ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ
И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Естественные науки»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

для иностранных слушателей дополнительных общеобразовательных программ
(инженерно-техническая и технологическая направленность)

«Черчение»

Автор

Калашникова С.Б.

Ростов-на-Дону 2016

Аннотация

Учебное пособие содержит адаптированный теоретический материал, контрольные вопросы, графические и тестовые задания по основным темам образовательной программы по черчению в соответствии с «Требованиями к освоению дополнительных общеобразовательных программ, обеспечивающих подготовку иностранных граждан и лиц без гражданства к освоению профессиональных образовательных программ на русском языке» (инженерно-техническая и технологическая направленность).

Предназначено для самостоятельной работы слушателей дополнительных общеобразовательных программ.

Автор

к.п.н., заведующий кафедрой «Естественные науки»
Калашникова С.Б.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ..5

Глава 1. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ................................6

1.1. Основные правила выполнения чертежей............................6
1.1.1. Форматы..6
1.1.2. Линии чертежа..10
1.1.3. Шрифт..15
1.1.4.Размеры...26
1.1.5. Масштабы...43
1.2. Геометрические построения......................................47
1.2.1. Построение прямых линий, угла, окружности...............47
1.2.2. Деление на равные части отрезка прямой, угла, окружности. Многоугольники...54
1.2.3. Сопряжения...66
1.2.4. Циркульные и лекальные прямые...............................78

Глава 2. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ 83

2.1. Методы проецирования..83
2.1.1. Центральное проецирование....................................83
2.1.2.Параллельное проецирование....................................84
2.2. Аксонометрические проекции......................................85
2.3. Проецирование точки 89
2.3.1. Ортогональная проекция точки 89
2.3.2. Проекции точки на двух плоскостях проекций.............90
2.3.3. Проекции точки на трех плоскостях проекций.............91
2.3.4. Эпюр точки..92
2.3.5. Координаты точки...95
2.3.6. Изометрия точки...100
2.4. Проецирование отрезка прямой.................................106
2.4.1. Прямые общего положения.....................................106
2.4.2. Прямые частного положения...................................107
2.4.3. Следы прямой...110
2.4.4. Взаимное расположение прямых в пространстве.......115
2.4.5. Точка на прямой...117
2.4.6. Сведения о метрических задачах.............................120

2.5 Проецирование плоской фигуры..130
2.5.1. Задание плоскости на чертеже................................130
2.5.2. Плоскость общего положения..................................133
2.5.3. Плоскости частного положения................................134
2.5.4. Прямая и точка в плоскости....................................139
2.5.5. Особые линии в плоскости......................................144
2.5.6. Пересечение прямой с плоскостью...........................146
2.5.7. Взаимное расположение двух плоскостей.................153
2.5.8. Метрические задачи..161
2.5.9.Изометрия плоских фигур, которые принадлежит плоскостям проекций или плоскостям уровня..................................166
2.6. Проецирование геометрических тел и предметов..............174
2.6.1. Образование поверхностей......................................174
2.6.2. Геометрические тела: многогранники и тела вращения..179
2.6.3. Проецирование предметов.......................................223

Глава 3. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, СЕЧЕНИЯ И РАЗРЕЗЫ...239

3.1. Виды основные, дополнительные и местные......................239
3.2. Сечения...248
3.3. Разрезы...255
3.3.1. Простые разрезы...256
3.3.2. Сложные разрезы..260
3.3.3.Соединение части вида с частью разреза...................262
3.4. Наглядные изображения...273
3.4.1. Разрезы в аксонометрии...274
3.4.2. Эскизы...277

ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ....................................283

ЗАКЛЮЧЕНИЕ..284

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 285

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие составлено в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Инженерная графика» и требований к освоению дополнительных общеобразовательных программ, обеспечивающих подготовку иностранных граждан и лиц без гражданства к освоению профессиональных образовательных программ на русском языке.

Пособие состоит из трех глав: глава «Геометрическое черчение» описывает основные правила выполнения чертежей и геометрических построений; глава «Проекционное черчение» представляет методы построения проекций точки, отрезка прямой, плоской фигуры, геометрических тел и предметов; глава «Изображения» поясняет способы построения и обозначения на чертеже видов, сечений, разрезов. Пособие обеспечивает все основополагающие темы адаптированного краткого курса и является важным компонентом учебно-методического комплекса дисциплины «Инженерная графика».

Каждая часть пособия структурирована и содержит: теоретический материал, максимально адаптированный в соответствии с требованиями научного стиля речи (НСР); большое количество иллюстраций, таблиц и чертежей; структурно-логическую схему, которая способствует одномоментному восприятию учебного материала темы; задания для самостоятельной работы студентов, а именно: чтение текста, ответы на вопросы, выполнение графических построений и тестовых заданий.

Глава 1. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

1.1. Основные правила выполнения чертежей

1.1.1. Форматы

Все чертежи делают на листах чертёжной бумаги. Чертёжная бумага имеет размер. Размер листа чертёжной бумаги – это формат (рис.1).

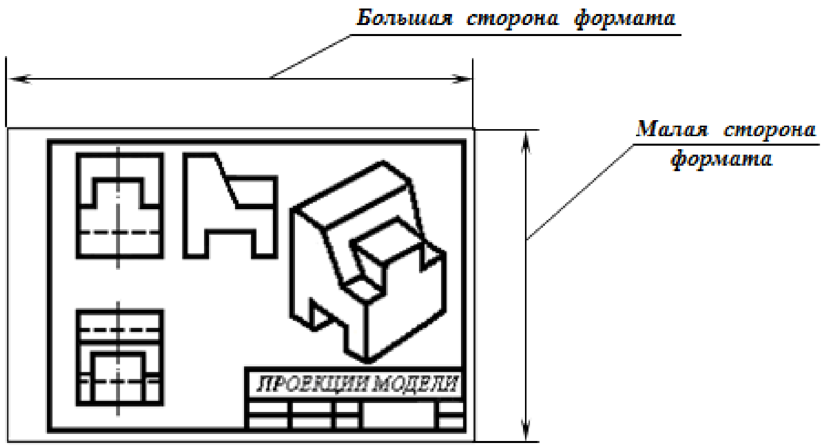


Рис.1.

Стандарт (ГОСТ 2.301 – 68) устанавливает следующие основные форматы (табл.1).

Таблица 1. Форматы.

Обозначение формата	Размер сторон основного формата, мм	
	малая сторона	большая сторона
А0	841	1189
А1	594	841
А2	420	594
А3	297	420
А4	210	297

Площадь наибольшего основного формата А0 равна одному квадратному метру (S=1 м^2). Каждый следующий формат получают путём деления бóльшего формата на две равные части параллельно малой стороне (рис.2).

На формате чертят рамку. Рамку чертят с трёх сторон на расстоянии 5 мм от кромки бумаги, а с левой стороны – на расстоянии 20 мм. Внизу справа чертят основную надпись (штамп).

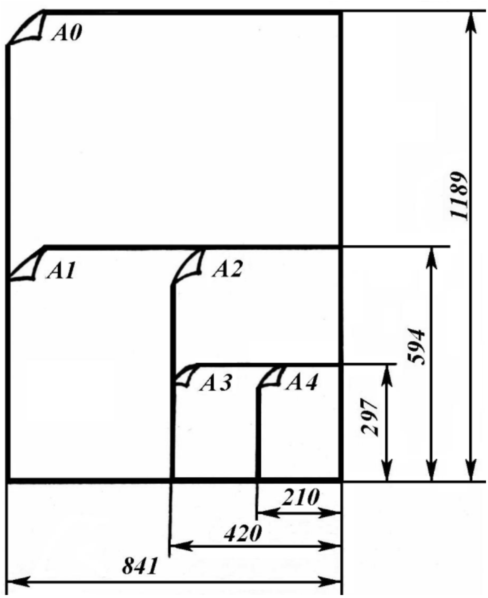


Рис.2.

На листах формата А4 основную надпись располагают вдоль малой стороны. На всех других форматах основную надпись располагают вдоль большой стороны (рис.3).

В основной надписи пишут название чертежа, дату, фамилию студента, номер группы и другие данные.

Структурно-логическая схема темы форматы показана на рис.4.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Читайте текст.

Я делаю чертёж на чертёжной бумаге формата А3. Большая сторона этого формата равна 420 мм (четыреста двадцати миллиметрам), малая сторона – 297 мм (двумстам девяноста семи миллиметрам). Сначала я черчу рамку. Я откладываю на формате 5 мм сверху, снизу и справа. Черчу две горизонтальные и одну вертикальную линии. Слева я откладываю 20 мм и черчу вертикальную линию. Внизу справа я черчу основную надпись. Большая сторона основной надписи - 180 мм (сто восемьдесят миллиметров), малая сторона 40 мм (сорок миллиметров).

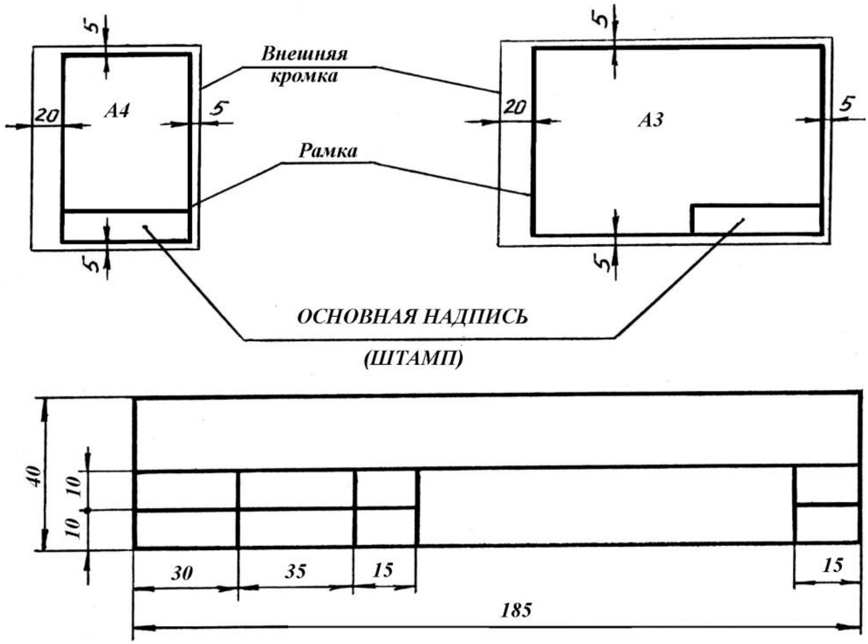


Рис.3.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Что такое формат?
2. Какие основные форматы вы знаете?
3. Как получают форматы?
4. Сколько листов формата А3 можно получить, если у вас есть лист чертёжной бумаги формата А1?
5. Что пишут в основной надписи?

Задание 3. Начертите в тетради основную надпись чертежа (рис.3).

Задание 4. Выпишите, переведите и выучите новые слова.

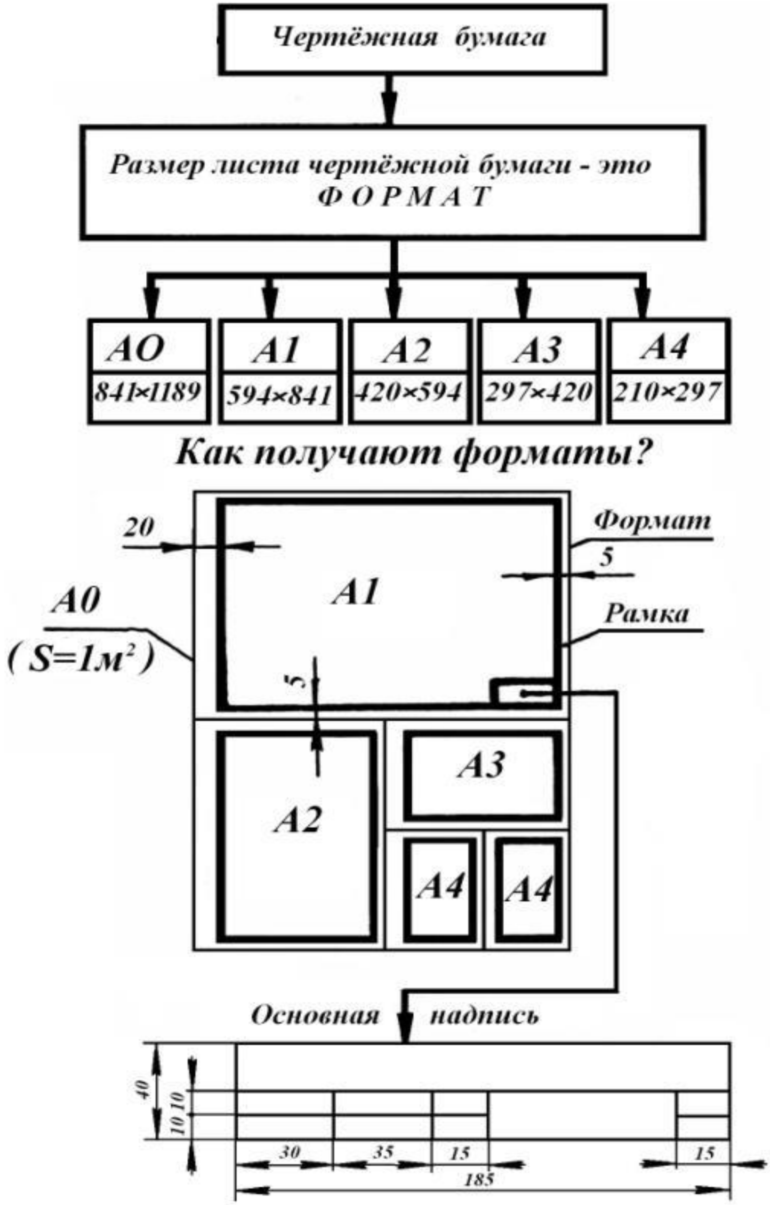


Рис.4. Структурно-логическая схема темы форматы.

1.1.2. Линии чертежа

Чтобы лучше понимать изображение предметов на чертеже, используют разные линии (рис.5).

Эти линии называются линиями чертежа (ГОСТ 2.303 -68). Название, форму, толщину линий чертежа определяет их назначение.

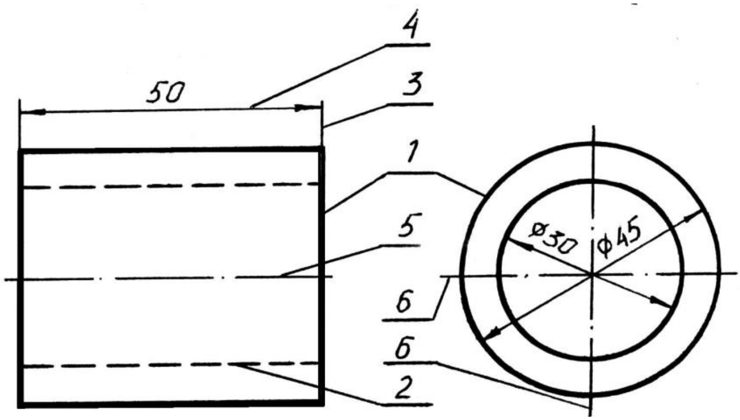
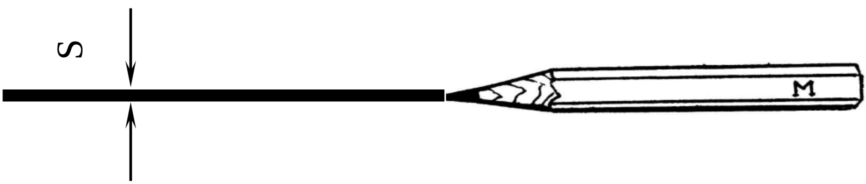


Рис.5.

Линии, которые мы видим на предмете, - это линии **видимого контура** (рис.5, позиция 1).

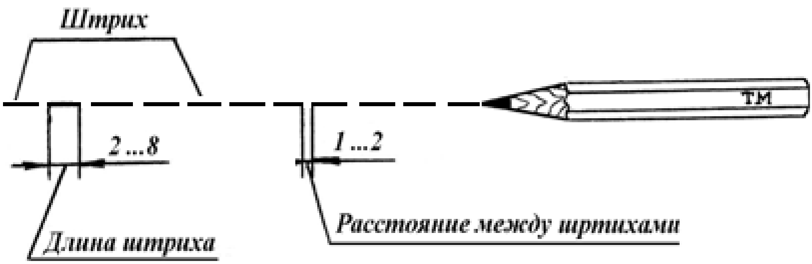
ЗАПОМНИТЕ! Когда чертят линии **видимого контура**, используют **сплошную толстую основную** линию.



S – *толщина* линии. Толщина сплошной основной толстой линии от 0,5 мм до 1,4 мм.

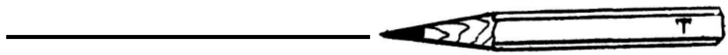
Линии, которые мы не видим на предмете, - это линии **невидимого контура** (рис.5, позиция 2).

ЗАПОМНИТЕ! Когда чертят линии **невидимого контура**, используют **штриховую** линию.
Толщина этой линии от S/2 и S/3.

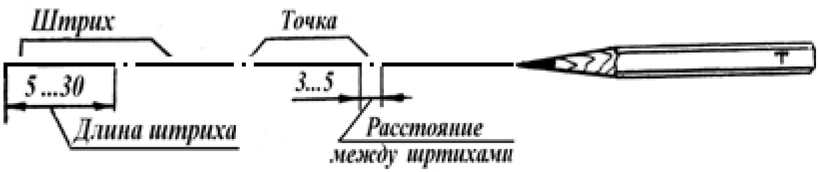


Чтобы показать размер предмета чертят **выносные** (рис.5, позиция 3) **и размерные** (рис.5, позиция 4) линии.

ЗАПОМНИТЕ! Когда чертят **выносные** и **размерные** линии, используют **сплошную тонкую** линию.
Толщина линии от S/2 и S/3.



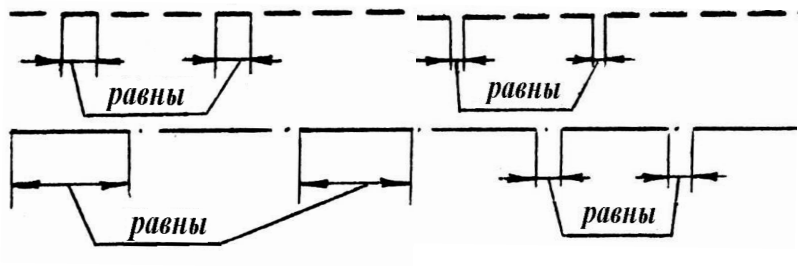
ЗАПОМНИТЕ! Когда чертят **осевые** (рис.4, позиция 5) и **центровые** (рис.4, позиция 6) линии, используют **штрихпунктирную** линию.
Толщина линии от S/2 и S/3.



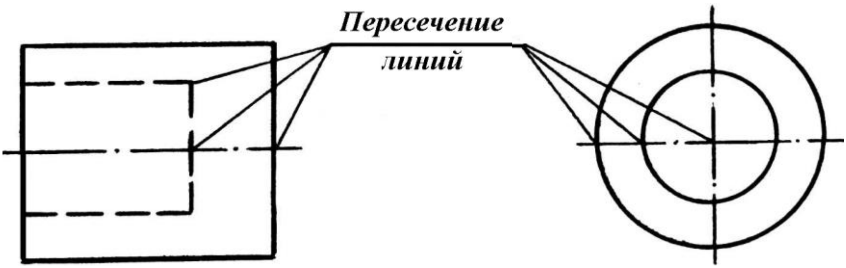
Общие **правила** начертания линий:

1. Толщина линий одного и того же типа на одном чертеже **одинаковая**.

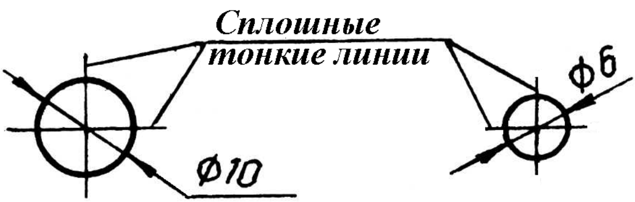
2.Длина штрихов в линии и расстояние между штрихами **равны**.



3.Штриховые и штрихпунктирные линии должны **пересекаться** и заканчиваться **штрихами**.



4. Если диаметр окружности меньше 12 мм, в качестве **центровых** используют **сплошные тонкие** линии.



Структурно-логическая схема темы линии чертежа показана на рис.6.

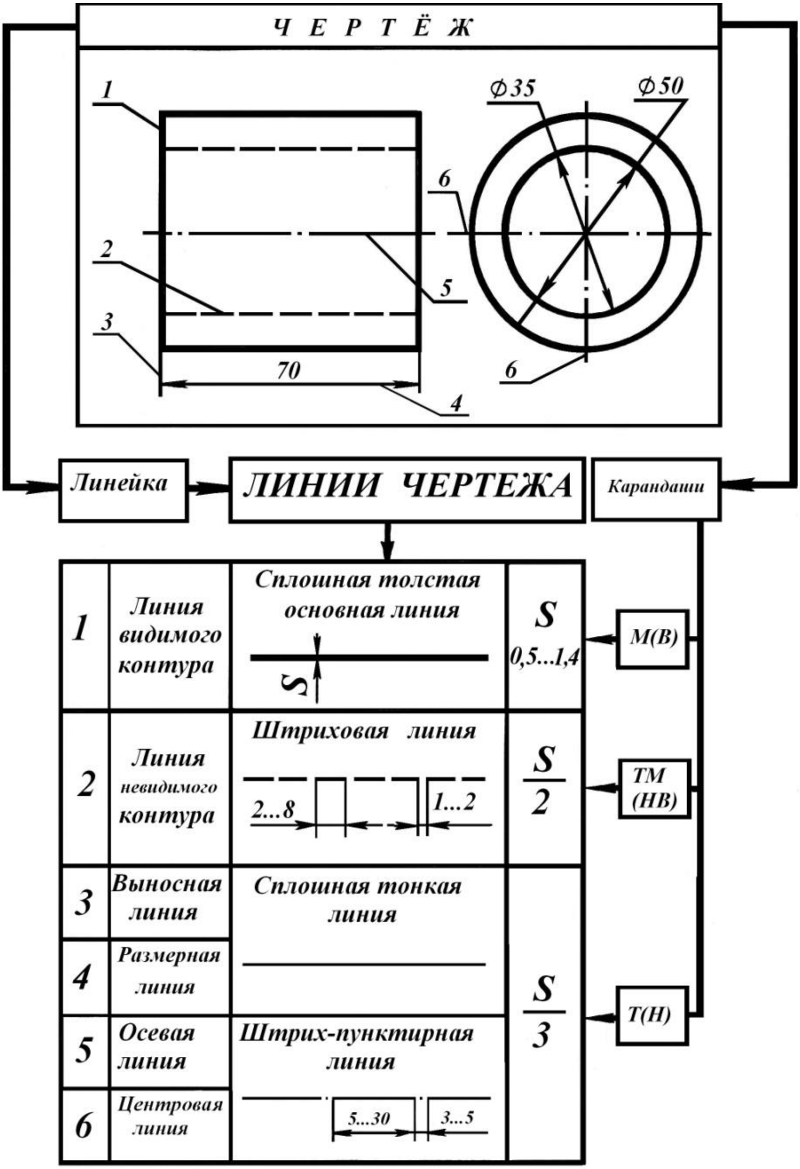


Рис.6.Структурно-логическая схема темы линии чертежа.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Какие линии чертежа вы знаете?
2. Когда мы используем сплошную толстую основную линию?
3. Когда мы используем сплошную тонкую линию?
4. Когда мы используем штриховую линию?
5. Когда мы используем штрихпунктирную тонкую линию?

Задание 2. Установите соответствие между названием, начертанием, толщиной линий и основным назначением линий чертежа.

Название	Начертание	Толщина линий	Основное назначение
1. Сплошная основная	А.	А. $\frac{S}{3} \dots \frac{S}{2}$	А. Линии сечений.
2. Сплошная тонкая	Б.	Б. $S \dots 1\frac{1}{2}S$	Б. Линии видимого контура.
3. Штриховая	В.	В. S	В. Линии невидимого контура.
4. Штрих-пунктирная.	Г.	Г. $\frac{S}{2} \dots \frac{2}{3}S$	Г. Линии разграничения вида и разреза, линии обрыва
	Д.		Д. Линии размерные и выносные, линии штриховки.
	Е.		Е. Линии сгиба на развертках.
	Ж.		Ж. Линии осевые и центровые.
	З.		З. Длинные линии обрыва.

Пример записи ответа: 1- Б, Г, Б; 2- А, А, Д; … и т.д.

Задание 3. Расскажите правила, которые нужно запомнить.

Задание 4. Выпишите и выучите новые слова.

Задание 5. Начертите на чертёжной бумаге формата А3 рамку и основную надпись.

1.1.3. Шрифт

Для надписей и размерных чисел на чертежах используют чертёжный шрифт (рис.7).

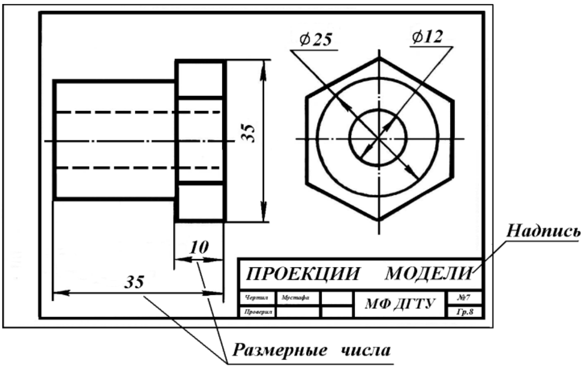


Рис.7.

Чертёжный шрифт – это прописные буквы, строчные буквы, цифры и знаки (рис. 8). Шрифт отличает простота, чёткость и однородность написания различных элементов букв и цифр. Форму и параметры шрифта устанавливает стандарт (ГОСТ 2.304 -81). Стандартный шрифт может быть прямой (без наклона) и с наклоном 75^0 к основанию строки (рис.8).

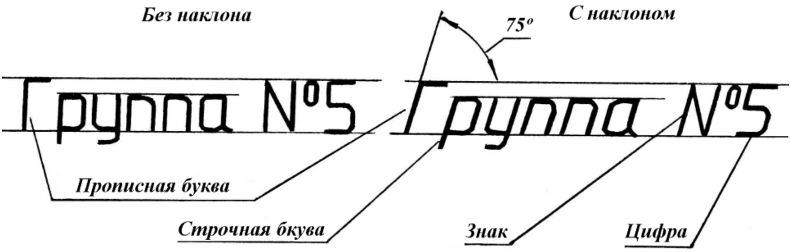


Рис.8.

Стандарт устанавливает следующие параметры шрифта (рис.9):

h – высота прописных букв;
c – высота строчных букв;
a – расстояние между буквами;
b – минимальное расстояние между основаниями строк (минимальный шаг строк);
e – расстояние между словами;
d – толщина линий шрифта;
g – ширина букв.

Рис. 9.

В зависимости от толщины линий шрифта ***d*** стандарт устанавливает два типа шрифта тип А (***d=*** 1/14 ***h***) и или Б (***d=*** 1/10 ***h***) (рис.10).

В настоящем пособии рассматривается шрифт типа Б с наклоном.

ЗАПОМНИТЕ! Размер (номер) шрифта – это **высота *h*** прописной буквы в миллиметрах.

Стандарт устанавливает следующие размеры шрифта:

2,5 3,5 5 7 10 14 20…

Если высота прописных букв в тексте 10 мм, то размер шрифта десятый (шрифт №10). Если шрифт седьмой (шрифт №7), то высота прописных букв в словах равна 7 мм. Другие параметры шрифта определяются относительно высоты прописных букв ***h*** или толщины линий шрифта ***d*** (табл. 2).

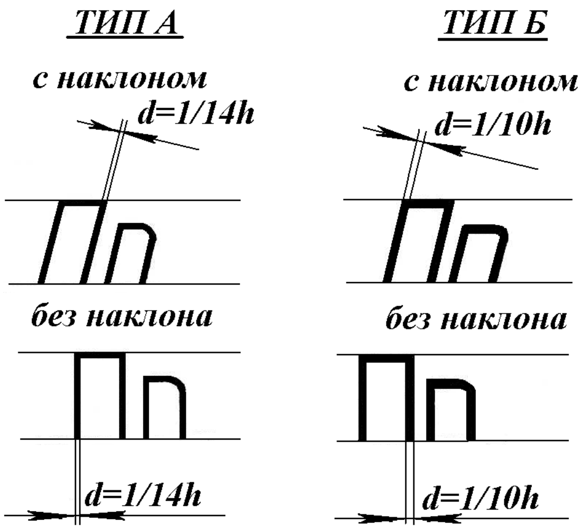


Рис.10.

Таблица 2. Параметры шрифта

Параметры шрифта	Обоз-наче-ние	Относительный размер		Размер шрифта					
				2,5	**3,5**	**5**	**7**	**10**	**14**
Высота прописных букв, цифр	***h***	10/10 h	10d	2,5	3,5	5	7	10	14
Высота строчных букв, **кроме** б, в, д, ф, р, у	***c***	7/10 h	7d	1,8	2,5	3,5	5	7	10
Высота строчных букв б, в, д, ф, р, у	***c***	10/10 h	10d	2,5	3,5	5	7	10	14
Расстояние между буквами и цифрами	***a***	2/10 h	2 d	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
Минимальный шаг строк	***b***	17/10 h	17 d	4,2	6	8,5	12	17	24
Минимальное расстояние между словами	***e***	6/10 h	6 d	1	1,5	2,1	3	4,2	6
Толщина линий шрифта	***d***	1/10 h	1 d	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4

Параметры шрифта, представленные в табл. 2, **не изменяются** при написании прописных букв, строчных букв и цифр одним размером (номером) шрифта (рис. 11).

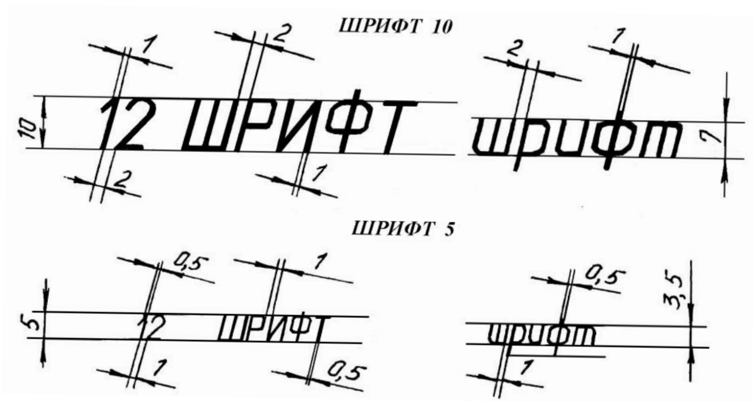


Рис. 11.

Ширина прописных и строчных букв разная в пределах одного размера шрифта и определяется для каждой буквы отдельно (табл. 3).

Таблица 3. Ширина прописных и строчных букв, цифр

Ширина			Относительный размер		Размер шрифта, мм					
Прописные буквы	Строчные буквы	Цифры			**2,5**	**3,5**	**5**	**7**	**10**	**14**
Ж, Ш, Щ, Ъ, Ф	-	-	8/10 h	8 d	2	2,8	4	5,6	8	11,2
А, Д, М, Ы, Х, Ю	ж, т, ф, ш , щ	-	7/10 h	7 d	1,7	2,4	3,5	4,9	7	9,8
Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, Т, У, Ц, Ч, Э, Ь, Я	м, ъ, ы, ю	4	6/10 h	6 d	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4
Г, Е, Ё, З, С	а, б, в, г, д, е, ё, и, к, л, н, о, п, р, у, х, ч, ц, ь, э, я	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 0	5/10 h	5 d	1,2	1,7	2,5	3,5	5	7
-	з, с	-	4/10 h	4 d	1	1,4	2	2,8	4	5,6
-		1	3/10 h	3 d	0,7	1	1,5	2,1	3	4,2

Рассмотрим конструкцию и последовательность написания букв, цифр и знаков.

Прописные и строчные буквы, цифры и знаки имеют свою форму и конструкцию. Элементы конструкции – прямые и кривые линии (дуги).

Прописные буквы можно объединить в группы по признаку однородности элементов их конструкции.

I группа. Элементы конструкции – наклонные линии (угол наклона 75^0) и горизонтальные линии (рис. 12).

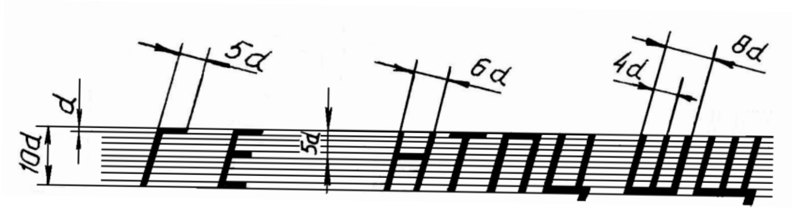
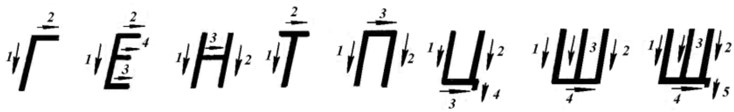


Рис.12.

Последовательность написания букв:



II группа. Элементы конструкции – наклонные линии и прямые линии (рис.13).

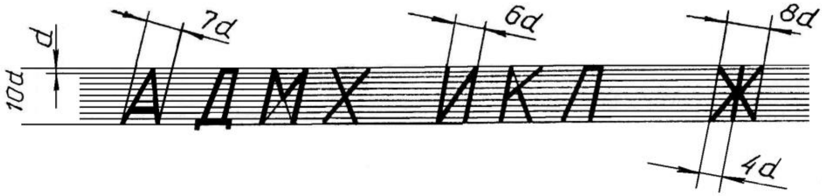
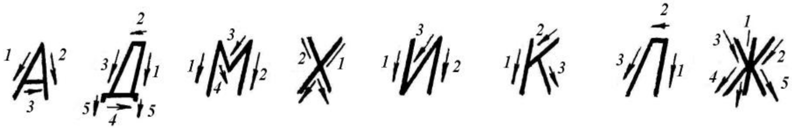


Рис.13.

Последовательность написания букв:



III группа. Элементы конструкции – наклонные и горизонтальные линии, кривые линии (дуги) (рис.14).

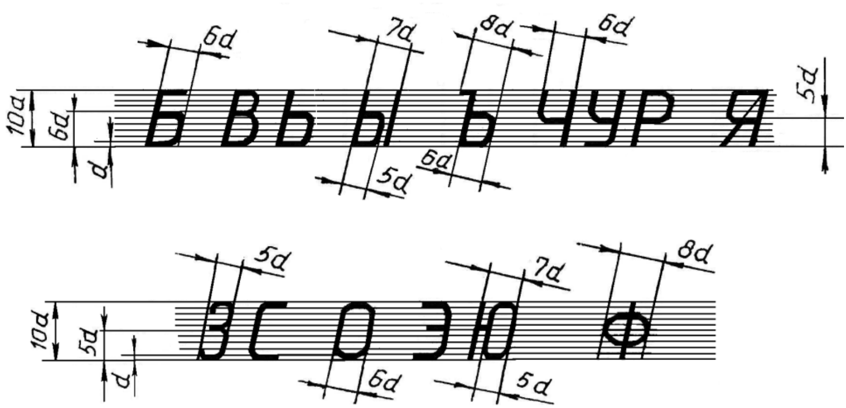
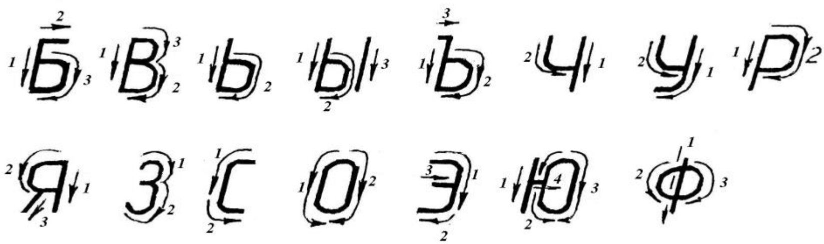


Рис.14.

Последовательность написания букв:



ЗАПОМНИТЕ! Расстояние между буквами, соседние линии которых не параллельны (Г и А, А и Т, Т и Л, Л и А, А и Р) равно **1/10 h** или **d** (рис.15).

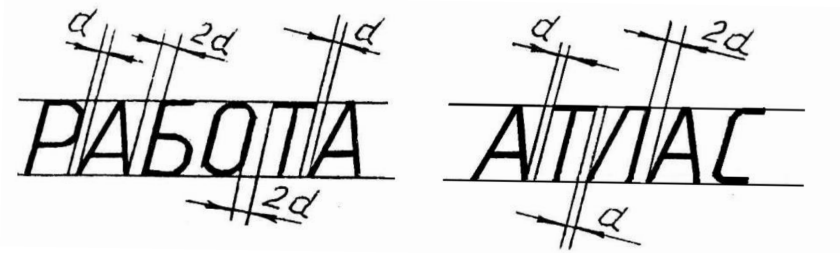


Рис.15.

Конструкция многих строчных букв (рис.16) повторяет конструкцию и последовательность написания прописных букв.

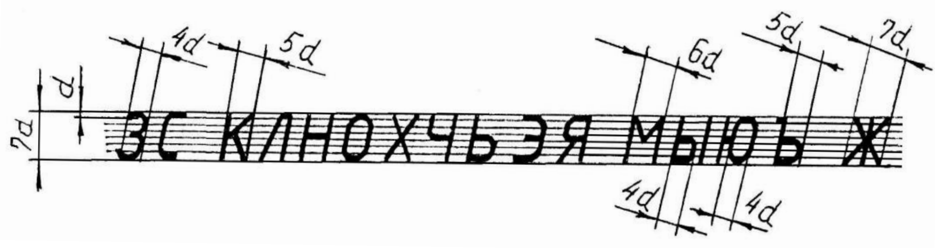
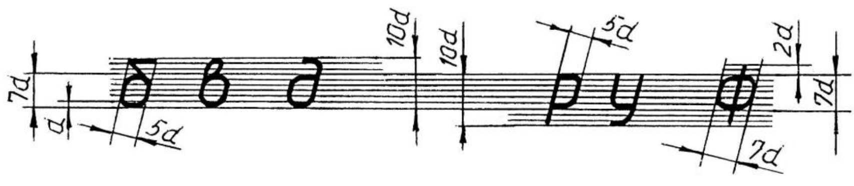


Рис.16.

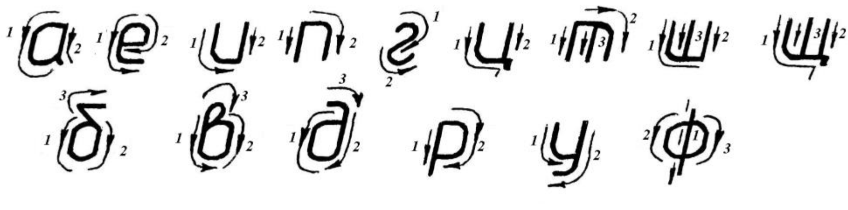
Остальные строчные буквы по конструкции на совпадают с прописными (рис.17):

Рис.17.

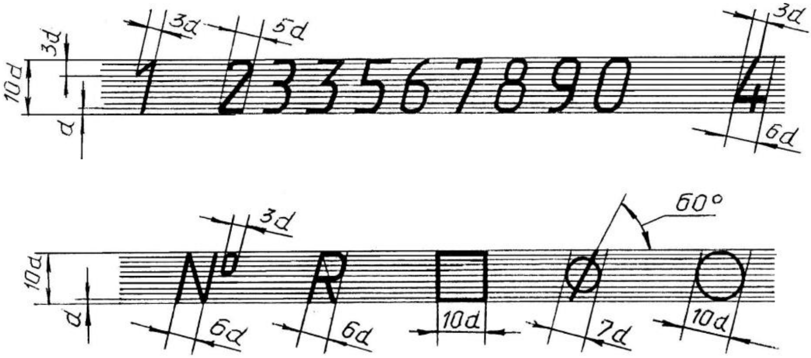
ЗАПОМНИТЕ! Строчные буквы б, в, д, р, у, ф имеют высоту **c=10/10 h** или **c=10 d**.



Последовательность написания букв:



Написание цифр и знаков имеет вид:



Структурно-логическая схема темы шрифт показана на рис.19.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Читайте текст.

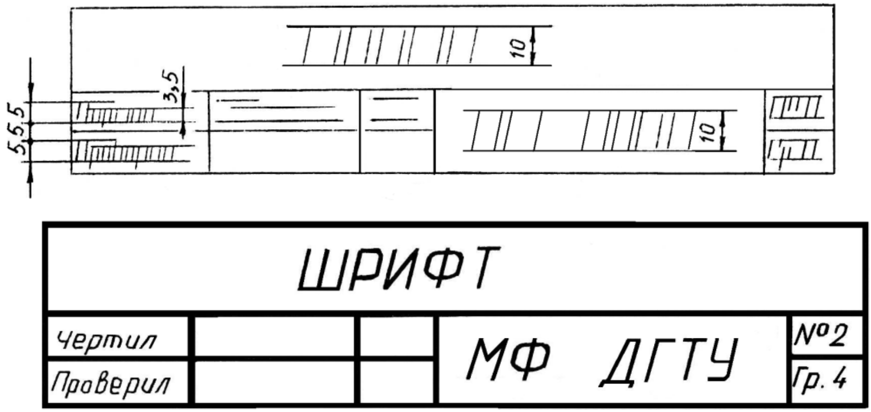
Я пишу в основной надписи чертежа его название, номер, дату, мою фамилию, номер группы, в которой я учусь, слова "чертил" и "проверил". Я использую шрифт тип Б с углом наклона 75° и его размеры 5 и 10. Размер шрифта - это высота прописной буквы в миллиметрах. Если размер шрифта пятый, то высота прописных букв 5 мм, а строчных - 3,5 мм. Чтобы написать слова в основной надписи, я использую карандаш Т для тонких горизонтальных и наклонных линий, карандаш М - для букв, цифр и знаков.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Что такое шрифт?
2. Какие типы шрифта вы знаете?
3. Какой угол наклона шрифта?
4. Какие размеры шрифта устанавливает стандарт?
5. Какие элементы конструкции шрифта вы знаете?

Задание 3. Начертите в тетради основную надпись для контрольной работы "Шрифт "(рис. 18):

I) начертите тонкие горизонтальные и наклонные линии карандашом Т;



2) напишите слова карандашом М.

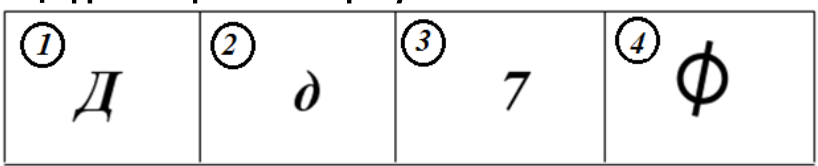
Рис. 18.

Задание 4. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.

1. Чертежный шрифт – это …

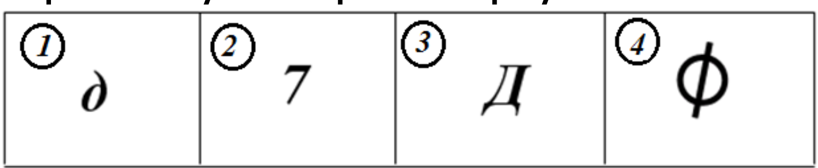
А. Буквы. **Б.** Цифры. **В.** Буквы и цифры.
Г. Буквы, цифры и знаки. **Д.** Буквы и знаки.

2. Цифра изображена на рисунке …



А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

3. Прописная буква изображена на рисунке…



А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

4.Строчная буква изображена на рисунке …

1	2	3	4
П	*п*	*8*	О

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

5. Знак (символ) изображен на рисунке …

1	2	3	4
б	*г*	Φ	*Г*

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

6.Угол наклона шрифта …
А. 60˚. **Б.** 45 ˚. **В.** 85˚. **Г.** 75˚. **Д.** Любой.

7. Размер чертежного шрифра - это …
А. Высота строчной буквы.
Б. Ширина строчной буквы.
В. Высота прописной буквы.
Г. Ширина прописной буквы.
Д. Расстояние между строчками.

8.Высота цифр в шрифте №7 …
А. 10 мм. **Б.** 5 мм . **В.** 7 мм. **Г.** 1 см . **Д.** Любая.

9.Высота строчных букв в шрифте №5 …
А. 3,5 мм. **Б.** 5 мм . **В.** 7 мм. **Г.** 2,5 мм . **Д.** Любая.

10. Высота знака *R* (радиус) в шрифте №10 …
А. 3,5 мм. **Б.** 5 мм . **В.** 7 мм. **Г.** 10 мм. **Д.** Любая.

Пример записи ответа: 1- Б, 2- А, … и т.д.

Задание 5. Выпишите и выучите новые слова.

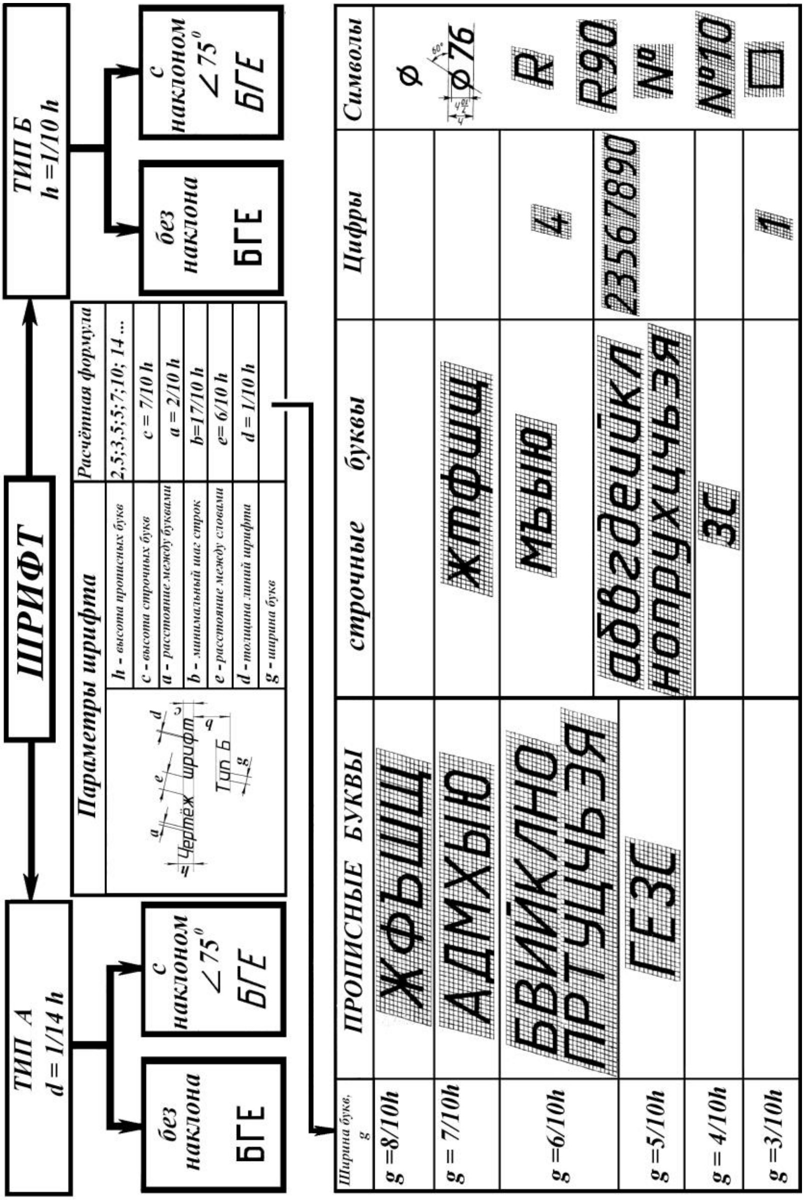


Рис.19. Структурно-логическая схема темы шрифт.

1.1.4. Размеры

Все предметы имеют свои размеры (ГОСТ 2.307 – 68) - длину, ширину, высоту (рис.20). Размеры предметов и их элементов показывают на их изображениях – чертежах (рис. 30). Изображение определяет форму предмета, а размеры - его величину.

На чертежах размеры делят на три группы:

1) **габаритные** - это максимальные размеры предмета;

2) размеры **элементов** предмета;

3)размеры, которые определяют **положение элементов** предмета.

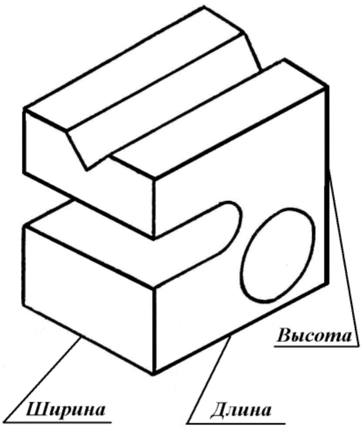


Рис.20.

Размеры наносят с помощью **выносных** и **размерных** линий, **стрелок**, **знаков** и **размерных чисел** (рис.21).

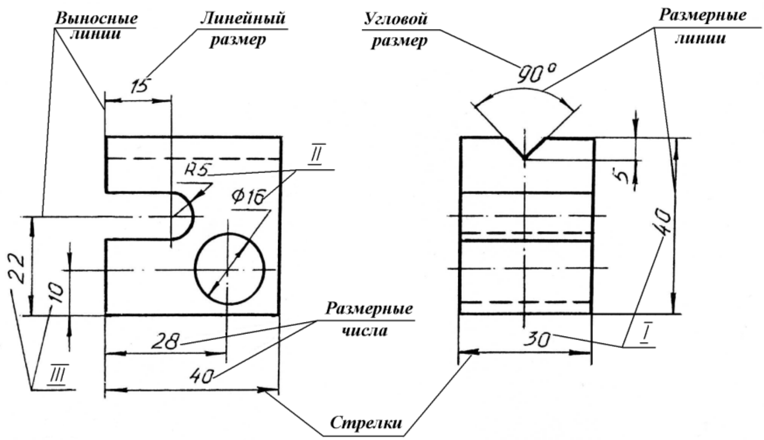


Рис.21.

Выносные и **размерные** линии - это **сплошные тонкие** линии. Размерные линии ограничивают **стрелками**. Размер стрелки зависит от толщины S сплошных основных линий (рис.22). На одном чертеже все стрелки **одинаковые**. Размерные числа, которые наносят на чертеже, выбирают из рядов нормальных чисел (оканчиваются на 0, 5, кратные 2) и проставляют в десятичных дробях. На чертеже размерные числа пишут чертёжным шрифтом. Минимальная высота цифр 3,5 мм.

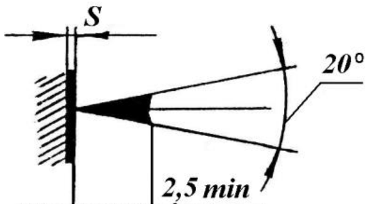


Рис.22.

Размерное число может показывать линейный и угловой размер (рис.21).

ЗАПОМНИТЕ! **Линейные размеры** наносят на чертеже в **миллиметрах**. Единицы измерения **не пишут**.

Угловые размеры наносят на чертеж в **градусах**, **минутах**, **секундах**. Единицы измерения **пишут**: 90°, 7°10', 25°10'30''.

Для нанесения размеров элементов предмета используют знаки: R - радиус, ∅ - диаметр, ○ - сфера, □ – квадрат, ⌒ - дуга.

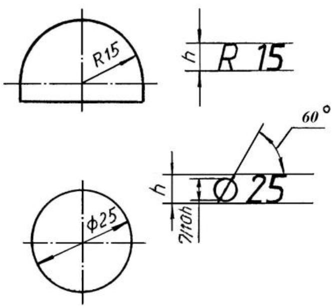


Рис.23.

Перед размерным числом радиуса пишут букву R (рис.23). Высота буквы равна высоте цифр.

Перед размерным числом диаметра пишут знак ∅ (рис.23). Высота знака равна высоте цифр, диаметр окружности равен 7/10 его высоты, угол наклона черты 60^0.

Размер сферы задают радиусом или диаметром (рис.24). Перед знаком R или пишут слово "Сфера" или наносят знак ○. Размер знака ○ равен высоте цифр.

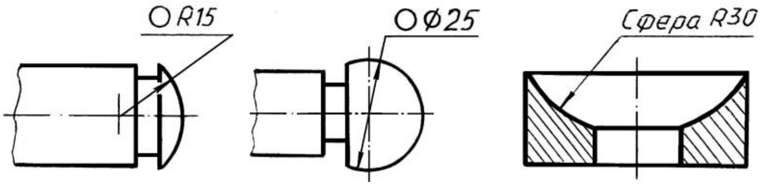
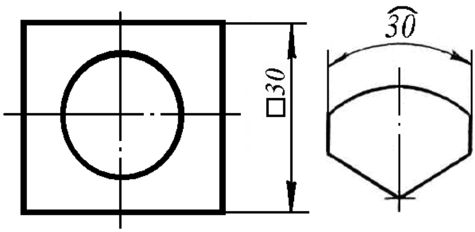


Рис.24.

Размеры квадрата наносят с помощью знака □ (рис.25). Знак пишут перед размерным числом, которое показывает размер стороны квадрата. Размер знака равен высоте цифр.



Для нанесения размера длины дуги окружности (рис.25) используют знак ⌒. Знак пишут над размерным числом.

Рис.25

При нанесении размеров на чертеже необходимо знать основные правила, которые устанавливает стандарт.

Основные **правила** нанесения размеров на чертежах:

1. Положение выносных и размерных линий.

При нанесении размера **отрезка прямой**:

1.1. Размерные линии чертят вне контура предмета (рис.26) и внутри контура предмета (рис.27).

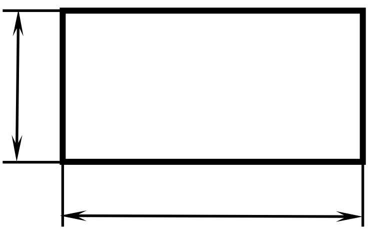


Рис.26.

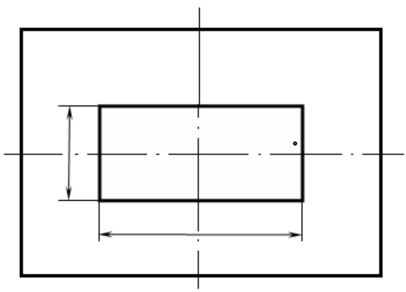


Рис.27.

1.2. Расстояние между размерной линией и параллельной ей контурной линией, параллельными размерными линиями (рис.28) от 6 до 10 мм.

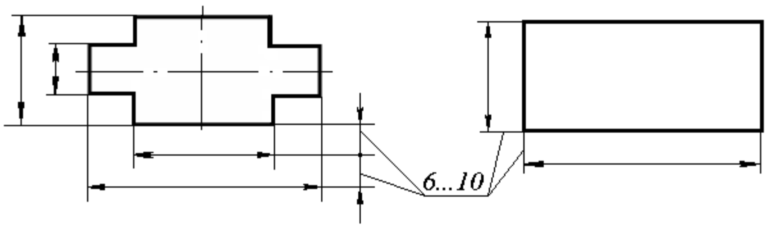


Рис.28.

ЗАПОМНИТЕ! Размерные линии не должны пересекаться с линиями чертежа, а также совпадать с ними. Для этого чертят выносные линии и сначала показывают меньший размер, потом больший.

1.3. Угол между выносными и размерными линиями 90^0 (рис.29).

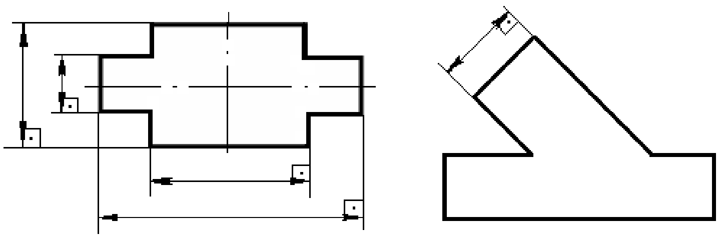


Рис.29.

1.4. Выносные и размерные линии вместе с отрезком образуют параллелограмм (рис. 30).

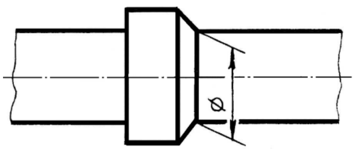


Рис.30

1.5. Выносные линии выходят за концы стрелок размерных линий на 1…5 мм (рис.31).

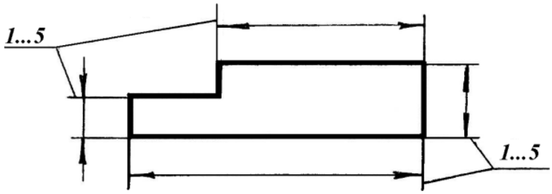


Рис.31.

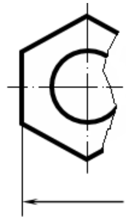


Рис.32.

1.6.Размерную линию можно обрывать при нанесении размеров на половине симметричного изображения. Её проводят за ось симметрии и стрелку не пишут (рис.32).

При нанесении размера **у г л а**:

I.7. Выносные линии являются продолжением сторон угла (рис.33) или их чертят радиально (рис.34).

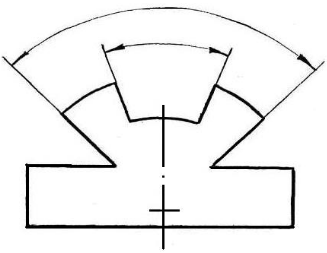


Рис.33.

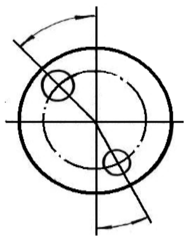


Рис.34.

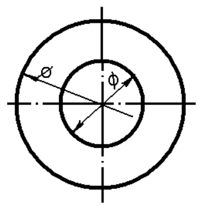


Рис.35.

1.8. Размерные линии проводят в виде дуги с центром в вершине угла (рис.33,34).

При нанесении размера **о к р у ж н о с т и**:

I.9. Размерные линии проводят через **центр** окружности. Они могут пересекаться с контурными линиями (рис.35).

1.10. Размерную линию можно обрывать, её провопят за центр окружности и стрелку не пишут (рис.35).

1.11. Диаметр окружности, которая проецируется в отрезок прямой, показывают длиной этого отрезка (рис .36).

ЗАПОМНИТЕ! Размер **окружности** показывают размером **диаметра**.

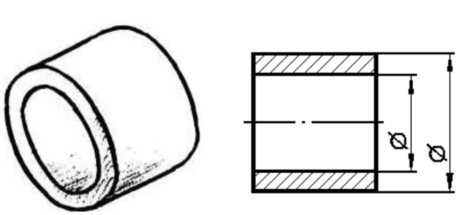


Рис.36.

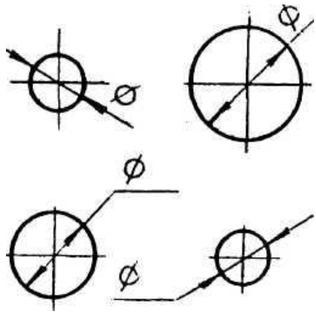


Рис.37.

1.12. Если размер диаметра не помещается внутри окружности, его показывают:

а) на продолжении размерной линии (рис.37);

б) на полке линии-выноски(рис.37);

ЗАПОМНИТЕ! Полка линии-выноски **параллельна** основной надписи чертежа.

в) размерные линии проводят параллельно диаметру окружности (рис.38).

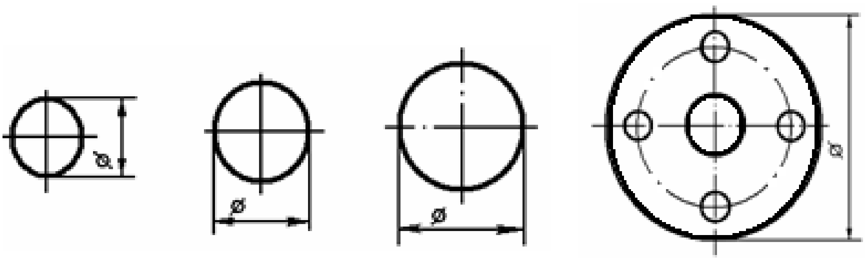


Рис.38.

При нанесении размера **д у г и:**

I.13. Размерную линию проводят через центр дуги или по направлению к центру и ограничивают только одной стрелкой, которая упирается в дугу или её продолжение (рис.39).

ЗАПОМНИТЕ! Размер **дуги** показывают её **радиусом**.

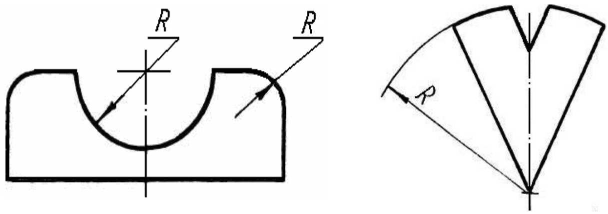
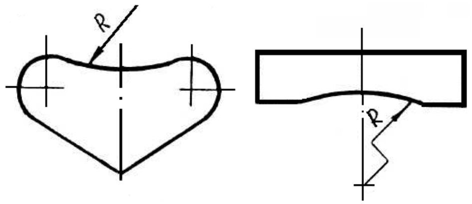


Рис.39.

1.14. Размерную линию можно смещать или не доводить до центра, если его положение на чертеже не показано (рис.40).

1.15. Размерную линию чертят параллельными участками с перпендикулярным изломом, если величина радиуса большая (рис.41).

1.16. Размерные линии разных радиусов, которые проведены из одного центра, не совпадают (рис.42).



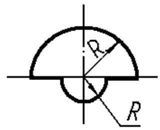
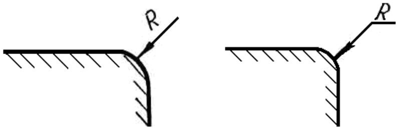


Рис.41. Рис.42.

1.17. Размеры наружных радиусов наносят с внешней стороны дуги (рис.43).



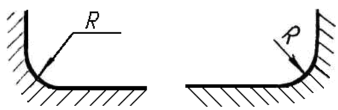


Рис.43. Рис.44.

1.18. Размеры внутренних радиусов наносят со стороны центра дуги (рис.44).

1.19. При нанесении размера **д л и н ы д у г и** выносные линии чертят параллельно биссектрисе центрального угла, если он меньше 90° (рис.45) или по радиусу, если угол, больше 90° (рис.46). Размерные линии чертят концентрично дуге.

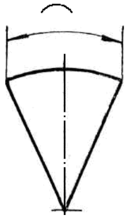


Рис.45.

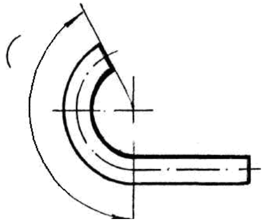


Рис.46.

2.Положение стрелок.

2.1. Стрелки ограничивают размерную линию внутри выносных линий и показывают границы измерения элемента предмета (рис.47).

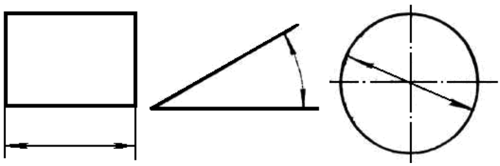


Рис.47.

2.2. Стрелки наносят с внешней стороны размерной линии, если ее длина меньше 10 мм (рис.48).

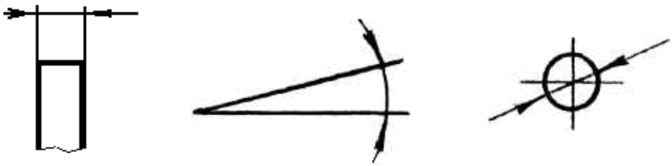


Рис.48.

2.3. Стрелки можно заменять точками (рис.49) или штрихами (рис.50), которые проводят под углом 45° к размерной линии, на размерных линиях в виде цепочки.

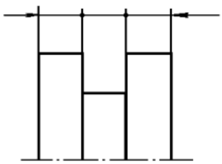


Рис.49.

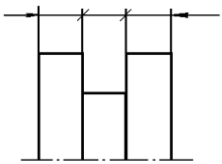


Рис.50.

2.4. Стрелки нельзя пересекать линиями чертежа (рис.51).

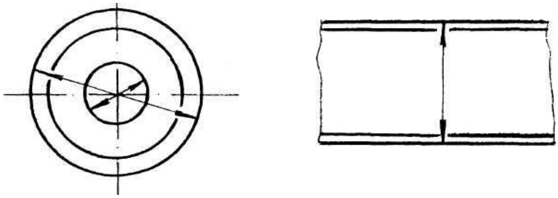


Рис.51.

3.Положение размерных чисел.

3.1. Расстояние между размерной линией и размерным числом примерно I мм (рис.52).

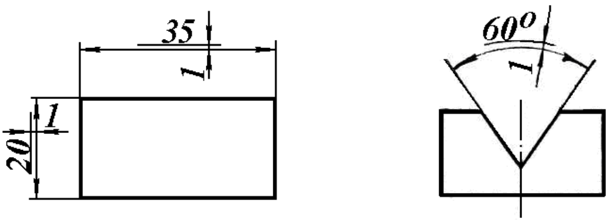


Рис. 52.

3.2. Размерные числа пишут:

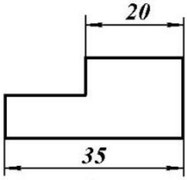
а) над размерной линией и ближе к её середине (рис.53);

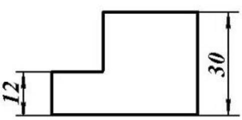
б) слева от размерной линии и ближе к её середине (рис.54);

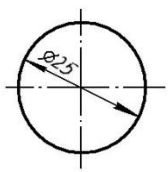
в) смещают относительно середины размерной линии (рис.55);

г) с выпуклой части размерной линии, если угловой размер расположен выше горизонтальной центральной линии (рис.56);

д) с вогнутой части размерной линии, если угловой размер расположен ниже горизонтальной центровой линии (рис.56).







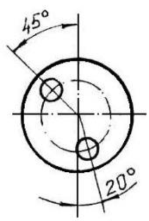


Рис.53. Рис.54. Рис.55. Рис.56.

3.3. Размерные числа располагают в шахматном **порядке** относительно нескольких параллельных (рис.57) или концентричных (рис.58) размерных линий.

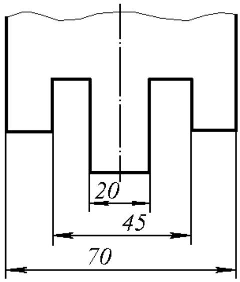


Рис.57.

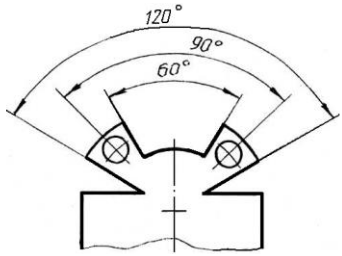


Рис.58.

3.4. Размерные числа относительно наклонных размерных линий и дуг наносят по правилам для линейных размеров (рис.59) и угловых размеров (рис.60).

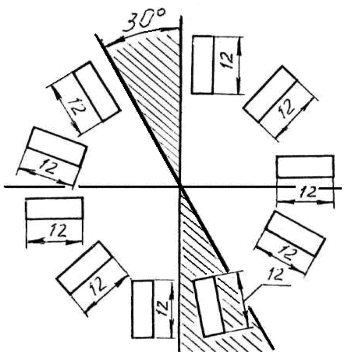


Рис.59.

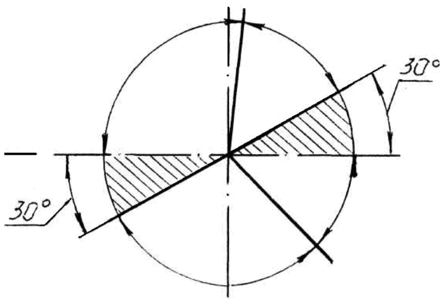


Рис.60.

ЗАПОМНИТЕ! Размерное число пишут на линии полки-выноски, если размерная линия находится в пределах заштрихованной зоны на рисунках 59 и 60 (рис.61).

3.5. Размерные числа пишут на продолжении размерных линий или на линии полки-выноски, если длина размерной линии мала (рис.62).

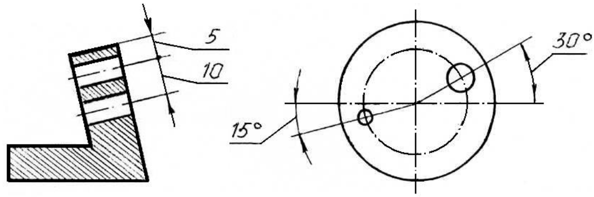


Рис.61.

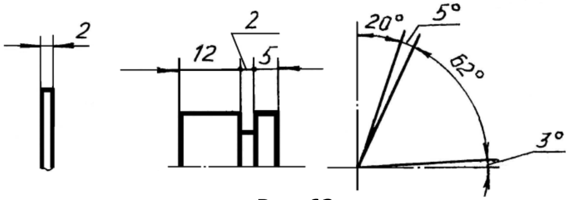


Рис.62.

ЗАПОМНИТЕ! Размерные числа не должны пересекаться линиями чертежа (рис. 63).

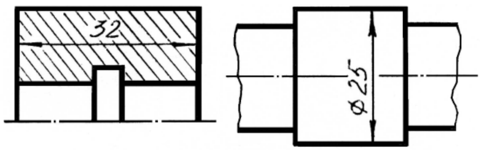


Рис.63.

4. Нанесение размеров одинаковых элементов предмета

4.1. Размер одинаковых элементов предмета наносят один с указанием их количества (рис.64).

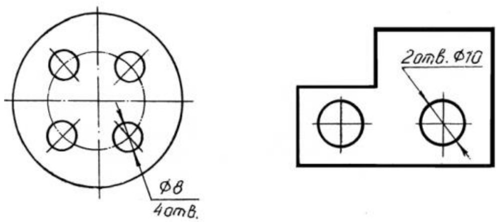


Рис.64.

4.2. Размер симметричных элементов предмета наносят один раз и группируют в одном месте, количество элементов не указывают, кроме отверстий (рис.65).

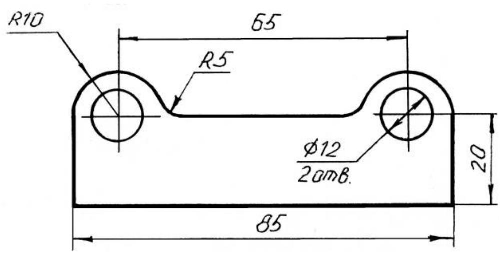


Рис.65.

ЗАПОМНИТЕ! Общие требования к нанесению размеров на чертежах:

I. Общее количество размеров на чертеже должно быть **минимальным**, но достаточным для изготовления и контроля предмета (рис.21).

2.Размеры, которые относятся к одному элементу предмета, группируют в одном месте и наносят на чертеж один раз на том изображении, на котором форма элемента более понятна.

3.Размеры внешних и внутренних форм предмета располагают по **разные** стороны оси симметрии.4. Размеры необходимо наносить от линий **видимого** контура.

На чертежах предметов и деталей размеры наносят с учетом их геометрической формы, технологии изготовления и контроля. Последовательность нанесения размеров с учетом основных правил и требований показана в структурно-логической схеме на рис. 66.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Читайте текст, определите его тему, озаглавьте текст.

Все предметы и их элементы имеют свои размеры - длину, ширину, высоту. Размеры наносят на чертежах. Размеры определяют величину предмета. Чтобы нанести размеры чертят выносные и размерные линии, стрелки, пишут знаки и размерные числа. Размеры наносят на чертеж по правилам. Правила устанавливает стандарт. Основные правила нанесения размеров на чертежах необходимо запомнить.

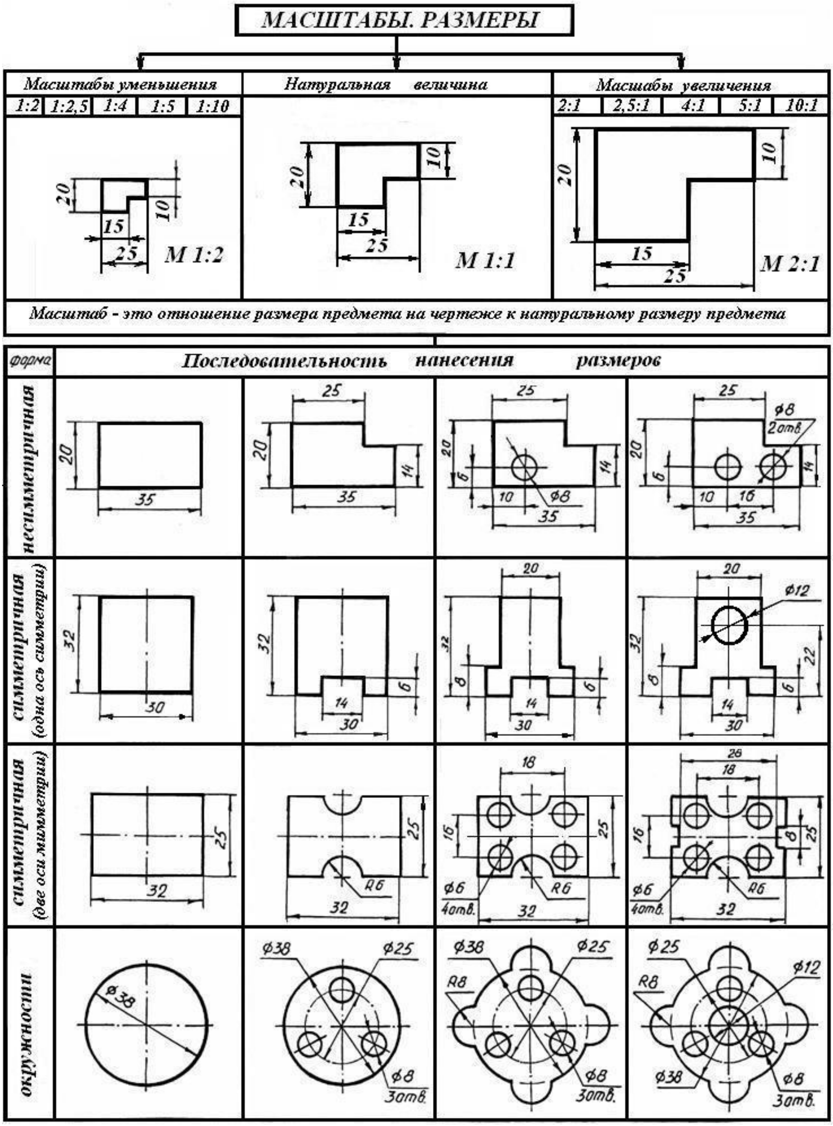


Рис. 66. Структурно-логическая схема по темам размеры и масштабы.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1.Какие размеры предметов вы знаете?
2.Что определяют размеры?
3.С помощью чего наносят размеры?
4.Какие знаки для нанесения размеров вы знаете?
5.В каких единицах измерения наносят линейные и угловые размеры?

Задание 3. Выполните в тетради чертежи, нанесите размеры.

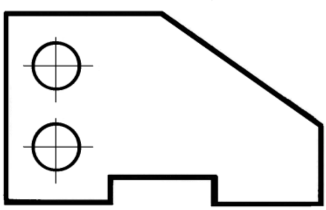


Чертёж №1

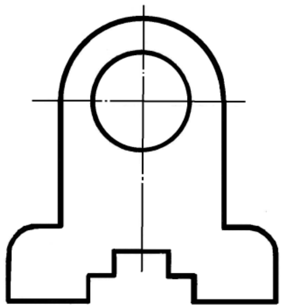


Чертёж № 2

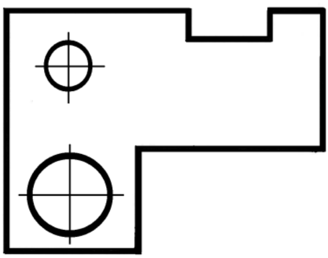


Чертёж № 3

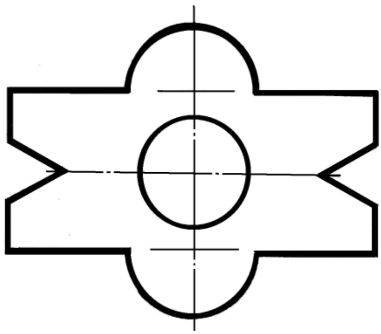


Чертёж № 4

Проверьте положение выносных и размерных линий, стрелок и размерных чисел (смотрите основные правила). Для каждого чертежа определите общее количество размеров, а также количество габаритных размеров, размеров элементов и размеров, которые определяют положение элементов. Результаты проверьте по таблице 4.

