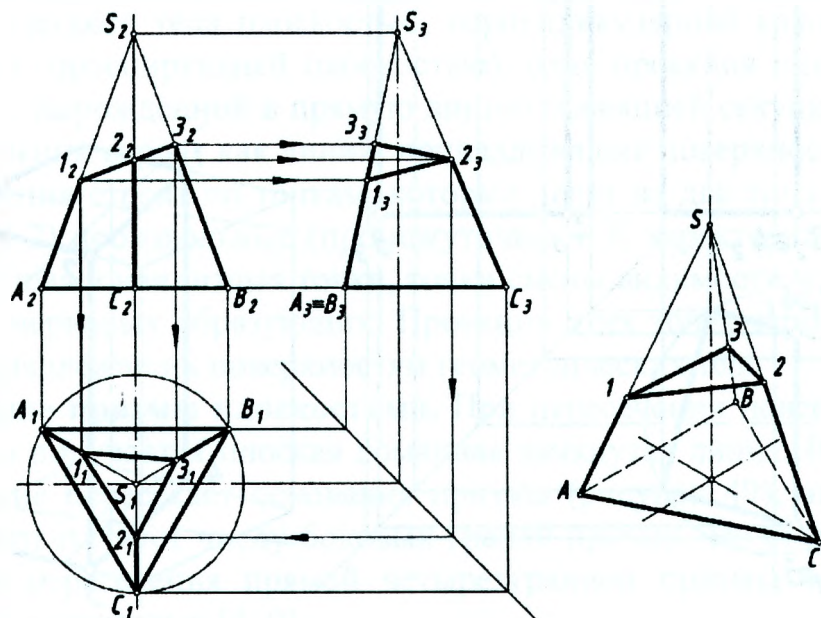


Рисунок 52 – Пересечение пирамиды с фронтально-проецирующей плоскостью



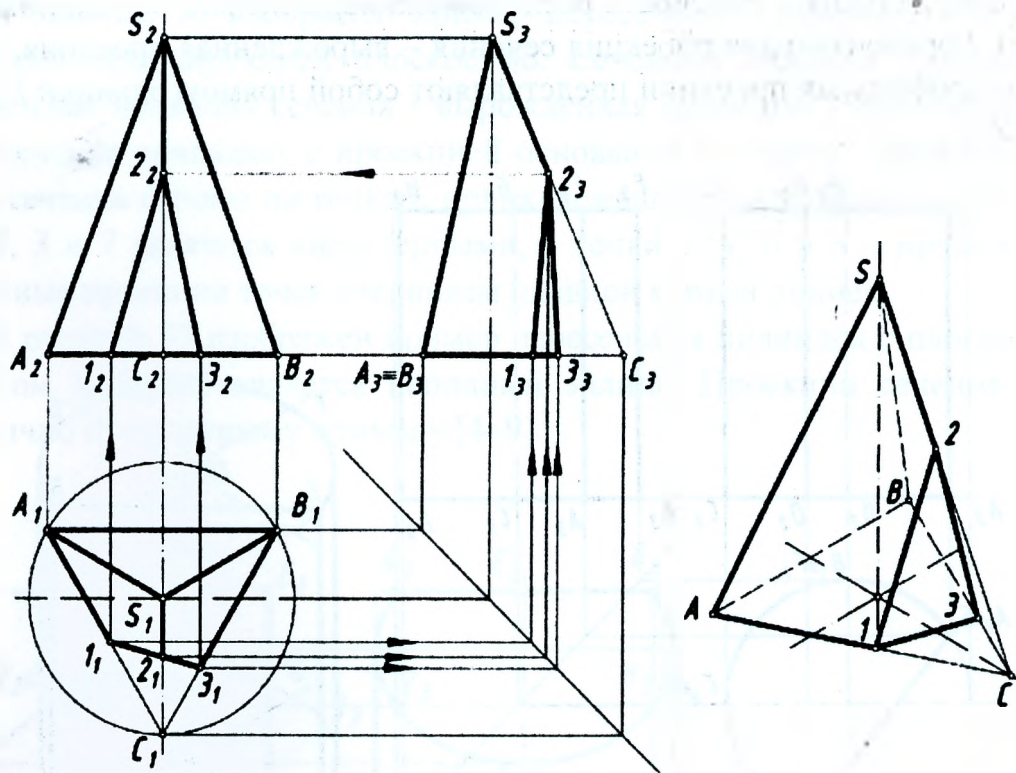


Рисунок 53 – Пересечение пирамиды с горизонтально-проецирующей плоскостью

**Пересечение цилиндра плоскостями.** При пересечении поверхности прямого кругового цилиндра плоскостью в сечении можно получить различные фигуры. В зависимости от расположения плоскости относительно поверхности цилиндра в сечении получается:

- круг – плоскость расположена параллельно основанию цилиндра (рисунок 54). Фронтальная и профильная проекции сечения – вырожденные проекции, а горизонтальная проекция совпадает с проекцией основания [4–9];

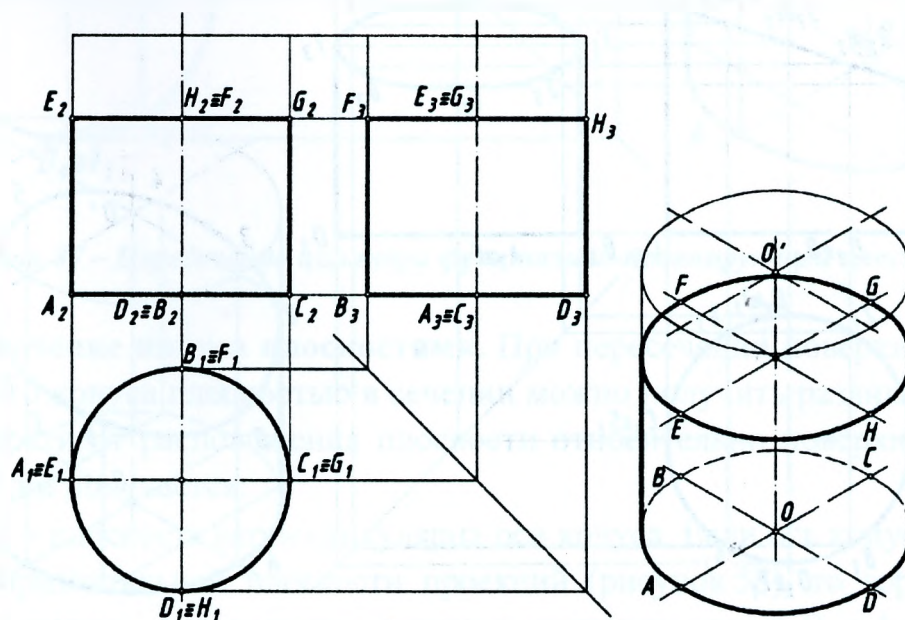


Рисунок 54 – Пересечение цилиндра с горизонтальной плоскостью

• прямоугольник – плоскость расположена параллельно оси цилиндра (рисунок 55). Горизонтальная проекция сечения – вырожденная проекция, а фронтальная и профильная проекции представляют собой прямоугольники  $E_2H_2D_2A_2$  и  $E_3H_3D_3A_3$ ;

