

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет среднего профессионального образования

Кожухова Н.Ю.

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

(Часть I)

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся  
по специальностям среднего профессионального образования

БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ, 2018

УДК 74 (07)  
ББК 30.11  
К 58

Кожухова, Н.Ю. Инженерная графика: методические указания для самостоятельной работы обучающихся по специальностям среднего профессионального образования / Н.Ю. Кожухова. Ч. 1. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2018. – 88 с.

В методических указаниях изложен материал по теоретическому курсу проекционного черчения, приведены примеры выполнения самостоятельных заданий по данному разделу инженерной графики.

Пособие предназначено для студентов средних профессиональных учебных заведений, обучающихся по специальностям 20.02.04 Пожарная безопасность, 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, 35.02.06 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства.

Рецензент: доктор технических наук, проф. А.М. Михальченков.

*Рекомендовано к изданию ЦМК общепрофессиональных дисциплин факультета среднего профессионального образования Брянского ГАУ, протокол №3 от 07.12. 2017 года.*

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2018  
© Кожухова Н.Ю., 2018

## Содержание

	Введение	4
Раздел 1	Геометрическое черчение	6
Тема 1.1	Основные сведения по оформлению чертежей	6
	Правила оформления чертежей	6
	Форматы чертежей ГОСТ 2.301-68	6
	Масштабы	6
	Линии чертежа ГОСТ 2.303-68	7
	Основные надписи	10
	Сведения о стандартных шрифтах, конструкциях букв и цифр	12
Тема 1.2	Шрифт чертежный	15
Тема 1.3	Геометрическое черчение	17
	Уклон и конусность	17
	Сопряжение	18
	Деление окружности на равные части	22
	Вычерчивание комплексных чертежей плоских многоугольников	24
	Нанесение размеров	25
	АксонOMETрические проекции плоских многоугольников	32
Раздел 2	Проекционное черчение	37
Тема 2.1	Методы и приемы проекционного черчения	37
	Проецирование точки, прямой, плоскости, геометрических тел.	37
	АксонOMETрические проекции точки, прямой, плоскости, геометрических тел	
	Построение комплексного чертежа геометрических тел с нахождением проекций точек, принадлежащих проекции тел	46
Тема 2.2	Сечение геометрических тел плоскостью	55
	Сечение геометрических тел плоскостью. Определение натуральной величины фигуры сечения	55
Тема 2.3	Проецирование модели	62
	Комплексный чертеж модели чтение чертежей моделей	62
	Построение третьей проекции модели по двум заданным	76
	Моделирование формы предмета	77
Тема 2.4	Техническое рисование	82
	Техническое рисование	82

## ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Инженерная графика» является расширение знаний по проектно-конструкторской деятельности.

При изучении данной дисциплины происходит знакомство с базовыми положениями ЕСКД и ГОСТами СПДС, формирует умение, и навыки для изложения технической мысли с помощью чертежа. Знакомит с понятиями проекционного черчения объектов машиностроения и строительства, обязательными для прочного усвоения последующих дисциплин и практического использования полученных знаний в решении разнообразных инженерно-геометрических задач.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать** виды нормативно-технической и производственной документации; правила чтения конструкторской и технологической документации; способы графического представления объектов, пространственных образов и схем; требования государственных стандартов Единой системы конструкторской документации, Единой системы проектной документации для строительства и Единой системы технологической документации; правила выполнения чертежей, технических рисунков, эскизов и схем; технику и принципы нанесения размеров; типы и назначение спецификаций, правила их чтения и составления.

**Уметь** читать рабочие, сборочные и строительные чертежи и схемы по профилю специальности; выполнять эскизы, технические рисунки и чертежи деталей, их элементов, узлов; выполнять графические изображения схем проведения аварийно-спасательных работ.

Для достижения этой цели обучающийся должен использовать законы, методы и приемы технического черчения, основанные на следующих нормативных документах:

- ГОСТ 2.301-68 «Форматы»,
- ГОСТ 2.302-68 «Масштабы»,
- ГОСТ 2.303-68 «Линии»,
- ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные»,
- ГОСТ 2.104-68 «Основные надписи»,
- ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам»,
- ГОСТ 2.305-68 «Изображения – виды, разрезы, сечения»,
- ГОСТ 2.307 68 «Нанесение размеров и предельных отклонений»,
- ГОСТ 2.317-69 «АксонOMETрические проекции»,
- ГОСТ 2.306-68 «Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах»,
- ГОСТ 2.311-68 «Изображение резьбы»,

ГОСТ 2.312-72 «Условные изображения и обозначения швов сварных соединений»,

ГОСТ 2.108-68 «Спецификация»,

ГОСТ 2.109-73 «Основные требования к чертежам»,

ГОСТ 2.001- 93 «Общие положения»,

ГОСТ 2.101-68 «Виды изделий»,

ГОСТ 2.102-68 «Виды и комплексность конструкторских документов»,

ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам»,

ГОСТ 21.101-97 «Основные требования к проектной и рабочей документации»,

ГОСТ 21.501-93 «Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей»,

ГОСТ 21.205-93 «Условно-графические обозначения элементов систем»,

ГОСТ 2.410-68 «Правила выполнения чертежей металлических конструкций».

## РАЗДЕЛ 1. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

### Тема 1.1 Основные сведения по оформлению чертежей

#### ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

Все чертежи выполняются согласно требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к выполнению чертежей оговорены в ЕСКД ГОСТ 2.109-73. Настоящий стандарт устанавливает основные требования к выполнению чертежей, деталей, сборочных, габаритных и монтажных на стадии разработки рабочей документации для всех отраслей промышленности.

Выполнение чертежа начинается с выбора формата, масштаба, типа линий и т.п.

#### ФОРМАТЫ ЧЕРТЕЖЕЙ ГОСТ 2.301-68

Формат с размерами сторон 1189 x 841 мм, площадь которого равна 1 м<sup>2</sup>, и другие форматы, получаемые путем последовательного деления его на две равные части, параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

Обозначение и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в таблице 1.

Таблица 1 - Обозначение и размеры сторон форматов

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

При необходимости допускается применять формат A5 с размерами сторон 148 x 210 мм.

Допускается применение дополнительных форматов образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину кратную их размерам.

Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности, например, A0 x 2, A4 x 8 и т.д.

Внутри внешней рамки каждый чертеж оформляется рамкой рабочего поля, которая вычерчивается сплошной толстой линией на расстоянии 20мм от левой стороны формата, необходимая для подшивки листов конструкторского документа, и 5мм с других трех сторон формата.

## МАСШТАБЫ

После определения рабочего поля чертежа в зависимости от сложности и величины изделия изображение на чертеже выполняют в соответствующем масштабе, установленных ГОСТ 2.302-68.

**Масштаб** - это отношение размеров изображенного на чертеже предмета к его действительным размерам.

ГОСТ 2.302-68 предусматривает следующие масштабы (таблица 2).

Таблица 2 - Стандартные ряды масштабов

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

При проектировании генеральных планов крупных объектов допускается применять масштабы 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

Выбранный масштаб должен обеспечить четкое изображение изделия и его конструктивных элементов.

Предпочтительным является масштаб 1:1.

Масштаб изображений указывается в соответствующей графе основной надписи чертежа по типу: *1:1*; *1:2*; *2:1* и т.д.

Если масштаб какого-либо изображения на чертеже отличается от указанного в основной надписи, то его обозначение размещают над соответствующим изображением по типу: *(1:1)*; *(1:2)*; *(2:1)*.

## ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА ГОСТ 2.303-68




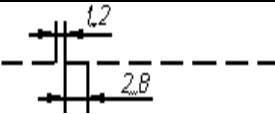
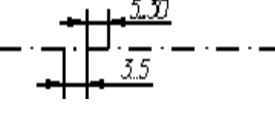
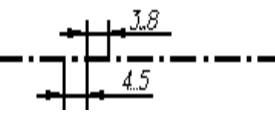


Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий установлены ГОСТ 2.303-68 и должны соответствовать указанным в таблице 3.

Все видимые контуры изделия выполняются сплошной толстой – основной линией. Толщина сплошной линии *S* должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

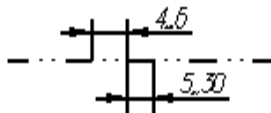
На учебных чертежах сплошную толстую основную линию выполняют толщиной **0,8...1 мм**.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Таблица 3 - Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий

№ п.п.	Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
	2	3	4	5
	Сплошная толстая основная		S	Линия видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
	Сплошная тонкая		От S/3 до S/2	Линия контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии - выноски Полки линий - выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей ("обстановка") Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
	Сплошная волнистая		От S/3 до S/2	Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
	Штриховая		От S/3 до S/2	Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
	Штрих - пунктирная тонкая		От S/3 до S/2	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
	Штрих - пунктирная утолщенная		От S/2 до 2S/3	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью
	Разомкнутая		От S до 1,5 S	Линии сечений
	Сплошная тонкая с изломами		От S/3 до S/2	Длинные линии обрыва



	Штрих - пунктирная с двумя точками тонкая		От S/3 до S/2	Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделия в крайних или промежуточных положениях Линии для изображения развертки совмещенной с видом
--	---	---	---------------	---

Толщины всех других типов линий зависят от толщины сплошной толстой основной линии, принятой на данном чертеже. Толщина разомкнутой линии должна быть в 1,5 раза толще основной линии, а все остальные линии – в 2 или 3 раза тоньше основной линии.

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения. Штрихи в линии должны быть приблизительно одинаковой длины. Промежутки между штрихами в линии должны быть приблизительно одинаковой длины. Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами. Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметры окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм.

### Графическая работа №1



Выполнить графическую работу №1 в соответствии с данным изображением. Работу выполнять на листе формата А4, размеры не проставлять.



в графе 4 - литеру, присвоенную документу (графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки);

Допускается для изделий народнохозяйственного назначения в рабочей конструкторской документации литеру проставлять только в спецификациях и технических условиях;

в графе 5 - массу изделия по ГОСТ 2.109-73;

в графе 6 - масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302-68 и ГОСТ 2.109-73);

в графе 7 - порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

в графе 8 - общее количество листов (графу заполняют только на первом листе);

в графе 9 - наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ (графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа);

в графе 10 - характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами рисунок 1 и рисунок 2. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: "Начальник отдела", "Начальник лаборатории", "Расчитал";

в графе 11 - фамилия лиц, подписавших документ;

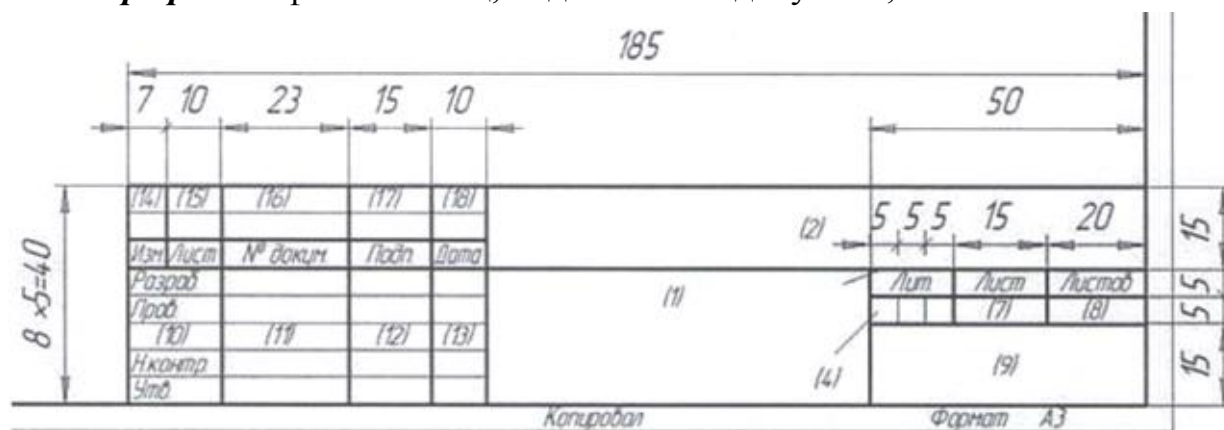


Рисунок 2 – Основная надпись для текстовых конструкторских документов (первый лист)

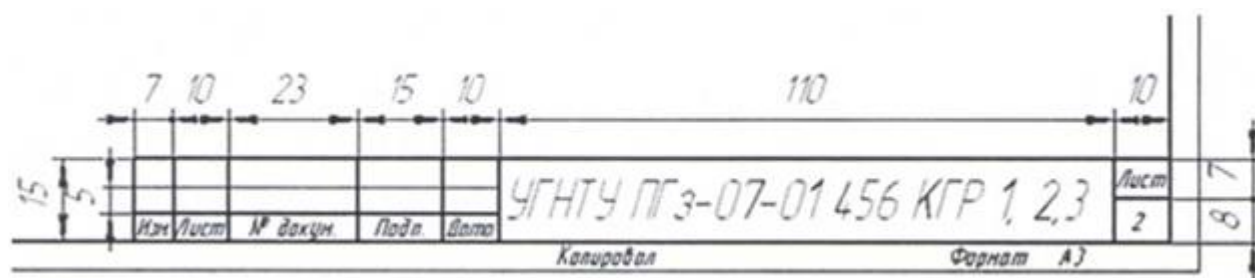


Рисунок 3 – Основная надпись для текстовых конструкторских документов (второй и последующие листы)

**в графе 12** - подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственные за нормоконтроль, являются обязательными.

При отсутствии титульного листа допускается подпись лица, утвердившего документ, размещать на свободном поле первого или заглавного листа документа в порядке, установленном для титульных листов по ГОСТ 2.105-79.

Если необходимо на документе наличие визы должностного лица, то их размещают на поле для подшивки первого или заглавного листа документа;

**в графе 13** - дату подписания документа;

**в графе 14 - 18** - графы таблицы изменения, которые заполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503-74.

## СВЕДЕНИЯ О СТАНДАРТНЫХ ШРИФТАХ, КОНСТРУКЦИЯХ БУКВ И ЦИФР

Надписи на чертежах и других конструкторских документах, выполненных от руки должны соответствовать ГОСТ 2.304-81.

Размер шрифта ***h*** - величина определенная высотой прописных букв в миллиметрах.

Высота прописных букв ***h*** измеряется перпендикулярно к основанию строки.

Устанавливаются следующие размеры шрифта: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Они определяются высотой ***h*** прописных букв в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно к основанию строки. Ширина букв ***g*** – наибольшая ширина буквы, которая определяется по отношению к размеру шрифта ***h***, например,  $g=6/10 h$ .

ГОСТ 2.304-81 устанавливает четыре типа шрифта:

1. Тип А без наклона ( $d=h/14$ );
2. Тип А с наклоном около  $75^\circ$  ( $d=h/14$ );
3. Тип Б без наклона ( $d=h/10$ );
4. Тип Б с наклоном около  $75^\circ$  ( $d=h/10$ ).

Тип определяется параметрами шрифта: расстояниями между буквами, минимальный шаг строк, минимальное расстояние между словами и толщина линий шрифта.

Наклон шрифта около  $75^\circ$ .

Шрифт выполняется по размерам, указанным в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Параметры шрифта

Параметры шрифта	Обозначение	Шрифт типа Б ( $d = h/10$ )										
		относительный размер		размеры, мм								
Высота прописных букв	h	$(10/10)h$	10d	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
Высота строчных букв	c	$(7/10)h$	7d	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
Расстояние между буквами	a	$(2/10)h$	2d	0,95	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	$(17/10)h$	17d	3,8	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0	
Минимальное расстояние между словами	e	$(6/10)h$	6d	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0	
Толщина линий шрифта	d	$(1/10)h$	1d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	

Таблица 5 – Числовые значения ширины букв и цифр

Рассматриваемые буквы	Соотношение размеров	Шрифт типа Б					
Высота букв (цифр)	$(10/10)h$	2,5	3,5	5	7	10	14
<b>Прописные</b> Ширина букв и цифр, кроме А, Г, Д, Е, Ж, М, С, Ф, Х, Ц, Ш, Щ, Ы, Ю и цифр 1	$(6/10)h$	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4
Ширина букв А, М, Х, Ы, Ю	$(7/10)h$	1,75	2,4	3,5	4,9	7	9,8
Ширина букв Г, Д, Е, С	$(5/10)h$	1,25	1,7	2,3	3,5	5	7
Ширина букв Ж, Ш, Щ, Ф	$(8/10)h$	2,0	2,8	4	5,6	8	11,2
Ширина 1	$(3/10)h$	0,75	1	1,5	2,1	3	4,2

При выполнении задания необходимо наносить «вспомогательную сетку» для каждой буквы (карандашом Т или 2Т). Шаг вспомогательной линии сетки определяется толщиной линии шрифта  $d$ . Толщина линий шрифта  $d$  меняется в зависимости от высоты прописных букв  $1/10h$  (рисунок 4).

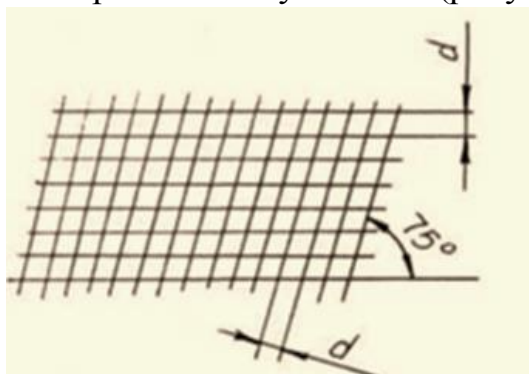


Рисунок 4 – Вспомогательная сетка

При выполнении данного задания можно пользоваться упрощенной сеткой (рисунок 5).

Кроме того стандартом предусматривается форма прописных и строчных букв русского, латинского и греческого алфавита, арабских и римских цифр, различных знаков и правила написания дробей, показателей, индексов и предельных отклонений.

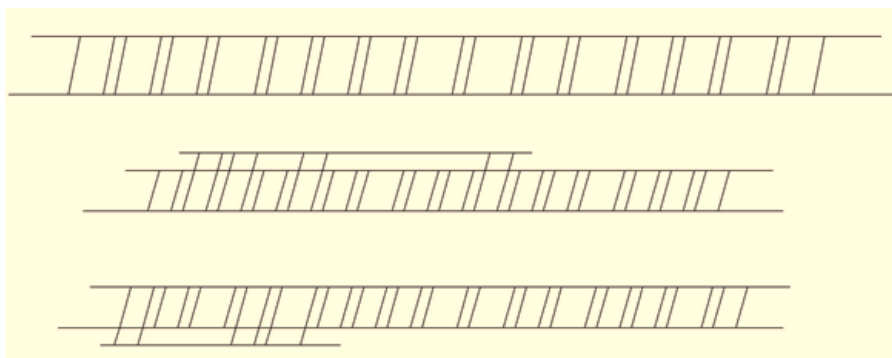


Рисунок 5 – Упрощенная сетка

Правила написания русского шрифта и цифр приведены на рисунке 6.

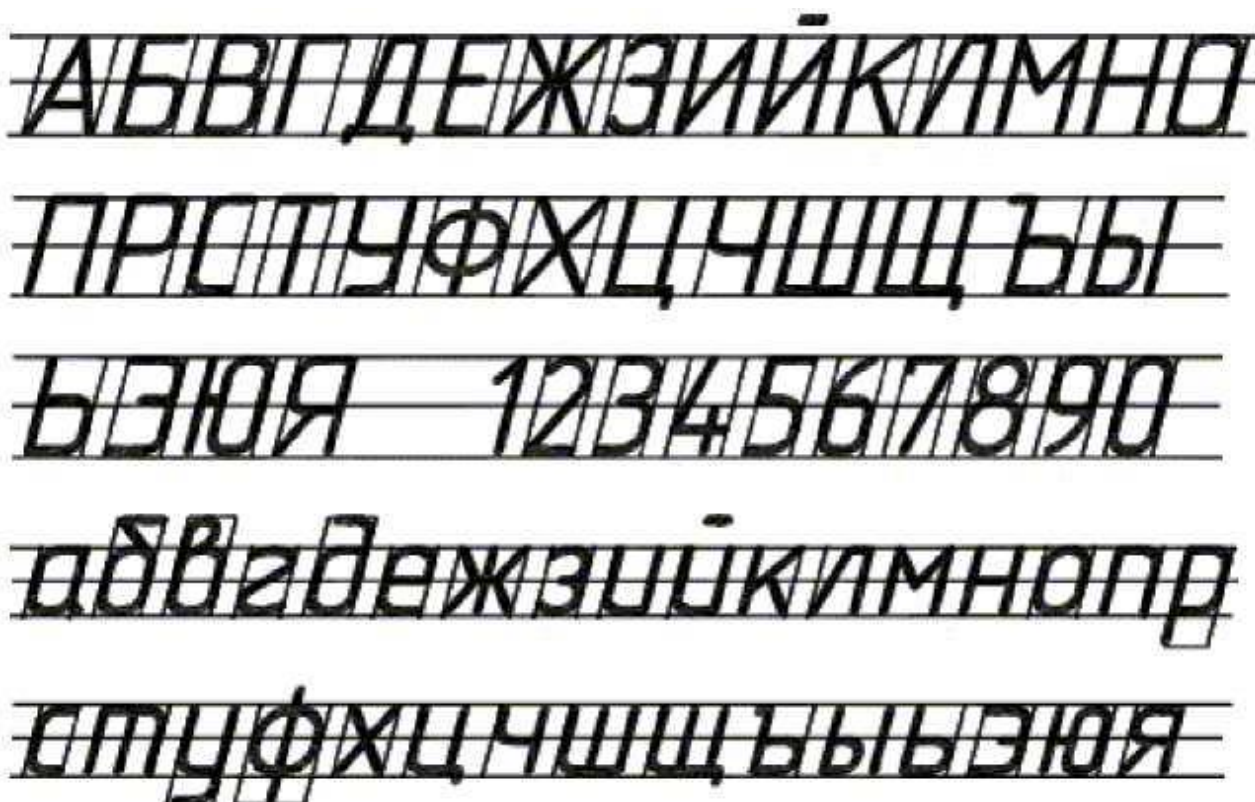


Рисунок 6 – Русский алфавит (шрифт типа Б с наклоном)

## **Тема 1.2 Шрифт чертежный**

- 1) Изучение ЕСКД ГОСТ 2.304-81 «Чертежные шрифты».
- 2) Освоение приемов выполнения надписей стандартным чертежным шрифтом.