Таблица 4. Количество размеров на чертежах (см. задание 3)

№ чертежа	РАЗМЕРЫ			
	габаритные	элементов	определяющие положение элементов	общее количество
1	2	5	4	11
2	1	8	1	10
3	2	6	4	12
4	1	4	1	6

Задание 4. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.

1. Выносная линия выходит за размерные стрелки на …
А. 6…10 мм. **Б.** 1…5 мм. **В.** 1 …2 мм. **Г.** 15…20 мм.

2. Расстояние между размерной линией и линией видимого контура …
А. 6…10 мм. **Б.** 3…5 мм. **В.** 1 …2 мм. **Г.** 15…20 мм.

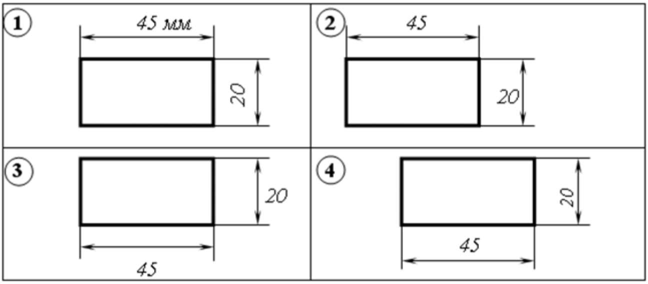
3. Расстояние между параллельными размерными линиями …
А. 6…10 мм. **Б.** 3…5 мм. **В.** 1 …2 мм. **Г.** 15…20 мм.

4. Расстояние от размерной линии до размерного числа …
А. 6 мм. **Б.** 3 мм. **В.** 1 мм. **Г.** Любое.

5. Минимальная длина размерных стрелок …
А. 10 мм. **Б.** 5 мм. **В.** 2,5 мм. **Г.** Любая.

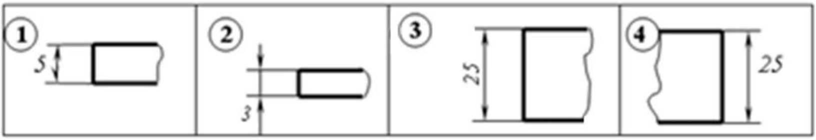
6. Осевые и центровые линии выходят за линию видимого контура и очертание окружности на …
А. 6…10 мм. **Б.** 2…5 мм. **В.** 1 …2 мм. **Г.** 15…20 мм.

7. Линейные размеры правильно показаны на рисунке …



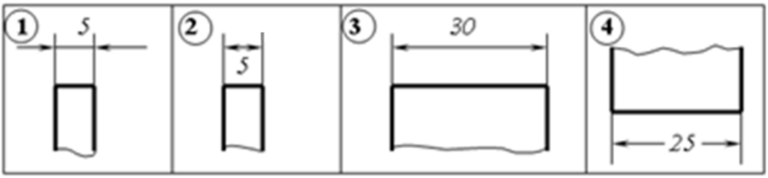
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

8.Размерное число относительно вертикальной размерной линии правильно показано на рисунке …



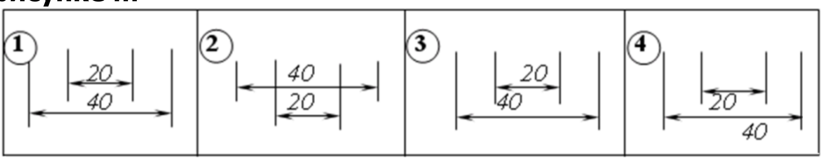
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** 1 и 3.

9.Размерное число относительно горизонтальной размерной линии правильно показано на рисунке …



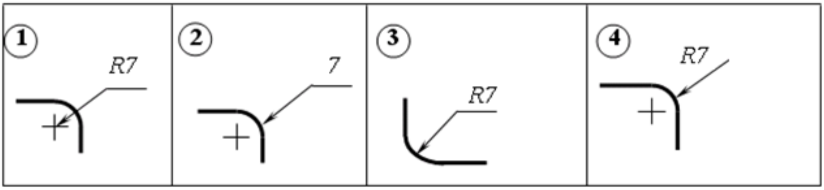
А. 1 и 4. **Б.** 2 и 3. **В.** 1 и 3. **Г.** 2 и 4. **Д.** 3.

10. Размерные числа относительно параллельных горизонтальных размерных линий правильно показаны на рисунке …



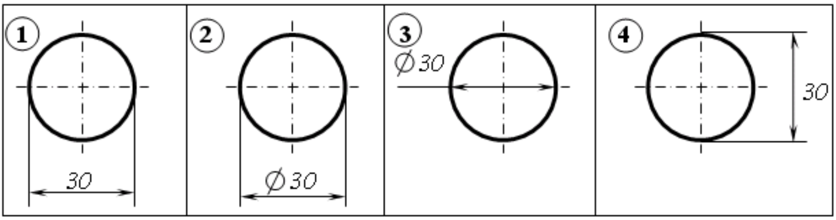
А. 1 . **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** 1 и 3.

11. Радиус дуги правильно показан на рисунке …



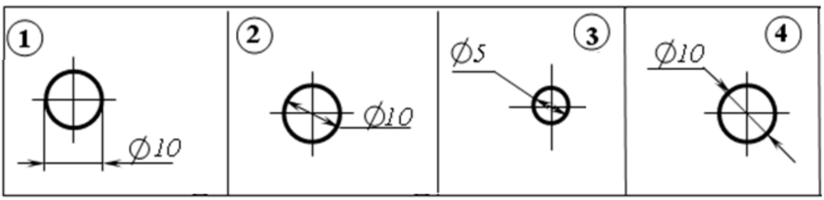
А. 1 . **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** 3 и 4.

12. Диаметр окружности правильно показан на рисунке …



А. 1 . **Б.** 2. **В.** 2 и 3. **Г.** 4. **Д.** 3 и 4.

13. Размер окружности малого диаметра правильно показан на рисунке …



А. 1 . **Б.** 2. **В.** 2 и 3. **Г.** 1 и 4. **Д.** 3 и 4.

Пример записи ответа: 1- Б, 2- А, … и т.д.

Задание 5. Выпишите и выучите новые слова.

1.1.5. Масштабы

Не все предметы и их элементы можно изобразить в натуральную величину. Одни предметы очень большие, другие очень маленькие (рис. 67). Поэтому при выполнении чертежей таких предметов используют масштабы (ГОСТ 2. 302 – 68) уменьшения или увеличения.

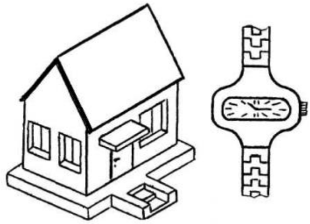


Рис.67.

ЗАПОМНИТЕ! Масштаб - это отношение линейных размеров изображения к натуральным линейным размерам предмета (рис. 68).

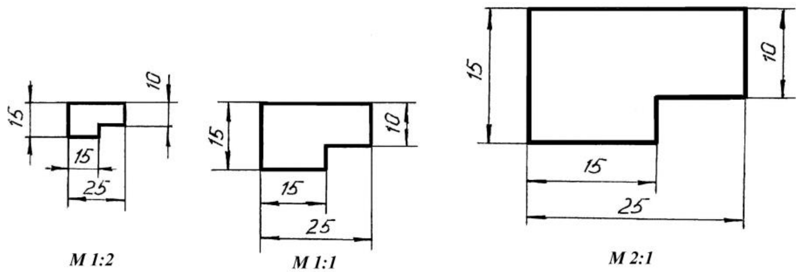


Рис.68.

Масштаб 1:1 – **н а т у р а л ь н а я** величина (М 1:1). Это значит, что размеры изображения **равны** размерам предмета.

Масштаб 1:2 - масштаб **у м е н ь ш е н и я** (М 1:2). Это значит, что размеры изображения в два раза **меньше** размеров предмета.

Масштаб 2:1 - масштаб **у в е л и ч е н и я** (М 2:1). Это значит, что размеры изображения в два раза **больше** размеров предмета.

Масштабы устанавливает стандарт (табл. 5).

ЗАПОМНИТЕ! Размерные числа на чертеже всегда показывают **натуральные** размеры предмета (рис. 68).

Таблица 5. Масштабы.

Масштабы уменьшения	1:2	1:2,5	1:4	1:5	I: 10	1:15	1:20	...
Натуральная величина	1:1							
Масштабы увеличения	2:1	2,5:1	4:1	5:1	10:1	15:1	20:1	...

ЗАПОМНИТЕ! При выполнении чертежа в заданном масштабе **не изменяются**:1) положение выносных и размерных линий; 2) угловые размеры.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ:

Задание 1. Читайте текст.

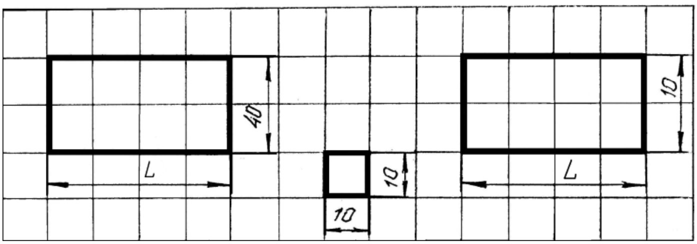
Я студент. Моя специальность инженер-строитель. Я буду строить дома. Чтобы выполнить чертеж дома, я использую масштаб уменьшения, потому что дом очень большой. На чертеж я нанесу натуральные размеры дома.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Что такое масштаб?
2. Какие масштабы вы используете на чертеже?
3. Когда, используют масштабы уменьшения и увеличения?
4. Что показывают размерные числа на чертеже?

Задание 3. Определите длину предмета " L" и масштаб изображения.

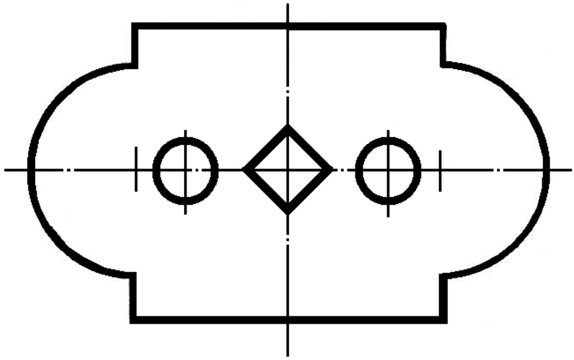
I) 2)



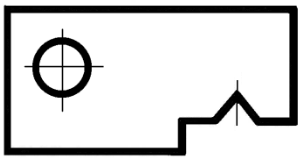
L = ...
M .....

L = ...
M .....

Задание 4. Выполните чертеж в масштабе М 1:2, нанесите размеры.



Задание 5. Выполните чертеж в масштабе М 2:1, нанесите размеры.



Задание 6. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.

1. Масштаб 2:1 значит, что …
А. Размеры изображения в два раза больше размеров предмета.
Б. Размеры изображения в два раза меньше размеров предмета.
В. Размеры изображения равны размерам предмета.

2. Масштаб 1:1 значит, что …
А. Размеры изображения в два раза больше размеров предмета.
Б. Размеры изображения в два раза меньше размеров предмета.
В. Размеры изображения равны размерам предмета.

3. Масштаб 4:1 значит, что …
А. Размеры изображения в четыре раза меньше размеров предмета.

Б. Размеры изображения в четыре раза больше размеров предмета.
В. Размеры изображения равны размерам предмета.

4. Размерные числа на чертеже, который выполнен в масштабе 1:5, показывают…
А. Увеличенные размеры предмета.
Б. Уменьшенные размеры предмета.
В. Натуральные размеры предмета.

5. Масштаб 1:2 значит, что …
А. Размеры изображения в два раза больше размеров предмета.
Б. Размеры изображения в два раза меньше размеров предмета.
В. Размеры изображения равны размерам предмета.

6. Размерные числа на чертеже, который выполнен в масштабе 1:1, показывают…
А. Увеличенные размеры предмета.
Б. Уменьшенные размеры предмета.
В. Натуральные размеры предмета.

7. Натуральный размер предмета, если его изображение на чертеже в М4:1 имеет размер 100 мм, равен …
А. 50 мм **Б.** 400 мм **В.** 25 мм

8. **Размерные числа на чертеже, который выполнен в масштабе М10:1, показывают…**
А. Увеличенные размеры предмета.
Б. Уменьшенные размеры предмета.
В. Натуральные размеры предмета.

Пример записи ответа: 1- Б, 2- А, … и т.д.

Задание 7. Выпишите и выучите новые слова.

1.2. Геометрические построения

1.2.1. Построение прямых линий, угла, окружности

Построением на чертеже называется графический способ решения геометрических задач на плоскости при помощи чертежных инструментов.

При решении геометрических задач прямые линии обозначают строчными буквами латинского алфавита - *a, b, c, d, e,* ... . Точки обозначают прописными буквами латинского алфавита - *A, B, C, D* и т.д.

Отрезок - это часть прямой линии, которая ограничена двумя точками (рис. 69).

Луч - это часть прямой линии, которая ограничена одной точкой (рис. 70).

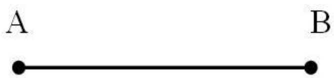


Рис.69.

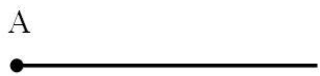


Рис.70.

Построение прямых линий.

Задача. Через точку *A* провести прямую *b* , параллельно (ll) прямой *a* . Точка *A* не лежит на прямой *a* ($A \notin a$).

1) Дана прямая *a* и точка *A*, $A \notin a$ (рис. 71).
2) На прямой *a* берём произвольную точку *B*.
3) С центром в точке *B* проводим дугу радиусом *R=BA*. Получаем точку *C*.

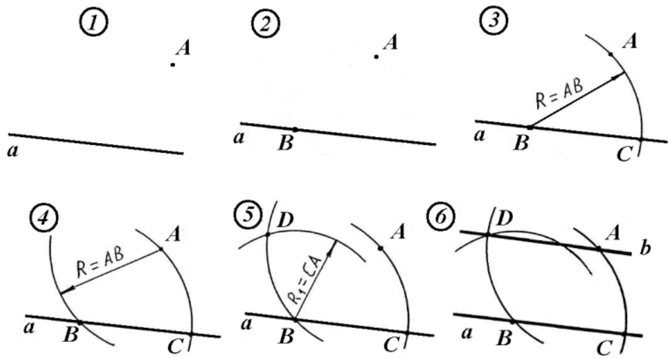


Рис.71.

4) С центром в точке *A* проводим дугу радиусом $R = BA$.
5) С центром в точке *B* проводим дугу радиусом $R_1=CA$. Получаем точку *D*.
6) Соединяем точки *A* и *D*, проводим прямую *b*. $a \parallel b$.

Задача. Через точку *A* построить перпендикуляр ($\perp$) к прямой *b*. Точка *A* не лежит на прямой *b* ($A \notin b$).

1) Дана прямая *b* и точка *A*. $A \notin b$ (рис. 72).
2) С центром в точке *A* проводим дугу радиусом *R*. Радиус *R* произвольный, но дуга должна пересекать прямую *b* в двух точках *B* и *C*.
3) С центрами в точках *B* и *C* проводим дуги радиусом R_1.
4) Радиус R_1 произвольный, но $R_1 \rangle \frac{BC}{2}$. Получаем точку *D*.
5) Соединяем точки *A* и *D*, проводим прямую *a*. $a \perp b$.

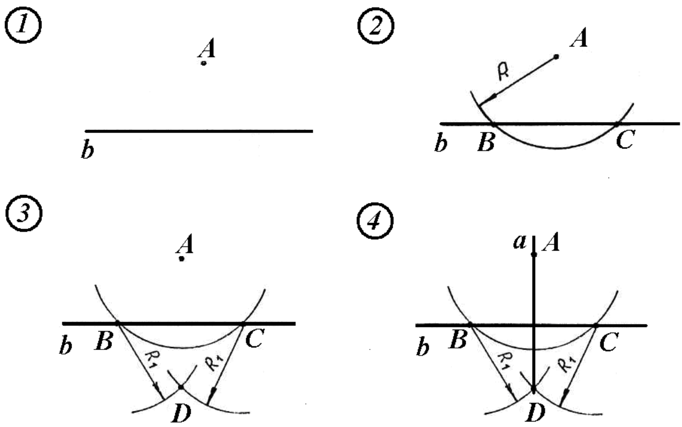


Рис. 72.

Задача. Через точку А построить перпендикуляр ($\perp$) к прямой *b*. Точка *A* лежит на прямой *b* ($A \in b$).

1) Дана прямая *b* и точка *A*. $A \in b$ (рис. 73).
2) С центром в точке *A* проводим дугу радиусом *R* . Радиус *R* произвольный. Получаем точки *C* и *B*.
3) С центрами в точках *B* и *C* проводим дуги радиуса R_1. Радиус $R_1 > AB$. Получаем точки *E, A* и *D*.

4) Соединяем точки *E, A* и *D*. Проводим прямую *a*. $a \perp b$.

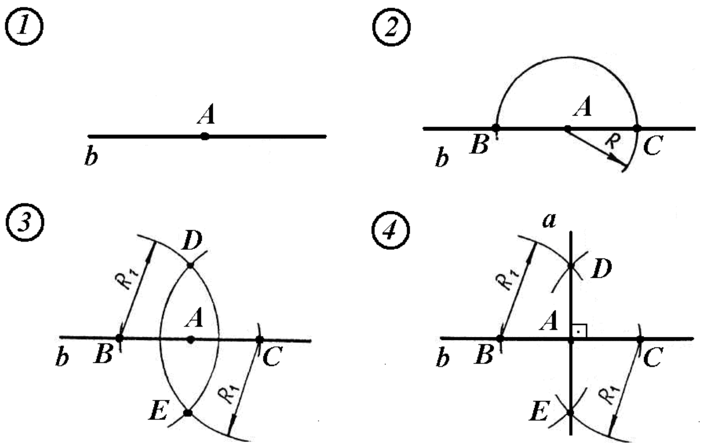


Рис. 73.

Построение угла.

Задача. В точке *B* построить угол, который равен углу *A*.

1) Дан угол *A* и точка *B* (рис. 74).

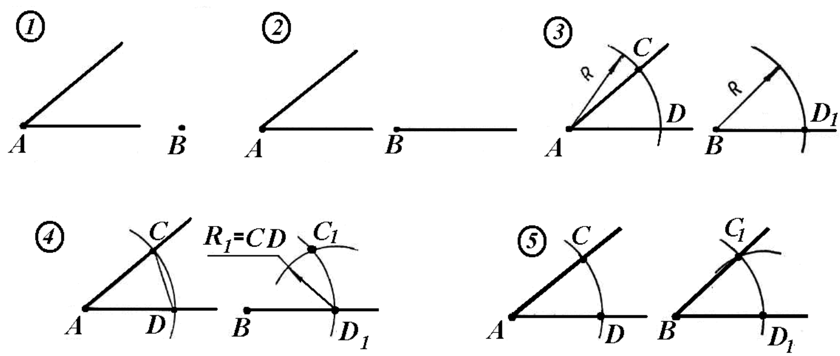


Рис. 74.

2) Из точки *B* проводим прямую - это сторона угла.

3) С центрами в точках А и В проводим дуги радиусом *R*. Радиус *R* произвольный. Получаем точки *C, B* и D_1.

4) С центром в точке D_1 проводим дугу радиусом R_1. Получаем точку C_1.

5) Соединяем точки *B* и C_1 , проводим вторую сторону угла *B*. $\angle CAD = \angle C_1BD_1$.

Построение окружности.

Задача. Через три точки, которые не лежат на одной прямой построить окружность.

1) Даны три произвольные точки *A, B* и *C*, которые не лежат на одной прямой (рис. 75).

2) Соединяем точки *A* и *B*, *B* и *C*.

3) Строим $\perp$ к отрезку *AB*. Для этого с центром в точках *A* и *B* проводим дуги радиусом $R\rangle\dfrac{AB}{2}$.

4) Строим $\perp$ к отрезку *BC*. Для этого с центром в точках *B* и *C* проводим дуги радиусом $R_1\rangle\dfrac{BC}{2}$.

5) Точка пересечения перпендикуляров - центр окружности *O*. С центром в точке *O* проводим окружность через точки *A, B* и *C*.

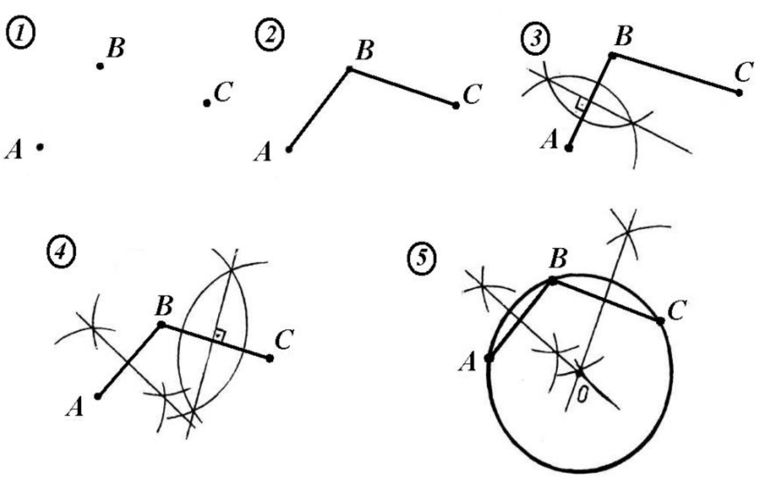


Рис. 75.

Задача. Найти центр дуги *a*.

1) Дана дуга *a* (рис. 76).

2) На дуге берём три произвольные точки *A, B, C*.

3) Соединяем точки *A* и *B*, *B* и *C*.

4) Строим перпендикуляры к отрезкам *AB* и *BC*. Точка пересечения перпендикуляров *O* - центр дуги.

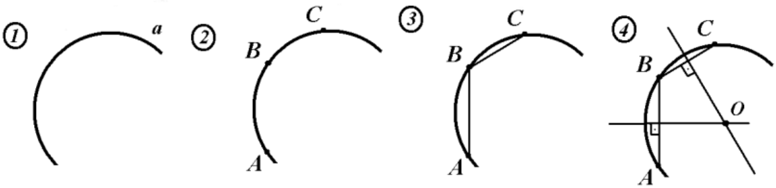


Рис. 76.

Построение касательной к окружности.

Касательная к окружности - это прямая, которая имеет с окружностью только одну общую точку. Эта точка - точка касания.

ЗАПОМНИТЕ! Свойство касательной: касательная **перпендикулярна** радиусу окружности, который проходит через точку касания.

Задача. Построить касательную к окружности через точку А, которая лежит на окружности.

1) Дана окружность и точка *A*, которая лежит на окружности (рис. 77).

2) Через точки *C* и *A* проведём прямую *b*.

3) Через точку *A* построим перпендикуляр к прямой *b*. Этот перпендикуляр - касательная к окружности.

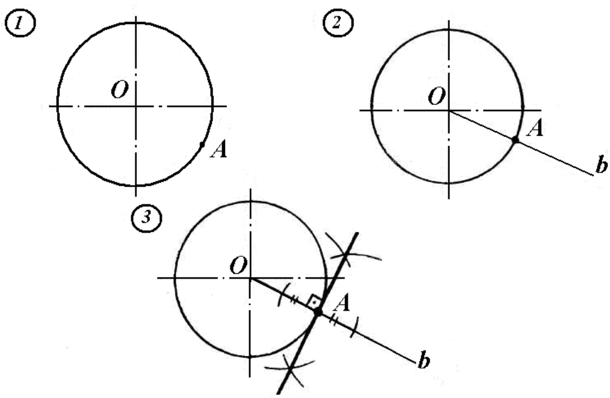


Рис. 77.

Задача. Построить касательную к окружности через точку *A*, которая не лежит на окружности.

I) Дана окружность и точка *A*, которая не лежит на окружности (рис. 78).

2) Соединим точки *O* и *A*.

3) Отрезок *OA* разделим на две части. Для этого с центром в точках *O* и *A* проводим дуги радиусом $R\rangle\dfrac{OA}{2}$. Получим точки *C* и *D*. Соединим точки *C* и *D*, получим точку *E*.

4) С центром в точке *E* проводим дугу радиуса $R_1=OE$. Получим точки *M* и *N* -это точки касания.

5) Соединим точки *M* и *A*, *N* и *A*. Прямые *MA* и *NA* - это касательные к окружности, которые проходят через точку *A*.

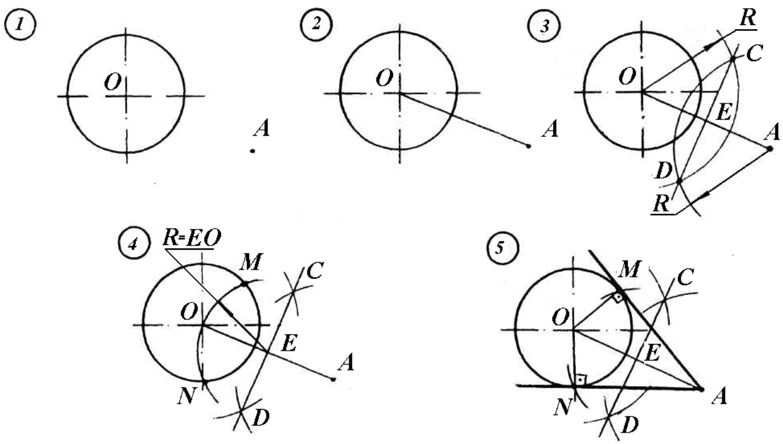


Рис. 78.

Структурно-логическая схема темы геометрические построения показана на рис. 79.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Что называется построением на чертеже?
2. Что называется отрезком?
3. Что называется лучом?
4. Что называется касательной к окружности?
5. Какое свойство касательной к окружности вы знаете?

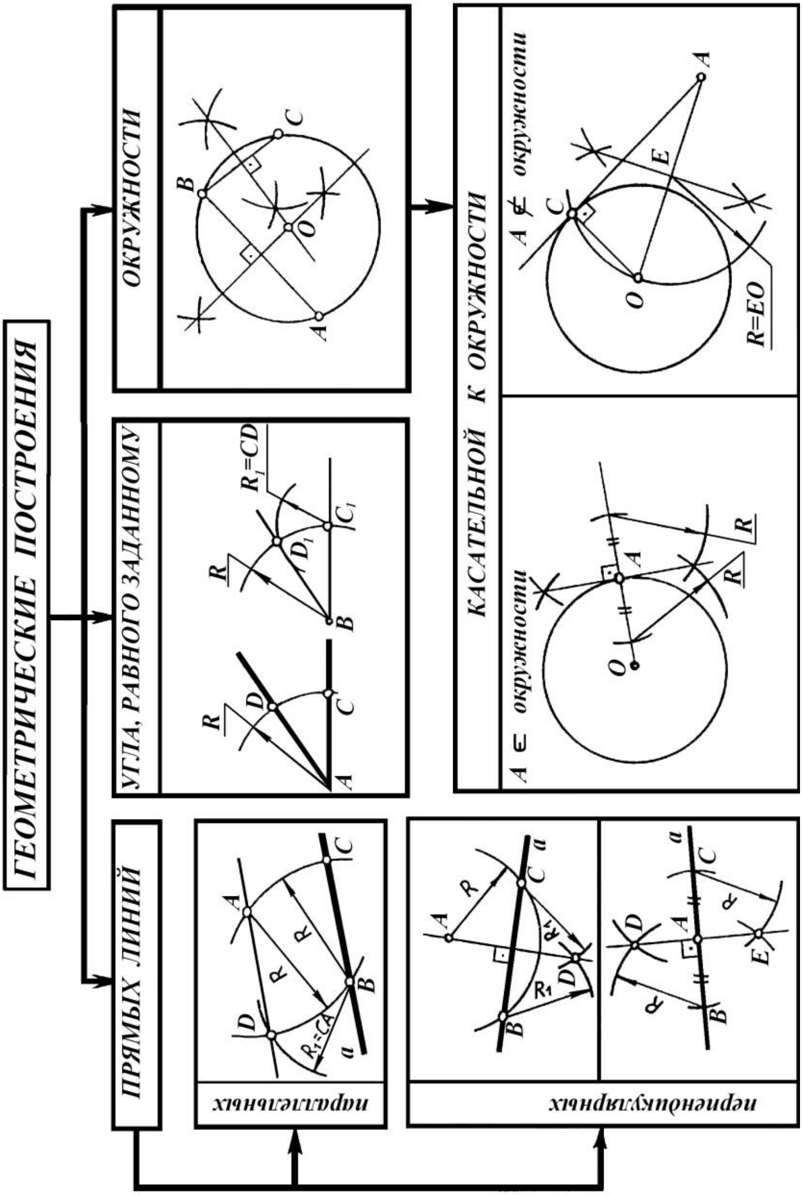


Рис.79. Структурно-логическая схема по теме построение прямых линий, угла, окружности.

Задание 2. Выполните в тетради построения:
I) Через точку *A* постройте прямую *a*, параллельную прямой *b*. Через точку *B*, которая лежит на прямой *b*, постройте перпендикуляр к прямым *a* и *b* (рис. 80).

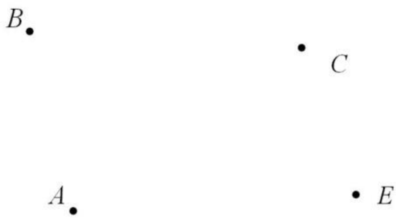


Рис. 80.

2)Через три точки *A, B* и *C* проведите окружность. Через точку *E* постройте касательную к этой окружности (рис.81).

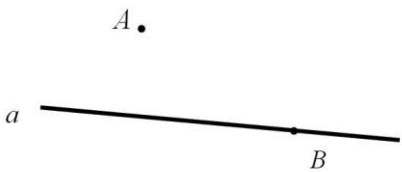


Рис. 81.

1.2.2. Деление на равные части отрезка прямой, угла, окружности. Многоугольники

Деление отрезка прямой.

Задача. Разделить отрезок на **две** равные части (n = 2).
I) Дан отрезок *AB* (рис. 82).
2) С центром в точках *A* и *B* проводим дуги радиусом $R > \frac{AB}{2}$
.Получаем точки *C* и *D* .
3) Соединяем точки *C* и *D* , получаем точку *E*. *AE* = *EB*.

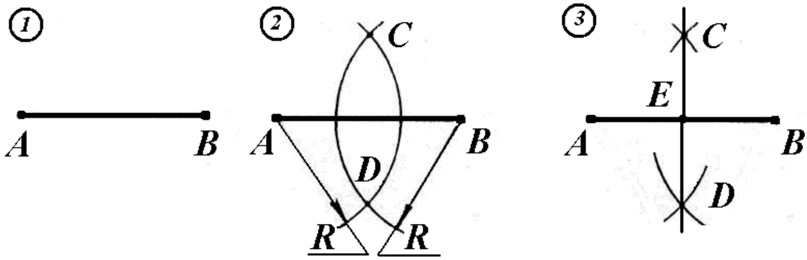


Рис. 82.

Задача. Разделить отрезок на **четыре**, **восемь** равных частей (n =4, n =8).

Чтобы разделить отрезок на четыре равные части, надо отрезки *AE* и *EБ* разделить на две части. Получаем точки *M* и *N* , *AM=ME=EN=NB* (рис. 83).

Чтобы разделить отрезок на восемь равных частей, надо каждый из четырёх отрезков разделить на две части (рис. 84).

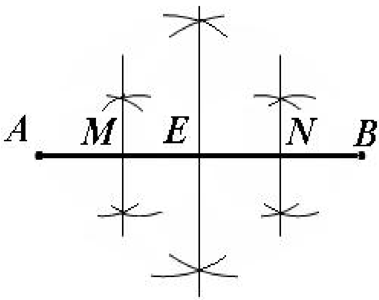


Рис. 83.

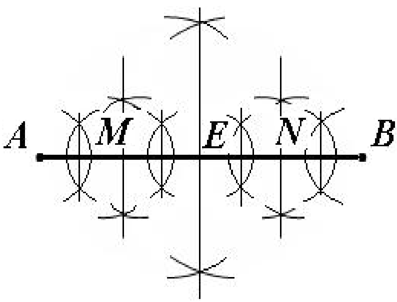


Рис. 84.

Задача. Разделить отрезок на "***n***" равных частей, ($n \in N$) . Пусть n =5.

I) Дан отрезок *AB* (рис. 85).

2) Из точки *A* проведём луч под произвольным углом.

3) От точки *A* на луче циркулем откладываем пять произвольных равных отрезков.

4) Соединяем точки *B* и *5*. Параллельно этому отрезку проводим прямые через точки *1, 2, 3, 4*. *AC=CD=DE=EF=FB*.

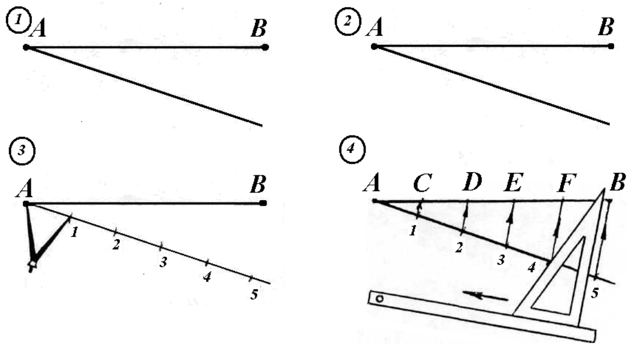


Рис.85.

Деление угла.

Задача. Разделить угол на **две** равные части (n =2).

1) Дан угол B (рис.86).

2) С центром в точке B проводим дугу произвольного радиуса R. Получаем точки C и D .

3) С центрами в точках C и D проводим дуги радиусом R.Получаем точку E.

4) Соединяем точки B и E. Прямая BE делит угол B на две равные части. BE - биссектриса угла B.

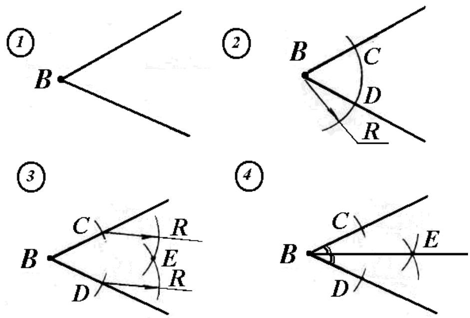


Рис. 86.

Задача. Разделить **прямой** угол на три равные части (n = 3).

1) Дан прямой угол A (рис.88).

2) С центром в точке A проводим дугу произвольного радиуса R. Получим точки B и C.

3) С центрами в точках *B* и *C* проводим дуги радиусом *R* . Получим точки *I* и *2*. 4). Соединяем точки *A* и *I*, *A* и *2*. Прямые *AI* и *A2* делят прямой угол на три равные части.

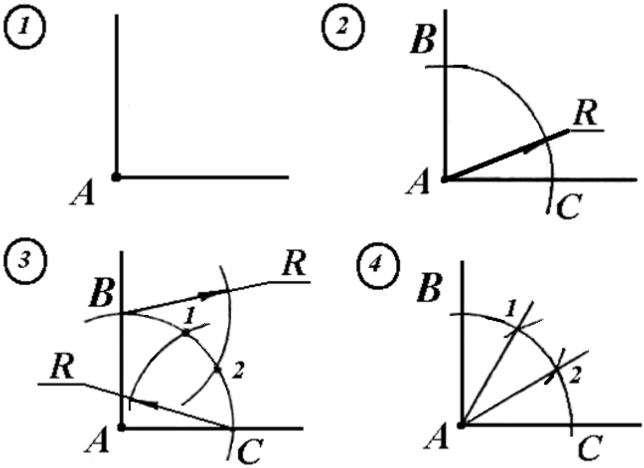


Рис. 88.

Эту задачу можно решить с помощью угольника с углами 30 и 60° (рис.89).

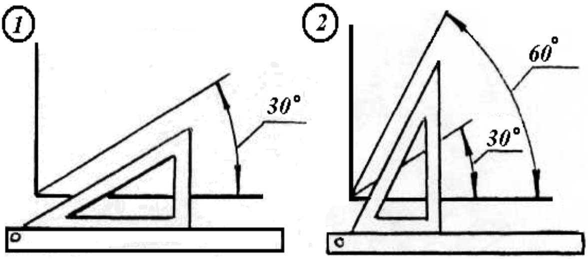


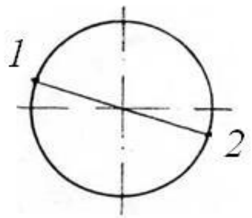
Рис.89.

Деление окружности.

Задача. Разделить окружность на **две**, **четыре**, **восемь** равных частей.

На две равные части окружность делит произвольный диаметр (рис.90).

На четыре равные части окружность делят два взаимно перпендикулярных диаметра (рис.91).



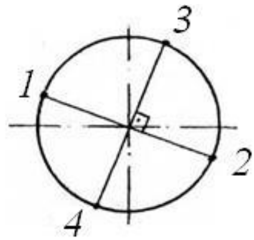


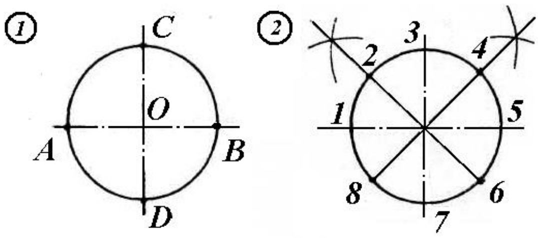
Рис.90. Рис. 91.

Рассмотрим деление окружности на восемь равных частей (n=8).

1) Взаимно перпендикулярные диаметры *AB* и *CD* делят окружность на четыре равные части (рис. 92).

2) Строим биссектрисы углов *AOC* и *COB*. Получаем точки *2,4,6,8*.

Эту задачу можно решить с помощью угольника с углами 45° (рис. 93).



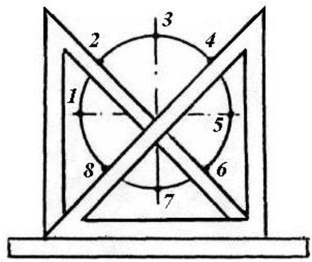


Рис. 92. Рис. 93.

Задача. Разделить окружность на **три**, **шесть**, **двенадцать** равных частей.

Чтобы разделить окружность на три равные части, с центром в точке *A* проводим дугу радиусом *R*, где *R* – радиус окружности. Получим точки 2 и 3 (рис. 94).

Для деления окружности на шесть равных частей нужно с центром в точках *A* и *B* начертить дуги радиусом *R*. При этом мы получим точки 2 и 6, 3 и 5 (рис. 95).

Чтобы разделить окружность на двенадцать равных частей, с центром в точках *A, B, C* и *D* проводим дуги радиусом *R*. Получим точки 2 и 6, 3 и 11, 5 и 9, 8 и 12 (рис. 96).

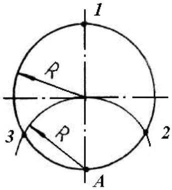


Рис. 94.

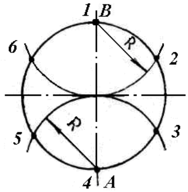


Рис. 95.

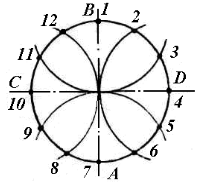


Рис. 96.

Эти задачи можно решить с помощью угольника с углами 30 и 60° (рис. 97).

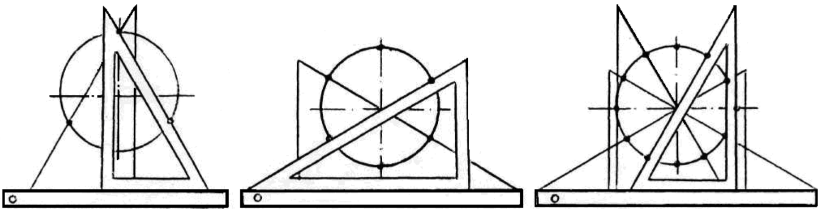


Рис. 97.

Задача. Разделить окружность на **семь** равных частей.
I) С центром в точке *A* проводим дугу радиусом *R*. *R* - радиус окружности. Получим точки *B* и *C* (рис. 98).
2) Соединим точки *B* и *C*. Получим точку *D*. *AD*=*DO*. *BD* - сторона правильного семиугольника.
3) От точки 1 по окружности циркулем откладываем хорды, которые равны длине отрезка *BD*.

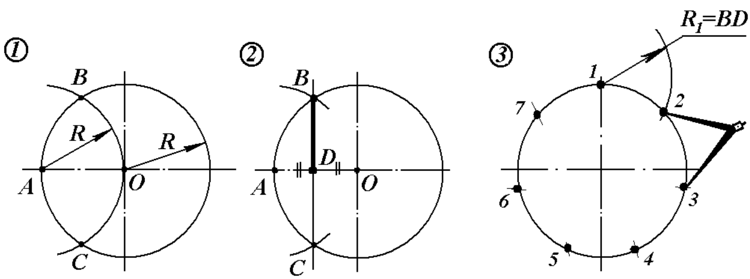


Рис. 98.

Задача. Разделить окружность на **девять** равных частей.

1) С центром в точке *A* проводим дугу радиуса *R* . *R* радиус окружности (рис. 99).

2) С центром в точке *B* проводим дугу радиусом $R_1 = B1$. Получим точки *C* и *D*, соединим эти точки. Отрезок *CD* - сторона правильного девятиугольника.

3)От точки I по окружности циркулем откладываем хорды, которые равны *CD*.

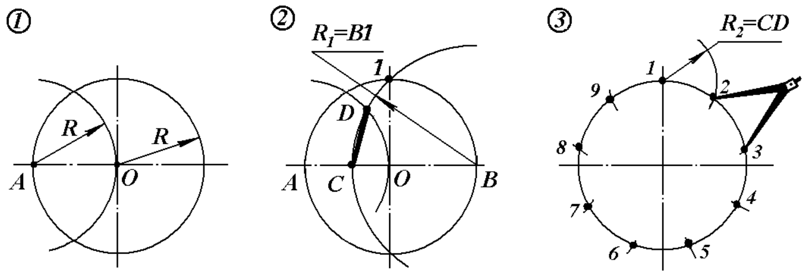


Рис. 99.

Задача. Разделить окружность на **пять** и **десять** равных частей.

I способ

1) Радиус *OA* делим на две равные части. Получаем точку *D* (рис. 100).

2) С центром в точке *D* проводим дугу радиусом $R_1 = D1$. Получим точку *K*.

3) Соединим точки *K* и *1*. Отрезок *K1* - сторона правильного пятиугольника.

4) От точки *I* по окружности циркулем откладываем хорды, которые равны *K1*.

5) Отрезок *OK* - сторона правильного десятиугольника. От точки 1 по окружности циркулем откладываем хорды, которые равны *CK*.

II способ

I) Делим радиус *OA* на две равные части. $AD = DO$ (рис. 101).

2) Соединяем точки *D* и *E*.

3) С центром в точке *D* проводим дугу радиусом $R_1 = DO$. Получаем точку *F* . Отрезок *EF* - сторона правильного десятиугольника.

4) С центром в точке *E* проводим дугу радиуса $R_2 = EF$.Получим точки *3* и *4.* Хорда *3-4* равна стороне правильного пятиугольника.

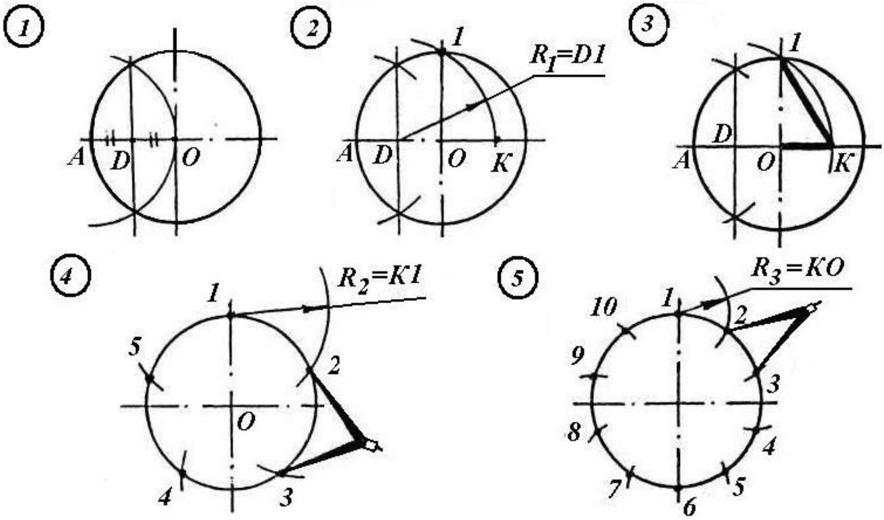


Рис. 100.

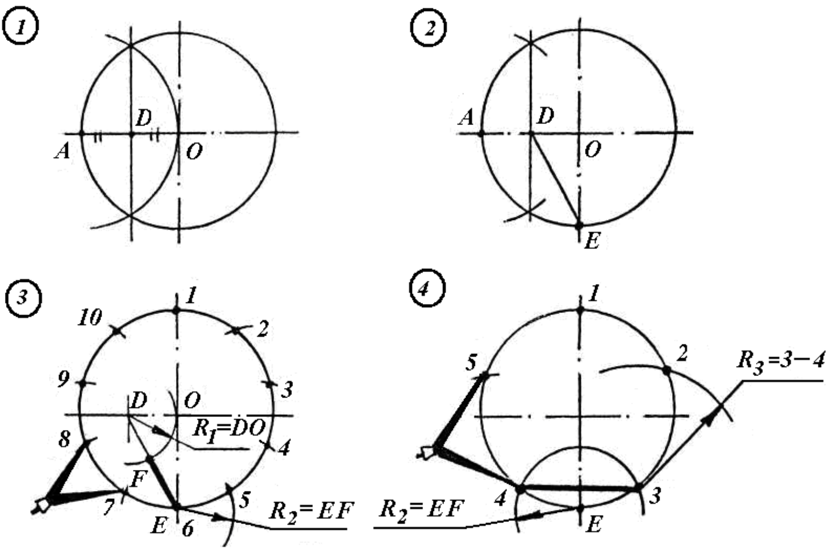


Рис. 101.

Задача. Разделить окружность на "*n*" равных частей (универсальный способ деления окружности).

I способ

I) С центром в точке *B* проводим дугу радиуса *R= AB*. Получаем точки *C* и *D* (рис. 102).

2) Вертикальный диаметр *AB* делим на "*n*" равных частей (*n*=7).

3) Через точку *C* и нечётные точки деления диаметра проводим вспомогательные прямые. На окружности получаем точки *1,2,3,4*.

4)Через точку *D* и нечётные точки деления диаметра проводим вспомогательные прямые. На окружности получаем точки *5,6,7*.

ЗАПОМНИТЕ! Если "*n*" - ***чётное*** число, точки *C* и *D* соединяют с ***чётными*** точками деления диаметра. Если "*n* " - ***нечётное*** число, точки *C* и *D* соединяют с ***нечётными*** точками деления диаметра.

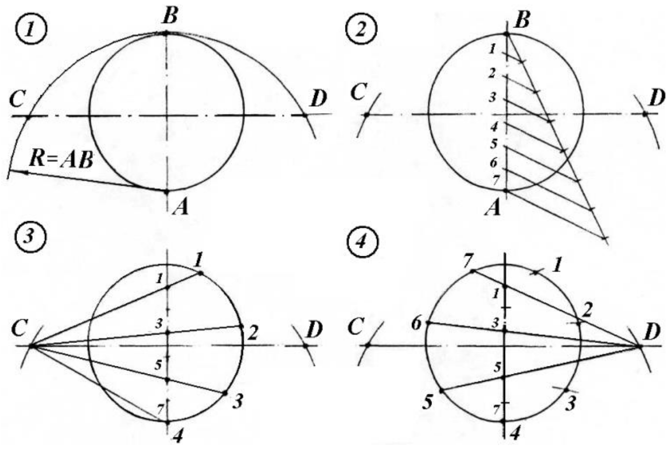


Рис. 102.

II способ

1) Диаметр *AB* делим на "*n*" равных частей (*n* =7). От точек *A* и *D* откладываем отрезки, которые равны *n*-ой (седьмой) части деления диаметра. Получаем точки *E* и *F* (рис. 103).

2) Соединяем точки *E* и *F* . Получаем точку *K*.

3) Соединяем точки *К* и *3*. Отрезок *К3* равен стороне правильного семиугольника.

4) От точки *А* по окружности циркулем откладываем хорды, которые равны отрезку *К3*.

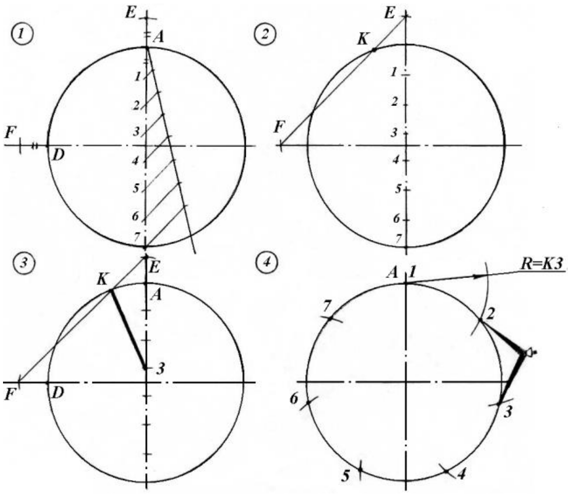


Рис. 103.

Многоугольники.

Многоугольник - это часть плоскости, которую ограничивает замкнутая ломаная линия (рис. 104). С помощью деления окружности на части можно строить *вписанные* и *описанные* многоугольники (рис. 105). В зависимости от количества углов в многоугольниках они называются: треугольник (n=3), четырёхугольник (n=4), пятиугольник (n=5), шестиугольник (n=6), семиугольник (n= 7) и т. д..

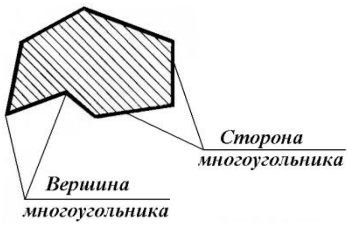


Рис.104.

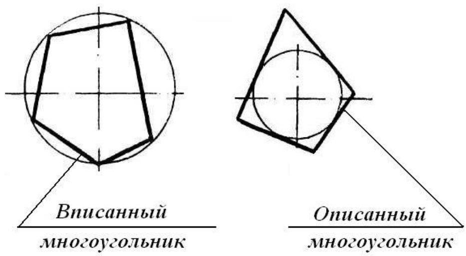
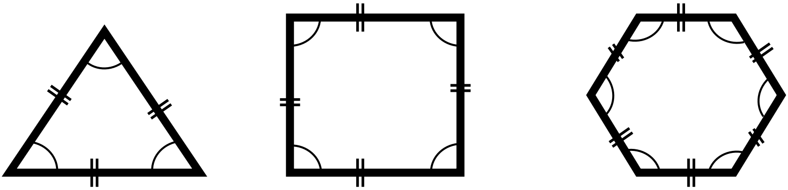


Рис. 105.

Если все стороны и углы многоугольника равны - это правильный многоугольник (рис. 106).



правильный треугольник

правильный четырехугольник (квадрат)

правильный шестиугольник

Рис. 106.

ЗАПОМНИТЕ! Чтобы построить правильный **вписанный** многоугольник, надо окружность разделить на равные части и соединить точки деления (рис. 107).

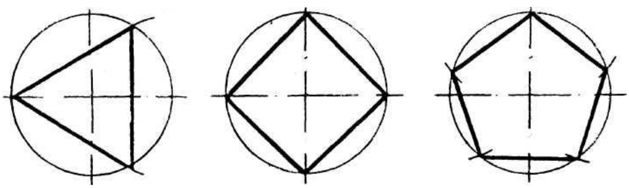


Рис. 107.

ЗАПОМНИТЕ! Чтобы построить правильный **описанный** многоугольник, надо разделить окружность на равные части и провести касательные к окружности через точки деления (рис. 108).

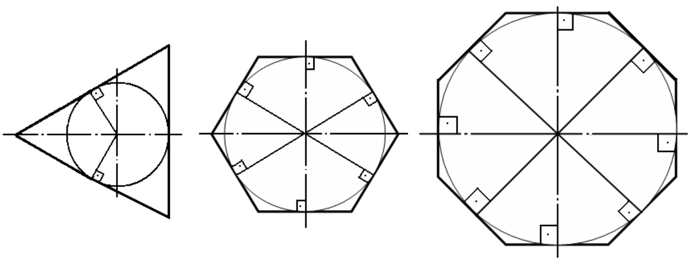


Рис. 108.

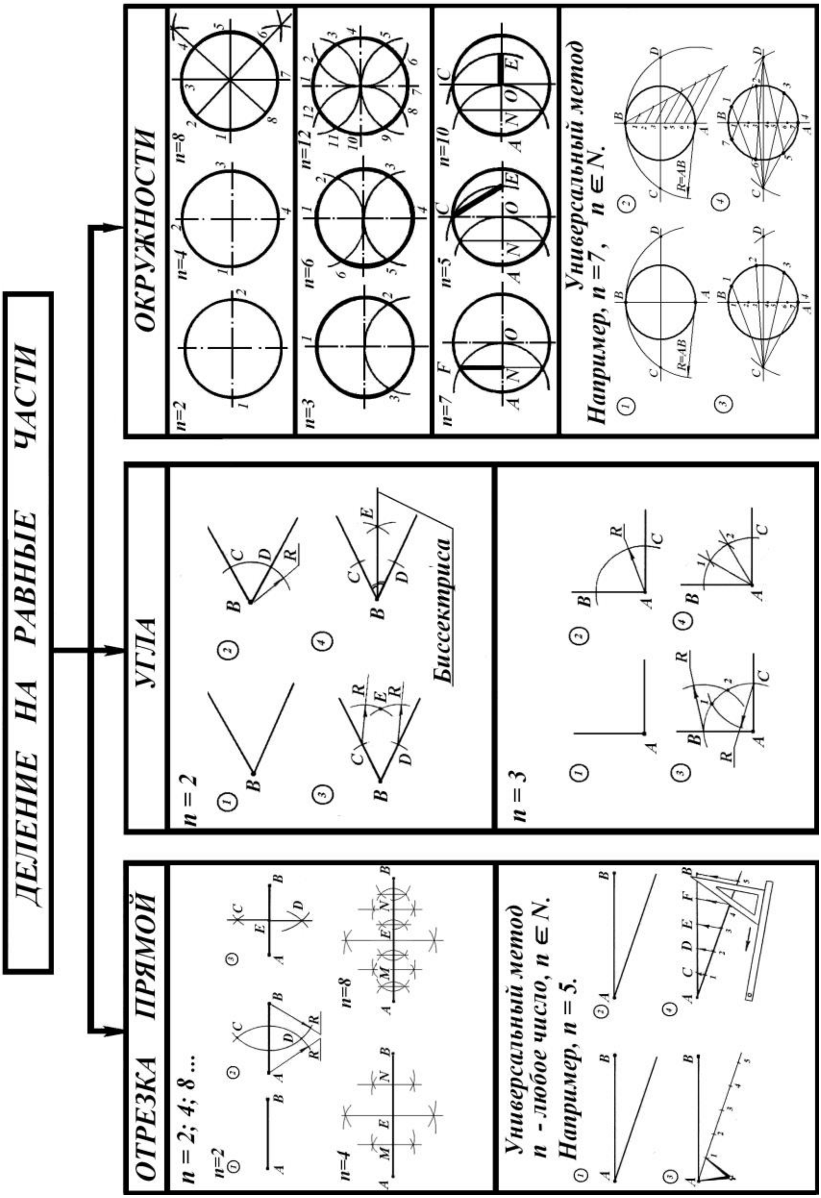


Рис. 109. Структурно-логическая схема темы деление на равные части

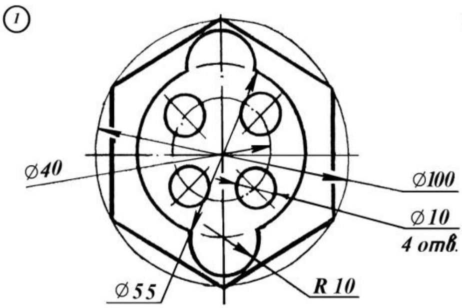
Структурно-логическая схема темы деление на равные части представлена на рис. 109.

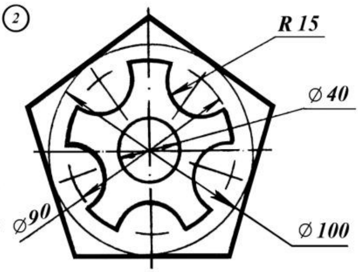
ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Что такое многоугольник?
2. Какой многоугольник называется правильным?
3. Как построить вписанный многоугольник?
4. Как построить описанный многоугольник?

Задание 2. В тетради начертите фигуры в масштабе М 1:1.





1.2.3. Сопряжения

На чертежах контуров технических деталей часто можно встретить плавные переходы одной линии в другую (рис. 110).

ЗАПОМНИТЕ! Плавный переход одной линии в другую называется **сопряжением.**

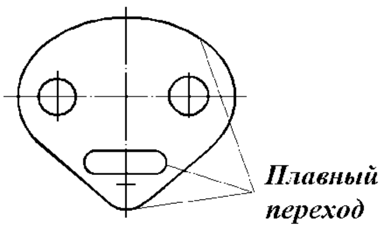


Рис. 110.

Различают следующие виды сопряжений:

I) двух прямых линий дугой окружности (рис.111): сторон острого, тупого и прямого углов, параллельных линий;

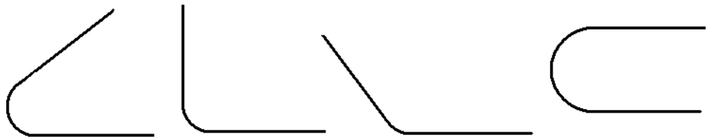


Рис. 111.

2) окружности и прямой дугой окружности (рис. 112): внешнее и внутреннее

Рис. 112.

3) двух окружностей дутой окружности (рис. 113): внешнее, внутреннее, смешанное;

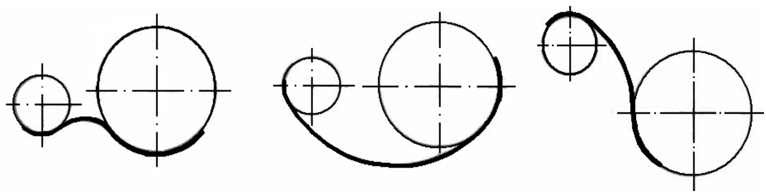


Рис. 113.

4) двух окружностей прямой линией (рис.114) (касательные к двум окружностям): внешняя касательная. внутренняя касательная.

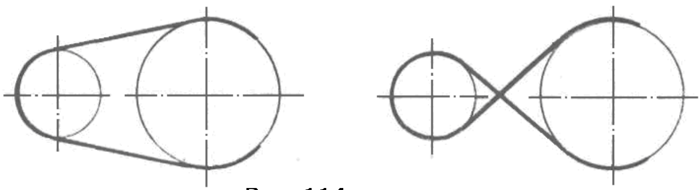


Рис. 114.

Если одна линия плавно переходит в другую с помощью дуги, то эта дуга - **дуга сопряжения** (рис. 115).

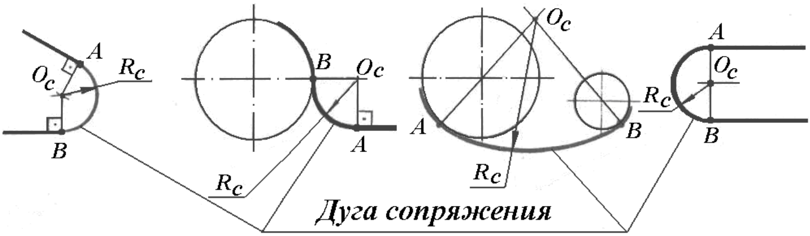


Рис. 115.

Радиус этой дуги R_c - **радиус сопряжения.** Центр этой дуги O_c - **центр сопряжения**. Точка, где одна линия переходит в другую, - **точка сопряжения** (**касания**).

ЗАПОМНИТЕ! Чтобы построить сопряжение, надо найти центр сопряжения и точки касания.

Сопряжение прямых линий дугой окружности заданного радиуса.

Задача. Построить сопряжение сторон острого и тупого углов, R_c = 10 мм (рис.116).

I) Найдём центр сопряжения: параллельно сторонам угла на расстоянии R_c проводим линии, точка пересечения линий O_c - центр сопряжения.

2) Найдём точки сопряжения: из точки O_c проводим перпендикуляры на стороны угла, получаем точки A и B - точки сопряжения.

3) С центром в точке проводим дугу радиусом R_c, соединяем точки A и B.

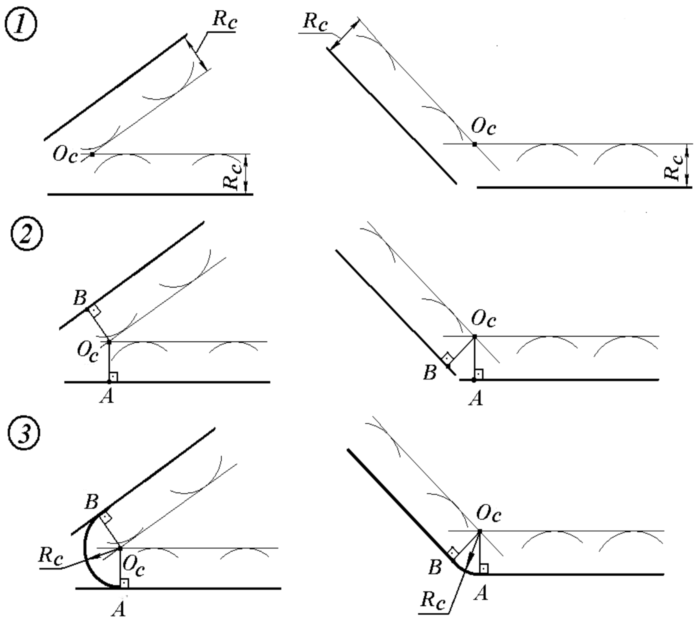


Рис. 116.

Задача. Построить сопряжение сторон **прямого** угла, R_c = 15 мм (рис. 117).

I) С центром о вершине угла проводим дугу радиусом R_c . Получаем точки *A* и *B* - это точки касания.

2) С центрами в точках *A* и *B* проводим дуги радиусом R_c . Получаем точку O_c - центр сопряжения.

3) Соединяем точки *A* и *B* дугой радиусом R_c.

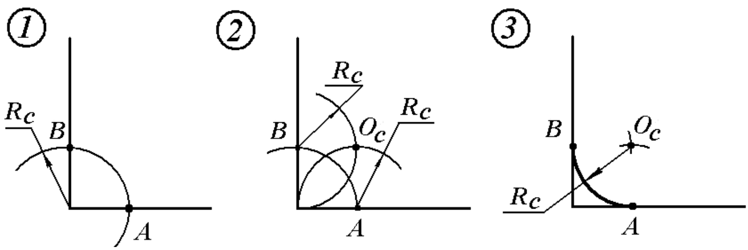


Рис. 117.

Задача. Построить сопряжение параллельных линий.

I) Даны параллельные линии *a* и *b* (рис. 118).

2) На прямой *a* берём произвольную точку *A*. *A* - точка касания.

3) Через точку *A* проведём перпендикуляр к прямым *a* и *b*. Получаем точку *B*. *B* - точка касания.

4) Отрезок *AB* разделим на две равные части, получаем точку O_c - центр сопряжения.

5) С центром в точке O_c проводим дугу радиуса $R_c = \dfrac{AB}{2}$, соединяем точки *A* и *B*.

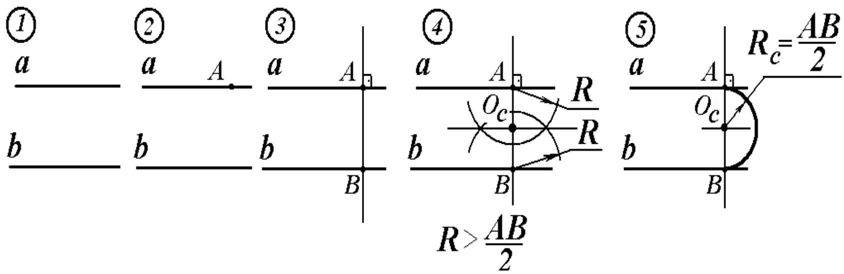


Рис. 118.

Сопряжение окружности и прямой дугой окружности.

Задача. Построить внешнее сопряжение окружности и прямой.

I) Даны окружность радиусом *R* и прямая *a* (рис.119). Радиус сопряжения выбираем из условия $R_c \geq \dfrac{L}{2}$, где *L* минимальное расстояние между прямой и окружностью.

2) Найдём цент сопряжения: чертим линию параллельно прямой *a* на расстоянии R_c и с центром в точке *O* проводим дугу радиусом $R_1 = R_c + R$. Точка пересечения дуги и линии O_c - центр сопряжения.

3) Найдём точки сопряжения: из точки *O* опустим перпендикуляр на прямую *a*, получаем точку *A*. Соединим центры *O* и O_c, получаем точку *B*. *A* и *B* - точки касания.

4) С центром в точке *O* проводим дугу радиусом R_c, соединяем точки *A* и *B*.

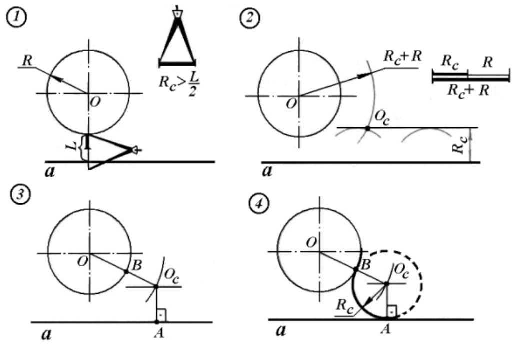


Рис. 119.

Задача. Построить внутреннее сопряжение окружности и прямой.

I) Даны окружность радиусом *R* и прямая *O* (рис. 120). Радиус сопряжения выбираем из условия $R_c \geq R + \frac{L}{2}$.

2) Найдём центр сопряжения: чертим линию параллельно прямой *a* на расстоянии R_c и с центром в точке *O* проводим дугу радиусом $R_1 = R_c - R$. Точка пересечения дуги и линии O_c - центр сопряжения.

3) Найдём точки сопряжения: из точки O_c опустим перпендикуляр на прямую *a*, получим точку *A*. Соединим центры *O* и O_c, получаем точку *B*. Точки *A* и *B* - точки сопряжения.

4) С центром в точке *O* - проведём дугу радиусом R_c, соединим точки *A* и *B*.

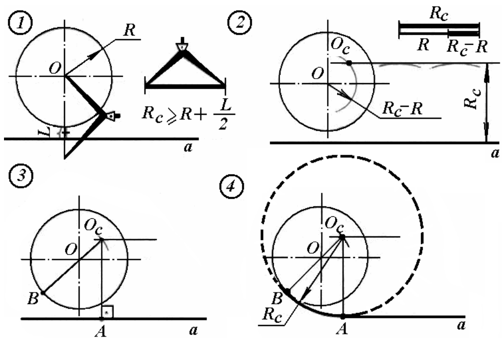


Рис. 120.

Сопряжение двух окружностей дугой окружности.

Задача. Построить внешнее сопряжение двух окружностей.

I) Даны две окружности радиусами R_1 и R_2 (рис. 121). Радиус сопряжения выбираем из условия $R_c \geq \dfrac{L}{2}$, где L минимальное расстояние между окружностями.

2)Найдём центр сопряжения: с центрами в точках O_1 и O_2 соответственно проводим дуги радиусами ($R_c + R_1$) и ($R_c + R_2$). Точка пересечения дуг O_c - центр сопряжения.

3) Найдём точки сопряжения: соединяем точки O_c и O_1, получаем точку A. Соединяем точки O_c и O_2, получаем точку B. A и B - точки сопряжения.

4) С центром в точке O_c проводим дугу радиусом R_c, соединяем точки A и $Б$.

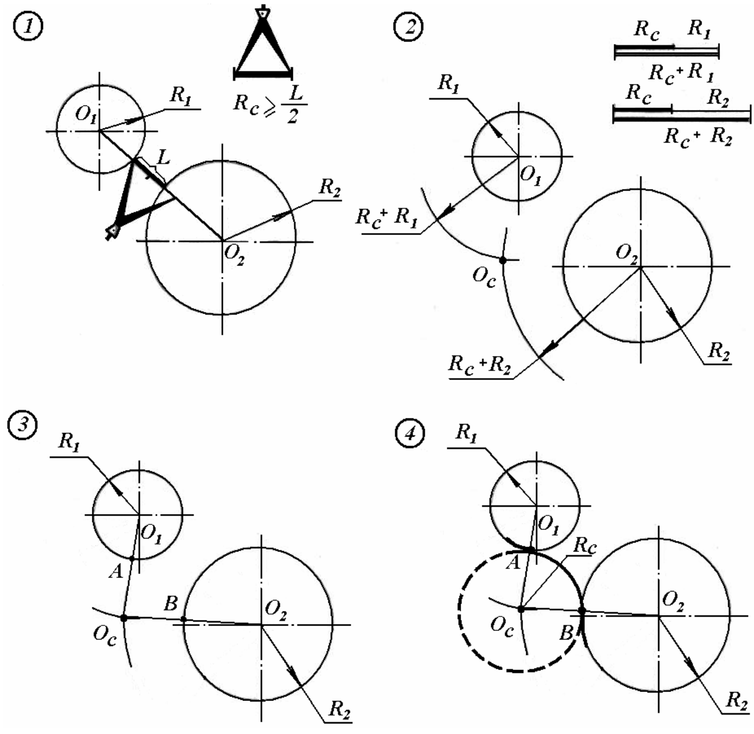


Рис. 121.

Задача. Построить смешанное сопряжение двух окружностей.

I) Даны две окружности радиусами R_1, и R_2 (рис. 122).

Радиус сопряжения выбираем из условия $R_c > R_{max} + \frac{L}{2}$, где R_{max} - наибольший из двух радиусов, L - минимальное расстояние между окружностями.

2) Найдём центр сопряжения: с центром в точке O_1 проводим дугу радиусом ($R_c + R_1$), с центром в точке O_2 проводим дугу радиусом и ($R_c - R_2$). Точка пересечения дуг O_c - центр сопряжения.

3) Найдём точки сопряжения: соединяем точки O_c и O_1, получаем точку A. Соединяем точки O_c и O_2, получаем точку B. A и B - точки сопряжения.

4) С центром в точке O_c проводим дугу радиусом R_c, соединяем точки A и B.

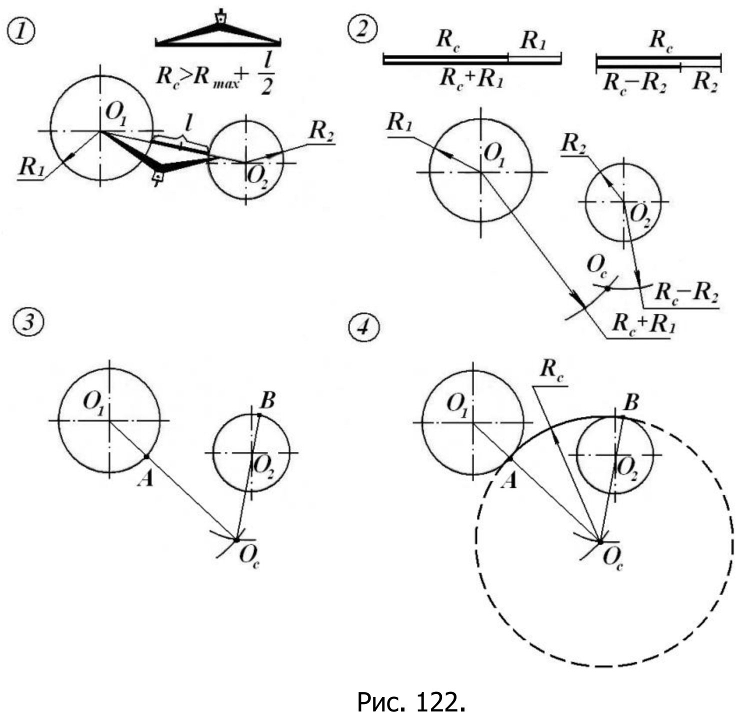
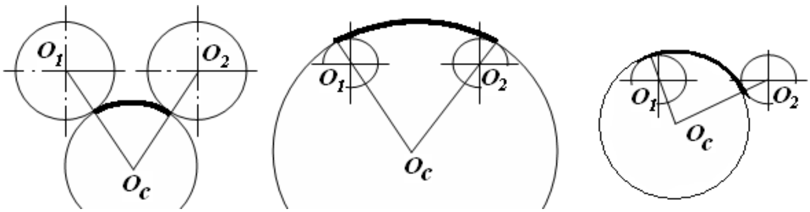


Рис. 122.

ЗАПОМНИТЕ! Сопряжение **внешнее**, когда центры данных окружностей лежат **вне** сопрягающей окружности (рис. 123, *а*).

Сопряжение **внутреннее**, когда центры данных окружностей лежат **внутри** сопрягающей окружности (рис. 123, *б*).

Сопряжение **смешанное**, когда центр одной данной окружности лежит **внутри** сопрягающей окружности, а центр другой данной окружности лежит **вне** сопрягающей окружности (рис. 123, *в*).



а) б) в)

Рис. 123.

Сопряжение двух окружностей прямой линией (касательные к двум окружностям).

Задача. Построить внешнюю касательную к двум окружностям.

I) Даны две окружности с радиусами R_1 и R_2 (рис. 124).

2) С центром в точке O_1 проведём вспомогательную окружность радиусом (R_1- R_2).

3) Соединим центры O_1 и O_2, отрезок O_1O_2 разделим на две равные части, получаем точку O_3 .

4) С центром в точке O_3 проводим окружность радиусом R_3= O_1O_3, получаем точки M и N. Прямые MO_2 и NO_2 - касательные к вспомогательной окружности.

5) Продолжим радиусы O_1M и O_1N, получаем точки M_1 и N_1, Из центра O_2 параллельно радиусам O_1M_1 и O_1N_1 - проведем радиусы O_2M_2 и O_2N_2. Точки M_1, N_1, M_2, N_2 - точки касания.

6) Проводим прямые M_1M_2 и N_1N_2 - это внешние касательные к двум данным окружностям.

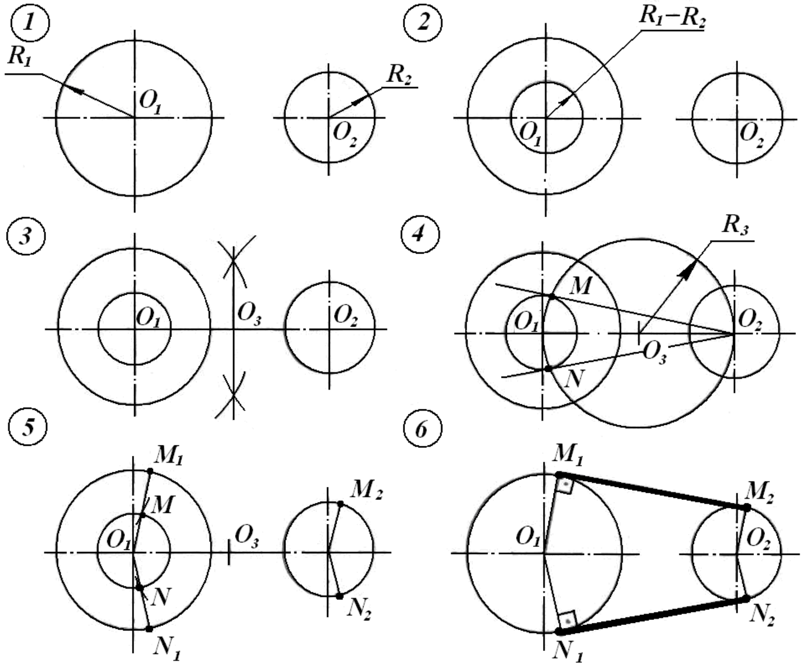


Рис. 124.

Задача. Построить внутреннюю касательную к двум окружностям.

I) Даны две окружности с радиусами R_1 и R_2 (рис.125).

2) С центром в точке O_1 проведём вспомогательную окружность радиусом ($R_1 + R_2$).