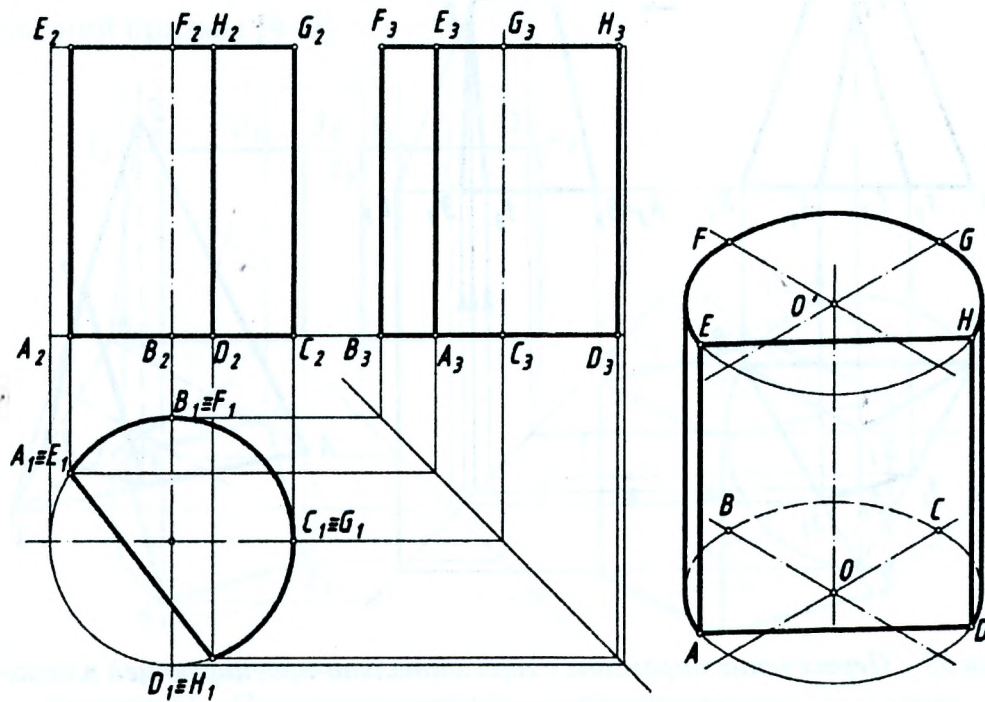


Рисунок 55 – Пересечение цилиндра горизонтально-проецирующей плоскостью

• эллипс – плоскость наклонена к оси цилиндра (рисунок 56 и 57). Эллипс может быть полный (если в пересечении участвуют все образующие цилиндра) и неполным (если плоскость пересекает одно или оба основания) [4–9].

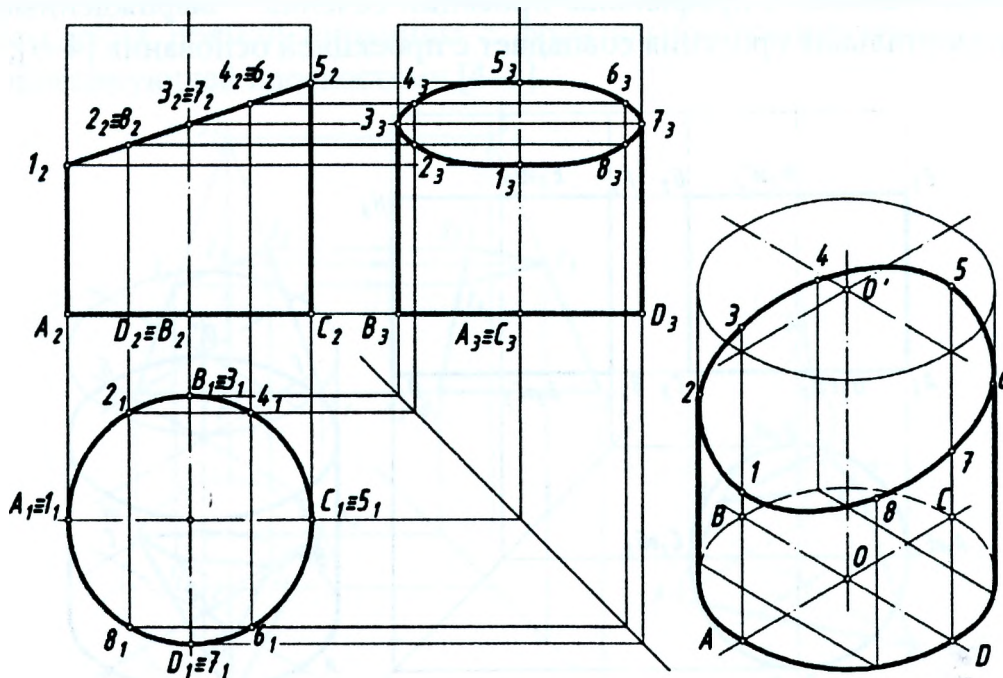


Рисунок 56 – Пересечение цилиндра фронтально-проецирующей плоскостью



На рисунке 56 изображен пример пересечения поверхности цилиндра с фронтально-проецирующей плоскостью. Сечением является полный эллипс. Фронтальная проекция сечения – вырожденная проекция. Горизонтальная проекция сечения совпадает с проекцией оснований цилиндра. Профильную проекцию сечения строим по точкам, принадлежащим поверхности цилиндра: точки 5, 1, 3 и 7 являются характерными, а точки 2, 4, 6 и 8 – промежуточные. Найденные проекции точек соединяем плавной кривой линией.

На рисунке 57 изображен пример пересечения цилиндра с плоскостью, результатом которого является неполный эллипс. Проекция сечения строятся аналогично предыдущему примеру [4–9].

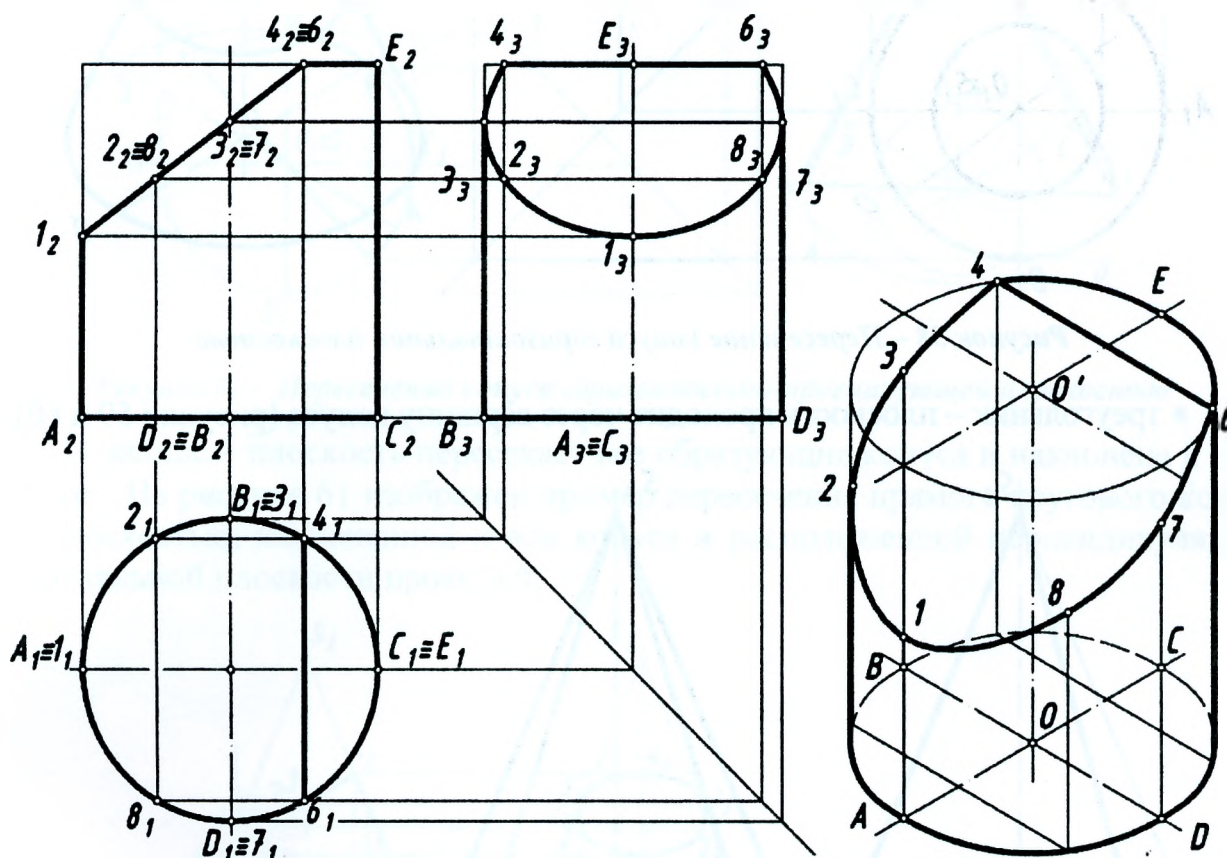


Рисунок 57 – Пересечение цилиндра фронтально-проецирующей плоскостью

**Пересечение конуса плоскостями.** При пересечении поверхности прямого кругового конуса плоскостью в сечении можно получить различные фигуры. В зависимости от расположения плоскости относительно поверхности цилиндра в сечении получается:

- круг – плоскость перпендикулярна оси конуса. Если ось конуса перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (рисунок 58), то горизонтальная проекция сечения – натуральная величина круга диаметром  $D$ , а фронтальная и профильная проекции сечения – вырожденные проекции длиной равной  $D$ ;



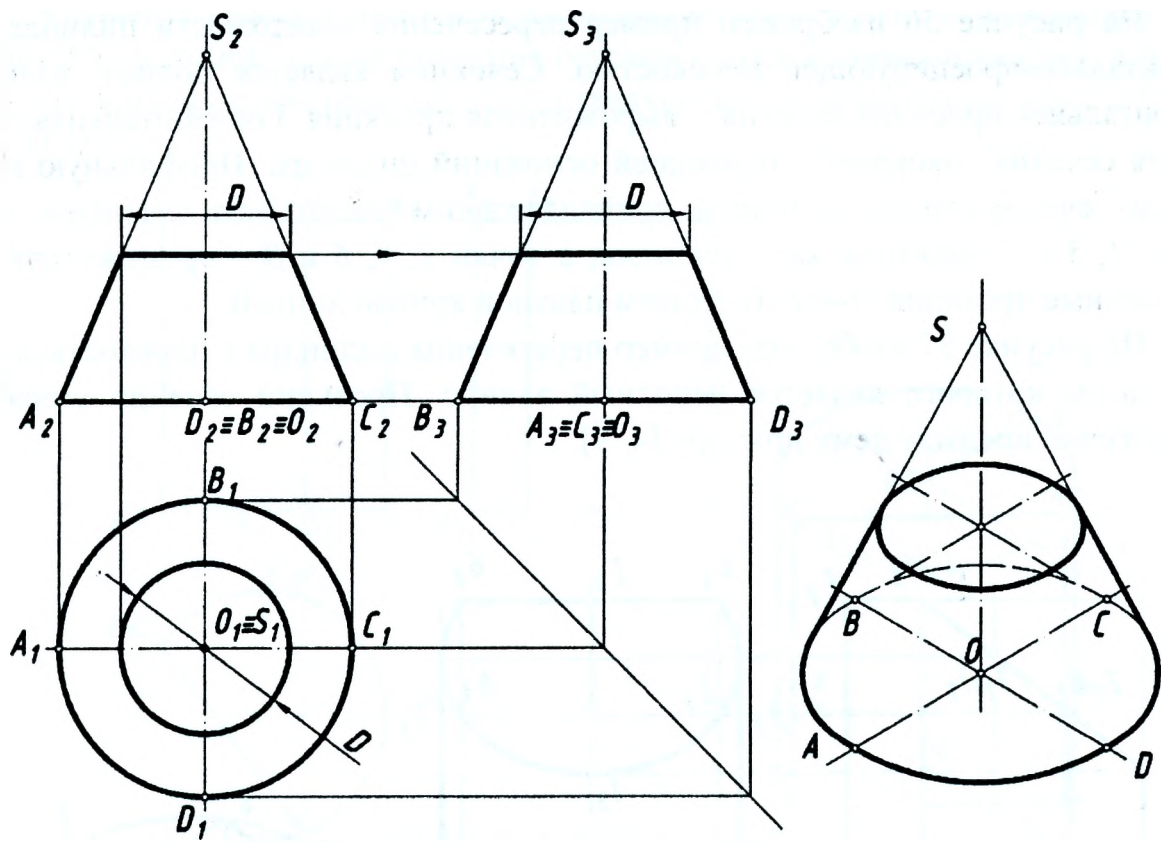


Рисунок 58 – Пересечение конуса горизонтальной плоскостью

- треугольник – плоскость проходит через вершину конуса (рисунки 59 и 60);

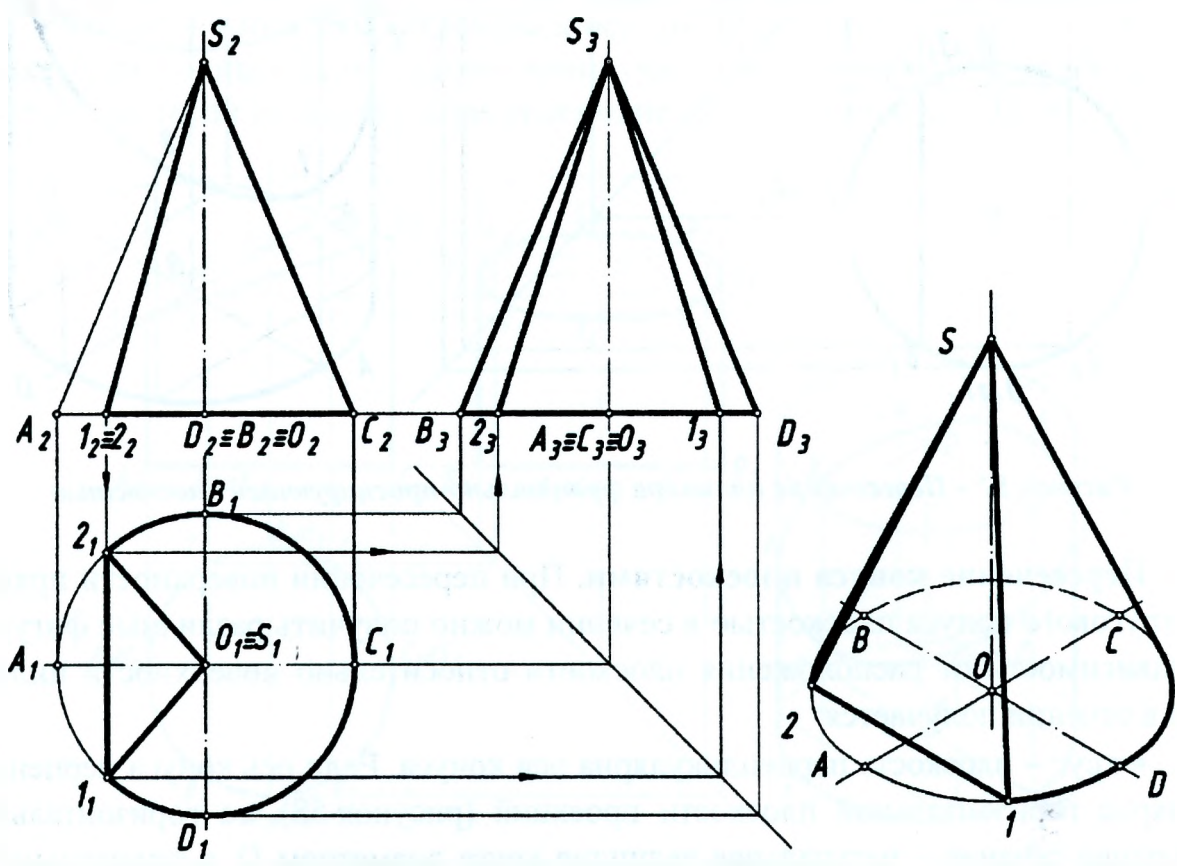


Рисунок 59 – Пересечение конуса фронтально-проецирующей плоскостью

На рисунке 59 приведен пример пересечения конуса фронтально-проецирующей плоскостью, а на рисунке 60 – горизонтально-проецирующей. В обоих случаях сечение – это треугольник  $1S2$ .