### **Самостоятельная работа по теме 1.2:**

Оформление титульного листа (пример выполнения представлен на странице 16).

*Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»*

## **АЛЬБОМ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ**

*по учебной дисциплине ОП.01. «Инженерная графика»*

*Выполнил студент группы СИ741*

*Иванов И. И.*

*Преподаватель Кожухова Н.Ю.*

*2017-2018 учебный год*



## Тема 1.3 Геометрическое черчение

### УКЛОН И КОНУСНОСТЬ

*Уклон прямой* – это величина, которая характеризует наклон одной прямой линии по отношению к другой, и равен тангенсу угла между ними:

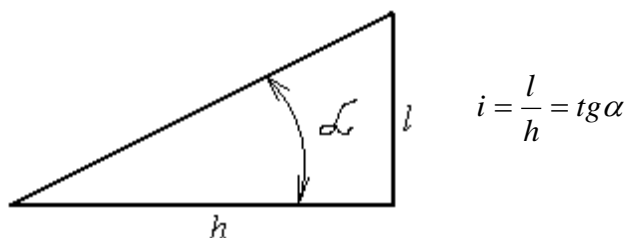


Рисунок 7 – Схема определения уклона плоскости

Уклон поверхности следует указывать непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения (рисунок 8 а), в процентах (рисунок 8 б) или в промиллях (рисунок 8 в).

Согласно ГОСТ 2.307-68, перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак  $\angle$ , острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.

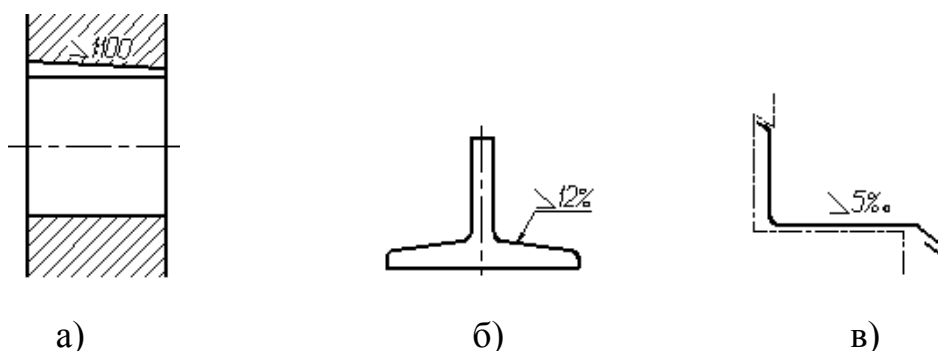


Рисунок 8 - Пример нанесение размера уклона

*Конусность* – это величина, представляющая собой отношение разности диаметров к его высоте.

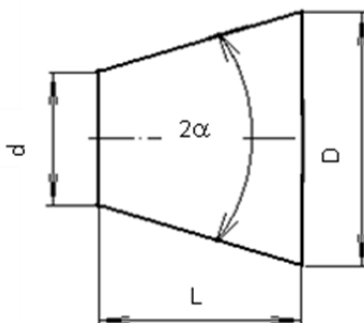


Рисунок 9

$$K = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha$$

Конусность выражается отношением двух чисел, в процентах или градусах. Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак  $\triangleleft$ , вершина которого должна быть направлена в сторону вершины конуса (рисунок 10).

Знак конуса и конусность в виде соотношения следует наносить над осевой линией или на полке линии-выноски.

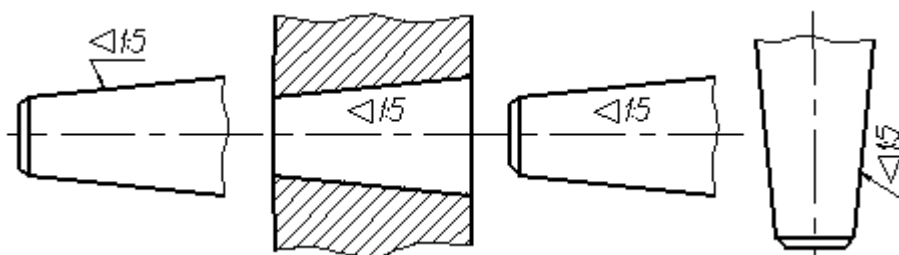
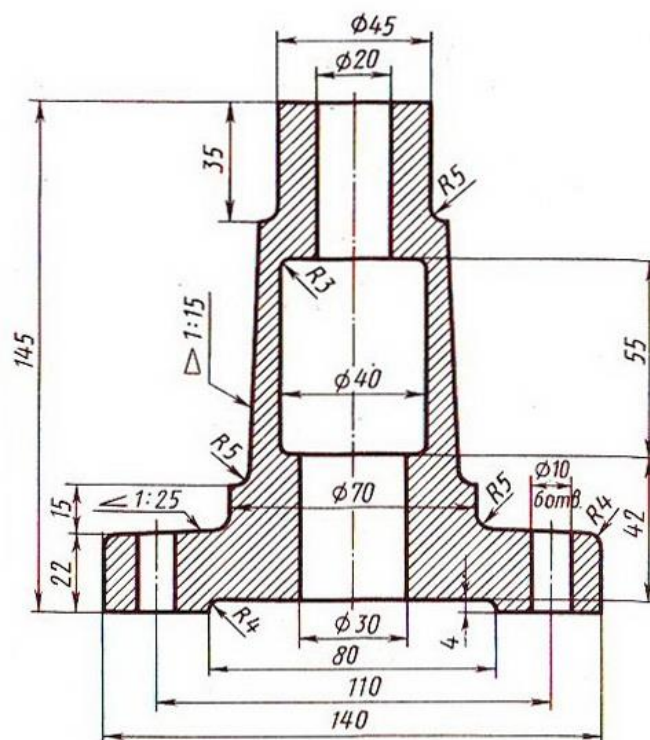


Рисунок 10 - Пример нанесение размера конусности

### Самостоятельная работа по теме 1.3:

пример выполнения задания по теме уклон и конусность:



### СОПРЯЖЕНИЕ

*Сопряжением* называется плавный переход одной линии в другую.

При выполнении любого сопряжения необходимо определить центр сопряжения (O) и точки сопряжения (1 и 2).

Рассмотрим примеры некоторых из них:

1. Сопряжение двух пересекающихся прямых дугой заданного радиуса (рисунок 11).

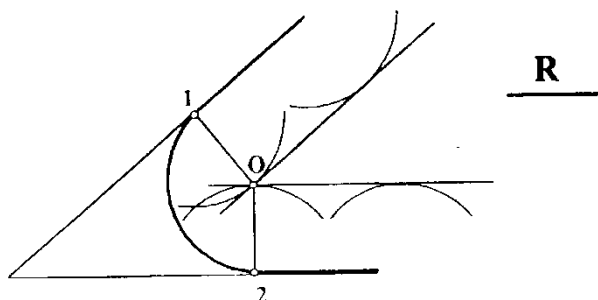


Рисунок 11 – Сопряжение прямых

Параллельно сторонам угла на расстоянии, равном радиусу дуги  $R$ , проводят две вспомогательные прямые линии и находят центр сопряжения – точку  $O$  пересечения этих прямых. Для нахождения точек сопряжения 1 и 2 опускают перпендикуляры из центра сопряжения на прямые. Из центра  $O$  описывают дугу окружности, плавно переходящую в прямые в точках 1 и 2.

2. Сопряжение двух параллельных прямых (рисунок 12).

Находим центр сопряжения и радиус дуги. Для этого из точки 1 опускаем перпендикуляр до пересечения со второй прямой в точке 2. Отрезок 12 делим пополам (получаем центр сопряжения  $O$ ).

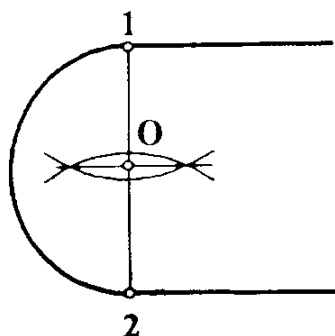


Рисунок 12 – Сопряжение параллельных прямых

Из центра сопряжения  $O$  радиусом  $O1=O2$  описывают дугу до точек сопряжения 1 и 2.

3. Сопряжение двух дуг окружностей

Различают внешнее, внутреннее и смешанное касания.

При внешнем сопряжении центры  $O_1$  и  $O_2$  сопрягаемых дуг радиусов  $R_1$  и  $R_2$  лежат вне сопрягающей дуги радиуса.

При внутреннем сопряжении центры  $O_1$  и  $O_2$  сопрягаемых дуг радиусов  $R_1$  и  $R_2$  лежат внутри сопрягающей дуги радиуса.

При смешанном сопряжении центр  $O_1$  одной из сопрягаемых дуг лежит внутри сопрягаемой дуги радиуса  $R_1$ , а центр  $O_2$  другой сопрягаемой дуги вне ее.

### 3.1 Внешнее касание

Для нахождения центра сопряжения  $O$  из центров  $O_1$  и  $O_2$  раствором циркуля, равным сумме радиусов заданной и сопрягающей дуг, проводят вспомогательные окружности, радиус дуги, проведенной из центра  $O_1$ , равен  $R_1 + R$ , а радиус дуги, проведенной из центра  $O_2$ , равен  $R_2 + R$ . На пересечении вспомогательных дуг расположен центр сопряжения. Соединив прямой линией точку  $O_1$  с точкой  $O$  и точку  $O_2$  с точкой  $O$ , находим точки сопряжения 1 и 2.

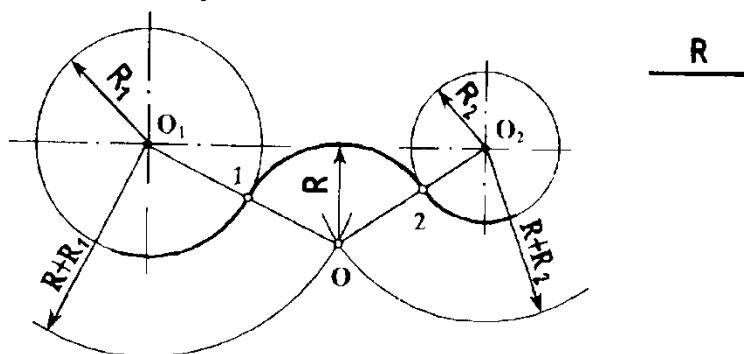


Рисунок 13 - Сопряжение двух дуг (внешнее касание)

Из точки  $O$ , раствором циркуля, равным  $R$ , между точками 1 и 2 описываем сопрягающую дугу.

### 3.2 Внутреннее касание

Выполняем те же самые построения, что и для внешнего касания, но радиусы дуг берем равными разности радиусов заданной и сопрягающей дуг, т.е.  $R - R_1$  и  $R - R_2$ . Точки сопряжения 1 и 2 лежат на продолжении линий, соединяющих точки  $O$  с точками  $O_1$  и  $O_2$ .

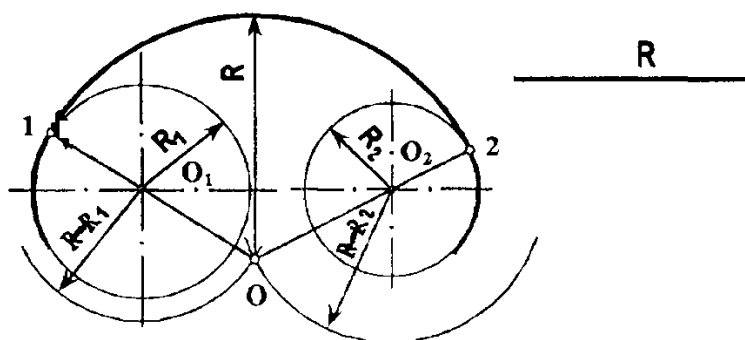


Рисунок 14 – Сопряжение двух дуг (внутреннее касание)

### 3.3 Смешанное касание

Из центра  $O_1$  проводим вспомогательную дугу радиусом, равным сумме радиусов заданной и сопрягаемой дуг.  $R + R_1$ , а из центра  $O_2$  проводим вторую

вспомогательную дугу радиусом, равным разности радиусов  $R - R_2$ , до пересечения с первой вспомогательной дугой в точке  $O$ , которая является центром сопряжения.

Точки сопряжения находим по общему правилу. Соединяя прямыми линиями центры дуг  $O$  и  $O_1$ ,  $O$  и  $O_2$ . На пересечении этих прямых с дугами соответствующих окружностей находим точки 1 и 2.

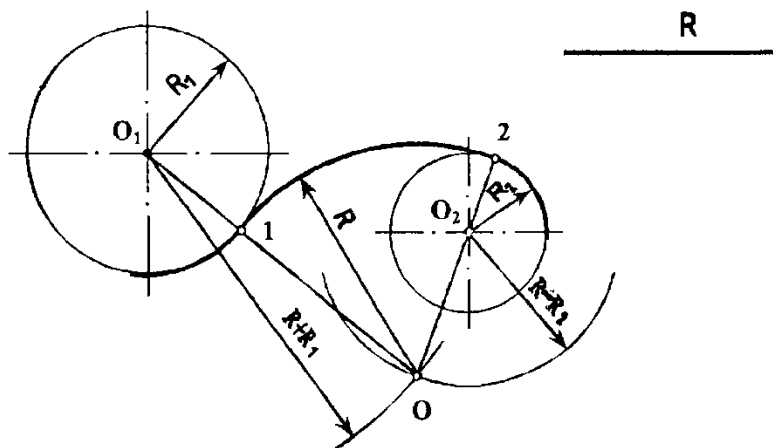
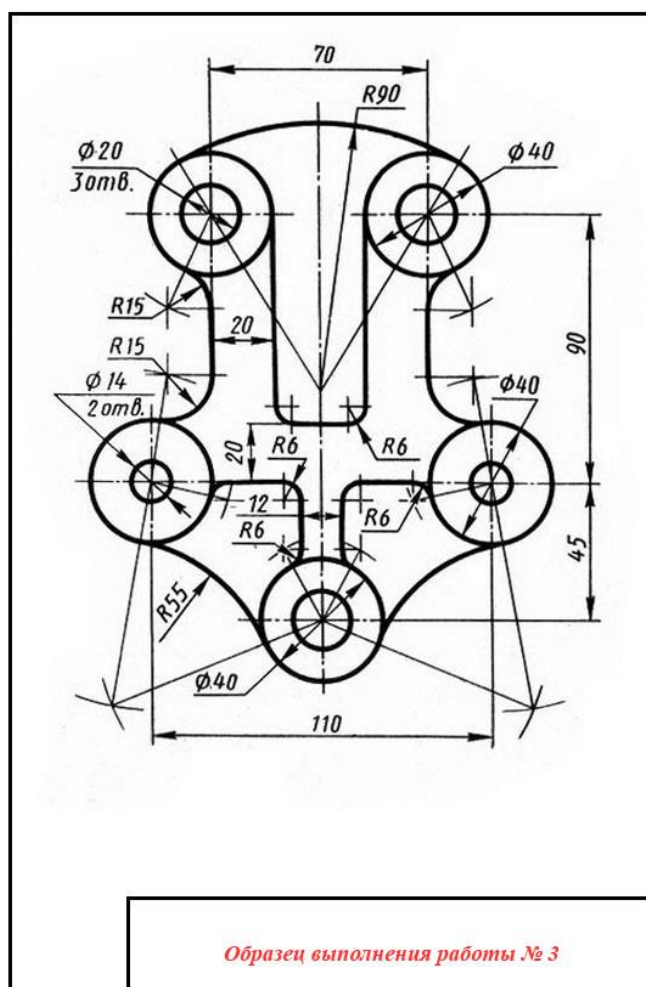


Рисунок 15 - Сопряжение двух дуг (смешанное касание)

Пример выполнения графической работы №3:



## ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ

Окружность – геометрическое место точек плоскости, равноудалённых от заданной точки, называемой центром, на заданное ненулевое расстояние, называемое её радиусом.

*Как разделить окружность на 3 и 6 частей*

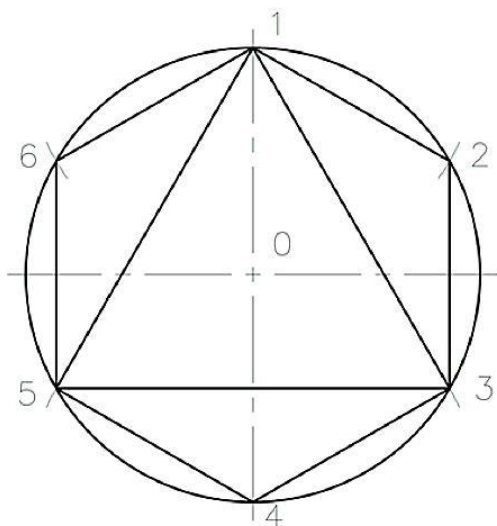


Рисунок 16 - Деление окружности на 3-6 равных частей

Для деления окружности на 3, 6 и кратное им количество частей (рисунок 16) проводим окружность заданного радиуса и соответствующие оси. Деление можно начинать от точки пересечения вертикальной или горизонтальной оси с окружностью. Заданный радиус окружности последовательно откладывается 6 раз. Затем полученные точки на окружности последовательно соединяются прямыми линиями и образуют правильный вписанный шестиугольник. Соединение точек через одну дает равносторонний треугольник, и деление окружности на 3 равные части.

*Как разделить окружность на 5 частей*

Для того чтобы разделить окружность на 5 равных частей (рисунок 17) необходимо:

Из точки А радиусом, равным радиусу окружности R, проводим дугу, которая пересечет окружность в точке В;

Из точки В опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию;

Из основания перпендикуляра - точки С, радиусом равным  $C_1$ , проводят дугу окружности, которая пересечет горизонтальную осевую линию в точке D;

Из точки 1 радиусом равным  $D_1$ , проводят дугу до пересечения с окружностью в точке 2, дуга 12 равна  $1/5$  длины окружности;



Проводят две перпендикулярные оси, которые пересекая окружность в точках 1, 2, 3, 4 делят ее на четыре равные части;

Применяя известный прием деления прямого угла на две равные части при помощи циркуля или угольника строят биссектрисы прямых углов, которые пересекаясь с окружностью в точках 5, 6, 7, и 8 делят каждую четвертую часть окружности пополам.

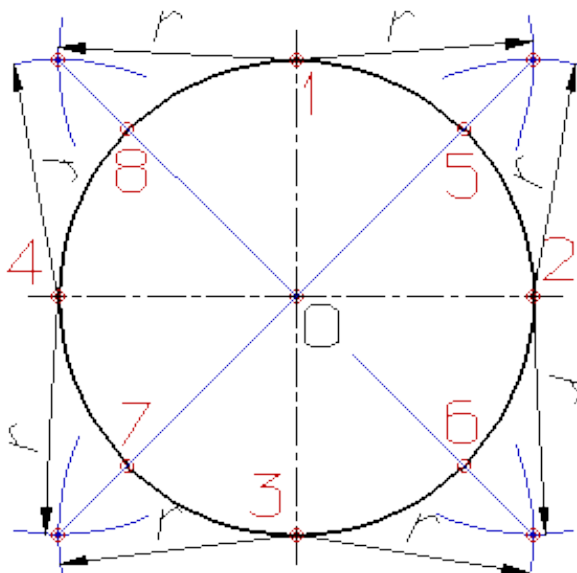


Рисунок 19 - Деление окружности на 8 равных частей

## Графическая работа №2

Графической работы №2 заключается в выполнении чертежа детали, контуры которой требуют при вычерчивании использование приемов деления окружности на равные части.

Графическая работа выполняется на листе формата А4.

Образец выполнения графической работы №2 представлен на рисунке 20.

## ВЫЧЕРЧИВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ПЛОСКИХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

Построение проекций плоских фигур (т. е. фигур, все точки которых лежат в одной плоскости, например, квадрата, круга, эллипса и т. д.) сводится к построению проекций ряда точек, отрезков прямых и кривых линий, образующих контуры проекций фигур. Зная координаты вершин, например, треугольника, можно построить проекции этих точек, затем проекции сторон и получить, таким образом, проекции фигуры.