3) Соединим центры O_1 и O_2, отрезок O_1O_2 разделим на две равные части, получаем точку O_3 .

4) С центром в точке O_3 проводим окружность радиуса $R_3 = O_1O_3$, получаем точки M и N. Прямые MO_2 и NO_2 - касательные к вспомогательной окружности.

5) Проведём радиусы O_1M и O_1N, получим точки M_1 и N_1. Из центра O_2 параллельно радиусам O_1M_1 и O_1N_1 - проведем радиусы O_2M_2 и O_2N_2. Точки M_1, N_1, M_2, N_2 - точки касания.

6) Проводим прямые M_1M_2 и N_1N_2- это внутренние касательные к двум данным окружностям.

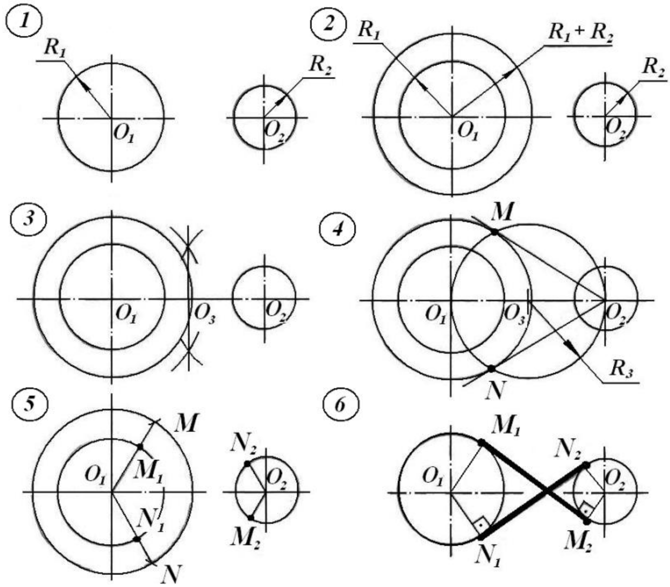


Рис. 125.

ЗАПОМНИТЕ! Касательная **внешняя**, если обе окружности лежат **по одну** сторону касательной. Касательная **внутренняя**, если окружности лежат **по разные** стороны касательной.

Структурно-логическая схема темы сопряжения показана на рис. 126.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Что такое сопряжение?
2. Какие элементы сопряжения вы знаете?
3. Какие виды сопряжений вы знаете?
4. Что надо найти, чтобы построить сопряжение?
5. Когда сопряжение называется внешним?
6. Когда касательная называется внутренней?

Задание 2. Выполните в тетради построения:

I) внутреннее сопряжение окружности и прямой;
2) смешанное сопряжение двух окружностей;
3) внешняя касательная к двум окружностям.

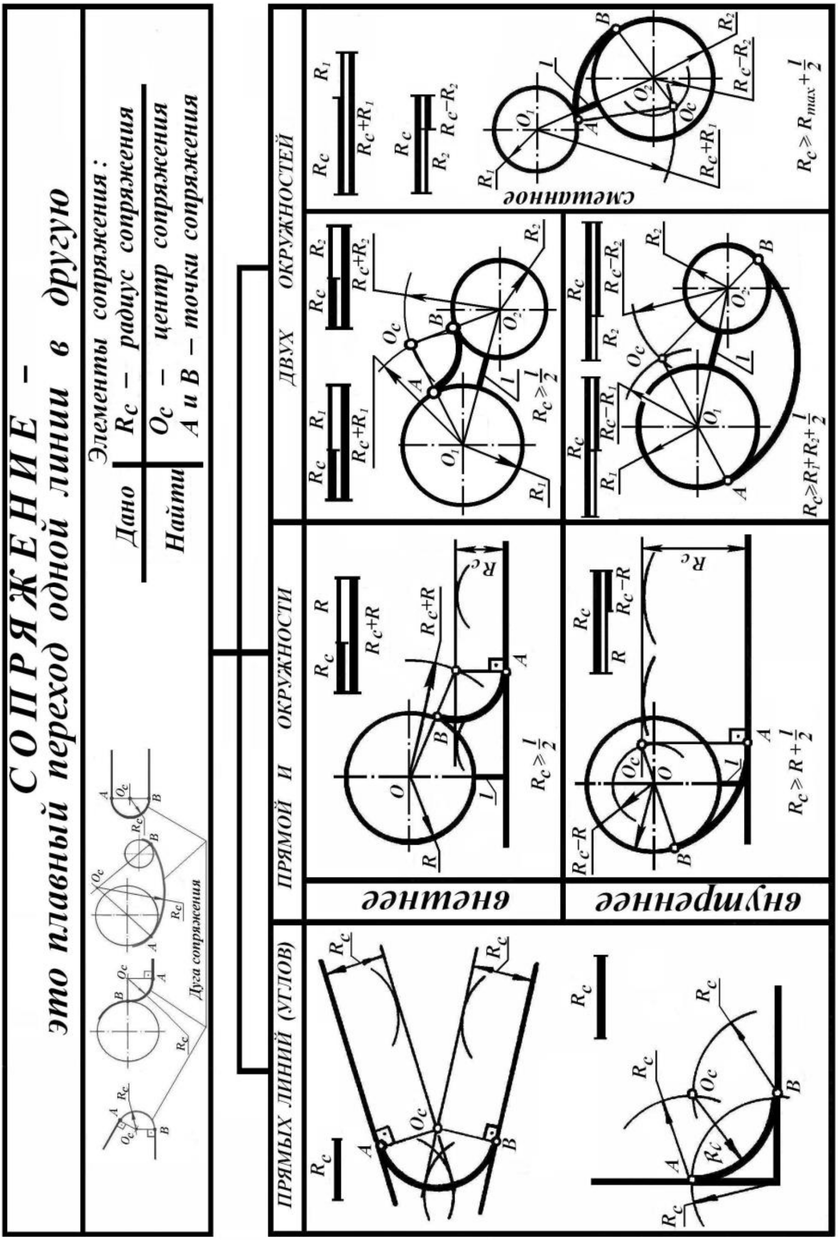


Рис. 126. Структурно-логическая схема темы сопряжения.

1.2.4. Циркульные и лекальные прямые

В технике часто применяются различные кривые, которые могут быть замкнутыми и незамкнутыми. Некоторые из них строят с помощью циркуля, и поэтому они называются ***циркульными*** или ***коробовыми*** кривыми – это овал, овоид, завиток и др. Для построения эллипса, параболы, гиперболы, циклоиды, синусоиды и т.п., необходимо сначала определить несколько точек, которые им принадлежат, а затем соединить эти точки с помощью лекала. Такие кривые называются ***лекальными.*** Рассмотрим построение двух кривых – овала и эллипса.

Циркульные кривые состоят из сопряжений дуг окружностей и соединяются друг с другом с помощью циркуля.

Овал - это замкнутая кривая линия, которая состоит из дуг сопрягающихся окружностей. Овал имеет две оси симметрии: *AB - большая ось, CD - малая ось* (рис.127).

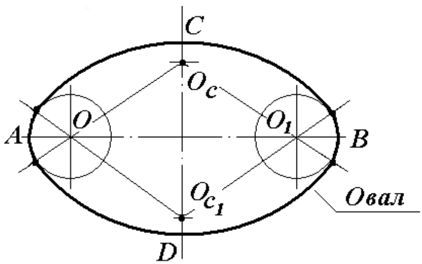


Рис.127.

Задача. Построить овал с осями *AB* и *CD*.

I) Даны две взаимно перпендикулярные оси овала *AB* и *CD* (рис. 128).

2) С центром в точке *O* проводим дугу радиусом *OA*, получаем точку *K*, соединяем точки *A* и *C*.

3) С центром в точке *C* проводим дугу радиусом *CK*, получаем точку *L* . Отрезок *AL* делим на две равные части, получаем точки O_1 и O_c.

4) Симметрично точкам O_1 и O_c расположены точки O_1' и O_c'. Соединяем точки O_c и O_1', O_c' и O_1', O_c' и O_1.

5) С центром в точке O_1 проводим дугу радиусом O_1A. С центром в точке O_1 проводим дугу радиусом $O_1'B$.

6) С центром в точке O_c проводим дугу радиусом O_cC. С центром в точке O_c' проводим дугу радиусом $O_c'D$.

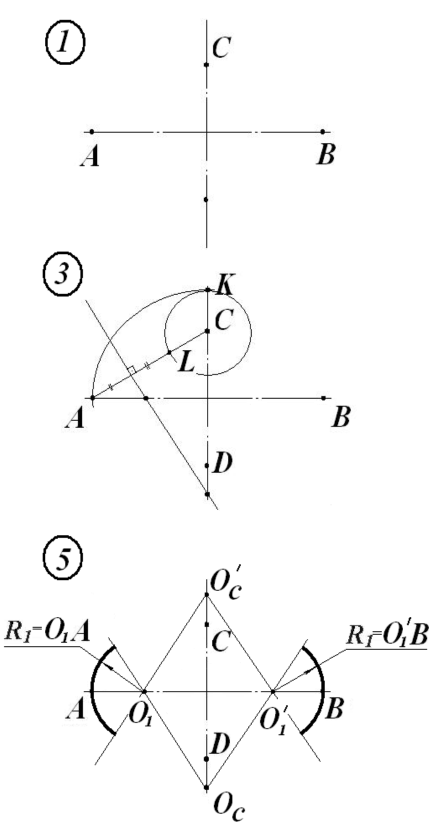


Рис. 128.

Лекальные кривые образованы точками, которые соединяют с помощью лекал. Эллипс – это замкнутая плавная кривая линия (рис. 129). *AB* - большая ось эллипса, *CD* – малая ось эллипса. F_1 и F_2 – фокусы эллипса. Свойство эллипса: *сумма расстояний от любой точки эллипса до фокусов есть величина постоянная, которая равна длине большой оси эллипса (AB):*

$AC + CB = EF_1 + EF_2 = AB$

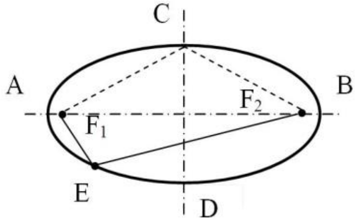


Рис. 129.

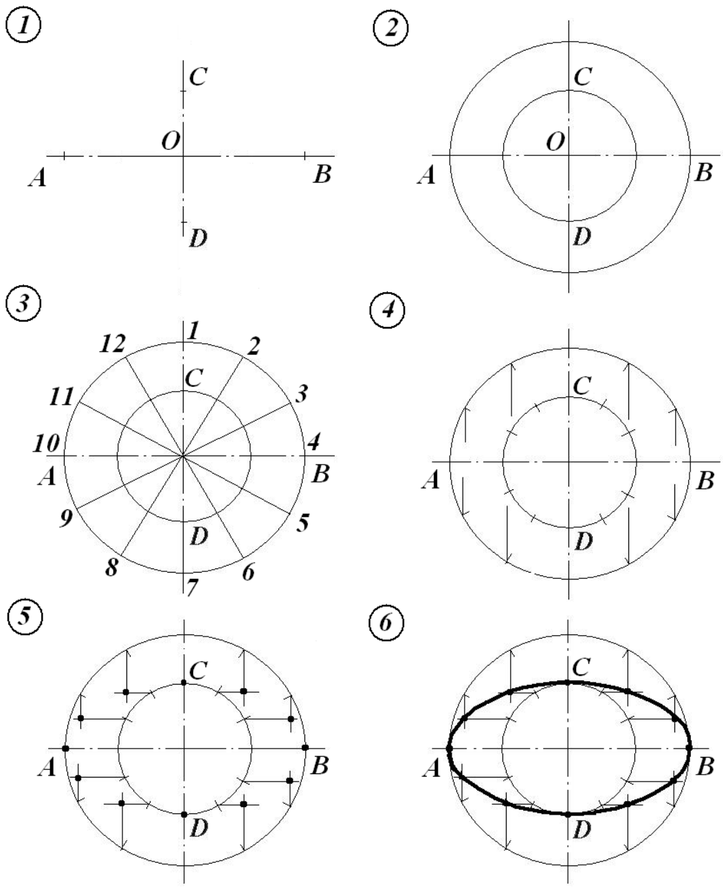


Рис. 130.

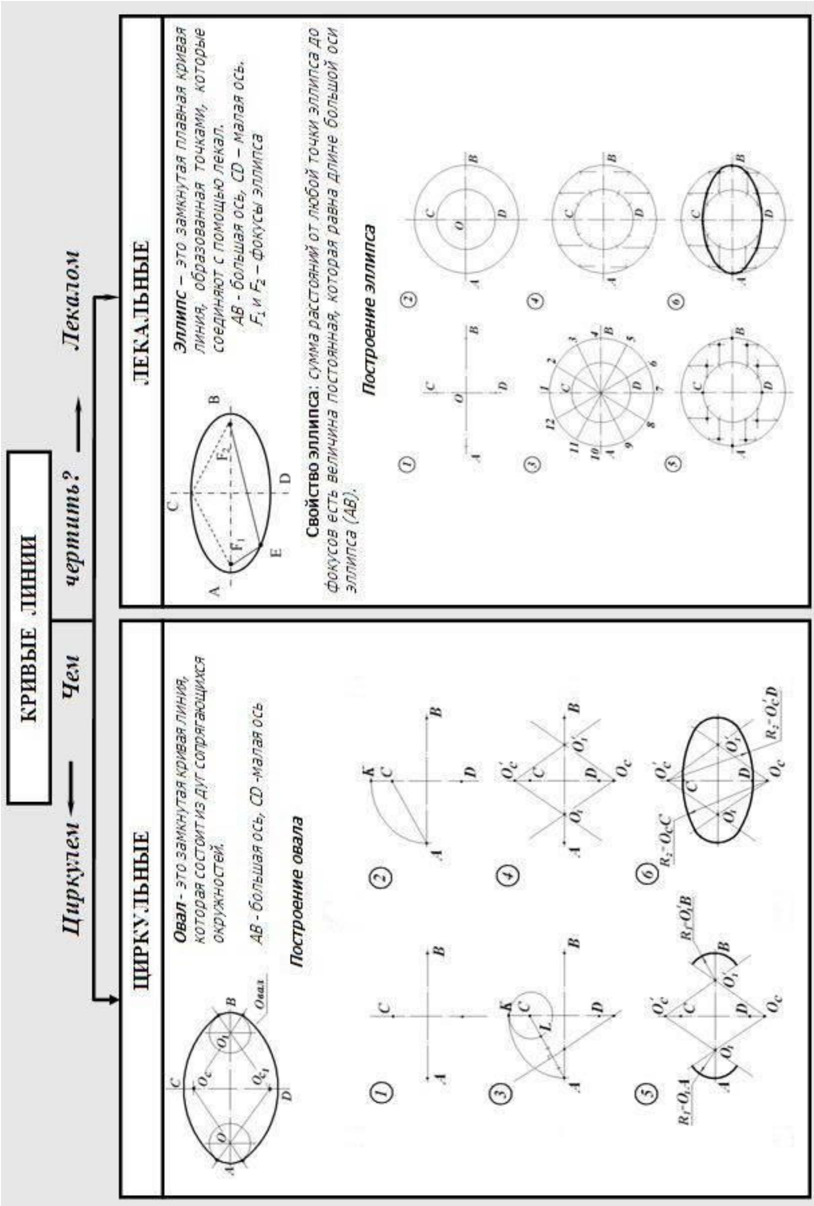


Рис. 131. Структурно-логическая схема темы циркульные и лекальные кривые.

Задача. Построить эллипс с осями *AB* и *CD*.

1) Даны две взаимно перпендикулярные оси эллипса *AB* и *CD* (рис. 130).

2) С центром в точке *O* проводим окружности радиусами *AB* и *OC*.

3) Эти окружности разделим на двенадцать равных частей.

4) Из точек деления большой окружности проводим линии, параллельные оси *CD*.

5) Из точек деления малой окружности проводим линии, параллельные оси *AB*. Точки пересечения вертикальных к горизонтальных линий - это точки эллипса.

6) Соединяем полученные точки плавной кривой с помощью лекала.

Структурно-логическая схема темы циркульные и лекальные кривые представленана на рис.131.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы.

I. Что такое овал?

2. Какие инструменты вы используете для построения овала?

3. Что такое эллипс?

4. Какое свойство эллипса вы знаете?

5. Какие инструменты вы используете для построения эллипса?

Задание 2. В тетради постройте овал с осями *AB* - 100 мм и *CD* = 70 мм.

Задание 3. В тетради постройте эллипс с осями *AB* - 90 мм и *CD* = 60 мм.

Глава 2. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

2.1. Методы проецирования

2.1.1. Центральное проецирование

В жизни мы часто встречаемся с изображениями. Фотографии, картины, иллюстрации в книгах, чертежи – это *изображения.* Процесс построения изображения предмета на плоскости называется *проецированием.* В технике для построения изображений используют, в основном, два метода проецирования.

В пространстве находится объект *ABC* и плоскость *П* (рис. 132). Построим изображение объекта на плоскости П. Для этого берем произвольную точку *O* и проведем через отдельные точки предмета *A, B* и *C* прямые *OA, OB* и *OC* до пересечения с плоскостью *П*, получим точки A_1, B_1, C_1 (Рис. 133). Соединим эти точки прямыми линиями и получим *центральную* проекцию предмета на плоскость *П* (рис. 134).

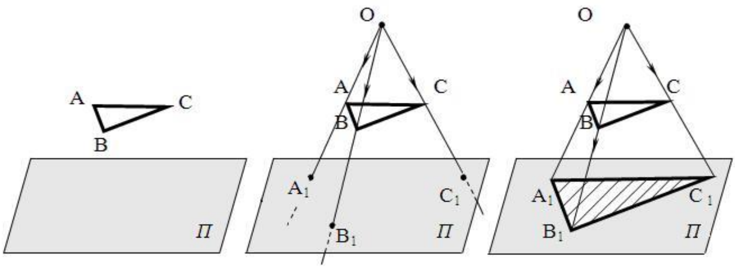


Рис. 132. Рис. 133. Рис. 134.

Плоскость *П*, на которой строится изображение предмета, называется *плоскостью проекций*. Прямые OA_1, OB_1, OC_1, с помощью которых строится проекция, называются *проецирующими прямыми* или *проецирующими лучами*. Изображение предмета $A_1B_1C_1$ на плоскости проекций *П* называется *проекцией.* Точка *O*, в которой пересекаются проецирующие прямые, называется *центром проецирования.*

ЗАПОМНИТЕ! Если проецирующие прямые пересекаются в одной точке (*центре* проецирования), такое проецирование называется *центральным.*

2.1.2. Параллельное проецирование

ЗАПОМНИТЕ! Если проецирующие прямые параллельны друг другу, такое проецирование называется *параллельным* и бывает:

а) *косоугольное,* если проецирующие прямые не перпендикулярны плоскости проекций (рис.135);

б) *прямоугольное* или *ортогональное*, если проецирующие прямые перпендикулярны плоскости проекций (рис.136).

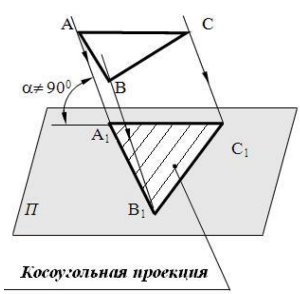


Рис.135.

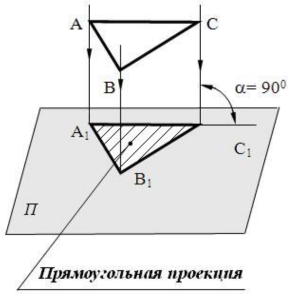


Рис.136.

По изображениям, которые применяются в технике, необходимо определять не только форму, но и размеры предметов. Центральную проекцию часто называют *перспективной.* На ней хорошо видна форма предмета, но размеры изображения отличаются от натуральных размеров предмета. Поэтому в техническом черчении используют метод *параллельного ортогонального* проецирования, при котором *размеры изображения равны размерам предмета*.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Напишите в тетрадь новые слова, сделайте их перевод и запомните.

Задание 2. Ответьте на вопросы:

1. Что называется проецированием?
2. Какое проецирование называется центральным?
3. Какое проецирование называется параллельным?
4. Что называется проекцией?
5. В чем различие между косоугольным и ортогональным параллельным проецированием?
6. Какой метод проецирования используется в техническом черчении? Почему?

2.2. Аксонометрические проекции

На рис.137 изображены ортогональные и аксонометрическая проекции предмета.

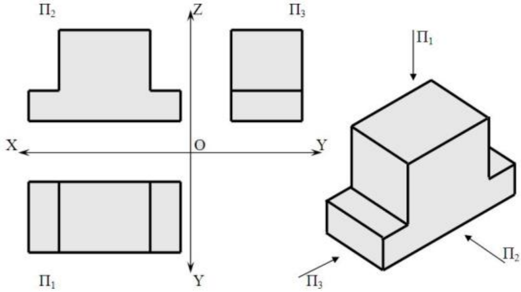


Рис.137.

Каждая ортогональная проекция предмета показывает его форму только с одной стороны: фронтальная то, что мы видим спереди, горизонтальная – сверху, профильная – слева. Представить форму предмета только по ортогональным проекциям иногда трудно. Поэтому используют *аксонометрические* проекции. С их помощью можно получить изображение, на котором форма предмета будет видна с трех сторон одновременно. Аксонометрические проекции часто используются в техническом черчении. Они характеризуются наглядностью и простотой построения.

Для получения аксонометрических проекций используют метод параллельного проецирования. Предмет вместе с осями прямоугольных координат X, Y, Z параллельными лучами проецируют на дополнительную плоскость $П^0$ (рис.138).

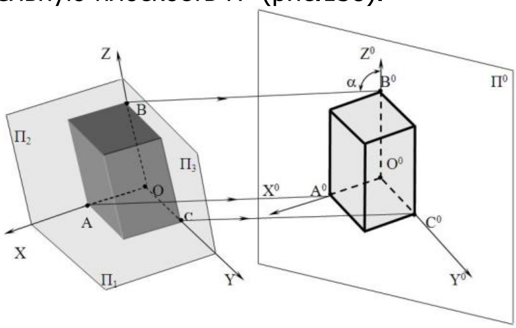


Рис. 138.

ЗАПОМНИТЕ! *Аксонометрической* проекцией или *аксонометрией н*азывается изображение, которое получается при параллельном проецировании предмета вместе с осями прямоугольных координат на плоскость.

Плоскость $П^0$, на которой построено изображение предмета, называется *плоскостью аксонометрических проекций*. Изображение предмета на плоскости $П^0$ называется *аксонометрической проекцией* или *аксонометрией.* Проекции прямоугольных осей координат X, Y, Z на плоскости $П^0$ – прямые X^0, Y^0, Z^0 называются *аксонометрическими осями*.

1. Виды аксонометрических проекций

При построении аксонометрии отрезки осей координат проецируются на плоскость $П^0$ с искажением. Искажаются и размеры предметов, которые изображаются в аксонометрии. Искажение линейных размеров характеризуется коэффициентами искажения по осям. Коэффициенты искажения обозначают и определяют так:

по оси *OX*	по оси *OY*	по оси *OZ*
$p = \dfrac{O^0A^0}{OA}$	$q = \dfrac{O^0C^0}{OC}$	$r = \dfrac{O^0B^0}{OB}$

Величина коэффициента искажения зависит от взаимного расположения (углов наклона) осей координат X, Y, Z и плоскости аксонометрических проекций $П^0$. Если все коэффициенты искажения различны, то есть $p \neq q \neq r$, то аксонометрия называется *триметрией*. Если равны коэффициенты искажения только по двум осям, то есть $p = q \neq r$ или $p \neq q = r$, или $p = r \neq q$, то проекции называются *диметрией*. Аксонометрические проекции называются *изометрией*, если коэффициенты искажения по всем осям равны, то есть $p = q = r$.

Изометрия, диметрия и триметрия могут быть прямоугольными и косоугольными, так как проецирующие лучи имеют угол наклона α с плоскостью $П^0$. Если $\alpha = 0°$, то аксонометрические проекции *прямоугольные*, если $\alpha \neq 90°$ - *косоугольные.*

В данном пособии рассматривается построение *прямоугольной изометрической проекции*, которую мы будем называть *изометрия*.

В изометрии углы между всеми осями равны 120° (рис.139). Ось Z^0 располагается вертикально, оси X^0 и Y^0 могут быть направлены как вверх, так и вниз.

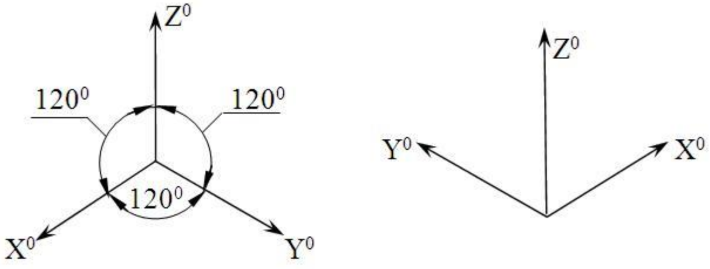


Рис.139.

ВНИМАНИЕ! Изометрические оси под углом 120° можно построить с помощью:

а) циркуля, разделив любую окружность на три равные части;

б) угольника с углами 30°, 60°, 90°;

в) отношения 5:3 катетов прямоугольного треугольника (рис. 140).

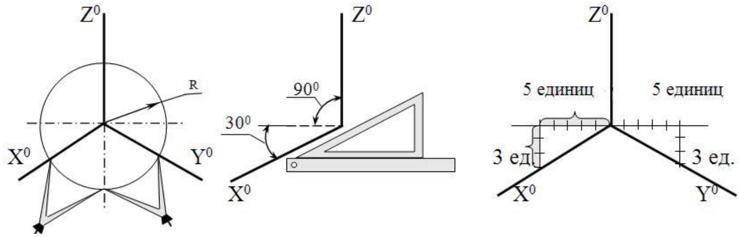


Рис.140.

Коэффициенты искажения в прямоугольной изометрии равны: *p=q=r=0,82*. Для простоты построений изометрию выполняют без искажения по осям, то есть принимают, что коэффициенты искажения равны единице (*p=q=r=1*). Таким образом, изображение в изометрии увеличивается в 1/0,82=1,22 раза.

Структурно-логическая схема темы «Проецирование. Аксонометрические проекции" представлена на рис.141.

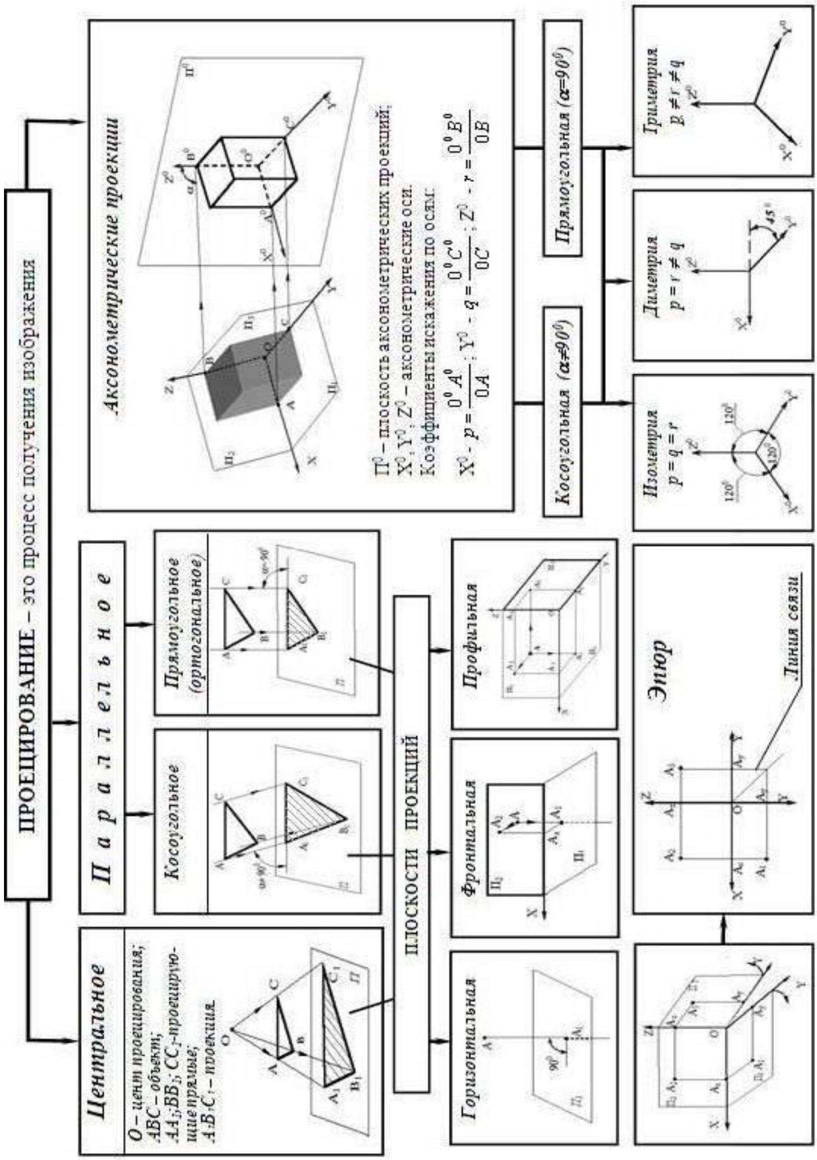


Рис. 141. Структурно-логическая схема темы «Проецирование. Аксонометрические проекции".

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Напишите в тетрадь новые слова, сделайте их перевод и запомните.

Задание 2. Ответьте на вопросы:

1. Что называется аксонометрической проекцией?
2. В чем различие между прямоугольными и косоугольными аксонометрическими проекциями?
3. Какие аксонометрические проекции называются изометрическими, а какие – диметрическими?
4. Каковы углы между осями в прямоугольной изометрии и коэффициенты искажения по осям?

2.3. Проецирование точки

2.3.1. Ортогональная проекция точки

Все предметы представляют собой множество точек. Следовательно, чтобы построить проекции любого предмета, необходимо знать правила построения проекций точки. Построим ортогональную проекцию точки *A* на плоскость $П_1$ (рис.142).

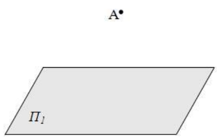


Рис.142.

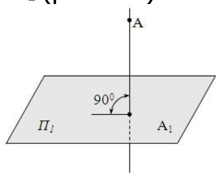


Рис.143.

Для этого из точки *A* опустим перпендикуляр на плоскость *П* и найдем точку пересечения перпендикуляра с плоскостью проекций (рис. 143). A_1 – ортогональная проекция точки *A* на плоскость $П_1$.

ЗАПОМНИТЕ! *Ортогональная проекция точки* – это точка пересечения перпендикуляра, который проходит через данную точку, с плоскостью проекций.

Рассмотрим обратную задачу. Известна A_1 – ортогональная проекция точки *A* на плоскость $П_1$. Определим положение точки *A* в пространстве (рис. 144). Для этого через точку A_1 проведем перпендикуляр к плоскости *П₁*. Проекция *A₁* будет соответствовать любой точке (и т.д.), которая находится на перпендикуляре. Поэтому мы не можем определить положение точки *A* в пространстве (рис. 145).

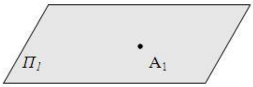


Рис. 144.

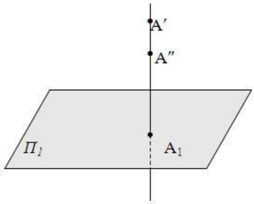


Рис. 145.

ЗАПОМНИТЕ! Одна проекция точки **не определяет** положение точки в пространстве.

2.3.2. Проекции точки на двух плоскостях проекций

Определить положение точки в пространстве можно, если проецировать точку не на одну, а на две взаимно перпендикулярные плоскости проецирующими прямыми, которые перпендикулярны этим плоскостям проекций.

В пространстве даны точка *A* и две взаимно перпендикулярные плоскости Π_1 и Π_2 (рис. 146). Найдем проекции точки *A* на плоскости Π_1 и Π_2. Для этого из точки *A* опустим перпендикуляр на плоскость Π_1 и отметим A_1 – проекцию точки *A* на плоскость Π_1 (рис.147). Затем из точки *A* опустим перпендикуляр на плоскость Π_2 и отметим точку A_2 – проекцию точки *A* на плоскость Π_2 (рис. 148).

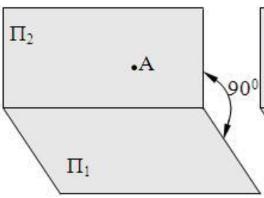


Рис. 146.

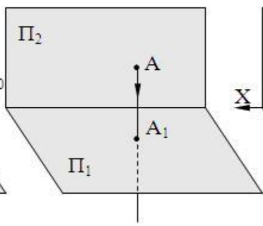


Рис. 147.

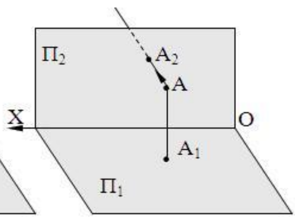


Рис. 148.

ЗАПОМНИТЕ! Две проекции точки **определяют** положение точки в пространстве.

2.3.3. Проекции точки на трех плоскостях проекций

При изображении более сложных, чем точка предметов, строят их третью проекцию. Для этого используют еще одну плоскость проекций $П_3$, которая перпендикулярна плоскостям $П_1$ и $П_2$ (рис. 149). Чтобы построить проекцию точки *A* на плоскость $П_3$, из точки *A* опустим перпендикуляр на плоскость $П_3$ и отметим точку A_3 – проекцию точки *A* на плоскость $П_3$.

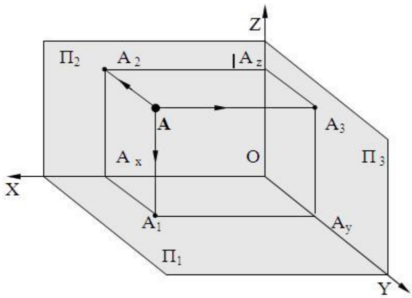


Рис. 149.

Плоскости проекций будем называть:

$П_1$ – *горизонтальная* плоскость проекций;

$П_2$ – *фронтальная* плоскость проекций;

$П_3$ – *профильная* плоскость проекций.

Аналогично проекции точки *A* называются: A_1 – горизонтальная, A_2 – фронтальная, A_3 – профильная. Линии пересечения плоскостей проекций называются *осями проекций* или *осями координат*:

ось *OX* – линия пересечения плоскостей проекций $П_1$ и $П_2$;

ось *OY* – линия пересечения плоскостей проекций $П_1$ и $П_3$;

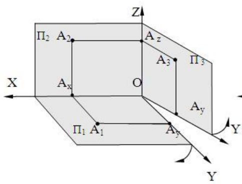
ось *OZ* – линия пересечения плоскостей проекций $П_2$ и $П_3$;

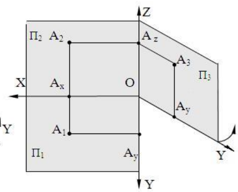
Точка *O* – точка пересечения осей проекций (координат) *X, Y, Z* называется *началом координат*.

Перпендикуляры из проекций A_1 и A_2 на ось *OX* пересекаются в одной точке. Ее обозначают A_x; A_y – точка пересечения перпендикуляров из проекций A_1 и A_3 на ось *OY*; A_z – точка пересечения перпендикуляров из проекций A_2 и A_3 на ось *OZ*. Прямые A_1A_x, A_2A_x, A_2A_z, A_3A_z, A_1A_y, A_3A_y, которые соединяют проекции точки, называются *линиями связи*.

2.3.4. Эпюр точки

Проекциями, которые построены на трех взаимно перпендикулярных плоскостях, пользоваться неудобно, так как их надо чертить на бумаге, которая представляет собой плоскость. Поэтому взаимно перпендикулярные плоскости проекций совмещают в одну плоскость путем их поворота вокруг осей проекций. Для этого мысленно разделим плоскости *П₁* и *П₃* по оси *OY* (рис.150). Плоскость *П₂* остается неподвижной. Плоскость *П₁* повернем вокруг оси *OX* до ее совмещения с плоскостью *П₂* (рис.151). Плоскость *П₃* повернем вокруг оси *OZ* до совмещения с плоскостью *П₂* (рис.152).





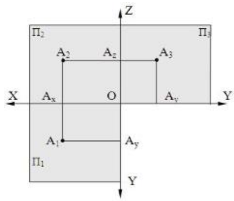


Рис. 150. Рис.151. Рис. 152.

Таким образом, мы получили чертеж, на котором изображены ортогональные проекции точки, которые расположены в *проекционной связи*, то есть, соединены между собой линиями связи. Этот чертеж называется *эпюром* (рис.153).

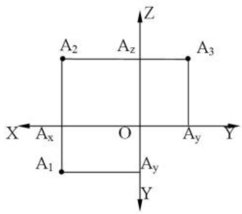


Рис.153.

ЗАПОМНИТЕ! На эпюре:1) границы плоскостей проекций не показывают;

2) ось *OY* и все точки, которые на ней расположены, изображают два раза;

3) горизонтальная и фронтальная проекции точки расположены на перпендикуляре к оси *OX*, фронтальная и профильная – на перпендикуляре к оси *OZ*;

4) изображены только проекции точки, самой точки нет.

Если заданы две любые проекции точки, то можно построить ее третью проекцию.

Задача. По заданным горизонтальной и фронтальной проекциям точки *C* построить ее профильную проекцию (рис. 154). Для этого:

1) через точку C_2 перпендикулярно оси *OZ* проведем линию связи C_2C_z;

2) через точку C_1 проведем перпендикулярно оси *OY* линию связи C_1C_y;

3) расстояние OC_y отмерим по горизонтальной оси *OY* с помощью дуги окружности или с помощью прямой, проведенной через точку *O* под углом 45° к осям *OY* (эта прямая называется *постоянной прямой чертежа*); для этого линию связи C_1C_y продолжим до пересечения с прямой, а затем из точки пересечения проведем перпендикуляр к горизонтальной оси *OY*;

4) продолжим линию связи из точки C_y до пересечения с линией связи C_2C_z, получим C_3 – профильную проекцию точки *C*.

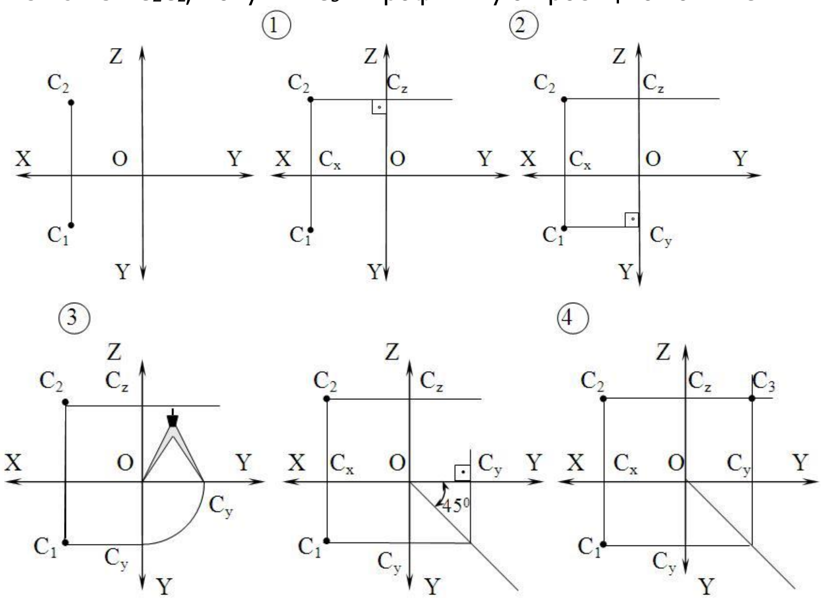


Рис.154.

Задача. По фронтальной и профильной проекциям точки *B* построить ее горизонтальную проекцию (рис.155).

1) из точки B_2 перпендикулярно оси *OX* проведем линию связи B_2B_x;

2) из точки B_3 перпендикулярно горизонтальной оси *OY* проведем линию связи B_3B_y до пересечения с постоянной прямой чертежа;

3) из этой точки перпендикулярно вертикальной оси *OY* проведем линию связи до пересечения с линией связи B_2B_x. Получим B_1 – горизонтальную проекцию точки *B*.

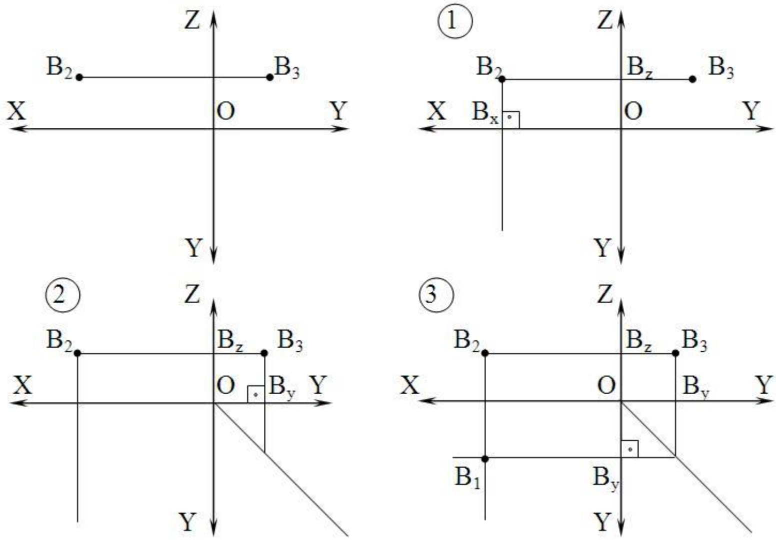


Рис.155.

Задача. По заданным горизонтальной и профильной проекциям точки *E* построить ее фронтальную проекцию (рис.156).

1) из точки E_3 перпендикулярно оси *OZ* проводим линию связи E_3E_z;

2) из точки E_1 перпендикулярно оси *OX* проводим линию связи E_1E_x до пересечения с линией связи E_3E_z. Получим E_2 – фронтальную проекцию точки *E*.

ЗАПОМНИТЕ! По двум проекциям точки можно построить ее третью проекцию.

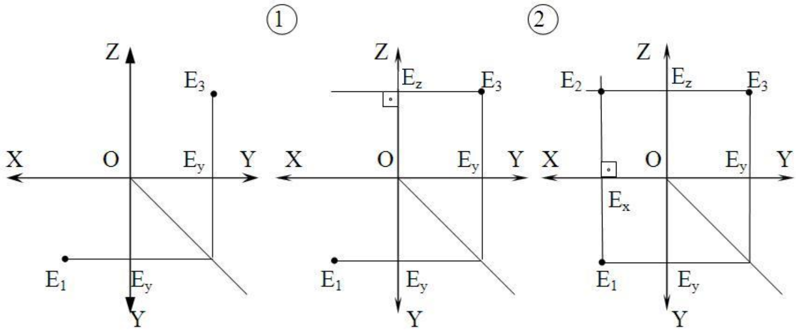


Рис.156.

2.3.5. Координаты точки

Положение точки в пространстве можно задавать не только графически в виде эпюра, но и числами, которые определяют расстояния от точки до плоскостей проекций.

ЗАПОМНИТЕ! Расстояние от точки до плоскости проекций называется *координатой.*

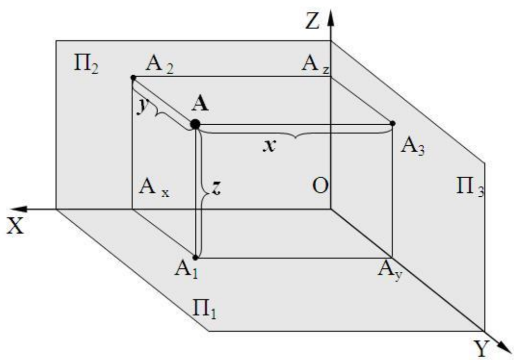


Рис.157.

Расстояние от точки до плоскости П3 определяют координатой X, она называется *абсциссой* (рис. 157).

$$X = AA_3 = A_2A_Z = A_1A_Y = A_X0$$

Расстояние от точки до плоскости П2 – координатой Y, она называется *ординатой.*

$$Y = AA_2 = A_1A_X = A_3A_Z = A_Y0$$

Расстояние от точки до плоскости $П_1$ - координатой Z , она называется *аппликатой.*

$$Z = AA_1 = A_2A_X = A_3A_Y = A_Z0$$

ЗАПОМНИТЕ! Координаты измеряются по осям *OX, OY, OZ* или по линиям, которые *параллельны* этим осям.

Координаты пишут в скобках рядом с обозначением точки. На первом месте стоит координата *X*, на втором –*Y*, на третьем - *Z*. Например, запись *A* (10;30;20) означает, что координаты точки *A* такие: *X*=10 единиц, *Y*=30 единиц, *Z*=20 единиц.

По трем координатам точки можно построить ее эпюр и определить положение в пространстве.

ЗАПОМНИТЕ! За единицу длины при выборе масштаба принимаем 1 мм, так как в техническом черчении все размеры измеряются в *миллиметрах.*

Задача. Задана точка *A* (30;20;50). Построить эпюр точки и определить ее положение в пространстве (рис.158).

1) от точки *O* по оси *OX* откладываем 30 мм, отметим A_x; от точки *O* по оси *OY* откладываем 20 мм, отметим A_y; от точки *O* по оси *OZ* откладываем 50 мм, отметим A_z;

2) через точку A_x проведем перпендикуляр к оси *OX*, через A_z проведем перпендикуляр к оси *OZ*, через A_y проведем перпендикуляры к осям *OY*;

3) отметим точки пересечения перпендикуляров: A_1 – горизонтальная проекция, точка пересечения перпендикуляров к осям *OX* и *OY*; A_2 – фронтальная проекция, точка пересечения перпендикуляров к осям *OX* и *OZ*;

A_3 – профильная проекция, точка пересечения перпендикуляров к осям *OY* и *OZ*.

ЗАПОМНИТЕ! Если *ни одна* координата точки не равна нулю, она называется ***точкой общего положения*** и расположена в пространстве.

4) так как ни одна координата точки *A* не равна нулю, точка *A* является точкой общего положения и расположена в пространстве; на эпюре она не изображена.

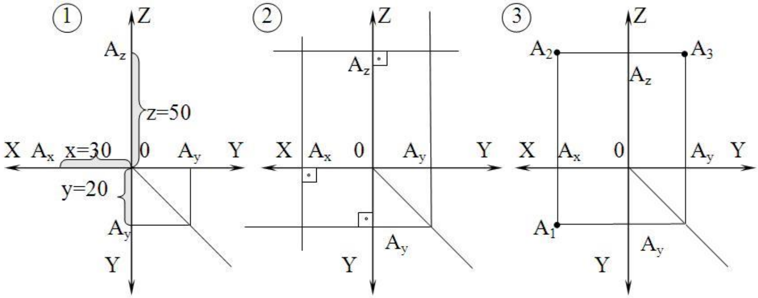


Рис.158.

Задача. Задана точка *C* (40;0;30). Построить эпюр точки *C* и определить ее положение в пространстве (Рис.159).

1) от точки *O* по оси *X* откладываем 40 мм, отметим C_x; от точки *O* по оси *OY* откладываем 0 мм, следовательно, C_y совпадает с точкой *O*; от точки *O* по оси *OZ* откладываем 30 мм, отметим C_z.

ЗАПОМНИТЕ! Слово «*совпадает*» обозначают знаком ≡ и записывают $0 \equiv C_y$ (*0* совпадает с C_y).

2) через C_X проведем перпендикуляр к оси *OX*, через C_Z проведем перпендикуляр к оси *OZ*; перпендикуляр через C_y совпадает с осью *OZ*;

3) отметим точки пересечения перпендикуляров: C_2 – фронтальная проекция, точка пересечения перпендикуляров к осям *OX* и *OZ*; C_1 – горизонтальная проекция, совпадает с C_X ($C_1 \equiv C_X$), т.к. перпендикуляр, который проведен через C_y к вертикальной оси *OY*, пересекается с перпендикуляром, который проведен через C_x к оси *OX*, в точке C_X; C_3 – профильная проекция, совпадает с C_Z ($C_3 \equiv C_Z$), т.к. перпендикуляр, который проведен через C_y к горизонтальной оси *OY*, пересекается с перпендикуляром, который проведен через C_Z к оси OZ, в точке C_Z;

ЗАПОМНИТЕ! Если хотя бы *одна* координата точки равна нулю, точка называется ***точкой частного положения.***

4) координата *Y* точки *C* равна нулю, то есть расстояние от точки *C* до плоскости $П_2$ равно нулю, следовательно, точка *C* лежит на плоскости $П_2$ и совпадает со своей фронтальной проекцией *(C≡C₂)*; таким образом, точка *C* является точкой частного положения и расположена на фронтальной плоскости проекций; на эпюре она совпадает со своей фронтальной проекцией.

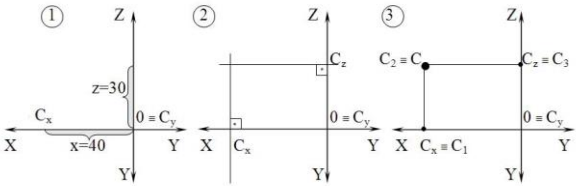


Рис.159.

ЗАПОМНИТЕ! Если *одна* координата точки равна нулю, то точка расположена на *плоскости проекций* и две проекции этой точки лежат на осях проекций, третья – лежит на плоскости и совпадает с точкой (рис.160).

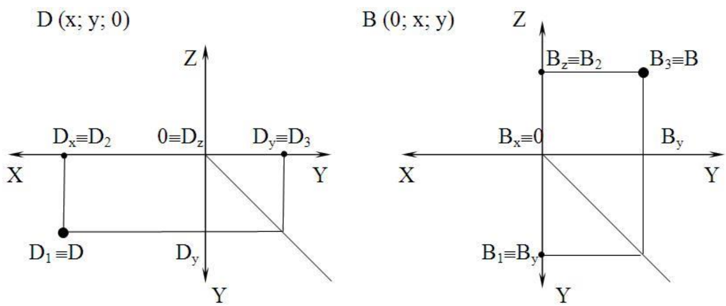


Рис.160.

Задача. Задана точка *E* (0;0;50). Построим эпюр точки и определим ее положение в пространстве (рис. 161).

1) $E_x \equiv E_y \equiv 0$, так как x=0 и y=0; от точки *O* по оси *OZ* откладываем 50 мм, отметим E_z;

2) координаты *X* и *Y* точки *E* равны нулю, то есть расстояние от точки *E* до плоскостей проекций $П_2$ и $П_3$ равны нулю, следовательно, точка *E* лежит на оси *OZ* и совпадает со своими фронтальной и профильной проекциями ($E \equiv E_2 \equiv E_3$); таким образом,

точка *E* является точкой частного положения и расположена на оси *OZ*.

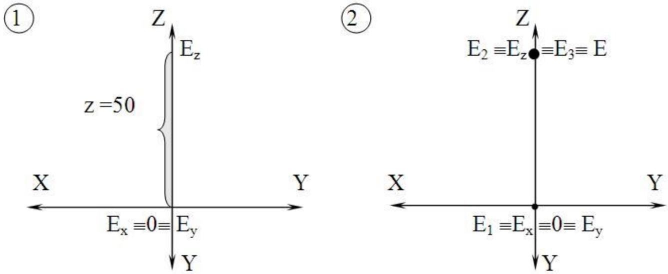


Рис. 161.

ЗАПОМНИТЕ! Если *две* координаты точки равны нулю, то точка расположена на *оси проекций*, две ее проекции совпадают и лежат на этой же оси, а третья – в начале координат (рис. 162).

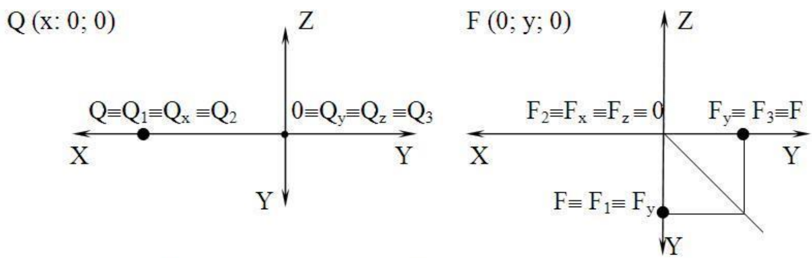


Рис. 162.

ЗАПОМНИТЕ! Если *три* координаты точки равны нулю, то точка лежит в *начале координат,* все проекции точки совпадают и лежат в начале координат (рис.163).

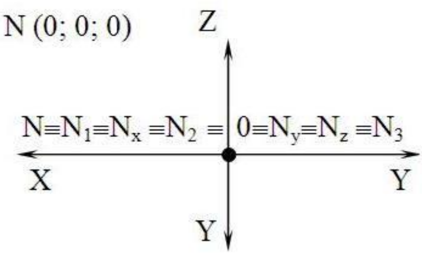


Рис.163.

2.3.6. Изометрия точки

Изометрию точки, а также любого предмета, строят по их заданным ортогональным проекциям. На рис. 164 даны ортогональные проекции точки *A*.

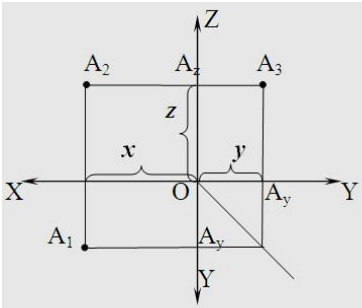


Рис.164.

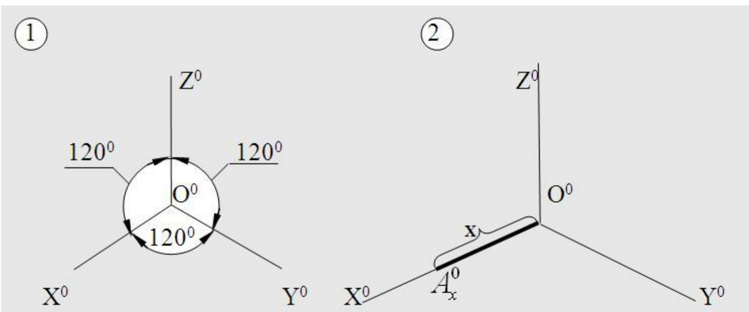
Построим изометрию точки *A* (рис.165):

1) в произвольной точке 0^0 проведем изометрические оси X^0, Y^0,Z^0;

2) от точки 0^0 по оси X^0 отложим расстояние $0A_x$ (координата *X* точки *A*), отметим точку A_x;

3) из точки A_x проведем прямую параллельную оси Y^0 и по ней отложим расстояние A_xA_1 (координату *Y* точки *A*), отметим точку A_1;

4) из точки A_1 проведем прямую, параллельную оси *Z* и по ней отложим расстояние OA_z (координата *Z* точки *A*), отметим точку A^0– изометрию точки *A*.



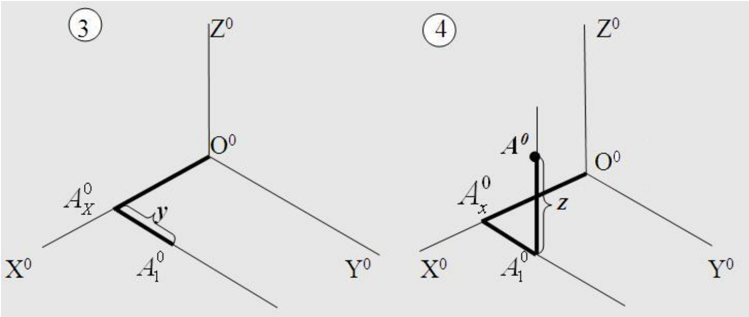


Рис. 165.

Ломаная линия ***OA_xA_1A*** называется ***координатной ломаной.***

ЗАПОМНИТЕ! Чтобы построить изометрию точки, надо построить координатную ломаную этой точки в системе изометрических осей.

Аналогично изометрию точки можно построить по ее координатам.

Задача. Задана точка *B* (40;0;30). Построить изометрию точки *B* (рис. 166):

1) от точки O^0 по оси X^0 отложим 40 мм (координата *X* точки *B*), отметим точку B_x;

2) координата *Y* точки *B* равна нулю, поэтому $B_1 \equiv B_x$;

3) из точки B_1 параллельно оси *Z* проведем прямую и по ней отложим 30 мм (координата *Z* точки *B*), отметим B^0 – изометрию точки *B*.

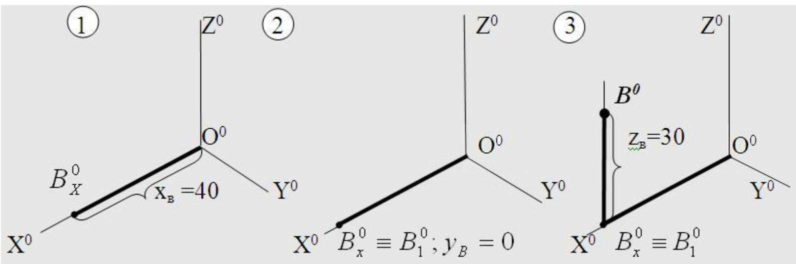


Рис.166.

Задача. Задана точка C (0;0;50). Построить изометрию точки C (рис. 167):

1) координата X и Y точки C равны нулю, поэтому $0 \equiv C_y \equiv C_x$;

2) из точки O^0 по оси отложим 50 мм (координата точки C) и отметим точку C^0 – изометрию точки C.

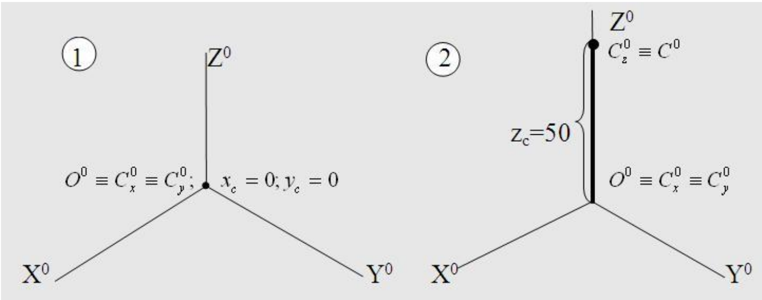


Рис.167.

ЗАПОМНИТЕ! Координатная ломаная точек частного положения состоит из:

- *двух* отрезков, если одна координата точки равна нулю, и точка расположена на плоскости;

-*одного* отрезка, если две координаты точки равны нулю, и точка расположена на оси.

Структурно-логическая схема темы "Проецирование точки" показана на рис. 168.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Прочитайте и напишите в тетрадь новые слова, переведите их и запомните:

*Задание 2.*Ответьте на вопросы:

1. Что называется проекцией точки?

2.Сколько проекций определяют положение точки в пространстве?

3. Сколько и какие плоскости проекций вы знаете? Как их обозначают? Как они расположены относительно друг друга?

4. Как образуются оси проекций? Как их обозначают?

5. Что называется линией связи?

6. Что такое эпюр?

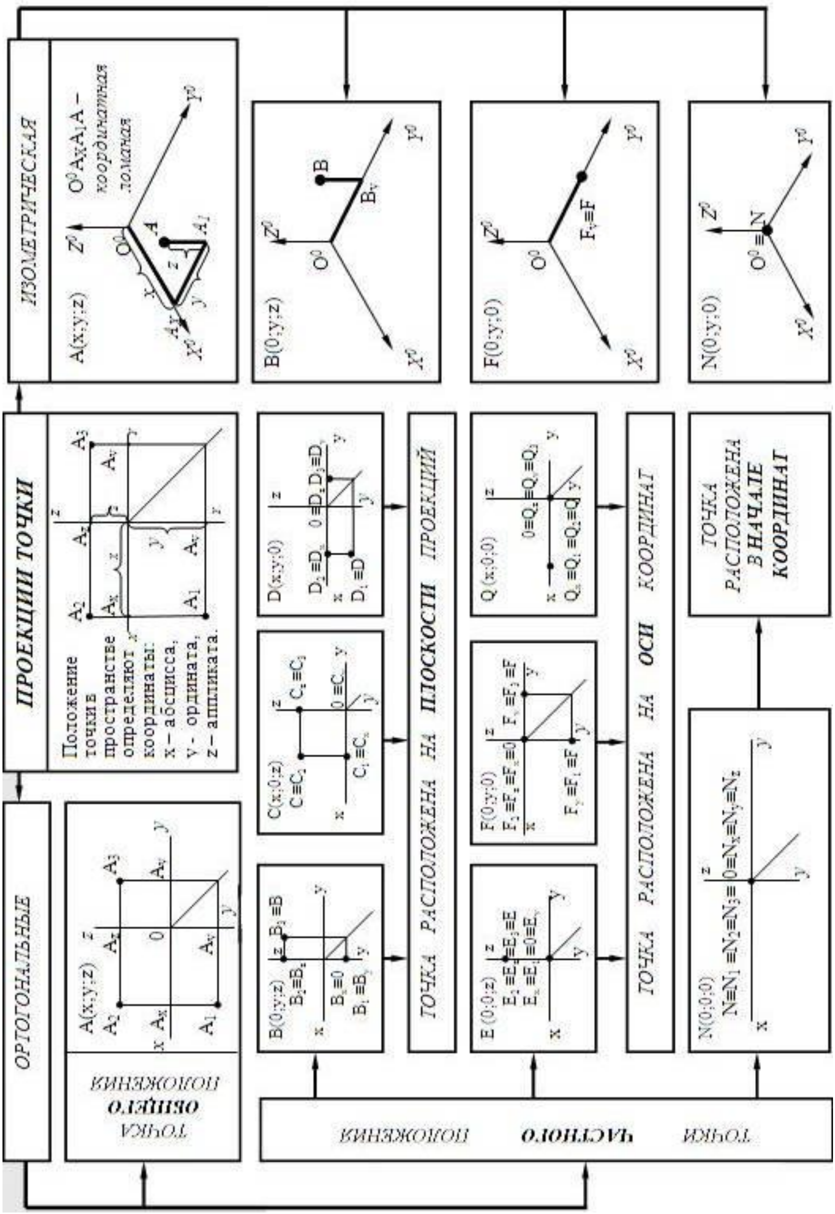


Рис. 168. Структурно-логическая схема темы «Проецирование точки».

7. Что называется координатой точки?
8. Какая точка называется точкой общего положения?
9. Какая точка называется точкой частного положения?
10. Где будут расположены горизонтальная, фронтальная и профильная проекции точки, которая лежит на фронтальной плоскости проекций?
11. Где будут расположены проекции точки, которая лежит на оси OY?
12. Что нужно построить, чтобы найти аксонометрию точки?
13. Сколько отрезков составляют координатную ломаную точки общего положения? Почему?
14. Сколько отрезков составляют координатную ломаную точки, которая расположена на оси? Почему?

Задание 3. Выполните в тетради упражнения.

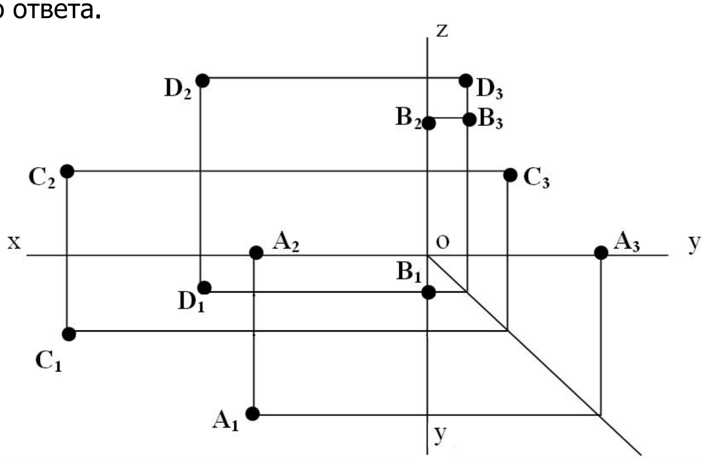
1. По двум заданным проекциям точки постройте ее третью проекцию и изометрию, определите положение точки в пространстве:

2. По эпюру точки определите ее координаты:

3. По координатам точки постройте ее эпюр и прямоугольную изометрию. Определите положение точки в пространстве:

а) F(50; 0; 30); б) C(40;50;10); в) N(0;50;0); г); Q(0; 0; 0).

Задание 4. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.



1. **Плоскость проекций, которой принадлежит точка А …**
   А. Горизонтальная.
   Б. Фронтальная.
   В. Профильная.
   Г. Точка находится в пространстве.
2. **Плоскость проекций, которой принадлежит точка В …**
   А. Горизонтальная.
   Б. Фронтальная.
   В. Профильная.
   Г. Точка находится в пространстве.
3. **Координата точки В, которая равна нулю …**
   А. *X.*
   Б. *Y.*
   В. *Z*.
   Г. Такой координаты нет.
4. **Координата точки А, которая равна нулю …**
   А. *X.*
   Б. *Y.*
   В. *Z*.
   Г. Такой координаты нет.
5. **Минимальная координата точки D …**
   А. *X.*
   Б. *Y.*
   В. *Z*.
   Г. Такой координаты нет.
6. **Максимальная координата точки С …**
   А. *X.*
   Б. *Y.*
   В. *Z*.
   Г. Такой координаты нет.
7. **Точки, которые одинаково удалены от фронтальной плоскости проекций …**
   А. *C ,D.* **Б.** *A,D.* **В.** *B,D* . **Г.** *A,C.*

8. **Точка, максимально удаленная от горизонтальной плоскости проекций …**
А. *A.* **Б.** *B.* **В.** *C.* **Г.** *D.*

Пример записи ответа: 1- Б, 2- Д и т.д.

2.4.Проецирование отрезка прямой

2.4.1. Прямые общего положения

Прямую линию можно рассматривать как множество точек. Положение прямой в пространстве определяют две ее точки. Часть прямой, которая ограничена двумя точками, называется *отрезком*. Поэтому на чертеже прямая задается двумя ортогональными проекциями отрезка, который принадлежит данной прямой (рис.169, *а*).

Чтобы построить проекции отрезка, достаточно построить проекции его крайних точек – точек *А* и *В* (рис.169, *б*), затем соединить прямыми линиями одноименные проекции этих точек и получить проекции отрезка (рис.169, *в*).

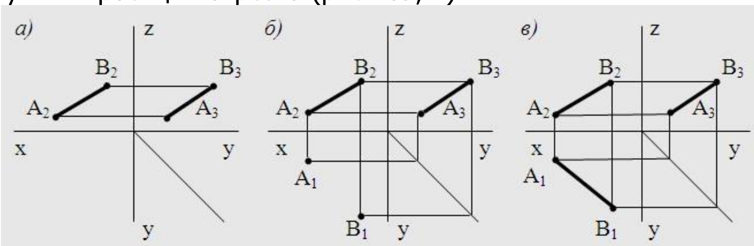


Рис.169.

Прямая может занимать различное положение в пространстве, а следовательно, и относительно плоскостей проекций. Различают прямые общего и частного положения.

ЗАПОМНИТЕ! Прямая, которая не параллельна ни одной из плоскостей проекций, называется прямой ***общего положения***. Все проекции отрезка прямой общего положения расположены *наклонно* к осям координат (рис. 170, *а* и 170, *б*).

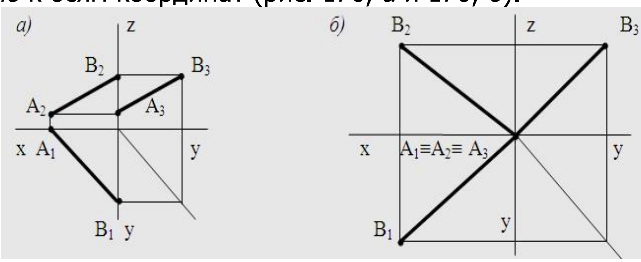


Рис.170.

Чтобы построить изометрию отрезка прямой, необходимо построить координатные ломаные крайних точек отрезка и соединить их. Например, построим прямоугольную изометрию отрезка прямой общего положения, заданного на рис. 170, *б*. Сначала построим координатную ломаную OB_xB_1B для точки *B*, затем построим изометрию точки *A* (рис.171, *а*) и соединим, полученные точки *A* и *B* прямой (рис.171, *б*).

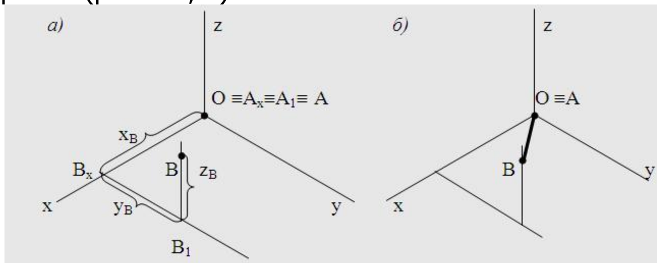


Рис.171.

2.4.2. Прямые частного положения

Если прямая параллельна одной или двум плоскостям проекций, то она называется ***прямой частного положения***.

ЗАПОМНИТЕ! Прямые, параллельные одной плоскости проекций, называются ***прямыми уровня***. Одна проекция прямой уровня равна натуральной величине отрезка прямой, две другие – параллельны осям проекций.

Прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекции, называется ***горизонталью,*** её обозначают на чертежах ***h*** (рис.172, *а*). Горизонталь может принадлежать горизонтальной плоскости проекций (рис. 172, *б*).

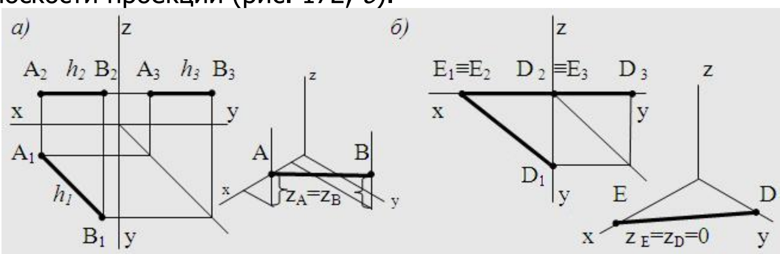


Рис. 172.

Прямая, параллельная фронтальной плоскости проекций, называется ***фронталью*** и обозначается на чертежах ***f*** рис.173, *а*). Фронталь может быть расположена на плоскости *П2* (рис. 173, *б*).

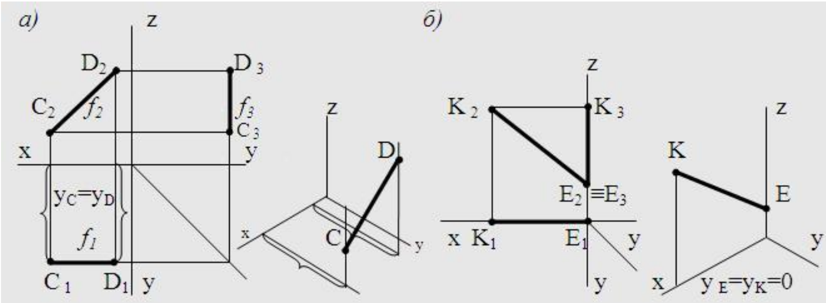


Рис.173.

Прямая, параллельная профильной плоскости проекций, называется ***профильной прямой***, её обозначают на чертежах ***p*** (рис. 174,*а*). Профильная прямая может находиться на профильной плоскости проекций (рис. 174, *б*).

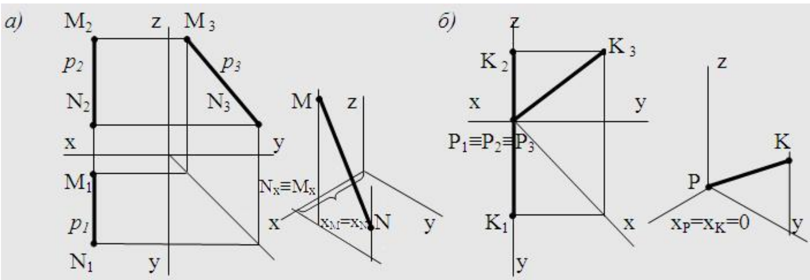


Рис. 174.

ЗАПОМНИТЕ! Прямые, параллельные двум плоскостям проекций, называются ***проецирующими прямыми***. Они перпендикулярны третьей плоскости проекций. Одна проекция проецирующей прямой – точка, две другие – параллельны осям и равны натуральной величине отрезка прямой.

Прямая, параллельная профильной и фронтальной плоскостям проекций и перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций, называется ***горизонтально проецирующей прямой*** (рис.175, *а*). Горизонтально проецирующая прямая может принадлежать плоскости *П2* (рис. 175, *б*), плоскости *П3* (рис. 175, *в*) и оси *OZ* (рис. 175, *г*).

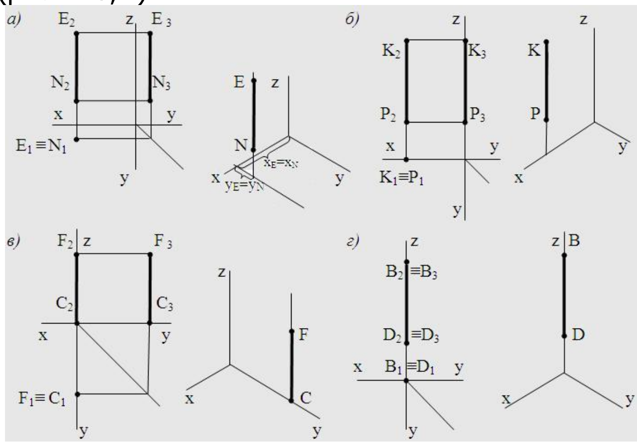


Рис. 175.

Прямая, параллельная горизонтальной и профильной плоскостям проекций и перпендикулярная фронтальной плоскости проекций, называется ***фронтально проецирующей прямой*** (рис. 8, *а*). Она может быть расположена на плоскости *П1* (рис. 176, *б*), плоскости *П3* (рис. 176, *в*) и оси *ОУ* (рис. 176, *г*).

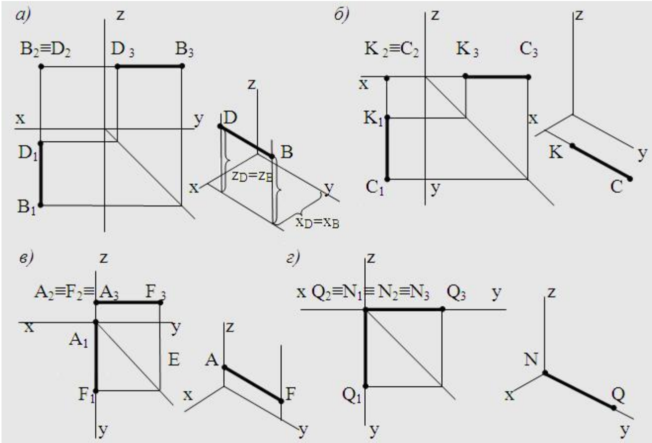


Рис. 176.

Прямая, параллельна фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций и перпендикулярная профильной плоскости проекций, называется ***профильно проецирующей прямой*** (рис. 177, *а*). Она может быть расположена на плоскости *$П_1$* (рис. 177, *б*), плоскости *$П_2$* (рис. 177, *в*) и оси *OX* (рис. 177, *г*).

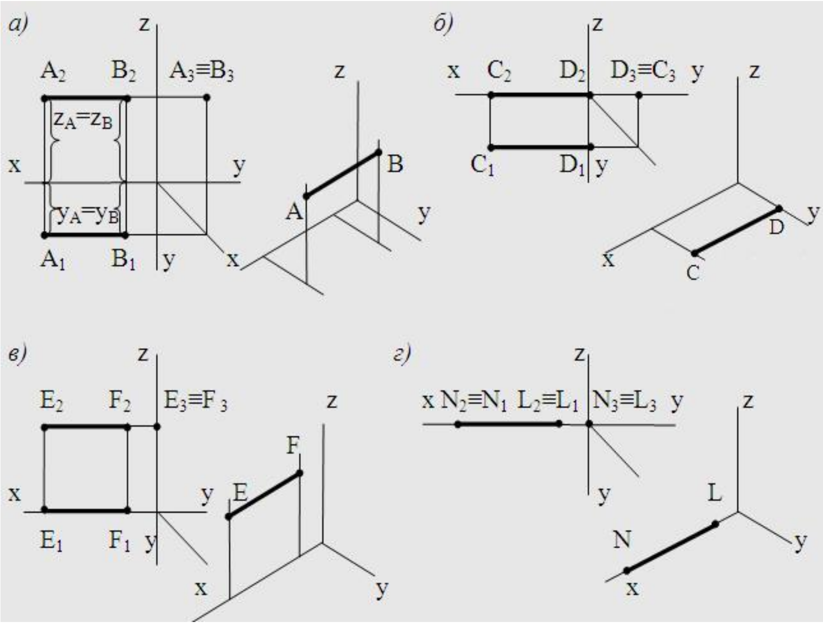


Рис. 177.