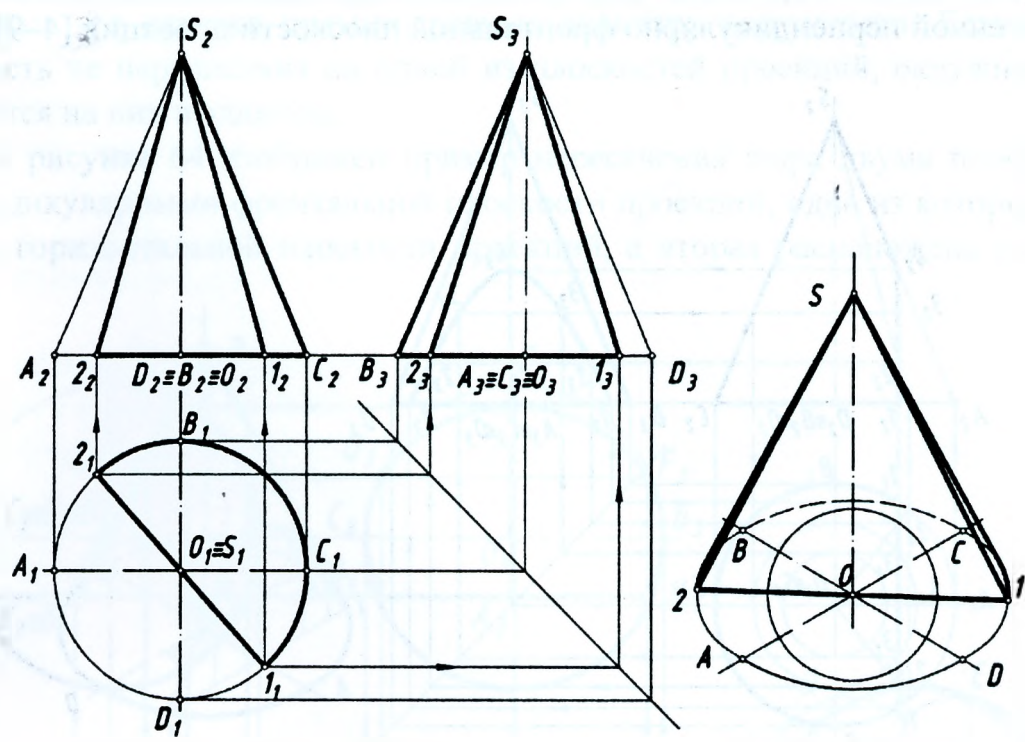


Рисунок 60 – Пересечение конуса горизонтально-проецирующей плоскостью

• эллипс – плоскость пересекает все образующие конуса и наклонена к оси конуса. На рисунке 61 изображен пример пересечения прямого кругового конуса плоскостью, наклоненной к оси конуса и расположенной перпендикулярно фронтальной плоскости проекций;

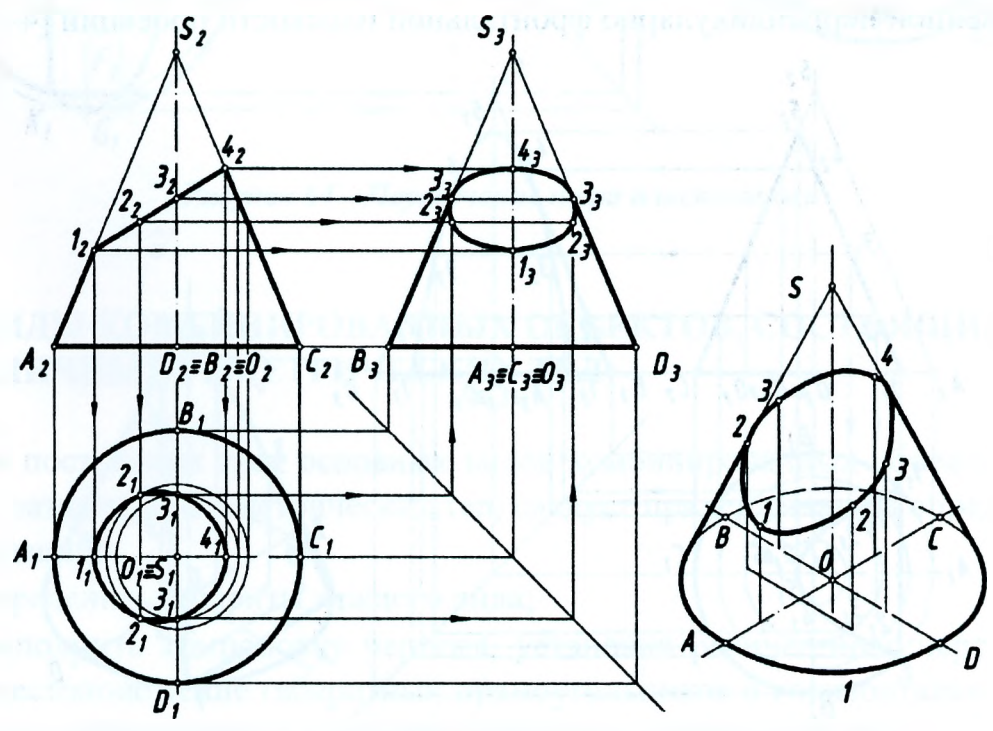
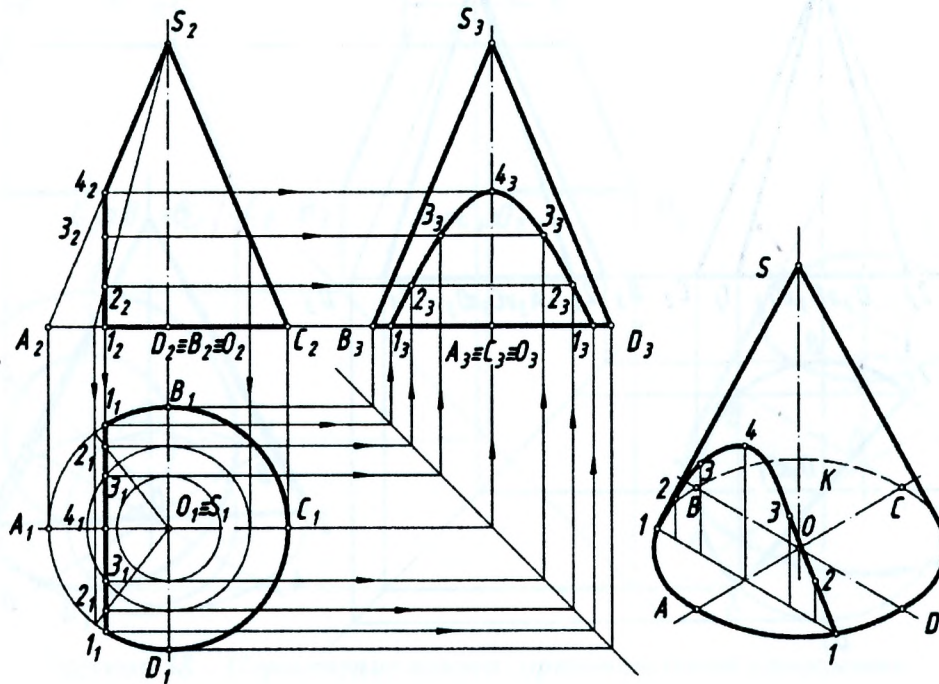


Рисунок 61 – Пересечение конуса фронтально-проецирующей плоскостью

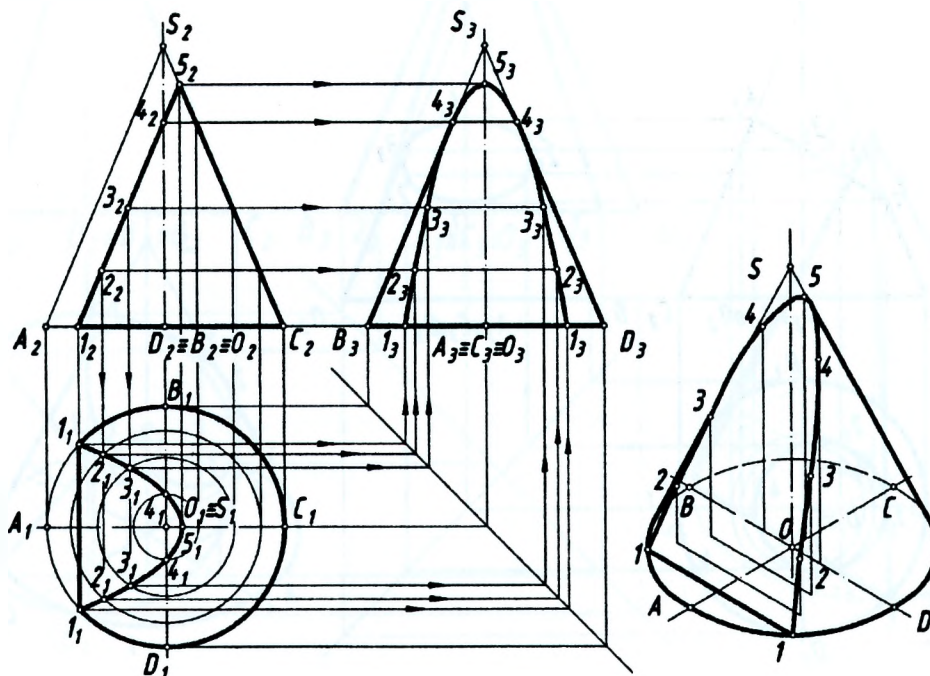


• фигура, ограниченная гиперболой и прямой линией – плоскость параллельна оси конуса или двум его образующим. На рисунке 62 изображен пример пересечения прямого кругового конуса плоскостью, параллельной оси конуса и расположенной перпендикулярно фронтальной плоскости проекций [4–9];