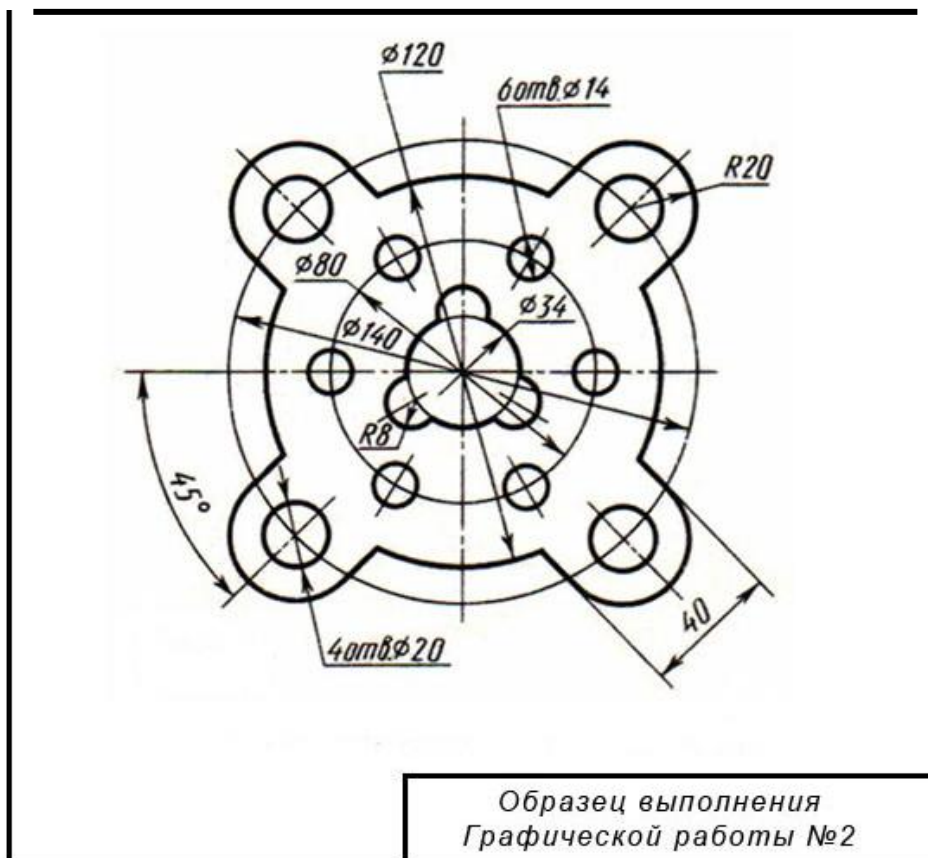


Рисунок 20 - Образец выполнения графической работы №2

## НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

Для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже. Правила нанесения размеров установлены ГОСТ 2.307-68\*.

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения.

Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например:  $4^\circ$ ;  $4^\circ 30'$ ;  $12^\circ 50' 30''$ .

При расположении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т. п.) на одной оси или на одной окружности размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующим способами:

- от общей базы (поверхности, оси) – рисунок 21;

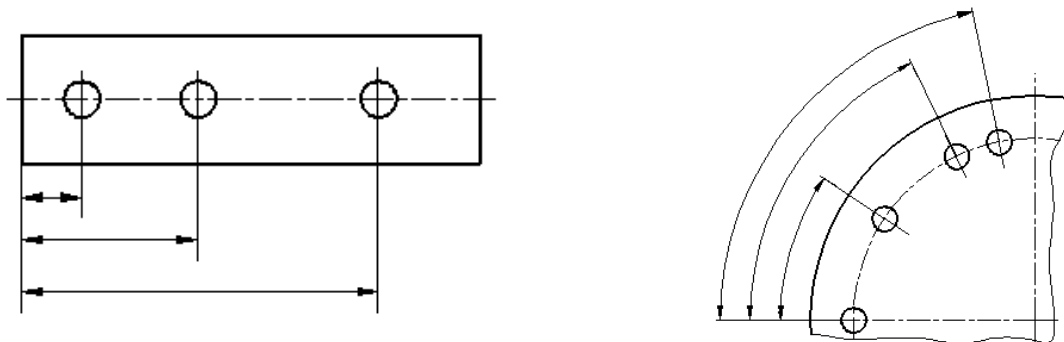


Рисунок 21 - Простановка размеров определяющих взаимное расположение окружностей от общей базы

- заданием размеров нескольких групп элементов от нескольких общих баз  
- рисунок 22;

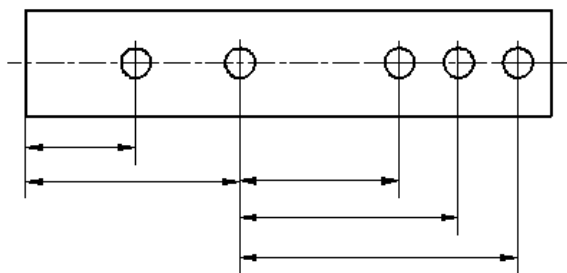


Рисунок 22 - Задание размеров нескольких групп элементов от нескольких баз

- заданием размеров между смежными элементами (цепочкой) – рисунок 23.

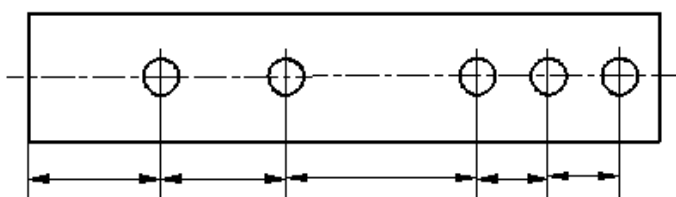


Рисунок 23 - Задание размеров между смежными элементами (цепочкой)

Для нанесения размеров используют выносные и размерные линии и размерные числа.

Размерные и выносные линии следует выполнять сплошными тонкими линиями. Размерные линии ограничены стрелками. Величина стрелок выбирается в зависимости от толщины  $S$  линии видимого контура предмета (рисунок 24) и должна быть приблизительно одинакова для всех размерных линий чертежа.

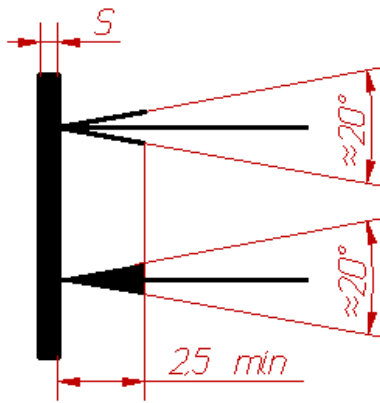


Рисунок 24 - Стрелки размерной линии

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии - перпендикулярно размерам (рисунок 25).

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии - радиально (рисунок 26).

При нанесении размеров нужно помнить, что на всех чертежах не зависимо от масштаба указываются действительные размеры изделия.

Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к её середине.

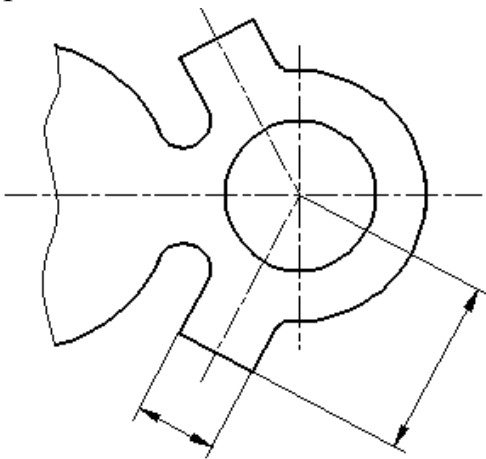


Рисунок 25 - Нанесение размера прямолинейного отрезка

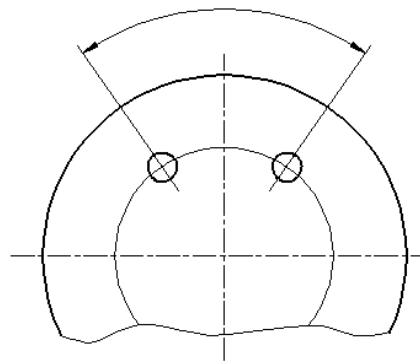


Рисунок 26 - Пример нанесения размера угла

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рисунке 27.

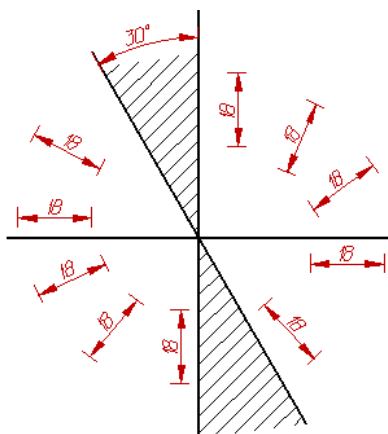


Рисунок 27 - Расположение размерных чисел линейных размеров при различных наклонах размерных линий

Стрелки, ограничивающие размерные линии должны упираться острием в соответствующие линии контура, или выносные, или осевые линии.

Выносные линии должны выходить за концы размерных стрелок на 1...5 мм (рисунок 28).

Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной и линией контура - 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа (рисунок 28).

Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных.

Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям.

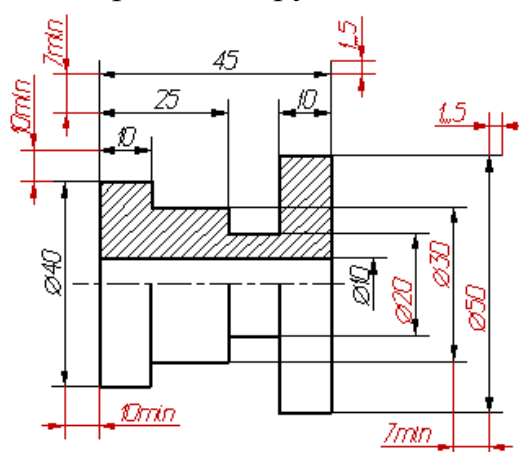


Рисунок 28 - Требования к нанесению размеров

Если вид или разрез симметричного предмета или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обры-

вом, и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета (рисунок 29).

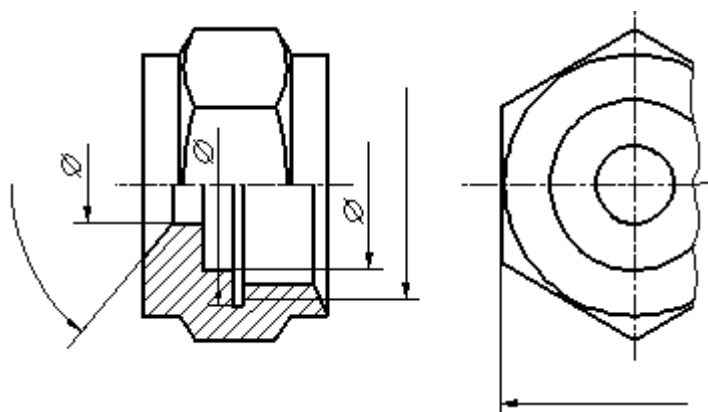


Рисунок 29 - Пример нанесения размера с обрывом размерной линии

При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (рисунок 30).

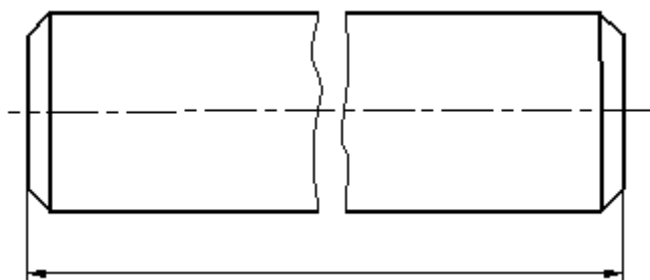


Рисунок 30 - Нанесение размера при изображении изделия с разрывом

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменить засечками, наносимыми под углом  $45^\circ$  к размерным линиям или четко наносимыми точками.

При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать.

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на рисунке 31; если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят, как показано на рисунке 32.

Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения.

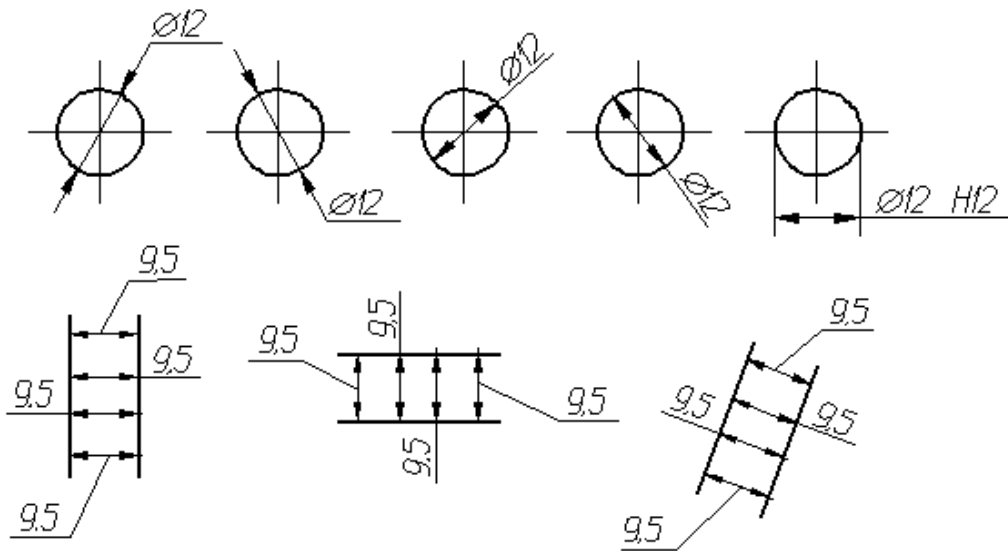


Рисунок 31 - Примеры нанесения размерных чисел

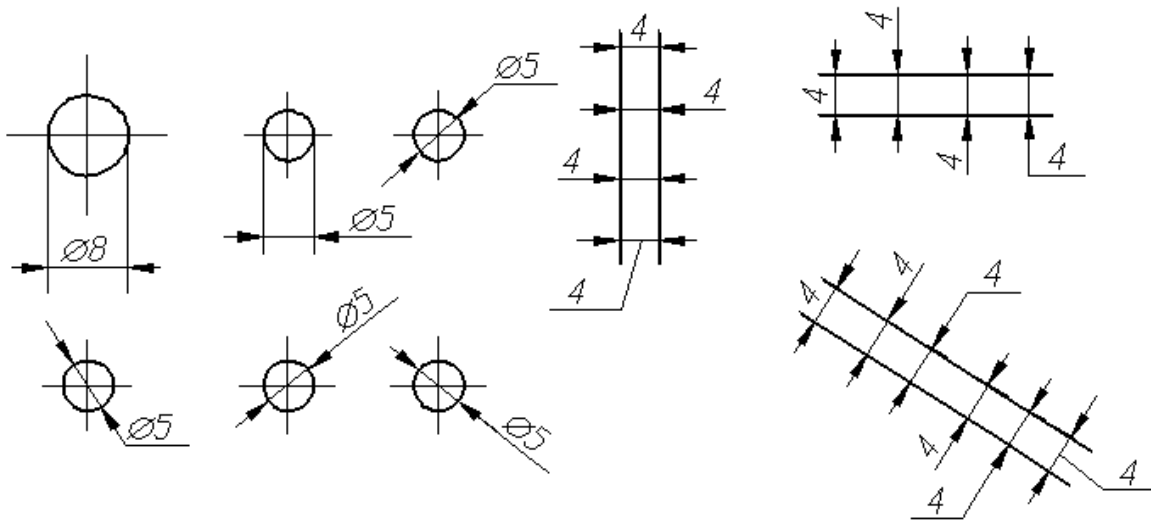


Рисунок 32 - Примеры нанесения размерных чисел

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву R (рисунок 33).

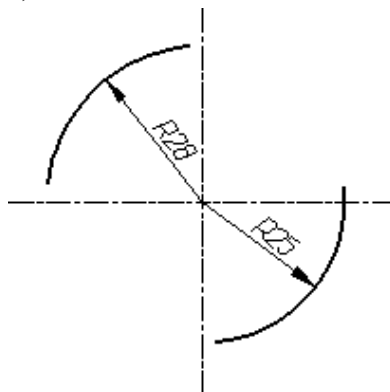


Рисунок 33 - Нанесение радиусов из одного центра

Размеры радиусов наружных скруглений наносят, как показано на рисунке 34, внутренних скруглений - на рисунке 35.

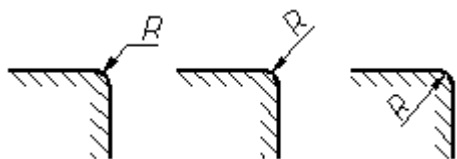


Рисунок 34 - Нанесение размеров наружных скруглений

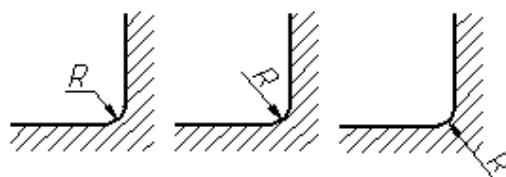


Рисунок 35 - Нанесение размеров внутренних скруглений

При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак « $\varnothing$ ».

Размеры фасок под углом  $45^\circ$  наносят, как показано на рисунке 36.

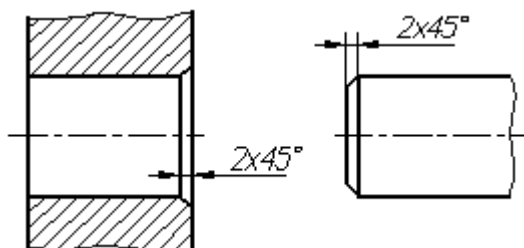
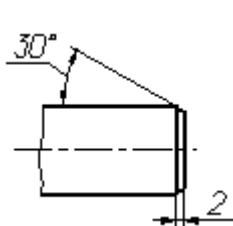
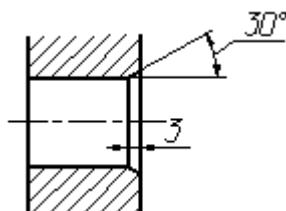


Рисунок 36 - Нанесение размера фасок под углом  $45^\circ$

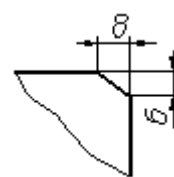
Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам - линейным и угловым размерами (рисунки 37 а и б) или двумя линейными размерами (рисунок 37 в).



а)



б)



в)

Рисунок 37 - Пример нанесение размера фаски под углом не равным  $45^\circ$

При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (рисунок 38).

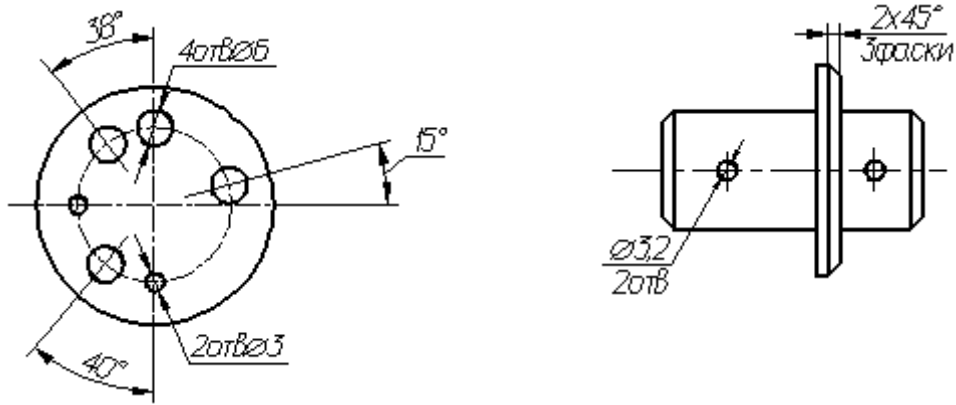


Рисунок 38 - Пример нанесения размеров нескольких одинаковых элементов

### АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ПЛОСКИХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

Чертеж дает точное представление о форме и размерах предмета, но часто уступает в наглядности обычному художественному рисунку, и недостаточно квалифицированный технический работник не всегда способен правильно понять общий облик изделия, представленного в виде чертежных проекций. В этих случаях, для улучшения наглядности чертежа, применяют дополнительные изображения предмета (изделия) в виде аксонометрических проекций.

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что данный предмет вместе с осями прямоугольных координат, к которым эта система относится в пространстве, параллельно проецируется на некоторую плоскость  $\alpha$  (рисунок 39).

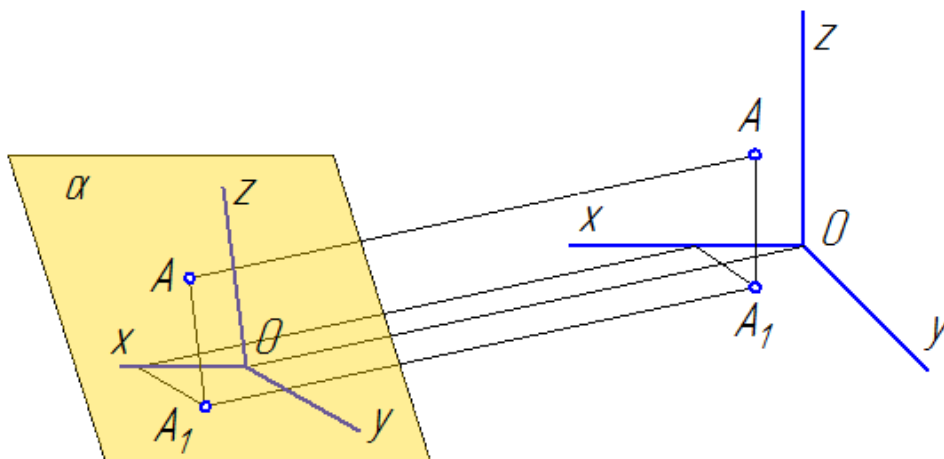


Рисунок 39 - Способ проецирования

Направление проецирования определяет положение аксонометрических осей на плоскости проекций  $\alpha$ , а также коэффициенты искажения по ним. При



этом необходимо обеспечить наглядность изображения и возможность производить определения положений и размеров предмета.