2.4.3. Следы прямой

ЗАПОМНИТЕ! Точки пересечения прямой с плоскостями проекций называются ***следами прямой***. Они определяются как особые точки, одна из координат которых равна нулю.

Прямая общего положения *AB*, которая пересекает три плоскости проекций, имеет три следа: горизонтальный ***M***, фронтальный ***N*** и профильный ***T*** (рис. 178).

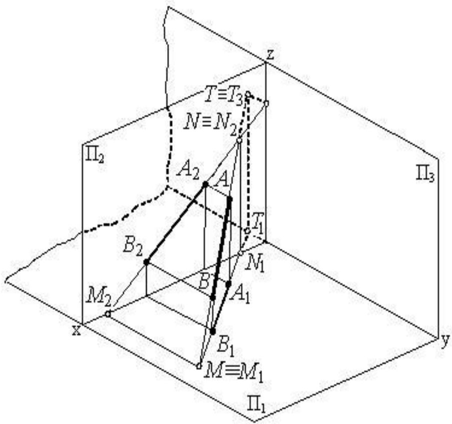


Рис.178.

Прямые уровня не имеют следа на плоскости, которой они параллельны и пересекают только две плоскости проекций, то есть имеют два следа. Проецирующие прямые имеют только один след, который совпадает с проекцией прямой на плоскость, к которой перпендикулярна данная прямая.

На рис.178 видно, что горизонтальный след прямой общего положения принадлежит плоскости $П_1$ и совпадает со своей горизонтальной проекцией, а его фронтальная проекция расположена на оси *OX*. Фронтальный след лежит на плоскости $П_2$ и совпадает со своей фронтальной проекцией, при этом его горизонтальная проекция расположена на оси *OX*.

Следовательно, чтобы построить горизонтальный и фронтальный след прямой *CD* (рис.179), выполним следующие построения:

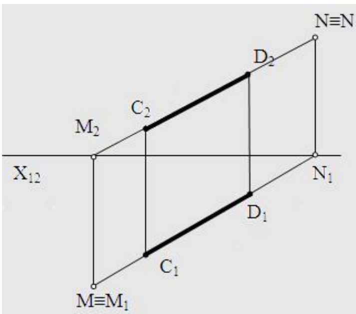


Рис.179.

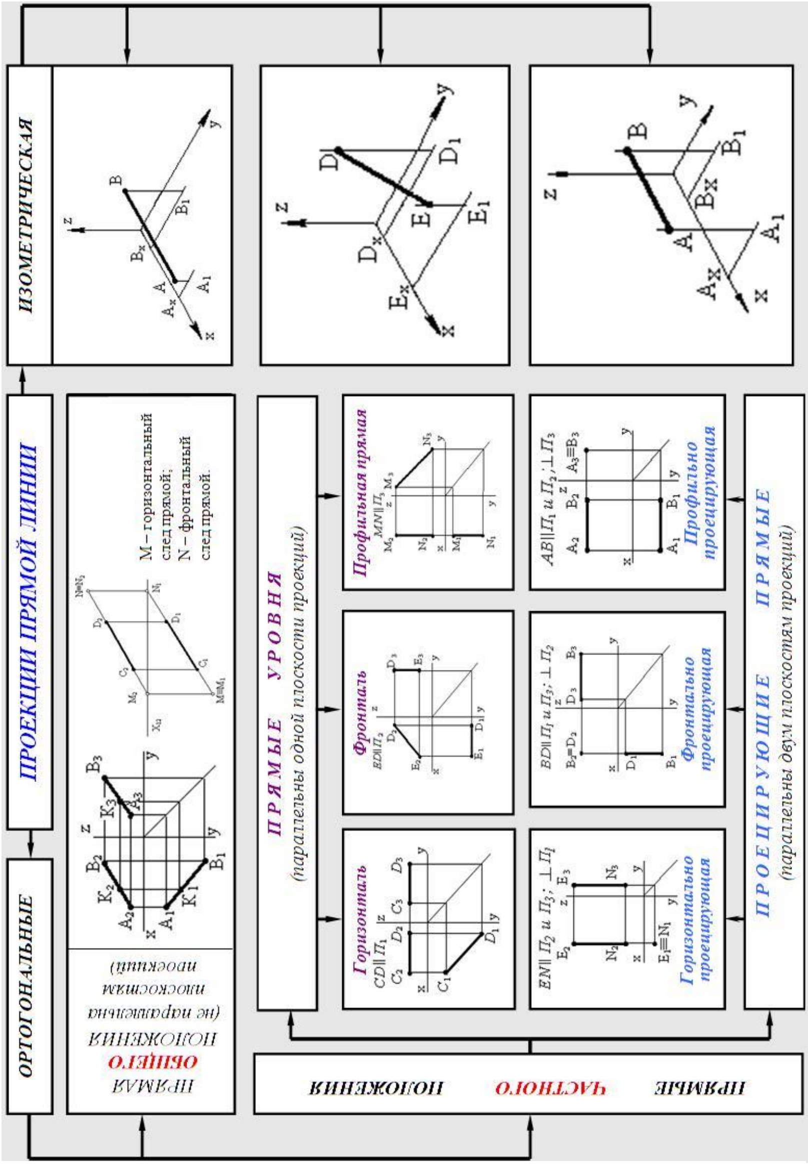


Рис.180. Структурно-логическая схема "Проецирование прямой линии".

1) продлим фронтальную проекцию отрезка прямой C_2D_2 до пересечения с осью *OX*, получим M_2 – фронтальную проекцию горизонтального следа;

2) из M_2 перпендикулярно оси *OX* проведем линию связи до пересечения с горизонтальной проекцией C_1D_1, которую нужно продлить, и получим горизонтальный след *M*, совпадающий со своей горизонтальной проекцией;

3) продлим горизонтальную проекцию отрезка прямой C_1D_1 до пересечения с осью *OX*, получим N_1 – горизонтальную проекцию фронтального следа;

4) из N_1 перпендикулярно оси *OX* проведем линию связи до пересечения с фронтальной проекцией C_2D_2, которую предварительно продлим, и получим фронтальный след прямой *N*, совпадающий со своей фронтальной проекцией.

Структурно-логическая схема "Проецирование прямой линии" представлена на рис. 180.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы:

1. Какая прямая называется прямой общего положения?. Как располагаются проекции прямой общего положения относительно осей координат?

2. Какие частные варианты расположения прямых в пространстве Вы знаете?

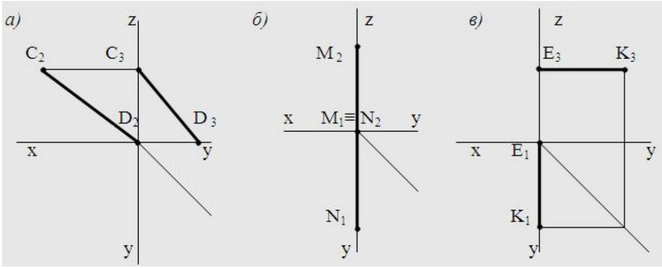
3. Какие прямые называются прямыми уровня? Как располагаются проекции прямой уровня относительно осей координат?

4. Какие прямые называются проецирующими прямыми?.Как располагаются проекции проецирующей прямой относительно осей координат?

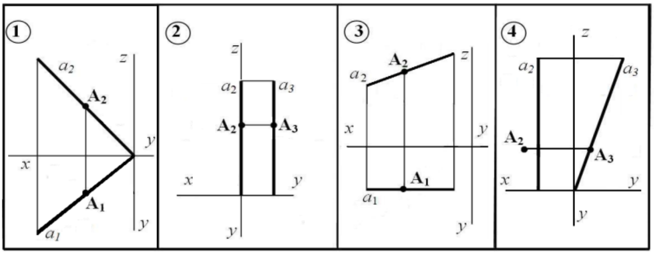
5.Что называется следом прямой?

Задание 2. Выполните в тетради упражнения.

По двум проекциям отрезка прямой:1) построить его третью проекцию и изометрию; 2) написать название отрезка прямой.



Задание 3. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.



1. Точка А принадлежит профильной прямой на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

2. Точка А принадлежит прямой общего положения на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

3. Точка А принадлежит фронтали на рисунке…

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

4. Точка А принадлежит горизонтально проецирующей плоскости на рисунке…

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

5. Точка *А* расположена над прямой на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

6. Точка *А* не принадлежит прямой на рисунке…

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

7. Отрезок прямой проецируется в натуральную величину на фронтальную плоскость проекций на рисунке …

А. 1. **Б.** 2 и 3. **В.** 3. **Г.** 2 и 4. **Д.** Такого рисунка нет.

8. Отрезок прямой проецируется в натуральную величину на профильную плоскость проекций на рисунке …

А. 1. **Б.** 2 и 3. **В.** 3. **Г.** 2 и 4. **Д.** Такого рисунка нет.

Пример записи ответа: 1- Б, 2- Д и т.д.

2.4.4. Взаимное расположение прямых в пространстве

Две прямые в пространстве могут иметь различное расположение (рис. 181). Они могут совпадать ($a \equiv b$), быть параллельными ($c \parallel d$), пересекаться ($m \cap n$) и скрещиваться (k _ l).

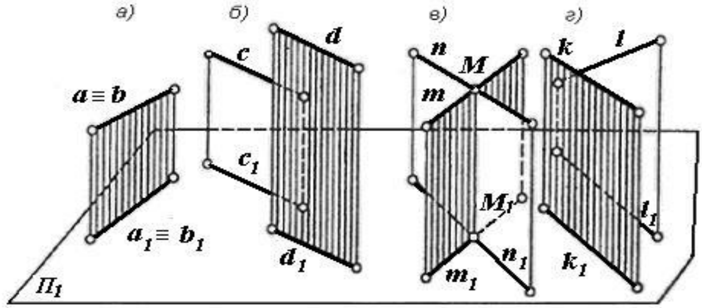


Рис.181.

Если две прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны (рис. 182, *а*). Если две прямые пересекаются в некоторой точке *М,* то проекции этой точки должны принадлежать одноименным проекциям прямых, т. е. точки пересечения одноименных проекций пересекающихся прямых должны лежать на одной линии связи (рис. 182, *б*): $m \cap n = M \rightarrow \{m_1 \cap n_1 = M_1$ и $m_2 \cap n_2 = M_2\}$. Если две прямые скрещиваются, то их одноименные проекции могут пересекаться в точках, не лежащих на одной линии связи (рис. 182, *в*): a _ $b \rightarrow a_1 \cap b_1 = A_1 \equiv (1_1)$ - горизонтально ***конкурирующие точки –*** точки, лежащие на одной линии связи; $a_2 \cap b_2 = B_2 \equiv (2_2)$ - фронтально конкурирующие точки. В другом случае одна пара проекций будет пересекаться, а вторая может быть параллельными прямыми (рис. 182, *г*): k _ $l \rightarrow \{k_2 \cap l_2$, а $k_1 \parallel l_1\}$.

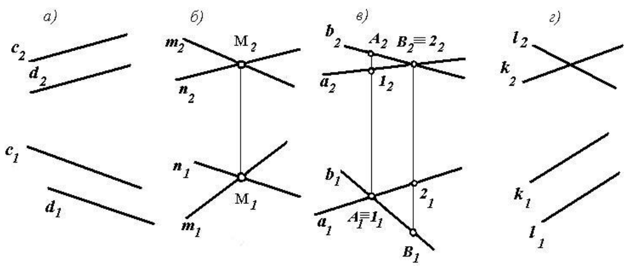


Рис.182.

Есть особые случаи определения взаимного расположения двух прямых в пространстве. Например, если одна из них (рис. 183) или обе (рис. 184) являются профильными прямыми, то для определения их взаимного расположения необходимо построить третью, профильную, проекцию этих прямых. Если рассматривать рис. 182, можно ошибочно сказать, что прямые *AB* и *CD* пересекаются. Однако если построить профильные проекции этих прямых, станет видно, что они скрещиваются, так как точки 1 и 2 не совпадают, а являются фронтально конкурирующими точками (рис.14). Рассматривая рис. 15, можно ошибочно сказать, что прямые *AB* и *CD* параллельны. Но после построения их профильных проекций увидим, что они скрещиваются, так как на плоскости $П_3$ проекции данных прямых пересекаются.

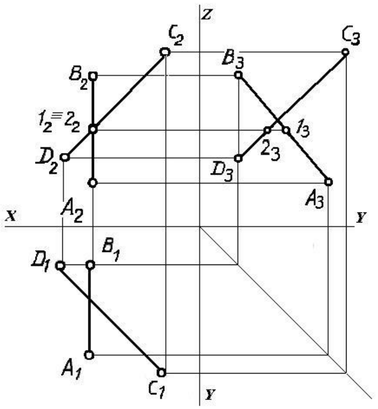


Рис. 183.

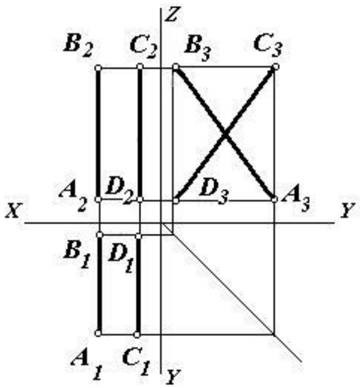


Рис. 184.

Кроме того, две прямые, параллельные или пересекающиеся, могут иметь общую проецирующую плоскость (рис. 185, *а*), тогда их изображения на соответствующую плоскость проекций будут совпадать. Эти прямые называют ***конкурирующими***.

Прямые *a* и *b* имеют общую горизонтально проецирующую плоскость (рис. 186, *б*) и являются горизонтально конкурирующими ($a \cap b = A \rightarrow \{a_2 \cap b_2 = A_2$, а $a_1 \equiv b_1\}$). Прямые *c* и *d* (рис. 186, *в*) — фронтально конкурирующие, имеют общую фронтально проецирующую плоскость ($c || d \rightarrow \{c_1 || d_1$, а $c_2 \equiv d_2\}$).

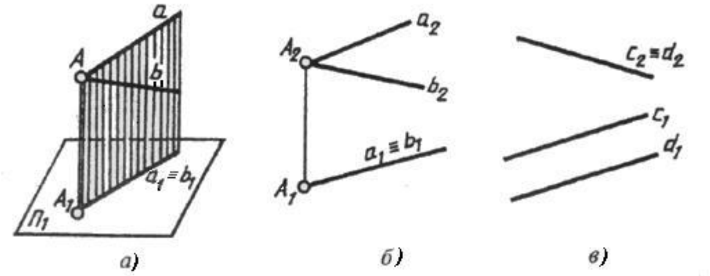


Рис.185.

2.4.5. Точка на прямой

ЗАПОМНИТЕ! Если точка принадлежит прямой, то ее проекции лежат на одноименных проекциях этой прямой.

На рис. 186 задана прямая *AB*, положение которой в пространстве определяется ее проекциями A_1B_1; A_2B_2; A_3B_3. Точка *D* принадлежит прямой *AB*. Тогда D_1 принадлежит A_1B_1, D_2 принадлежит A_2B_2, D_3 принадлежит A_3B_3.

ЗАПОМНИТЕ! Выражение «точка принадлежит прямой» записывают так: $D \in AB$.

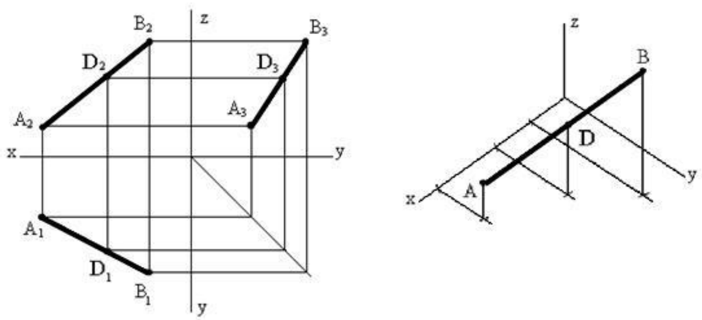


Рис.186.

На рис.187 проекциями и задан отрезок *CN*, а также точки *K* (K_1;K_2) и *L* (L_1;L_2). Точка $K \in CN$, так как $K_1 \in C_1N_1$ и $K_2 \in C_2N_2$. Точка $L \notin CN$ (знак $\notin$ означает «не принадлежит»), так как $L_1 \notin C_1N_1$.

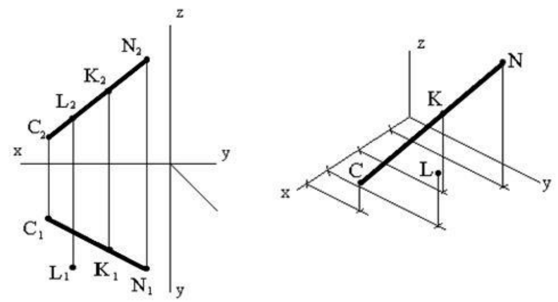


Рис.187.

Задача. Задана A_1 – горизонтальная проекция точки A. Точка $A \in CD$. Построить проекции A_2 и A_3 (рис.188).

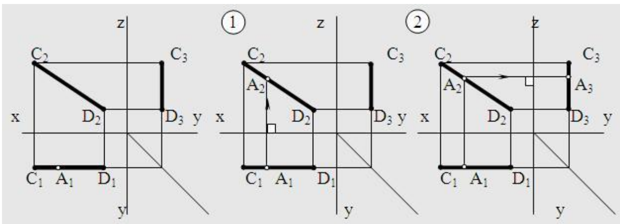


Рис.188.

1) через A_1 проводим линию связи (перпендикулярно к оси OX) до пересечения с проекцией C_2D_2, отметим A_2;

2) через A_2 проводим линию связи (перпендикулярно к оси OZ) до пересечения с проекцией C_3D_3, отметим A_3.

Задача. Задана B_2 – фронтальная проекция точки B, которая принадлежит прямой ED. Построить проекции B_1 и B_3 (рис.189).

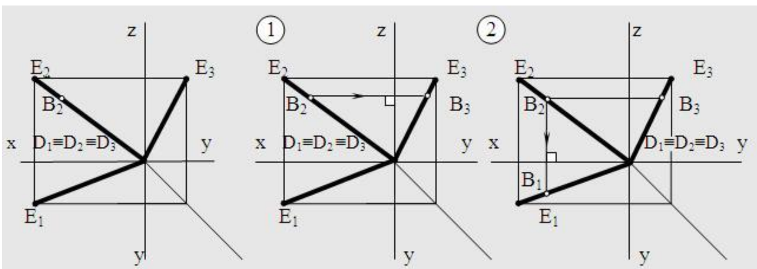


Рис.189.

1) через B_2 проводим линию связи (перпендикулярно к оси *OZ*) до пересечения с проекцией E_3D_3, отметим B_3;

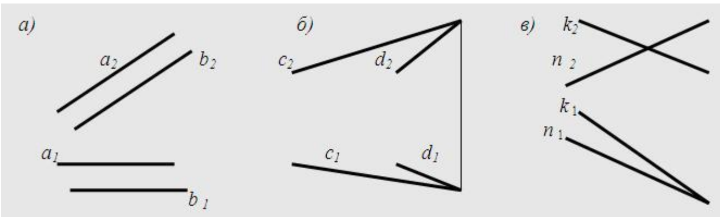
2) через B_2 проводим линию связи (перпендикулярно к оси *OX*) до пересечения с проекцией E_1D_1, отметим B_1.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы:

1. Какие варианты расположения прямых в пространстве Вы знаете?
2. Когда точка принадлежит прямой?

Задание 2.. Посмотрите на рисунок, определите взаимное положение двух заданных прямых. Используйте знаки: || - параллельности прямых, ∩ - пересечения прямых,__- скрещивающихся прямых.



a ___ b *c ___ d* *k ___ n*

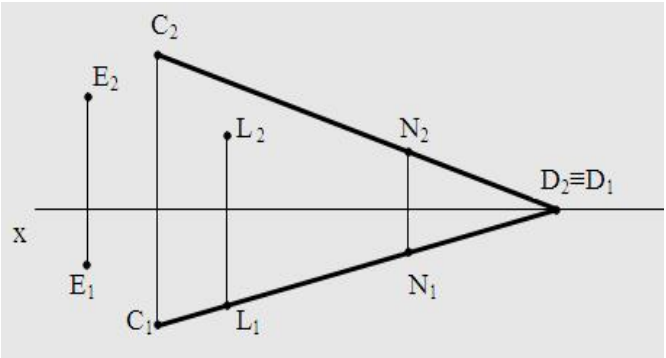
Задание 3. Выполните в тетради упражнения.

1.Постройте эпюр отрезка прямой и все проекции точки *L*, которая принадлежит на этой прямой:

Ответьте на вопросы: 1. Какую проекцию отрезка прямой Вы построили?

2. Как называется эта прямая? Почему?

2. По эпюру отрезка *CD* и точек *E, L, N* определите какие точки принадлежат данной прямой?



2.4.6. Сведения о метрических задачах

К *метрическим* относятся задачи, связанные с определением истинных (натуральных) величин расстояний, углов и плоских фигур на комплексном чертеже. Можно выделить три группы метрических задач.

Первая группа - это задачи на определение расстояний: от точки до другой точки; от точки до прямой; от точки до плоскости; от точки до поверхности тела; от прямой до другой прямой; от прямой до плоскости; от плоскости до плоскости. Причем расстояние от прямой до плоскости и между плоскостями измеряется только в тех случаях, когда они параллельны.

Вторая группа метрических задач - задачи на определение углов между пересекающимися или скрещивающимися прямыми, между прямой и плоскостью, между плоскостями (имеется в виду определение величины двухгранного угла).

Третья группа задач связана с определением истинной величины отрезка прямой, плоской фигуры и части поверхности геометрического тела (развертки).

Перечисленные задачи могут быть решены с применением различных способов преобразования чертежа. В основе решения метрических задач лежит свойство прямоугольного проецирования, которое заключается в том, что любой геометрический элемент проецируется на плоскость проекций в *натуральную величину*, если он лежит в плоскости, параллельной этой плоскости проекций. Решение задач значительно упрощается, если придать заданным геометрическим элементам *частное положение*. Если один из геометрических элементов не занимает частного положения, то необходимо выполнить определенные построения, которые позволят придать ему это положение.

Решение большинства из них подробно изучается в программе вузовского курса «Начертательная геометрия». В плане расширения программы по инженерной графики для иностранных слушателей дополнительных общеобразовательных программ (инженерно-техническая и технологическая направленность) рассмотрим несколько метрических задач.

Определим натуральную величину отрезка прямой общего положения. Отрезок прямой общего положения не параллелен ни одной плоскости проекций и, следовательно, его проекция на любую плоскость будет меньше, чем его действительная величина. Длина отрезка тем меньше, чем больше угол наклона прямой к соответствующей плоскости проекций. Для определения натуральной величины отрезка прямой общего положения используют различные *способы преобразования чертежа* (проекций), которые позволяют заданной прямой общего положения занять в пространстве частное положение, что упрощает решение задачи. Рассмотрим два из этих способов: ***способ замены плоскостей проекций*** и ***способ вращения***.

Способ ***замены плоскостей проекций*** подразумевает введение *дополнительной* плоскости проекций, параллельной данному отрезку прямой. При замене плоскостей проекций изменяют в пространстве положение только одной из имеющихся плоскостей проекций, а другую плоскость проекций оставляют без изменения. Новую плоскость проекций располагают обязательно перпендикулярно плоскости проекций, оставшейся без изменения. Таким образом получается новая система ортогональных (взаимно перпендикулярных) плоскостей проекций. Решим несколько задач способом замены плоскостей проекций.

Задача. Определить натуральную величину отрезка AB (рис.190).

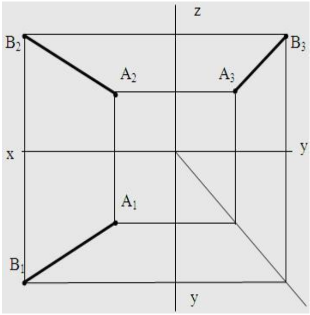


Рис.190.

1) Заменим плоскость $П_2$ на $П_4$, которая должна быть перпендикулярна $П_1$ и параллельна отрезку AB, тогда проекция отрезка AB на плоскость $П_4$ будет равна натуральной величине отрезка: A_4B_4º AB. Проведем параллельно A_1B_1 новую ось x_{14}- ось пересечения плоскостей $П_1$ и $П_4$ (рис.191).

2) Через точки A_1 и B_1 проведем линии связи перпендикулярно оси x_{14}.

3) На линиях связи отложим координату z точки А ($Ax_{12}A_2=Ax_{14}A_4$) и координату z точки B ($Bx_{12}B_2 = Bx_{14}B_4$), получим проекции A_4 и B_4.

4) Соединив проекции A_4 и B_4, получим новую фронтальную проекцию отрезка AB, которая равна его натуральной величине (*Н.В.*).

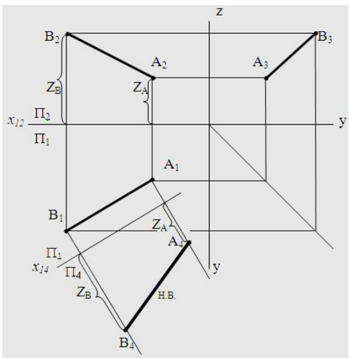


Рис. 191.

Задача. По горизонтальной и фронтальной проекциям отрезка *BC* (рис.192) определить его натуральную величину и углы наклона его к плоскостям проекций $П_1$ и $П_2$.

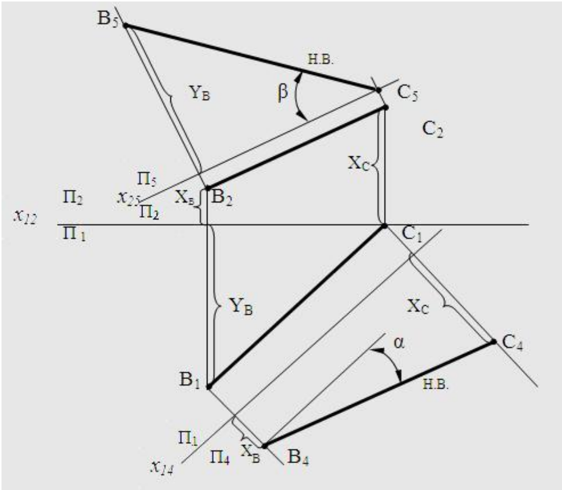


Рис.192.

1) Заменим плоскость $П_2$ на $П_4$, которая перпендикулярна $П_1$ и параллельна отрезку *BC*. Для этого проведем параллельно B_1C_1 новую ось x_{14} - ось пересечения плоскостей $П_1$ и $П_4$ и затем, как в предыдущей задаче, определим натуральную величину отрезка *BC*. Угол α – это угол наклона данного отрезка прямой к плоскости $П_1$.

2) Заменим плоскость $П_1$ на $П_5$, которая перпендикулярна $П_2$ и параллельна отрезку *BC*. Для этого проведем параллельно B_2C_2 новую ось x_{25} - ось пересечения плоскостей $П_2$ и $П_5$.

3) Через точки B_2 и C_2 проведем линии связи перпендикулярно оси x_{25}.

4) На линиях связи отложим координату *Y* точки B ($Bx_{12}B_1= Bx_{25}B_5$) и координату *Y* точки *C* ($Cx_{12}C_1=Cx_{25}C_5$), получим проекции B_5 и C_5.

5) Соединив проекции B_5 и C_5, получим новую горизонтальную проекцию отрезка *BC*, которая равна его натуральной величине. Угол β – это угол наклона данного отрезка прямой к плоскости $П_2$.

Способ ***вращения*** позволяет изменять положение исследуемого элемента (точки, отрезка прямой, плоской фигуры и др.) относительно плоскостей проекций путём его вращения вокруг некоторой неподвижной оси.

Ось вращения обычно располагают перпендикулярно одной из плоскостей проекций, поэтому данный способ преобразования чертежа часто называют *вращением вокруг проецирующей прямой.* При вращении исследуемого элемента вокруг проецирующей прямой каждая точка элемента перемещается по окружности радиусом R, плоскость которой перпендикулярна оси вращения, а следовательно, параллельна этой плоскости проекций. Если ось вращения проходит через какую-либо точку элемента, то эта точка во вращении не участвует и остаётся неподвижной. Например, точка A (рис. 193), вращаясь вокруг оси j, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций, движется по окружности радиусом R, плоскость которой параллельна плоскости $П_1$, и будет проецироваться на неё без искажения, в натуральную величину. На плоскость $П_2$ плоскость окружности проецируется в отрезок прямой, по длине равный диаметру окружности и параллельный оси OX.

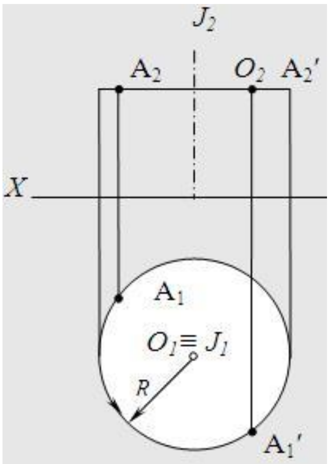


Рис. 193.

Задача. Способом вращения определить натуральную величину отрезка AB и углы наклона его к плоскостям проекций $П_1$ и $П_2$ (рис. 194, *а* и *б*).

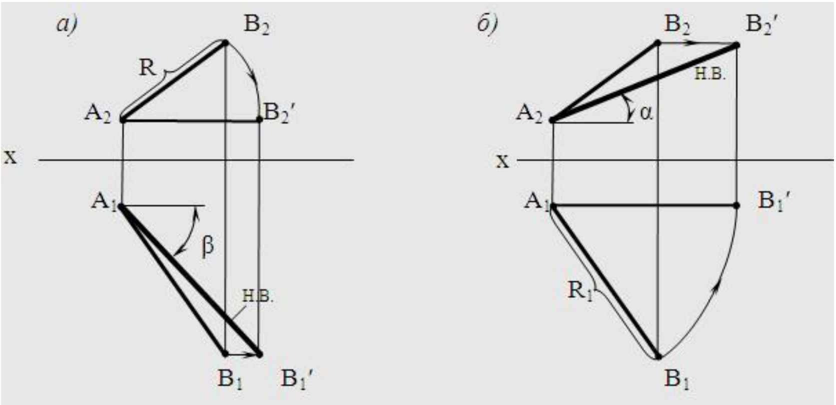


Рис. 194.

1) Через точку A мысленно проводим ось вращения, перпендикулярную плоскости $П_2$ и вращаем отрезок AB до положения, когда он станет параллельным плоскости $П_1$. При этом точка A перемещаться не будет, так как она лежит на оси вращения, а фронтальная проекция точки B будет двигаться по окружности радиусом $R=A_2B_2$ до положения B_2'. Горизонтальная проекция точки B будет перемещаться по прямой, параллельной оси OX, и перейдёт в положение B_1'. В новом положении отрезок AB станет параллельным плоскости $П_1$ и будет проецироваться на неё в натуральную величину.

2) Соединив проекции A_1 и B_1', получим новую горизонтальную проекцию отрезка AB, которая равна его натуральной величине.

3) Угол β между новой горизонтальной проекцией A_1B_1' и осью OX равен углу наклона отрезка AB к плоскости $П_2$ (рис. 194, *а*).

4) Через точку A мысленно проводим ось вращения, перпендикулярную плоскости $П_1$ и вращаем отрезок AB до положения, когда он станет параллельным плоскости $П_2$. При этом точка A перемещаться не будет, так как она лежит на оси вращения, а горизонтальная проекция точки B будет двигаться по окружности радиусом $R_1=A_1B_1$ до положения B_1'. Фронтальная проекция точки

B будет перемещаться по прямой, параллельной оси *OX*, и перейдёт в положение B_2'. В новом положении отрезок *AB* станет параллельным плоскости $П_2$ и будет проецироваться на неё в натуральную величину.

5) Соединив проекции A_2 и B_2', получим новую фронтальную проекцию отрезка *AB*, которая равна его натуральной величине.

6) Угол *α* между новой фронтальной проекцией A_2B_2' и осью *OX* равен углу наклона отрезка *AB* к плоскости $П_1$ (рис. 194, б).

Задача. Определить расстояние от точки *A* до прямой общего положения, которая задана отрезком *BC* (рис.195).

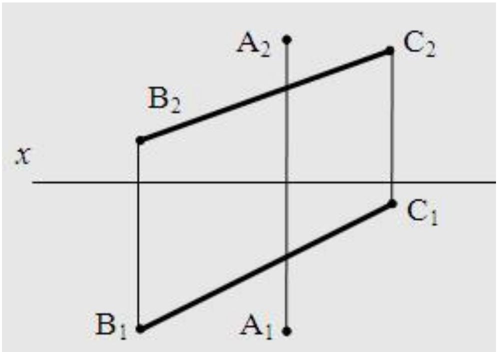


Рис. 195.

Расстояние от точки до прямой измеряется отрезком перпендикуляра, проведенного из точки к данной прямой. Отрезок этого перпендикуляра изображается в натуральную величину на плоскости в том случае, если он проведен к проецирующей прямой. Следовательно, для решения задачи преобразуем данный отрезок прямой общего положения в проецирующую прямую, используя два последовательных вращения вокруг проецирующей прямой (рис.196):

1) Через точку *B* мысленно проводим ось вращения, перпендикулярную плоскости $П_2$, и вращаем точку *A* и отрезок *BC* до положения, когда он станет отрезком прямой уровня, параллельным плоскости $П_1$. Получим новые положения точки *A*, которое определяется проекциями A_1' и A_2', и отрезка *BC*, который стал горизонталью с соответствующими проекциями B_1C_1' и B_2C_2'.

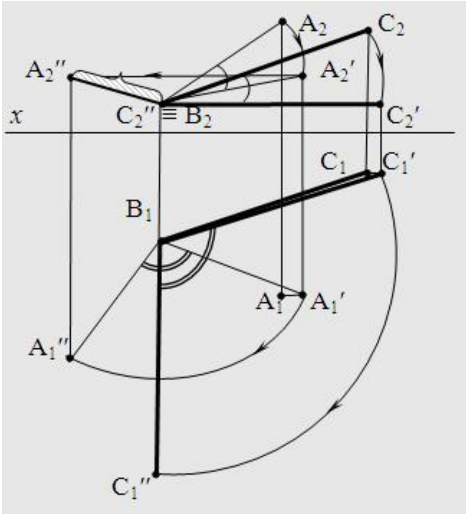


Рис.196.

2) Через точку мысленно *B* проводим ось вращения, перпендикулярную плоскости $П_1$, и вращаем точку *A* и отрезок *BC* до положения, когда он станет перпендикулярным плоскости $П_2$ и будет проецироваться на неё в точку. Получим новые положения точки *A*, которое определяется проекциями A_1'' и A_2'', и отрезка *BC*, который стал фронтально проецирующей прямой с соответствующими проекциями B_1C_1'' и $B_2 \equiv C_2''$. Соединив проекции A_2'' и $B_2 \equiv C_2''$, получим натуральное расстояние между точкой *A* и отрезком *BC*.

Задача. Определить расстояние между двумя параллельными прямыми общего положения (рис. 197).

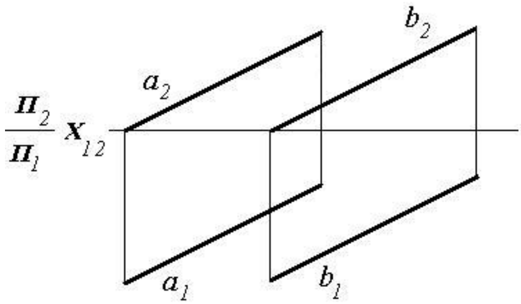


Рис. 197.

Расстояние между двумя параллельными прямыми общего положения измеряется отрезком перпендикуляра, заключенного между ними. Для решения задачи параллельные прямые общего положения необходимо преобразовать в проецирующие прямые, используя метод последовательной замены двух плоскостей проекций (рис. 198):

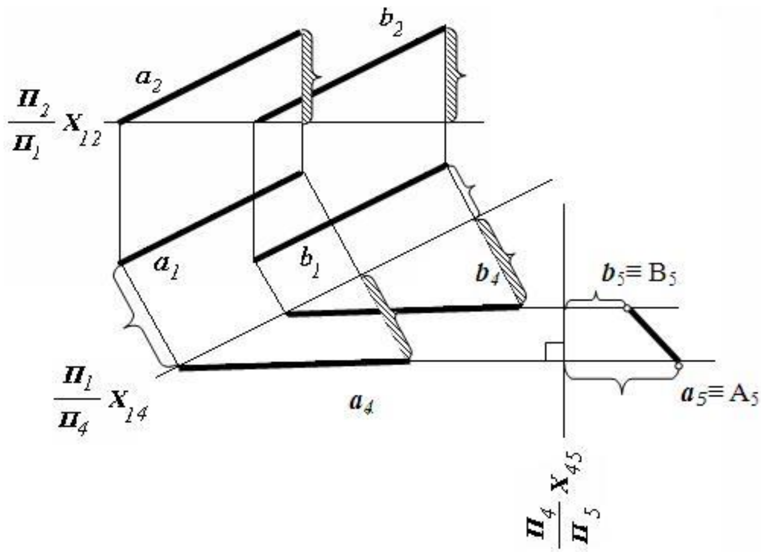


Рис.198.

1) Заменим плоскость $П_2$ на $П_4$, которая должна быть перпендикулярна $П_1$ и параллельна прямым a и b (смотри задачу 3). В этой системе плоскостей прямые занимают положение прямых уровня, то есть прямые a и b параллельны плоскости $П_4$.

2) Плоскость $П_1$ заменим на плоскость $П_5$. Новую плоскость проекций $П_5$ располагаем перпендикулярно проекциям прямых a_4 и b_4. В системе плоскостей $П_4 \perp П_5$ прямые занимают проецирующее положение: прямые a и b перпендикулярны $П_5$ и проецируются на неё в точки $a_5 \equiv A_5$ и $b_5 \equiv B_5$.

3) Соединив проекции A_5 и B_5, получим отрезок, длина которого определяет натуральную величину расстояния между прямыми a и b.

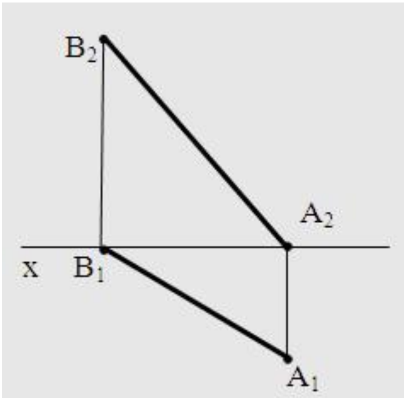
ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ:

Задание 1. Ответьте на вопросы:

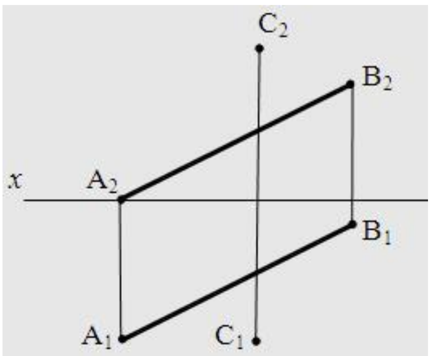
1.Какие графические задачи относятся к метрическим задачам?
2. Какие способы преобразования чертежа вы знаете?
3. В чем заключается способ замены плоскостей проекций?
4. В чем заключается способ вращения вокруг проецирующей прямой?

Задание 2. Выполните в тетради упражнения:

1. Определите натуральную величину отрезка *AB*. Используйте способ вращения вокруг проецирующей прямой.



2. Определить расстояние от точки *C* до прямой общего положения, которая задана отрезком *AB*. Используйте способ замены плоскостей проекций.



2.5. Проецирование плоской фигуры
2.5.1. Задание плоскости на чертеже

Из геометрии известно, что через три точки, которые не лежат на одной прямой, можно провести плоскость и только одну, поэтому плоскость в пространстве может быть задана тремя точками, не лежащими на одной прямой.

ЗАПОМНИТЕ! Положение плоскости в пространстве определяют три точки, которые не лежат на одной прямой (рис.199, а).

Плоскость также может быть задана: прямой и точкой, которая не лежит на этой прямой (рис.199, *б*), двумя пересекающими прямыми (рис.199, *в*) и двумя параллельными прямыми (рис. 199, *г*), любой плоской фигурой, например, треугольником (АВС) (рис. 199, *д*). При этом каждый из названных способов задания плоскости допускает возможность перехода от одного из них к другому.

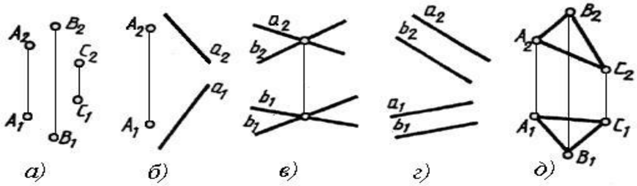


Рис.199.

Часть плоскости, которая ограничена линиями, называется плоской фигурой, например: треугольник, квадрат, пятиугольник, круг и другие.

На эпюре плоскость будем задавать проекциями трех точек (рис.200, *а*), а также проекциями плоской фигуры, то есть проекциями линий, которые ограничивают плоскую фигуру, например, стороны прямоугольника (рис.200, *б*).

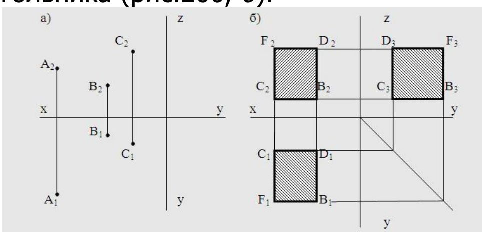


Рис.200.

Если плоскость задана тремя точками, то, соединив эти точки, мы получим треугольник. В этом случае говорят, что плоскость задана треугольником (рис.201, *а*). Чтобы построить третью проекцию такой плоскости, надо построить третью проекцию каждой точки (рис. 201, *б*) и затем соединить их (рис. 201, *в*).

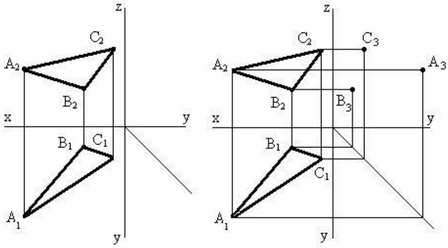


Рис.201.

Чтобы построить изометрию плоскости по ее ортогональным проекциям, надо построить изометрию каждой точки, то есть построить координатную ломаную для каждой точки (рис.202, *а*), и затем соединить их (рис. 202,*б*).

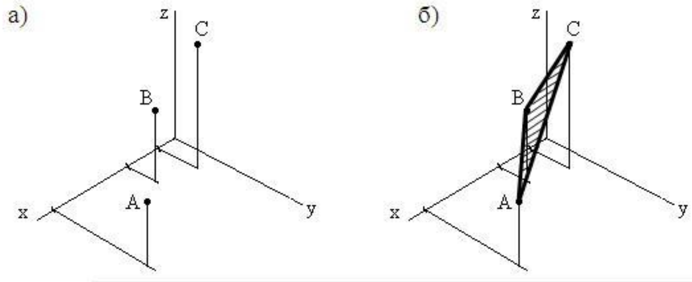


Рис.202.

В начертательной геометрии положение плоскости в пространстве может быть определено ее следами, линиями, по которым данная плоскость пересекается с плоскостями проекций.

В общем случае плоскость имеет три следа: горизонтальный — пересечение плоскости с горизонтальной плоскостью проекций $П_1$, фронтальный и профильный. На рис. 203 они обозначены соответственно P_1, P_2 и P_3 (буквой *P* обозначена заданная плоскость).В точках P_x, P_y, P_z, лежащих на осях координат, следы плоскости пересекаются между собой. Эти точки называют *точками схода следов плоскости.*

Следы плоскости всегда можно построить, если положение плоскости в пространстве задано одним из перечисленных выше способов. Проведем по плоскости прямую *AB* (рис. 203) и найдем горизонтальный след этой прямой. С этой целью продолжим ее вниз до пересечения с плоскостью $П_1$. Это случится в точке M_{AB}, расположенной на линии P_1, так как по этой линии пересекаются плоскости *P* и $П_1$, а прямая *AB* принадлежит плоскости *P*. Таким образом, горизонтальный след прямой, принадлежащей плоскости, будет расположен на горизонтальном следе плоскости.

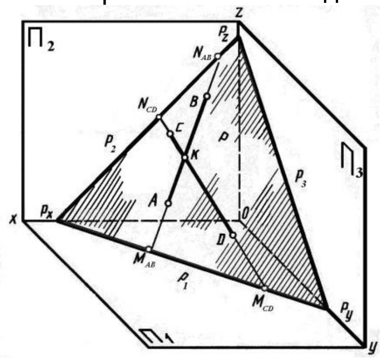


Рис.203.

Фронтальный след прямой AB будет в точке N_{AB}, расположенной на P_2,— фронтальном следе плоскости *P*. На соответствующих следах плоскости будут расположены горизонтальный и фронтальный следы любой другой прямой, принадлежащей плоскости *P*, например прямой *CD* (рис. 203).

Отсюда следует, что следы плоскости должны проходить через следы прямых, лежащих в плоскости. Чтобы построить след плоскости, обходимо определить следы двух прямых, принадлежащих плоскости.

Пусть плоскость будет задана двумя пересекающимися прямыми *AB* и *CD* (рис. 204). Чтобы построить горизонтальный след плоскости P_1, находим горизонтальные следы прямой *AB* — точку M_{AB} и прямой *CD* — точку M_{CD}. Горизонтальный след P_1 плоскости *P* будет проходить через точки M_{AB} и M_{CD}. Фронтальный след плоскости P_2 строится аналогично. Следует отметить, что в данном случае для построения следа P_2 достаточно иметь фронтальный след только одной прямой *CD* или *AB* – точку N_{AB} или *CD* — точку N_{CD}, так как второй точкой, определяющей положение следа P_2, будет точка схода следов P_x (точка пересечения ранее построенного следа P_1 с осью x).

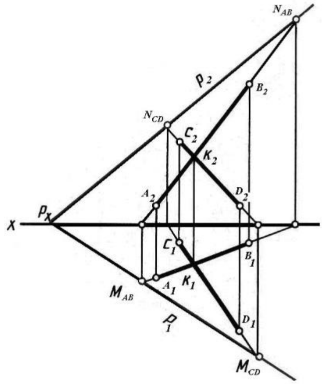


Рис. 204.

Различают частные и общие случаи расположения плоскости в пространстве относительно плоскостей проекций.

2.5.2. Плоскость общего положения

ЗАПОМНИТЕ! Если плоскость не перпендикулярна ни одной из плоскостей проекций, она называется ***плоскостью общего положения***. Все проекции плоскости общего положения расположены наклонно к осям проекций, ни одна проекция не равна натуральной величине плоской фигуры и не проецируется в прямую линию (рис. 205).

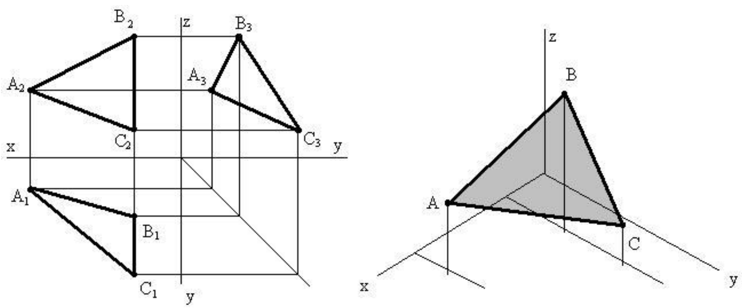


Рис. 205.

Все три следа плоскости общего положения не параллельны ни одной из осей координат (рис. 203, 204).

2.5.3. Плоскости частного положения

ЗАПОМНИТЕ! Если плоскость перпендикулярна одной или двум плоскостям проекций, то она называется ***плоскостью частного положения***.

Плоскости, которые перпендикулярны одной плоскости проекций, называются ***проецирующими***. Одна проекция проецирующей плоскости – прямая, две другие – наклонены к осям проекций (рис. 205, 207, 12). Проецирующих плоскостей три: а) горизонтально проецирующая плоскость – перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, проецируется на нее в прямую линию (рис. 205);

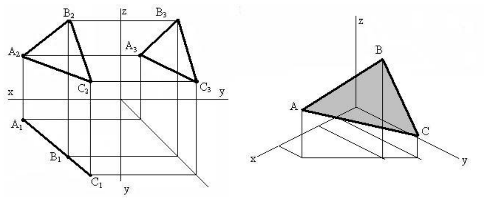


Рис. 205.

Плоскость *P* (рис.206) параллельна оси *z* и пересечется с плоскостями проекций $П_2$ и $П_3$ по прямым, параллельным оси *z*, или по прямым, перпендикулярным оси *x* и *y.* Таким образом, фронтальный след P_2 горизонтально проецирующей плоскости составляет угол 90° с осью *x,* а профильный след P_3 перпендикулярен оси *y*. Горизонтальный след P_1 может занимать любое положение в зависимости от расположения в пространстве горизонтально проецирующей плоскости *P.*

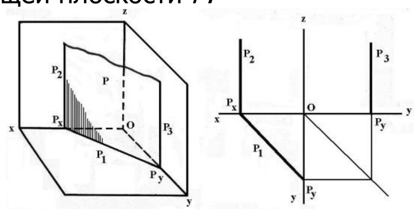


Рис. 206.

б) фронтально проецирующая плоскость – перпендикулярна фронтальной плоскости проекций, проецируется на $П_2$ в прямую линию (рис. 207);

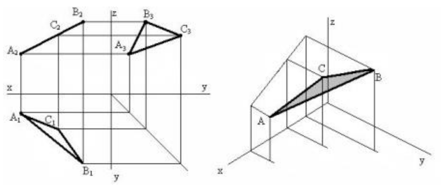


Рис. 207.

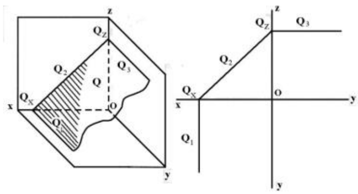


Рис. 208.

Рассмотрим фронтально проецирующую плоскость *Q* (рис. 208). Горизонтальный след Q_1 такой плоскости расположен под прямым углом к оси *x*, а профильный след Q_3 составляет угол 90° с осью *z*. Фронтальный след Q_2 расположен произвольно. Геометрические фигуры, принадлежащие фронтально проецирующей плоскости, будут проецироваться на плоскость $П_2$ в прямую линию, совпадающую с фронтальным следом Q_2.

в) профильно проецирующая плоскость – перпендикулярна профильной плоскости проекций, проецируется на $П_3$ в прямую линию (рис. 209).

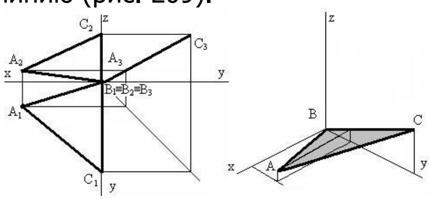


Рис. 209.

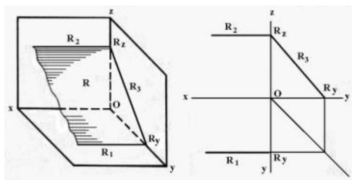


Рис. 210.

Профильно проецирующая плоскость *R* показана на рис. 210. У профильно проецирующей плоскости горизонтальный R_1 и фронтальный R_2 следы перпендикулярны осям *y* и *z* (R_1 и R_2 расположены параллельно оси *x*). Профильный след R_3 располагается произвольно в зависимости от наклона плоскости *R* к плоскости $П_1$.

Плоскости, которые перпендикулярны двум плоскостям проекций и параллельны третьей, называются ***плоскостями уровня***. Две проекции плоскости уровня – отрезки прямых, которые параллельны осям проекций и расположены под прямым углом к линиям связи, а третья проекция дает изображение всех элементов, лежащих в этой плоскости, в натуральную величину. Следовательно, третья проекция плоскости уровня соответствует её натуральной величине и расположена на плоскости проекций, которой данная плоская фигура параллельна (рис. 211, 213, 215). Плоскости уровня три:

а) ***горизонтальная плоскость уровня***, перпендикулярна $П_2$ и $П_3$, и параллельна $П_1$; на плоскость $П_1$ проецируется в натуральную величину, на плоскости $П_2$ и $П_3$ – в отрезки прямой (рис. 211);

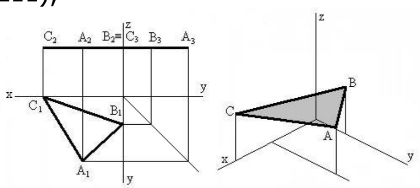


Рис. 211.

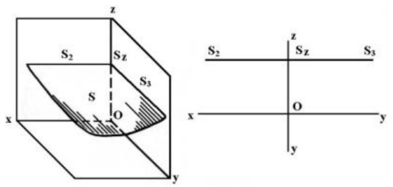


Рис. 212.

Горизонтальная плоскость уровня *S,* параллельная горизонтальной плоскости проекций, показана на рис. 212. Фронтальный S_2 и профильный S_3 следы такой плоскости параллельны осям координат *x* и *y.* Горизонтального следа у такой плоскости не будет, так как она параллельна $П_1$ и пересекаться с нею не будет. Горизонтальная плоскость уровня S перпендикулярна двум плоскостям проекций — $П_2$ и $П_3$*.* Она дважды проецирующая (и на $П_2$, и на $П_3$*),* поэтому геометрические фигуры, принадлежащие горизонтальной плоскости *S,* будут проецироваться на плоскости $П_2$ и $П_3$ на соответствующие следы S_2 и S_3 горизонтальной плоскости *S* .

б) ***фронтальная плоскость уровня***, перпендикулярна $П_1$ и $П_3$, и параллельна $П_2$; на плоскость $П_2$ проецируется в натуральную величину, на плоскости $П_1$ и $П_3$ – в отрезки прямой (рис. 213);

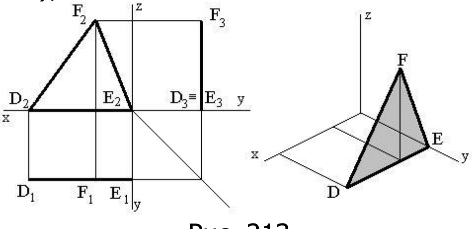


Рис. 213.

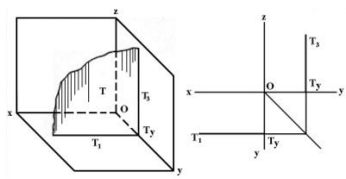


Рис. 214.

Фронтальная плоскость уровня T, параллельная фронтальной плоскости проекций, наглядно изображена на рис. 214. Горизонтальный след T_1 фронтальной плоскости T расположен параллельно оси x, а профильный след T_3 параллелен оси z. Фронтального следа у плоскости T нет, так как она параллельна плоскости Π_2. Горизонтальные и профильные проекции геометрических фигур, принадлежащих фронтальной плоскости T, будут совпадать соответственно с горизонтальным T_1 и профильным T_3 следами плоскости T.

в) ***профильная плоскость уровня***, перпендикулярна Π_1 и Π_2, и параллельна Π_3; на плоскость Π_3 проецируется в натуральную величину, на плоскости Π_1 и Π_2 – в отрезки прямой (рис. 215).

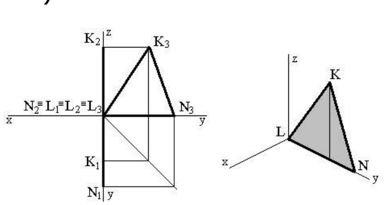


Рис. 215.

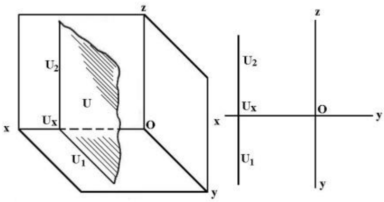


Рис. 216.

Профильная плоскость U параллельна профильной плоскости проекций Π_3 (рис. 216). Плоскости проекций Π_2 и Π_1 профильная плоскость пересекает по прямым U_1 и U_2, перпендикулярным оси x. Со следами U_1 и U_2 профильной плоскости уровня будут совпадать горизонтальная и фронтальная проекции любой геометрической фигуры, принадлежащей этой плоскости.

ЗАПОМНИТЕ! Плоскости частного положения на чертеже задаются одной прямой – ***следом проекцией*** (рис.217).

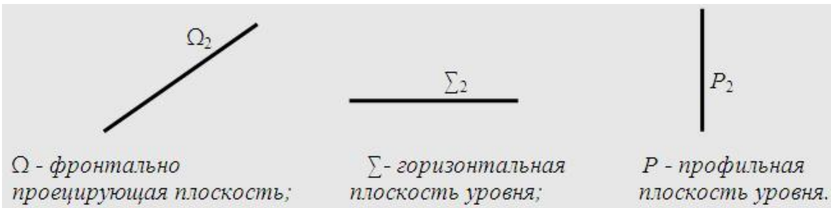


Рис.217.

Структурно-логическая схема показана на рис. 218.

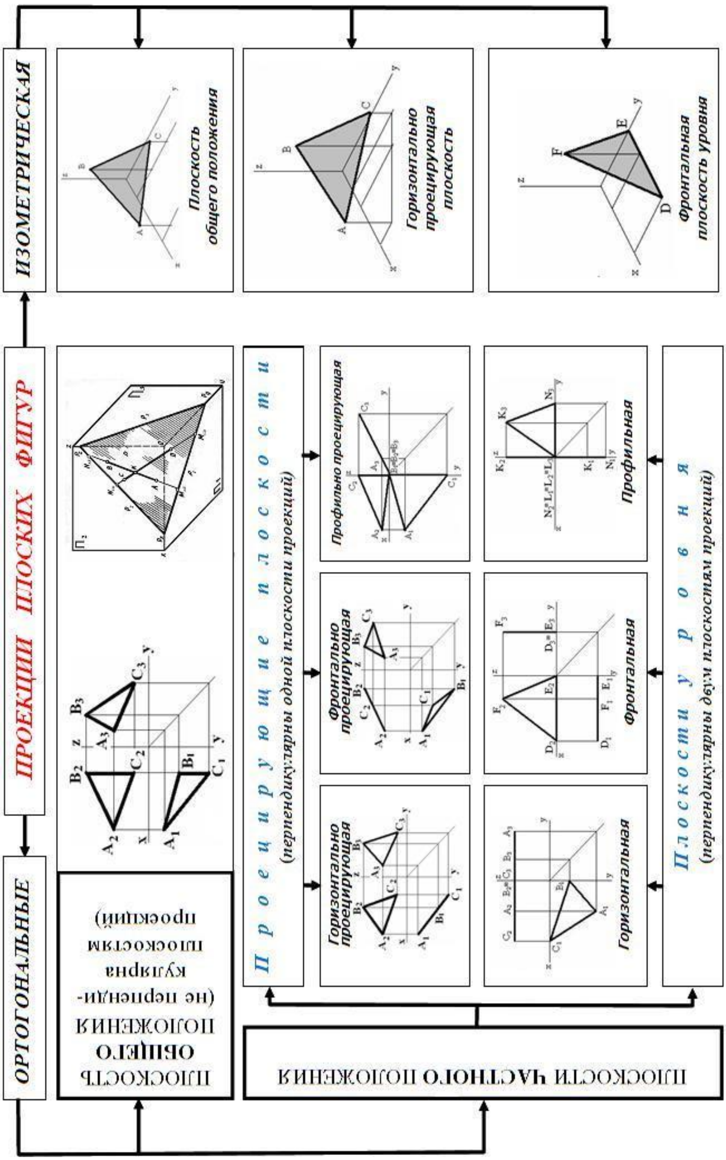


Рис.218. Структурно-логическая схема темы "Проецирование плоских фигур".

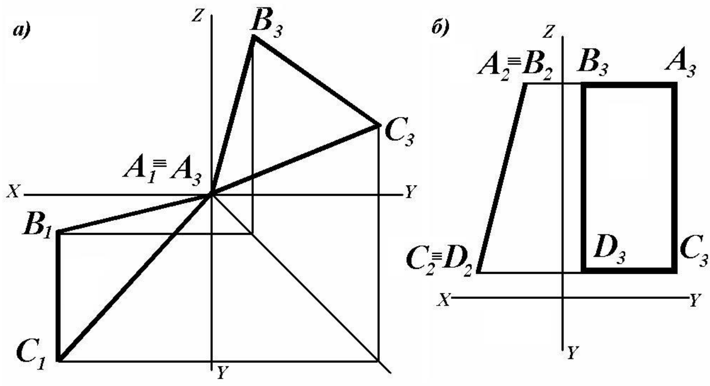
ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Какие способы задания плоскости в пространстве Вы знаете?
2. Что называется плоскостью общего положения?
3. Какие случаи частного положения плоскостей в пространстве Вы знаете?
4. Чем отличается горизонтальная плоскость уровня от горизонтально проецирующей плоскости?
5. Какой вид имеют проекции профильной плоскости уровня?
6. Какой вид имеют проекции фронтально проецирующей плоскости?

Задание 2. Выполните в тетради упражнения.

1. Постройте эпюр и изометрию плоскости.



2.5.4. Прямая и точка в плоскости

Прямая линия может принадлежать и не принадлежать плоскости. Если прямая не принадлежит плоскости, она может располагаться параллельно этой плоскости или пересекать ее.

Прямая линия принадлежит плоскости, если она проходит:

1) через две точки, принадлежащие данной плоскости;

1) через одну точку, принадлежащую плоскости, и параллельна какой-либо прямой, лежащей в данной плоскости или плоскости, ей параллельной.

На рис. 219 показана плоскость, которая задана двумя пересекающимися прямыми *a* и *b*. Прямая *l* принадлежит данной плоскости, так как ее точки 1 и 2 принадлежат этой плоскости.

Прямая параллельна плоскости, если она параллельна другой прямой, лежащей в этой плоскости. На рис. 219 прямая *m* параллельна заданной плоскости, так как она параллельна прямой *l*, принадлежащей этой плоскости.

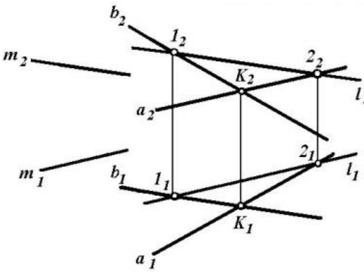


Рис. 219.

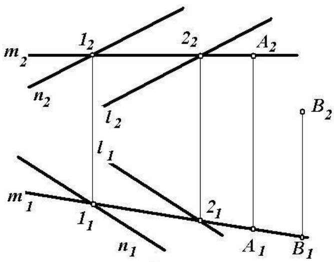


Рис. 220.

Прямая может пересекать плоскость под различными углами и, в частности, быть перпендикулярной ей. Эти случаи будут рассмотрены далее.

Точка по отношению к плоскости может быть расположена следующим образом: принадлежать или не принадлежать ей. Точка принадлежит плоскости, если она расположена на прямой, расположенной в этой плоскости. На рис. 220 показан комплексный чертеж плоскости, заданной двумя параллельными прямыми *l* и *n*. В плоскости расположена линия *m*. Точка А лежит в заданной плоскости, так как она лежит на прямой *m*. Точка *B* не принадлежит плоскости, так как ее вторая проекция не лежит на соответствующей проекции прямой *m*.

ЗАПОМНИТЕ! 1. Принадлежность прямой плоскости определяется принадлежностью двух ее точек данной плоскости, или принадлежностью одной точки этой прямой плоскости и параллельностью этой прямой какой-либо прямой плоскости.

2. Признаком принадлежности точки и прямой плоскости частного положения является совмещение на чертеже их проекций с одноименными следами-проекциями данной плоскости.

Задача. Задана плоскость *ABC* и горизонтальная проекция a_1 прямой *a*, которая принадлежит плоскости *ABC*. Построить эпюр плоскости и прямой (рис. 221).

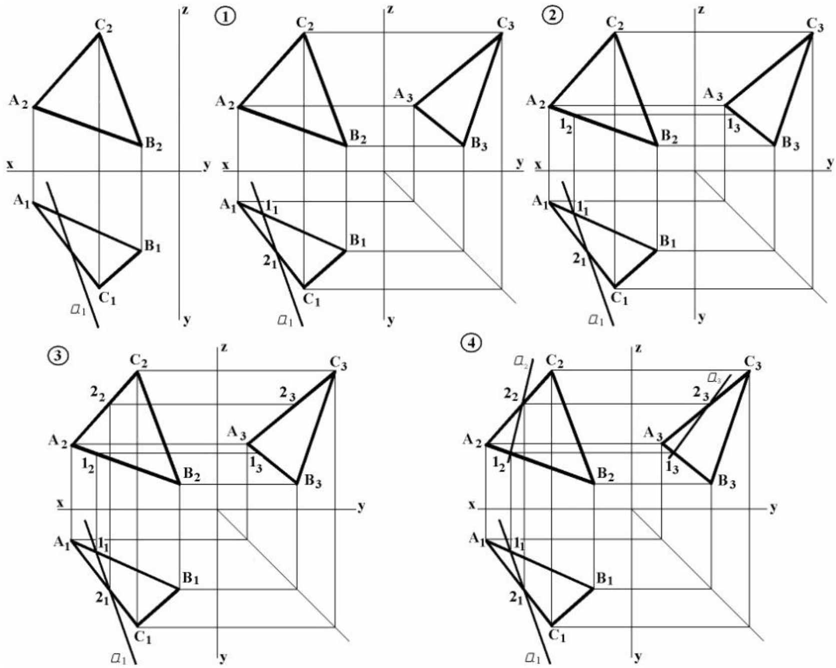


Рис.221.

1) построим эпюр плоскости *ABC* и отметим точки пересечения проекции a_1 с прямыми A_1B_1 – точка 1_1 и A_1C_1 – точка 2_1;

2) из точки 1_1 проведем линию связи (⊥ оси *OX*) до пересечения с A_2B_2, отметим 1_2; из точки 1_2 проведем линию связи (⊥ оси *OZ*) до пересечения с A_3B_3, отметим 1_3;

3) из точки 2_1 проведем линию связи (⊥ оси *OX*) до пересечения с A_2C_2, отметим 2_2; из точки 2_2 проведем линию связи (⊥ оси *OZ*) до пересечения с A_3C_3, отметим 2_3;

4) через точки 1_2 и 2_2 проведем прямую a_2 – фронтальную проекцию прямой *a* ; через точки 1_3 и 2_3 проведем прямую a_3 - профильную проекцию прямой *a*.

Задача. Задана плоскость *ABC* ($A_1B_1C_1$; $A_2B_2C_2$) и прямая *b* (b_1; b_2). Определить, принадлежит ли прямая *b* плоскости *ABC* (рис.222).

1) отметим 1_1 и 2_1 – точки пересечения прямой b_1 с отрезками A_1C_1 и C_1B_1;

2) из 1_1 и 2_1 проведем линии связи (⊥ оси X) до пересечения с b_2 и отметим точки 1_2 и 2_2;

3) точка 2 принадлежит прямой и плоскости ABC; точка 1 принадлежит прямой , но не принадлежит плоскости ABC. Следовательно, прямая b не принадлежит плоскости ABC.

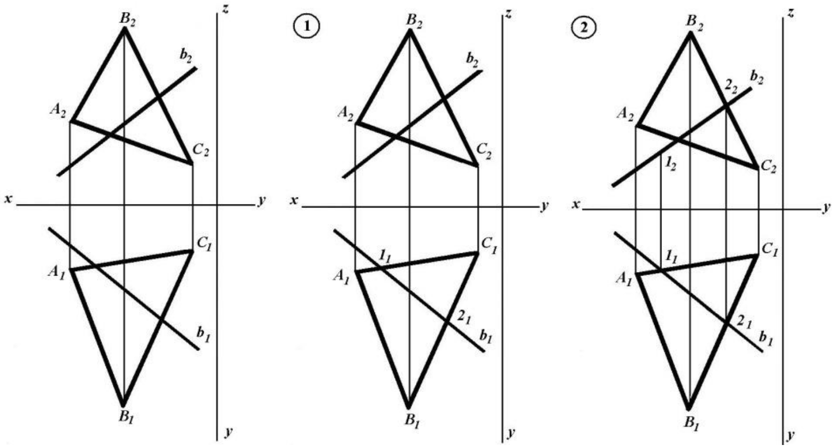


Рис.222.

ЗАПОМНИТЕ! Точка принадлежит плоскости, если она расположена на прямой, которая принадлежит этой плоскости.

Задача. Задана плоскость ABC ($A_2B_2C_2$; $A_3B_3C_3$) и D_2 – фронтальная проекция точки D. Точка D принадлежит плоскости ABC. Построить эпюр и изометрию плоскости ABC и точки D (рис.223).

1) построим эпюр плоскости ABC; через точку D и любую точку треугольника $A_2B_2C_2$, например B_2, проведем прямую и отметим 1_2– точку пересечения этой прямой с отрезком A_2C_2;

2) через 1_2 проведем линию связи (⊥ оси X) до пересечения с отрезком A_1C_1 и отметим 1_1;

3) соединим B_1 и 1_1; из D_2 проведем линию связи до пересечения с B_11_1, отметим D_1;

4) из D_2 и D_1 проведем линии связи до их пересечения, отметим D_3;

5) построим изометрию плоскости ABC и точки .

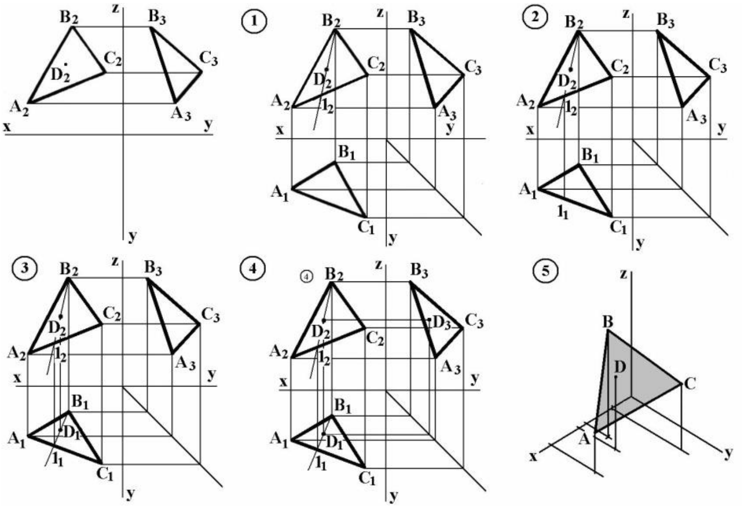


Рис. 223.

Задача. Задана плоскость *ABC* ($A_1B_1C_1$; $A_3B_3C_3$) и N_3 - профильная проекция точки *N*, точка *N* принадлежит плоскости *ABC*. Постройте эпюр и изометрию плоскости *ABC* и точки *D* (рис. 224).

1) построим эпюр плоскости *ABC*; из N_3 проведем линию связи до пересечения с отрезком A_1C_1, отметим N_1;

2) из N_3 и N_1 проведем линии связи до их пересечения, отметим N_2;

3) построим изометрию плоскости *ABC* и точки *N*.

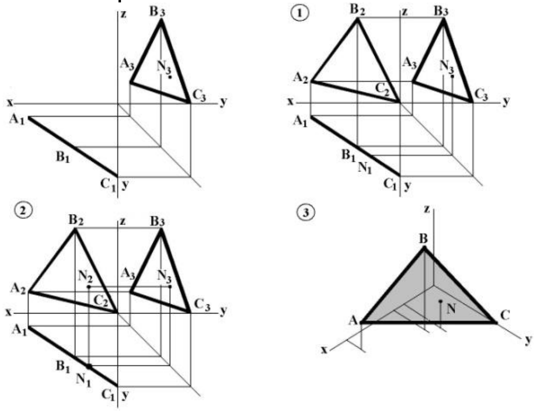


Рис. 224.

2.5.5. Особые линии в плоскости

К ***особым*** линиям в плоскости можно отнести линии, параллельные какой-либо плоскости проекций, которые называют *линиями уровня*.

Линию, принадлежащую плоскости и параллельную горизонтальной плоскости проекций, называют ***горизонталью*** плоскости (рис. 225, *а).* Построение горизонтали всегда начинают с ее фронтальной проекции ($h_2 \perp A_2A_1$; $1_21_1 \| A_2A_1$).

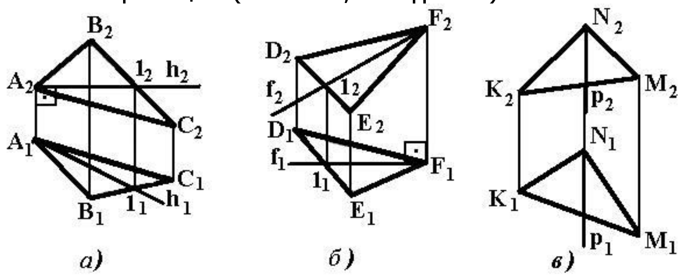


Рис. 225.

Линию, принадлежащую плоскости и параллельную фронтальной плоскости проекций, называют ***фронталью*** плоскости (рис. 225, *б).* Построение фронтали начинают с горизонтальной проекции ($f_1 \perp F_1F_2$; $1_11_2 \| F_1F_2$).

Линию, принадлежащую плоскости и параллельную профильной плоскости проекций, называют ***профильной прямой*** плоскости (рис. 225, *в*). Горизонтальная и фронтальная проекции профильной прямой плоскости перпендикулярны оси *x* и расположены на общей линии связи, перпендикулярной этой оси.

Рассматривая особые линии в плоскостях частного положения, можно убедиться, что соответствующие линии уровня в этом случае будут и проецирующими. На рис. 226 показана горизонталь *h* фронтально проецирующей плоскости, которая будет также фронтально проецирующей прямой.

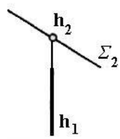


Рис.226.

ЗАПОМНИТЕ! Прямые линии, лежащие в плоскости и параллельные в то же время одной из плоскостей проекций, называются *линиями уровня плоскости*, а вместе с *линиями наибольшего уклона (наклона)* называются ***главными линиями плоскости***.

Линией наибольшего уклона (наклона) называется прямая, лежащая в плоскости и составляющая наибольший угол с плоскостью проекций. Линию, составляющую наибольший угол с горизонтальной плоскостью проекций $П_1$, принято называть ***линией наибольшего ската плоскости*** (уклона к плоскости $П_1$).

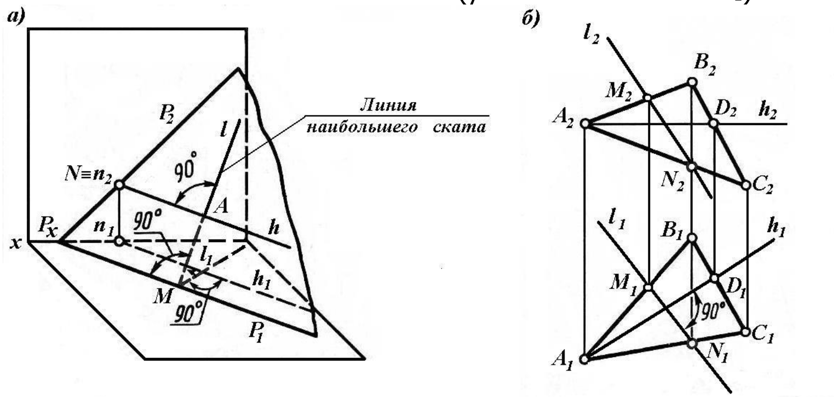


Рис. 227.

Прямая *l*, принадлежащая плоскости *P*, расположенная под прямым углом к горизонталям (рис. 227, *а*), наклонена к плоскости $П_1$ под наибольшим углом. Такую прямую называют *линией наибольшего ската* плоскости. Ее горизонтальная проекция составляет прямой угол с горизонтальными проекциями горизонталей и с горизонтальным следом плоскости P_1.Поэтому линию наибольшего ската строят, начиная с ее горизонтальной проекции, которую проводят под прямым углом к горизонтальному следу P_1 или к горизонтальной проекции предварительно построенной в плоскости треугольника *ABC* горизонтали *AD* (рис. 227, *б*). Горизонтальная проекция линии набольшего ската l_1 пересекает стороны треугольника в точках M_1 и N_1. Фронтальная проекция линии наибольшего ската l_2 пройдёт через фронтальные проекции M_2 и N_2 точек *M* и *N*.