*Рисунок 62 – Пересечение конуса профильной плоскостью*

• фигура, ограниченная параболой и прямой линией – плоскость параллельна одной образующей. На рисунке 63 изображен пример пересечения прямого кругового конуса плоскостью, параллельной одной образующей конуса и расположенной перпендикулярно фронтальной плоскости проекций [4–9].

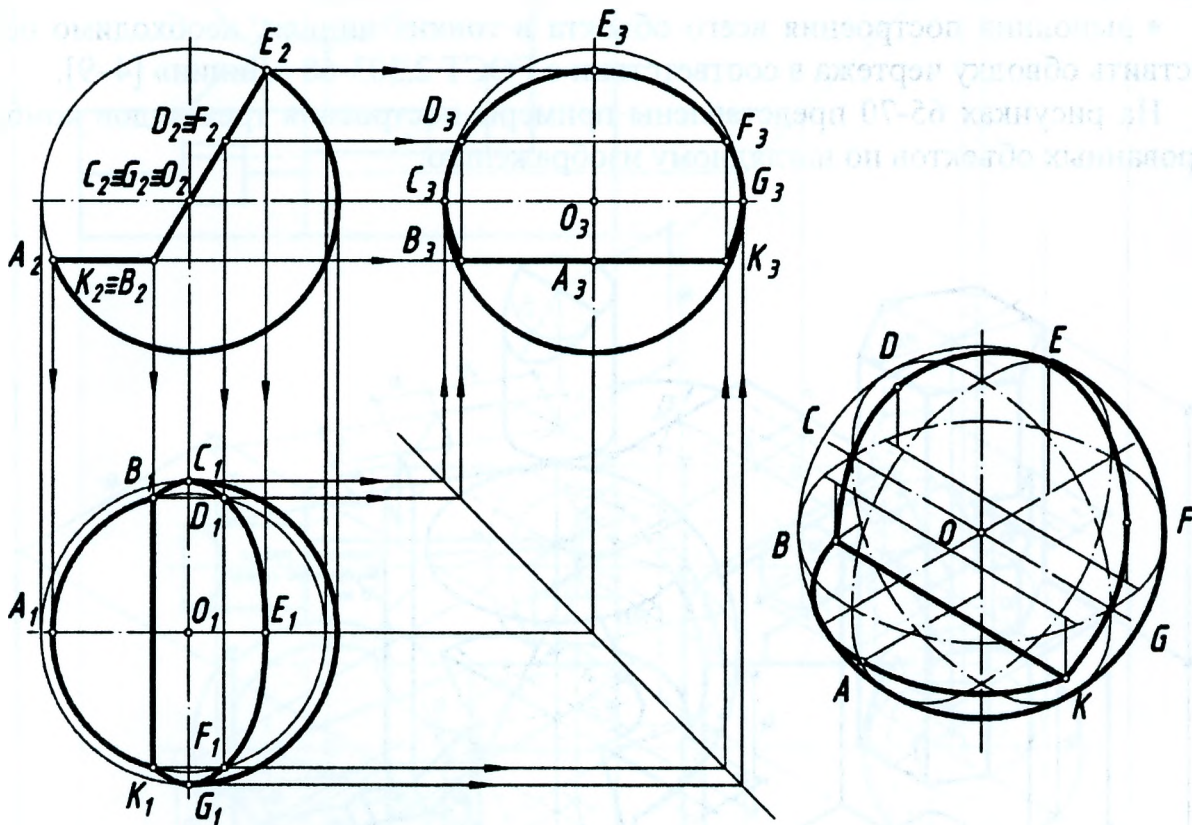


*Рисунок 63 – Пересечение конуса фронтально-проецирующей плоскостью*



**Пересечение шара плоскостями.** При пересечении шара любой плоскостью сечением является круг. Если секущая плоскость параллельна одной из плоскостей проекций, круг проецируется на нее в натуральную величину, на остальные – в отрезки прямых, равные диаметру окружности. Если секущая плоскость не параллельна ни одной из плоскостей проекций, окружность проецируется на них в эллипсы.

На рисунке 64 изображен пример пересечения шара двумя плоскостями, перпендикулярными фронтальной плоскости проекций, одна из которых параллельна горизонтальной плоскости проекций, а вторая расположена под углом [4–9].



*Рисунок 64 – Пересечение шара плоскостями*

## 8 ВИДЫ КОМБИНИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

При построении трех основных видов комбинированных объектов, состоящих из различных геометрических тел, следует придерживаться определенных рекомендаций:

- определить габариты каждого вида;
- выполнить компоновку чертежа, установив рабочее поле чертежа, рассчитав местоположение габаритных прямоугольников в горизонтальном и вертикальном направлениях и построив габаритные прямоугольники;

- проанализировав геометрию объекта, разделить его на отдельные геометрические тела;
- выполнять построение каждого геометрического тела отдельно и полностью (на всех трех видах), определив:
  - а) геометрическую форму тела;
  - б) положение геометрического тела относительно плоскостей проекций;
  - в) наличие плоскостей среза и их расположение относительно плоскостей проекций и элементов срезаемого тела;
  - г) проекцию фигуры сечения, заданную плоскостью среза;
  - д) проекции фигуры сечения требующие построения по характерным и промежуточным точкам;
- выполнив построения всего объекта в тонких линиях, необходимо осуществить обводку чертежа в соответствии с ГОСТ 2.303-68 «Линии» [4–9].

На рисунках 65-70 представлены примеры построения трех видов комбинированных объектов по наглядному изображению.