Если направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций  $\alpha$ , то аксонометрическая проекция носит названия прямоугольной. В этом случае форма предмета и его размеры передаются без искажений. В противном случае размеры и форма предмета передаются с искажениями, а аксонометрическая проекция называется косоугольной.

Если все три коэффициента искажения по осям  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  равны между собой, то аксонометрическая проекция называется изометрической, если равны между собой только два коэффициента, то проекция называется диметрической.

#### *Изометрическая проекция*

Положение аксонометрических осей приведено на рисунке 40.

Коэффициент искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  равен 0,82.

Изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , т.е. приняв коэффициент искажения равным 1.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рисунок 41).

Если аксонометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна 1,22, а малая ось - 0.71 диаметра окружности.

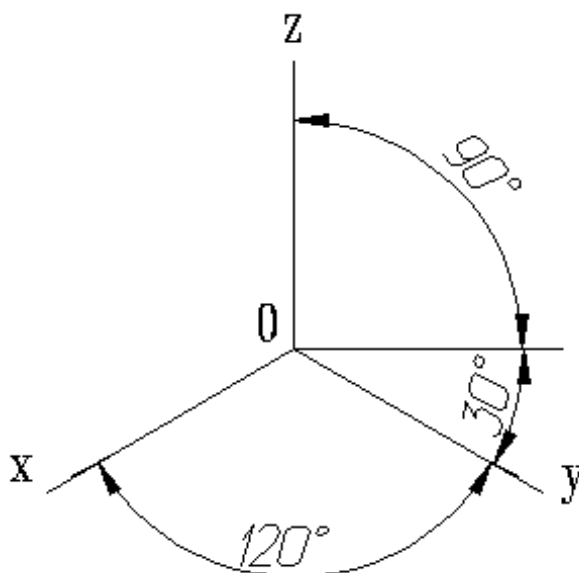


Рисунок 40 - Расположение аксонометрических осей прямоугольной изометрической проекции

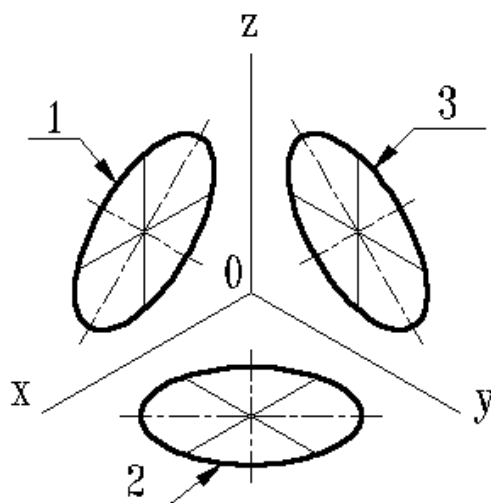


Рисунок 41 - Окружность в изометрии

1-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $y$ ); 2-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $z$ ); 3-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $x$ )

Если аксонометрическую проекцию выполняют с искажением по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна диаметру окружности, а малая - 0.58 диаметра окружности.

#### *Диметрическая проекция*

Положение аксонометрических осей приведено на рисунке 42.

Коэффициент искажения по оси  $y$  равен 0.47, а по осям  $x$  и  $z$  - 0.94.

Диметрическую проекцию, как правило, без искажения по осям  $x$  и  $z$  и с коэффициентом искажения 0.5 по оси  $y$ .

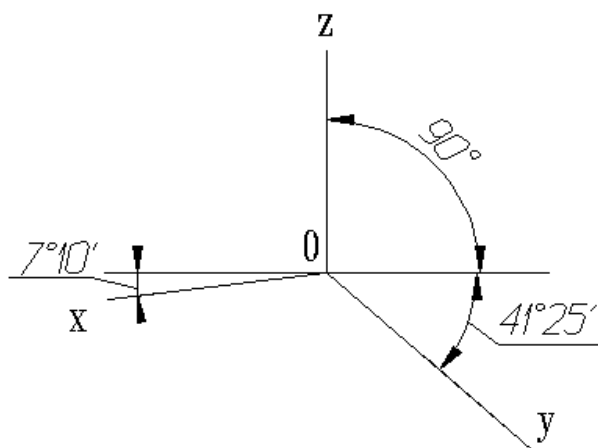


Рисунок 42 - Расположение аксонометрических осей прямоугольной диметрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рисунок 43).

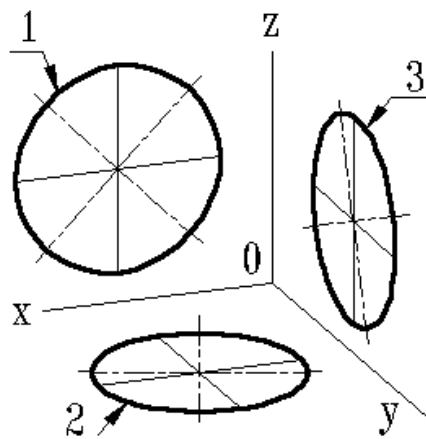


Рисунок 43 - Окружность в диметрии

1-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $y$ ); 2-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $z$ ); 3-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $x$ )

Если диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$  и  $z$  то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна  $1,06$  диаметра окружности, а малая ось эллипса 1 -  $0,95$ , эллипсов 2 и 3 -  $0,35$  диаметра окружности.

Если диметрическую проекцию выполняют с искажения по осям  $x$  и  $z$ , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна диаметру окружности, а малая ось эллипса 1 -  $0,9$ , эллипсов 2 и 3 -  $0,33$  диаметра окружности.

Построение изображений плоских многоугольников в аксонометрических проекциях сводится к построению аксонометрических проекций их вершин, которые соединяют между собой прямыми линиями. В виде примера рассмотрим построение пятиугольника, изображенного на рисунке 44.

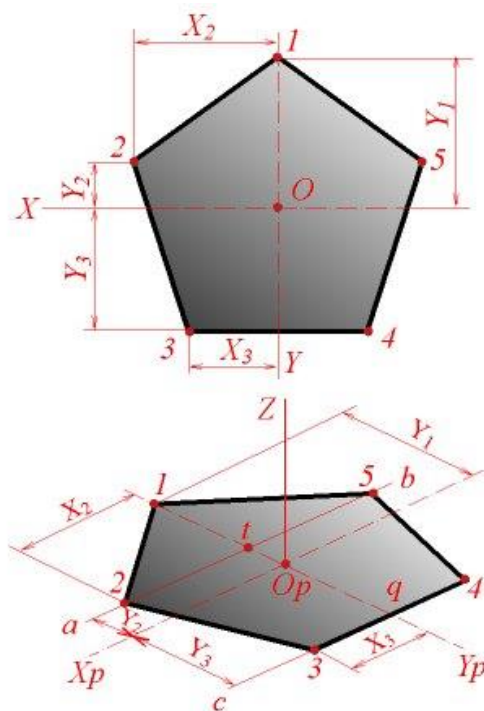
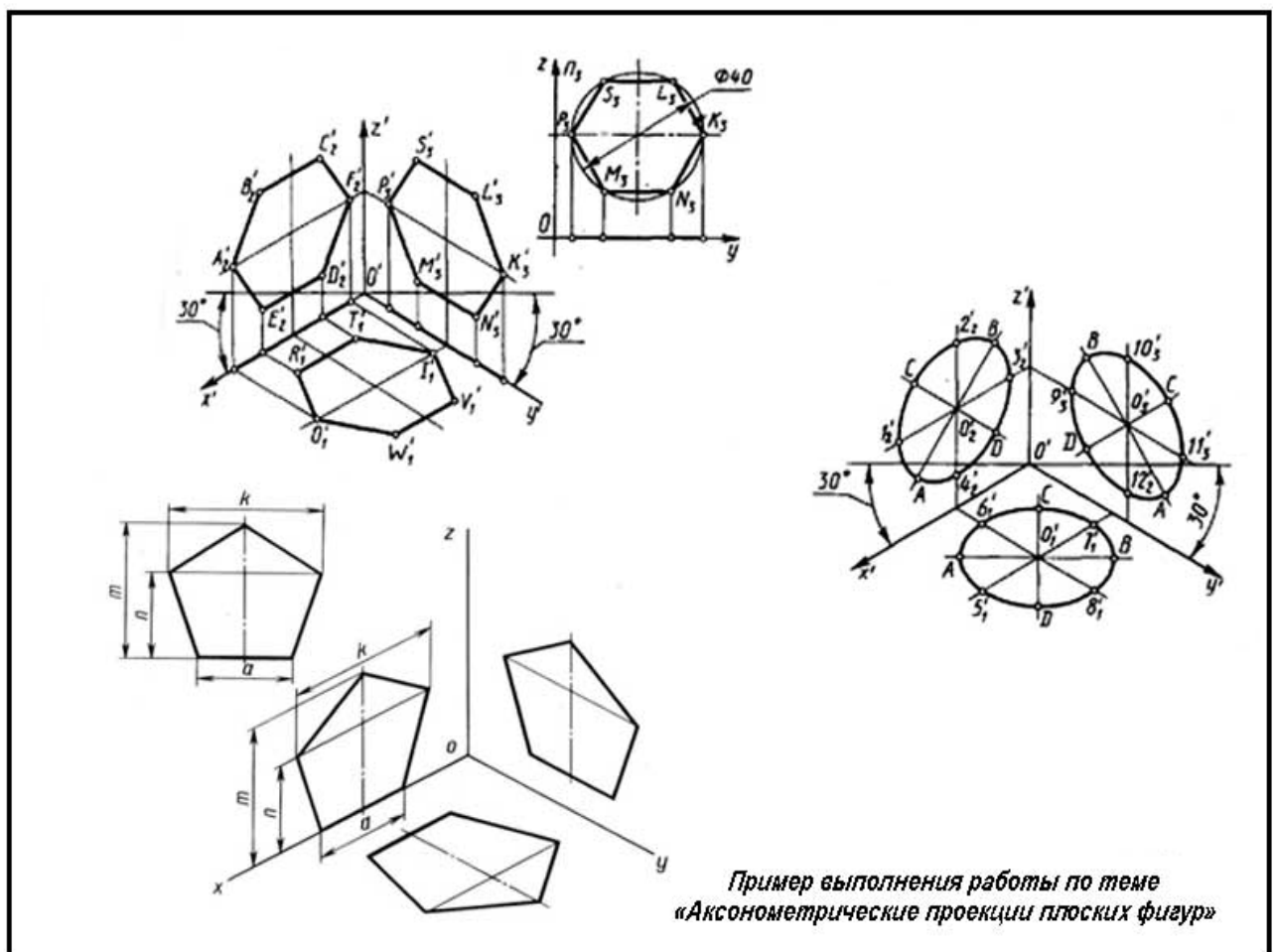


Рисунок 44 - Построение пятиугольника

Линии  $X, Y$  примем за координатные оси. Проводим изометрические оси  $X_r$  и  $Y_r$  (рисунок 44). Для построения изображения точки 1 достаточно на оси  $Y_r$  отложить отрезок  $O_p-1$ , равный по величине координате  $Y_1$ . Затем откладываем в ту же сторону от точки  $O_p$  отрезок  $O_p-t$ , равный координате  $Y_2$ , и через точку  $t$  проводим прямую  $ab$ , параллельную оси  $X_r$ . Координаты  $X_2$  вершин 2 и 5 пятиугольника одинаковы по величине, но различны по знакам; поэтому на изометрическом изображении откладываем в обе стороны от точки  $t$  отрезки  $t-2 = t-5 = X_2$ . Сторона 3-4 пятиугольника параллельна оси  $X$ . Отложив от точки  $q$  по оси  $Y_r$  отрезок  $q-O_p$ , равный координате  $Y_3$ , проводим прямую  $cd$ , параллельную оси  $X_r$ , и откладываем на ней отрезки  $q-3 = q-4 = X_3$ .

Соединив точки 1, 2, 3, 4, 5 прямыми линиями, получаем аксонометрическую проекцию пятиугольника.

### Самостоятельная работа по теме 1.3:



## РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

### Тема 2.1 Методы и приемы проекционного черчения

#### ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ, ПРЯМОЙ, ПЛОСКОСТИ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ, ПРЯМОЙ, ПЛОСКОСТИ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

##### *Методы проецирования*

Для получения изображений пользуются методом проекций.

*Проецирование* есть процесс изображения пространственного объекта на плоскость проекций. Построение проекций осуществляется с помощью проецирующих лучей, исходящих из центра проецирования (рисунок 45).

Даны:  $S$  – центр проецирования  
 $A, B, C$  – проецируемые точки  
 $\pi_1$  – плоскость проецирования.

Соединив точки  $A$  и  $S$ , получим *проецирующую прямую*.

$A_1$  ( $A'$ ,  $a$ ) – проекция точки.

Чтобы построить проекцию точки ( $A_1$ ,  $A'$ ,  $a$ ), необходимо расположить ее перед плоскостью проекций и из центра проецирования провести воображаемые проецирующие лучи, пронизывающие точку и определить точку пересечения этих лучей с плоскостью проекций.

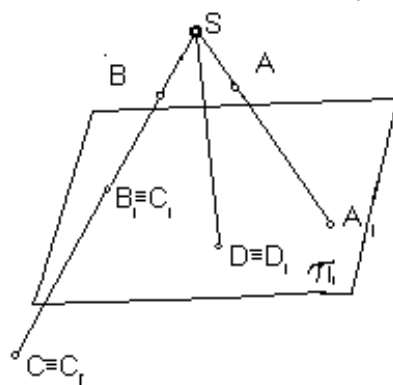


Рисунок 45

*Любая точка, принадлежащая проецирующей прямой, проецируется в точку пересечения этой прямой с плоскостью проекций.*

В зависимости от места расположения центра проецирования различают:  
*центральное (коническое) (перспектива)* – центр проецирования удален от плоскости проекций на конечное расстояние (рисунок 46);

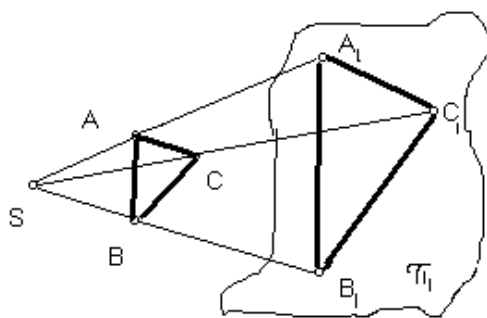


Рисунок 46

Перспектива передает внешнюю форму предмета так, как воспринимает его наше зрение.

При центральном проецировании, если предмет находится между центром проецирования и плоскостью проекций, размеры проекции будут больше оригинала; если предмет расположен за плоскостью проекций, то размеры проекции станут меньше действительных размеров изображаемого предмета.

При *параллельном проецировании* (рисунок 47) проектирующие лучи параллельны между собой. Параллельные проекции делятся на прямоугольные (проецирующие лучи перпендикулярны плоскости проекций) и косоугольные (проецирующие лучи не перпендикулярны плоскости проекций).

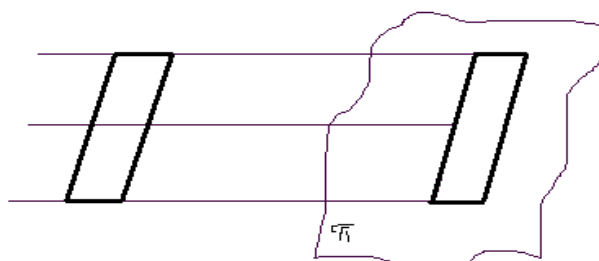


Рисунок 47

При проецировании объект располагают перед плоскостью проекций таким образом, чтобы на ней получилось изображение, несущее наибольшую информацию о форме.

Параллельные проекции обладают рядом важных свойств:

- отношение отрезков прямой линии равно отношению их проекций;
- проекции параллельных прямых параллельны между собой;
- прямые линии и плоские фигуры, параллельные в пространстве плоскости проекций, проецируются в натуральную величину;
- прямая, параллельная проецирующему лучу, проецируется в виде точки.

### ***Проецирование точки***

Проецирование объекта на одну плоскость не дает полного представления о

положении объекта в пространстве и его конфигурации. Поэтому проецирование производится на 2 или 3 взаимно-перпендикулярные плоскости (рисунок 48).

$\pi_1$  – горизонтальная плоскость проекций

$\pi_2$  – фронтальная плоскость проекций

$\pi_3$  – профильная плоскость проекций.

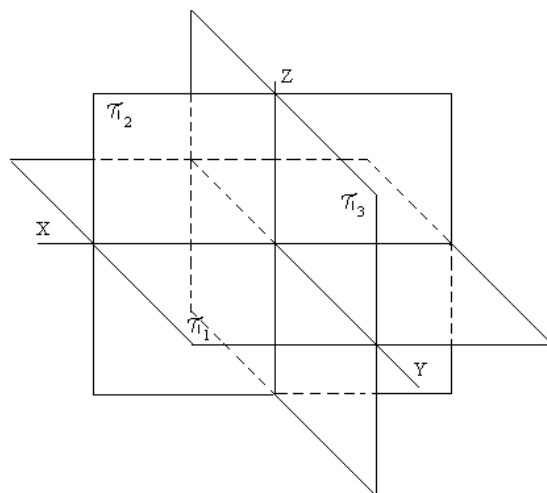


Рисунок 48

Прямые линии, по которым пересекаются эти плоскости между собой, называются осями (OX, OY, OZ).

Для построения проекции объекта на данные плоскости, необходимо провести линии проекционной связи, проходящие через данный объект перпендикулярно к плоскости проекций. В качестве проецируемого объекта рассмотрим простейший – точку (рисунок 49).

(•)A ∉ плоскости проекций

Точка пересечения линии проекционной связи с горизонтальной плоскостью проекций называется горизонтальной проекцией точки.

$A_1 (A', a)$  – горизонтальная проекция точки;

$A_2 (A'', a')$  – фронтальная проекция точки;

$A_3 (A''', a'')$  – профильная проекция точки.

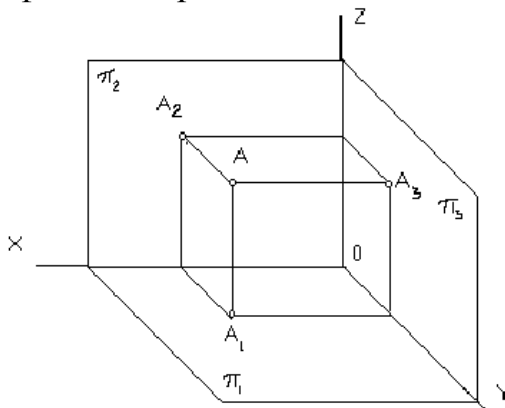


Рисунок 49

Повернув плоскость  $\pi_1$  вокруг оси  $OX$  на  $90^\circ$ , а  $\pi_3$  вокруг оси  $OZ$ , получим одну плоскость – плоскость чертежа (рисунок 50).

Проекция  $A_1$  и  $A_2$  располагаются на одном перпендикуляре к оси проекций  $OX$ , а проекция  $A_2$  и  $A_3$  – к оси  $OZ$ , называемом линией связи.

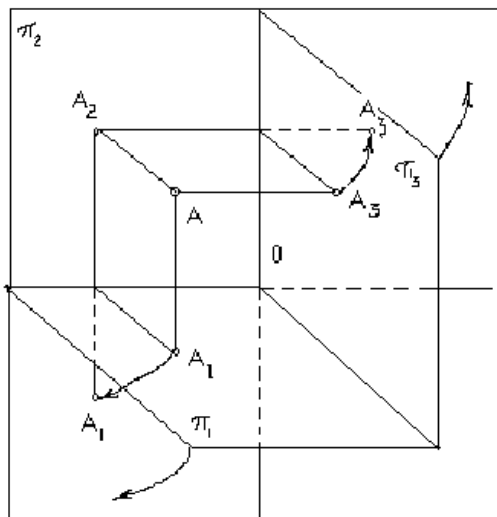


Рисунок 50

В результате указанного совмещения получаем чертеж, известный под названием *эпюр* (рисунок 51).

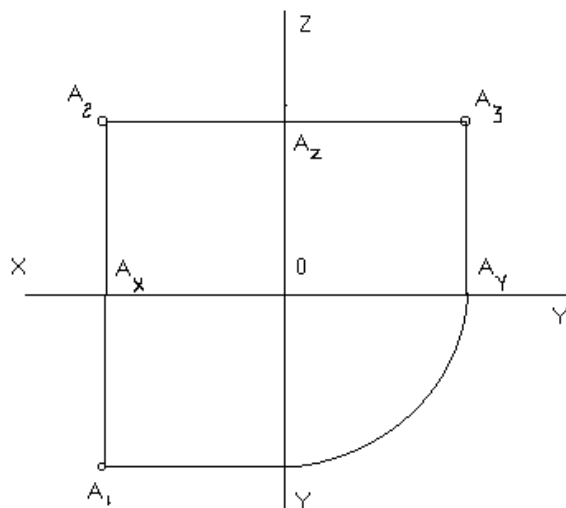


Рисунок 51

### ***Задание прямой линии в пространстве и на чертеже***

Прямая линия - это траектория движения точки в пространстве, при условии, что направление ее движения не изменяется. Прямая в пространстве задается любым ее отрезком. Проецирование прямой линии сводится к построению проекции любых двух ее точек.