Линия наибольшего наклона какой-либо плоскости к фронтальной плоскости проекций $П_2$, будет расположена под прямым углом к фронтали заданной плоскости, а линия наибольшего наклона к профильной плоскости проекций $П_3$, будет перпендикулярна профильной прямой заданной плоскости. Построение этих линий аналогично рассмотренному построению линии наибольшего ската плоскости.

2.5.6. Пересечение прямой с плоскостью

Прямая может принадлежать плоскости, пересекать плоскость и быть параллельной ей. Прямая пересекает плоскость в одной точке. Точку пересечения прямой с плоскостью определяют путем построения вспомогательной прямой линии, лежащей в одной проецирующей плоскости с заданной прямой.

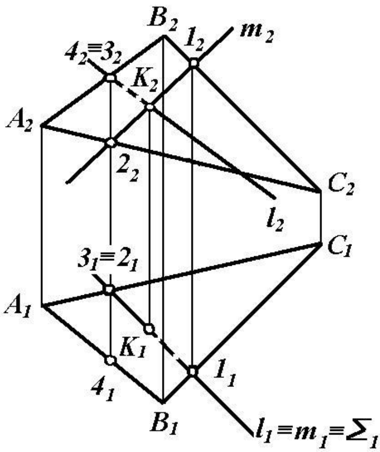


Рис. 228.

На рис. 228 приведен комплексный чертеж прямой *l* и плоскости треугольника *ABC.* Через горизонтальную проекцию прямой l_1 проводим проекцию вспомогательной горизонтально проецирующей плоскости Σ_1. Плоскость Σ пересекает плоскость треугольника *ABC* по прямой *т*. Горизонтальная проекция прямой *т* определяется горизонтальными проекциями точек 1 и 2 пересечения линий *BC* и *AC* со вспомогательной плоскостью Σ. Для получения фронтальной проекции линии *m* построим фронтальные проекции точек 1 и 2, соединив которые, получим фронтальную проекцию m_2.

В пересечении фронтальных проекций прямых *т* и *l* получим фронтальную проекцию точки *К*, принадлежащей и прямой *l*, лежащей в плоскости треугольника *ABC* и прямой *т*, лежащей в плоскости Σ. Следовательно, точка *К* является точкой пересечения прямой *l* с плоскостью треугольника *ABC*.

Видимость прямой и плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций определяется с помощью горизонтально конкурирующих точек 2 и 3, а видимость относительно фронтальной плоскости проекции — с помощью фронтально конкурирующих точек 3 и 4.

Если плоскость занимает частное положение, то одна проекция точки пересечения прямой с плоскостью определяется сразу в пересечении одной из проекций плоскости с соответствующей проекцией прямой (рис. 229, 230).

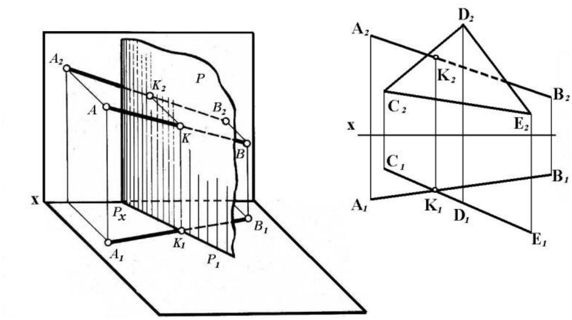


Рис. 229.

Если прямая пересекается с проецирующей плоскостью, то точку пересечения нужно только правильно отметить, ибо любая точка, принадлежащая проецирующей плоскости, будет проецироваться на соответствующий след проецирующей плоскости. Например, горизонтальная проекция K_1 точки пересечения *К* прямой *АВ* с горизонтально проецирующей плоскостью *Р* будет расположена на горизонтальном следе P_1 плоскости *Р* (рис. 229), а фронтальная проекция K_2 точки пересечения прямой *АВ* с фронтально проецирующей плоскостью *Q* (рис. 230) расположена на фронтальном следе Q_2.В этом случае точку пересечения прямой с плоскостью определяем по ее фронтальной проекции.

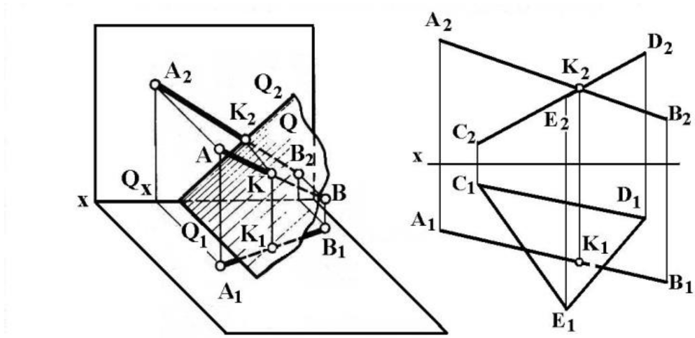


Рис.230.

Чтобы построить точку пересечения прямой с профильно проецирующей плоскостью, надо отметить сначала профильную проекцию искомой точки, которая будет принадлежать профильному следу заданной профильно проецирующей плоскости.

Если прямая пересекает плоскость под прямым углом, то на комплексном чертеже проекции этой прямой располагаются перпендикулярно проекциям соответствующих линий уровня плоскости на основании теоремы о проецировании прямого угла. При прямоугольном проецировании прямой угол проецируется в натуральную величину, когда обе стороны его параллельны плоскости проекций, и тогда, когда лишь одна из его сторон параллельна плоскости проекций, а вторая сторона не перпендикулярна этой плоскости проекций.

ЗАПОМНИТЕ! Если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а вторая ей не перпендикулярна, то при ортогональном проецировании прямой угол проецируется на эту плоскость также в прямой угол ***(теорема о проецировании прямого угла)***.

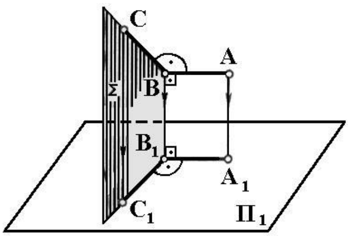


Рис.231.

Рассмотрим доказательство теоремы. Пусть дан прямой угол *ABC,* у которого сторона *AB* параллельна плоскости $П_1$ (рис.13). Проецирующая плоскость ∑ перпендикулярна плоскости $П_1$.Значит, $AB \perp \Sigma$, так как $AB \perp BC$ и $AB \perp BB$, отсюда $AB \perp B_1C_1$. Но, так как $AB \parallel A_1B_1 \perp B_1C_1$, т. е. на плоскости $П_1$ угол между A_1B_1 и B_1C_1 равен 90°.

На рис. 232 (1-4) построены проекции основания *M* перпендикуляра *n,* проведенного к плоскости треугольника *ABC* из точки *K* пространства. В треугольнике *ABC* имеем: *AB* — горизонталь ($A_2B_2 \perp A_2A_1$), *AC* - фронталь ($A_1C_1 \perp A_1A_2$).Поэтому проекции перпендикуляра *n* проходят через точку *K* и располагаются: $n_1 \perp A_1B_1$ и $n_2 \perp A_2C_2$. Основание перпендикуляра на плоскости построено с помощью вспомогательной линии *a,* которая принадлежит плоскости, лежащей в одной с перпендикуляром *n* горизонтально проецирующей плоскости. Тогда при пересечении прямых *a* и *n,* мы получим точку *M* - основание перпендикуляра к плоскости.

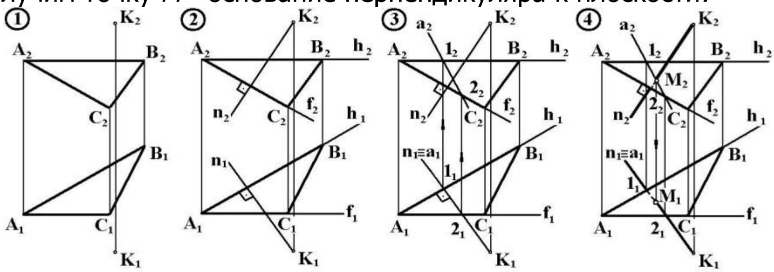


Рис.232.

Если прямая пересекает плоскость в бесконечности, то имеет место параллельность прямой с плоскостью. На рис. 233 построена прямая *m,* проходящая через точку *N* и параллельная плоскости треугольника *KLM.* На комплексном чертеже параллельность прямой и плоскости доказывается тем, что $m_1 \parallel a_1$ и $m_2 \parallel a_2$, а прямая *a* принадлежит плоскости *KLM.*

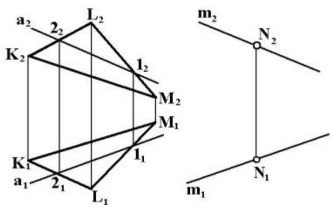


Рис. 233.

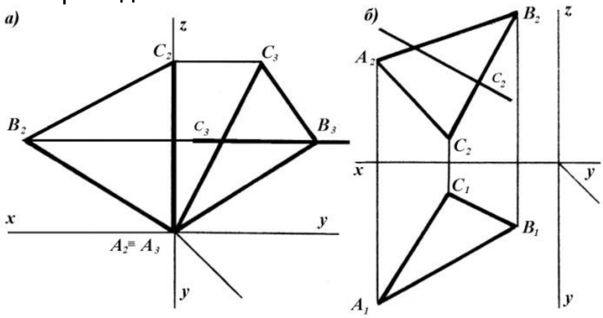
ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Ответьте на вопросы.

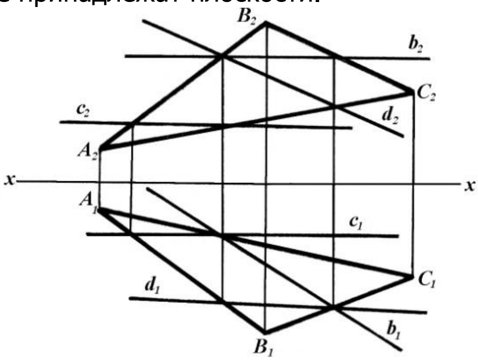
1. Когда прямая принадлежит плоскости?
2. Когда точка принадлежит прямой?

Задание 2. Выполните в тетради упражнения.

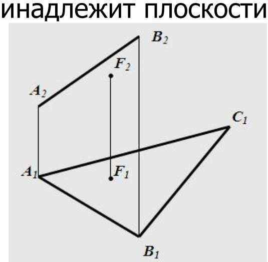
1. Постройте эпюр и изометрию плоскости *ABC* и прямой *c*, которая принадлежит плоскости *ABC*.



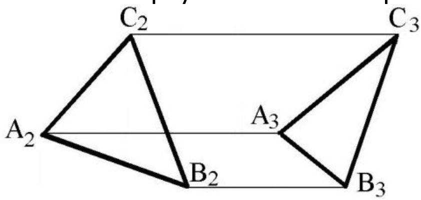
2. По эпюру плоскости *ABC* и прямых *b*, *c*, *d* определите какие прямые принадлежат плоскости.



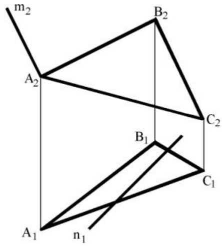
3. Достройте фронтальную проекцию треугольника *ABC*, если известно, что точка *F* принадлежит плоскости этого треугольника.



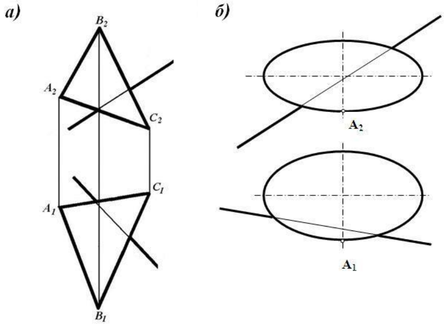
4. Постройте в плоскости треугольника АВС прямые уровня.



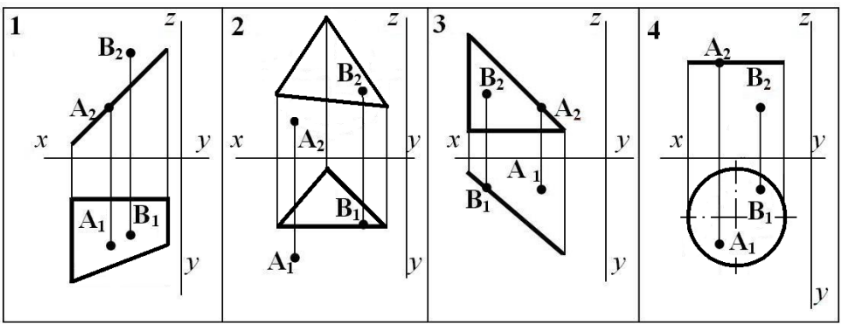
5. Построить недостающие проекции прямых *m* и *n*, лежащих в плоскости треугольника *ABC*.



6. Определите точку пересечения прямой с плоскостью и видимость прямой относительно плоскости.



Задание 3. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.



1.Горизонтально проецирующая плоскость задана на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

2. Плоскость общего положения задана на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

3. Плоскость, которая задана кругом – это …

А. Фронтальная плоскость уровня.
Б. Горизонтальная плоскость уровня.
В. Горизонтально проецирующая плоскость.
Г. Плоскость общего положения.
Д. Фронтально проецирующая плоскость.

4.Точка А принадлежит фронтально проецирующей плоскости на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

5. Плоскость проецируется на горизонтальную плоскость проекций в натуральную величину на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

6. Плоская фигура расположена параллельно фронтальной плоскости проекций на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

7.Точка *В* принадлежит плоскости уровня на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

8. Точка *В* не принадлежит плоскости на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 1 и 4.
Д. 2 и 3. **Е.** Такого рисунка нет.

Пример записи ответа: 1- Б, 2- Д и т.д.

2.5.7. Взаимное расположение двух плоскостей

Две плоскости в пространстве могут быть параллельными или пересекаться. Параллельными будут плоскости, если одна из них задана пересекающимися прямыми, параллельными пересекающимся прямым, задающим вторую плоскость; на рис. 234 показаны параллельные плоскости, причем $a \| c$, а $b \| d$.

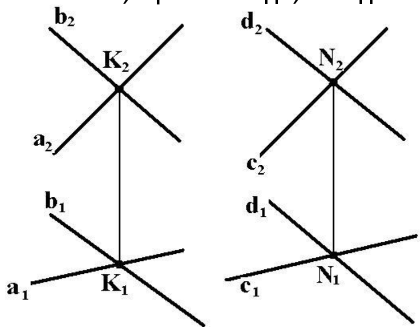


Рис. 234.

Если плоскости пересекаются, то линия их пересечения — прямая. Плоскости, перпендикулярные между собой, представляют случай их пересечения, когда угол между плоскостями составляет 90°.

ЗАПОМНИТЕ! Плоскости в пространстве могут пересекаться или быть параллельными, при этом:

1. Линия пересечения двух плоскостей определяется либо двумя точками, одновременно принадлежащими заданным плоскостям, либо одной общей точкой и известным направлением этой прямой линии.
2. Если одна из пересекающихся плоскостей горизонтальная или фронтальная плоскость уровня, то линия пересечения плоскостей будет, соответственно, горизонталью или фронталью.
3. Точки, принадлежащие линии пересечения двух плоскостей, определяются методом вспомогательных секущих плоскостей. При этом заданные плоскости пересекаются вспомогательной (чаще всего проецирующей или плоскостью уровня) и определяется точка, общая для всех трех плоскостей; эта точка и принадлежит искомой линии пересечения заданных плоскостей, по-

вторив аналогичное построение, определяют вторую общую точку.

4. Признаком параллельности двух плоскостей является параллельность двух пересекающихся прямых одной плоскости, соответственно, двум пересекающимся прямым второй плоскости. Признаком параллельности плоскостей частного положения является взаимная параллельность их одноименных следов-проекций.

Рассмотрим пересечение двух плоскостей. Две плоскости пересекаются по прямой линии. Для построения линии их пересечения необходимо найти две точки, принадлежащие этой линии. Задача упрощается, если одна из пересекающихся плоскостей занимает частное положение. В этом случае ее вырожденная проекция включает в себя проекцию линии пересечения плоскостей.

На рис. 235 приведен комплексный чертеж двух пересекающихся плоскостей: плоскости треугольника *ABC* и *Σ*, причем *Σ* плоскость частного положения - фронтально проецирующая. Она пересекает линии *AB* и *AC* плоскости, заданной треугольником *ABC* , которая является плоскостью общего положения. Точки пересечения *1* и *2* и определяют линию пересечения плоскостей. Соединив их, получаем искомую линию.

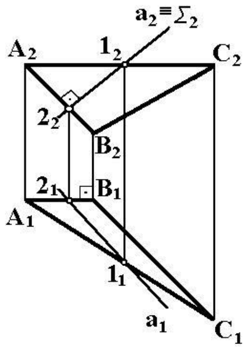


Рис. 235.

Линию пересечения двух плоскостей, занимающих общее положение, можно построить в исходной системе плоскостей проекций. Для этого дважды решают задачу на построение прямой пересечения одной плоскости со второй плоскостью. Задачу можно решать в новой системе плоскостей проекций, построив изображение одной из пересекающихся плоскостей как плоскости проецирующей.

На рис. 236 построена линия пересечения двух треугольников *ABC* и *DEF* путем построения точки *M* пересечения линии *AB* с плоскостью *DEF* и точки *N* пересечения линии *EF* с плоскостью *ABC:*

1) Через линию *AB* проводим фронтально проецирующую плоскость *S* ($S \perp \Pi_2 \Rightarrow S_2 \equiv A_2B_2$). Тогда S_2 пересекает плоскость DEF в точках 1 и 2. Соединим проекции точек 1_2-2_2 и 1_1-2_1, 1_1-2_1 пересекает A_1B_1 в точке M_1. Проводим линию связи $M_1M_2 \parallel A_1A_2$, M_1M_2 пересекает A_2B_2 в точке M_2. Точка *M* (M_1;M_2) – точка пересечения линии *AB* с плоскостью *DEF*.

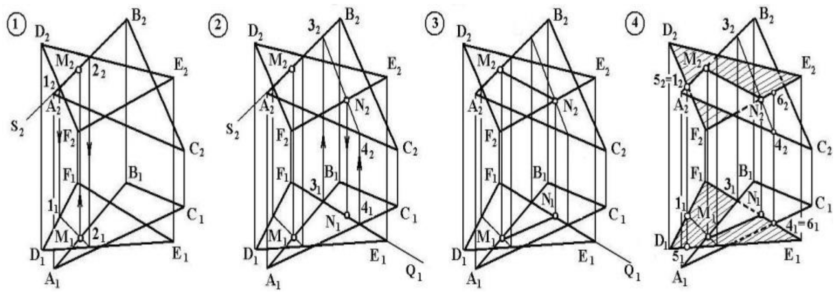


Рис. 236.

2) Через *EF* проводим горизонтально проецирующую плоскость Q ($Q \perp \Pi_1 \Rightarrow Q_1 \equiv E_1F_1$), Q_1 пересекает *ABC* в точках 3 и 4. Соединим проекции точек 3_2-4_2 и 3_1-4_1, 3_2-4_2 пересекает E_2F_2 в точке N_2. Проводим линию связи $N_1N_2 \parallel A_1A_2$; N_1N_2 пересекает E_1F_1 в точке N_1. Точка *N* (N_1;N_2) – точка пересечения линии *EF* с плоскостью *ABC*.

3) Соединим проекции точек M_1 и N_1, M_2 и N_2 получим проекции отрезка *MN* , который является линией пересечения плоскостей *ABC* и *DEF.*

4)После построения определяем видимость пересекающихся плоскостей. На фронтальной плоскости она определена с помощью фронтально конкурирующих точек 1 и 5. Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций использованы горизонтально конкурирующие точки 4 и 6.

На рис. 237 эта же линия пересечения построена с помощью дополнительных проекций данных плоскостей на плоскости $П_4$, относительно которой плоскость *DEF* занимает проецирующее положение. Дополнительные проекции построены из условия, что горизонталь *h DEF* проецируется в точку на плоскости $П_4 \perp h$. Новые линии связи проведены через незаменяемые горизонтальные проекции точек *A, B, C, D, E, F* параллельно h_1, а новая ось проекций $П_1/П_4 \perp {}_1$.Замеренные на плоскости $П_2$ высоты точек определили их проекции на плоскости $П_4$. Проекции плоскостей $A_4B_4C_4$ и $D_4E_4F_4$ пересекаются по отрезку прямой M_4K_4, так как A_4B_4 пересекается с $D_4E_4F_4$ в M_4, а B_4C_4 пересекается с $D_4E_4F_4$ в K_4. По направлению новых линий связи определяем горизонтальную проекцию линии *MK* (M_1K_1). Отмечаем точку пересечения стороны *EF* с линией *MK*: E_1F_1 пересекает M_1K_1 в N_1.Точки отрезка *NK* не имеют общих точек с плоскостью *DEF.*

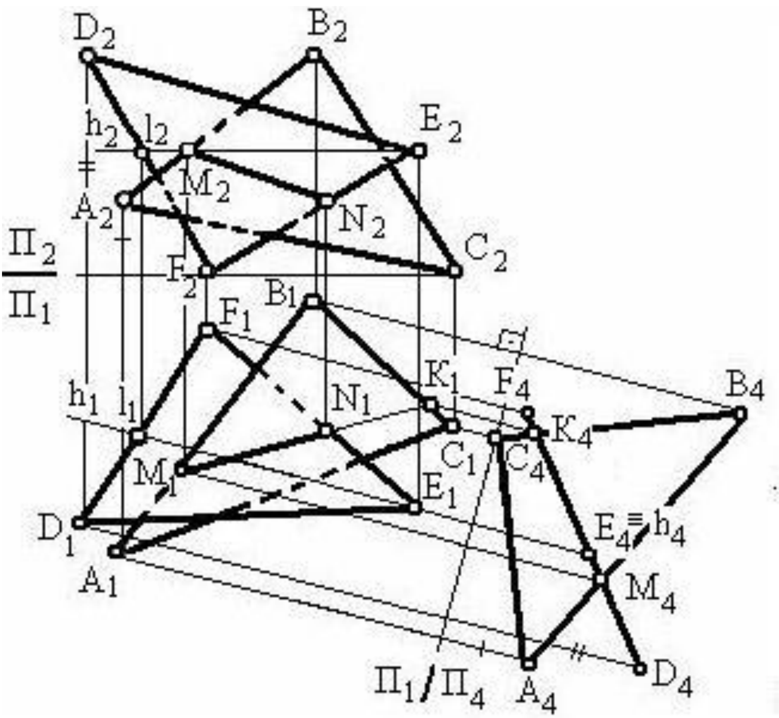


Рис.237.

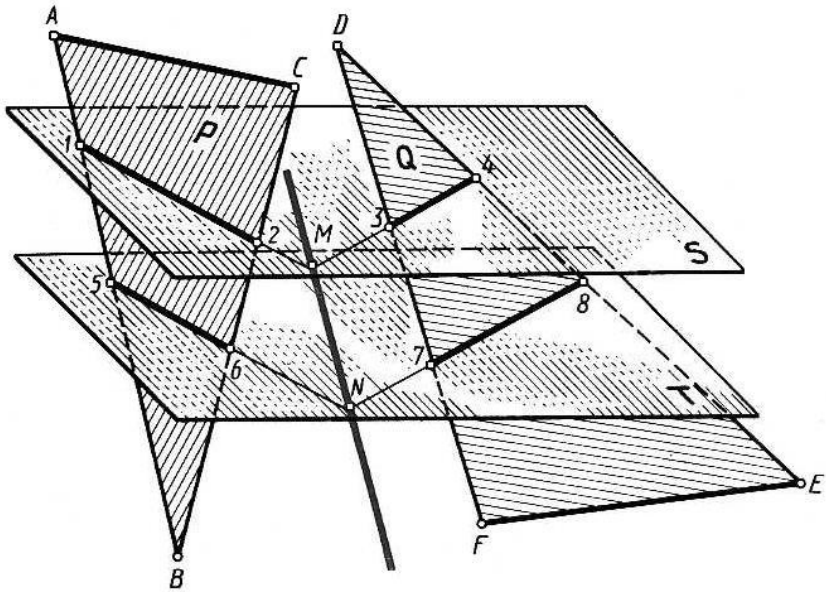


Рис.238.

В тех случаях, когда общих для заданных пересекающихся плоскостей точек нет (рис. 238), их нужно каким-либо образом построить. Например, чтобы найти общие точки для заданных плоскостей общего положения *P* и *Q*, рассечём эти плоскости вспомогательными плоскостями *S* и *T* . Плоскость *S* с заданными плоскостями пересекается по прямым 1-2 и 3-4, которые между собой пересекутся в точке *M*. Аналогично плоскость *T* с заданными плоскостями пересекается по прямым 5-6 и 7-8, которые между собой пересекутся в точке *N*. Отрезок прямой *MN* – линия пересечения плоскостей *P* и *Q*.

Решение этой задачи в ортогональных проекциях показано на рис. 239.

Пересекающиеся плоскости в частном случае могут быть перпендикулярными. Для выявления случаев перпендикулярности надо помнить, что если две плоскости взаимно перпендикулярны, то одна из них проходит через перпендикуляр к другой плоскости.

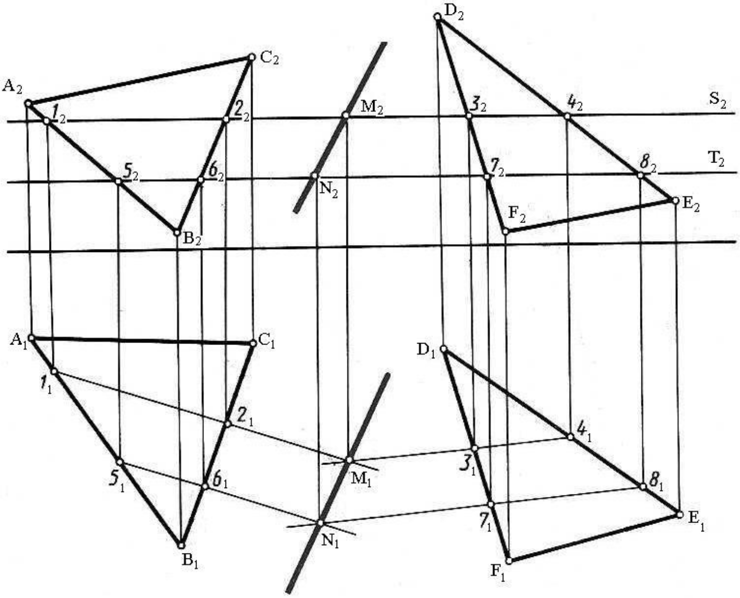


Рис.239.

На рис. 235 дан комплексный чертеж взаимно перпендикулярных пересекающихся плоскостей: одна фронтально проецирующая Σ (Σ_2), а вторая - общего положения *(АВС)* -содержит в себе перпендикуляр *АВ* к плоскости Σ $(AB//\Pi_2;\ A_2B_2\perp\Sigma_2)$.

Две плоскости в общем случае могут пересекаться в бесконечности. Тогда имеет место параллельность этих плоскостей. Одна плоскость параллельна другой, если две пересекающиеся прямые, принадлежащие одной плоскости, будут соответственно параллельны двум пересекающимся прямым, лежащим в другой плоскости. На рис. 240 *Р* и *Q* параллельны, так как пересекающиеся прямые *а* и *b*, принадлежащие плоскости *Р* соответственно параллельны прямым *с* и *d*, расположенным в плоскости *Q* $(a \parallel c,\ b \parallel d)$.

Из курса геометрии известно, что две параллельные плоскости пересекаются с третьей, не параллельной им плоскостью, по параллельным прямым. Отсюда следует, что две параллельные плоскости *Р* и *Q* пересекутся с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 по параллельным прямым P_1 и Q_1. По параллельным прямым P_2 и Q_2 пересекутся они и с фронтальной плоскостью проекций $П_2$, т. е. одноименные следы параллельных плоскостей будут параллельны. И, наоборот, если одноименные следы плоскостей на эпюре параллельны, то такие плоскости параллельны.

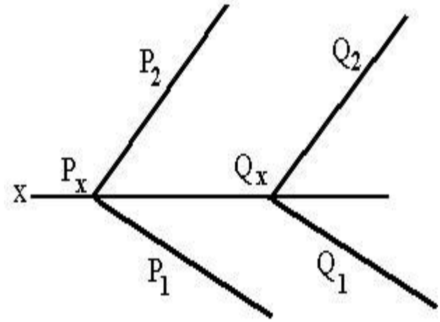


Рис. 240.

Плоскости общего положения будут параллельны, если два любых одноименных следа параллельны между собой. Например, параллельными будут плоскости *P* и *Q*, изображенные на рис. 240, у них параллельны горизонтальные следы P_1 и Q_1, а также фронтальные следы P_2 и Q_2.

Проецирующие плоскости будут параллельны, если соответственно параллельны одноименные следы при общих точках схода. Например, параллельными будут горизонтально проецирующие плоскости *T* и *S*, изображенные на рис. 8.

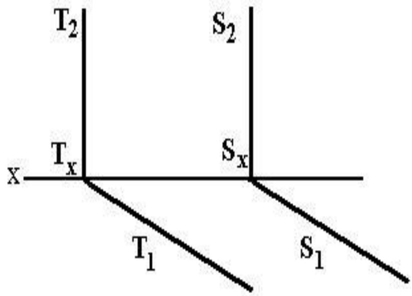


Рис.241.

Решение задач на параллельные плоскости сводится обычно или к построению плоскости, параллельной заданной, или к проверке параллельности двух заданных плоскостей.

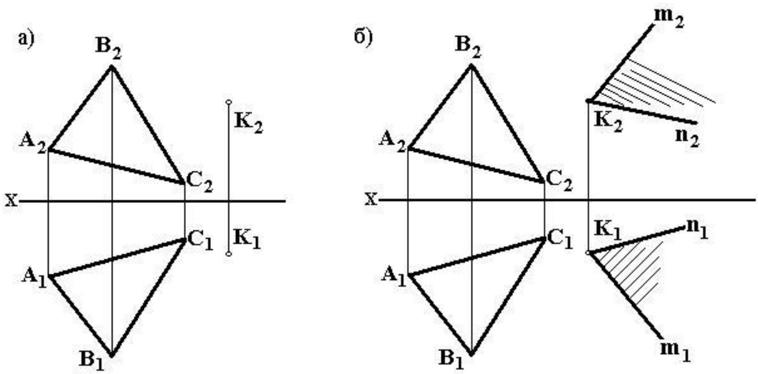


Рис. 242.

На рис. 242,*а* задана плоскость треугольника *ABC* и точка *К,* не принадлежащая плоскости этого треугольника. Требуется через точку *К* провести плоскость, параллельную плоскости заданного треугольника *ABC.* Искомая плоскость может быть определена двумя пересекающимися прямыми, проведенными через точку *К* и параллельными двум пересекающимся прямым, принадлежащим заданной плоскости треугольника. На рис. 242,*б* для этого через заданную точку *К* проведены прямая *m,* параллельная *AB,* и прямая *n,* параллельная *AC,* у этих прямых будут параллельны одноименные проекции ($m_1 \parallel A_1B_1$ и $m_2 \parallel A_2B_2$,а$n_1 \parallel A_1C_1$ и $n_2 \parallel A_2C_2$).

Чтобы проверить параллельность двух заданных плоскостей, нужно в одной из них провести две какие-либо пересекающиеся прямые и попытаться построить в другой плоскости прямые, параллельные проведенным в первой плоскости. Если эта задача выполнима, то плоскости параллельны. Если же во второй плоскости не удастся провести прямые, параллельные проведенным в первой, то заданные плоскости не параллельны.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. На бумаге формата А4 постройте горизонтальную и фронтальную проекции линии пересечения плоскостей, заданных треугольниками, и определите относительную видимость треугольников *ABC* и *DEF*. Координаты точек: *A (20;80;40), B (40; 30; 75), C (80; 45; 45), D (15; 50; 80), E (70; 90; 90), F (35; 15; 10).*

2.5.8. Метрические задачи

Рассмотрим определение натуральной величины плоской фигуры. Определение истинной величины плоской фигуры можно осуществить путем преобразования чертежа способом замены плоскостей проекций. На рис. 243 дан комплексный чертеж прямоугольника *ABCD.* Ни одна из проекций прямоугольника не занимает частного положения. Задачу решаем последовательно. Заменив плоскость $П_2$ на $П_4$, приводим прямоугольник в частное положение, т. е. в виде проецирующей плоскости по отношению к $П_4$. Выполнив вторую замену, то есть замену $П_1$ на $П_5$, когда плоскость прямоугольника займёт положение плоскости уровня, определяем истинную величину прямоугольника *ABCD.*

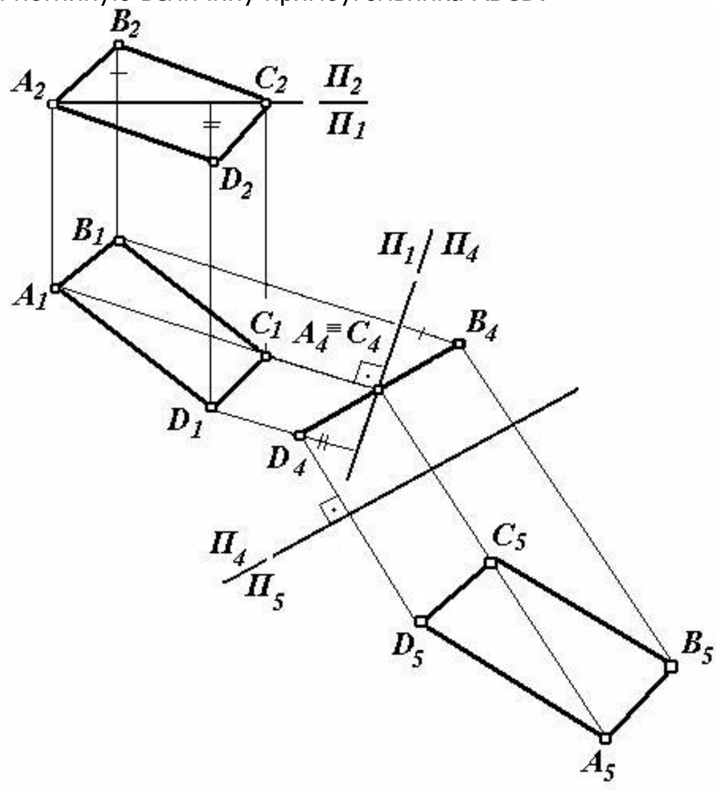


Рис. 243.

Задачу определения истинной величины прямоугольника можно также решить способом вращения вокруг линии уровня плоскости этой фигуры до совмещения с соответствующей плоскостью уровня (рис. 244).

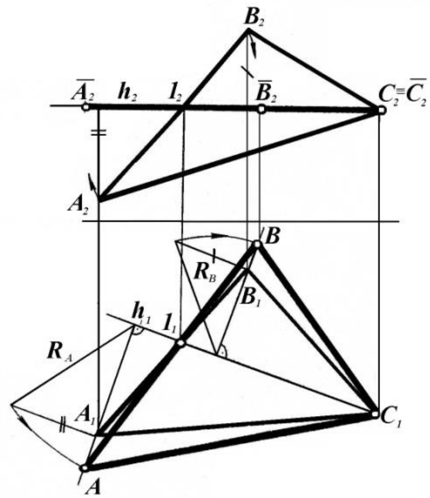


Рис. 244.

При решении задач по определению истинной величины расстояний и углов следует помнить, что расстояние от точки до плоскости измеряется отрезком перпендикуляра, опущенного из точки на плоскость. Так как перпендикуляр к проецирующей плоскости есть линия уровня, то необходимо преобразовать чертеж. Заданная плоскость должна занять положение проецирующей плоскости. На рис. 245 построены проекции перпендикуляра *MK,* отрезок которого определяет расстояние от точки *M* до плоскости *Q (ABC)*:

1) систему плоскостей $П_1/П_2$ заменяем на систему плоскостей $П_1/П_4$ так, что $П_4 \perp Q$, а следовательно $П_1 /П_4 \perp h$ и h будет проецироваться на плоскость $П_4$ в точку и совпадать с A_4 и 1_4 $(A_4 \equiv h_4 \equiv 1_4)$;

2) из M_4 опускаем перпендикуляр на плоскость заданного треугольника и так как $M_4K_4 \perp Q_4$, M_4K_4 - истинная величина расстояний от точки *M* до плоскости *Q*;

3) определяем положение горизонтальной проекции точки К из условия, что $M_1K_1 \perp K_4K_1$ или || $П_1/П_4$;

4) фронтальная проекция точки K_2 построена с помощью высоты точки K, измеренной на плоскости $П_4$.

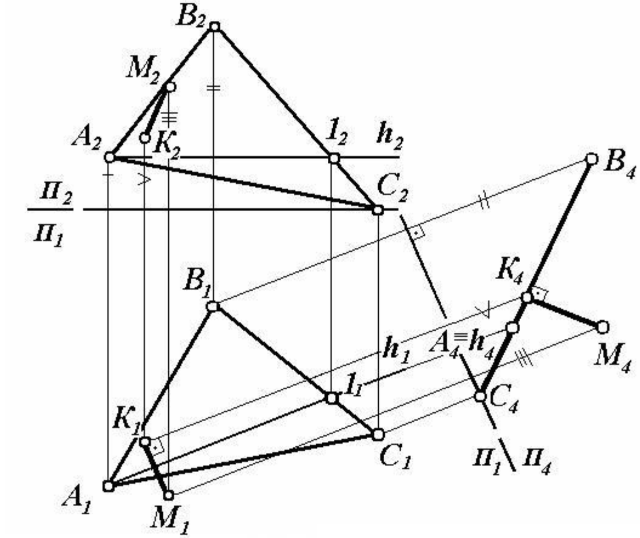


Рис. 245.

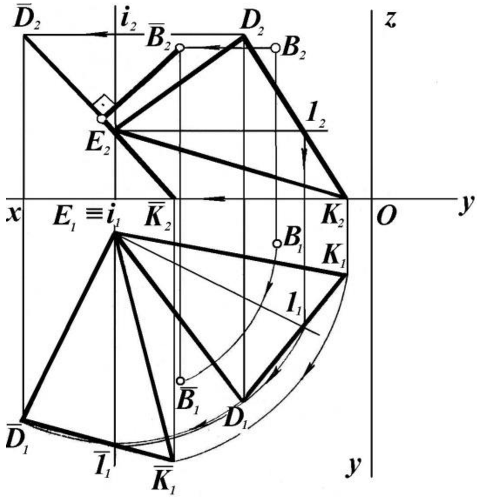


Рис. 246.

Другой способ решения задачи заключается в следующем (рис. 246): плоскость треугольника *DEK* и точка *B* вращением вокруг оси, перпендикулярной одной из плоскостей проекций, преобразуются в положение, когда плоскость становится перпендикулярной к одной из плоскостей проекций. В этом случае искомое расстояние измеряется длиной отрезка между новой проекцией точки *B* и новой проекцией плоскости треугольника *DEK*. Ось вращения рекомендуется брать проходящей через одну из вершин плоской фигуры (в треугольнике *DEK* через точку *E*).

Определить расстояние от точки до плоскости можно и другим способом. Например, через точку *B* (рис. 247) проводится прямая *a* перпендикулярно плоскости треугольника *DEK* , так что $a_1 \perp h_1$ и $a_2 \perp f_2$, где *h* и *f* - прямые уровня этой плоскости: горизонталь *h,* фронталь *f*. Затем находится точка пересечения (встречи) прямой *a* и плоскости треугольника *DEK* – точка *S*. После чего надо определить натуральную величину отрезка *BS* (любым известным способом), которая и является искомым расстоянием.

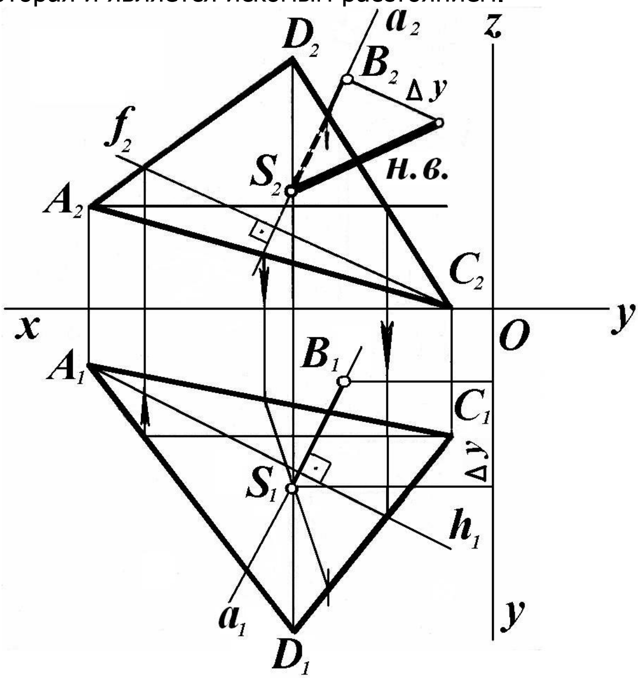


Рис. 247.

Расстояние от прямой до плоскости, параллельной прямой, измеряется отрезком перпендикуляра, опущенного из любой точки прямой на плоскость. Значит, достаточно плоскость общего положения преобразовать в положение проецирующей плоскости, затем взять на заданной прямой точку, и решение задачи будет сведено к определению расстояния от точки до плоскости.

Расстояние между параллельными плоскостями измеряется отрезком перпендикуляра между ними, который легко строится, если плоскости займут проецирующее положение в новой системе плоскостей проекций.

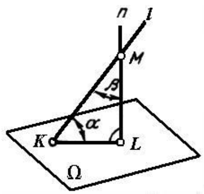


Рис. 248.

Угол *α* между прямой *l* и плоскостью Ω может быть определен через дополнительный угол между заданной прямой *l* и перпендикуляром *n* к данной плоскости, проведенной из любой точки прямой (рис. 248). Угол дополняет искомый угол до 90°. Определив истинную величину угла путем вращения вокруг прямой уровня плоскости угла, образованного прямой *l* и перпендикуляром *n*, остается дополнить его до прямого угла. Этот дополнительный угол и даст истинную величину угла между прямой *l* и плоскостью Ω.

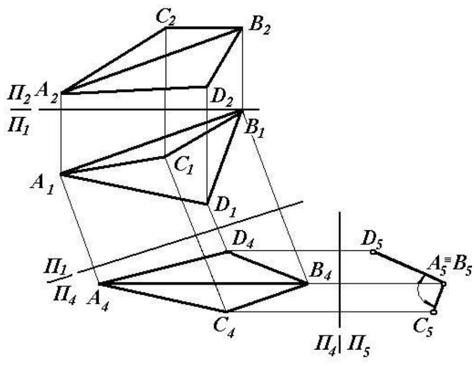


Рис. 249.

Истинная величина двугранного угла между двумя плоскостями может быть определена, когда ребро угла будет занимать положение проецирующей прямой. На рис.249 задача решена путем замены плоскости проекций с целью преобразования ребра двугранного угла *AB* в проецирующую прямую.

Если ребро двугранного угла не задано, то угол между двумя плоскостями можно определить как угол между двумя перпендикулярами n_1 и n_2, проведенными к данным плоскостям из произвольной точки *M* пространства (рис. 250). В плоскости этих перпендикуляров при точке *M* получаем два плоских угла и , которые соответственно равны линейным углам двух смежных углов (двугранных), образованных плоскостями *P* и Q. Определив истинную величину углов между перпендикулярными n_1 и n_2путем вращения вокруг прямой уровня, тем самым определим и линейный угол двугранного угла, образованного плоскостями *P* и Q.

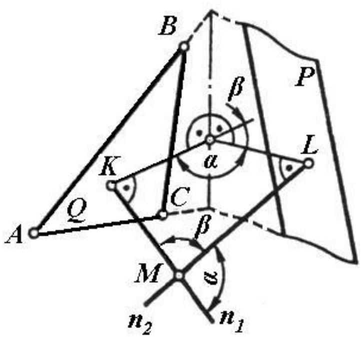


Рис.250.

Решение данных метрических задач более подробно будет рассмотрено в программе вузовского курса «Начертательная геометрия».

2.5.9. Изометрия плоских фигур, которые принадлежат плоскостям проекций или плоскостям уровня

ЗАПОМНИТЕ! Для построения ***изометрии плоского многоугольника*** необходимо построить изометрические проекции его вершин и соединить их между собой.

Задача . Задан эпюр правильного треугольника *ABC*, *ABC* принадлежит плоскости $П_1$ (рис. 251,*а*). Построить изометрию треугольника *ABC*.

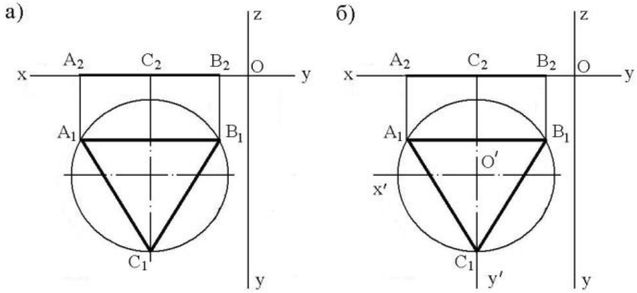


Рис. 251.

ЗАПОМНИТЕ! При построении изометрии симметричных плоских фигур оси координат переносят в новое положение так, чтобы они совпали с осями симметрии фигуры, а точка их пересечения с её центром (Рис. 251,*б*).

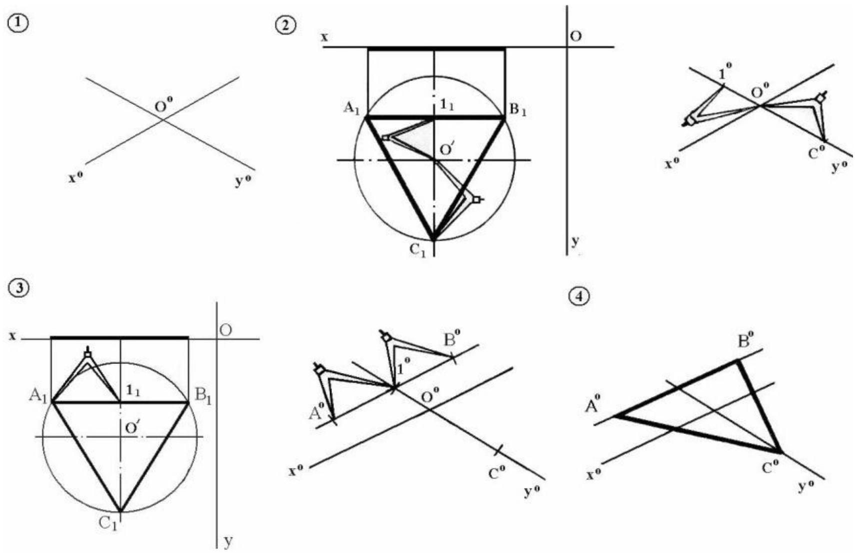


Рис. 252.

1) через произвольную точку O^0 (рис. 252) проводим аксонометрические оси X^0 и Y^0 (ось для построений не нужна);

2) на эпюре отметим точку 1_1 и измерим расстояния 1_1 и C_1, откладываем их по изометрической оси X^0, отметим точки 1^0 и C^0;

3) через точку 1^0 параллельно оси X^0 проведем линию; на эпюре измерим расстояние и отложим его от точки 1^0 по этой прямой, отметим точки A^0 и B^0;

4) соединим точки A^0,B^0,C^0 и получим изометрию правильного треугольника ABC, который принадлежит плоскости $П_1$.

Задача. Задан эпюр правильного пятиугольника $ABCDE$, $ABCDE$ принадлежит плоскости $П_2$. Построить изометрию пятиугольника $ABCDE$ (рис.253).

1) через произвольную точку O^0 проводим аксонометрические оси X^0 и Z^0 (ось Y^0 для построений не нужна);

2) на эпюре отметим точки 1_2 и 2_2; измерим расстояния $O'1_2$, $O'2_2$ и $O'A_2$, отложим их по изометрической оси X^0, отметим 1^0,2^0,A^0;

3) через точки 1^0 и 2^0 параллельно оси Z^0 проведем линии; на эпюре измерим расстояния $|1_2B_2|=|1_2E_2|$ и $|2_2C_2|=|2_2D_2|$ и отложим их на этих линиях, отметим точки B^0, E^0 и C^0, D^0.

4) Соединим A^0,B^0,C^0,D^0,E^0 и получим изометрию правильного пятиугольника $ABCDE$, который принадлежит плоскости $П_2$.

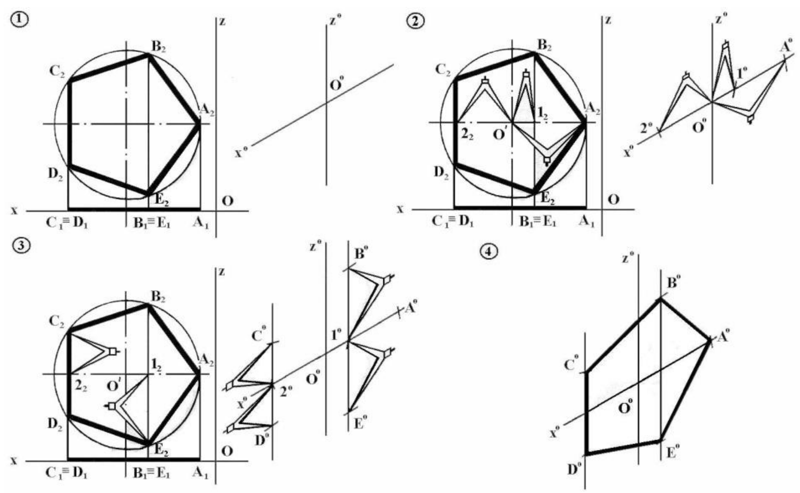


Рис. 253.

Задача. Задан эпюр правильного шестиугольника *ABCDEF*, который принадлежит профильной плоскости проекций. Построить изометрию шестиугольника (рис. 254).

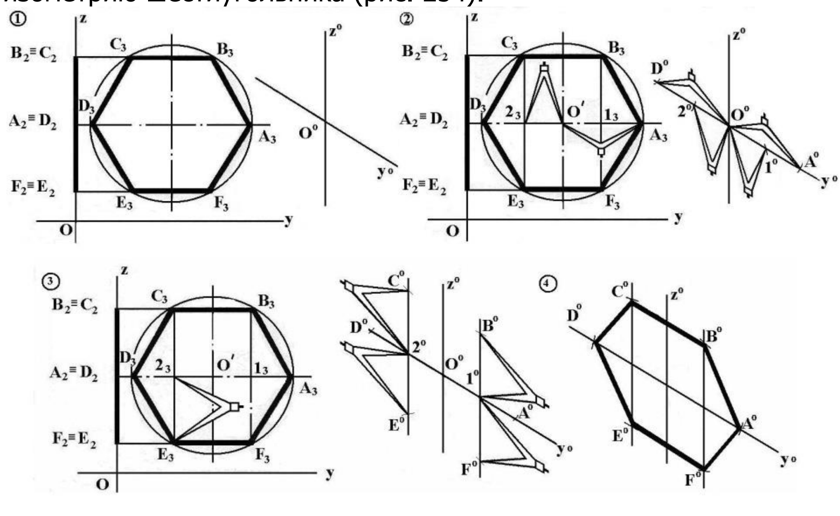


Рис. 254.

1) через произвольную точку O^0 проводим изометрические оси и Y^0 (ось X^0 для построений не нужна);

2) на эпюре отметим точки $O'1_3$ и $O'2_3$, измерим расстояния $O'D_3 = O'A_3$, отложим их по оси Y^0, отметим точки $1^0, 2^0$ и A^0, D^0;

3) через точки 1^0 и 2^0 проведем линии параллельно оси Z^0 ; на эпюре измерим расстояние $|1_3B_3| = |1_3F_3| = |2_3C_3| = |2_3E_3|$ и отложим его на этих линиях, отметим точки B^0, C^0, E^0, F^0.

4) Соединим точки $A^0B^0C^0D^0E^0F^0$ и получим изометрию правильного шестиугольника, принадлежащего плоскости $П_3$.

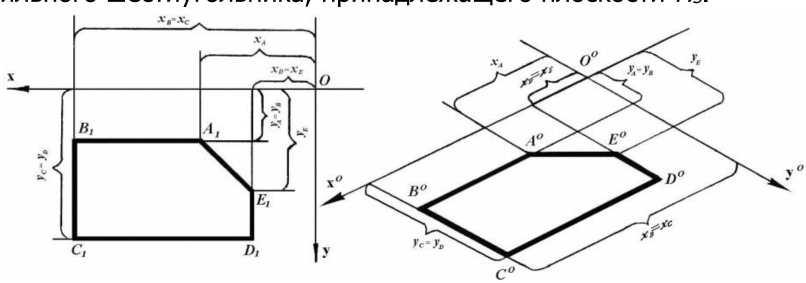


Рис.255.

ЗАПОМНИТЕ! Для построения изометрических проекций вершин несимметричных многоугольников необходимо строить координатную ломаную каждой вершины в системе изометрических осей (рис.255).

Выполним построение изометрии окружности. Окружности в аксонометрических проекциях проецируются в виде эллипсов. Длина большой оси эллипса в прямоугольной изометрии равна 1,22 *D*, длина малой оси 0,71 *D*, (*D* – диаметр окружности). Для упрощения построения стандарт рекомендует эллипс заменять на овал, большая и малая оси которого приблизительно соответственно равны большой и малой оси эллипса.

Задача. Построить изометрию окружности диаметром *D*, которая принадлежит плоскости $П_1$ (рис. 256, 257).

I способ

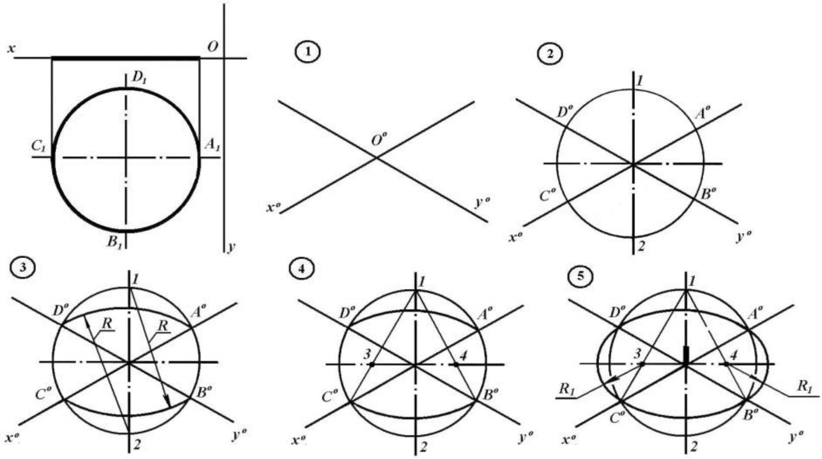


Рис. 256.

1) через произвольную точку O^0 проводим изометрические оси X^0 и Y^0 (рис. 256);

2) с центром в точке O^0 проводим окружность, диаметр которой равен диаметру заданной окружности, отметим точки A^0,B^0,C^0,D^0, а также точки *1* и *2* – точки пересечения окружности с ее вертикальным диаметром;

3) с центром в точках *1* и *2* проводим дуги радиуса $R = |2A^0| = |2D^0| = |1B^0| = |1C^0|$, из точки *1* проводим дугу C^0B^0, из точки *2* – дугу A^0D^0.

4) Соединим точку 1 с точками C^0 и B^0, отметим точки 3 и 4 – точки пересечения проведенных прямых с горизонтальным диаметром окружности;

5) С центром в точке 3 проводим дугу A^0D^0, с центром в точке 4 – дугу A^0B^0, при этом радиус дуг $R = |3C^0| = |3D^0| = |4B^0| = |4A^0|$.

ЗАПОМНИТЕ! Большая ось овала всегда перпендикулярна той аксонометрической оси, которая отсутствует в плоскости заданной окружности.

II способ

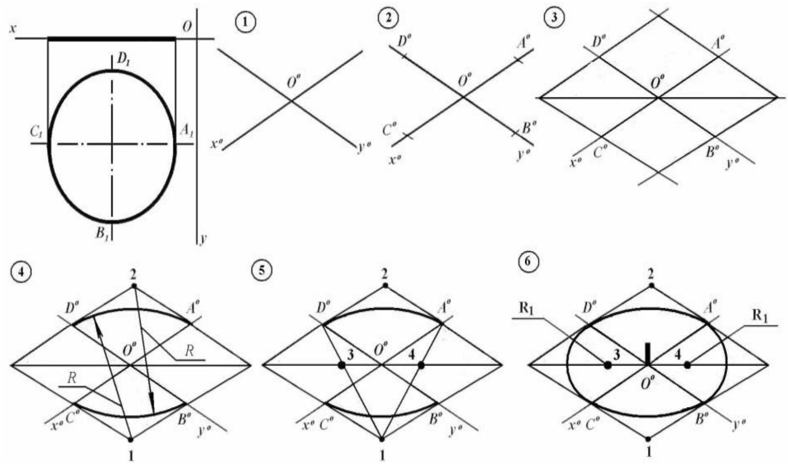


Рис. 257.

1) с центром в произвольной точке O^0 проводим изометрические оси X^0 и Y^0 (рис. 257);

2) от точки O^0 по осям откладываем расстояния, равные радиусу окружности, отметим точки A^0,B^0,C^0,D^0;

3) через точки A^0 и C^0 проводим прямые, параллельные оси X^0, через точки B^0 и D^0 – прямые, параллельные оси Y^0; получаем ромб со сторонами, равными диаметру окружности;

ЗАПОМНИТЕ! На большой диагонали ромба располагается большая ось овала.

4) из вершин тупых углов (точки 1 и 2) проводим дуги A^0B^0 и C^0D^0 радиусом $R = |2B^0| = |2C^0| = |1A^0| = |1D^0|$;

5) соединим точку 1 с точками A^0и D^0, отметим точки 3 и 4 – точки пересечения проведенных прямых и большой диагонали;

6) с центром в точке 3 проводим дугу C^0D^0, с центром в точке 4 – дугу B^0A^0, радиус дуг $R = |3C^0| = |3D^0| = |4B^0| = |4A^0|$.

На рис. 258, *а* показано построение изометрии окружности, которая принадлежит фронтальной плоскости проекций, на рис. 258, *б* – построение окружности, принадлежащей плоскости П3.

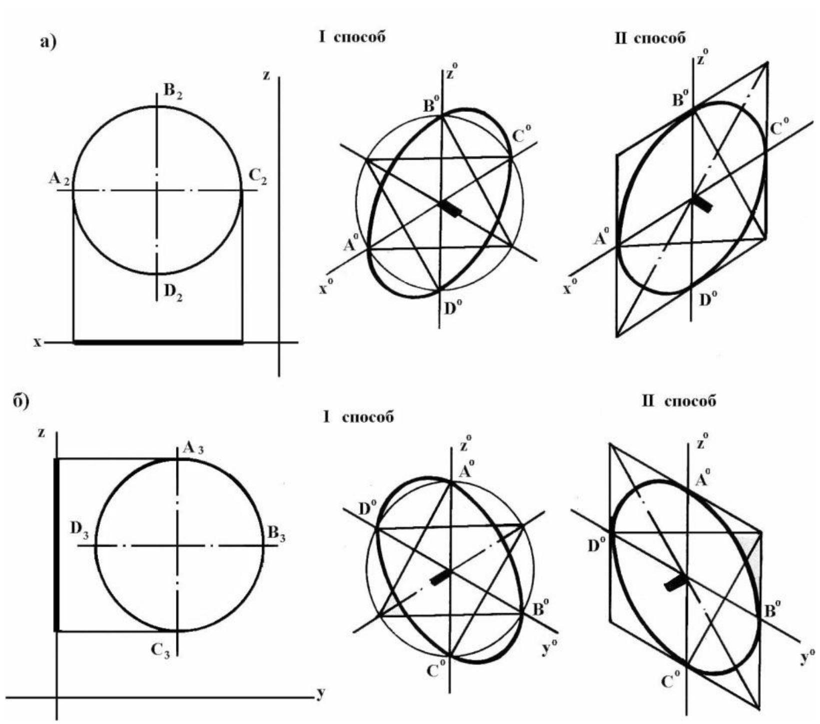


Рис. 258.

Структурно- логическая схема показана на рис. 259.

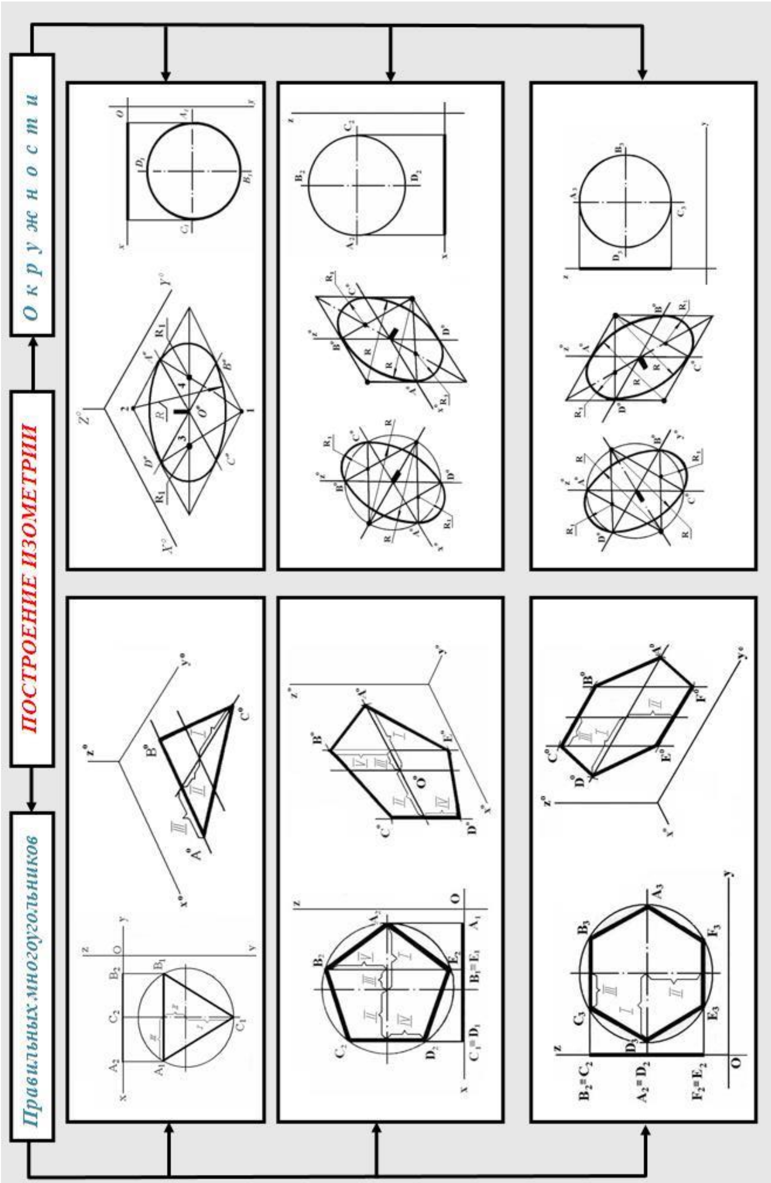
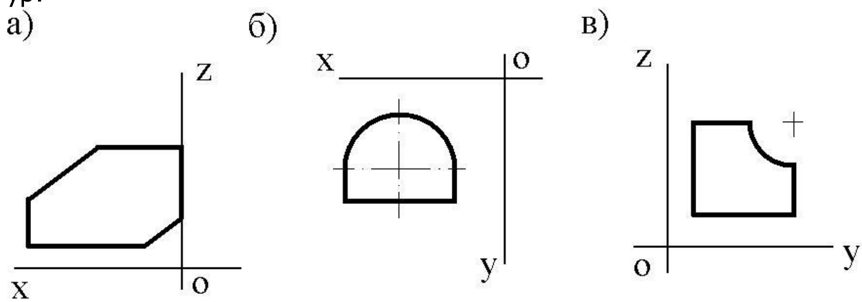


Рис. 259. Структурно- логическая схема "Построение изометрии плоских фигур".

ВЫПОЛНИТЕ УПРАЖНЕНИЯ

Задание 1. Постройте изометрию правильного шестиугольника ABCDEF, вписанного в окружность, диаметр которой 50 мм, шестиугольник ABCDEF ∥ $П_3$.

Задание 2. Постройте изометрические проекции плоских фигур:



2.6. Проецирование геометрических тел

2.6.1. Образование поверхностей

Поверхность может быть образована движением прямой или кривой линии в пространстве по определённому закону и представлена как множество последовательных их положений.

ЗАПОМНИТЕ! Линия, которая при своём движении образует поверхность, называется *образующей*.

Образующая может быть прямой линией, тогда поверхность называется *линейчатой*. Поверхности, у которых образующие не могут быть прямыми линиями, называются *нелинейчатыми*, например, сфера.

Поверхность, которая образована перемещением (скольжением) образующей по некоторой линии или линиям, которые называются направляющими, называется поверхностью *скольжения*.

Поверхность, которая получена вращением образующей вокруг оси, называется поверхностью *вращения*.

Рассмотрим образование различных поверхностей на примерах.

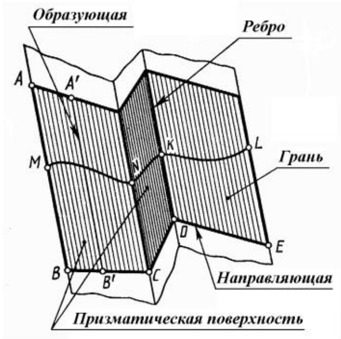


Рис.260.

На рисунке 260 даны прямая *АВ* - *образующая* и ломаная линия *BCDE* - *направляющая*. Прямая *АВ* движется по ломаной *BCDE* и образует *призматическую поверхность*. При этом направляющей может быть не только ломаная, но и любая кривая линия, которая лежит на призматической поверхности, например, кривая *MNKL*. Плоские части призматической поверхности называются *гра́нями* (например, грань *KLED*). Грани пересекаются между собой по прямым линиям, которые называются *рёбрами* (например, *MB*, *NC, KD, LE*). Так как прямая линия *АВ* бесконечна, то поверхность, которая образована перемещением прямой линии, также бесконечна и её продолжение показано на чертеже сплошными тонкими линиями.

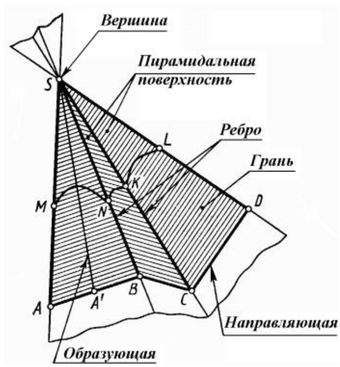


Рис.261.

На рисунке 261 даны неподвижная точка *S* и ломаная линия *ABCD*. Прямая *SA′* (образующая) движется по ломаной *ABCD* (направляющей), постоянно проходит через неподвижную точку *S* и образует пирамидальную поверхность. Точка *S* называется *вершиной* пирамидальной поверхности, части плоскостей *ASB*, *BSC*, *CSD* называются *гра́нями*, линии пересечения граней *SA, SB, SC, SD* называются *рёбрами*.

ЗАПОМНИТЕ! *Гра́нными пове́рхностями* называются призматическая и пирамидальная поверхности, которые образованы частями пересекающихся плоскостей.

Цилиндрическая поверхность образуется аналогично призматической поверхности, только направляющая не ломаная линия, а кривая линия. На рисунке 262 дана образующая прямая *AB*, которая движется по направляющей кривой *BCD* и образует *цилиндрическую поверхность*.

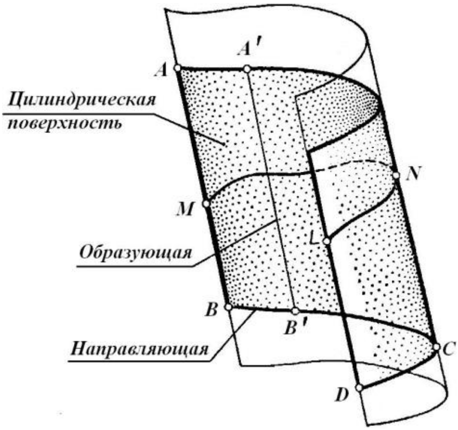


Рис. 262.

На рисунке 263 показано получение прямой круговой цилиндрической поверхности. Образующая прямая *AB* вращается вокруг неподвижной оси *j – j*. При вращении любая точка образующей *AB*, например, точка *C*, опишет окружность, которая лежит в плоскости, перпендикулярной оси *j – j*. В результате образуется *прямая круговая цилиндрическая поверхность*.

Рис. 263.

Коническая поверхность образуется аналогично пирамидальной поверхности, только направляющая не ломаная линия, а кривая линия. На рисунке 264 дана образующая – прямая *SA*, которая движется по направляющей кривой *ABCD*. При своем движении прямая *SA′* постоянно проходит через неподвижную точку *S*, которая называется вершиной, и образует *коническую поверхность.*

На рисунке 265 показано получение прямой круговой конической поверхности. Такую поверхность можно получить, если образующую – прямую *SA′*, вращать вокруг неподвижной оси *j – j*, которая пересекается с образующей в точке *S*. При вращении любая точка на образующей *SA*, например, точка *B* опишет окружность, которая лежит в плоскости, перпендикулярной оси *j – j*. В результате такого вращения образуется *прямая круговая коническая поверхность.*

Шаровая (сферическая) поверхность (рис. 266) образуется при вращении полуокружности *ABC* вокруг неподвижной оси *j – j*, которая проходит через диаметр полуокружности *AC*. При вращении полуокружности все её точки, например, точка В, опишут окружности, лежащие в плоскостях, перпендикулярных оси *j* – *j*. В результате такого вращения образуется поверхность, которая называется *сфе́рой*.

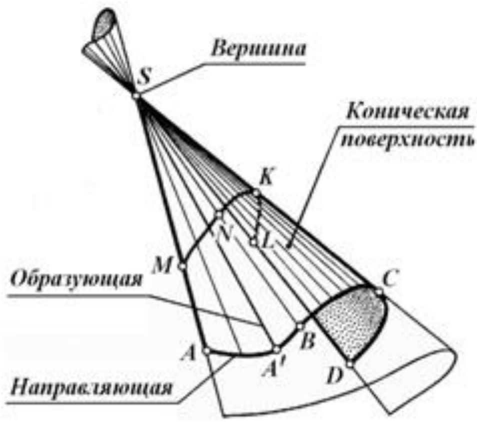


Рис. 264.

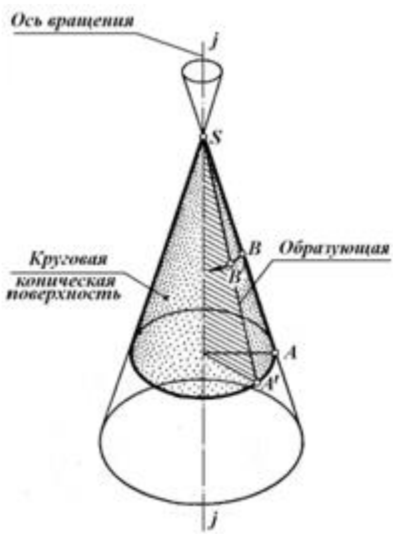


Рис.265.

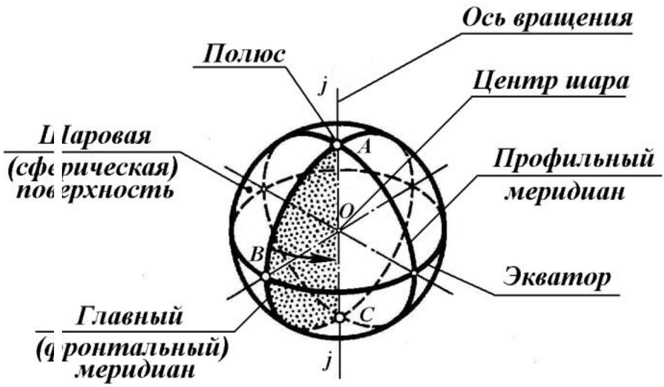


Рис. 266.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Читайте текст, выпишите в тетрадь новые слова и запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Какие поверхности называются линейчатымы?
2. Какие поверхности называются нелинейчатыми?
3. Как образуются поверхности скольжения?
4. Как образуются поверхности вращения? Приведите примеры поверхностей вращения.

2.6.2. Геометрические тела: многогранники и тела вращения

ЗАПОМНИТЕ! *Часть пространства, ограниченная геометрическими поверхностями, называется геометрическим телом.*

Машины и многие другие предметы, которые окружают нас в жизни, состоят из геометрических тел. Это куб, параллелепипед, призма, пирамида, цилиндр, конус, шар и другие тела.

Все геометрические тела можно подразделить на две группы: *многогра́нники* и *криволине́йные тела́*, включая тела вращения. На рисунке 267 даны простейшие геометрические тела и показаны их элементы. Призма и пирамида являются многогранниками. Цилиндр, конус и шар относятся к телам вращения (рис. 284).

Геометрическое тело, ограниченное со всех сторон плоскостями, называется *многогранником* (рис. 267).

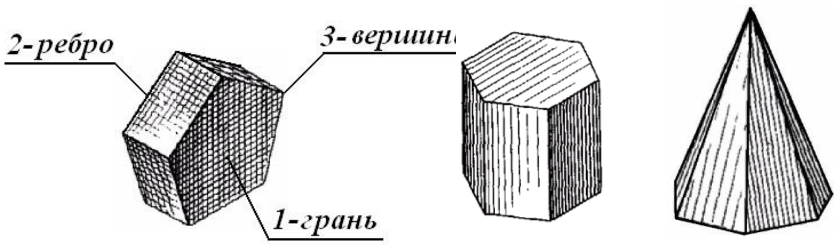


Рис.267.

Плоские фигуры, ограничивающие многогранник, называются *гранями (1).* Грани пересекаются между собой по прямым линиям, которые называются *ребрами (2)* многогранника. Ребра пересекаются в точках — *вершинах (3)* многогранника. В каждой вершине сходятся не менее трех ребер.

Многогранники различают в зависимости от формы и количества граней. Рассмотрим некоторые из многогранников, которые наиболее часто встречаются в технических чертежах.

Призма – геометри́ческое те́ло, ограни́ченное призмати́ческой пове́рхностью и двумя́ пересека́ющими её взаи́мно паралле́льными плоскостя́ми (рис. 268).

Можно сказать, что призма — многогранник, у которого две грани (*верхнее и нижнее основания*) *n*-угольники, расположенные в параллельных плоскостях, а остальные *n* граней (боковые грани) - параллелограммы.

Призма может быть *прямой,* если боковые ребра перпендикулярны основанию, и *наклонной,* если ребра не перпендикулярны основанию (рис. 268).

Прямая призма называется *правильной*, если в основании у нее правильный многоугольник. В зависимости от количества сторон основания призмы бывают треугольные, четырехугольные и т. д.

Призма с основаниями в виде параллелограммов называется *параллелепипедом*. Параллелепипед также может быть прямой и наклонный. Прямой параллелепипед, у которого основаниями являются прямоугольники, называется прямоугольным (рис. 268).

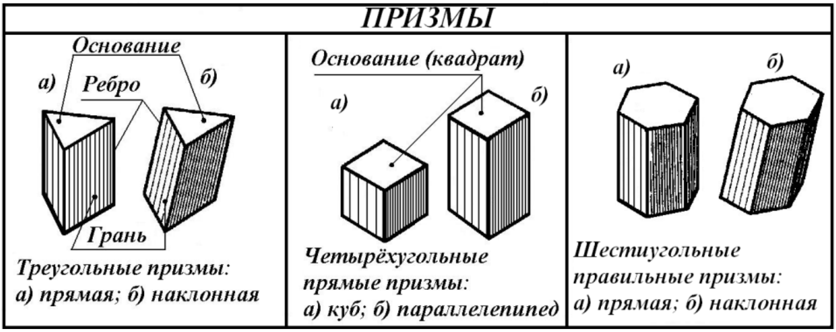


Рис. 268.

Пирами́да – это геометри́ческое те́ло, ограни́ченное за́мкнутой пирамида́льной пове́рхностью и пересека́ющей её пло́скостью, кото́рая не прохо́дит че́рез верши́ну (рис. 269).

Другими словами, пирами́да – это многогранник, у которого боковые грани представляют собой треугольники, имеющие общую вершину (рис. 267, 269).