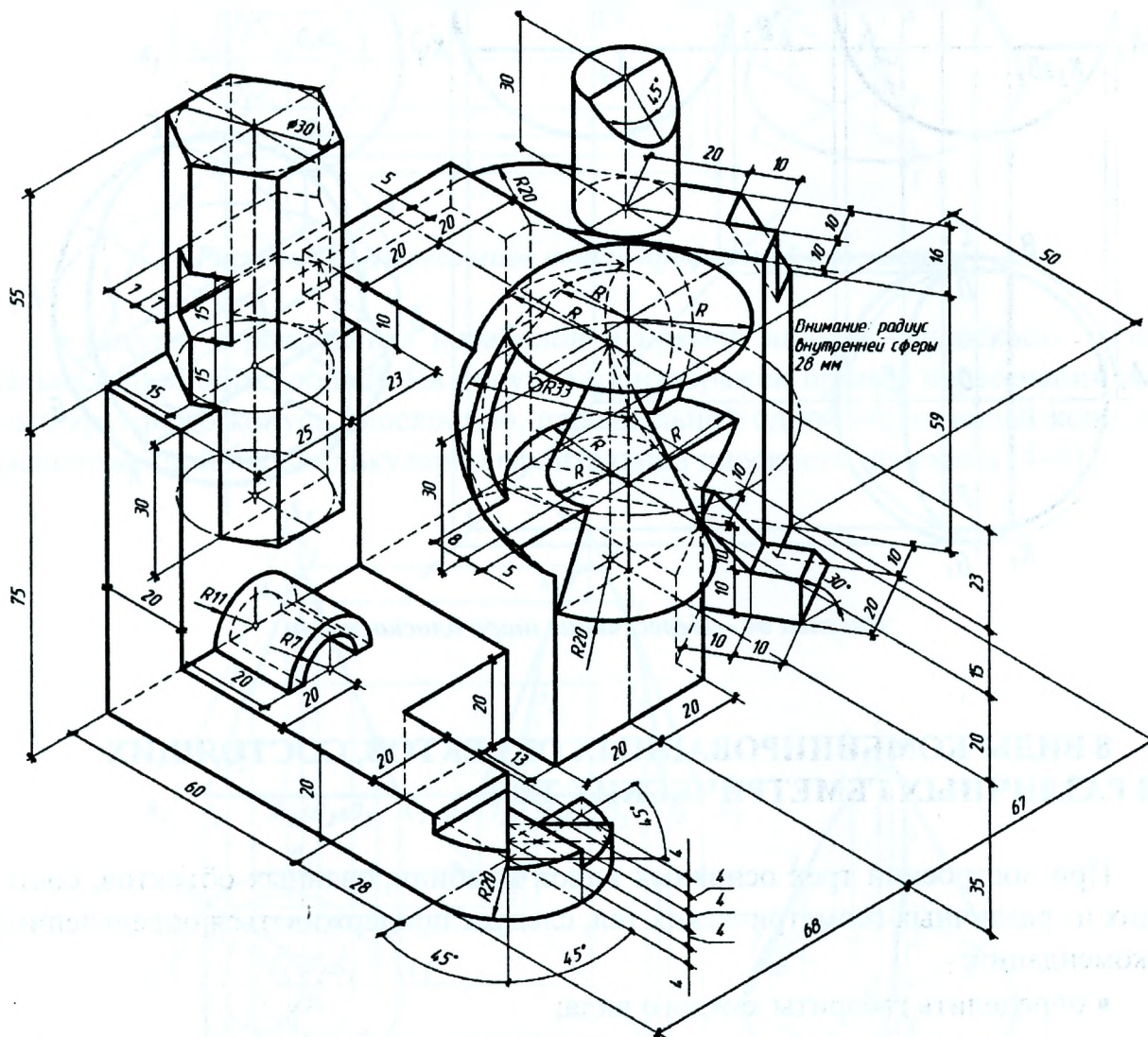
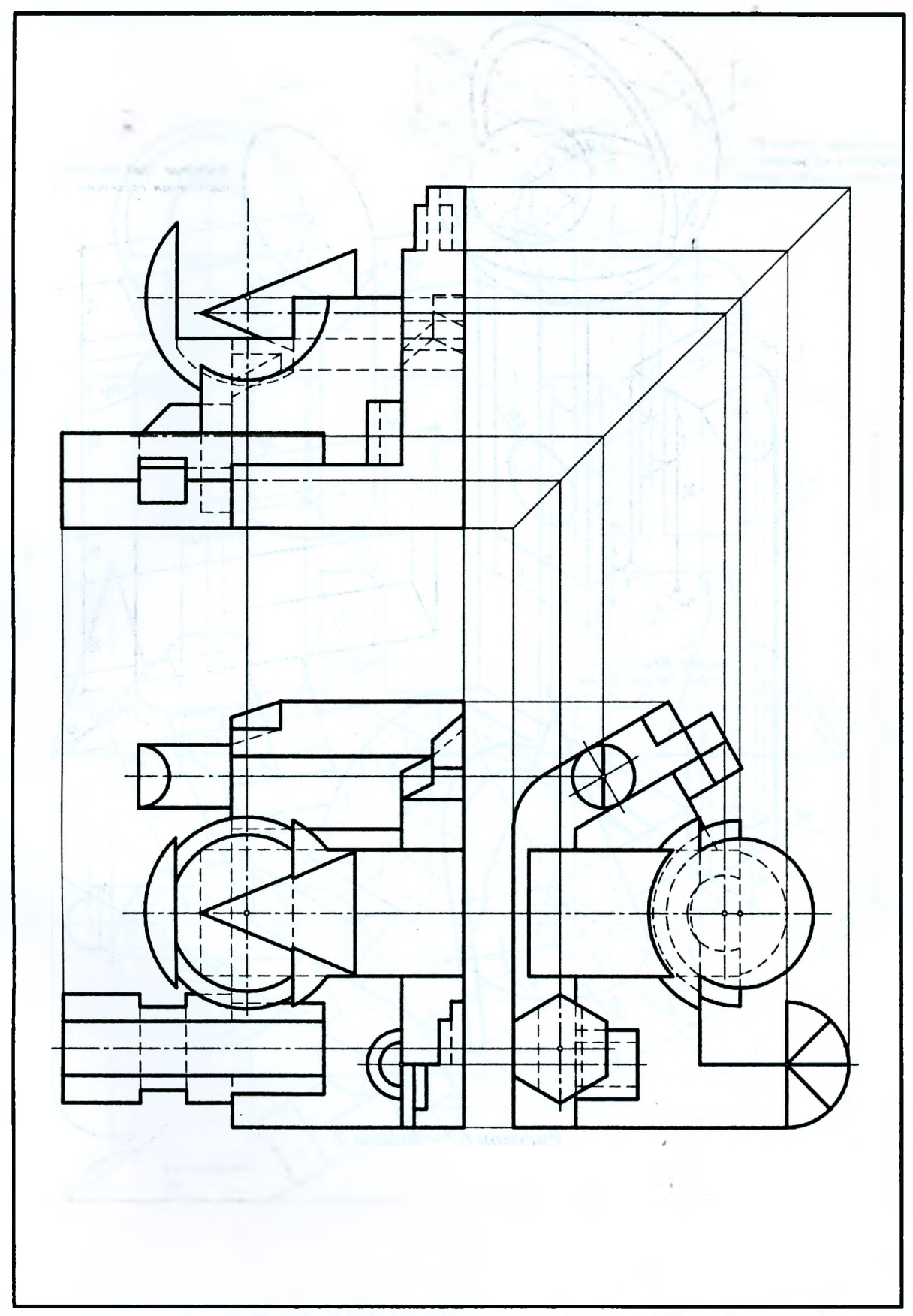