*Проекцией прямой линии есть прямая, если она не перпендикулярна ни какой из плоскостей проекций.*

Проведем через ряд точек прямой  $AB$  ортогональные проецирующие лучи на плоскость проекций  $H$ . Лучи образуют плоскость  $R$ , которая пересекается с плоскостью  $H$  по прямой  $A_1B_1$ , так как две плоскости пересекаются по прямой (рисунок 52).

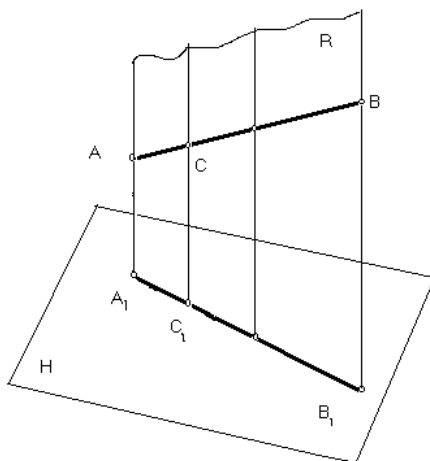


Рисунок 52

Прямые общего положения не проецируются в натуральную величину, их проекции всегда меньше их действительного размера. Относительно плоскостей проекций прямые могут занимать и особые положения. Такие прямые, параллельные или перпендикулярные к плоскостям проекций, называются прямыми частного положения.

Прямая, параллельная какой-нибудь одной плоскости проекций, называется прямой уровня:

- горизонталь - прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекций (рисунок 53);

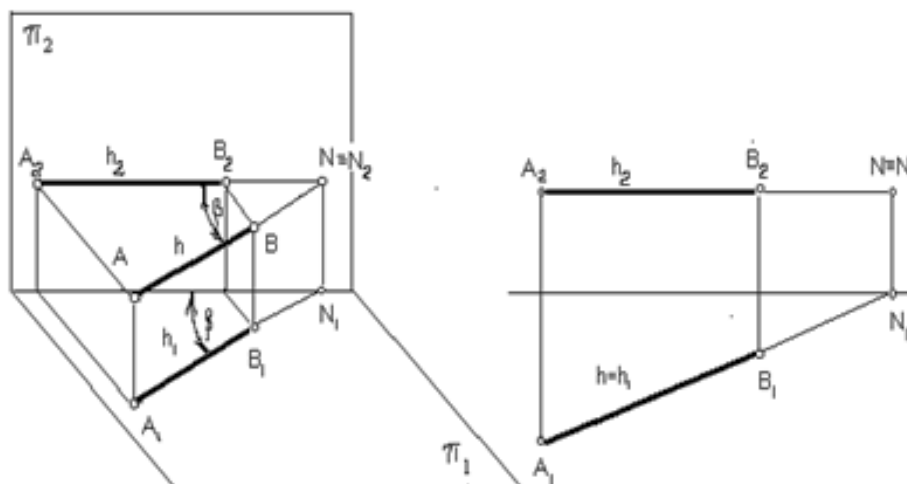


Рисунок 53 – Горизонталь

- фронталь - прямая, параллельная фронтальной плоскости проекций (рисунок 54);

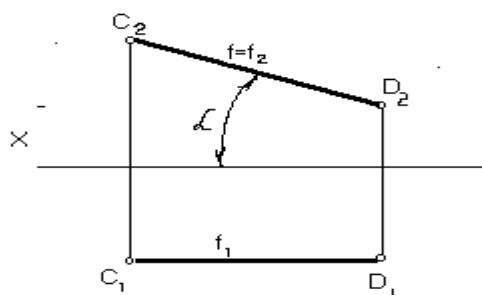


Рисунок 54 - Фронталь

- профильная прямая уровня - прямая, параллельная профильной плоскости проекций (рисунок 55). Каждая прямая уровня проецируется в истинную (натуральную) величину на ту плоскость проекций, которой она параллельна.

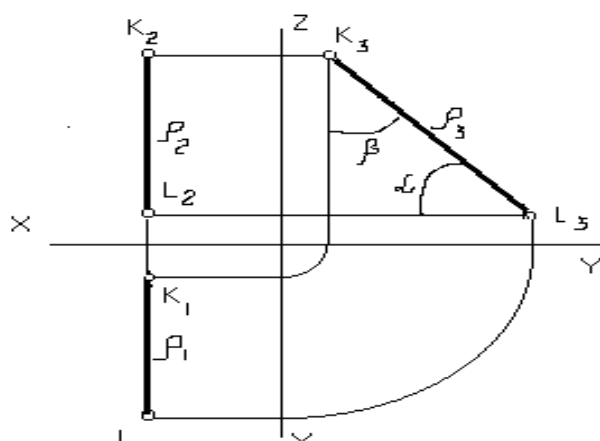


Рисунок 55 – Профильная прямая

### ***Проецирование плоскости***

Изображение плоскости считается построенным, если построены проекции того минимального количества геометрических элементов, которыми вполне определяется положение плоскости в пространстве.

Положение плоскости в пространстве определяется:

1. Тремя точками не лежащими на одной прямой;
2. Прямой и точкой, расположенной вне ее;
3. Двумя пересекающимися прямыми;
4. Двумя параллельными прямыми;
5. Треугольником или любой другой плоской фигурой.

Каждое из заданий плоскости может быть преобразовано в другое.

Плоскость может занимать в пространстве относительно плоскостей проекций различное положение.

Плоскость не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций, называется плоскостью общего положения или случайной.

Плоскости, параллельные или перпендикулярные одной из плоскостей проекций, называются плоскостями частного положения

- а) проецирующие плоскости;
- б) плоскости уровня.

Проецирующие плоскости – это плоскости, перпендикулярные одной из плоскостей проекций. Таких плоскостей три:

Горизонтально-проецирующая плоскость. Располагается перпендикулярно к горизонтальной плоскости проекций (рисунок 56).

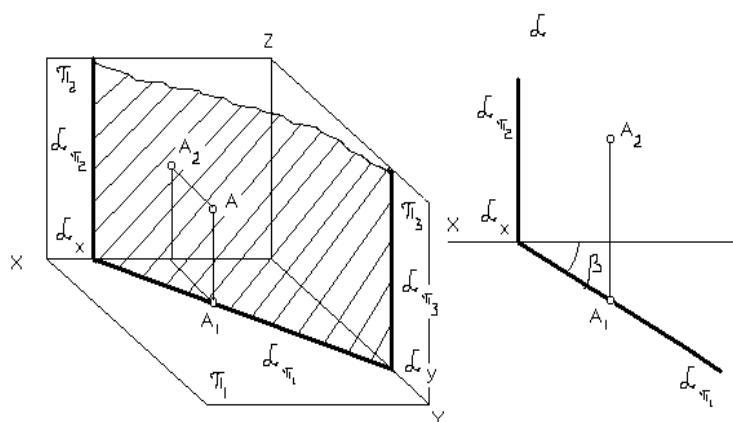


Рисунок 56 - Горизонтально-проецирующая плоскость

Фронтально-проецирующая (вертикально-проецирующая) плоскость есть плоскость, перпендикулярная к фронтальной плоскости проекций (рисунок 57)

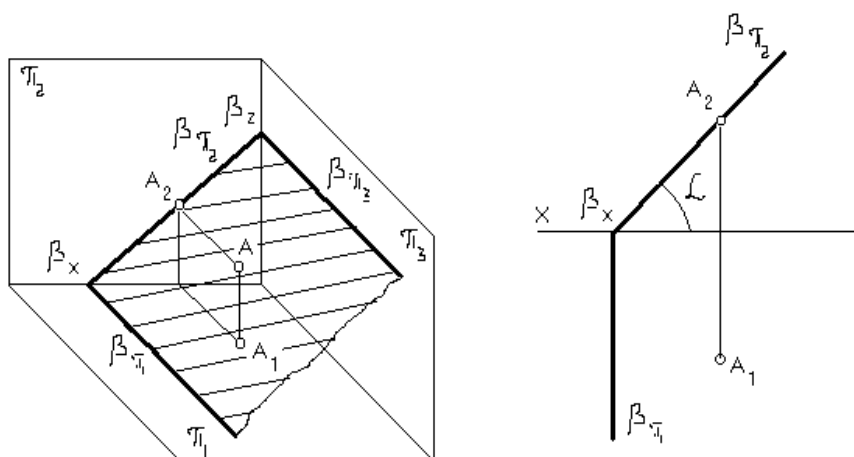


Рисунок 57 - Фронтально-проецирующая плоскость

Профильно проецирующая плоскость – это плоскость, перпендикулярная к профильной плоскости проекций (рисунок 58).

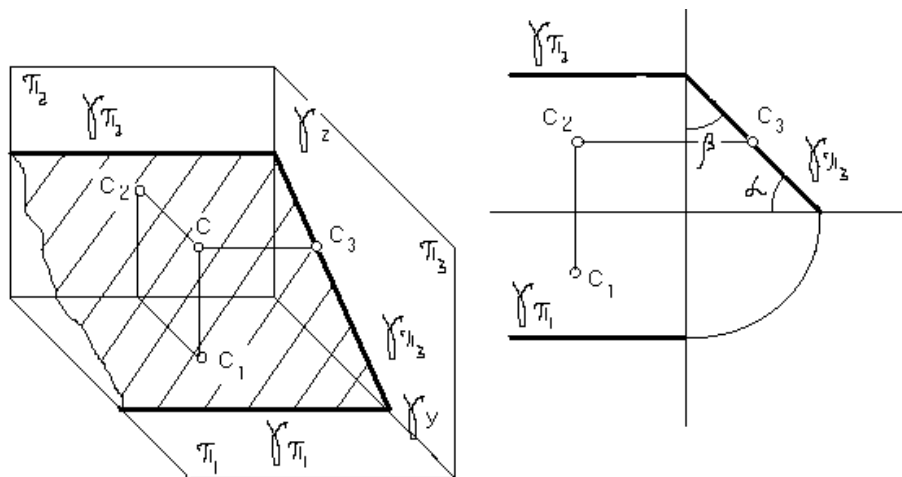


Рисунок 58 - Профильно проецирующая плоскость

Плоскости уровня – это плоскости, параллельные одной из плоскостей проекций (соответственно перпендикулярные двум другим).

Горизонтальная плоскость.

Плоскость, параллельная горизонтальной плоскости проекций (рисунок 59).

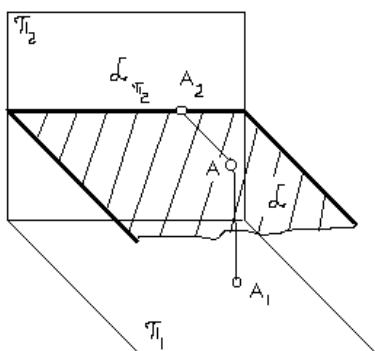


Рисунок 59

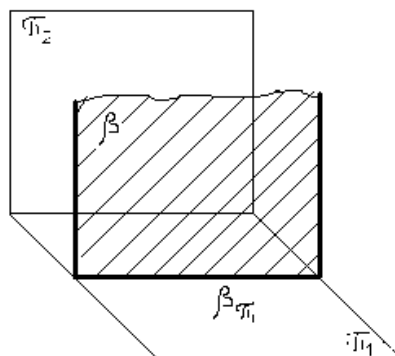


Рисунок 60

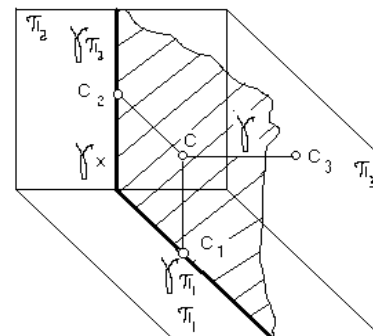


Рисунок 61

Фронтальная плоскость.

Плоскость, параллельная фронтальной плоскости проекций (рисунок 60).

Профильная плоскость – это плоскость, перпендикулярная профильной плоскости проекций (рисунок 61).

***Аксонетрические проекции точки, прямой, плоскости, геометрических тел***

Чертеж дает точное представление о форме и размерах предмета, но часто уступает в наглядности обычному художественному рисунку, и недостаточно квалифицированный технический работник не всегда способен правильно понять общий облик изделия, представленного в виде чертежных проекций. В этих случаях, для улучшения наглядности чертежа, применяют дополнительные изображения предмета (изделия) в виде аксонетрических проекций.



Если аксонометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна 1,22, а малая ось – 0,71 диаметра окружности.

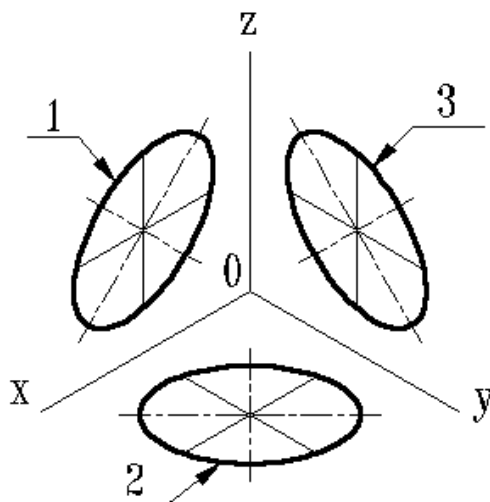


Рисунок 64 – Окружность в изометрии

1-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $y$ ); 2-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $z$ ); 3-эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $x$ )

## ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ЧЕРТЕЖА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ С НАХОЖДЕНИЕМ ПРОЕКЦИЙ ТОЧЕК, ПРИНАДЛЕЖАЩИХ ПРОЕКЦИИ ТЕЛ

*Геометрическое тело* – часть пространства, которая ограничена замкнутой поверхностью своей наружной границы.

Все геометрические тела делятся на *многогранники* и *тела вращения*.

*Многогранником* называется тело, ограниченное плоскими многоугольниками. Каждый из таких многоугольников называется гранью многогранника, общие соприкасающиеся стороны смежных многоугольников называются ребрами.

*Тела вращения* – это объёмные тела, которые возникают следствием вращения плоской геометрической фигуры, которая ограничена кривой, вокруг оси. Эта ось лежит в той же плоскости.

Виды многогранников: параллелепипед, призма, пирамида.

### **Призма**

Многогранник, составленный из двух равных многоугольников, расположенных в параллельных плоскостях, и параллелограммов, называется призмой

(рисунок 65). Многоугольники называются основаниями, а параллелограммы – боковыми гранями призмы. Отрезки называются боковыми ребрами призмы.

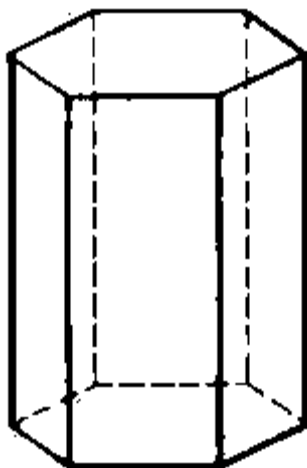


Рисунок 65 – Шестигранная призма

Если боковые ребра перпендикулярны к основаниям, то призма называется прямой.

Если в основании прямой призмы лежат правильные многоугольники, то призма называется правильной.

### ***Параллелепипед***

Если в основании призмы лежит параллелограмм, то призма называется параллелепипедом. Параллелепипеды бывают наклонные, прямые и прямоугольные.

Прямоугольный параллелепипед (рисунок 66) имеет три измерения: длину, высоту и ширину. У параллелепипеда 8 вершин, 12 ребер, 6 граней. Каждая грань параллелепипеда – прямоугольник. Противоположенные грани параллелепипеда равны. Среди всех параллелепипедов особую роль играет куб. Куб – это прямоугольный параллелепипед, у которого все стороны равны. Все его грани – квадраты.

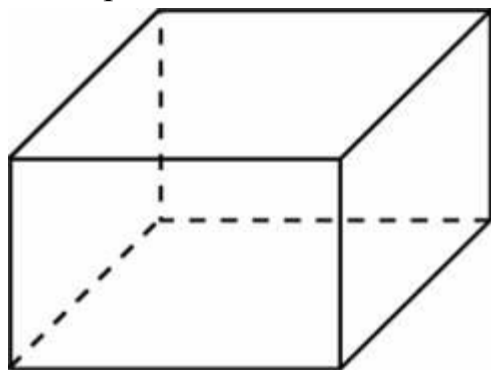


Рисунок 66 - Прямоугольный параллелепипед

## ***Пирамида***

Важным и интересным семейством многогранников является пирамида (рисунок 67). У пирамиды различают основание и боковые грани. Боковые грани – треугольники, сходящиеся в одной вершине, а основание – многоугольник, противолежащий этой вершине. В основании может лежать многоугольник с любым количеством сторон. Пирамиду называют по числу сторон ее основания: треугольная пирамида, четырехугольная пирамида, шестиугольная пирамида...

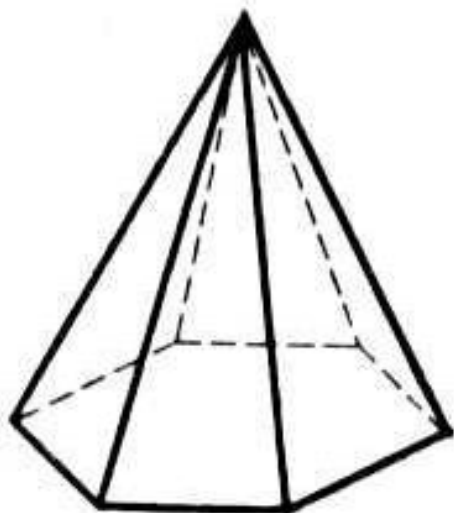


Рисунок 67 - Шестиугольная пирамида

Пирамида называется правильной, если ее основание – правильный многоугольник, и вершина пирамиды проектируется в центр этого многоугольника. Все боковые ребра правильной пирамиды равны, а боковые грани являются равными равнобедренными треугольниками.

Виды тел вращения: цилиндр, конус, сфера и шар.

## ***Цилиндр***

Тело, ограниченное цилиндрической поверхностью и двумя кругами с границами, называют цилиндром (рисунок 68). Цилиндрическая поверхность называется боковой поверхностью цилиндра, а круги основаниями цилиндра. Образующие цилиндрической поверхностью называются образующими цилиндра, прямая, проходящая через центры оснований, называется осью цилиндра. Все образующие цилиндра параллельны и равны друг другу как отрезки параллельных прямых, заключенные между параллельными плоскостями.



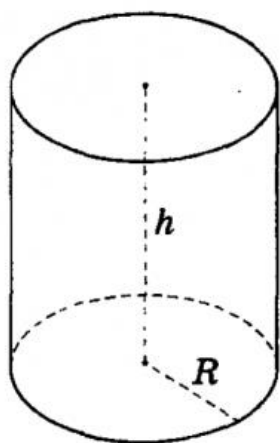


Рисунок 68 – Цилиндр

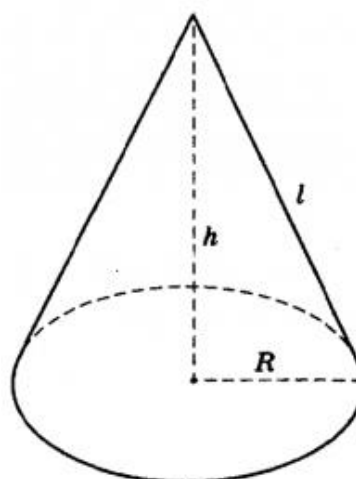


Рисунок 69 – Конус

Длина образующей называется высотой, а радиус основания – радиусом цилиндра.

### ***Конус***

Тело, ограниченное конической поверхностью и кругом с границей, называется конусом (рисунок 69). Коническая поверхность называется боковой поверхностью конуса, круг – основанием конуса, а отрезки образующих конической поверхности, заключенные между основаниями, называется образующими конуса. Все образующие конуса равны друг другу. Конус может быть получен вращением прямоугольного треугольника вокруг одного из его катетов.

### ***Шар и сфера***

Сферой называют поверхность, состоящая из точек пространства, расположенных на данном расстоянии от данной точки (рисунок 70). Данная точка называется центром сферы, а данное расстояние радиусом сферы.

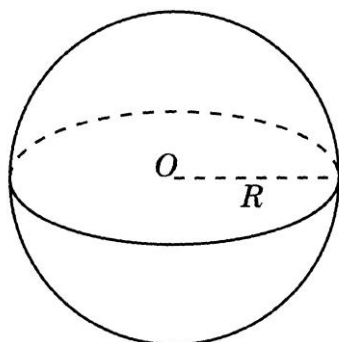


Рисунок 70 - Сфера

Тело, ограниченное сферой называется шаром. Центр, радиус и диаметр сферы называются также центром, радиусом и диаметром шара.

Чтобы построить *проекции точки*, принадлежащей поверхности геометрического тела, необходимо предварительно по поверхности провести какую-либо линию, а затем на соответствующих проекциях линии отметить проекции точки. По плоскости проводят прямую линию, а по поверхности вращения – или одну из их образующих (линий, которые при своем движении образуют плоскость), или окружность (параллель).

Рассмотрим построение точек на боковой поверхности различных геометрических тел.

На поверхности боковых граней четырехугольной призмы (рисунок 71) изображены две точки А и В, заданные фронтальными проекциями.