В основании у пирамиды - многоугольник. В зависимости от количества сторон основания пирамида называется трех-, четырех-, пятиугольной и т. д.

Пирамида называется правильной, если в основании ее — правильный многоугольник, а боковые грани — равнобедренные треугольники (рис. 269). У правильной пирамиды высота проходит через центр основания. В противном случае пирамида будет неправильной.

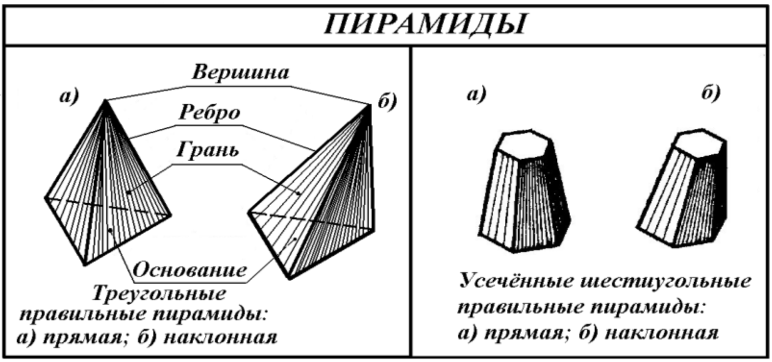


Рис. 269.

Рассмотрим построение ортогональных проекций многогранников. Геометрические тела располагают относительно плоскостей проекций так, чтобы их основные элементы (основания, грани, рёбра, оси) были параллельны или перпендикулярны плоскостям проекций. Тогда на одну из плоскостей проекций эти элементы будут проецироваться в натуральную величину.

На рис. 270 правильная прямая пятиугольная призма расположена относительно плоскостей проекций так, что её основания параллельны фронтальной плоскости проекций, а рёбра и оси перпендикулярны ей. Причем нижнее основание призмы лежит на фронтальной плоскости.

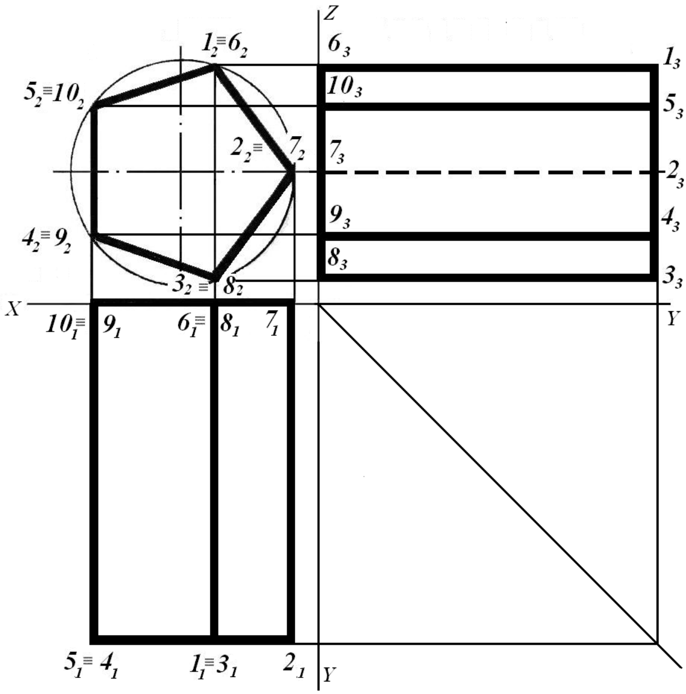


Рис. 270.

Рекомендуется построение проекций призмы начинать с оснований. В данном случае нижнее основание призмы – правильный пятиугольник (вершины 6, 7, 8, 9, 10) - принадлежит плоскости $П_2$, поэтому горизонтальная его проекция (6_1, 7_1, 8_1, 9_1, 10_1) расположена на оси *OX,* а профильная (6_3, 7_3, 8_3, 9_3, 10_3) – на оси *OZ.* Затем проводят проекции боковых ребер призмы, длина которых равна высоте призмы. Верхнее основание (вершины 1, 2, 3, 4, 5) параллельно нижнему и на плоскость $П_2$ также проецируется в натуральную величину. Фронтальные проекции верхнего и нижнего оснований совпадают, так как призма прямая и её боковые рёбра перпендикулярны основаниям и плоскости $П_2$. Горизонтальная проекция верхнего основания (1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1) представляет прямую линию, параллельную оси *OX .* Профильная проекция верхнего основания (1_3, 2_3, 3_3, 4_3, 5_3) представляет прямую линию, параллельную оси *OZ.*

Аналогично строятся ортогональные проекции других многогранников. Например, эпюр прямой правильной шестиугольной пирамиды, основание которой принадлежит профильной плоскости проекций (рис. 271), начинают строить с проекций основания. Профильная проекция основания – правильный шестиугольник (1_3, 2_3, 3_3, 4_3, 5_3, 6_3) - принадлежит плоскости $П_3$, поэтому горизонтальная его проекция (1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1, 6_1) расположена на оси *OY,* а фронтальная (1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2, 6_2) – на оси *OZ.*

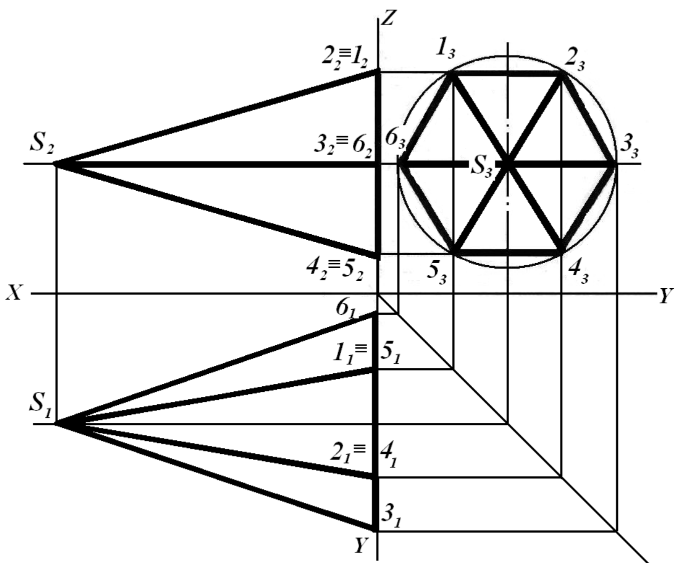


Рис. 271.

Затем строят проекции вершины пирамиды *S*. Вершина *S* проецируется в центр шестиугольника, так как пирамида правильная и прямая. Расстояние от основания до фронтальной и горизонтальной проекций вершины равно высоте пирамиды.

Если мы соединим прямыми линиями проекции вершины пирамиды с одноименными проекциями вершин основания, то получим проекции боковых ребер.

При изображении на чертежах многогранников принято считать, что их грани непрозрачные и поэтому проекции отдельных ребер будут невидимы. Проекции невидимых ребер обводят штриховой линией (рис. 270).

При решении вопроса видимости принимается следующее взаимное расположение: глаз наблюдателя, проецируемые элементы, плоскость проекций. Отсюда следует, что из двух элементов, расположенных друг перед другом, видимым будет тот, который будет дальше от плоскости проекций и тем самым ближе к наблюдателю. Например, из двух точек *1* и *6* (рис. 270), расположенных на одном фронтально проецирующем луче, дальше от плоскости Π_2 будет точка 1 (ее горизонтальная проекция 1_1 расположена от оси *x* дальше, чем горизонтальная проекция 6_1 точки 6), поэтому на плоскости Π_2 будет видима фронтальная проекция 1_2 точки 1.

Если сливаются горизонтальные проекции 1_1 и 3_1 двух точек 1 и 3, расположенных на общем горизонтально проецирующем луче, то на рис. 270 видимой будет горизонтальная проекция 1_1 точки 1, которая расположена выше точки 3 (фронтальная проекция 1_2 точки 1 расположена выше фронтальной проекции 3_2 точки 3).

Точки, которые принадлежат общему проецирующему лучу и закрывают одна другую, называются *конкурирующими*. Эти точки используют при определении видимости проекций ребер многогранников и других элементов геометрических тел.

На рисунках 272 и 273 показано построение аксонометрических проекций призмы и пирамиды. Построение аксонометрии многогранников удобно начинать с построения аксонометрии плоских фигур, которые принадлежат телу (оснований, граней).

При построении аксонометрических проекций геометрических тел систему осей координат нередко совмещают с соответствующими осями симметрии геометрических тел или с соответствующими ребрами многогранников. Применяют внутреннюю систему осей координат. Так, на рис. 272 и 273 оси проведены через центры оснований.

Построение призмы (рис. 272) начнем с построения аксонометрии нижнего основания - правильного пятиугольника, расположенного на фронтальной плоскости проекций. Аксонометрии вершин нижнего основания построены по двум координатам *X* и *Z,* которые отложены соответственно по осям *x* и *z* или параллельно им.

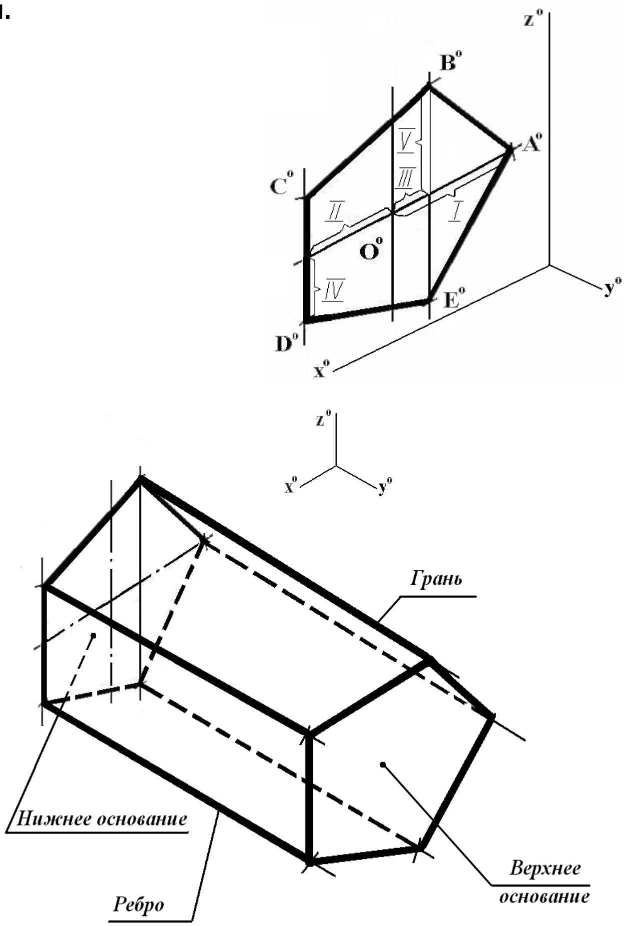
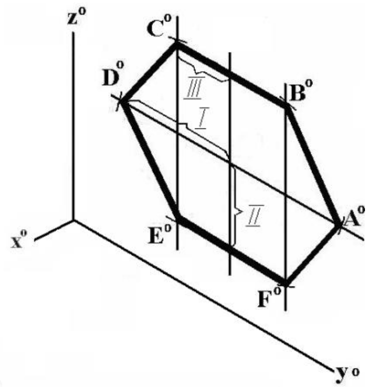


Рис. 272.

Значение координат взято с ортогонального чертежа (рис. 270). Из вершин пятиугольника проведем прямые, параллельные оси *y^0.* На этих прямых отложим высоту призмы и получим аксонометрию вершин верхнего основания. Соединим вершины верхнего основания. Видимый контур призмы обведём сплошной основной линией, невидимый – штриховой.

Построение аксонометрии пирамиды (рис.273) заключается в построении аксонометрии основания - правильного шестиугольника, расположенного на профильной плоскости проекций, и вершины.



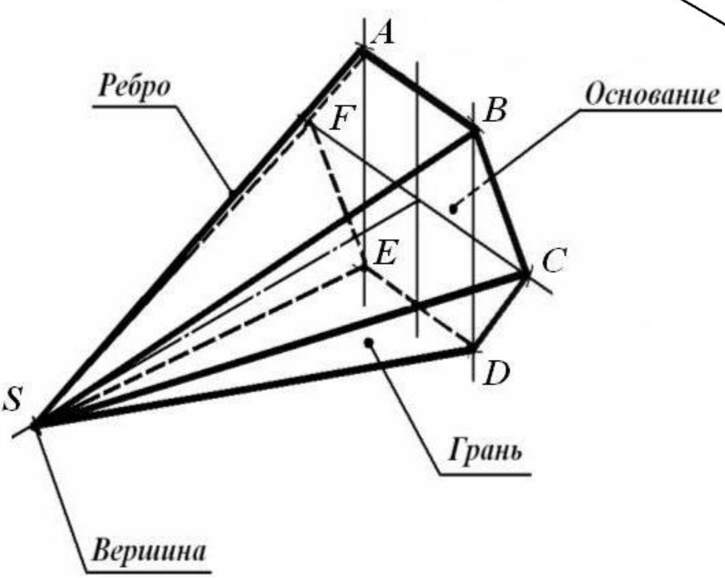


Рис. 273.

Аксонометрии вершин нижнего основания построены по двум координатам *Y* и *Z,* которые отложены соответственно по осям *y* и *z* или параллельно им. Значение координат взято с ортогонального чертежа (рис. 271). Из центра основания проведем прямую, параллельную аксонометрической оси *x,* отложим высоту пирамиды и отметим вершину - точку *S*. Вершины основания (точки *A, B, C, D, E, F*) соединяем прямыми линиями с точкой *S*. Видимый контур пирамиды обводим сплошной основной линией, невидимый – штриховой.

На чертеже прямой правильной призмы (рис. 274) имеются точки *L*, *M* и *N.* Пусть точка *L* лежит на верхнем основании призмы. Она задана проекцией L_2 и является видимой (изображается без скобок), так как верхнее основание на плоскости $П_2$ видимое. Необходимо построить горизонтальную L_1 и профильную L_3 проекции точки *L*. Верхнее основание призмы проецируется в отрезки на плоскости $П_1$ и $П_3$ в отрезки, параллельные осям *x* и *z.* Следовательно, проекции L_1 и L_3 должны лежать на этих отрезках.

Для построения горизонтальной проекции точки *L* из точки L_2 проведем линию связи, перпендикулярную оси *x,* до пересечения с горизонтальной проекцией верхнего основания и отметим точку L_1. Проекция L_1 будет невидимой (изображается в скобках), так как она будет закрыта ребрами верхнего основания. Для построения профильной проекции точки *L* из точки L_2 проведем линию связи, перпендикулярную оси *z,* до пересечения с профильной проекцией верхнего основания и отметим точку L_3. Проекция L_3 также будет невидимой (изображается в скобках), так как она будет закрыта ребрами основания. Пусть точка *M* лежит на ребре призмы (4-9). Она задана проекцией M_3 и изображена без скобок (является видимой), так как ребро, на котором лежит точка *M*, на профильной плоскости проекций видимое. Надо построить горизонтальную M_1 и фронтальную M_2 проекции точки *M*. Ребра прямой призмы являются проецирующими прямыми и проецируются на одну из плоскостей проекций в точку. В данном случае, ребро 4-9 проецируется на фронтальную проекцию в точку. Следовательно, точка M_2 будет совпадать с вершинами 4_2 и 9_2. Точка M_2 изображается невидимой (в скобках), так как расположена между данными вершинами. Для построения горизонтальной проекции точки *M* из точки M_3 проведем линию связи, перпендикулярную оси *y,* до пересечения с ребром 4_19_1 и отметим точку M_1. Проекция M_1 будет невидимой (изображается в скобках), так как ребро 4-9 на горизонтальной проекции закрыто ребром 5-10.

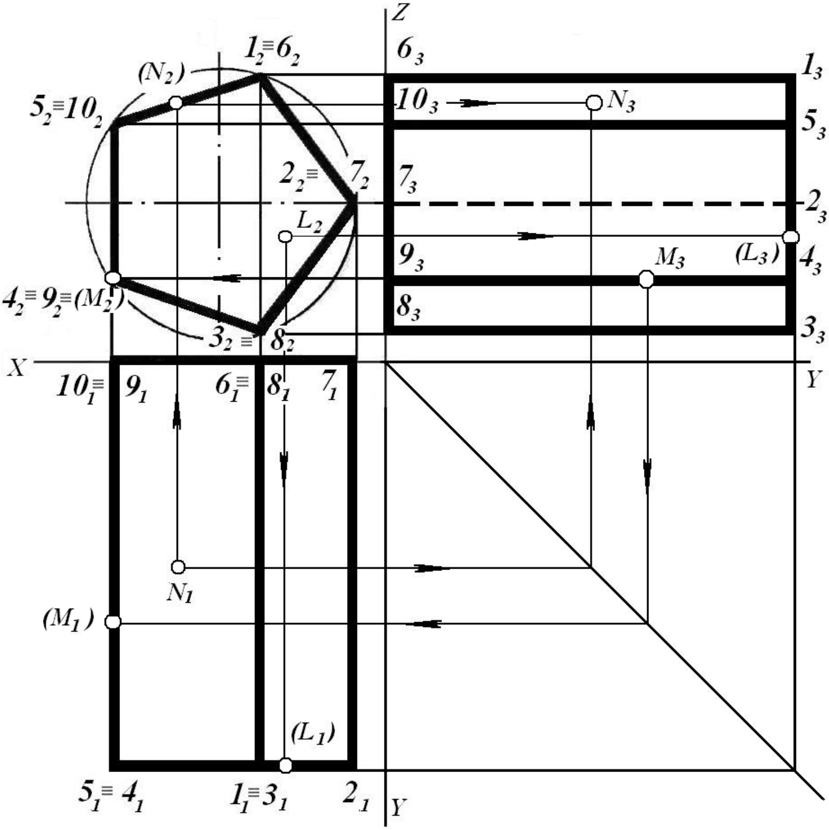


Рис. 274.

Пусть точка N лежит на грани призмы. Она задана проекцией N_1 и изображена без скобок (является видимой), так как грань, на которой лежит точка N, на горизонтальной плоскости проекций видимая. Требуется построить фронтальную N_2 и профильную N_3 проекции точки N.

Сначала построим фронтальную проекцию точки N. Грань, на которой лежит данная точка, перпендикулярна плоскости $П_2$ и проецируется на плоскость $П_2$ в отрезки 1_25_2 и 6_210_2, которые совпадают. Следовательно, точка N_2 должна располагаться на них. Для построения фронтальной проекции из точки N_1 проведем линию связи, перпендикулярную оси x, до пересечения с отрезком 1_25_2 и отметим точку N_2. Проекция N_2 будет невидимой (изображается в скобках), так как она будет закрыта ребром верхнего основания 1_25_2. Точку N_3 найдем по двум известным проекциям N_1 и N_2 . На пересечении линий связи, проведенных от данных точек, отметим точку N_3, которая будет видимой, так как грань $1_35_36_310_3$ является видимой.

На чертеже правильной прямой пирамиды (рис.275) имеются точки K и L. Точка L лежит на ребре $S3$ и задана профильной проекцией L_3. Необходимо построить горизонтальную L_1 и фронтальную L_2 проекции точки L.

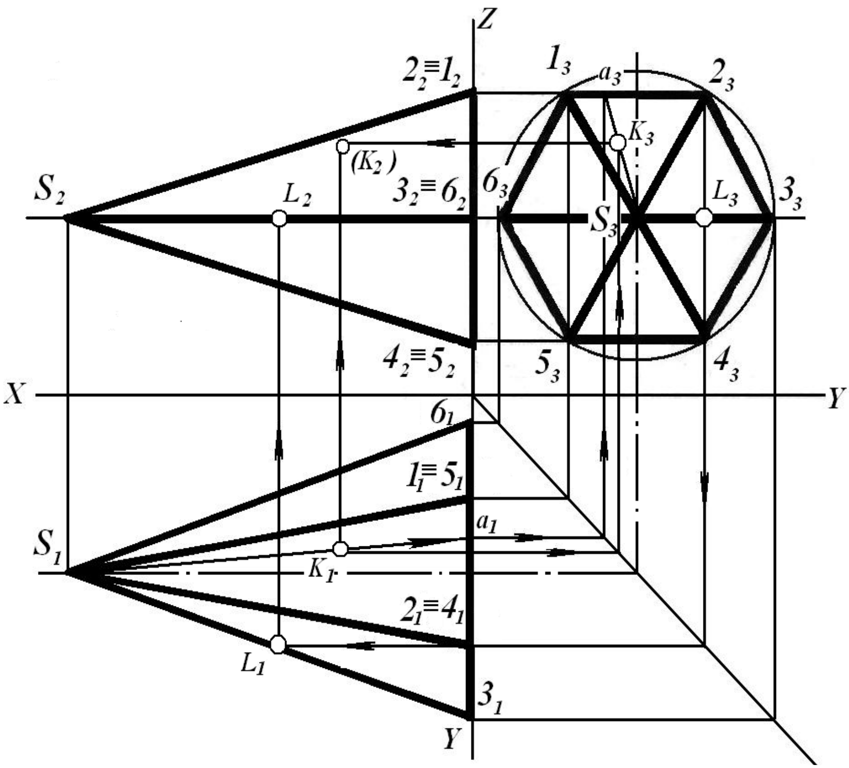


Рис. 275.

Ребро *S3* является прямой. Мы знаем, что если точка лежит на прямой, то её проекции лежат на одноимённых проекциях этой прямой. Поэтому из точки L_3 проведём линию связи, проекцией ребра *S3* и отметим точку L_1. Для построения фронтальной проекции точки *L* из L_1 проведём линию связи, перпендикулярную оси *x*, до пересечения с отрезком $S_2 3_2$ – фронтальной проекцией ребра *S3 и* отметим точку L_2. Проекции L_1 и L_2 являются видимыми, так как ребро *S3*, на котором лежит точка *L*, на горизонтальной и фронтальной проекциях данной пирамиды видимое.

Пусть точка *К* лежит на грани *1S2* и задана горизонтальной проекцией K_1 (рис. 275). Требуется построить фронтальную K_2 и профильную K_3 проекции точки *К*. Грань является плоскостью общего положения. Мы знаем, что точка принадлежит плоскости, если она лежит на прямой, принадлежащей этой плоскости. Чтобы построить профильную проекцию точки *К*, через горизонтальную проекцию K_1 проведём вспомогательную прямую S_1K_1 до пересечения с основанием пирамиды и на ребре основания $1_1 2_1$ отметим точку a_1. Из точки a_1 проведём линию связи, перпендикулярную оси *y*, до пересечения с отрезком $1_3 2_3$ отметим точку a_3. Соединим точки a_3 и S_3, получим отрезок прямой, на котором должна лежать профильная проекция точки К. Из точки K_1 проведём линию связи, перпендикулярную оси *y*, до пересечения с отрезком a_3S_3 и отметим точку K_3 - профильную проекцию точки *К*. Точка K_3 видимая, так как лежит на грани пирамиды. В данном примере все грани пирамиды на профильной проекции являются видимыми.

Фронтальную проекцию K_2 точки *К* находим по двум известным проекциям K_1 и K_3, проведя из них линии связи, перпендикулярные осям *x* и *z*. На пересечении линий связи отметим точку K_3 - профильную проекцию точки *К*. Проекция К невидимая, так как лежит на грани *1S2,* которая на фронтальной плоскости является невидимой.

На рис. 276 приведена структурно-логическая схема темы «Геометрические тел (многогранники)».

Рассмотрим сечение многогранников плоскостью. Чтобы выполнить построения сечения любого геометрического тела плоскостью, надо уметь находить точку пересечения прямой с проецирующей плоскостью.

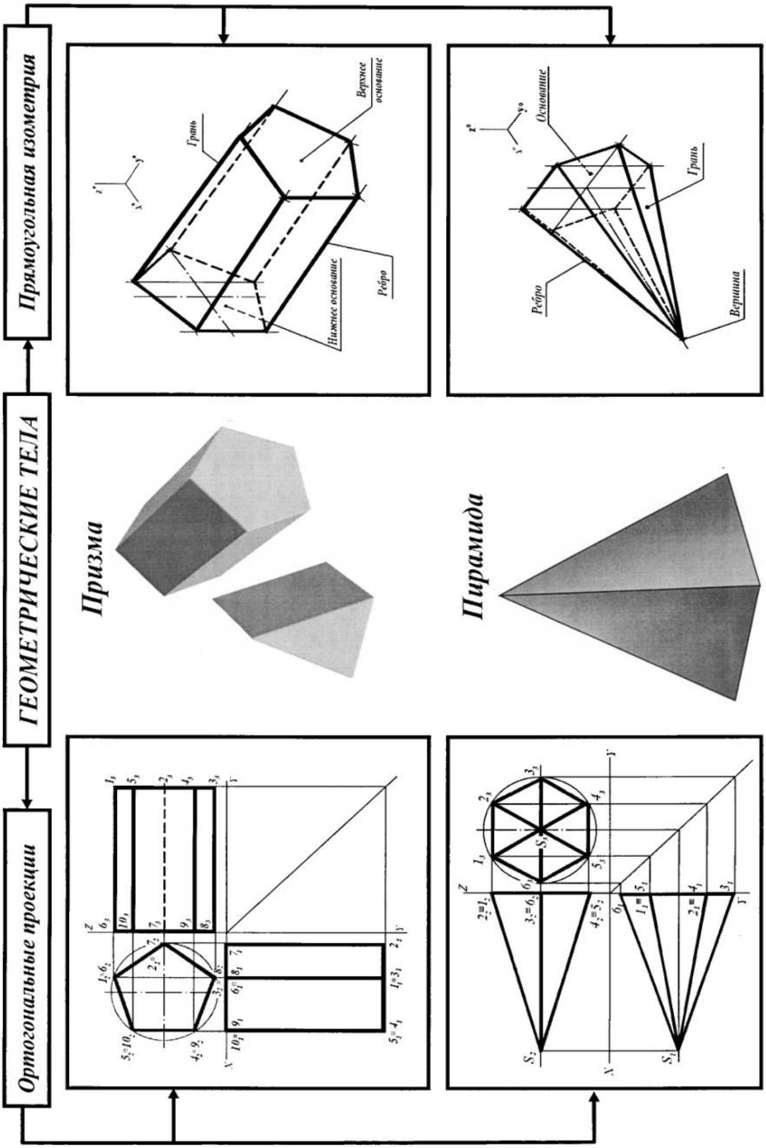


Рис. 276. Структурно-логическая схема темы «Геометрические тела (многогранники)».

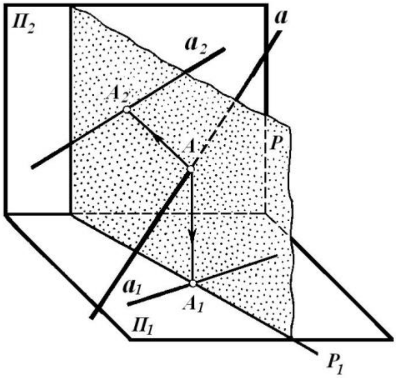


Рис.277.

На рис. 277 дана прямая *a*, которая пересекает горизонтально проецирующую плоскость *P.* Точка *A* – точка пересечения прямой *a* с плоскостью *P.*

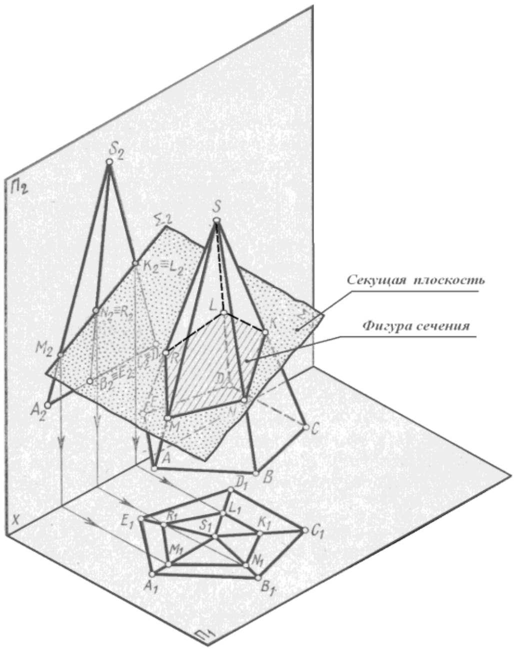


Рис. 278.

Плоскость P перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций и проецируется на неё в прямую линию (P_1). Горизонтальные проекции всех фигур, принадлежащих плоскости P, будут лежать на её горизонтальной проекции. Поэтому горизонтальная проекция A_1 точки A лежит на горизонтальной проекции P_1 плоскости P и горизонтальной проекции a_1 прямой a. Фронтальная проекция A_2 точки A лежит на фронтальной проекции a_2 прямой a.

Таким образом, *чтобы найти точку пересечения прямой линии и проецирующей плоскости, необходимо на проекции плоскости, которая проецируется в линию, отметить проекцию точки пересечения прямой и плоскости, а затем, проведя линии связи, найти другие проекции этой точки.* Например, на рис. 278 показано сечение прямой правильной пятиугольной пирамиды секущей фронтально проецирующей плоскостью Σ. Фигурой сечения является пятиугольник $MRLKN$. Стороны пятиугольника – линии пересечения граней пирамиды с секущей плоскостью. Вершины пятиугольника – точки пересечения рёбер пирамиды с секущей плоскостью.

Рассмотрим примеры сечения призмы плоскостью. При пересечении призмы плоскостью могут получаться различные фигуры (рис. 279): многоугольник, параллельный и равный основанию, если секущая плоскость параллельна основанию; прямоугольник, если секущая плоскость параллельна боковым рёбрам призмы; многоугольник, не равный основанию, если секущая плоскость наклонена к рёбрам призмы.

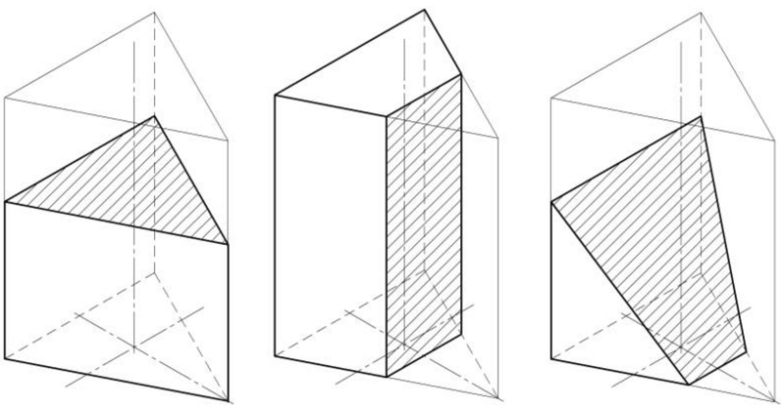


Рис.279.

Начнём построение фигуры сечения (сечения) прямой правильной пятиугольной призмы с основанием *ABCDE* фронтально проецирующей плоскостью Σ (рис.280).

Пусть заданы три ортогональные проекции прямой правильной пятиугольной призмы и фронтальная проекция секущей плоскости *P*, которая перпендикулярна плоскости $П_2$.

Пусть заданы три ортогональные проекции прямой правильной пятиугольной призмы и фронтальная проекция секущей плоскости *P*, которая перпендикулярна плоскости $П_2$.

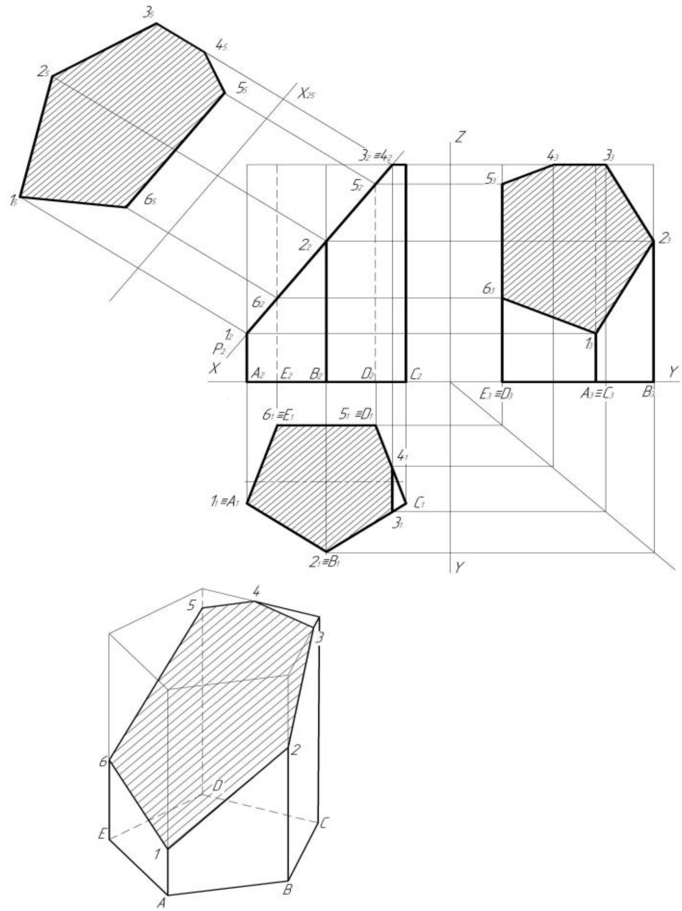


Рис. 280.

На фронтальной проекции видно, что секущая плоскость пересекает четыре ребра призмы (*A*1, *E*6, *B*2, *D*5) и её верхнее основание. Обозначим фронтальные проекции точек пересечения плоскости *P* с рёбрами призмы точками 1_2, 2_2, 5_2, 6_2, а фронтальные проекции точек пересечения плоскости *P* с верхним основанием - 3_2 и 4_2, которые совпадают. Таким образом, фронтальная проекция сечения – это отрезок 1_23_2.

Для построения фигуры сечения на горизонтальной плоскости проекций определим горизонтальные проекции точек 1, 2, 5, 6, которые будут совпадать с горизонтальными проекциями соответствующих рёбер. Проведя линии связи от точек 3_2 и 4_2 до горизонтальной проекции рёбер верхнего основания призмы, определим горизонтальные проекции этих точек - 3_1 и 4_1. Соединив точки 3_1 и 4_1 прямой линией, получим шестиугольник $1_12_13_14_15_16_1$ – горизонтальную проекцию сечения.

Профильные проекции 1_3, 2_3, 5_3, 6_3 точек 1, 2, 5, и 6 можно определить, проведя линии связи через точки 1_2, 2_2, 5_2, 6_2 до пресечения с профильными проекциями соответствующих рёбер. Проекции 3_3 и 4_3 определяем по двум известным проекциям этих точек. Соединим точки 1_3, 2_3, 3_3, 4_3, 5_3, 6_3 прямыми линиями и получим профильную проекцию сечения.

На чертеже отсеченные части призмы показывают сплошными тонкими линиями и выполняют штриховку фигур сечения. Штриховку выполняют параллельными прямыми сплошными тонкими линиями под углом 45^0 к линиям контура или к осевой линии. Расстояние между линиями штриховки от 1 до 2,5 мм. Линии штриховки можно наносить на чертеже с наклоном вправо или влево, но обязательно в одну и ту же сторону на всех проекциях.

Фигура сечения ни на одну плоскость не проецируется в натуральную величину. Чтобы определить натуральную величину сечения, применим способ замены плоскостей проекций [3, с.33].

Аналогично выполняется построение сечения пирамиды проецирующей плоскостью. При пересечении пирамиды проецирующей плоскостью также могут получиться различные фигуры (рис.281): многоугольник, подобный основанию, если секущая плоскость параллельна основанию пирамиды; треугольник, если секущая плоскость проходит через вершину пирамиды; многоугольник не подобный основанию, если секущая плоскость наклонена к основанию.

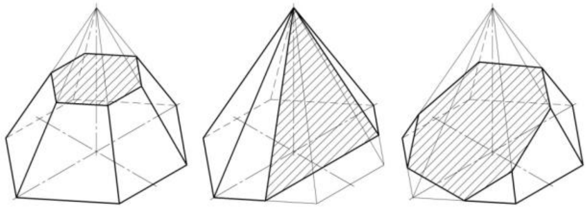


Рис.281.

На рис. 282 даны ортогональные проекции прямой правильной треугольной пирамиды *SABC* и фронтальная проекция секущей фронтально проецирующей плоскости *P*.

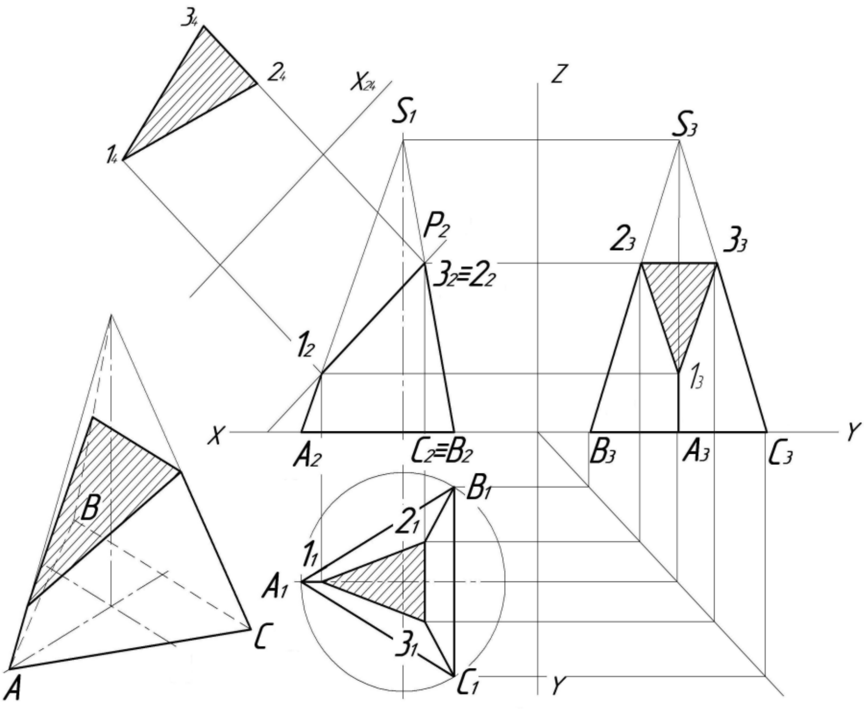


Рис. 282.

По фронтальной проекции видно, что плоскость пересекает три боковых ребра пирамиды. Обозначим фронтальные проекции точек пересечения секущей плоскости с рёбрами 1_2, 2_2, 3_2. Фронтальная проекция сечения – отрезок $1_2 3_2$.

Для построения горизонтальной проекции сечения проведём линии связи от точек 1_2, 2_2, 3_2 до пересечения с горизонтальными проекциями соответствующих рёбер. Точки пересечения обозначим 1_1, 2_1, 3_1, соединим эти точки прямыми линиями и получим горизонтальную проекцию сечения.

Профильную проекцию сечения определим, если построим профильные проекции точек (1_3, 2_3, 3_3) и соединим их между собой.

Способом замены плоскостей определим натуральную величину сечения.

На рис. 283 показано построение сечения прямой правильной шестиугольной пирамиды горизонтально проецирующей плоскостью.

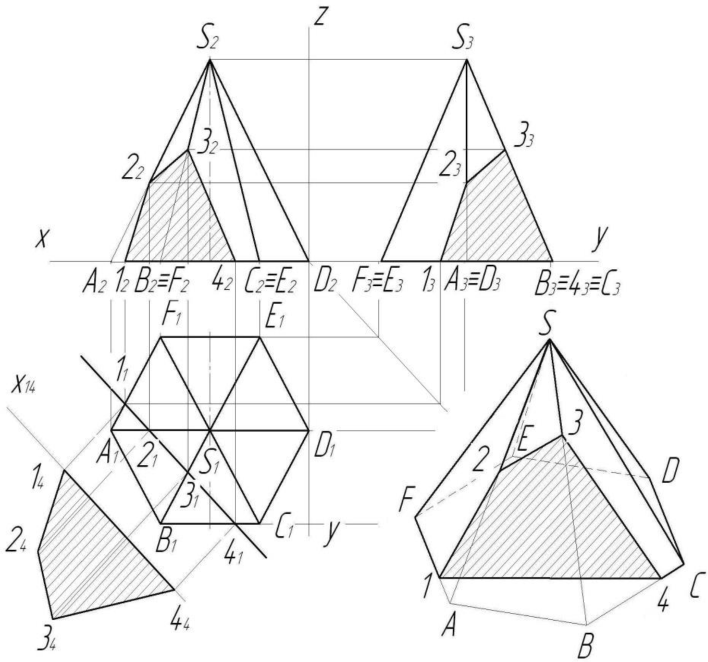


Рис. 283.

Перейдем и рассмотрению криволинейных тел или тел вращения. Криволинейные тела, ограниченные кривыми поверхностями, отличаются большим разнообразием. Ограничимся изучением только некоторых тел вращения.

На рис. 284 представлены простейшие тела вращения и показаны их элементы.

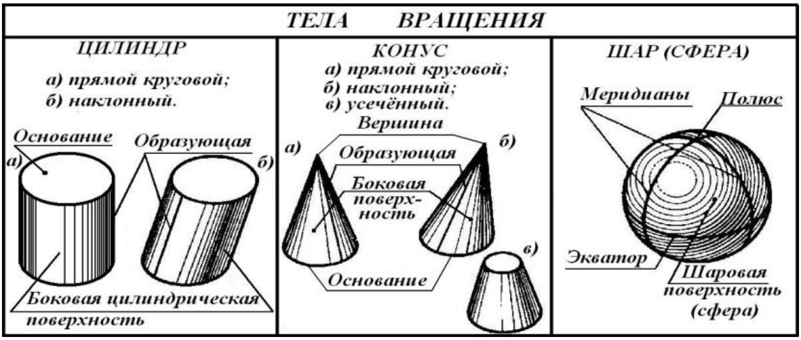


Рис. 284.

Цили́ндр - э́то геометри́ческое те́ло, ограни́ченное за́мкнутой цилиндри́ческой пове́рхностью и двумя́ пересека́ющими её взаи́мно паралле́льными плоскостя́ми, кото́рые не паралле́льны образу́ющей. Если основания цилиндра – круги, а прямые линии, проведенные по боковой поверхности цилиндра параллельно его оси (образующие), перпендикулярны основаниям, то цилиндр называется прямым круговым (рис. 284, 285).

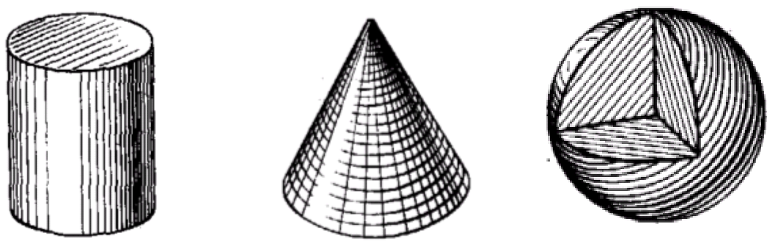


Рис.285.

Ко́нус – это геометри́ческое те́ло, ограни́ченное за́мкнутой кони́ческой пове́рхностью, кото́рая не прохо́дит че́рез верши́ну кони́ческой пове́рхности. Если основанием конуса является круг, а высота проходит через центр основания, то конус называется прямым круговым. Боковая поверхность прямого кругового конуса образована вращением образующей вокруг оси конуса. Образующая пересекается с осью вращения в точке, которая называется вершиной конуса (рис. 284, 285).

Шар – это геометри́ческое те́ло, ограни́ченное сфе́рой. Все точки сферы находятся на одинаковом расстоянии от одной точки, которая называется центром сферы (шара). Шар – это тело, ограниченное только поверхностью вращения. Поверхность шара образована вращением окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности и проходящей через ее центр. На поверхности шара есть: параллели, меридианы, полюсы. Параллель – это окружность, параллельная горизонтальной плоскости проекций. Самая большая параллель – экватор. Меридиан – это окружность, которая лежит в плоскости, проходящей через вертикальный диаметр сферы. Из множества меридианов выделяют: главный (фронтальный) и профильный меридианы. Они параллельны соответственно фронтальной и профильной плоскостям проекций. Верхняя и нижняя точки вертикального диаметра называются полюсами (рис. 284,285).

Рассмотрим построение ортогональных проекций тел вращения. На рис. 286 показаны ортогональные проекции прямого кругового цилиндра, ось которого перпендикулярна фронтальной плоскости проекций, а нижнее основание расположено на ней. Такой цилиндр на фронтальную плоскость проецируется в виде круга. Этот круг – фронтальная проекция двух оснований, которые на данную плоскость проецируются в натуральную величину. На фронтальной плоскости видимым будет верхнее основание ($1_2 2_2 3_2 4_2$), а нижнее основание ($5_2 6_2 7_2 8_2$) – невидимым.

Боковая поверхность цилиндра перпендикулярна фронтальной плоскости, поэтому её фронтальная проекция – окружность.

Горизонтальная и профильная проекции прямого кругового цилиндра представляют собой равные прямоугольники.

Прямоугольник $2_1 4_1 6_1 8_1$ – горизонтальная проекция боковой поверхности цилиндра. Отрезок $2_1 4_1$ – проекция верхнего основания 1234, отрезок $6_1 8_1$ – проекция нижнего основания 5678.

Прямоугольник $1_3 3_3 5_3 7_3$ – профильная проекция боковой поверхности цилиндра. Отрезок $1_3 3_3$ – проекция верхнего основания. Отрезок $5_3 7_3$ – проекция нижнего основания.

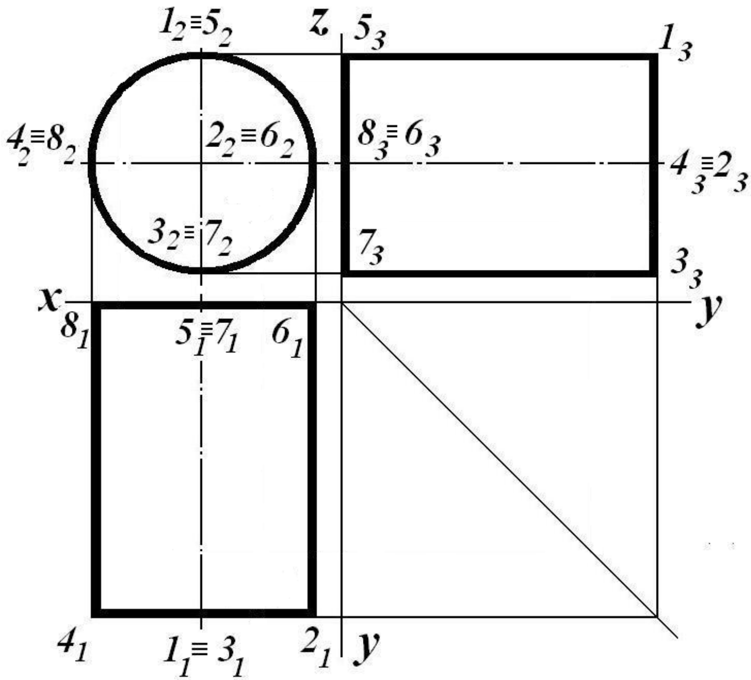


Рис.286.

Образующие цилиндра – это отрезки параллельные горизонтальной и профильной плоскостям проекций, поэтому они проецируются на них в натуральную величину. На ортогональных проекциях прямого кругового цилиндра показывают только проекции очерковых (крайних) образующих - $2_1 6_1$ и $4_1 8_1$ на горизонтальной проекции, $1_3 5_3$ и $3_3 7_3$ – на профильной. Горизонтальные проекции образующих 15 и 37 совпадают с осью симметрии данной проекции цилиндра. Аналогично, профильные проекции образующих 26 и 48 также совпадают с осью симметрии проекции цилиндра. Очерковые образующие (отрезки 26 и 48) относительно горизонтальной плоскости делят цилиндр на две половины: видимую (124568) и невидимую (234678) при взгляде сверху. Очерковые образующие относительно профильной плоскости (отрезки 15 и 37) также делят цилиндр на две половины: видимую

(134578) и невидимую (123567) при взгляде слева. Это следует учитывать при определении видимости точек и линий на поверхности тел вращения.

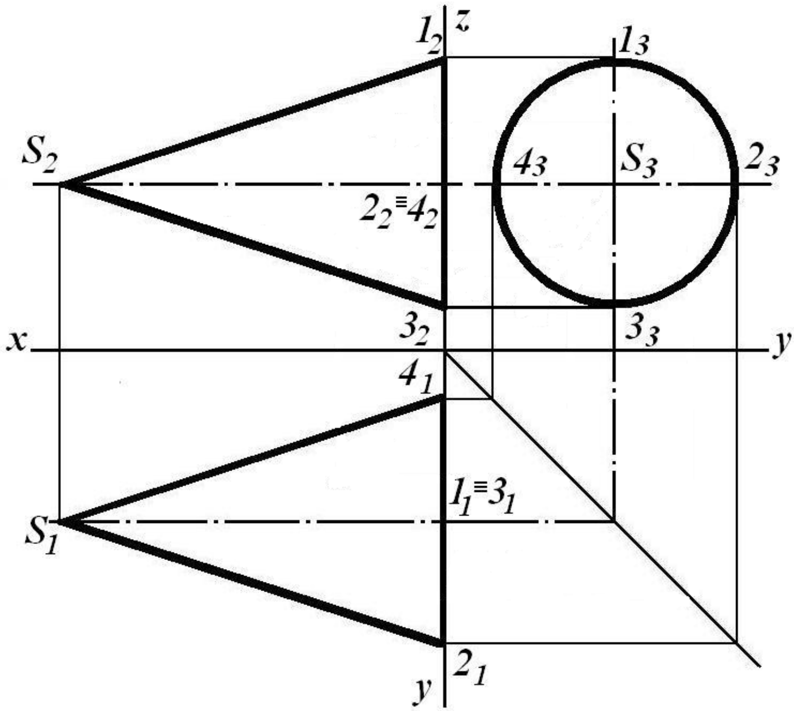


Рис.287.

Основание прямого кругового конуса, который показан на рис. 287, расположено на профильной плоскости проекций. На данную плоскость конус проецируется в круг, который является профильной проекцией боковой поверхности конуса и его основания. Основание конуса проецируется на профильную плоскость в натуральную величину. Вершина на эту плоскость проецируется в точку S_3, которая совпадает с центром круга, так как конус прямой. Проекции образующих конуса *1S, 2S, 3S, 4S* на профильной плоскости совпадают с осями круга, параллельными осям *y* и *z*. На плоскости $П_3$ вершина и боковая поверхность конуса являются видимыми, основание – невидимым.

Фронтальная и горизонтальная проекции данного конуса — одинаковые равнобедренные треугольники, которые являются соответствующими проекциями боковой поверхности конуса. Очерковые образующие конуса *1S и 3S* проецируются на плоскость $П_2$ в натуральную величину, так как параллельны данной плоскости проекций, а *2S и 4S* совпадают с осью симметрии конуса. Аналогично, образующие *2S и 4S* проецируются в натуральную величину на плоскость $П_1$, а образующие *1S и 3S* совпадают на этой плоскости с осью симметрии конуса. Вершина проецируется соответственно в точки S_2 и S_1. Отрезок $1_2 3_2$ – фронтальная проекция основания, отрезок $4_1 2_1$ – его горизонтальная проекция.

Очерковые образующие (*S1* и *S3)* относительно фронтальной плоскости проекций делят конус на две части: видимую (*S123*) и невидимую (*S1*34) при взгляде справа. Очерковые образующие (*S2* и *S4)* относительно профильной плоскости также делят конус на две половины: видимую (*S*124) и невидимую (234) при взгляде сверху.

На рис. 288 изображены ортогональные проекции шара — это круги, которые имеют один размер, равный диаметру шара. Буквами *A, B, C, D, E* и *F* обозначены характерные точки шара.

Экватор проецируется на горизонтальную плоскость в окружность $C_1D_1E_1F_1$. На плоскость $П_2$ он проецируется в отрезок $C_2 D_2$, а на $П_3$ – в отрезок E_3F_3. Оба отрезка равны диаметру шара. Экватор делит поверхность шара на две равные части: верхнюю (видимую) *ACDEF* и нижнюю (невидимую) *BCDEF* при взгляде сверху.

Главный (фронтальный) меридиан проецируется на фронтальную плоскость в окружность $A_2B_2C_2D_2$. На плоскость $П_1$ он проецируется в отрезок C_1D_1, на плоскость $П_3$ – в отрезок A_3B_3, которые равны диаметру шара. Главный меридиан делит поверхность шара на переднюю (видимую) *ABCDF* и заднюю (невидимую) *ABCDE* части при взгляде спереди.

Профильный меридиан проецируется в окружность $A_3B_3E_3F_3$ на профильную плоскость проекций. На плоскость $П_1$ он проецируется в отрезок E_1F_1, на $П_2$ – в отрезок A_2B_2. Профильный меридиан делит поверхность шара также на две равные части правую (невидимую) *ABCEF* и левую (видимую) *ABDEF* при взгляде слева.

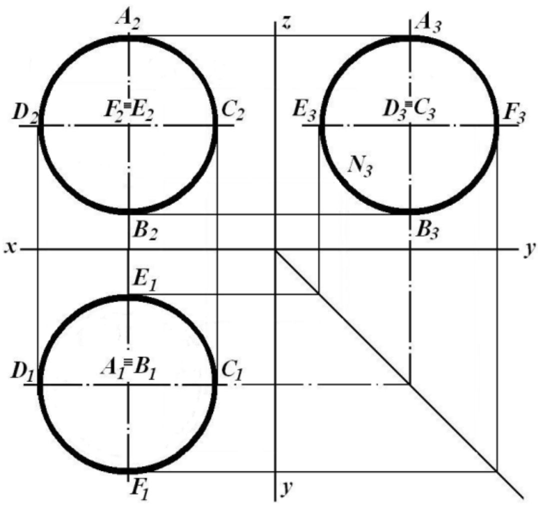


Рис. 288.

Построение аксонометрии прямого кругового цилиндра (рис.289) сводиться к построению аксонометрических проекций его оснований.

На рис.286 даны ортогональные проекции прямого кругового цилиндра, нижнее основание которого лежит в плоскости $П_2$.

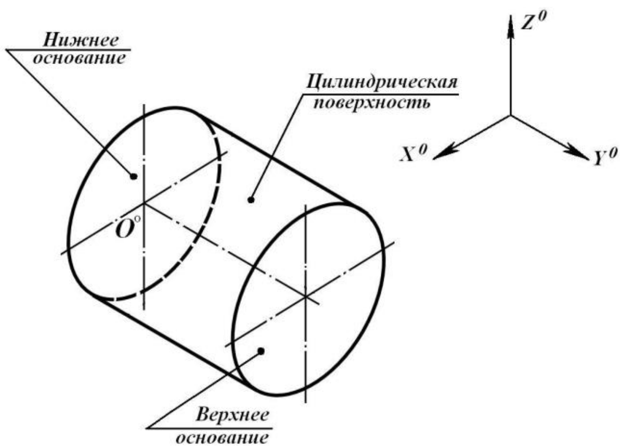


Рис. 289.

В произвольной точке O^0 проводим аксонометрические оси и строим овал – нижнее основание цилиндра, как показано на рис. 290.

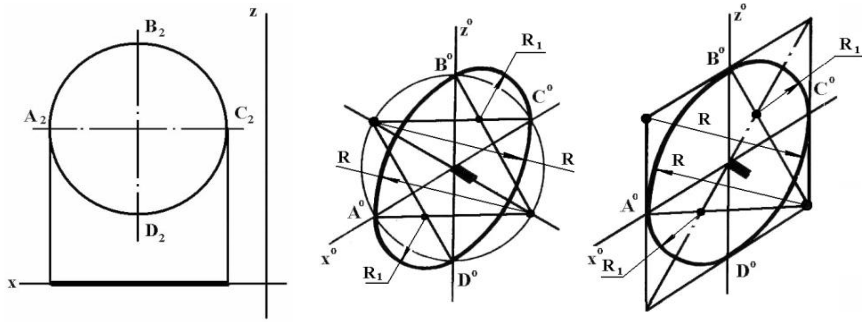


Рис.290.

От точки O^0 параллельно аксонометрической оси Y^0 откладывает высоту цилиндра, проводим аксонометрические оси и строим второй овал – верхнее основание цилиндра.

Соединяем овалы параллельными касательными, видимый контур цилиндра обводим сплошной основной линией, невидимый - штриховой.

Для построения аксонометрии прямого кругового конуса (рис. 291) необходимо построить его основание и вершину.

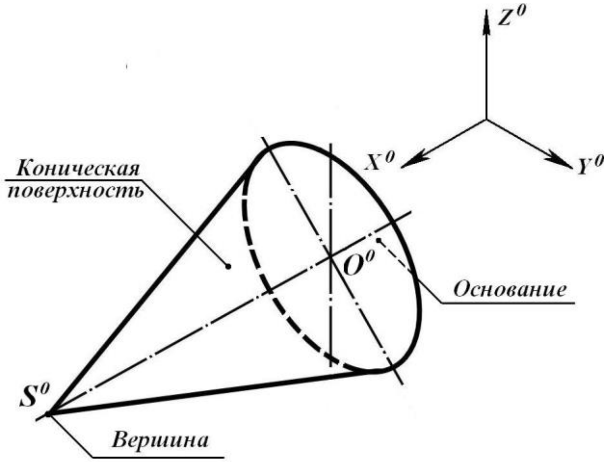


Рис. 291.

На рис. 287 даны ортогональные проекции прямого кругового конуса, основание которого лежит в плоскости $П_3$.

Из произвольной точки O^0 проводим аксонометрические оси и строим овал – основание конуса, как показано на рис. 292.

От точки O^0 параллельно аксонометрической оси X^0 откладывает высоту конуса и отмечаем точку S^0 – вершину конуса.

Через точку S^0 проводим касательные к овалу, видимый контур конуса обводим сплошной основной линией, невидимый - штриховой.

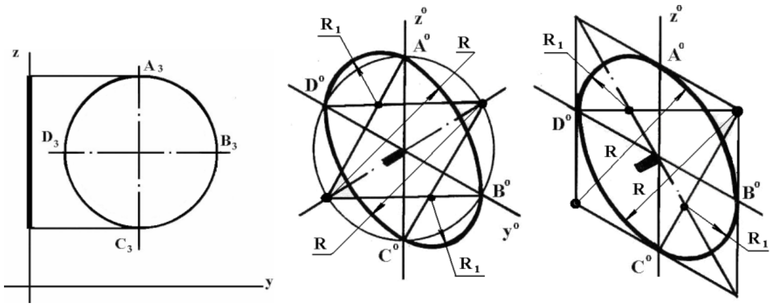


Рис.292.

Шар в прямоугольной изометрии – круг, диаметр которого равен 1,22 $D_{шара}$, где $D_{шара}$ - диаметр шара. Кроме круга строят изометрию экватора, фронтального и профильного меридиана (рис. 293).

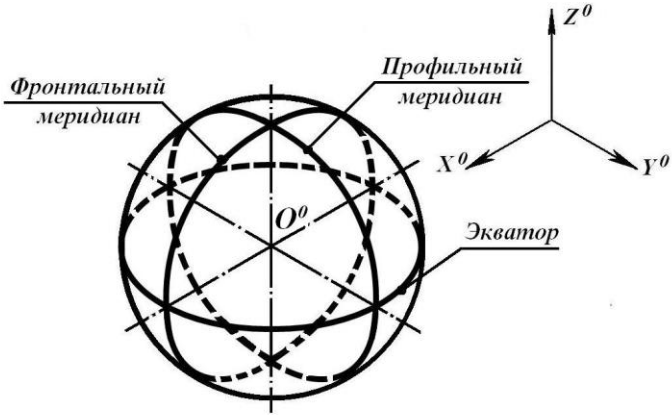


Рис. 293.

На рис. 288 показаны ортогональные проекции шара. В произвольной точке O^0 проводим аксонометрические оси и строим прямоугольную изометрию экватора, как показано на рис. 34.

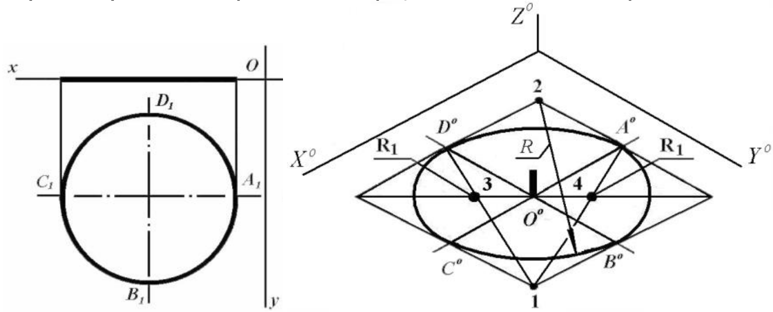


Рис. 294.

Строим прямоугольную изометрию фронтального меридиана (рис. 290). Строим прямоугольную изометрию профильного меридиана (рис. 292). С центром в точке O^0 проводим окружность, касательную к трём овалам – *очерко́вую окру́жность ша́ра*.

Очерковую окружность, видимые части экватора, фронтального и профильного меридианов обводим сплошной основной линией, невидимые части экватора и меридианов – штриховой.

Положение точек и линий на поверхности тел вращения может быть различным.

На рис. 295 дана горизонтальная проекция A_1 точки A. Известно, что точка A лежит на видимой верхней части цилиндра, поэтому проекция A_1 изображена видимой. Найдём фронтальную и профильную проекции точки A.

Боковая поверхность цилиндра на фронтальную плоскость проецируется в окружность. Следовательно, фронтальные проекции всех точек, лежащих на боковой поверхности цилиндра, будут лежать на этой окружности. Из точки A_1 проведём линию связи, перпендикулярно оси x, до пересечения с верхней полуокружностью и отметим точку A_2 – невидимую фронтальную проекцию точки A. Профильную проекцию A_3 найдём по двум известным проекциям. На плоскости $П_3$ точка A изображается видимой.

На том же рисунке дана фронтальная проекция D_2 точки D. Известно, что точка D лежит на верхнем основании, поэтому проекция D_2 изображена видимой. Верхнее основание цилиндра на горизонтальную плоскость проецируется в отрезок $4_1 2_1$, параллельный оси *x.* Из точки D_2 проведём линию связи, перпендикулярную оси x, до пересечения с отрезком 4_12_1 и отметим точку D_1 – горизонтальную проекцию точки *D*.

На профильную плоскость проекций верхнее основание проецируется в отрезок 1_33_3, параллельный оси *z*. Из точки D_2 проведём линию связи, перпендикулярную оси *z,* до пересечения с отрезком 1_33_3 и отметим точку D_3 – профильную проекцию точки *D*. Проекции D_1 и D_3 будут невидимыми.

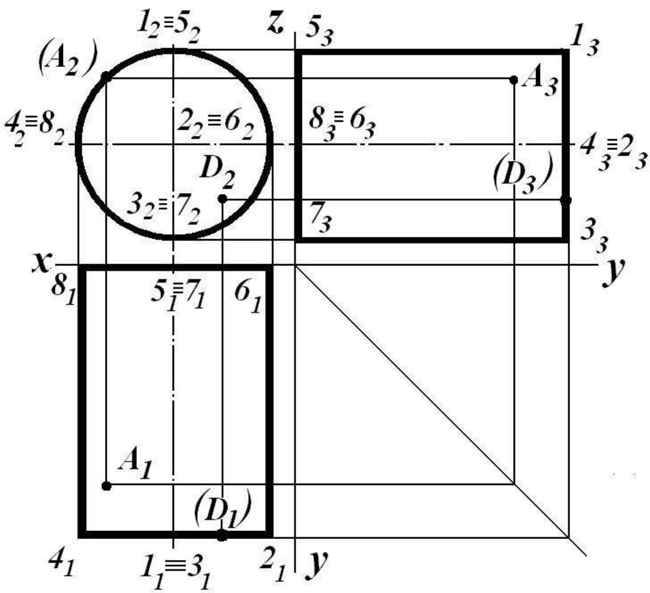


Рис. 295.

Пусть на поверхности конуса (рис.296) расположены точки К и L, при этом известны их профильные проекции K_3 и L_3. Точка *K* лежит на боковой поверхности конуса. Чтобы построить фронтальную проекцию K_2 точки *K*, через точку *K* проведём образующую *Sa*. Через точку K_3 проведём отрезок S_3a_3 и найдём фронтальную проекцию a_2 точки *a*. Соединим точки S_2 и a_2. Из точки K_3 проведём линию до пересечения с отрезком S_2a_2 и отметим точку K_2 – фронтальную проекцию точки *K*. Горизонтальную проекцию K_1 точки К найдём по двум известным проекциям. Проекции K_1 и K_2 изображаются невидимыми.

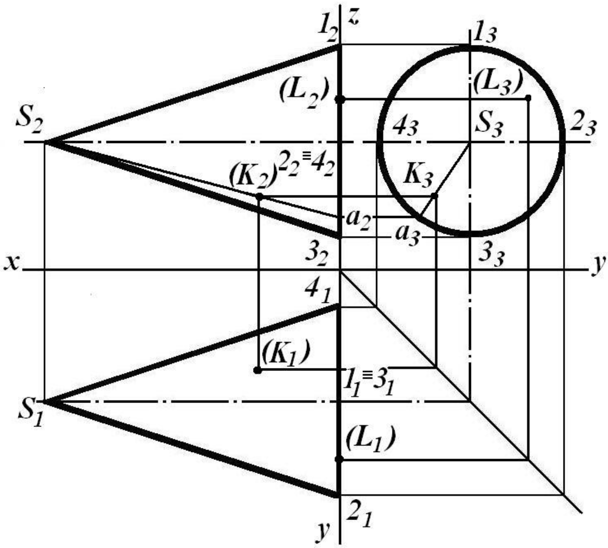


Рис. 296.

Точка *L* лежит на основании конуса, которое проецируется на фронтальную плоскость в отрезок $1_2 3_2$, параллельный оси *z*. Из точки L_3 проведём линию связи, перпендикулярную оси *z*, до пересечения с отрезком $1_2 3_2$ и отметим точку L_2 – фронтальную проекцию точки *L*.

На горизонтальную проекцию основание конуса проецируется в отрезок $4_1 2_1$, параллельный оси *y*. Из точки L_3 проведём линию связи, перпендикулярную оси *y*, до пересечения с отрезком $4_1 2_1$ и отметим точку L_1 – горизонтальную проекцию точки *L*.

Проекции L_1 и L_2 изображаются невидимыми.

Для определения положения проекций точек, расположенных на поверхности шара, используют секущие плоскости, параллельные плоскостям проекций.

Например, на рис. 297 дана фронтальная проекция P_2 точки *P*, которая лежит на шаре. Чтобы определить горизонтальную проекцию P_1 этой точки, через точку *P* проведём плоскость, параллельную плоскости $П_1$. Эта плоскость пересечёт шар по окружности, диаметр которой равен длине отрезка $1_2 2_2$. Строим горизонтальную проекцию этой окружности.

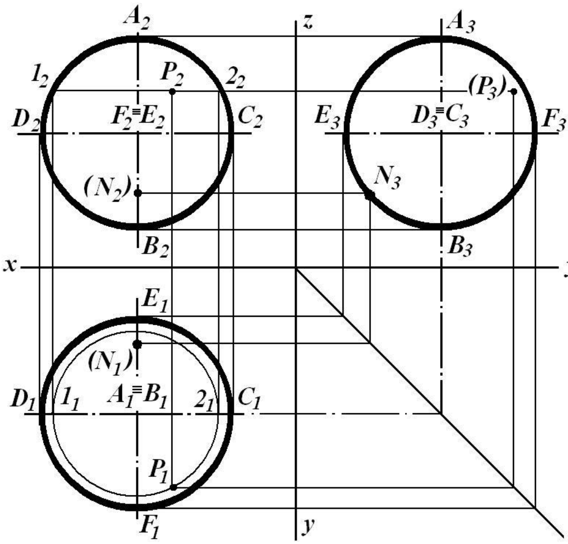


Рис. 297.

Для этого с центром в точке A_1 начертим окружность, радиус которой равен половине отрезка $1_2 2_2$ и отметим точки 1_1 и 2_1. Из точки P_2 проведём линию связи, перпендикулярную оси x, до пересечения с окружность 1_1 - 2_1 и отметим точку P_1 – горизонтальную проекцию точки P. Профильную проекцию P_3 точки P найдём по двум известным проекциям. Проекция P_1 изображается видимой, P_3 – невидимой.

На этом же рисунке дана профильная проекция N_3 точки N, которая лежит на профильном меридиане. Профильный меридиан на фронтальную плоскость проецируется в отрезок A_2B_2, который параллелен оси z. Из точки N_3 проведём линию связи, перпендикулярную оси z, до пересечения с отрезком A_2B_2 и отметим точку N_2 - фронтальную проекцию точки N. На горизонтальную плоскость профильный меридиан проецируется в отрезок E_1F_1, параллельный оси y. Из точки N_3 проведём линию связи, перпендикулярную оси y, до пересечения с отрезком E_1F_1 и отметим точку N_1 - горизонтальную проекцию точки N.

Проекции N_1 и N_2 изображаются невидимыми.

Структурно-логическая схема темы «Геометрические тела (тела вращения)» приведена на рис. 298.

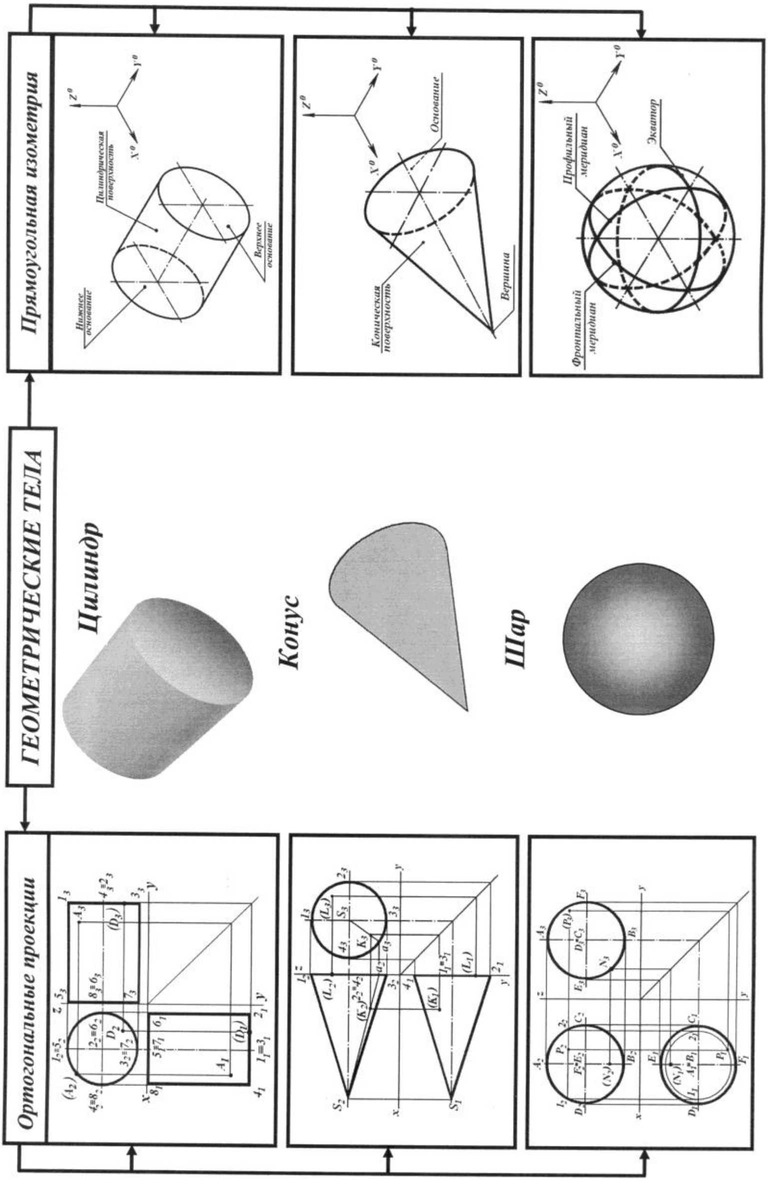


Рис. 298. Структурно-логическая схема темы «Геометрические тела (тела вращения)»

Рассмотрим сечение тел вращения плоскостью. При пересечении прямого кругового цилиндра плоскостью могут быть получены следующие фигуры (рис. 299): круг, если плоскость параллельна основанию цилиндра; прямоугольник, если плоскость параллельна оси цилиндра; фигура, ограниченная эллипсом или частью эллипса и прямой, если плоскость наклонена к оси цилиндра.

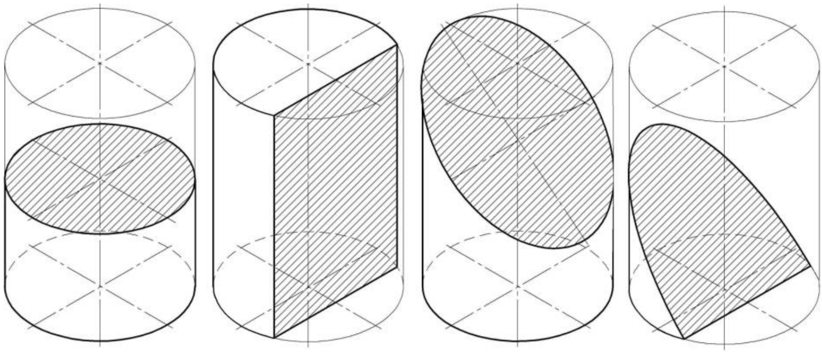


Рис. 299.

На рис. 300 даны три проекции прямого кругового цилиндра с основанием *ABCD* и фронтальная проекция секущей плоскости *Σ*. Плоскость *Σ* перпендикулярна плоскости $П_2$. По фронтальной проекции плоскости видно, что она наклонена к оси цилиндра, поэтому сечением цилиндра является фигура, ограниченная эллипсом. Отметим точки пересечения плоскости *Σ* с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости $П_2$. Это точки 1 и 7. Затем отметим точки пересечения плоскости *Σ* с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости $П_3$. Это точки 4 и *10.* Кроме очерковых образующих проведем несколько произвольных образующих цилиндра и отметим точки их пересечения с плоскостью *Σ*. Это точки 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11 и 12. Соединив эти точки плавной кривой, получим эллипс.

Рассматривая наглядное изображение сечения цилиндра на рис. 300, можно видеть, что большая ось цилиндра - это отрезок 1-7; малая ось эллипса – отрезок 4-10*.*

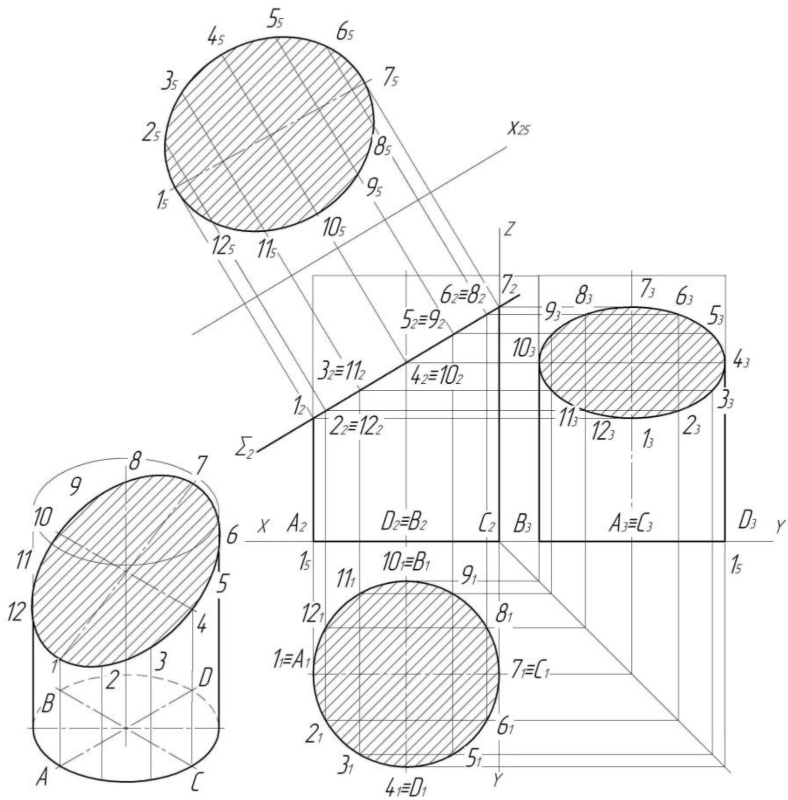


Рис. 300. Сечение прямого кругового цилиндра плоскостью.

Горизонтальная проекция сечения совпадает с горизонтальной проекцией цилиндра и представляет собой круг.