Рисунок 65 – Задача 1





*Рисунок 66 – Решение задачи 1*



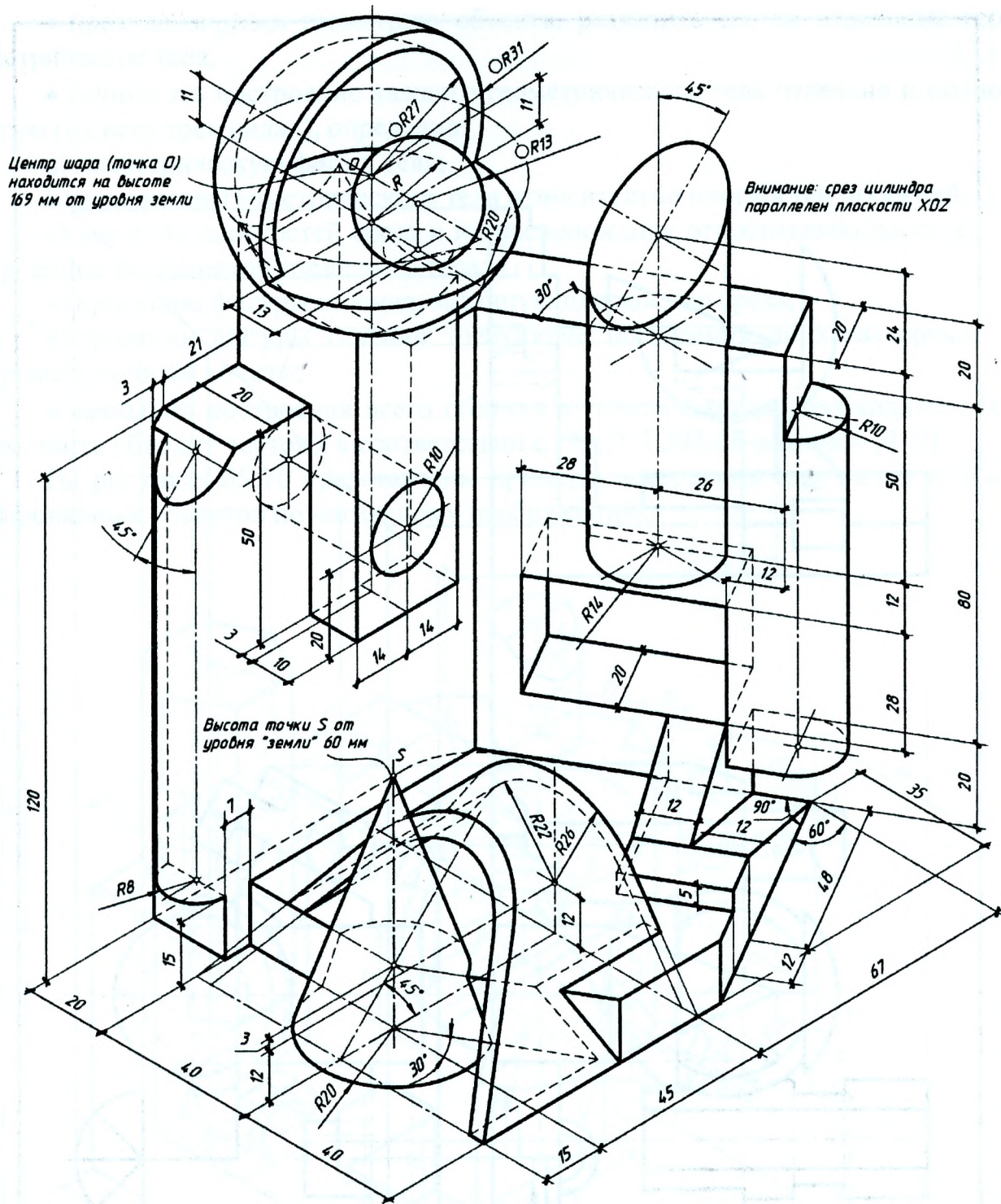
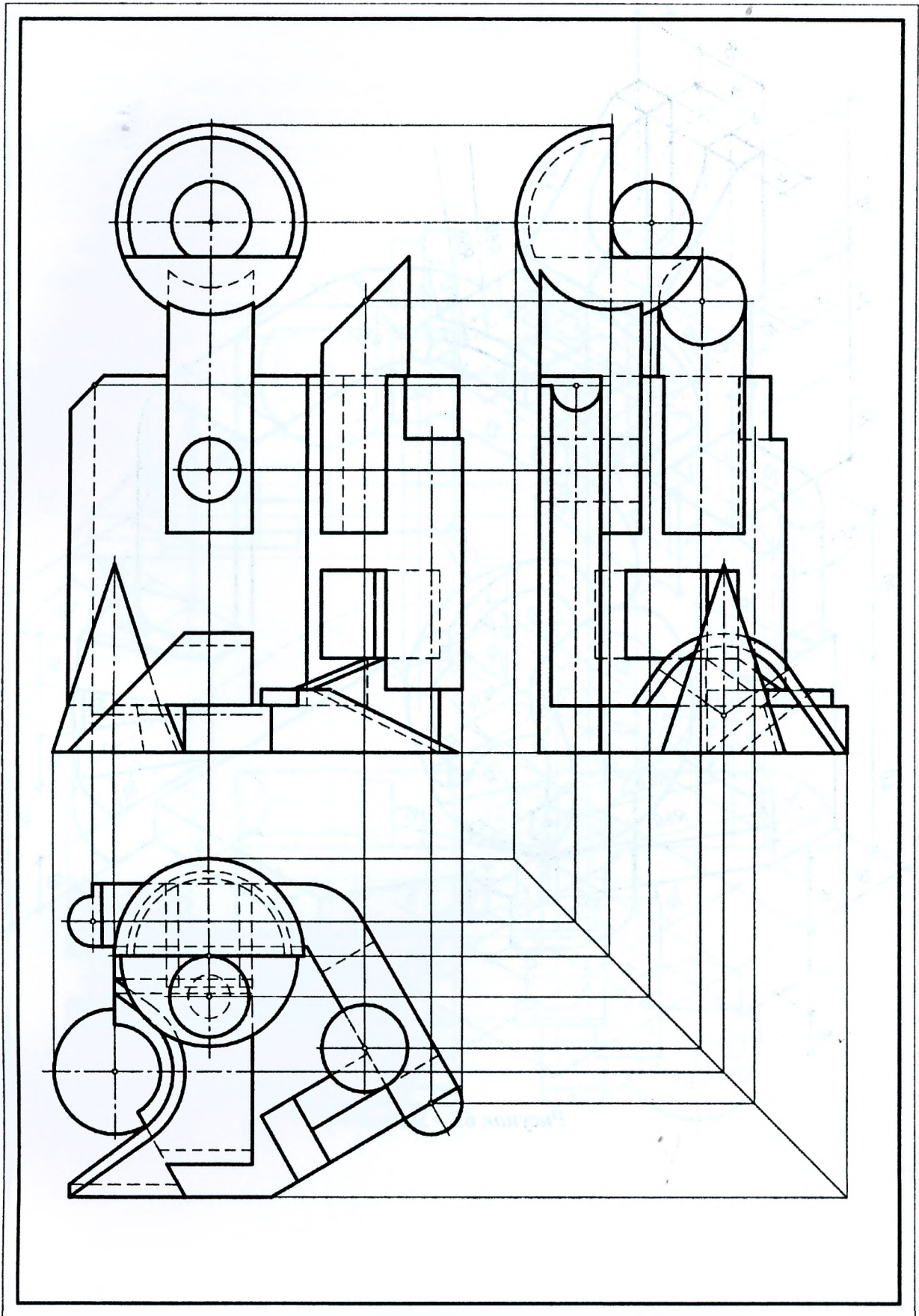