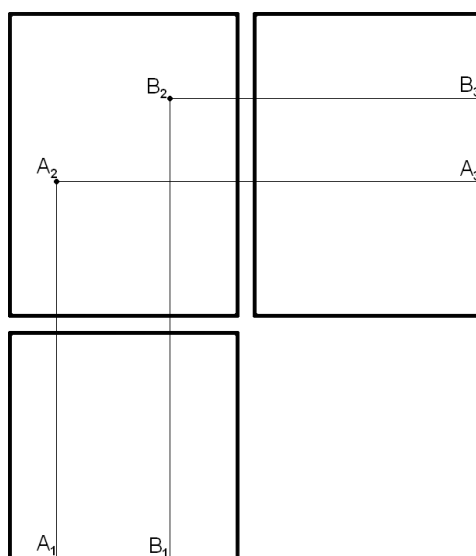


Рисунок 71 – Построение точки на поверхности четырехугольной призмы

Так как боковые грани расположены в горизонтально проецирующих плоскостях, то на горизонтальную плоскость точки проецируются на линию, в которую вырождается проекция соответствующей грани. Эти грани являются также и профильно-проецирующими. Профильные проекции точек строятся по двум ранее построенным. Построение проекций точек, расположенных на боковых гранях любой другой призмы аналогично.

При построении проекций точки, принадлежащей поверхности пирамиды можно использовать два способа, описанные ниже.

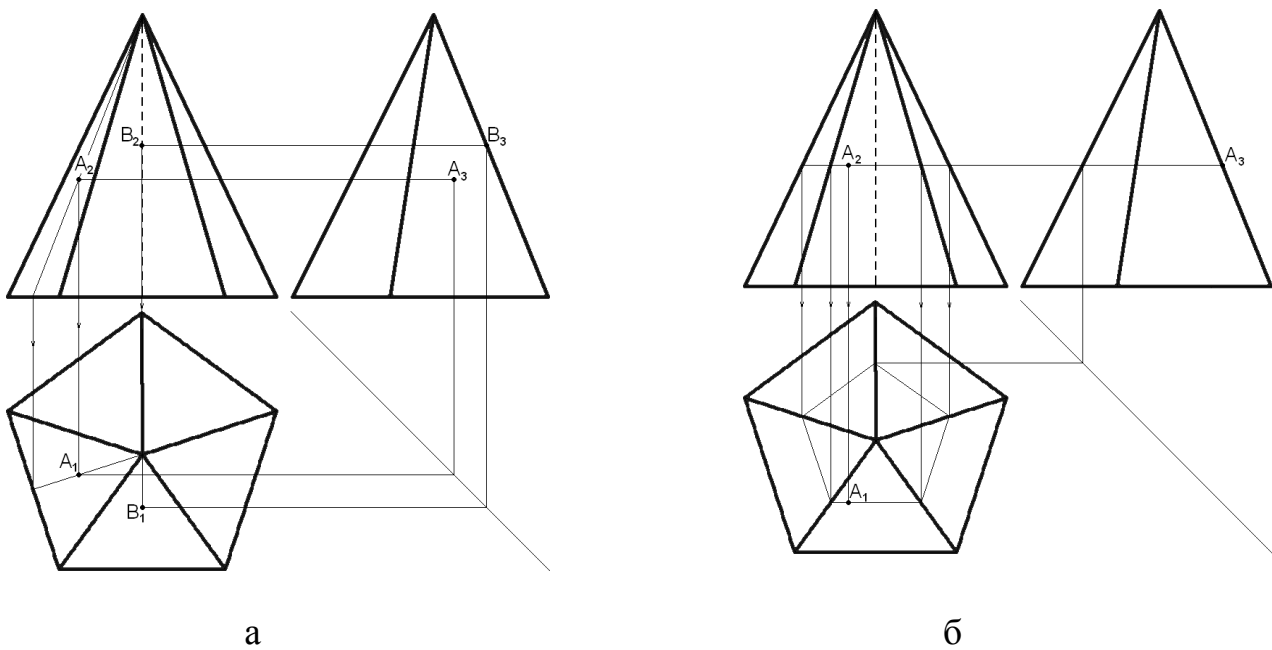


Рисунок 72 - Построение точки на поверхности правильной пятиугольной пирамиды

На рисунке 72 а дан чертеж правильной пятиугольной пирамиды. На боковой поверхности пирамиды лежит точка  $A$ , заданная фронтальной проекцией  $A_2$ . Поскольку грань пирамиды расположена наклонно ко всем плоскостям проекций (плоскость общего положения), то для определения других проекций используют вспомогательную линию, проведенную через данную точку и вершину пирамиды  $S$ . Фронтальную проекцию этой прямой проводят через фронтальную проекцию вершины пирамиды  $S_2$  и заданную проекцию точки  $A_2$  до встречи с проекцией ребра основания в точке  $M_2$ . Определив горизонтальную проекцию точки  $M$ , проводят прямую через горизонтальные проекции точек  $M$  и  $S$ . Точка  $A_1$  должна лежать на соответствующей прямой  $S_1M_1$  и на перпендикуляре к оси  $x$ , проведенном через известную проекцию точки ( $A_2$ ). Профильная проекция точки строится по двум другим проекциям.

Точка  $B$  строится с помощью профильной проекции.

На рисунке 72 б используется фронтально-проецирующая секущая плоскость, параллельная основанию, которая проходит через точку  $A_2$ . В горизонтальной проекции строится линия пересечения плоскости с пирамидой. В месте пересечения этой линии с перпендикуляром к оси  $x$ , опущенным из точки  $A_2$ , и находится горизонтальная проекция точки  $A$ .

Проекции точки, принадлежащие боковой поверхности цилиндра, строятся по аналогии с рисунком 71. На рисунке 73 на чертеже цилиндра задана фронтальная проекция точки –  $A_2$ .

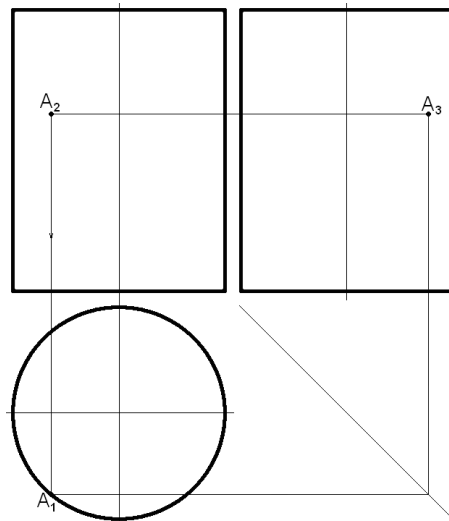


Рисунок 73 – Построение точки на поверхности цилиндра

Чтобы построить горизонтальную проекцию точки  $A$ , лежащей на поверхности конуса, через фронтальную проекцию вершины конуса и точку  $A_2$  проводят проекцию образующей, находят ее горизонтальную проекцию и на ней отмечают искомую горизонтальную проекцию точки  $A$  (рисунок 74 а).

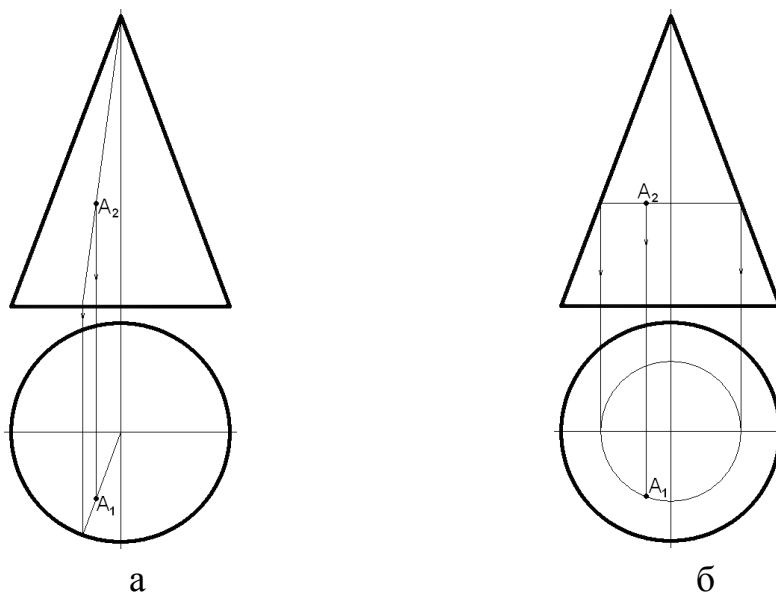


Рисунок 74 - Построение точки на поверхности конуса

Та же задача на рисунке 74 б решена с помощью параллели, построенной на поверхности конуса. Сначала через  $A_2$  проводят фронтальную проекцию окружности: она проецируется в отрезок прямой, параллельной проекции основания конуса. На горизонтальную плоскость проекций указанная окружность проецируется без искажения; на ней будет лежать горизонтальная проекция точки  $A$ .

Так как шар – это тело вращения, поверхность которого образована вращением окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности и проходящей через ее центр, то в ортогональных проекциях все три проекции шара – круги.

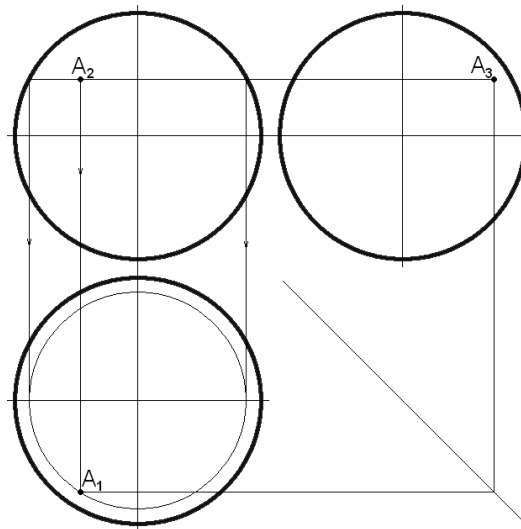
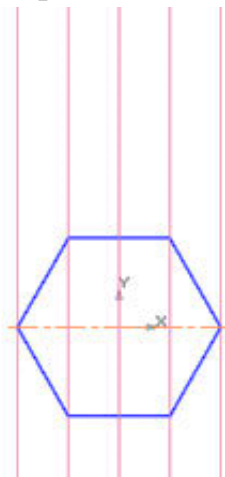


Рисунок 75 - Построение точки на поверхности сферы (шара)

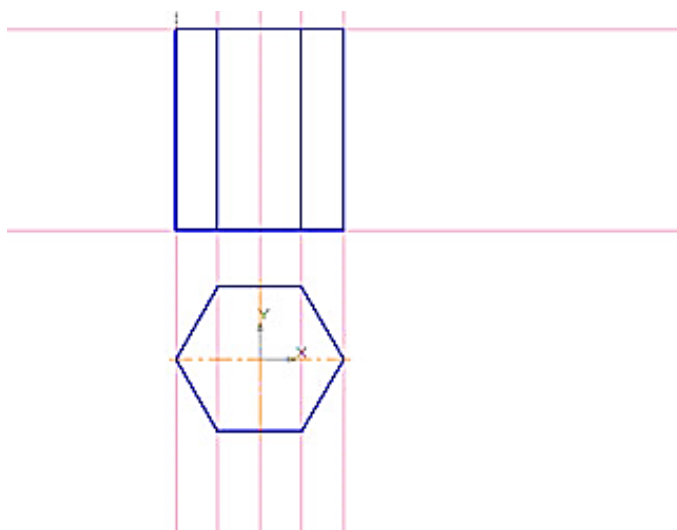
При построении проекций точки, лежащей на поверхности шара по одной заданной ее проекции, сначала проводят через данную точку вспомогательную окружность, плоскость которой параллельна одной из плоскостей проекции. На рисунке 75 эта окружность расположена в плоскости, параллельной горизонтальной плоскости проекций. Две другие проекции точки лежат на перпендикулярах к осям, разделяющим проекции и на соответствующих проекциях окружности.

Что надо помнить при построении геометрических тел – построение любого геометрического тела рекомендуется начинать с построения его вида сверху (проекция на горизонтальную плоскость поверхностей) (рисунок 76), и только затем переходить к построению видов спереди (проекция на фронтальную плоскость поверхностей) и слева (проекция на профильную плоскость поверхностей). Рассмотрим такое построение на примере чертежа правильной шестиугольной призмы. Размеры призмы: высота – 60 мм, диаметр описанной окружности вокруг основания – 50 мм.

Построение чертежа с вида сверху.



Затем строится вид спереди.



Далее строится вид слева и наносятся размеры.

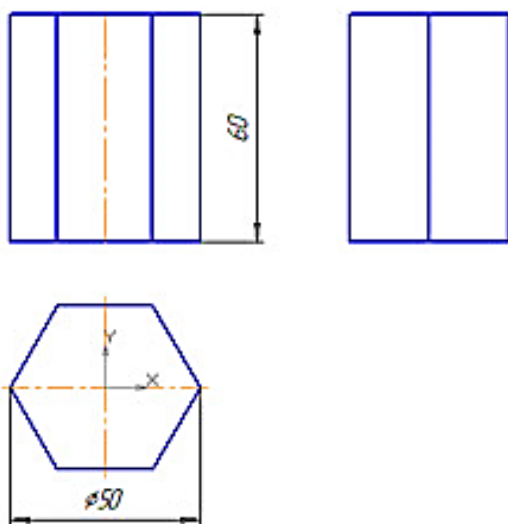
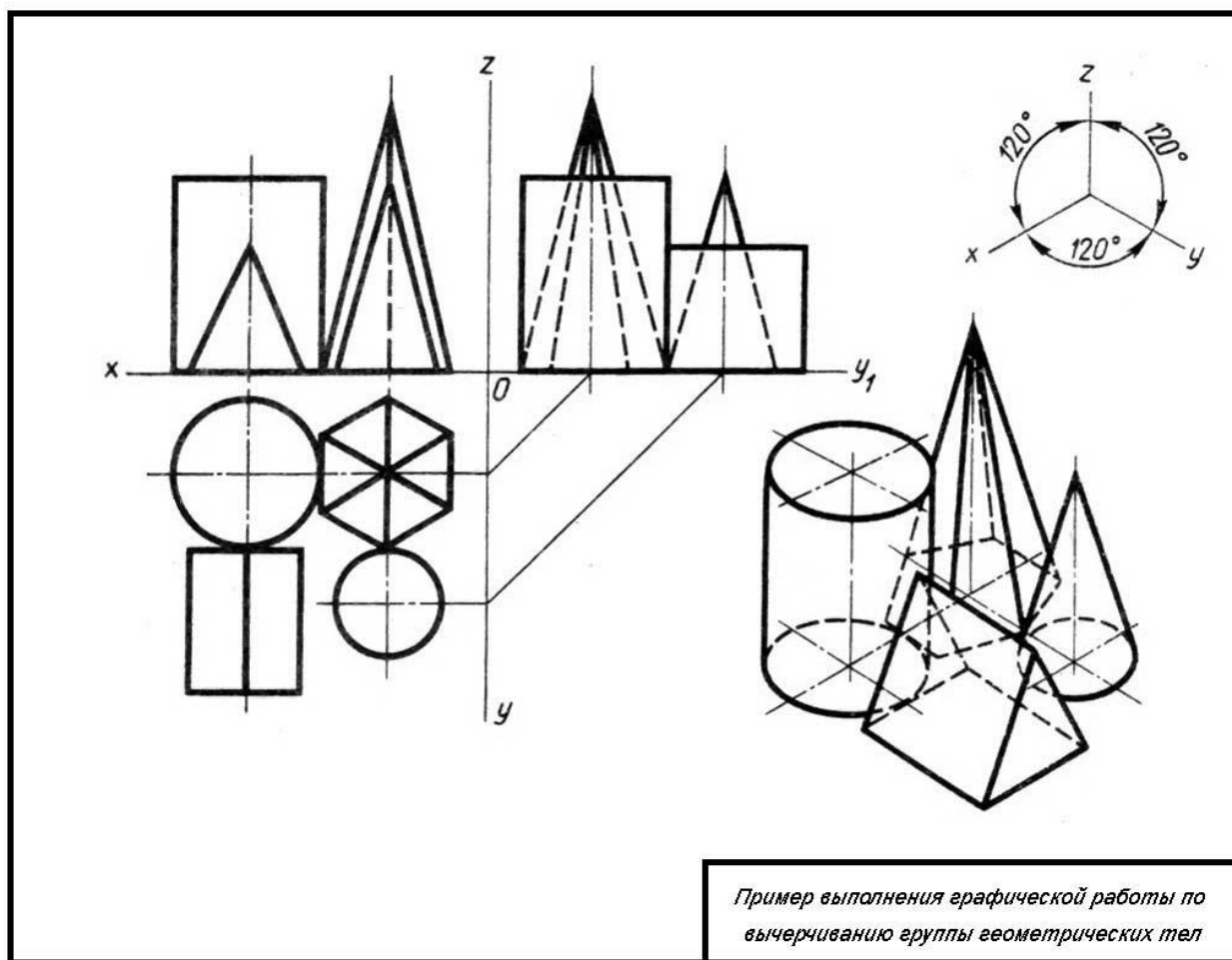


Рисунок 76 – Построение чертежа шестигранной призмы

### Самостоятельная работа по теме 2.1:

Построение комплексного чертежа геометрических тел.



## Тема 2.2 Сечение геометрических тел плоскостью

### СЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЬЮ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТУРАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ФИГУРЫ СЕЧЕНИЯ

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Рассекая геометрическое тело плоскостью, получают сечение – ограниченную замкнутую линию, все точки которой принадлежат как секущей плоскости, так и поверхности тела.

Нужно обратить внимание на то, что при пересечении многогранника с плоскостью в сечении получается многоугольник с вершинами, расположенными на ребрах многогранника, а сторонами многоугольника будут линии пересечения его граней с секущей плоскостью (рисунок 77). Таким образом, для построения сечений находят или точки пересечения ребер с заданной плоскостью или строят прямые, по которым плоскость пересекается с гранями тела.

При пересечении тел вращения фигура сечения ограничена плавной кривой линией (окружность, эллипс и т.п.) (рисунок 77). Точки этой кривой находят с помощью вспомогательных линий, взятых на поверхности тела (например, образующих конуса и цилиндра). Точки пересечения образующих с секущей плоскостью будут принадлежать кривой линии сечения.

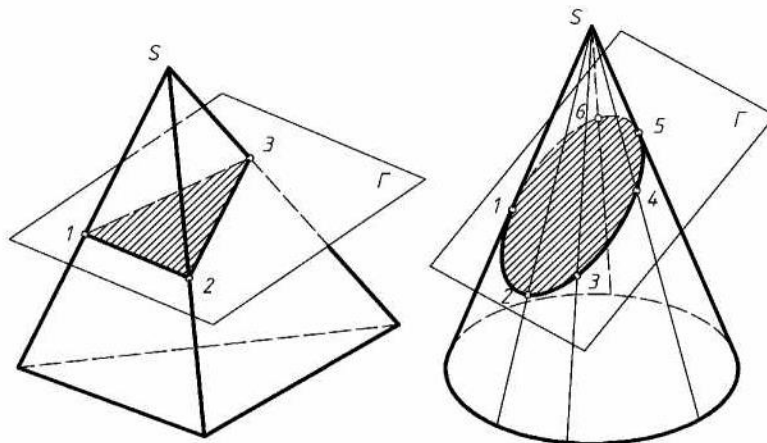


Рисунок 77 – Сечение геометрических тел плоскостью

Для того чтобы определить действительную величину сечений, необходимо знать способы преобразования плоскостей проекций: способ вращения и способ перемены плоскостей проекций.

На рисунке 78 показано построение линии пересечения четырехугольной призмы с фронтально проецирующей плоскостью. Искомая линия пересечения пройдет через точки пересечения боковых ребер с плоскостью и через точки, в которых плоскость пересекается со сторонами верхнего основания.

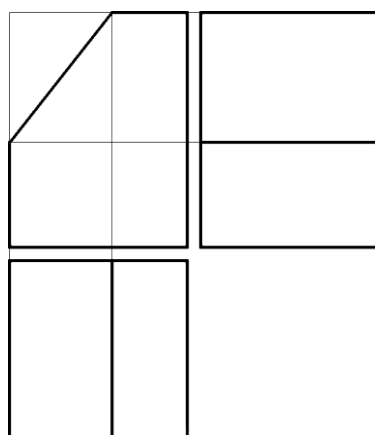


Рисунок 78 – Сечение призмы фронтально проецирующей плоскостью

Построение линии пересечения пирамиды с фронтально проецирующей плоскостью показано на рисунке 79. Фронтальные проекции точек пересечения ребер с плоскостью расположены на фронтальном следе секущей плоскости



( $A_2, B_2, C_2, D_2, E_2, K_2$ ), а горизонтальные ( $A_1 \dots K_1$ ) и профильные ( $A_3 \dots K_3$ ) проекции точек – на соответствующих проекциях ребер пирамиды.

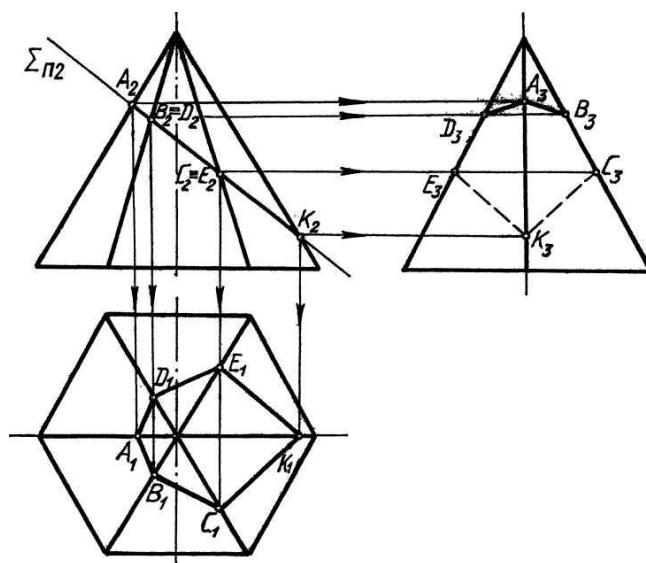


Рисунок 79 – Сечение пирамиды фронтально проецирующей плоскостью

Линия пересечения плоскости с поверхностями тел вращения в общем случае представляет собой замкнутую кривую. Когда секущая плоскость проходит через прямолинейные образующие или пересекает основания, линия пересечения будет включать прямолинейные участки.