Профильная проекция сечения - фигура, ограниченная эллипсом. Проекции 1_3, 2_3 ..., 12_3 найдены по двум известным проекциям.

Большая ось эллипса 1-7 проецируется в натуральную величину на плоскость $П_2$ (1_2-7_2). Малая ось эллипса 4-10 проецируется в натуральную величину на плоскость $П_1$ (4_1-10_1) и на плоскость $П_3$ (4_3-10_3).

Натуральная величина фигуры сечения на рис. 301 найдена в результате замены горизонтальной плоскости проекций плоскостью $П_5$. Дополнительная плоскость $П_5$, параллельна секущей плоскости и перпендикулярна плоскости $П_2$.

При пересечении прямого кругового конуса плоскостью могут быть, получены следующие фигуры (рис.301): круг, если плоскость параллельна основанию; треугольник, если плоскость проходит через вершину конуса; фигура, ограниченная дугой параболы и отрезком прямой, если плоскость параллельна одной из образующих конуса; фигура, ограниченная дугой гиперболы и отрезком прямой, если плоскость параллельна двум образующим конуса (в частном случае, если плоскость параллельна оси конуса); фигура, ограниченная эллипсом, если плоскость пересекает все образующие конуса.

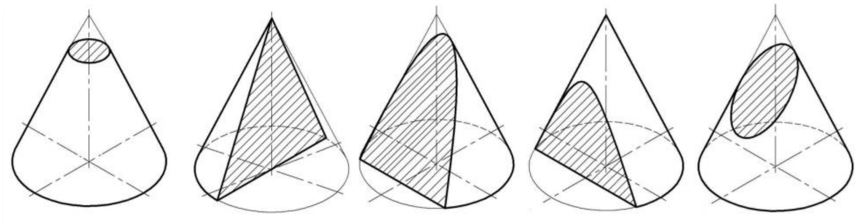


Рис. 301.

Эллипс, парабола и гипербола называются *кривы́ми кони́ческих сече́ний*. Они образуются при пересечении конической поверхности плоскостью. При пересечении конуса (тела) и плоскости образуется фигура, ограниченная кривой конического сечения. Таким образом, чтобы построить искомую линию пересечения, необходимо найти точки, общие для заданной секущей плоскости и поверхности геометрического тела.

На рис. 302 даны три проекции прямого кругового конуса *SABCD* и фронтальная проекция секущей плоскости P_2. Плоскость P перпендикулярна плоскости $П_2$. По фронтальной проекции видно, что она пересекает все образующие конуса и наклонена к его оси. Поэтому сечением является фигура, ограниченная эллипсом.

Отметим точки пересечения плоскости P с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости $П_2$. Это точки 1 и 6. Затем отметим точки пересечения плоскости P с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости $П_3$. Это точки 4 и 8. Кроме очерковых образующих проведем произвольно несколько образующих конуса и отметим точки их пересечения с плоскостью *P*. Это точки *2, 5, 7* и *10.* Соединив эти точки плавной кривой линией, получим эллипс.

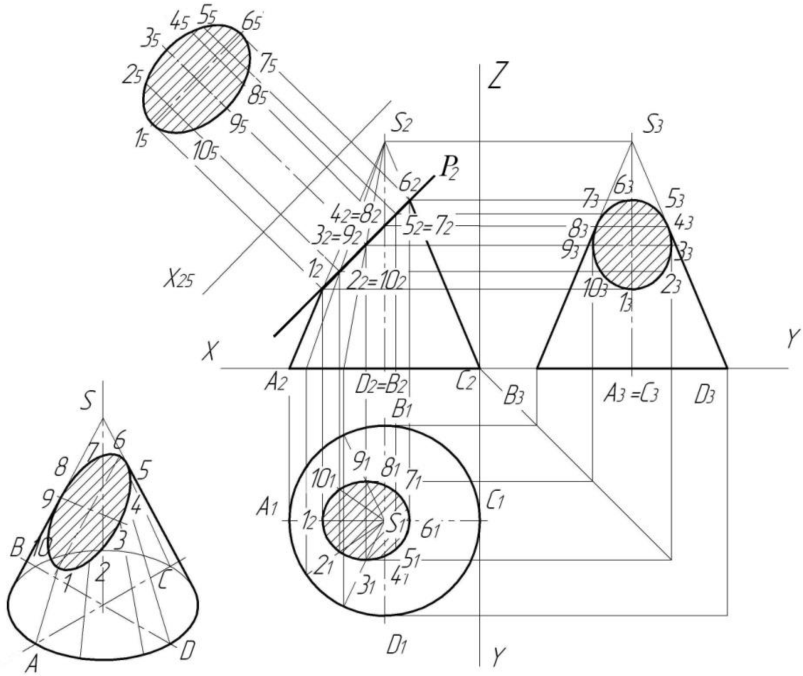


Рис. 302.

Отметим точки пересечения плоскости *P* с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости $П_2$. Это точки 1 и 6. Затем отметим точки пересечения плоскости *P* с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости $П_3$. Это точки 4 и 8. Кроме очерковых образующих проведем произвольно несколько образующих конуса и отметим точки их пересечения с плоскостью *P*. Это точки *2, 5, 7* и *10.* Соединив эти точки плавной кривой линией, получим эллипс.

Рассматривая наглядное изображение сечения конуса на рис. 303, можно видеть, что большая ось эллипса - это отрезок 1-6; малая ось эллипса должна быть перпендикулярна большой оси и делить большую ось на две равные части. Поэтому проведем перпендикуляр к отрезку 1-6 через его середину до пересечения с эллипсом и получим точки 3 и 9. Отрезок 3-9 представляет собой малую ось эллипса.

На фронтальной проекции конуса отметим проекции точек пересечения плоскости *P* с очерковыми образующими - точки 1_2, 6_2 и 4_2, 8_2. Отрезок 1_2-6_2 представляет собой натуральную величину большой оси эллипса (1-6=1_2-6_2, так как отрезок 1-6 параллелен плоскости $П_2$). Разделив отрезок 1_2-6_2 на две равные части, отметим точку 3_2 и совпадающую с ней точку 9_2 – фронтальную проекцию малой оси эллипса, которая перпендикулярна плоскости $П_2$ и проецируется на нее в точку. Затем отметим проекции точек пересечения произвольных образующих конуса, например точек 2_2, 5_2, 7_2 и 10_2. Построим горизонтальные и профильные проекции точек 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и *10,* лежащие на поверхности конуса и заданных фронтальными проекциями. Построение точек на поверхности конуса нам известно (см. рис. 296).

Соединив точки 1_1, 2_1, …, 10_1 плавной кривой линией, получим эллипс: отрезки 1_1-6_1 и 3_1-9_1 - горизонтальные проекции большой и малой осей эллипса. Фигура, ограниченная эллипсом, - горизонтальная проекция сечения конуса.

Соединив точки 1_3, 2_3, …, 10_3 плавной кривой линией, получим эллипс: отрезок 1_3-6_3 - профильная проекция большой оси эллипса: отрезок 3_3-9_3 - профильная проекция малой оси эллипса. Фигура, ограниченная этим эллипсом, - профильная проекция сечения конуса.

Большая ось эллипса 1-6 проецируется в натуральную величину на плоскость $П_2$ (1_2-6_2), малая ось эллипса 3-9 проецируется в натуральную величину на плоскость $П_1$ (3_1-9_1) и на плоскость $П_3$ (3_3-9_3).

Натуральная величина фигуры сечения на рис. 302 найдена в результате замены горизонтальной плоскости проекций плоскостью $П_5$. Дополнительная плоскость $П_5$ параллельна секущей плоскости *P* и перпендикулярна $П_2$.

При пересечении шара любой плоскостью фигурой сечения является круг (рис. 303). Если секущая плоскость параллельна какой-либо плоскости проекций, то круг проецируется на эту плоскость в натуральную величину.

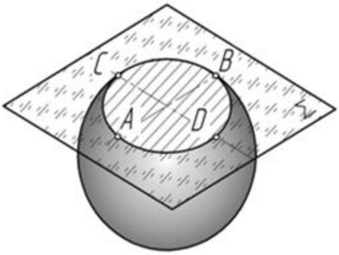


Рис. 303

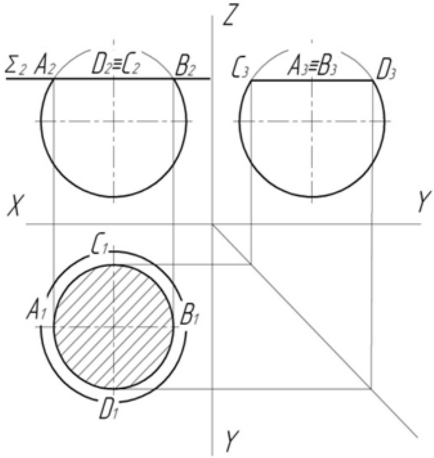


Рис. 304.

На рис. 303 и 304 шар пересечен горизонтальной плоскостью *Σ*. В сечении получается круг, который проецируется на плоскость $П_1$ в натуральную величину; на плоскости $П_2$ и $П_3$ круг проецируется в отрезки A_2B_2 и C_3D_3, которые, соответственно, параллельны осям *x* и *y*.

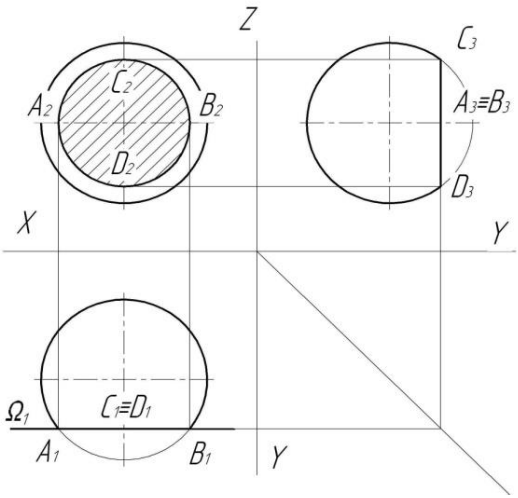


Рис. 305.

Если шар пересечен фронтальной плоскостью (плоскость *Ω* на рис. 305), в сечении получается круг, который проецируется в натуральную величину на плоскость $П_2$; если шар пересечен профильной плоскостью, в сечении получается круг, который проецируется в натуральную величину на плоскость $П_3$.

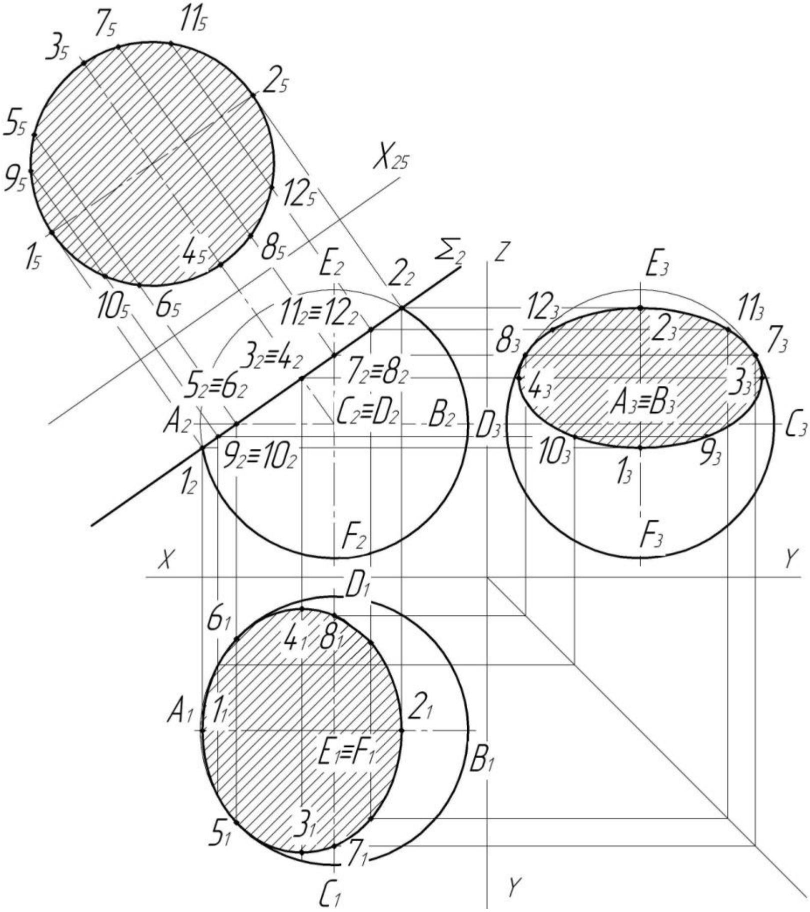


Рис. 306.

На рис. 306 даны три проекции шара и фронтальная проекция секущей плоскости *Σ*. Плоскость *Σ* перпендикулярна плоскости $П_2$, но наклонена к плоскостям $П_1$ и $П_3$. Сечением шара является круг, но на плоскости $П_1$ и $П_3$ он проецируется в фигуры, которые ограничены эллипсом.

Начнём построение проекций фигуры сечения с точек, которые являются концами взаимно перпендикулярных диаметров сечения. Один диаметр сечения перпендикулярен плоскости $П_2$ и проецируется на эту плоскость в натуральную величину. Обозначим его фронтальную проекцию цифрами 1_2 и 2_2; второй диаметр сечения перпендикулярен плоскости $П_2$ и проецируется на эту плоскость в точку. Обозначим фронтальную проекцию второго диаметра цифрами $3_2 \equiv 4_2$, (он проходит через середину диаметра 1-2). Цифрами 5_2 и 6_2 обозначим фронтальные проекции точек пересечения плоскости Σ с экватором; цифрами 7_2 и 8_2 обозначим фронтальные проекции точек пересечения плоскости Σ с профильным меридианом. Кроме характерных точек для построения горизонтальной проекции можно взять любые точки пересечения поверхности шара с плоскостью Σ (например, точки 9, 10, 11, 12). Соединив точки 1_1, 2_1, ... , 10_1 плавной кривой линией, получим эллипс. Фигура, ограниченная этим эллипсом, - горизонтальная проекция сечения.

Профильная проекция сечения шара - также фигура, ограниченная эллипсом. Начнем построение профильной проекции сечения с характерных точек: 1 и 2; 3 и 4; 5 и 6; 7 и 8, построив профильные проекции этих точек по двум известным проекциям. Соединим их плавной кривой линией и получим эллипс. Фигура ограниченная этим эллипсом, - профильная проекция фигуры сечения.

Натуральная величина сечения шара плоскостью Σ представляет собой круг диаметра 1-2 (или 3-4). Натуральная величина диаметра круга известна по фронтальной 1_2-2_2, горизонтальной 4_1-3_1 или профильной 3_3-4_3 проекциям сечения и может быть найдена без дополнительных построений.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Читайте текст, выпишите в тетрадь новые слова, запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Что называется многогранником?
2. Какие виды многогранников вы знаете?
3. Что называется призмой?

4. Что называется пирамидой?
5. Как определяется видимость рёбер многогранников?
6. Какое геометрическое тело называется телом вращения?
7. Что называется цилиндром?
8. Что называется конусом?
9. Что называется шаром?
10. Какой цилиндр называется прямым круговым?
11. Какой конус называется прямым круговым?
12. Какой порядок построения ортогональных проекций цилиндра?
13. Какой порядок построения ортогональных проекций конуса?
14. Какой порядок построения ортогональных проекций шара?
15. Как найти точку пересечения прямой с проецирующей плоскостью?
16. Какие фигуры могут получаться при пересечении плоскостью призмы?
17. Какие фигуры могут получаться при пересечении плоскостью пирамиды?
18. Какой способ используется при определении натуральной величины фигуры сечения?
19. Каков общий приём построения линии пересечения плоскости с поверхностью вращения?
20. Какие фигуры могут получаться при пересечении плоскостью цилиндра?
21. Какие фигуры могут получаться при пересечении плоскостью конуса?

Задание 3. Выполните упражнения.

1. Постройте ортогональные проекции и прямоугольную изометрию правильной прямой пятиугольной призмы, основание которой расположено параллельно горизонтальной плоскости проекций. Диаметр окружности, описанной вокруг основания, 50 мм, высота призмы 60 мм.

2. Постройте ортогональные проекции и прямоугольную изометрию треугольной правильной прямой пирамиды, основание которой параллельно фронтальной плоскости проекций. Диаметр окружности, описанной вокруг основания, 50 мм, высота пирамиды 60 мм. На поверхности построенных многогранников возьмите произвольную точку *K* и постройте её ортогональные проекции.

3. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линии пересечения фронтально проецирующей плоскости *P* с правильной треугольной прямой призмой, основание которой расположено на горизонтальной плоскости.

4. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линии пересечения фронтально проецирующей плоскости *P* с правильной пятиугольной прямой пирамидой, основание которой расположено на горизонтальной плоскости.

5. Определите натуральную величину сечений.

Положение секущей плоскости задайте самостоятельно, а геометрические тела постройте по размерам: диаметр окружности, описанной вокруг основания, 60 мм, высота - 80 мм.

6.Постройте ортогональные проекции и прямоугольную изометрию цилиндра, конуса и шара, сто́ящих на горизонтальной плоскости. Диаметры оснований цилиндра и конуса 50 мм, а высота 70 мм. Диаметр шара 60 мм. На поверхности построенных тел возьмите произвольную точку *K* и постройте её ортогональные проекции

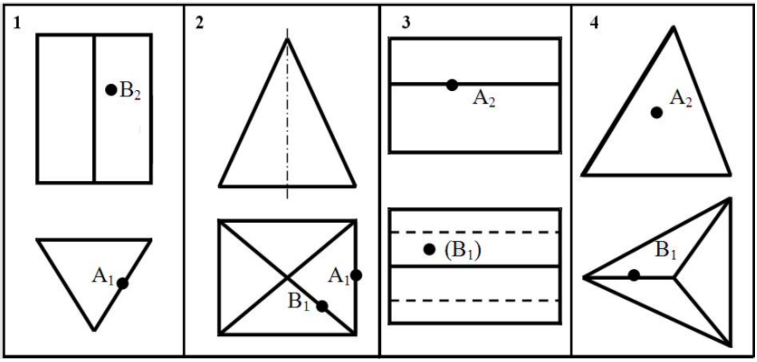
7. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линию пересечения фронтально проецирующей плоскости *P* с прямым круговым цилиндром, основание которого расположено на горизонтальной плоскости. Определите натуральную величину сечения. Положение секущей плоскости задайте самостоятельно, диаметр основания цилиндра 60 мм, высота 80 мм.

8. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линию пересечения фронтально проецирующей плоскости *P* с прямым круговым конусом, основание которого расположено на горизонтальной плоскости. Определите натуральную величину сечения. Положение секущей плоскости задайте самостоятельно, диаметр основания конуса 60 мм, высота 80 мм.

9. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линию пересечения фронтально проецирующей плоскости *P* с шаром, стоящим на горизонтальной плоскости. Определите натуральную величину сечения. Положение секущей плоскости задайте самостоятельно, диаметр шара 70 мм.

Задание 4. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.

Тест 1.



1. Точка А принадлежит фронтали на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

2. Точка В принадлежит прямой общего положения на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

3. Точка В принадлежит горизонтальной плоскости уровня на рисунке…

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

4. Точка А принадлежит горизонтально проецирующей плоскости на рисунке…

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

5. Точка А видимая на виде слева на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

6. Точка В видимая на виде слева на рисунке…

А. 1 и 2. **Б.** 2 и 3. **В.** 1 и 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

7. Точка В невидимая на виде сверху на рисунке …

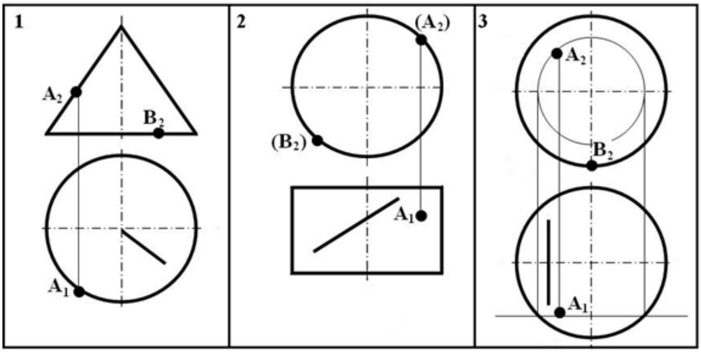
А. 1. **Б.** 1 и 2. **В.** 1 и 3. **Г.** 1 и 4. **Д.** Такого рисунка нет.

8. Точка А невидимая на виде сверху на рисунке …

А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.

Пример записи ответа: 1- Б, 2- Д и т.д.

Тест 2.



1. Заданная линия является дугой окружности на рисунке …
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.

2. Заданная линия полностью видимая на виде спереди на рисунке …
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.

3. Заданная линия полностью невидимая на виде слева на рисунке…
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.

4. Заданная линия частично видимая на виде слева на рисунке …
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.

5. Точка А невидимая на виде слева на рисунке …
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.

6.Точка А не принадлежит поверхности тела на рисунке…
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.

7. Точка В невидимая на виде сверху на рисунке…
А. 1. **Б.** 1 и 2. **В.** 2 и 3. **Г.** Такого рисунка нет.

8. Точка В невидимая на виде слева на рисунке…
А. 1. **Б.** 1 и 2. **В.** 2 и 3. **Г.** Такого рисунка нет.

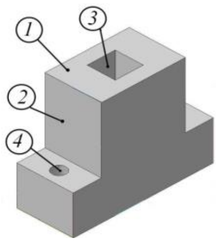
Пример записи ответа: 1- Б, 2- Д и т.д.

2.6.3. Проецирование предметов

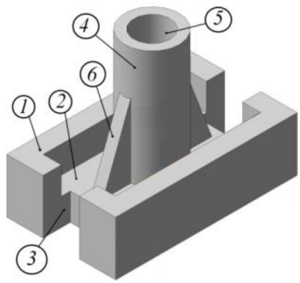
Обычно предметы или модели представляют собой комбинацию или сочетание нескольких простейших геометрических тел. Зная способы проецирования геометрических тел, можно построить ортогональные проекции модели. При этом модель необходимо мысленно расчленить на составляющие её геометрические тела, то есть сделать анализ формы модели или предмета.

Например, модель на рис. 307,*а* представляет собой прямоугольный параллелепипед *1*, в котором справа и слева сделаны два выреза в форме прямоугольных параллелепипедов *2*. В модели имеются сквозные отверстия: одно - в форме прямоугольного параллелепипеда *3* и два цилиндрических *4*.

На рис. 307,*б* изображена более сложная модель. Выделим элементы, из которых она состоит. На основании в виде прямоугольного параллелепипеда *1* с вырезами *2* и *3* расположен цилиндр *4* с отверстием цилиндрической формы *5*, к цилиндру примыкают треугольные призмы *6* в качестве рёбер жёсткости.



а)



б)

Рис. 307.

Порядок построения ортогональных проекций предметов зависит от их формы. Для одних предметов определяют общую геометрическую форму, то есть форму заготовки, из которой предмет может быть сделан, а затем строят отдельные его элементы. Для других предметов определяют, из каких простейших геометрических тел состоит предмет, а затем последовательно строят проекции этих тел. Рассмотрим порядок построения ортогональных проекций предметов на примерах.

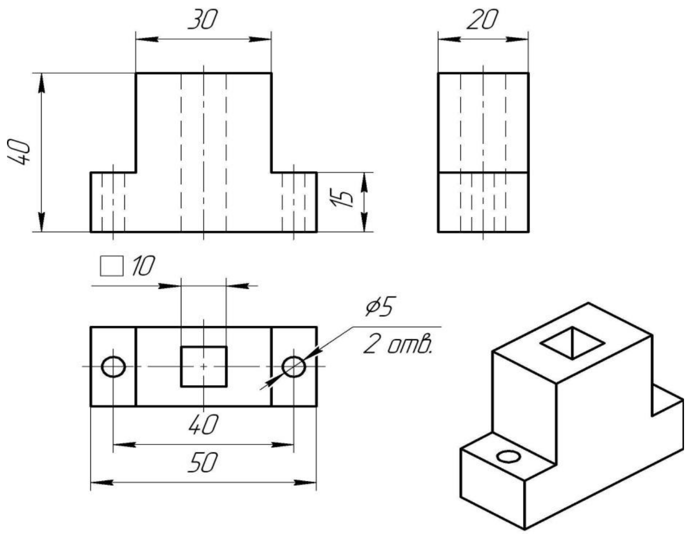


Рис. 308.

На рис. 308 изображёны ортогональные проекции и аксонометрия модели, показанной на рис. 307, а.

Построение проекций начнём с общей геометрической формы модели – прямоугольного параллелепипеда *1* (рис. 309, *а*). На все три плоскости проекций параллелепипед проецируется в прямоугольники. Так как модель симметричная, на проекциях параллелепипеда проведём оси симметрии.

Покажем на проекциях параллелепипеда вырезы (рис. 309, *б*). Их сначала начертим на горизонтальной проекции, для чего отложим по 15 мм влево и вправо от оси симметрии и начертим отрезки – горизонтальные проекции боковых граней параллелепипедов *2*. Отложим величину 25 мм, которая равна высоте выреза, на профильной проекции параллелепипеда и проведём горизонтальный отрезок – проекцию нижних оснований вырезанных параллелепипедов *2*.

Строим проекции сквозного призматического отверстия *3* (рис. 309, *в*). На горизонтальной проекции в месте пересечения осей симметрии строим квадрат со стороной 10 мм. Фронтальную и профильную проекции отверстия строим с помощью линий связи. На этих проекциях отверстие является невидимым, поэтому его показываем штриховыми линиями.

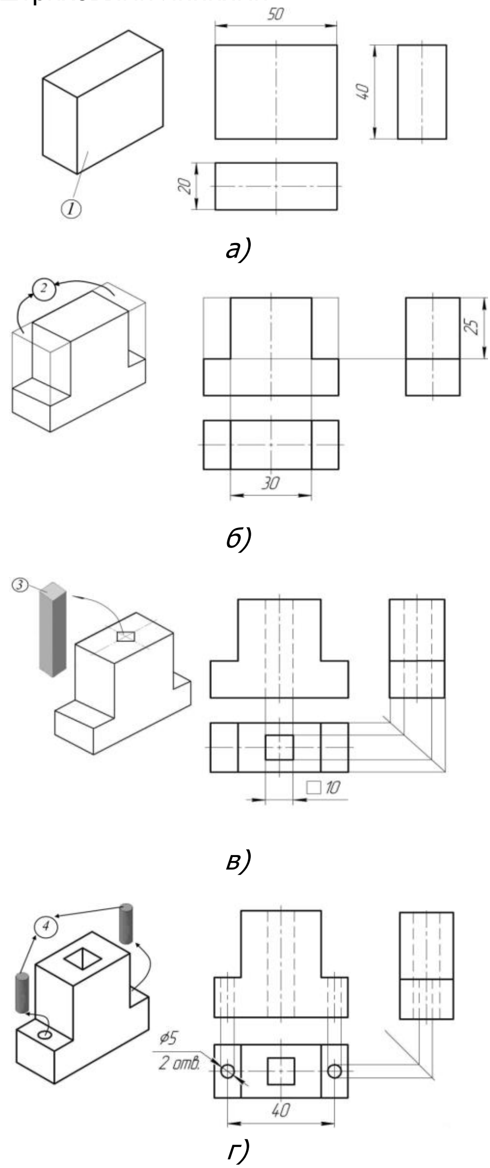


Рис. 309.

Строим проекции сквозных цилиндрических отверстий *4* (рис. 309, *г*). На горизонтальной проекции от места пересечения осей симметрии откладываем вправо и влево по 20 мм, чертим две окружности диаметром 5 мм. Фронтальную и профильную проекции отверстий строим с помощью линий связи. На этих проекциях отверстия невидимы, поэтому их показываем штриховыми линиями.

На проекциях предмета наносим все необходимые размеры и оформляем чертёж модели (рис. 308).

На рис. 310 изображёны ортогональные проекции и аксонометрия модели, показанной на рис. 307, *б*.

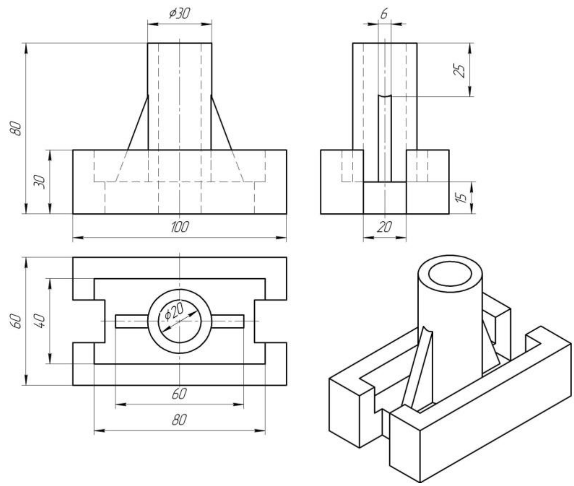


Рис. 310.

После анализа формы предмета, мы знаем, из каких геометрических тел он состоит. Теперь на всех проекциях последовательно будем чертить изображения геометрических тел, из которых состоит предмет.

Строим три проекции параллелепипеда *1* с вырезом в форме прямоугольного параллелепипеда *2* (рис. 311, *а*).

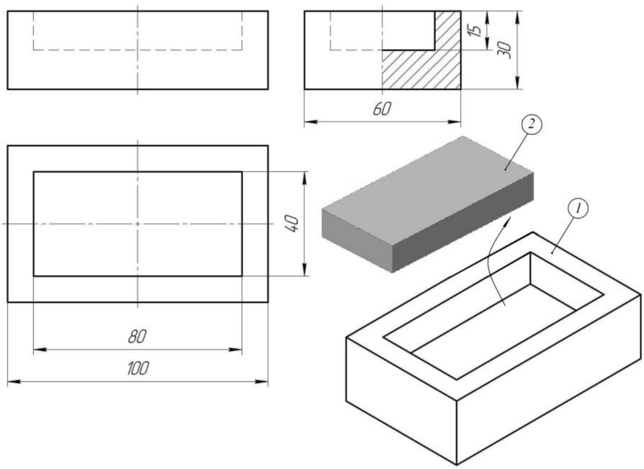
На проекциях параллелепипеда *1* покажем проекции призматических вырезов *3* (рис. 311, *б*).

В центре нижнего основания вырезанного прямоугольного параллелепипеда *2* покажем проекции прямого кругового цилиндра *4* (рис. 311, в).

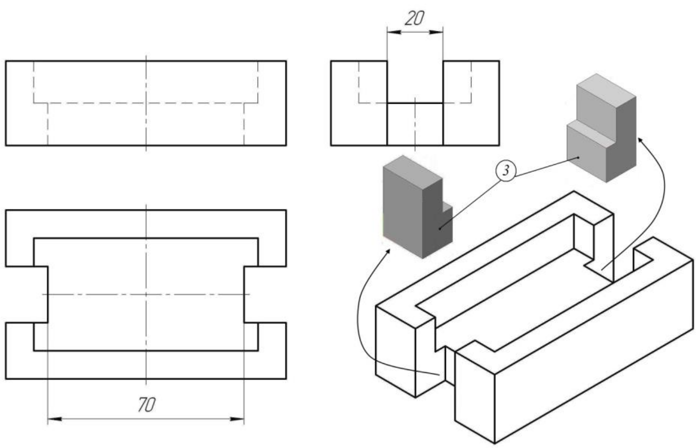
Далее строим проекции сквозного цилиндрического отверстия *5* (рис. 311, *г*).

Построим три проекции рёбер жёсткости *6*, которые представляют собой треугольные призмы (рис. 311, *д*).

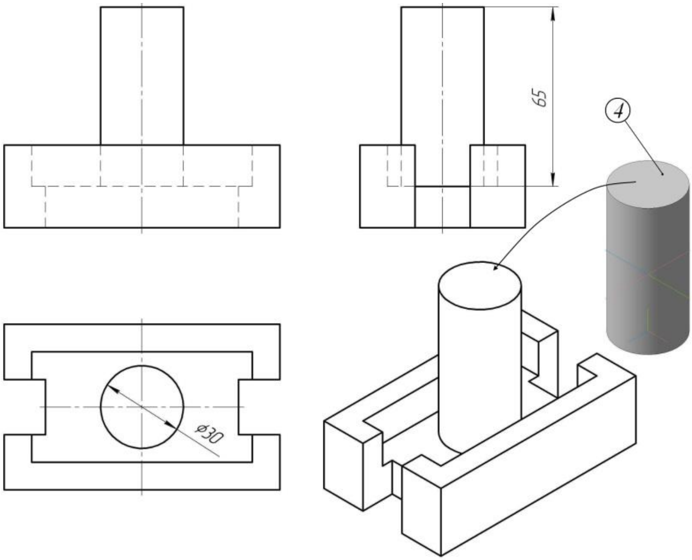
На проекциях предмета наносим все необходимые размеры и оформляем чертёж модели (рис.310).



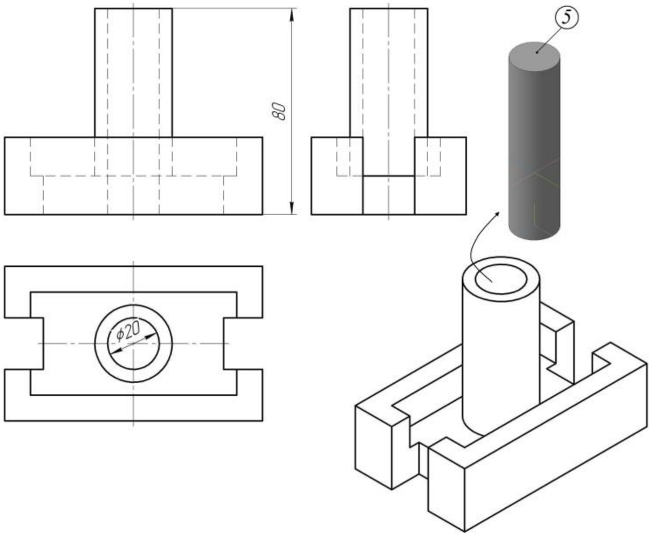
а)



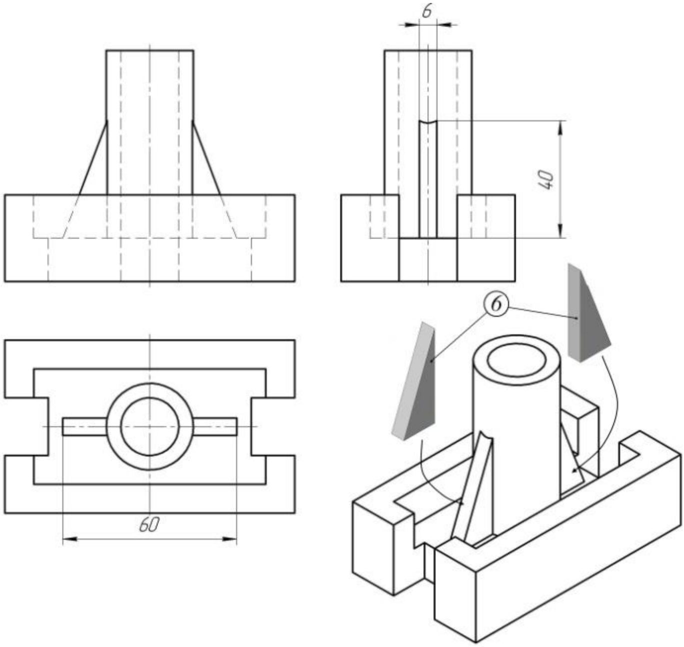
б)



в)



г)



д)

Рис. 311.

Рассмотрим способы построения аксонометрических проекций деталей, а именно *прямоугольную изометрическую проекцию,* которая отличается наилучшей наглядностью, передают форму предмета с наименьшими искажениями, наиболее проста и удобна в построении. Так как все три *действительных коэффициента* искажения по аксонометрическим осям одинаковы и равны 0,82, а в соответствии с ГОСТ 2.317—69 при выполнении технических чертежей в прямоугольной изометрической проекции применяют *приведенные коэффициенты* искажения по осям, равные 1. Изображения при этом получаются увеличенными 1,22 раза. Однако увеличение не влияет на наглядность, а время на выполнение изображения уменьшается, так как сокращаются математические расчеты.

Построение аксонометрических проекций моделей сводится к последовательному изображению геометрических тел, составляющих форму их, и линий взаимного пересечения поверхностей.

Как правило, аксонометрические проекции моделей выполняют по чертежам. Масштабы изображения модели в аксонометрической проекции и на чертеже могут быть различны.

Аксонометрическая проекция обратима. Она содержит такие данные, по которым можно построить чертеж (ортогональные проекции) изображенной модели или детали.

В практике черчения выработано несколько способов, упрощающих построение аксонометрических проекций моделей. Исходя из формы модели, в каждом конкретном случае выбирают наиболее рациональный способ.

Первый способ. Сначала строят вторичную проекцию одной из видимых граней модели, а затем изображением элементов достраивают остальную часть детали.

Этот способ рассмотрим на примере изображения модели (рис. 312).

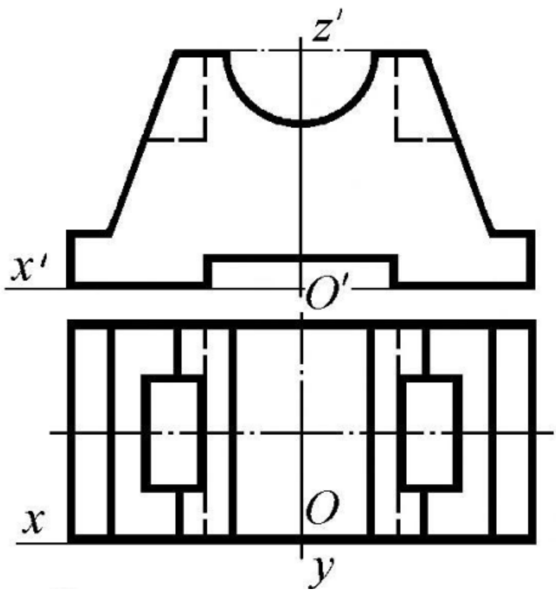


Рис. 312.

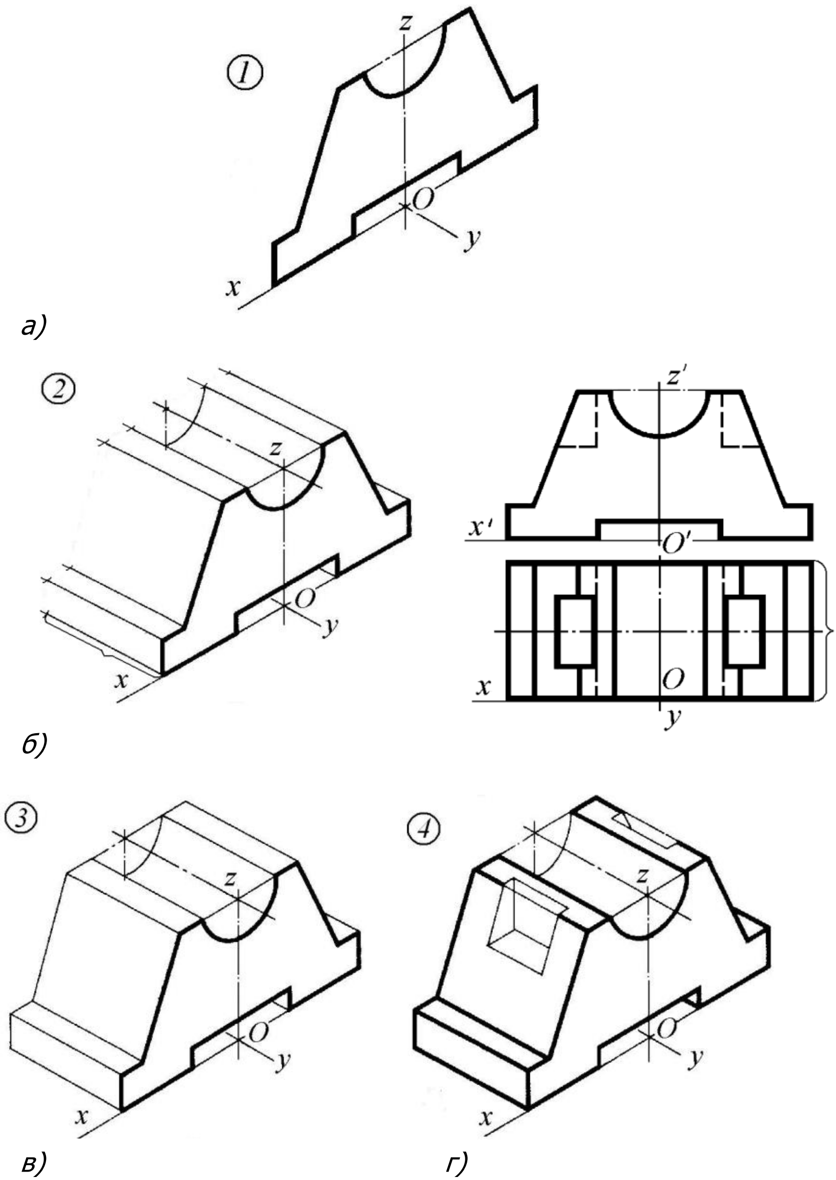


Рис. 313.

Строим аксонометрические оси, учитывая необходимость правильного композиционного расположения габаритных очертаний модели на свободном поле чертежа (рис. 313, *а*), и выполняем построение аксонометрической проекции передней грани модели по её фронтальной проекции.

Параллельно оси Y из вершин передней грани проводим прямые и откладываем на них ширину модели, измерив ее на горизонтальной проекции (рис. 313, *б*).

Соединяем отмеченные точки и получаем видимое очертание боковых и верхней поверхностей модели (рис. 313, в).

Изображаем элементы модели - призматические выемки в её верхней части (рис. 313, г). Проверяем правильность построений и обводим аксонометрическую проекцию линией видимого контура.

Второй способ основан на мысленном вписывании отдельных частей детали в поверхность какого-либо простого геометрического тела. Этот способ показан на примере изображения детали (рис. 314). Сначала анализируем форму детали. Общая геометрическая форма предмета представляет собой прямоугольный параллелепипед. Затем строим тонкими линиями аксонометрическую проекцию габаритного параллелепипеда. Для этого проводим аксонометрические оси, изображаем верхнее основание и видимую часть нижнего основания (рис. 315, а). Намечаем габаритные параллелепипеды отдельных частей детали — верхней опоры и нижней плиты (рис. 315, б).

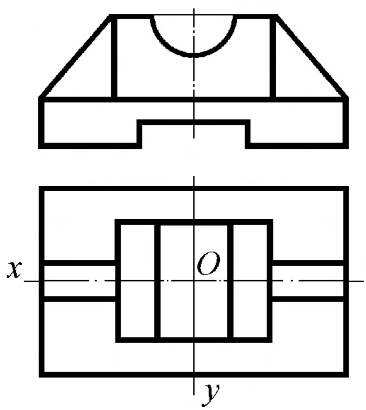
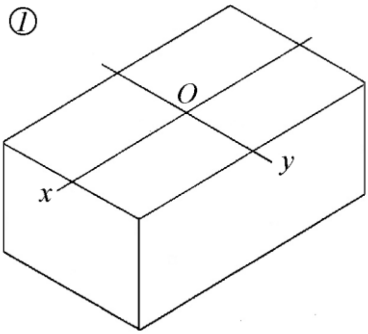
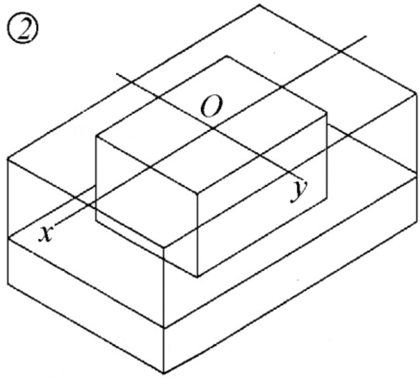
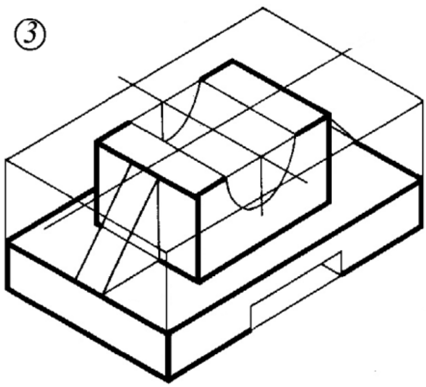


Рис. 314.





а) *б)*



в)

Рис.315.

Завершаем построение изображением мелких частей детали: цилиндрической и призматической выемки и ребра жесткости (рис. 315, *в*).

Третий способ начинают с изображения основания предмета, а затем путем «наращивания» элементов достраивают его полностью. Способ показан на примере изображения детали (рис. 316).

Анализируем форму предмета. Предмет состоит из прямоугольного параллелепипеда с вырезами, на котором расположен цилиндр. Сначала строим аксонометрию основания параллелепипеда с вырезами с левой и правой стороны.

В центре основания параллелепипеда (точка О) строим эллипс, который является аксонометрией основания цилиндра. Достраиваем аксонометрию цилиндра.

Проверяем правильность построений и обводим аксонометрическую проекцию линией видимого контура.

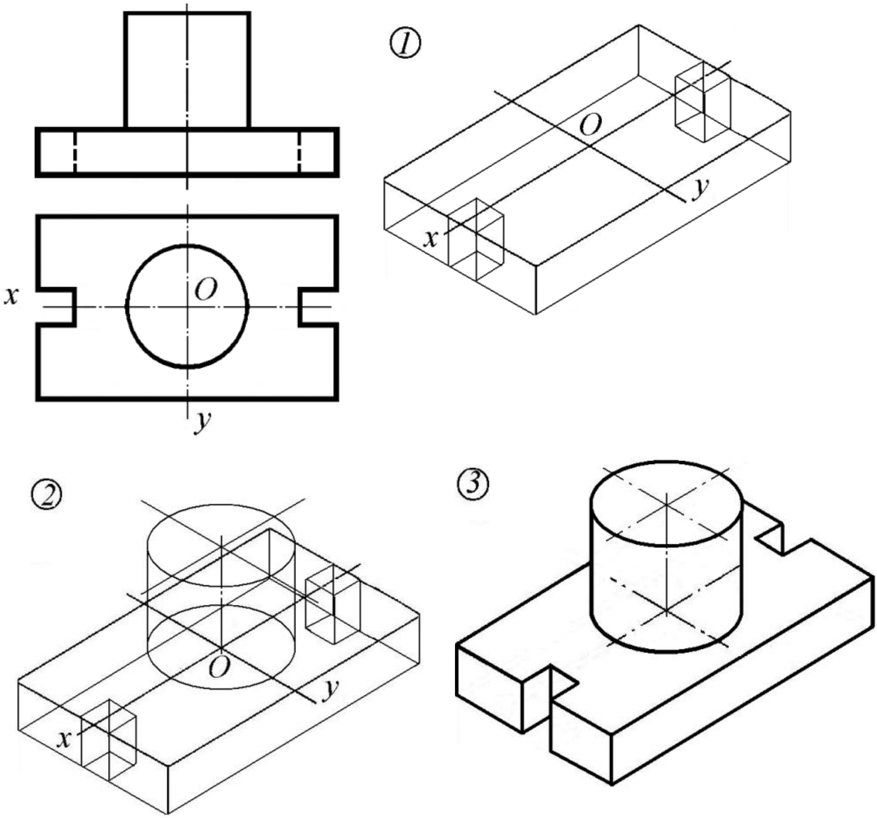
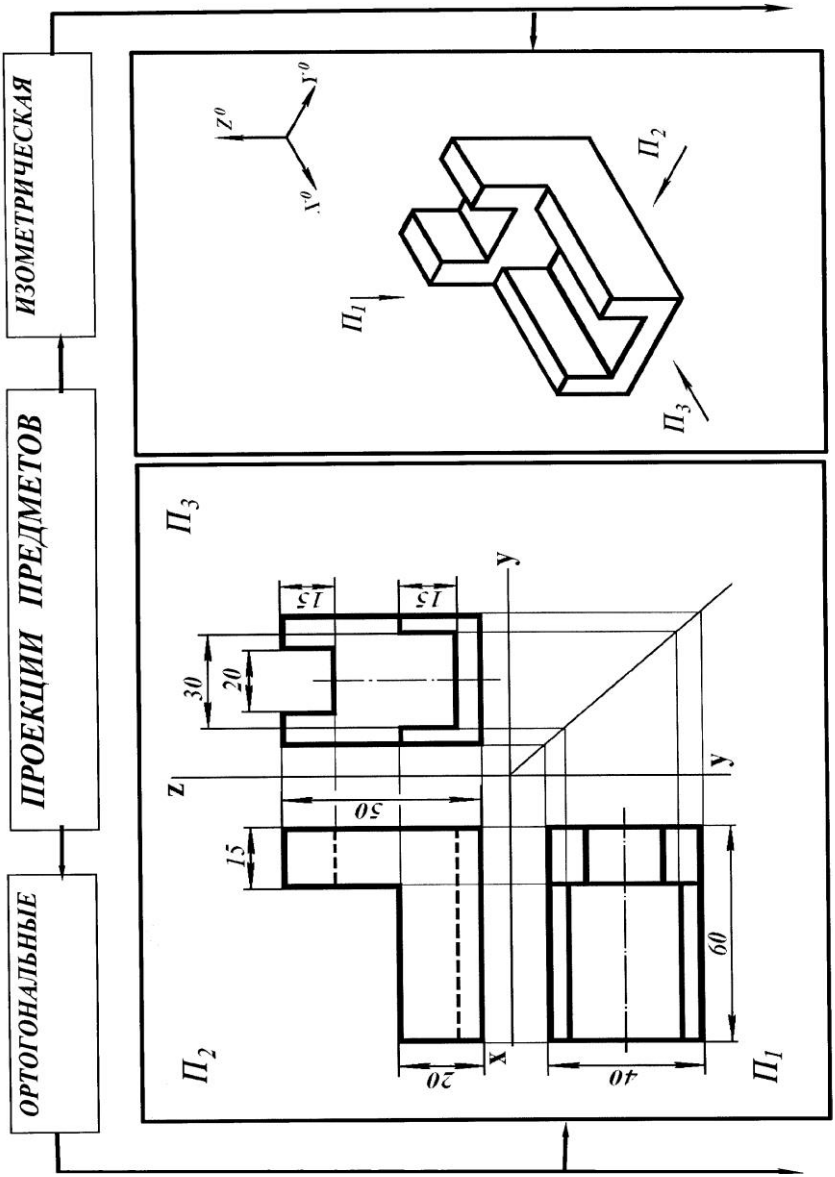


Рис. 316.

На рис. 317 представлена структурно-логическая схема темы «Проецирование предметов».


ОРТОГОНАЛЬНЫЕ
ПРОЕКЦИИ ПРЕДМЕТОВ
ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ

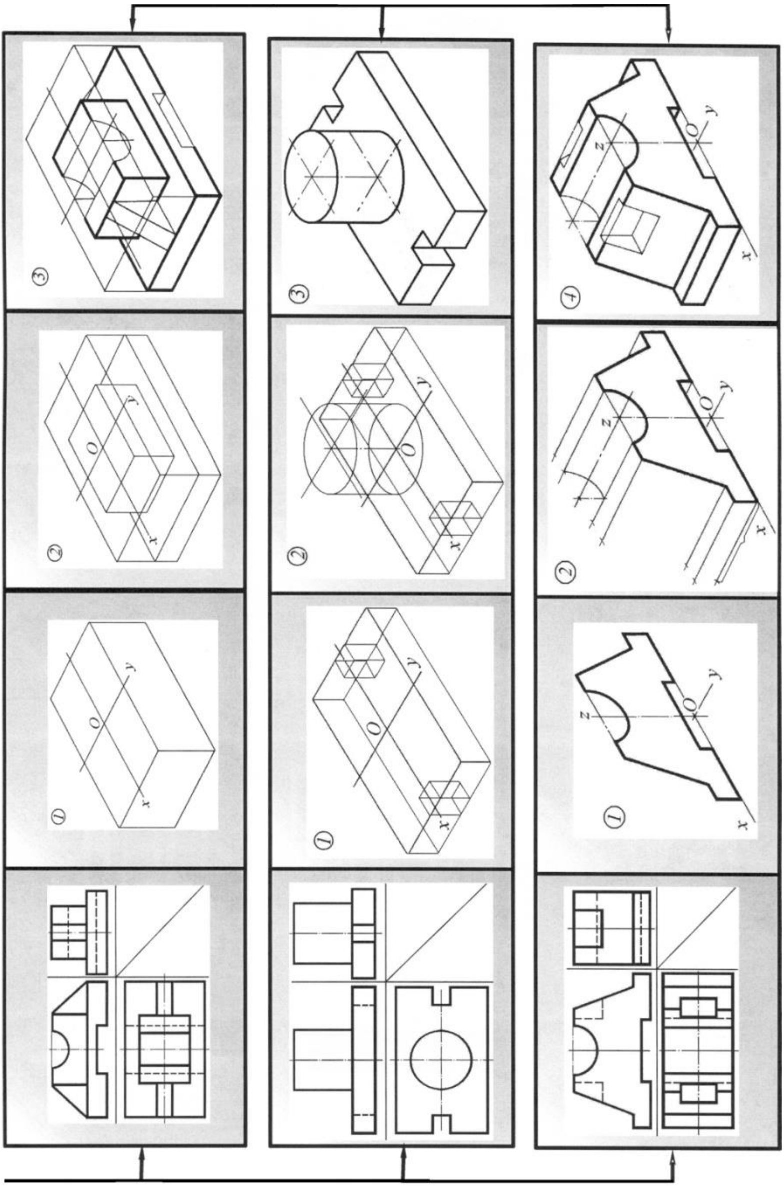


Рис. 317.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ:

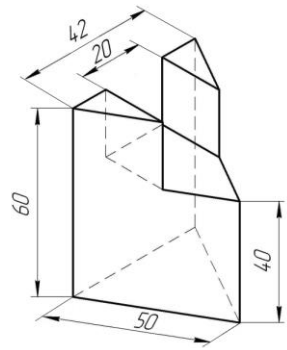
Задание 1. Читайте текст, выпишите в тетрадь новые слова, запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

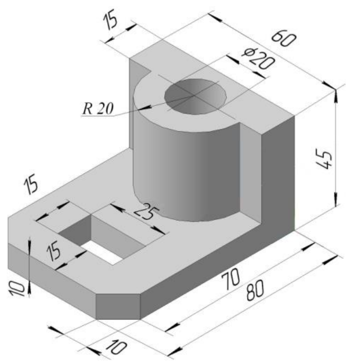
1. В каком порядке выполняются ортогональные проекции модели?
2. Какие способы построения аксонометрической проекции модели по её ортогональным проекциям вы знаете?
3. Что означает обратимость аксонометрической проекции?

Задание 3. Выполните упражнения.

1. По заданной аксонометрической проекции модели (рис. 318*, а, б*) постройте ортогональные проекции в М 1:1 и нанесите размеры.



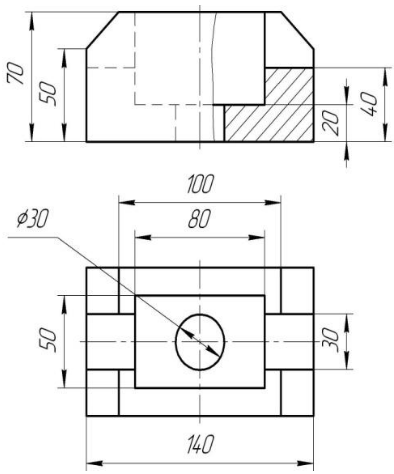
а)



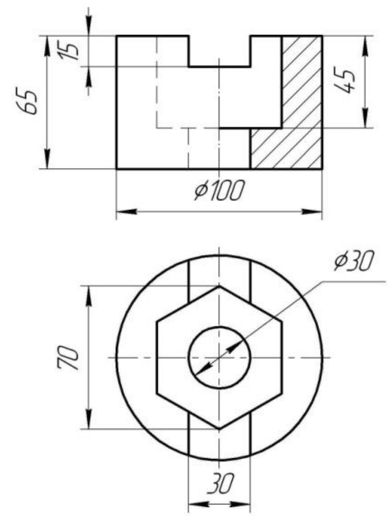
б)

Рис. 318.

2. По заданным двум ортогональным проекциям модели (рис. 319*, а, б*) постройте в М 1:1 три проекции и прямоугольную изометрию данной модели.



а)



б)

Рис. 319.

ГЛАВА 3. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, СЕЧЕНИЯ И РАЗРЕЗЫ

3.1. Виды основные, дополнительные и местные

Изображение предмета на чертеже должно давать полное представление о его форме, устройстве и размерах.

Изображения предметов на чертежах получают способом прямоугольного (ортогонального) проецирования. В зависимости от содержания изображения на чертеже разделяют на виды, разрезы и сечения.

ЗАПОМНИТЕ! *Видом называют изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. = Вид – это изображение видимой части поверхности предмета, обращенной к наблюдателю.*

Для уменьшения на чертеже количества изображений допускается на видах показывать невидимые части предмета штриховыми линиями.

По содержанию и характеру выполнения различают:
- основные виды;
- дополнительные виды;
- местные виды.

ЗАПОМНИТЕ! Основные виды получаются при проецировании предмета на шесть основных плоскостей проекций.

За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба. Предмет мысленно помещают внутрь куба и проецируют на внутренние поверхности его граней, направляя проецирующие лучи от наблюдателя к граням (рис. 320).

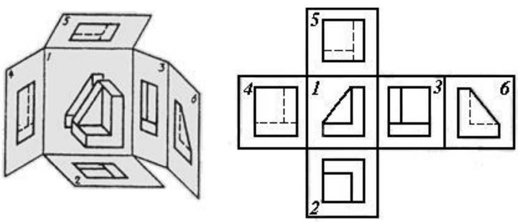


Рис. 320.

Заднюю грань принимают за фронтальную плоскость проекций, и все другие грани совмещают с ней вращением вокруг линий их пересечения (ребер).

Грани куба с полученными на них изображениями совмещают с плоскостью чертежа. При этом грань 6 можно расположить и рядом с гранью 4.

Получают чертеж, включающий шесть проекций: две фронтальные, две горизонтальные и две профильные с указанным на рисунках 320 и 321 взаимным расположением.

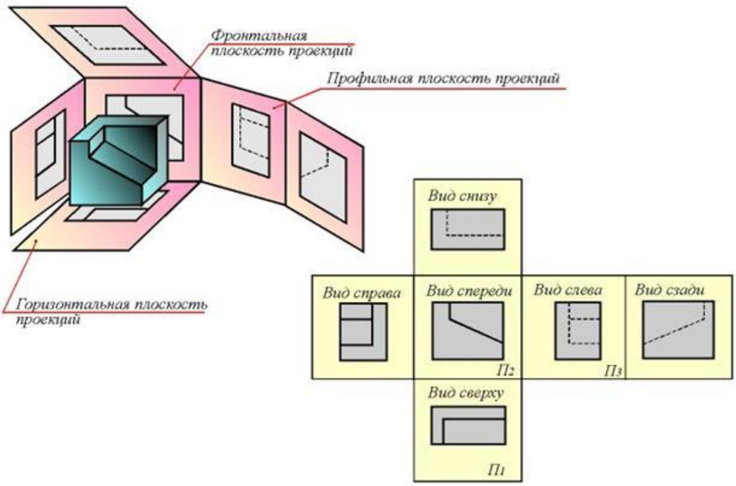


Рис. 321.

Рассмотренный способ получения и расположения изображений называется «европейской» системой. Она принята в Российской Федерации и большинстве европейских стран.

В США, Англии, Голландии применяют «американскую» систему выполнения чертежей. При построении изображений в этой системе плоскости проекций считают прозрачными и расположенными между наблюдателем и изображаемым предметом. После совмещения плоскостей проекций получают систему расположения изображений, отличающуюся от «европейской». В этой системе вид сверху расположен на месте вида снизу, а вид слева — на месте вида справа (рис. 322).

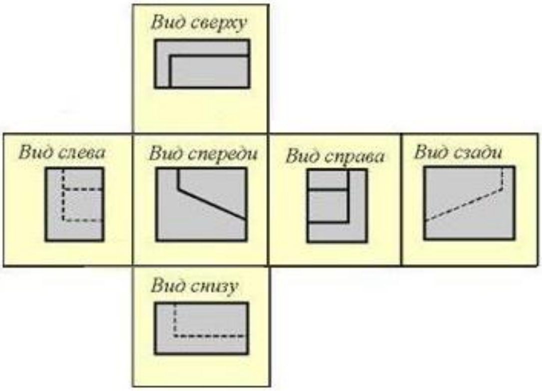


Рис.322.

ГОСТ 2.305—68 устанавливает следующие названия основных видов: *вид спереди, вид сверху, вид слева, вид справа, вид снизу, вид сзади.* В практике более широко применяются три вида: *вид спереди, вид сверху и вид слева.*

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимают на чертеже за главное и часто называют *главным видом*. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета при рациональном использовании поля чертежа.

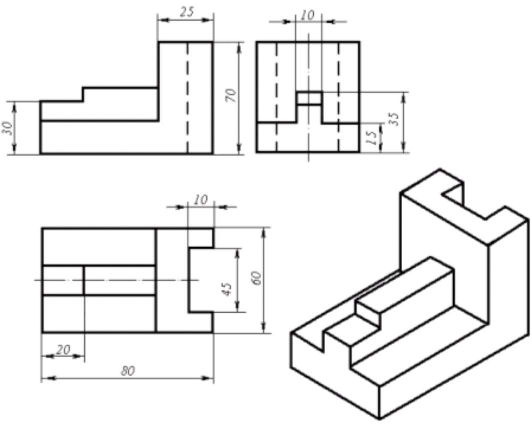


Рис. 323.

Виды располагают на чертеже в определённом порядке, как показано на рис. 320 и 321.

Если основные виды расположены на чертеже в проекционной связи, то их названия не надписывают, и расстояние между видами должно быть достаточным для нанесения размеров (рис. 323).

Для наилучшего использования поля чертежа виды допускается располагать вне проекционной связи (рис. 324). В таких случаях их сопровождают надписью типа _Вид А_.

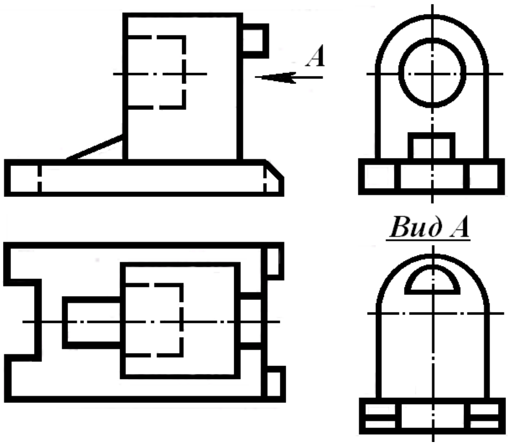


Рис. 324.

Направление взгляда должно быть указано стрелкой (Рис. 324), обозначенной той же прописной буквой русского алфавита, что и в надписи над видом. При этом видимые контуры предметов и их граней на чертежах выполняются сплошной основной линией. Необходимые невидимые части предмета выполняют при помощи штриховых линий.

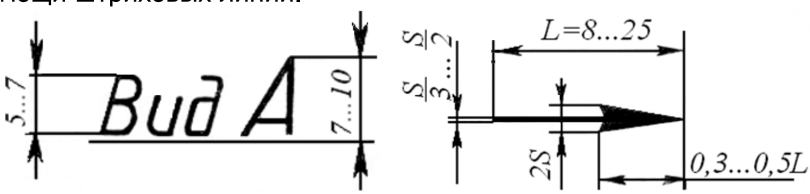


Рис. 325.

Стрелки и надпись выполняют в соответствии с размерами, указанными на рисунке 325. Размер шрифта надписей должен быть крупней цифр размерных чисел на данном чертеже.

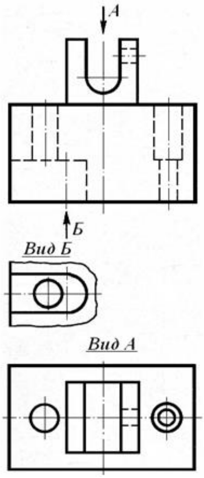


Рис. 326.

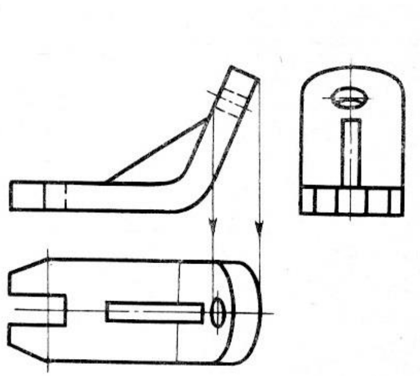


Рис. 327.

Надписями сопровождают основные виды и в тех случаях, когда они выполнены в проекционной связи, но разделены другими изображениями (рис. 326).

ЗАПОМНИТЕ! *Дополнительным* называют вид, полученный проецированием предмета или его части на плоскость, непараллельную основным плоскостям проекций.

Необходимость применения этих видов возникает тогда, когда отдельные части или полностью предмет проецируются на основные плоскости проекций с искажением формы и размеров. На рисунке 327 представлена деталь с наклонной частью. Эта часть детали с цилиндрическим отверстием как на виде сверху, так и на виде слева показана искаженной. Для получения неискаженного изображения наклонную часть детали проецируют на параллельную ей плоскость Р (рис. 328), совмещаемую затем с плоскостью чертежа.

Если дополнительный вид выполнен в проекционной связи с основным, то его надписью не поясняют (рис. 329, *а*). В противном случае дополнительный вид поясняют надписью типа *Вид А,* а у соответствующего изображения указывают направление взгляда стрелкой с буквенным обозначением (рис. 329, *б*). Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении. В этом случае к надписи *Вид А* добавляют слово *повернуто,* которое не подчеркивают (рис. 329, *в).*

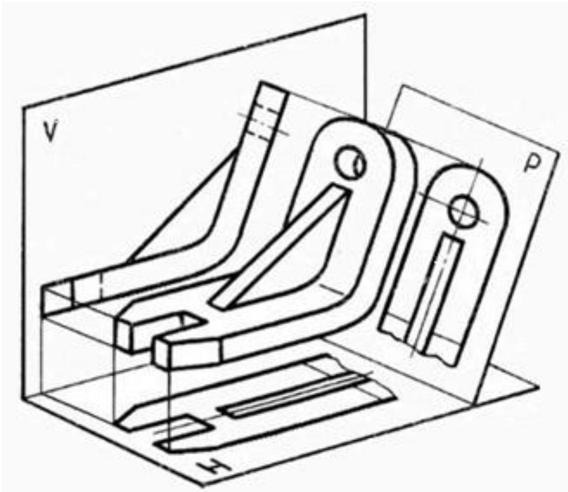
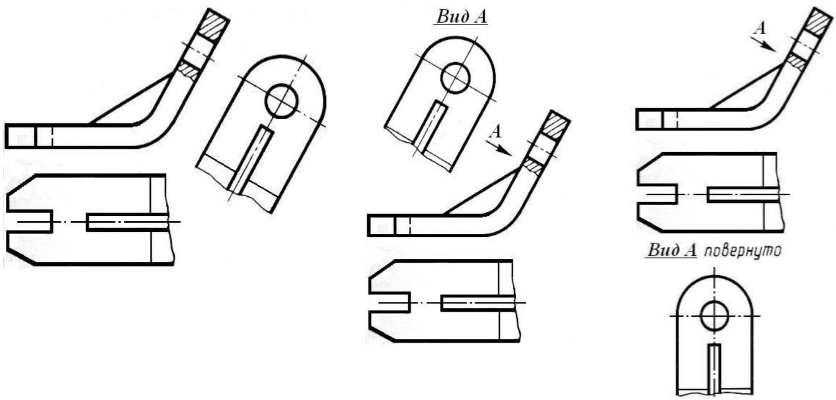


Рис. 328.



а) *б)* *в)*

Рис.329.

ЗАПОМНИТЕ! *Местным видом* называется изображение отдельного, узкоограниченного места на поверхности предмета.

Местные виды применяют в тех случаях, когда на имеющихся видах не удается показать форму какой-либо части изделия (например, форму фланца, прилива, отверстия и др.), а еще один полный вид строить нецелесообразно. Местные виды располагают на свободном поле чертежа без сохранения проекционной связи с основным изображением *(Вид Б,* рис. 326) или с сохранением этой связи *(Вид А*, рис. 330 и рис. 331). Ограничивают местный вид линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничивают совсем. Местные виды обозначают на чертеже подобно дополнительному виду.

При наличии нескольких дополнительных или местных видов буквы подбирают в алфавитном порядке без повторения. Надписи располагают над изображением параллельно основной надписи чертежа.

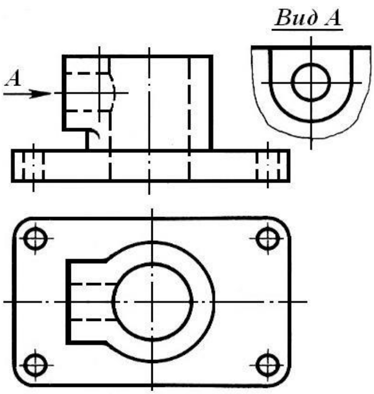


Рис.330.

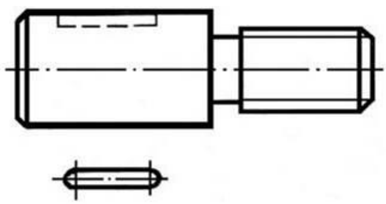


Рис.331.

Важно **запомнить,** что:

1) изображения предметов на чертеже должны быть размещены так, чтобы поле чертежа было равномерно заполнено;

2) число изображений на чертеже должно быть достаточным для получения полного и однозначного представления о предмете;

3) на чертеже должно быть только необходимое количество изображений, то есть чертеж должен быть лаконичным и содержать минимальный объем графических изображений и текста, достаточных для свободного чтения чертежа, а также изготовления предмета и контроля;

4) размеры элементов предмета желательно наносить от линий видимого контура; размеры не должны повторяться на различных изображениях, используемых на данном чертеже.

Структурно-логическая схема приведена на стр. 332.

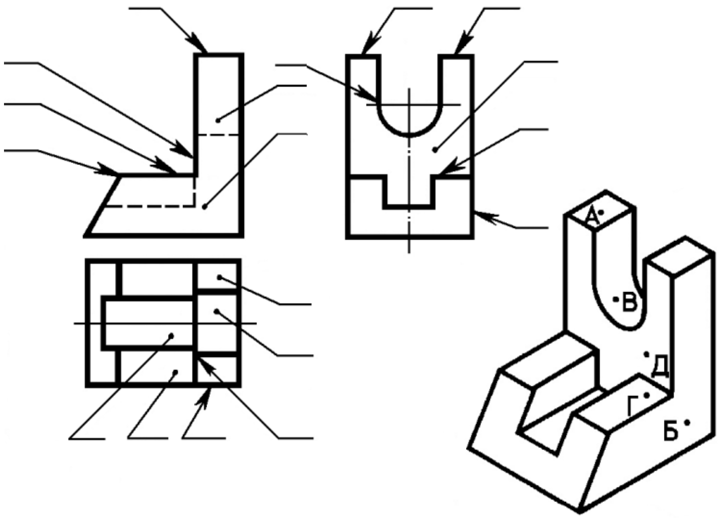
ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Читайте текст, выпишите в тетрадь новые слова, запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Что называется видом?
2. Какие основные виды могут быть на чертеже?
3. Как располагаются основные виды относительно друг друга?
4. Какой вид называется дополнительным?
5. Как обозначают дополнительные виды?
6. Какой вид называется местным?
7. Как обозначают местный вид?

Задание 3. Расставьте буквенные обозначения проекций точек на чертеже детали, отмеченных на наглядном изображении.



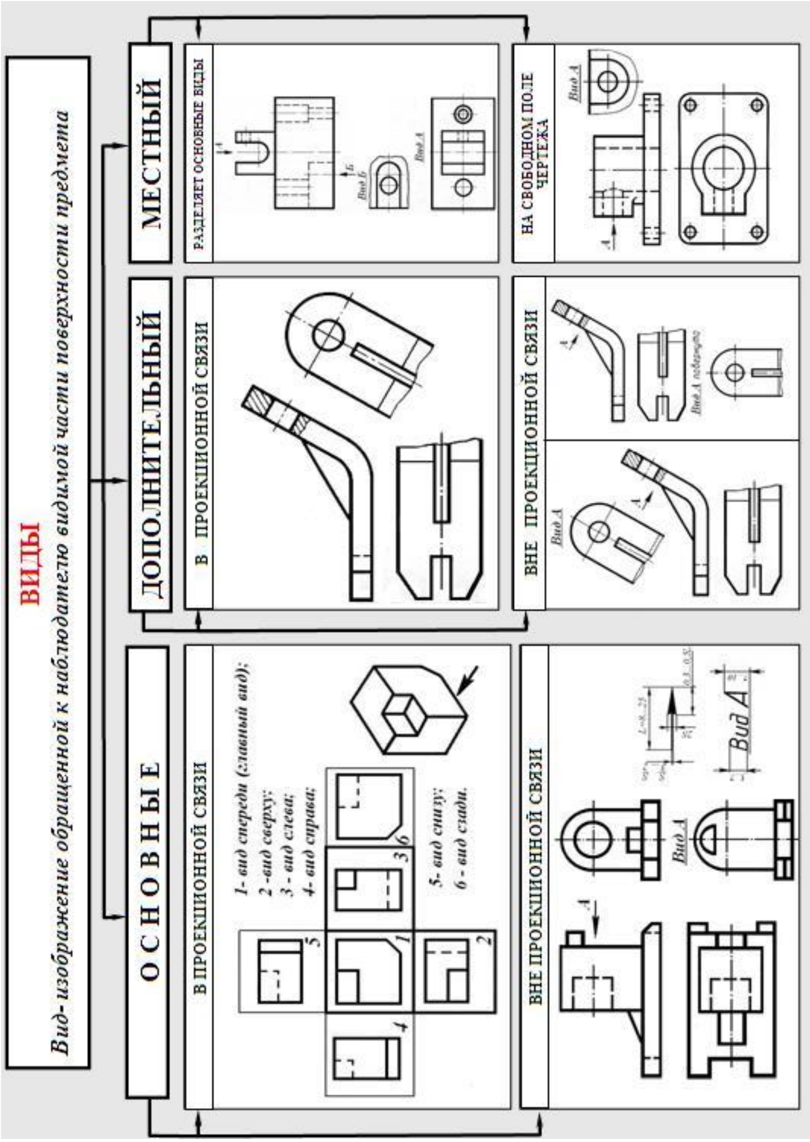


Рис. 332. Структурно-логическая схема темы "Виды".

3.2. Сечения

Для пояснения поперечной формы деталей или элементов деталей применяют сечения.

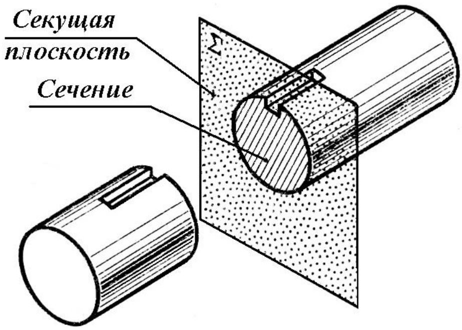


Рис.333.

ЗАПОМНИТЕ! *Сечением* называют изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только то, что получится непосредственно в секущей плоскости (рис. 333).

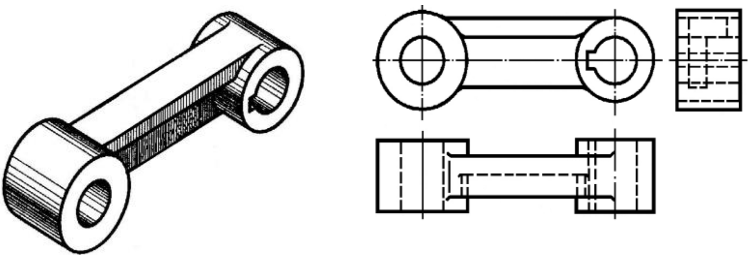


Рис. 334.

На рисунке 334 показана сложная деталь – рычаг и её чертёж. Главный вид и вид сверху не выявляют полностью форму всех элементов этой детали. Третий вид (вид слева) также не помогает в понимании формы рычага, так как на нем много линий невидимого контура, затемняющих чертеж.