Рисунок 67 – Задача 2



*Рисунок 68 – Решение задачи 2*



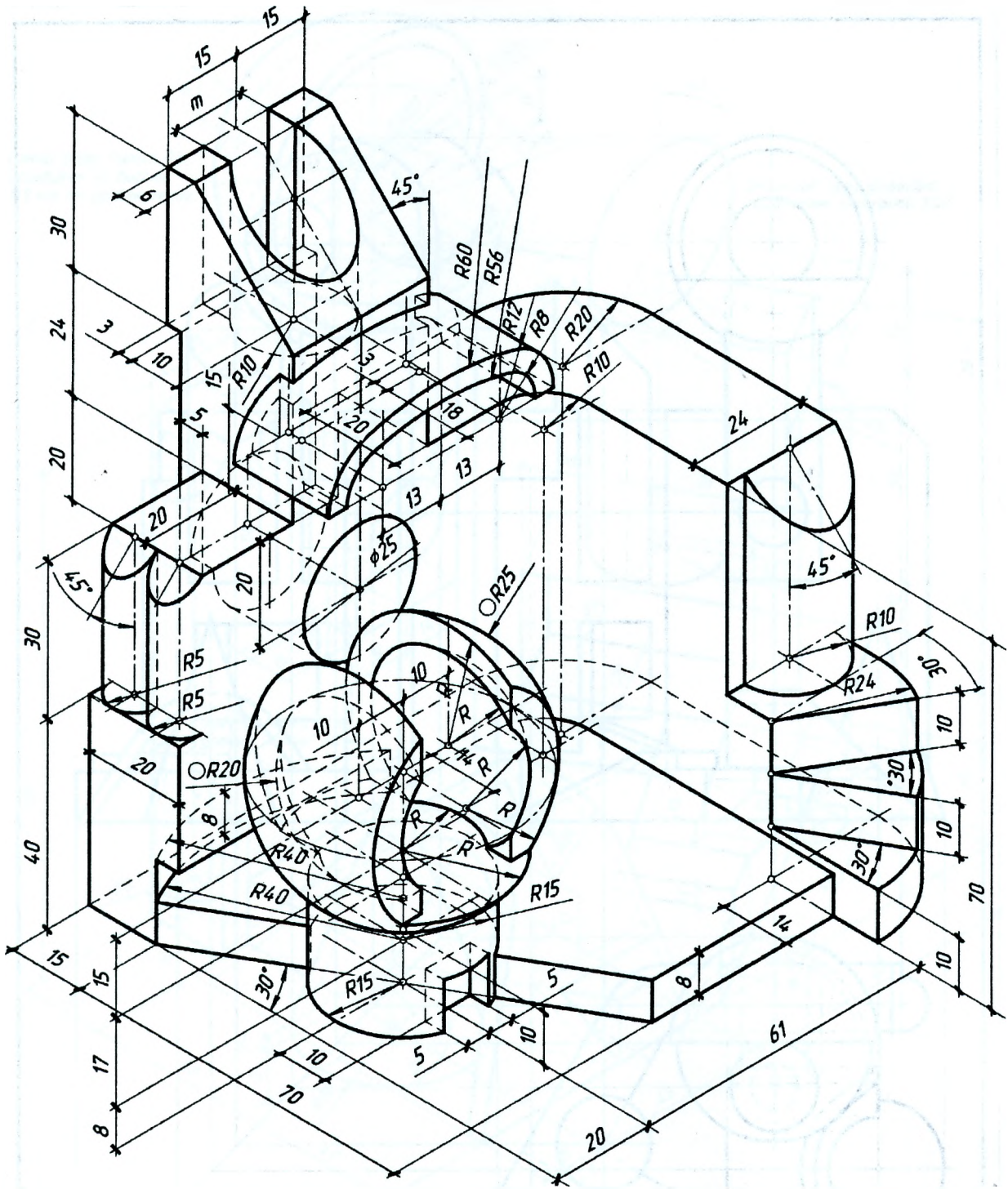
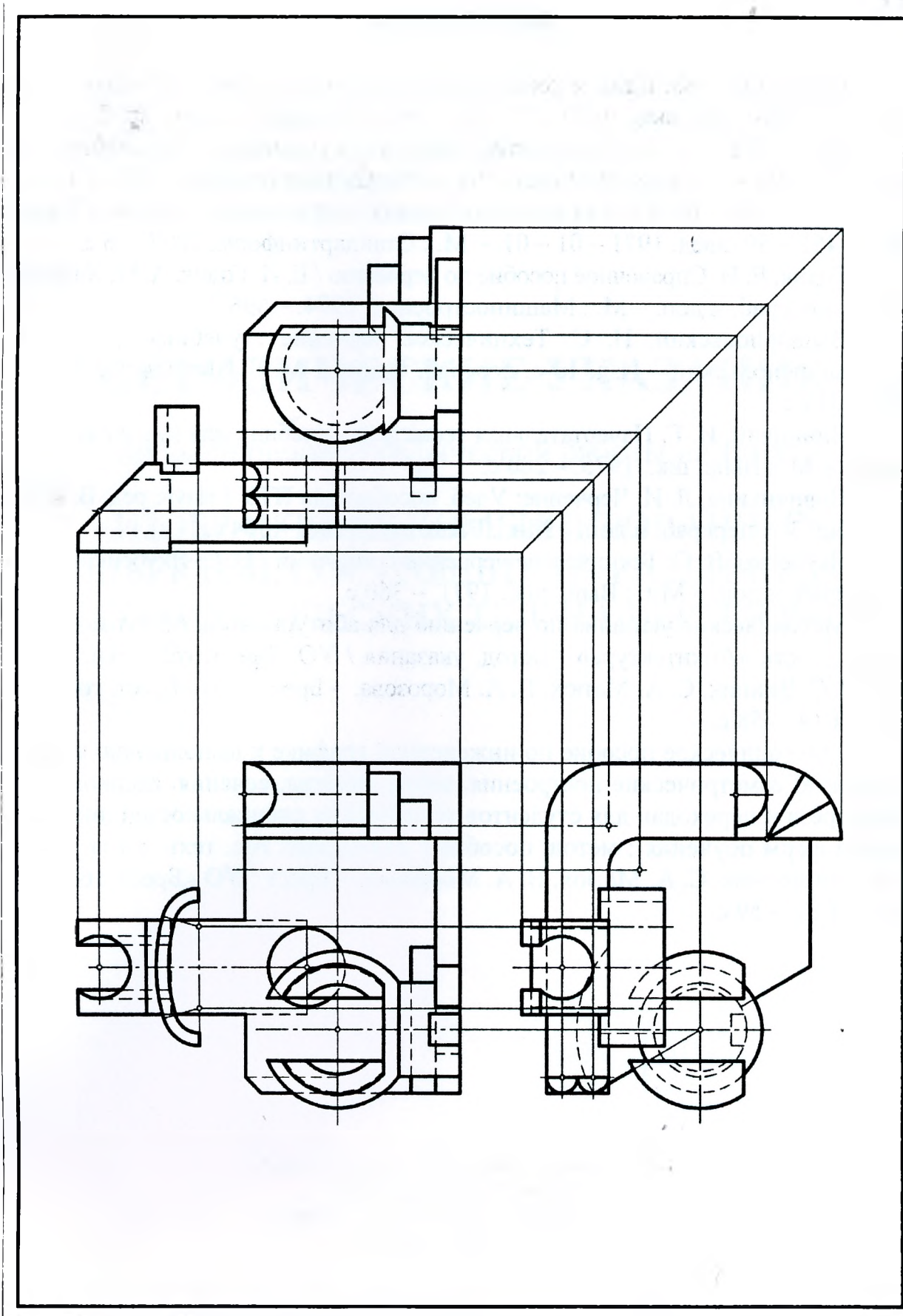


Рисунок 69 – Задача 3





*Рисунок 70 – Решение задачи 3*

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 301 – 68. Единая конструкторская документация. Форматы – Взамен ГОСТ 3450 – 60; введ. 1971 – 01 – 01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 2 с.
2. ГОСТ 302 – 68. Единая конструкторская документация. Масштабы – Взамен ГОСТ 3451 – 59; введ. 1971 – 01 – 01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 1 с.
3. ГОСТ 302 – 68. Единая конструкторская документация. Линии – Взамен ГОСТ 3451 – 59; введ. 1971 – 01 – 01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 6 с.
4. Годик, Е. И. Справочное пособие по черчению / Е. И. Годик, А. М. Хаскин. – Изд. 4-е перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1974. – 696 с.
5. Вышнепольский, И. С. Техническое черчение : учебник для СПО / И. С. Вышнепольский – Изд. 10-е, перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 319 с.
6. Виницкий, И. Г. Начертательная геометрия: Учебник для вузов / И. Г. Виницкий. – М. : Выш. шк., 1975. – 280 с.
7. Новичихина, Л. И. Черчение: Учеб. пособие для ПТУ / Науч. ред. В. И. Гусев. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Мн. : Выш. шк., 1986. – 304 с.
8. Якубенко, В. С. Техническое черчение с задачами / В. С. Якубенко. – Изд. 2-е перераб. и доп. – Мн. : Выш. шк., 1971. – 360 с.
9. Методические указания по черчению для абитуриентов, поступающих на специальность «Архитектура» : метод. указания / УО «Брест. гос. техн. ун-т» ; сост.: Н. С. Винник, С. А. Матюх, В. А. Морозова. – Брест : УО «Брест. гос. техн. ун-т», 2014. – 58 с.
10. Методическое пособие по инженерной графике к выполнению заданий на темы: «Геометрические построения, виды, разрезы, сечения, аксонометрия, линии среза и перехода» для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения : метод. пособие / УО «Брест. гос. техн. ун-т» ; сост.: Н. И. Кондратчик, С. А. Матюх, В. А. Морозова. – Брест : УО «Брест. гос. техн. ун-т», 2013. – 59 с.

Учебное издание

*Составитель:*  
*Мищирук Ольга Михайловна*

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению графической работы на тему:

**«ИЗОБРАЖЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ  
ОБЪЕКТОВ, СОСТОЯЩИХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ, НА ЧЕРТЕЖЕ»**

Ответственный за выпуск: Мищирук О.М.  
Редактор: Боровикова Е.А.  
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.  
Корректор: Дударук С.А.

---

Подписано в печать 24.02.2021 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 6,51. Уч. изд. л. 7,0. Заказ № 147. Тираж 20 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.