Положение кривой линии определяется рядом ее точек. Чем больше точек кривой будет известно, тем точнее она будет построена.

Чтобы построить линию пересечения плоскости с цилиндром (рисунок 80) берут опорные (верхнюю и нижнюю, левую и правую) точки и несколько произвольных на той проекции сечения, в которой оно проецируется в линию, и находят две другие их проекции, способами, описанными выше. При этом в сечение шара может быть только окружность, а в сечение цилиндра – эллипс (или его часть), окружность, прямоугольник.

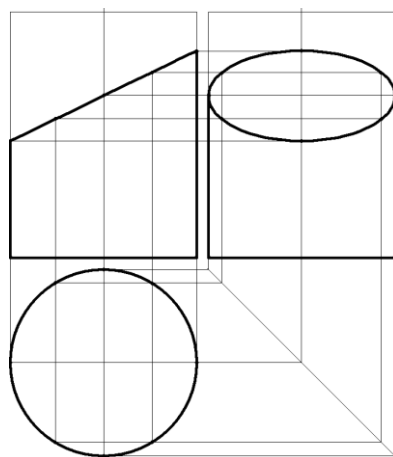


Рисунок 80 - Сечение цилиндра фронтально проецирующей плоскостью

Вид фигуры сечения конуса плоскостью зависит от положения секущей плоскости. В зависимости от вида секущей плоскости в сечении можно получить окружность, эллипс, параболу, гиперболу и треугольник.

Если плоскость проходит через вершину конуса, то она пересекает его по образующим с максимальным для данного конуса углом между ними. На рисунке 81 - это образующие  $S_1$  и  $S_2$ .

Если же конус вращения пересекается плоскостью, не проходящей через его вершину, то в пересечении получается одна из следующих четырех кривых:

1) *окружность*, если секущая плоскость перпендикулярна к оси конуса (рисунок 82);

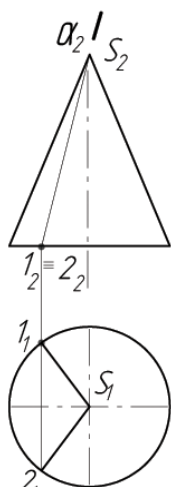


Рисунок 81

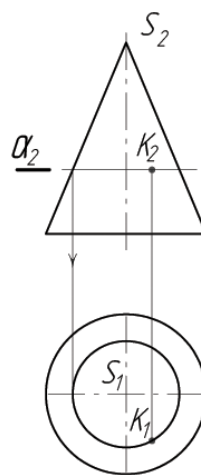


Рисунок 82

2) *эллипс*, если секущая плоскость пересекает все образующие данной поверхности или, иначе, не параллельна ни одной из образующих конуса (рисунок 83). В этом случае угол между секущей плоскостью и осью конуса больше угла между этой осью и образующей конуса;

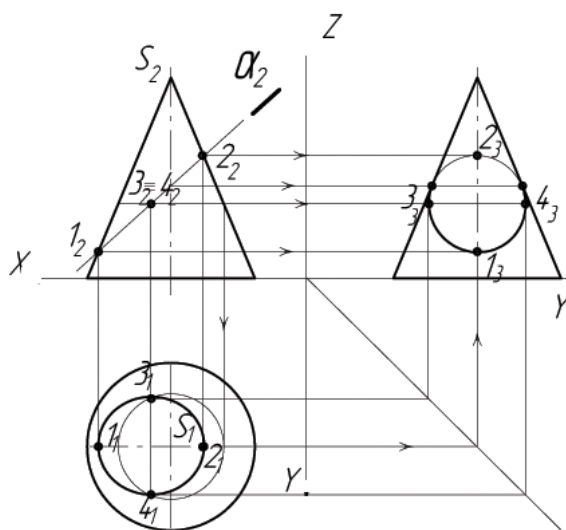


Рисунок 83

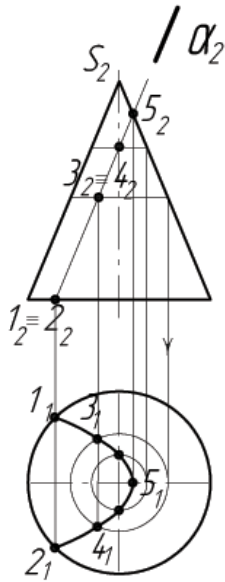


Рисунок 84

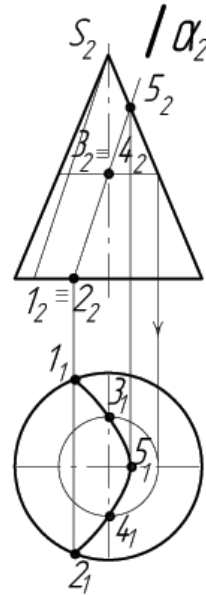


Рисунок 85

3) *парабола*, если секущая плоскость параллельна только одной из образующих (рисунок 84). В этом случае углы между секущей плоскостью и осью конуса и между этой осью и образующей конуса равны между собой;

4) *гипербола*, если секущая плоскость параллельна двум образующим (рисунок 85). При этом угол между секущей плоскостью и осью конуса меньше угла между этой осью и образующей конуса.

Так как секущая плоскость  $\alpha$  является фронтально-проецирующей плоскостью, из свойств таких плоскостей следует, что на фронтальную плоскость проекций фигура сечения проецируется в одну прямую линию, совпадающую с фронтальным следом секущей плоскости, а, следовательно, и фигура сечения конуса заданной плоскостью  $\alpha$  проецируется в одну прямую линию, совпадающую с фронтальным следом секущей плоскости (рисунок 86).

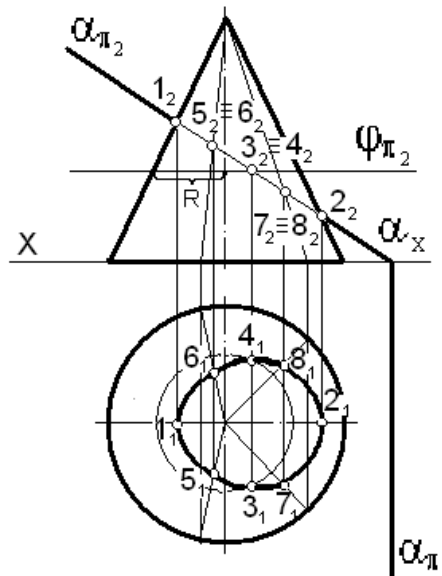


Рисунок 86

Для построения горизонтальной проекции фигуры сечения зададимся рядом точек (1...8). Так как в сечении конуса данной плоскостью получим эллипс, то для его построения необходимо определить большую и малую оси эллипса. Крайние точки большой оси эллипса на фронтальной проекции совпадут с верхней и нижней точками фигуры сечения ( $1_2$  и  $2_2$ ). На фронтальной проекции эти точки принадлежат крайним образующим конуса, следовательно, на горизонтальной проекции они будут принадлежать тем же образующим, только их горизонтальным проекциям (на горизонтальной проекции крайние образующие совпадают с осью конуса).

Для построения малой оси эллипса разделим большую ось ( $1_2 2_2$ ) пополам и через полученную точку ( $3_2 \equiv 4_2$ ) проведем дважды проецирующую секущую плоскость  $\varphi$ . Эта плоскость  $\varphi$  пересекает конус по окружности радиусом  $R$ . Из центра конуса построим окружность этого радиуса на горизонтальной проекции, на которой и располагаются горизонтальные проекции точек 3 и 4.

Построение промежуточных точек осуществляется с помощью образующих конуса. Отметим произвольные точки 5...8, расположенные на фронтальной проекции между точками 1 и 2. Через эти точки на фронтальной проекции проведем образующие конуса. Построим горизонтальные проекции этих образующих и по линиям проекционной связи спроецируем точки 5...8 на соответствующие образующие. Полученные точки соединим плавной кривой линией.

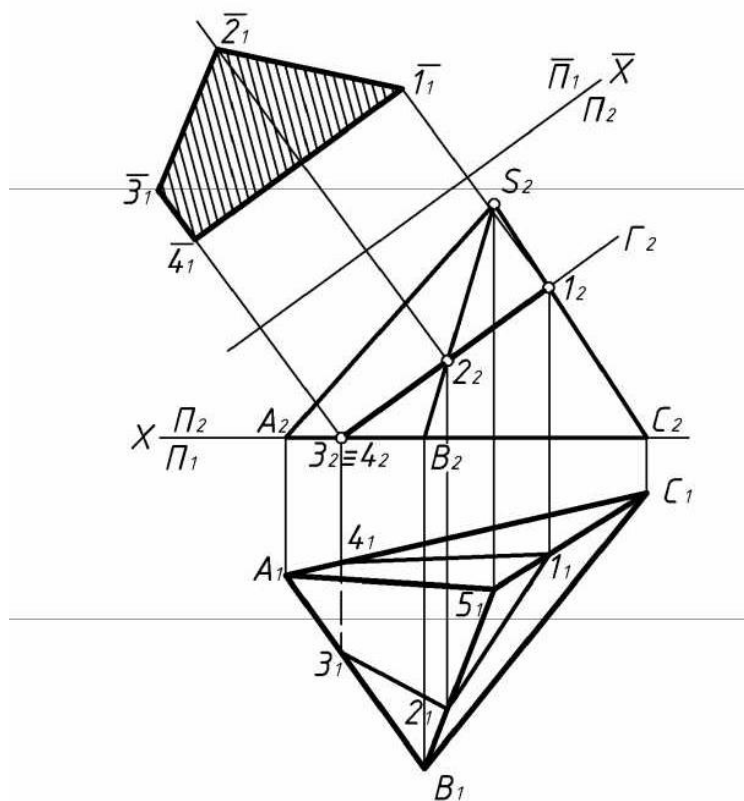


Рисунок 87 – Построение натуральной величины сечения пирамиды плоскостью

Рассмотрим теперь несколько способов построения натуральной (истинной) величины фигуры сечения. Как было сказано выше, для этого необходимо применить способы преобразования плоскостей проекций: способ перемены плоскостей проекций или способ вращения. Рассмотрим их применение на нескольких примерах.

Построим сечение треугольной пирамиды фронтально проецирующей плоскостью  $\Gamma$  ( $\Gamma_2$ ) и определим натуральную величину фигуры сечения (рисунок 87).

Натуральную величину фигуры сечения определяем методом замены плоскостей проекций: для этого заменим систему плоскостей  $\Pi_1-\Pi_2$  на системы плоскостей  $\Pi_2-\Pi_1$ , для чего добавим новую ось  $X$ , которая проходит параллельно следу  $\Gamma_2$ . Из точек  $1_2, 2_2, 3_2, 4_2$  проведем линии проекционной связи, перпендикулярные новой оси  $X$ . По этим линиям проекционной связи от новой ось  $X$  отложим расстояния, равные расстояниям от оси  $X$  до точек  $1_1, 2_1, 3_1, 4_1$ , соответственно. Полученная фигура будет являться натуральной величиной сечения.

Применение метода вращения рассмотрим на примере определения натуральной величины фигуры сечения конуса фронтально проецирующей плоскостью.

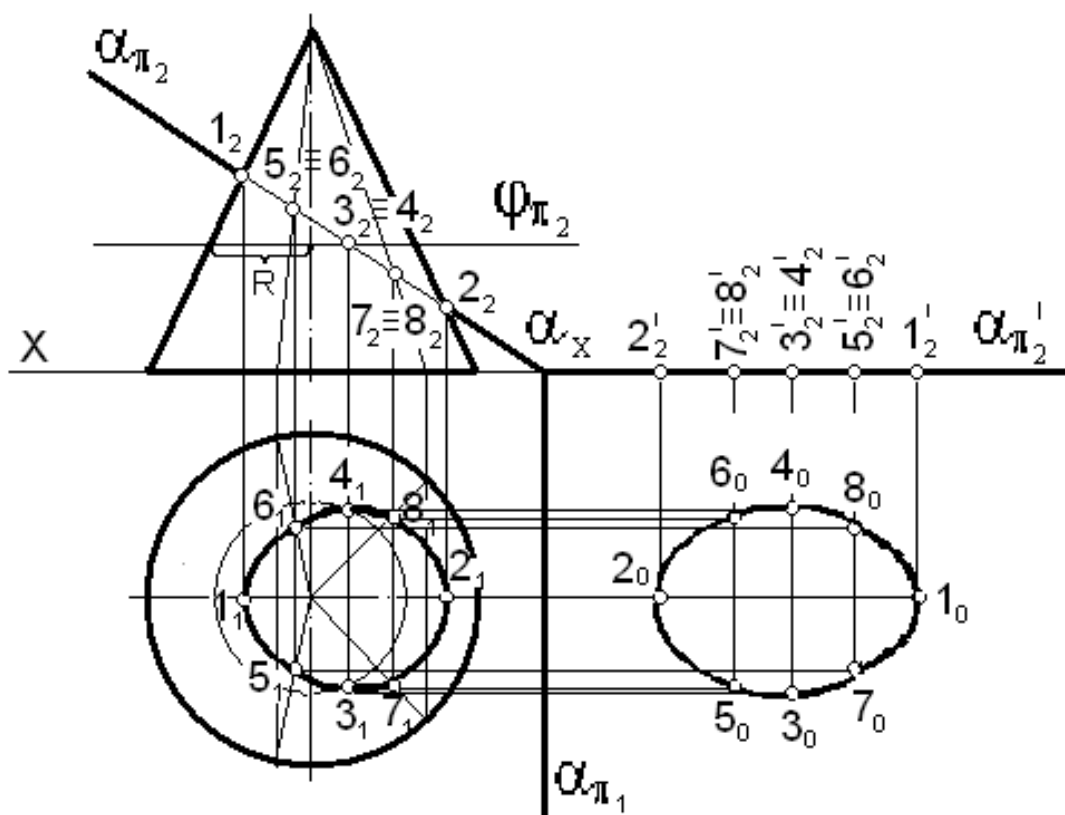


Рисунок 88 - Построение натуральной величины сечения конуса плоскостью

При построении натуральной величины фигуры сечения воспользуемся способом вращения вокруг горизонтального следа секущей плоскости  $\alpha$  (рисунок 88). Т.к. плоскость  $\alpha$  - фронтально проецирующая плоскость, следовательно, совмещенный фронтальный след  $\alpha_{\pi 2}'$  совместится с осью  $OX$ . Перенеся на совмещенный след точки  $1_2 \dots 8_2$  и воспользовавшись линиями проекционной связи, построим натуральную величину эллипса.

### Самостоятельная работа по теме 2.2: Сечение геометрических тел плоскостью.

Лист: 1	Лист: 1	
Страна: РФ	Страна: РФ	Страна: РФ
Лист: 1	Лист: 1	Лист: 1

Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	<b>Призма усеченная</b>	Лит	Масса	Масштаб
Разработ							0,45	1:1
Провер						Лист		Листов 1
Исполн								
Наконтр								
Удобр								

Не для коммерческого использования

Копирован      Формат А3

### Тема 2.3 Проецирование модели

## КОМПЛЕКСНЫЙ ЧЕРТЕЖ МОДЕЛИ ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ МОДЕЛЕЙ

Изучив, как в прямоугольных проекциях изображают точки, отрезки прямых и плоские фигуры, т. е. элементы, которые образуют различные предметы, рассмотрим способы получения прямоугольных проекций самих предметов.

**Комплексным чертежом** называют изображения предмета на совмещенных плоскостях проекций. При этом фронтальную проекцию называют *видом спереди*, или главным видом. Главный вид, получаемый на фронтальной плоскости проекций, является исходным, он должен давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Остальные проекции располагаются в зависимости от главного вида. Такое расположение проекций называют проекционной связью.

Правильно выполненный чертеж обладает наглядностью и несет большой объем информации, понятный специалисту. Поэтому все чертежи выполняются в соответствии установленным и применяемым правилам во всех областях деятельности (**стандарту**).

В инженерной графике стандарты представлены в виде документов, содержащих ряд требований и норм, установленных для всеобщего и многократного использования.

Правила изображения предметов на чертежах установлены ГОСТ 2.305-68 «Изображения – виды, разрезы, сечения».

**Вид** - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий.

Предмет, подлежащий проецированию, обычно ориентируют относительно плоскостей проекций таким образом, чтобы основные его измерения были параллельны плоскостям проекций, и чтобы на фронтальной плоскости проекций было получено наиболее полное его изображение.

Виды предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования (рисунок 89).

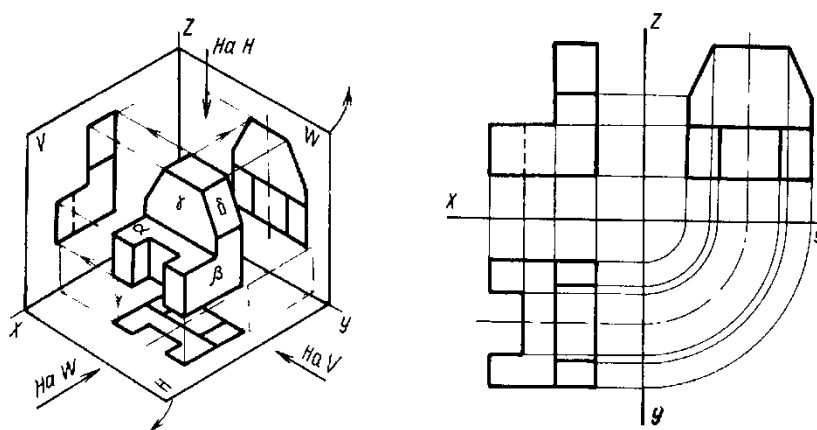


Рисунок 89 - Метод прямоугольного проецирования

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций:

- 1- вид спереди (главный вид);
- 2- вид сверху;
- 3- вид слева;
- 4- вид справа;
- 5- вид снизу;
- 6- вид сзади.

Количество изображений должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

Если проекционная связь нарушена или вид расположен не на соответствующем месте, то направление проецирования должно быть указано стрелкой у соответствующего вида. Над полученным изображением и стрелкой следует нанести одну и ту же прописную букву русского алфавита в соответствии с рисунком 90.

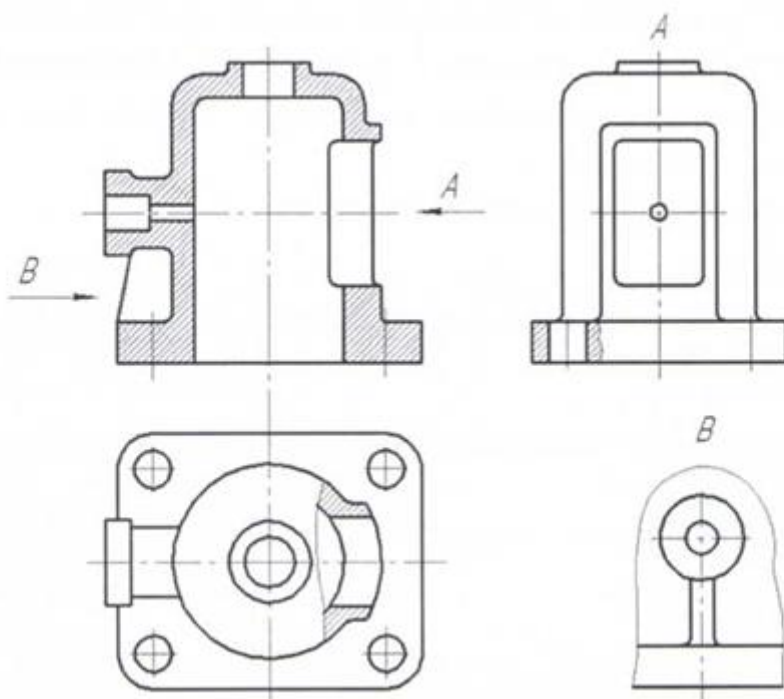


Рисунок 90 – Виды и простые разрезы, и их обозначения на чертеже

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных видах без искажения формы и размеров, то применяют **дополнительные виды**, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций. Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой, а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (рисунок 91).