Если применить сечение, которое покажет поперечную форму детали, то достаточно начертить только главный вид, по которому можно определить внешнюю форму и размеры детали (рис.335).

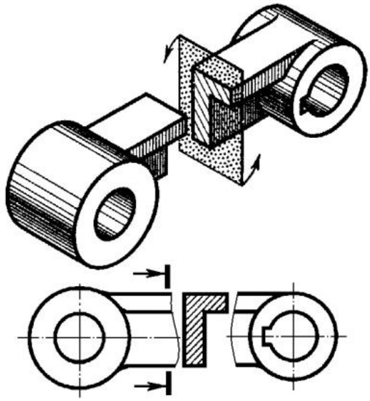
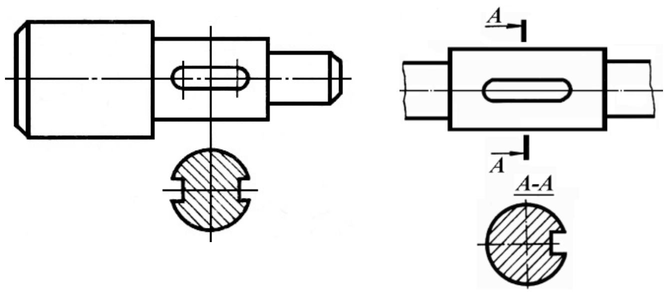


Рис. 335.

В зависимости от расположения на чертеже сечения разделяют на *вынесенные* и *наложенные.*



а) *б)*

Рис. 336

Вынесенные сечения располагают вне контура изображений: на продолжении следа секущей плоскости (рис. 336, *а, б)*; на свободном поле чертежа (рис. 337). Их допускается размещать также в разрыве между частями вида (рис. 338, *а, б).* Контур вынесенного сечения обводят сплошными основными линиями.

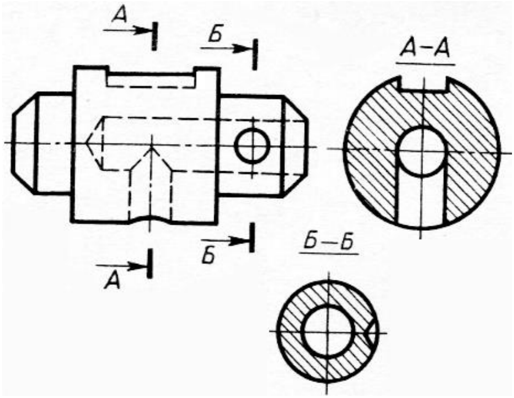
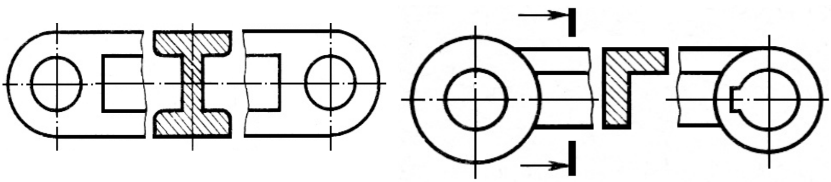


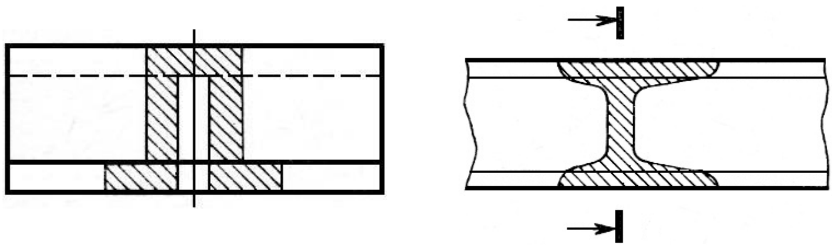
Рис. 337.



а) *б)*

Рис. 338.

Наложенное сечение располагают в месте, где проходит секущая плоскость, и непосредственно, на том виде, к которому оно относится. Контур наложенного сечения обводят сплошными тонкими линиями. Если сечение перекрывает линии контура детали, то они не прерываются в месте расположения наложенного сечения (рис. 339, *а, б).*



а) *б)*

Рис.339.

Предпочтительны вынесенные сечения, так как наложенные частично закрывают вид и затрудняют его чтение.

Сечения относительно направления следа секущей плоскости могут быть *симметричными* (рис. 336, *а*; 338, *а*; 339, *а*) и *несимметричными* (рис 336, *б*; 338, *б*; 339, *б*).

В общем случае положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для этого применяют разомкнутую линию, на начальных и конечных штрихах которой ставят стрелки, указывающие направление взгляда. Линии и стрелки выполняют в соответствии с размерами, данными на рисунке 340, где S — толщина линии контура на чертеже.

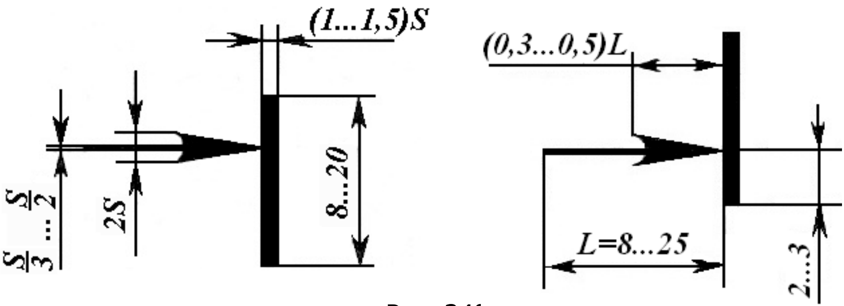


Рис. 340.

У начала и конца линии сечения ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы у линий сечения должны быть на 1...2 размера больше, чем цифры размерных чисел на данном чертеже. Буквы для обозначения сечений берут в алфавитном порядке, не допуская их повторения. Над сечением пишут надпись типа *А* — *А* и подчеркивают ее тонкой линией.

Линию сечения не проводят и сечение буквенной надписью не сопровождают в следующих случаях:

а) если, симметричное сечение является наложенным (рис. 339, *а*);

б) если ось симметрии вынесенного сечения является продолжением следа секущей плоскости (рис. 336, *а*);

в) если симметричное сечение показывают в разрыве изображения детали (рис. 338, *а*).

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рис. 338, *б*), или наложенных (рис. 339, *б*) линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают. Во всех остальных случаях симметричных и несимметричных сечений применение линии сечения со стрелками и буквенными обозначениями обязательно.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 341).

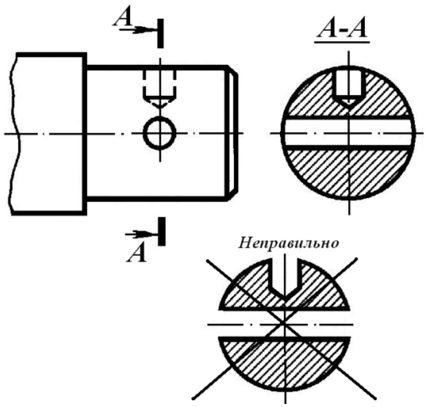


Рис.341.

Сечения по построению и расположению должны соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом, добавляя при этом к надписи слово «повернуто» (рис. 342).

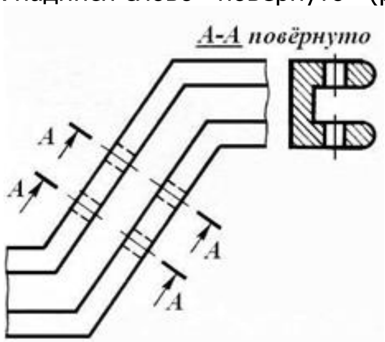


Рис.342.

Для нескольких одинаковых сечений одного и того же изделия вычерчивают одно сечение, а линии сечения обозначают одной и той же буквой. Если при этом секущие плоскости направлены под разными углами, то в надписи слово «повернуто» не пишут (рис. 343).

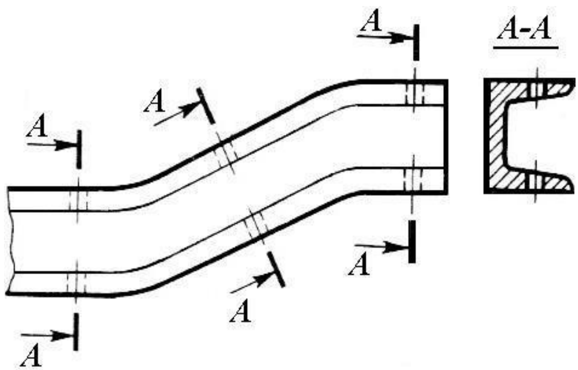


Рис.343.

Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения.

На сечениях указывают размеры отверстий, канавок и других конструктивных элементов изделия, которые этими сечениями выявляются.

Структурно-логическая схема «Сечения» приведена на рис. 344.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Читайте текст, выпишите в тетрадь новые слова, запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Что называется сечением?
2. Какие виды сечений Вы знаете?
3. Где располагают вынесенные сечения?
4. В каких случаях линию сечения не проводят и сечение буквенной надписью не сопровождают?
5. В каких случаях несимметричные сечения не обозначают буквами?

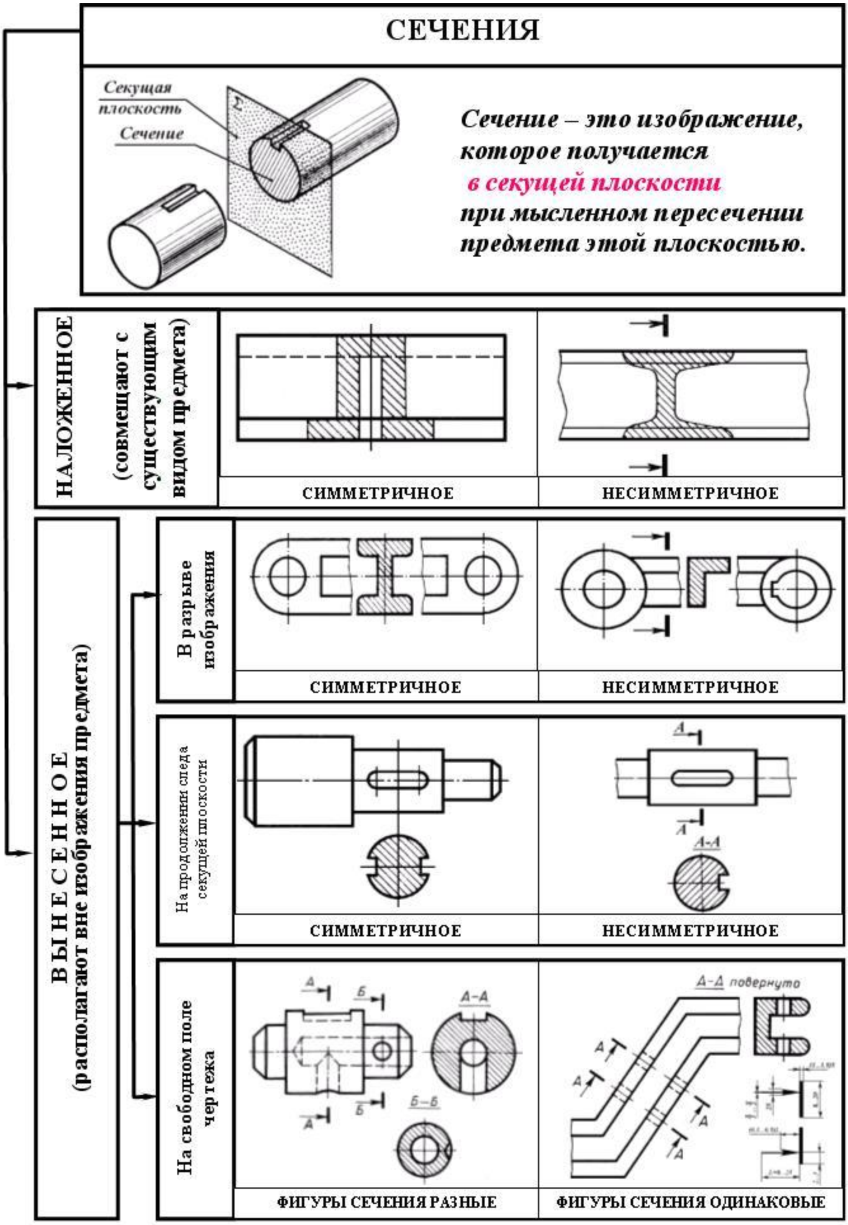
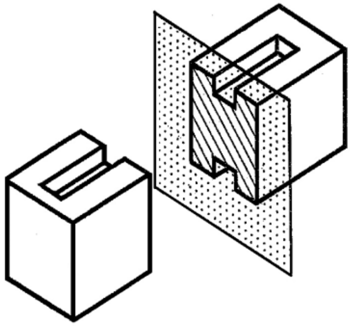


Рис. 344.Структурно-логическая схема «Сечения».

Задание 3. Постройте симметричные сечения.



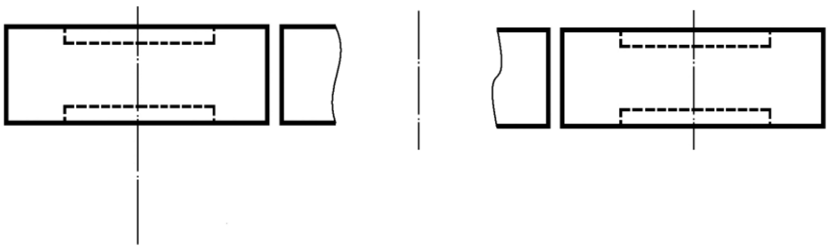
Вынесенные:

а) На продолжении линии сечения.

б) В разрыве между частями одного и того же вида.

Наложенное.

На виде предмета (тонкой линией).



3.3. Разрезы

Внутреннюю форму предметов выявляют при помощи разрезов.

ЗАПОМНИТЕ! *Разрезом называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями*. Часть предмета, расположенную между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно удаляют.

На разрезе показывают сечение, совмещенное с изображением части предмета, расположенной за секущей плоскостью. Мысленное рассечение предмета при выполнении разреза не влечет за собой изменения других изображений этого предмета. На рисунке 345 показано различие между сечением и разрезом.

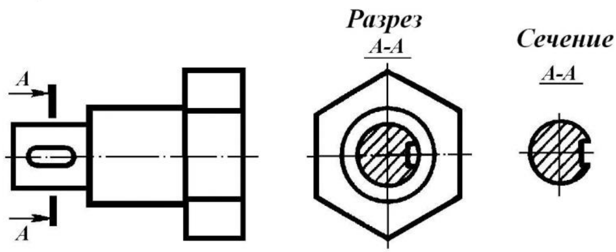


Рис. 345.

Разрезы принято классифицировать по нескольким признакам:

1. В зависимости от числа секущих плоскостей их делят на *простые* и *сложные.*

2. В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций их делят на *вертикальные, горизонтальные* и *наклонные.*

3. В зависимости от положения секущей плоскости относительно главных измерений предмета — на *продольные* и *поперечные.*

4. В зависимости от полноты выполнения — на *полные* и *местные.*

3.3.1. Простые разрезы

ЗАПОМНИТЕ! *Разрезы, выполненные при помощи одной секущей плоскости, называют простыми*.

Рис. 346.

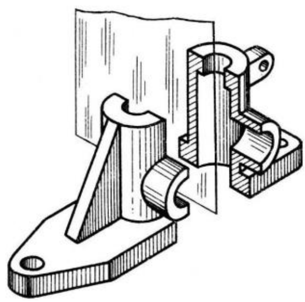


Рис.347.

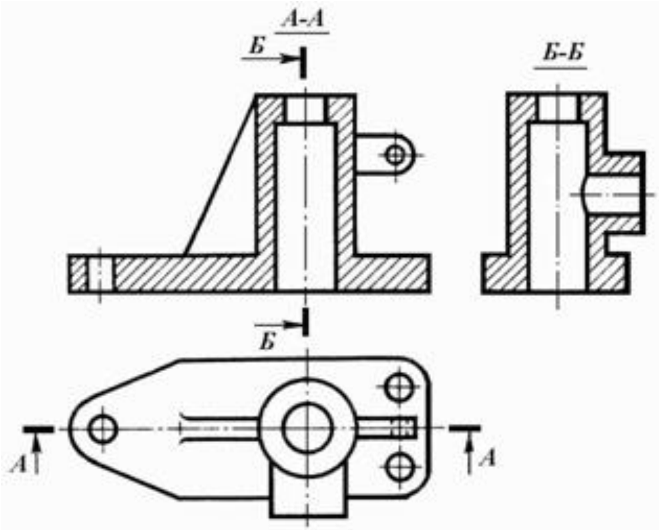
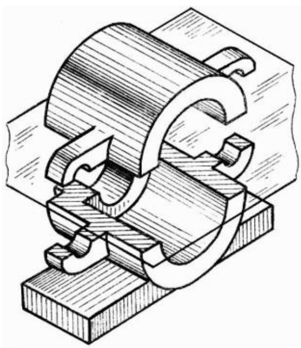


Рис. 348.

Вертикальный разрез образован вертикальной секущей плоскостью. Если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, то разрез называют *фронтальным* (рис. 346, на рис. 348 разрез А — А). Если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций, то полученный разрез называют *профильным* (рис. 347, на рис. 348 разрез Б — Б).

Горизонтальный разрез образован горизонтальной секущей плоскостью (рис. 349).



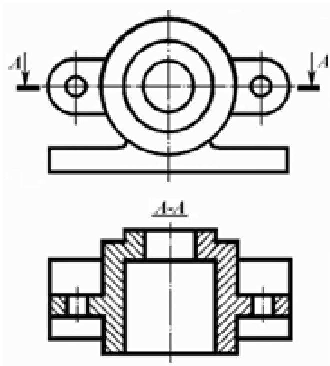
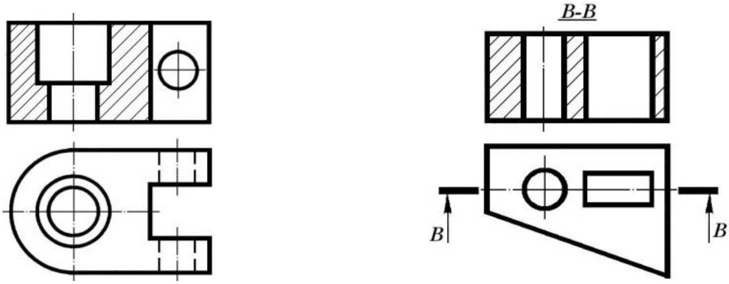


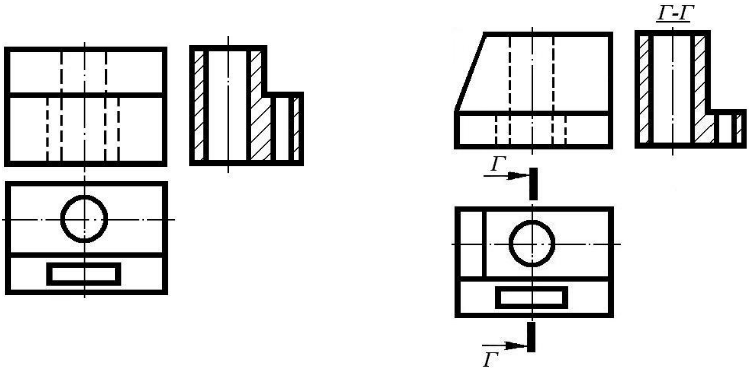
Рис. 349.

Фронтальные (рис. 350, *а, б*), профильные (рис. 351, *а, б*) и горизонтальные (рис.352, *а, б*) разрезы обычно располагают на месте видов: спереди и сзади, слева и справа, сверху и снизу соответственно.



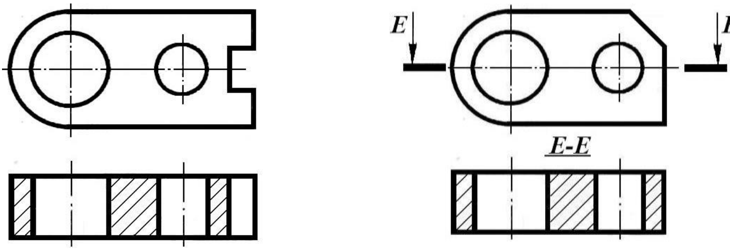
а) *б)*

Рис. 350.



а) *б)*

Рис. 351.



а) *б)*

Рис. 352.

При этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений. Так, по рисункам 348-352 видно, что выполнение разрезов на месте главного вида, вида слева, вида сверху никак не отражается на других видах.

Продольным называется разрез секущей плоскостью, направленной вдоль длины или высоты предмета.

Поперечным называется разрез плоскостью, перпендикулярной к длине или высоте предмета.

Наклонный разрез образуется в том случае, когда плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого угла. Его строят и располагают в соответствии с направлением взгляда, указанным стрелками на линии сечения. Наклонный разрез допускается располагать в любом месте поля чертежа (рис. 353, *а*), а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении (рис. 353, *б*). В последнем случае к надписи добавляют слово «повернуто».

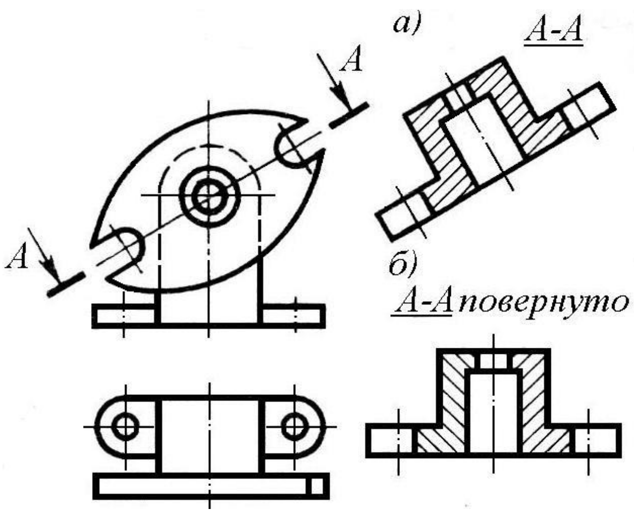


Рис.353.

ЗАПОМНИТЕ! *Местный разрез служит для выяснения устройства предмета лишь в отдельном ограниченном месте*.

Его отделяют от нерассечённой части детали сплошной волнистой линией. Эта линия не должна сливаться с контурной, осевой и другими линиями изображения (рис. 354).

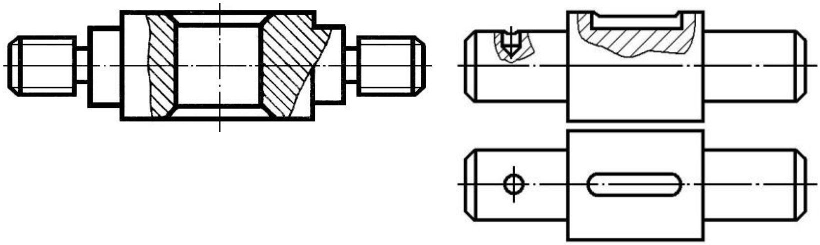


Рис. 354.

3.3.2. Сложные разрезы

ЗАПОМНИТЕ! Сложными называют разрезы, полученные при помощи нескольких секущих плоскостей.

Сложные разрезы разделяют на *ступенчатые* и *ломаные.*

Ступенчатым называется разрез, выполненный параллельными секущими плоскостями. На рисунке 355 показан пример ступенчатого разреза, выполненного тремя фронтальными плоскостями Р, $Р_1$ и $Р_2$. Каждая секущая плоскость выявляет внутреннюю форму детали на своем участке. Сечения, полученные тремя плоскостями, совмещают в одну плоскость чертежа. Границу между сечениями при этом не указывают.

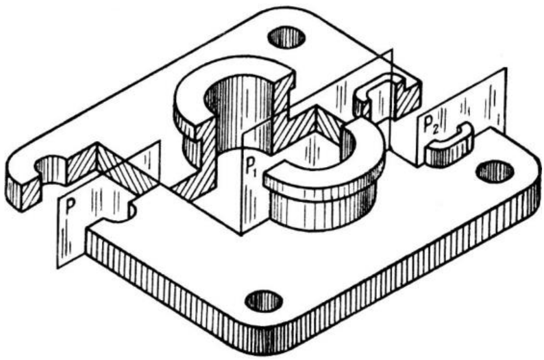


Рис. 355.

Ломаным называется разрез, полученный при рассечении предмета взаимно пересекающимися плоскостями (рис. 356).

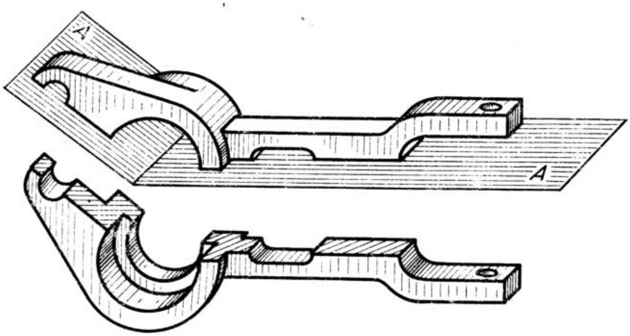


Рис.356.

Особенность выполнения этих разрезов состоит в том, что одну из секущих плоскостей вместе с фигурой сечения поворачивают вокруг линии пересечения плоскостей до совмещения с другой секущей плоскостью, параллельной какой-либо из основных плоскостей проекций, и только после этого обе фигуры сечения совмещают с плоскостью чертежа (рис.357).

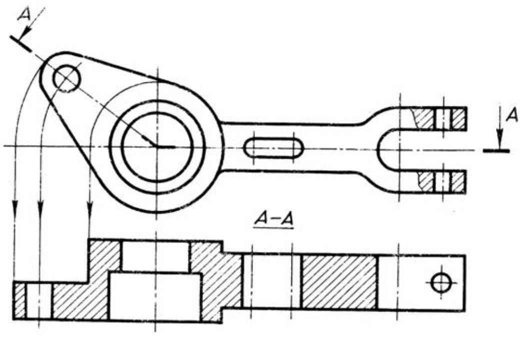


Рис. 357.

Направление поворота секущей плоскости может не совпадать с направлением взгляда, указанным стрелками на линиях сечения (рис. 357).

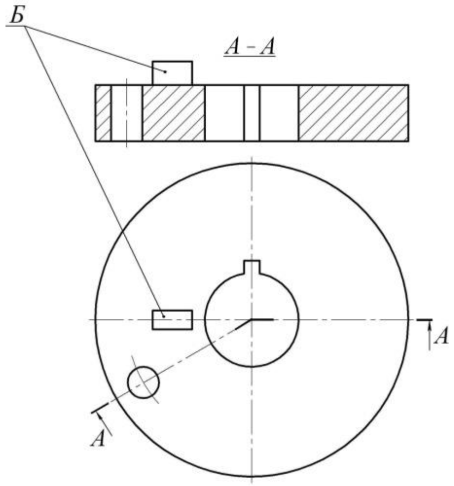


Рис. 358.

При повороте секущей плоскости элементы детали, расположенные за ней, не перемещают: их изображают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение (рис. 358). Например, выступ *Б*, который находится за секущей плоскостью, совмещаемой с фронтальной плоскостью, в повороте не участвует.

3.3.3. Соединение части вида с частью разреза

Для уменьшения количества изображений на чертеже допускается соединять часть вида с частью соответствующего разреза. Такое соединение дает возможность при наименьшем количестве изображений получить полное представление как о внешней, так и о внутренней форме предмета.

ГОСТ 2.305—68 допускает следующие случаи соединения части вида с частью разреза:

1. Соединение половины вида и половины разреза, каждый из которых является частью симметричной фигуры.

2. Соединение части вида и части разреза. Границей между ними служит сплошная волнистая линия.

3. Соединение части вида и части разреза, разграниченных штрихпунктирной тонкой линией, совпадающей со следом плоско-

сти симметрии не всего предмета, а лишь его части, представляющей тело вращения.

4. Соединение четверти вида и четверти трех разрезов; четверти вида, четверти одного разреза и половины другого и т. п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности является частью симметричной фигуры.

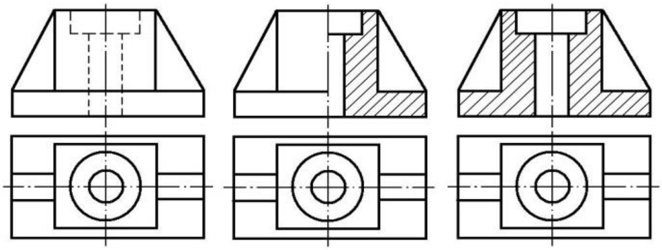


Рис.359.

Рассмотрим три первых случая.

1. При соединении половины вида с половиной разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, разделяющей линией служит ось симметрии. Разрез в этих случаях располагают справа (рис. 359) или снизу (рис. 360) от оси симметрии детали.

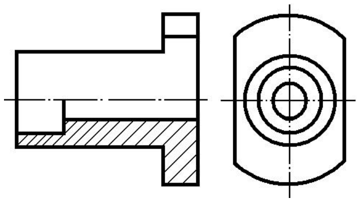


Рис.360.

2. При соединении части вида с частью разреза деталей, у которых с осью симметрии совпадает проекция какой-либо линии, например проекция ребра, вид от разреза отделяют сплошной волнистой линией, сохраняя проекцию этого ребра. На рисунке 108 показано, как следует проводить волнистую линию при соединении вида с разрезом симметричной детали, имеющей внутреннее ребро, наружное ребро (рис. 361) или то и другое (рис. 362).

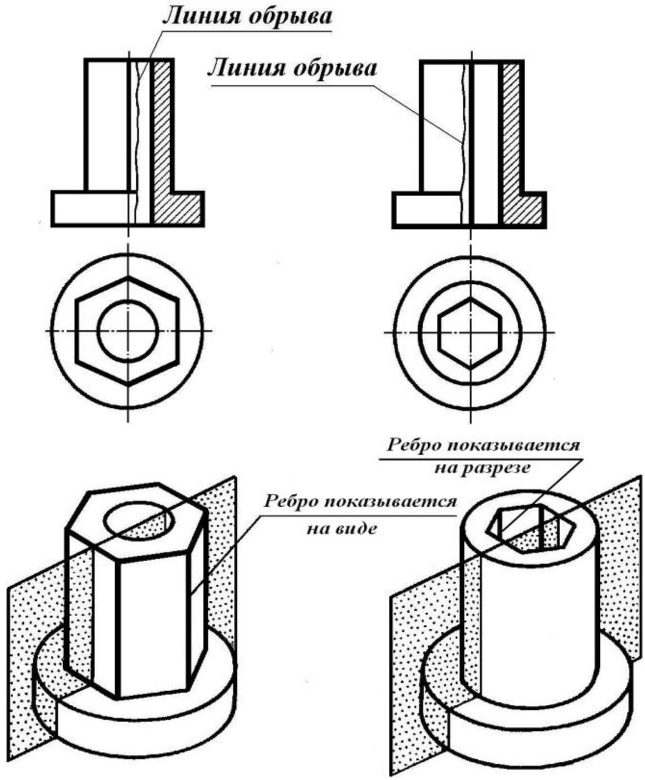


Рис. 361.

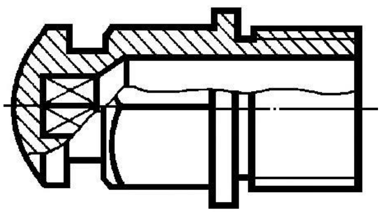


Рис.362.

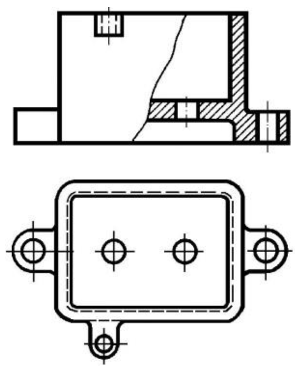


Рис.363.

При изображении несимметричных деталей часть вида от части разреза всегда отделяют волнистой линией (рис. 363).

3. Разделение разреза и вида штрихпунктирной линией, совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, показано на виде слева рисунка 364. Деталь имеет цилиндрическую часть, которая показана в разрезе до оси симметрии.

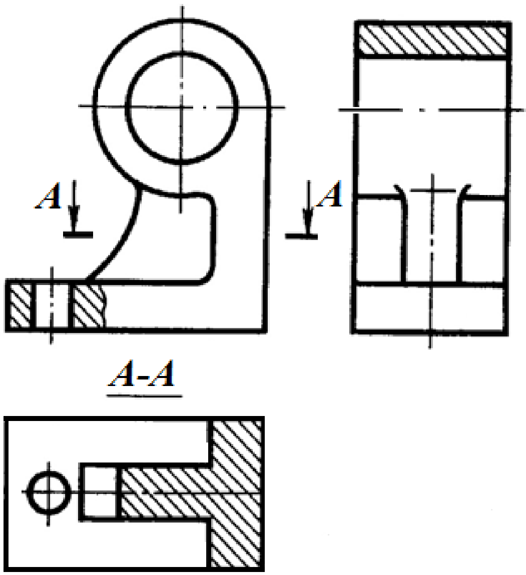


Рис. 364.

Определим основные правила обозначение разрезов. Во всех случаях простых разрезов, выполняемых плоскостью, *не совпадающей с плоскостью симметрии предмета*, а также сложных разрезов положение секущих плоскостей на чертеже указывают линией сечения. При простом разрезе указывают только начальный и конечный штрихи разомкнутой линии (рис. 346-353).

При сложном разрезе штрихи проводят также у перегибов линии сечения, указывая тем самым границы всех секущих плоскостей (рис. 357, 358, 365, *а, б*). Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения или каких-либо других линий чертежа.

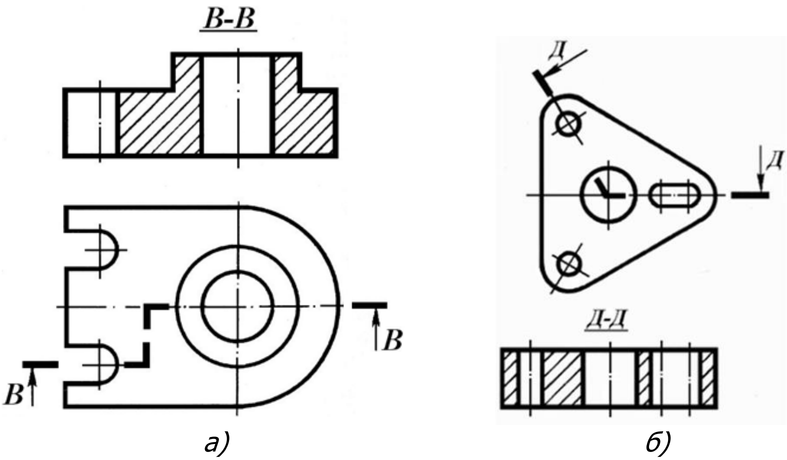


Рис. 365.

В случае, когда на чертеже указаны линии сечения для нескольких сложных разрезов и существует опасность в их разночтении, буквы ставят также у перегибов линии сечения.

Во всех случаях буквы пишут параллельно основной надписи, независимо от наклона линии сечения, с наружной стороны углов, образованных линией сечения и стрелкой.

Если *секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом*, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, то положение секущей плоскости не указывают и разрез надписью не сопровождают (рис. 350, *а*, 352,*а*, 353, *а*, 359, 360).

Сечения, входящие в разрез или имеющие самостоятельное значение, выделяют штриховкой, позволяющей графически указать материал, из которого изготовлена деталь. Условные графические обозначения материалов в сечениях и правила их нанесения на чертежах всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.306—68. Цветные, черные *металлы* и их сплавы обозначают в сечениях штриховкой тонкими параллельными прямыми толщиной от S/3 до S/2 под углом 45° к линиям рамки чертежа (рис.366).

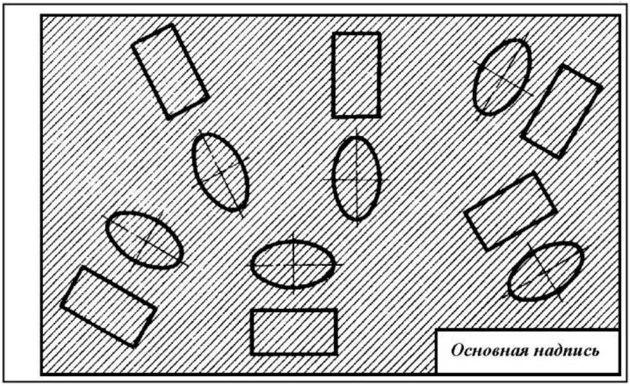


Рис. 366.

Если линии штриховки при этом совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, берут угол 30 или 60° (рис. 367).

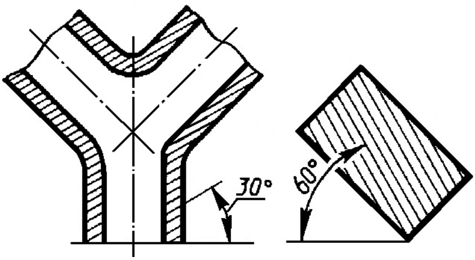


Рис. 367.

Линии штриховки наносят с наклоном влево или вправо, но в одну сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали. Расстояния, между ними (частота) должны быть одинаковыми на всех выполняемых в одном масштабе сечениях данной детали. Их выбирают в пределах от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений. При больших площадях сечений штриховку выполняют лишь у контура узкой полоской равномерной ширины (рис. 368). Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных и других подобных деталей), ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную часть — небольшими участками в нескольких местах (рис. 369).

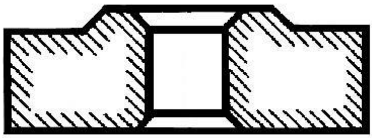


Рис. 368.

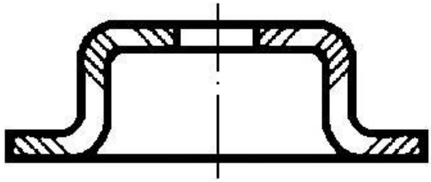


Рис. 369.

Структурно-логические схемы приведены на рис. 370 и 371.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

Задание 1. Читайте текст, выпишите в тетрадь новые слова, запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Что называется разрезом?
2. Для чего выполняется разрез?
3. Как называются разрезы, полученные с помощью одной секущей плоскости?
4. Как называются разрезы, полученные с помощью нескольких секущих плоскостей?
5. Какая разница между простым и сложным разрезом?
6. Как классифицируются разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно плоскостей проекций?
7. Как отмечается на чертеже положение секущей плоскости?
8. В каком случае на чертеже применяют соединение части вида и части разреза?
9. В каком случае границей между видом и разрезом служит осевая линия?
10. В каком случае границей между видом и разрезом служит сплошная волнистая линия?
11. Что называется сечением?
12. Какие виды сечений Вы знаете?
13. В чём различие между разрезом и сечением?

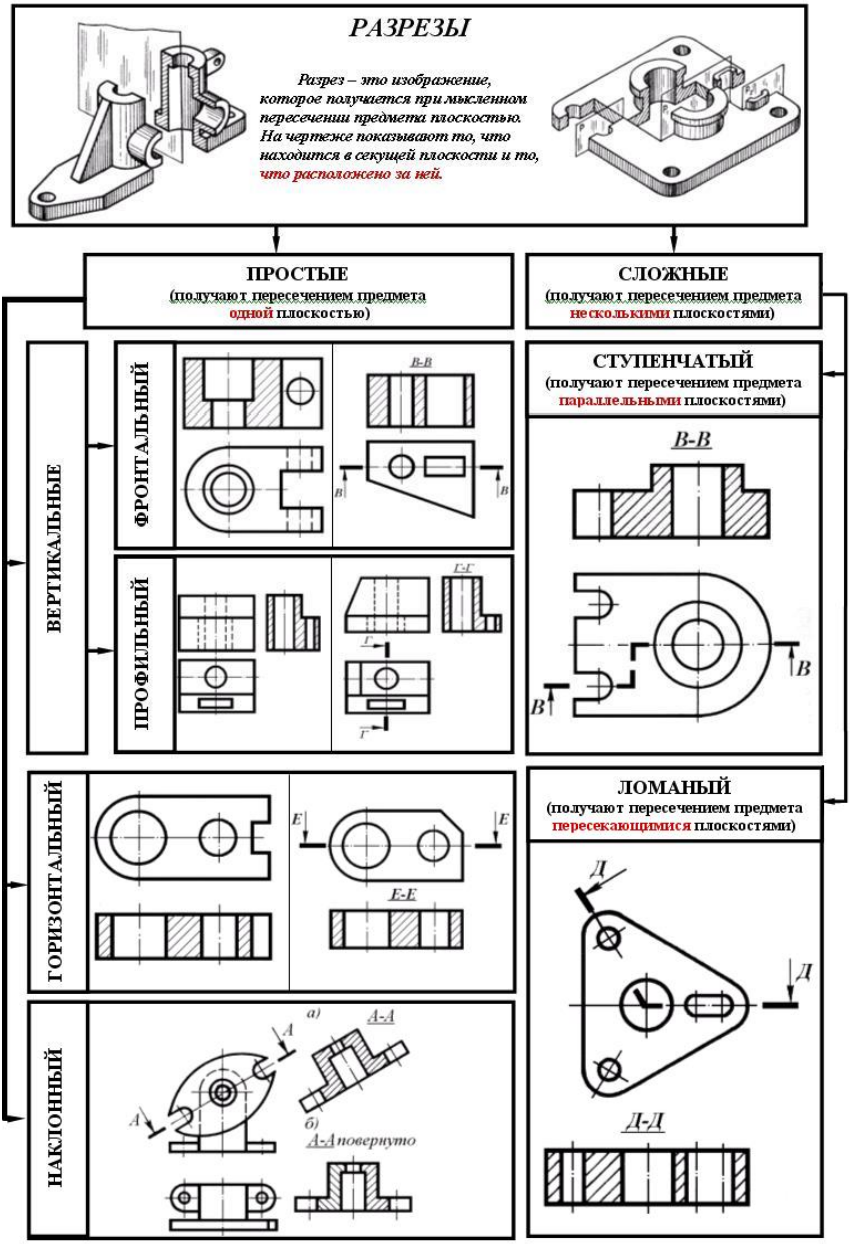


Рис. 370. Структурно-логическая схема «Разрезы».

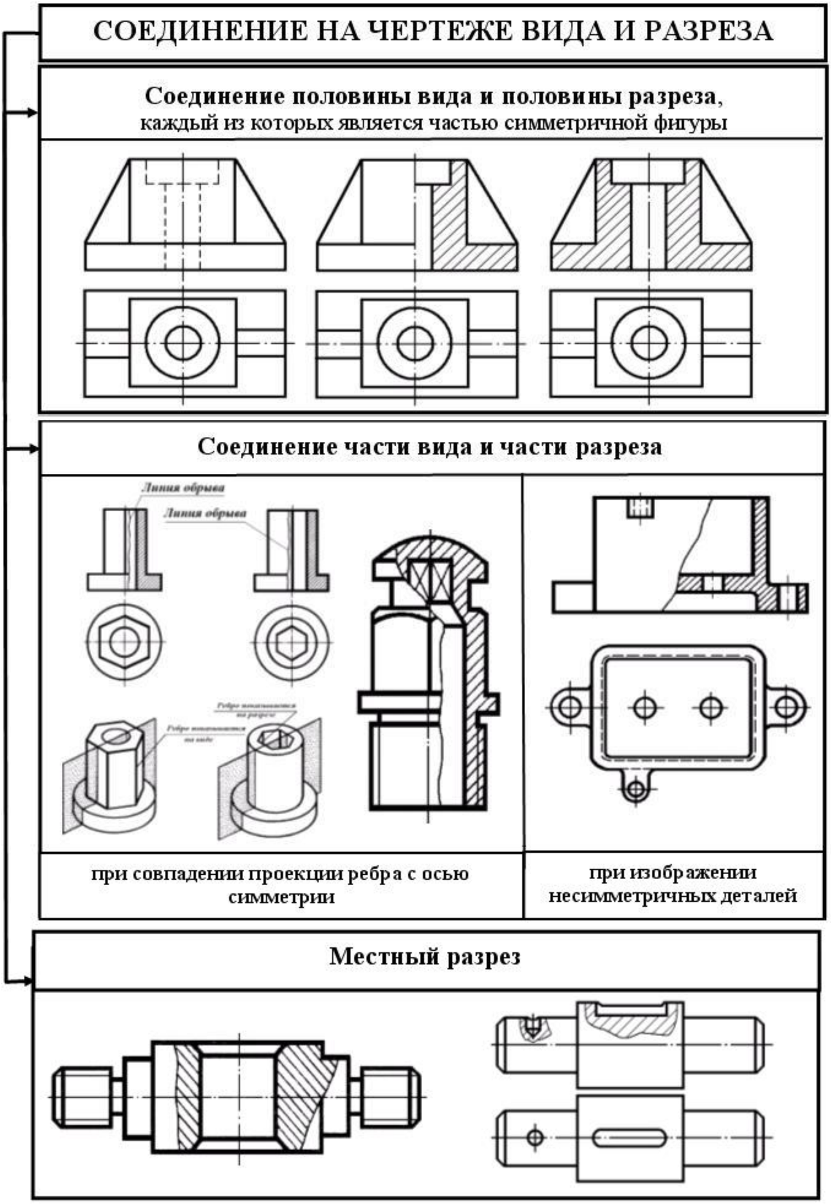
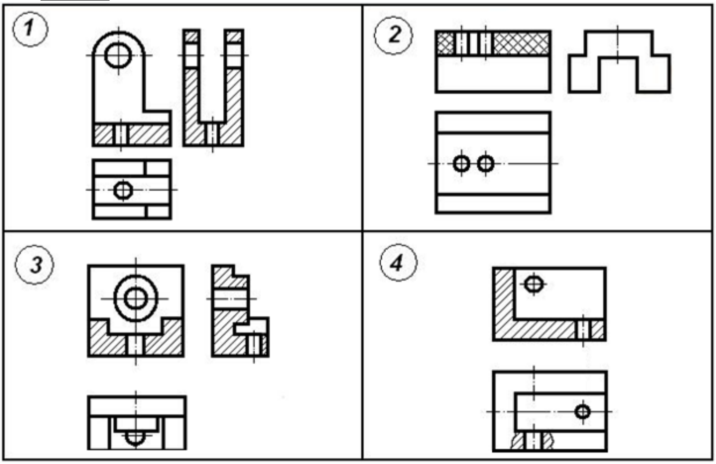


Рис. 371. Структурно-логическая схема «Разрезы».

Задание 3. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.

Тест1.



1. Сколько фронтальных разрезов показано на всех рисунках …

А. 1 **Б.** 2 **В.** 3 **Г.** 4 **Д.** 0

2. Местный разрез показан на рисунке …

А. 1 **Б.** 2 **В.** 3 **Г.** 4 **Д.** Такого рисунка нет.

3. Соединение части фронтального разреза и части вида можно использовать на рисунке …

А. 1 **Б.** 2 **В.** 3 **Г.** 4 **Д.** Такого рисунка нет.

4. Сколько профильных разрезов показано на всех рисунках …

А. 1 **Б.** 2 **В.** 3 **Г.** 4 **Д.** 0.

5. Обозначить фронтальный разрез надо на рисунке …

А. 1 **Б.** 2 **В.** 3 **Г.** 4 **Д.** Такого рисунка нет.

6. Соединение части профильного разреза и части вида можно использовать на рисунке …

А. 1 **Б.** 2 **В.** 3 **Г.** 4 **Д.** Такого рисунка нет.

7. Обозначить профильный разрез надо на рисунке …

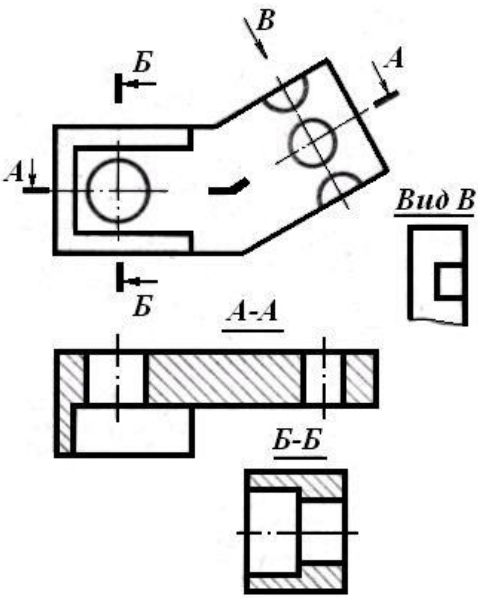
А. 1 **Б.** 2 **В.** 3 **Г.** 4 **Д.** Такого рисунка нет.

8. Неметаллическая деталь показана на рисунке …

А. 1 **Б.** 2 **В.** 3 **Г.** 4 **Д.** Такого рисунка нет.

Пример записи ответа: 1- А, 2- В и т.д.

<u>Тест 2.</u>



1. Изображение, обозначенное буквами *А—А,* – это…
А. Сечение. **Б.** Дополнительный вид. **В.** Профильный разрез. **Г.** Ломаный разрез. **Д.** Вид спереди.

2. Изображение, обозначенное буквами *Б—Б,* – это…
А. Сечение. **Б.** Дополнительный вид. **В.** Профильный разрез. **Г.** Ломаный разрез. **Д.** Вид спереди.

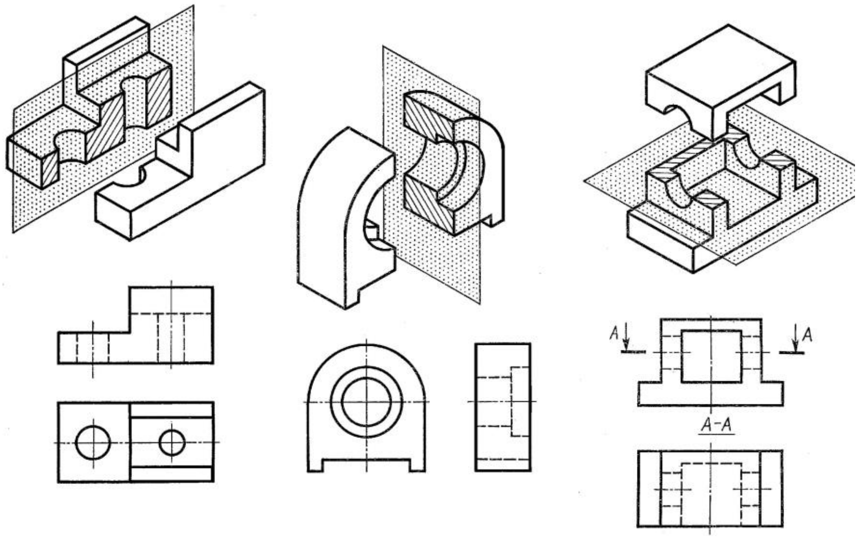
3.Изображение, обозначенное буквой *В,* – это…
А. Сечение. **Б.** Дополнительный вид. **В.** Профильный разрез. **Г.** Ломаный разрез. **Д.** Вид спереди.

4. Изображение, которое на чертеже не обозначено, – это…
А. Сечение. **Б.** Дополнительный вид. **В.** Профильный разрез. **Г.** Ломаный разрез. **Д.** Вид спереди.

5. Изображение, в обозначение которого необходимо добавить слово «*повёрнуто*», – это…
А. Сечение. **Б.** Дополнительный вид. **В.** Профильный разрез. **Г.** Ломаный разрез. **Д.** Вид спереди.

Пример записи ответа: 1- Б, 2- Д и т.д.

Задание 4. Постройте разрезы.
4.1. Фронтальный. 4.2. Профильный. 4.3. Горизонтальный.



3.4. Наглядные изображения

ЗАПОМНИТЕ! Практические приемы построения *наглядных изображений* — **аксонометрических проекций** и технических рисунков — основаны на теории аксонометрических и перспективных проекций.

Приемы получения аксонометрических проекций, основанные на параллельном проецировании предмета вместе с осями прямоугольных координат на плоскость, изучались ранее.

Наглядные изображения имеют большое значение, когда трудно представить сложную конструктивную форму предмета. Мы уже рассматривали способы построения аксонометрических проекций моделей и деталей, а именно прямоугольной изометрической проекции, которая отличается наилучшей наглядностью, передает форму предмета с наименьшими искажениями, наиболее проста и удобна в построении.

3.4.1. Разрезы в аксонометрии

Большинство машиностроительных деталей имеет сложную внутреннюю форму. Для выявления внутренней формы детали или внутреннего устройства сборочной единицы при выполнении их аксонометрических проекций применяют вырез. Он получается путем условного рассечения детали двумя плоскостями, параллельными координатным плоскостям, и условного удаления части детали, расположенной между ними.

Сечения штрихуют для усиления наглядности изображения и выявления формы рассеченной части. Линии штриховки наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рис. 372).

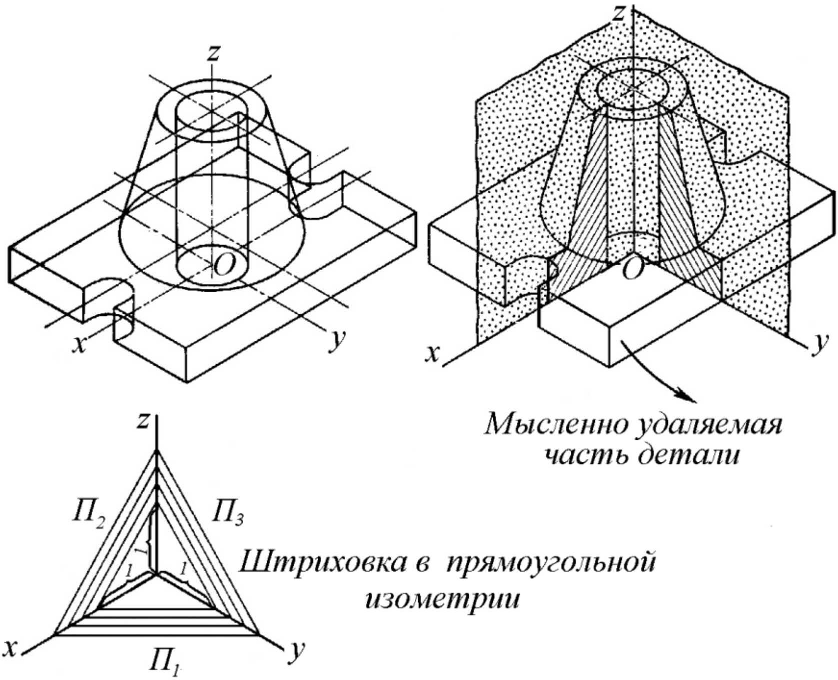


Рис. 372.

В аксонометрических проекциях при выполнении вырезов **ребра жесткости**, **тонкие стенки** и подобные элементы деталей, вдоль которых проходит секущая плоскость, **штрихуют** (рис. 373).

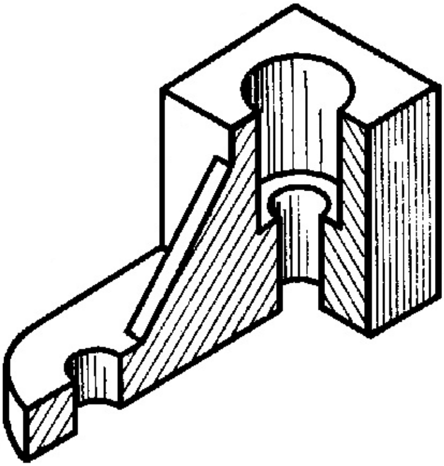


Рис. 373.

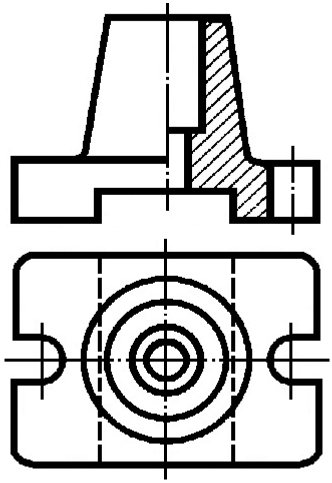


Рис. 374.

Один из способов (четвертый способ) построения аксонометрической проекции применяют в тех случаях, когда выполняют вырез для выявления внутренней формы изделия. При этом сечения используют как основу для построения аксонометрической проекции детали.

Применение этого способа показано на примере построения аксонометрической проекции детали, чертёж которой показан на рис. 374.

После анализа формы детали построение выполняют в такой последовательности:

1) строят аксонометрические оси и тонкими линиями очертания фигур сечений в плоскостях *xOz* и *zOy* по размерам, взятым на чертеже (рис. 375, *а*);

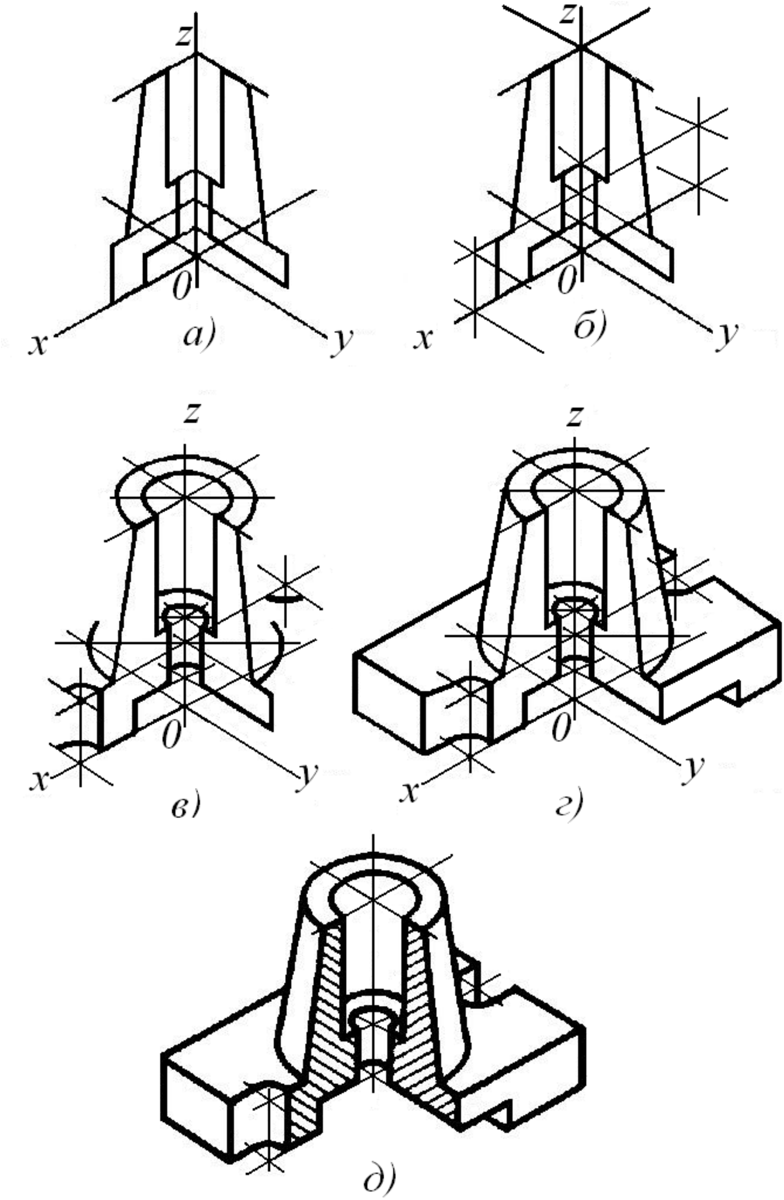


Рис. 375.

2) намечают положения центров эллипсов — изображений окружностей, входящих в контур поверхности детали (рис. 375, *б*);

3) строят эллипсы или их части (рис. 375, *в*);

3) проводят все прямые очерковые линии контура (рис. 375, *г*);

4) штрихуют сечения и обводят изображение сплошными основными линиями (рис. 375, *д*).

3.4.2. Эскизы

ЗАПОМНИТЕ! *Эскиз* - это чертеж, выполненный от руки с соблюдением глазомерно пропорций всех элементов изделия на изображении и общих правил выполнения чертежей.

Эскизы выполняют при проектировании новых изделий, реконструкции и ремонте существующих изделий, а также в учебной практике. Основное достоинство эскизов — быстрота выполнения.

Процесс выполнения эскиза состоит из следующих основных этапов:

1) подготовительный;

2) размещение и вычерчивание изображений;

3) нанесение размеров;

4) проверка, выполнение всех надписей и окончательное оформление эскиза.

Подготовительный этап заключается в следующем:

а) изучаем и анализируем форму детали, мысленно расчленяем ее на составляющие элементы, определяем назначение каждого элемента и связи с другими элементами;

б) определяем количество и состав изображений (видов, разрезов, сечений), необходимых для полного отображения на чертеже наружной и внутренней формы детали (модели); выбираем главное изображение. При этом помним, что главное изображение должно содержать наибольшую информацию об устройстве детали;

в) подготавливаем лист бумаги и определяем, как (горизонтально или вертикально) следует располагать большую его сторону для выполнения эскиза; эскизы можно выполнять на любой бумаге, но для учебных эскизов рекомендуется применять бумагу в клетку или миллиметровую бумагу формата А4 или А3.

При выполнении эскиза (и чертежа) учитывается положение детали в сборочной единице или положение детали при изготовлении.

Графическую работу (2-й этап) выполняем в такой последовательности:

а) на листе бумаги вычерчиваем рамку и прямоугольник для основной надписи, затем наносим тонкими линиями габаритные прямоугольники изображений, соблюдая проекционную связь, при этом между ними оставляем достаточные промежутки для нанесения размеров; работу выполняют карандашом марки "Т" или "ТМ";

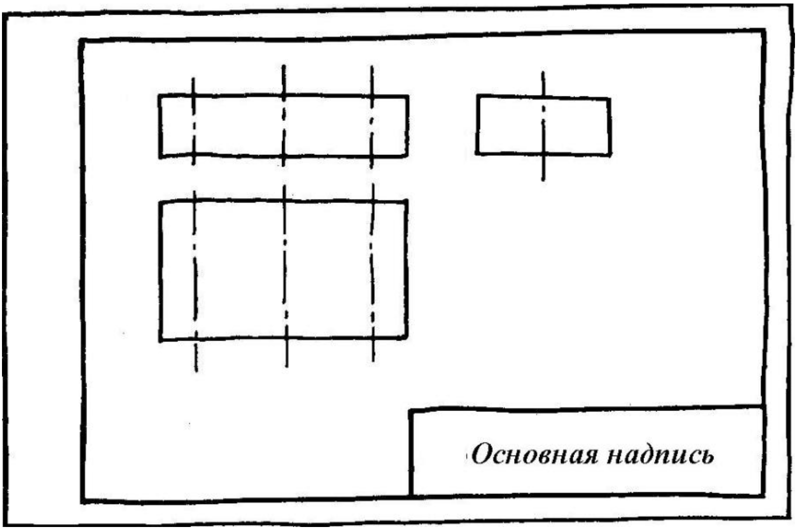
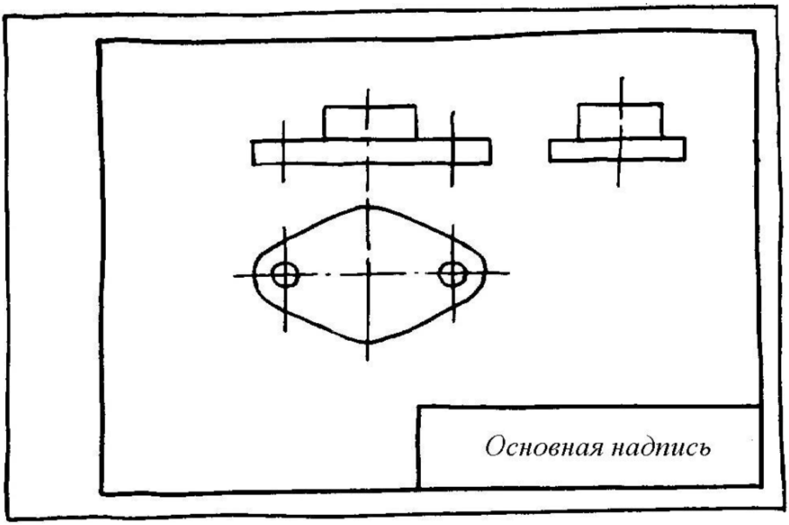


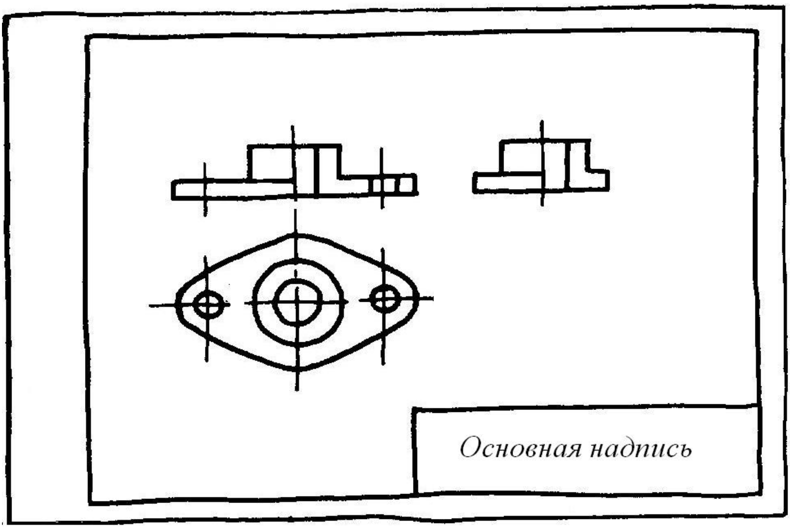
Рис. 376, *а*.

б) внутри габаритных прямоугольников проводим оси симметрии (если деталь симметрична), центровые и осевые линии; оси проводят тонкими штрихпунктирными линиями (рис. 376, *а*);

в) тонкими линиями чертим видимый контур основных элементов детали и линии невидимого контура; каждый элемент вычерчиваем одновременно на всех изображениях, соблюдая проекционную связь, чтобы не допустить ошибок (рис. 376, б);

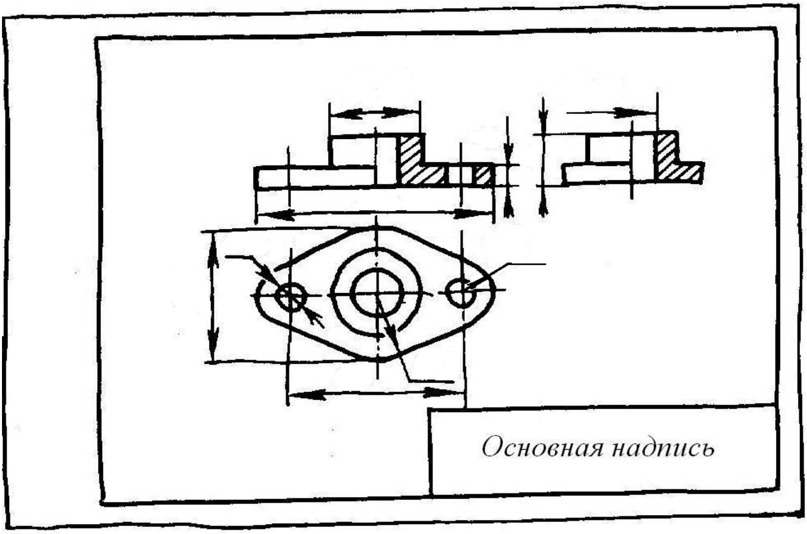


б)

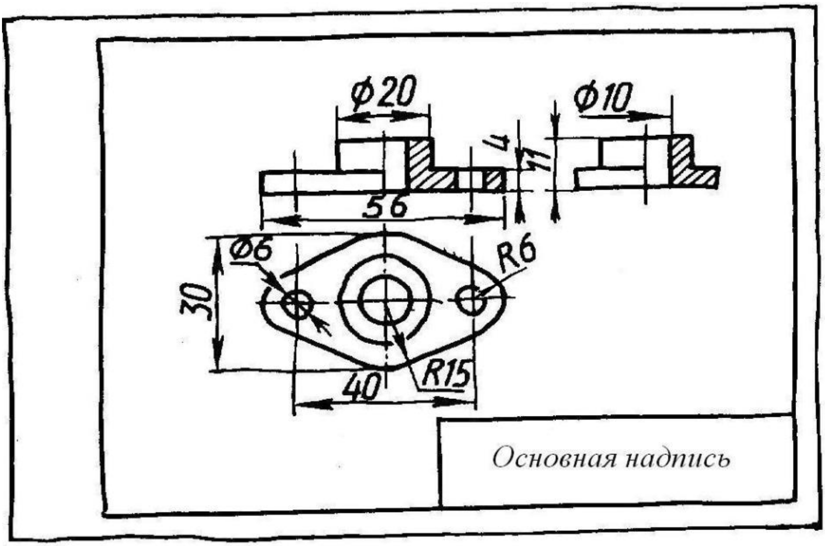


в)

Рис. 376.


Основная надпись

г)


Ф20
Ф10
4
11
56
Ф6
R6
30
R15
40
Основная надпись

д)

Рис. 376.

г) выполняем необходимые разрезы и сечения, при этом ненужные линии видимого контура убираем резинкой;

д) проверяем построения и, убедившись в их правильности или внеся исправления, обводим изображения, выполняем штриховку сечений и разрезов.

3-й этап (нанесение размеров) включает следующие операции:

а) намечаем размерные базы и проводим выносные и размерные линии для размеров, определяющих величину каждого элемента детали и расстояние от него до базы; чтобы исключить пропуски размеров рекомендуется сначала нанести все размерные линии по длине детали, затем по высоте, показать диаметры всех окружностей, радиусы дуг и так далее; размерные линии нужно распределять равномерно по всем проекциям, но при этом помнить, что размеры, относящиеся к одному и тому же элементу детали, надо концентрировать в одном месте и на том изображении, на котором данный элемент показан наиболее четко (рис. 376, *г*);

б) обмеряем деталь, корректируем и сопоставляем размеры, полученные обмером, с рекомендуемыми (из таблицы размерных рядов) и наносим на эскиз рекомендуемые размерные числа, но близкие к измеренным;

в) обозначаем в соответствии с правилами разрезы, сечения, местные виды и выносные элементы.

4-й этап. Проверяем эскиз, вносим исправления, если находим ошибки, обводим чертёж карандашом марки "М", убираем резинкой все лишние линии, заполняем основную надпись (рис. 376, *д*).

Общая последовательность выполнения эскизов для всех деталей одинакова.

ВЫПОЛНИТЕ ЗАДАНИЯ

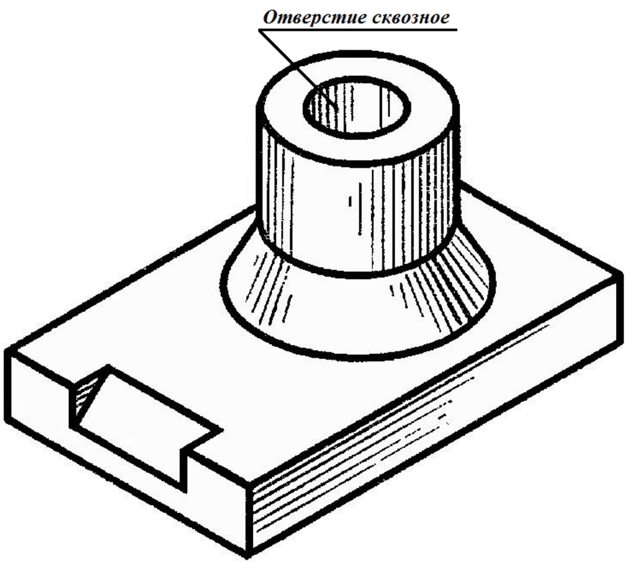
Задание 1. Ответьте на вопросы.

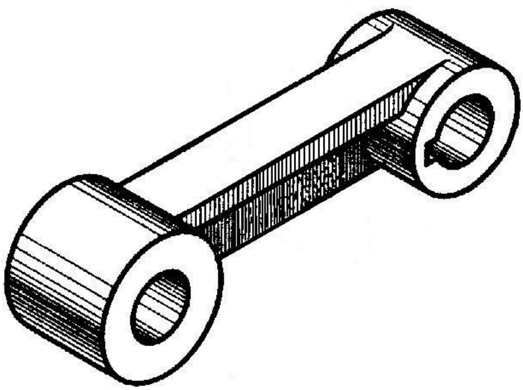
1. В какой последовательности выполняется разрез в аксонометрии?

2. Что называется эскизом?

3. В какой последовательности выполняют эскизы?

Задание 2. На бумаге в клеточку или на миллиметровой бумаге выполните эскизы деталей. Сделайте необходимые разрезы, сечения.


Отверстие сквозное



ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

стр.14: 1- Г, В, Б; 2- А, А, Д; 3 – Ж, А, В; 4 – 3, А, Ж .

стр.23-24: 1 – Г, 2 – В, 3 – В, 4 – Б, 5 – В, 6 – Г, 7 – В, 8 – В, 9 - А, 10 - Г.

стр. 40-42: 1 – Б, 2 – А, 3 – А, 4 – В, 5 – В, 6 – Б, 7 – Г, 8 – В, 9 - В, 10 - В, 11 - В, 12- Б, 13 - Г.

стр.45-46: 1 – А, 2 – В, 3 – Б, 4 – В, 5 – Б, 6 – В, 7 – В, 8 – В.

стр. 105-106: 1 – А, 2 – В, 3 – А, 4 – В, 5 – Б, 6 – А, 7 – В, 8 – Г.

стр. 115: 1 – Д, 2 – А, 3 – В, 4 – Б, 5 – Д, 6 – Г, 7 – Б, 8 – Г.

стр. 152-153: 1 – В, 2 – Б, 3 – Б, 4 – А, 5 – Г, 6 – Д, 7 – Д, 8 – Г.

стр. 222: 1 – Д, 2 – Б, 3 – В, 4 – Д, 5 – Г, 6 – Г, 7 – Б, 8 – Д.

стр. 223: 1 – В, 2 – А, 3 – А, 4 – Б, 5 – Б, 6 – Г, 7 – В, 8 – А.

стр. 271: 1 – Г, 2 – Г, 3 – В, 4 – Б, 5 – В, 6 – А, 7 – А, 8 – Б.

стр. 272: 1 – Г, 2 – В, 3 – Б, 4 – Д, 5 – Б.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из условий успешного овладения техническими знаниями является умение правильно читать чертежи, знание приемов и правил их выполнения и оформления, владение навыками правильного практического применения основных положений и методов начертательной геометрии, в которой представлена система ортогональных и аксонометрических проекций, как основа различных способов графического изображения на плоскости пространственных объектов.

Теоретический материал и практические задания, представленные в пособии, ориентированы на определенный результат, который выражен в формируемых компетенциях, а также на преодоление трудностей, возникающих при восприятии и осмыслении технической терминологии, представленной на русском языке как иностранном, на комплексное развитие предметно специфических умений и навыков, основ графической культуры.

Систематическое использование пособия в учебном процессе и регулярная самостоятельная работа с его материалами позволит иностранным слушателям не только вспомнить начальные сведения по геометрическому черчению, основам начертательной геометрии и проекционному черчению, но и изучить терминологию на русском языке, освоить способы построения изображения пространственных геометрических тел и предметов на плоском чертеже, определять положение и проекции точек, принадлежащих поверхности геометрических тел, строить линии пересечения тел плоскостью, что необходимо при конструировании различных деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазурова И.И. Казакова Т.Б. Черчение: учебное пособие для иностранных учащихся - слушателей подготовительных отделений вузов. – 2-е изд., перераб. - М.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
2. Пекшева И.В. Учебное пособие по черчению. Вводный курс. - М.: Изд-во МГУ, 1990. – 116 с.
3. Калашникова С.Б. Инженерная графика. Проекции плоской фигуры. Учеб. пособие для иностранных студентов довузовской подготовки. -Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2007. -52 с.
4. Калашникова С.Б. Инженерная графика. Основные правила выполнения чертежей: Учеб. пособие для иностранных студентов предвузовской подготовки. -Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2012. -47 с.
5. Калашникова С.Б. Инженерная графика. Изображения - виды, сечения и разрезы: Учеб. пособие для иностранных студентов предвузовской подготовки. -Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2011. -48 с.
6. Калашникова С.Б. Инженерная графика. Геометрические построения: учебно-методическое пособие для иностранных слушателей дополнительных общеобразовательных программ. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2015. - 40 с.
7. Калашникова С.Б. Структурно-логические схемы по курсу «Инженерная графика»: метод. указания для иностранных обучающихся предвузовской подготовки. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2012. - 24 с.