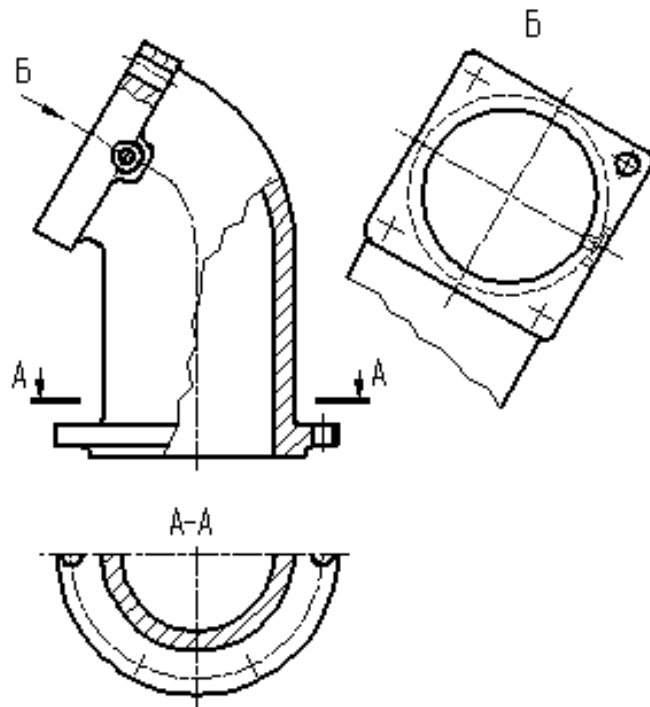



Рисунок 91 – Расположение и обозначение дополнительного вида

Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении; при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением .

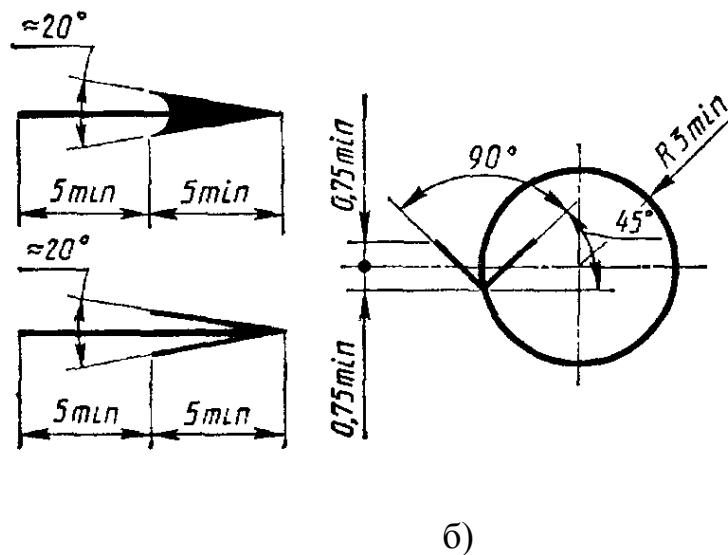


Рисунок 92 – Графическое изображение стрелок и знака «повернуто»

На рисунке 92 приведены (по СТ СЭВ 363-76) размеры стрелки, указывающей направление проецирования (рисунок 92 а), и знака, заменяющего слово «повернуто» (рисунок 92 б).

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется *местным видом*.

Местный вид применяется в том случае, когда из всего вида только часть его необходима для уточнения формы детали, остальная часть вида не дает дополнительной информации о предмете (рисунок 93).

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен. Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

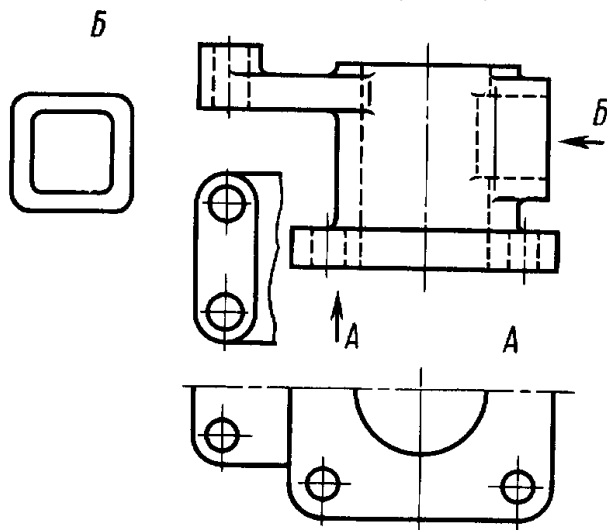


Рисунок 93 – Местный вид

Для более полного представления конфигурации детали (глубина и форма отверстий и т.д.) применяют разрезы.

**Разрез** – это изображение детали, мысленно рассеченной плоскостью (или несколькими плоскостями). При этом мысленное рассечение относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней.

Разрезы разделяются, в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций, на:

**горизонтальные** – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (разрез Б-Б, рисунок 94);

**вертикальные** – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (разрезы А-А, В-В, Г-Г, рисунок 94);

**наклонные** – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (разрез В-В рисунок 94).

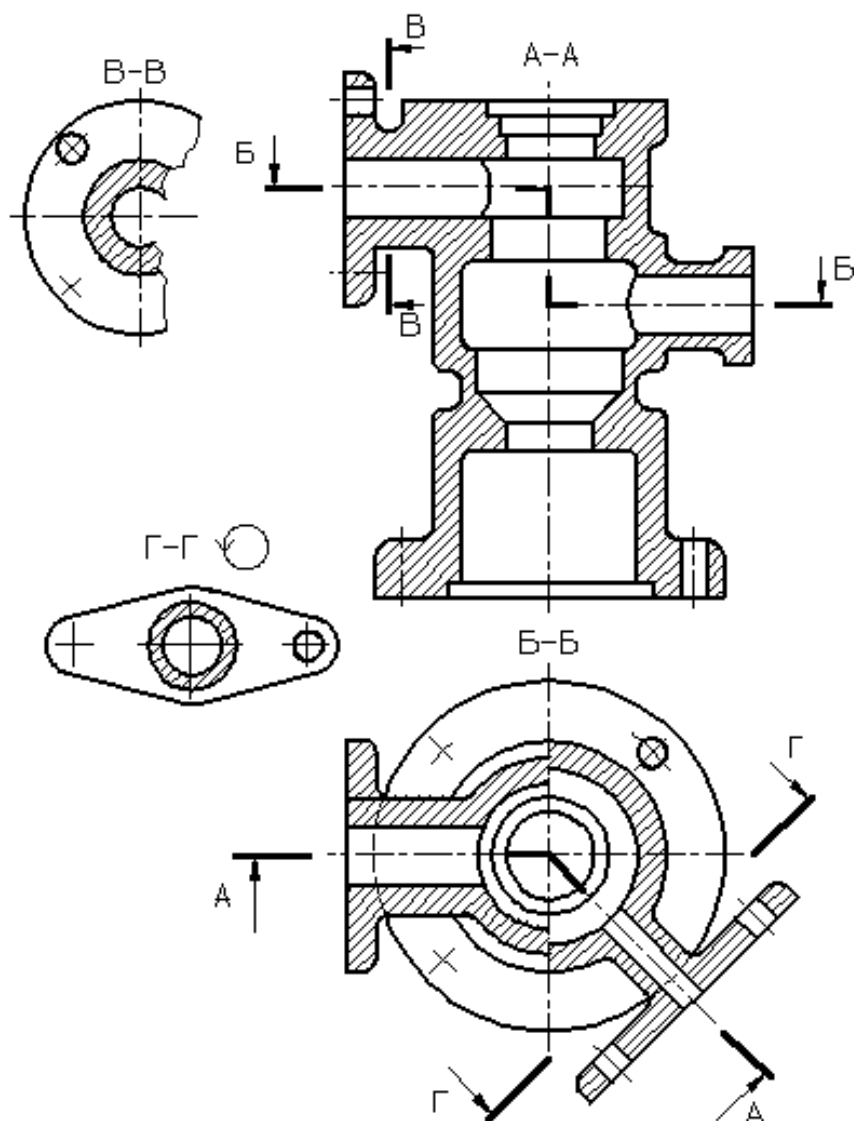


Рисунок 94 – Разрезы

Вертикальный разрез называется **фронтальным**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и **профильным**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций.

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

**простые** – при одной секущей плоскости (разрез В-В рисунок 94);

**сложные** – при нескольких секущих плоскостях (разрез Б-Б, рисунок 94).

Сложные разрезы бывают ступенчатыми, если секущие плоскости параллельны между собой (разрез Б-Б, рисунок 94, рисунок 95); ломаными, если секущие плоскости пересекаются (разрез А-А, рисунок 94, рисунок 96).

Для уменьшения количества изображений на чертеже, разрезы могут быть расположены на месте соответствующих видов.

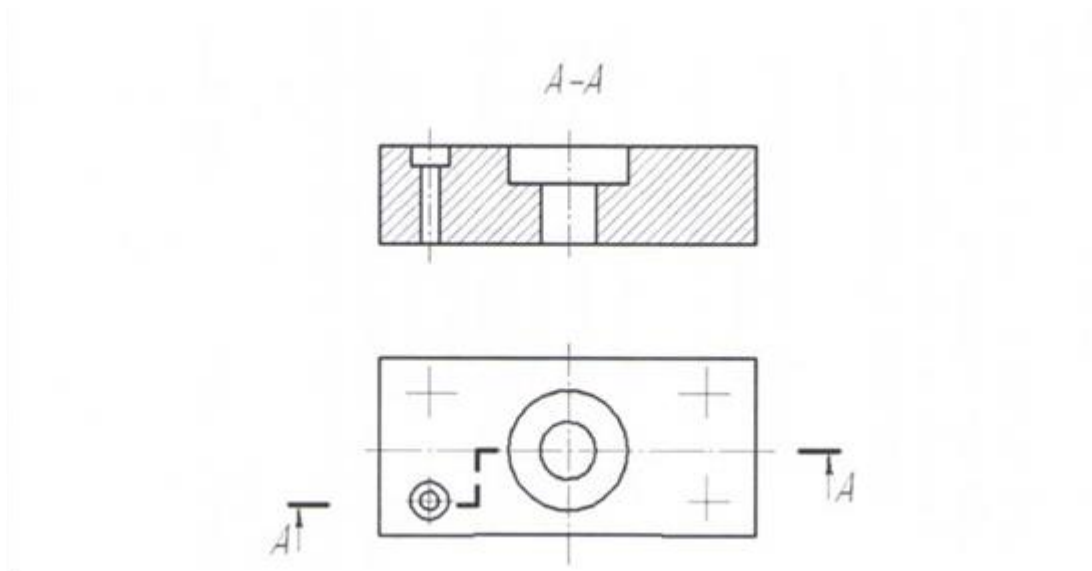


Рисунок 95 - Ступенчатый разрез

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия согласно ГОСТ 2.303-68 (рисунок 94). При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда (рисунок 97); стрелки должны наноситься на расстоянии 2-3 мм от конца штриха.

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения.

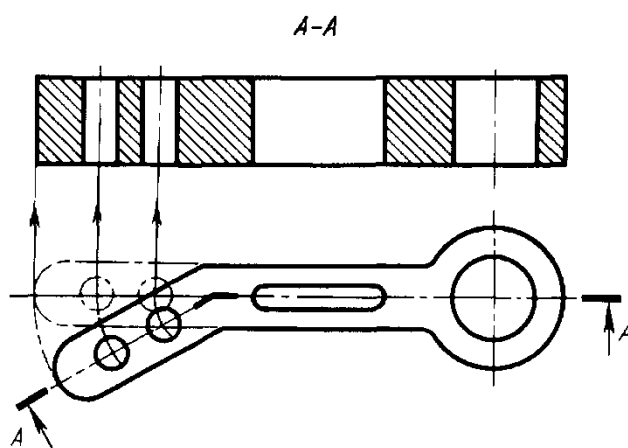


Рисунок 96 – Ломанный разрез

Разрез должен быть отмечен надписью по типу «А-А» (всегда двумя буквами через тире).

Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими – либо другими

изображениями, для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не отмечают положение секущей плоскости, и разрез надписью не сопровождают.

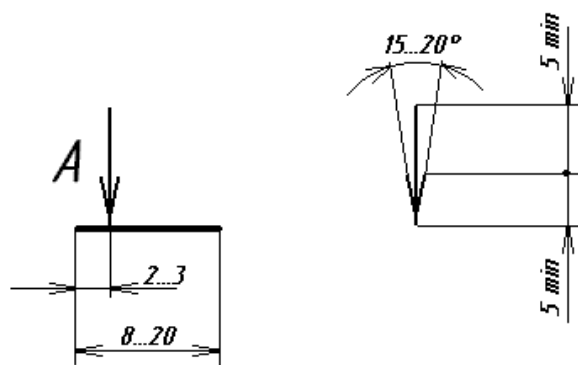



Рисунок 97 – Обозначение разреза

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы, как правило, располагают на месте соответствующих основных видов.

Вертикальный разрез, когда секущая плоскость не параллельна фронтальной или профильной плоскостям проекций, а также наклонный разрез, должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения. Допускается располагать такие разрезы на любом месте чертежа, а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение  - знак «повернуто».

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется **местным**.

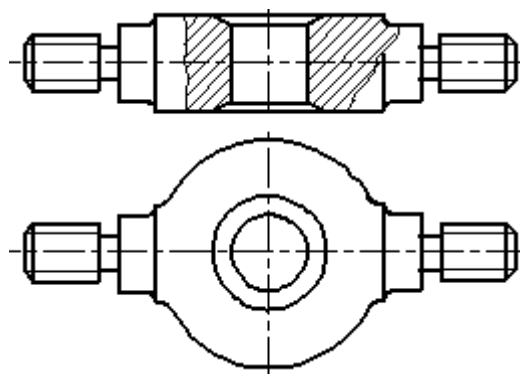


Рисунок 98 - Совмещение на изображении части вида и разреза

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (рисунок 98). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения. Для симметричных деталей можно соединить половину вида и половину разреза, причем, если ось симметрии вертикальна, то слева, как правило,

располагают вид, справа – разрез (рисунок 99). Если ось симметрии горизонтальна, то сверху – вид, снизу – разрез. Разделяющей их линией служит ось симметрии – тонкая штрихпунктирная линия (таблица 3).

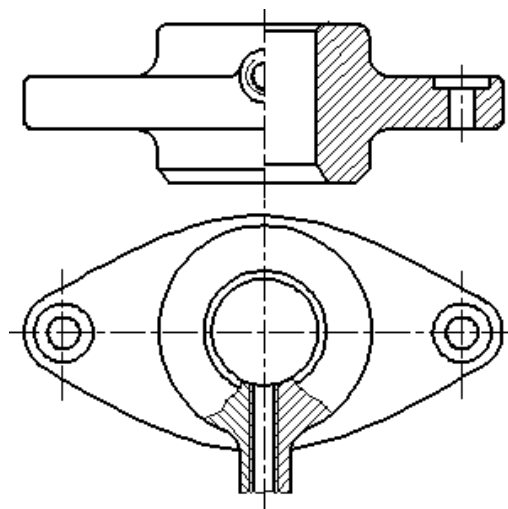


Рисунок 99 - Совмещение на изображении части вида и разреза

При отсутствии симметрии или при совпадении оси симметрии детали с какой-либо линией контура, например с ребром, часть линии и часть разреза следует разделять волнистой линией или линией с изломами, проведенной с той или иной стороны от оси симметрии (рисунок 100). При этом линия с изломом должна выходить за контур изображения.

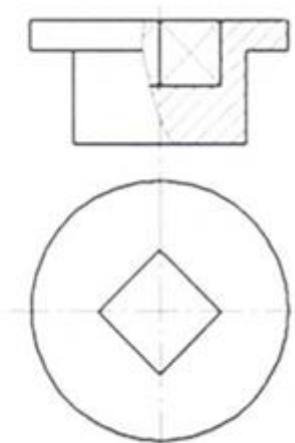
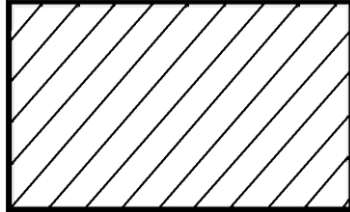
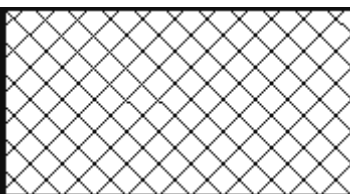
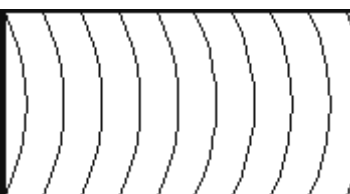
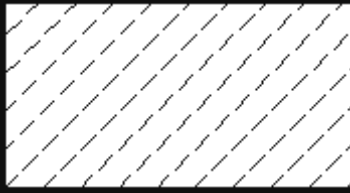
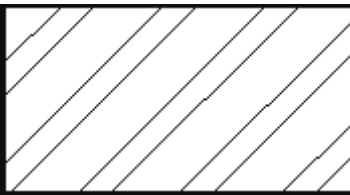
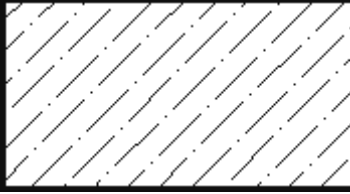


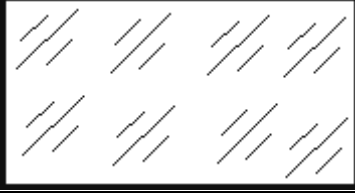
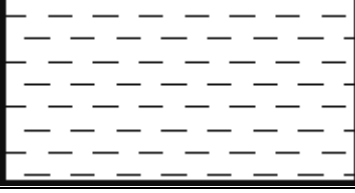

Рисунок 100 - Совмещение части вида и части разреза

На участки детали, попавшие в разрез (сечение), наносится штриховка. Графическое обозначение материала в сечениях - штриховка, выполняемая тонкими сплошными линиями. Форма штриховки в соответствии с ГОСТ 2.306-68 дает представление о материале, из которого сделана деталь.

Графическое обозначение материалов в сечениях в зависимости от вида материалов должно соответствовать приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Графическое обозначение материалов

Материал	Обозначение
1	2
1. Металлы и твердые сплавы (Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материала должно соответствовать)	
2. Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже	
3. Древесина	
4. Камень естественный	
5. Керамика и силикатные материалы для кладки	
6. Бетон	

1	2
7. Стекло и другие светопрозрачные материалы	
8. Жидкости	
9. Грунт естественный	

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом  $45^\circ$  к линии контура изображения или к его оси или к линиям рамки чертежа (рисунок 101).

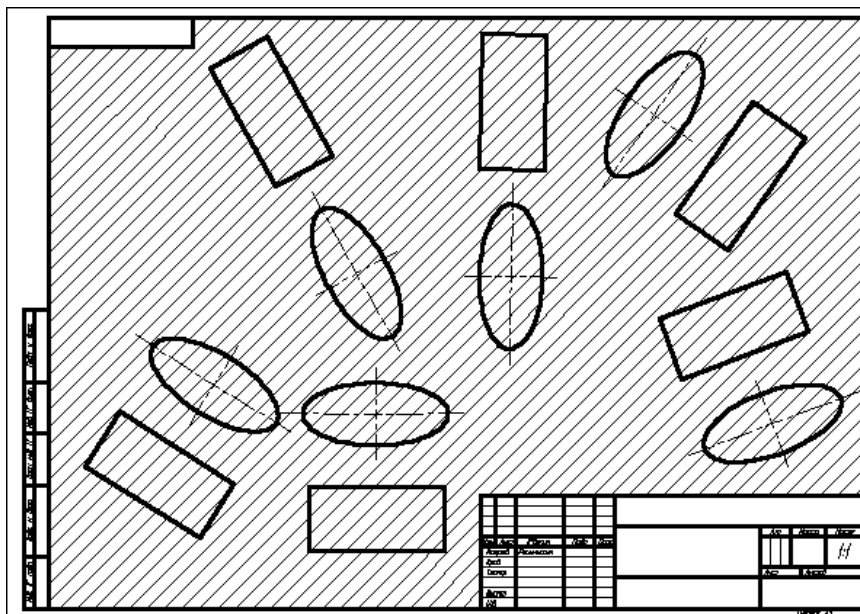


Рисунок 101 - Штриховка под углом  $45^\circ$  к рамке чертежа

Если линии штриховки, приведенные к линии рамки чертежа под углом  $45^\circ$ , совпадают с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла  $45^\circ$  следует брать угол  $30^\circ$  или  $60^\circ$  (рисунки 102 и 103).

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но,



как правило, в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, не зависимо от количества листов, на которых эти сечения расположены.

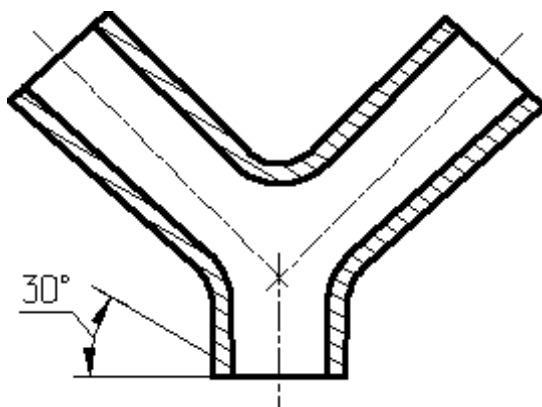


Рисунок 102 - Штриховка под углом  $30^{\circ}$  к рамке чертежа

Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выполняемых в одно и том же масштабе сечений данной детали и выбирается в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений. Указанное расстояние должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений.

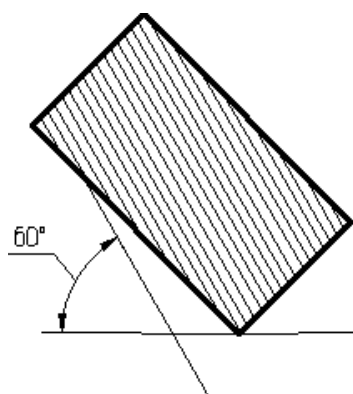


Рисунок 103 - Штриховка под углом  $60^{\circ}$  к рамке чертежа

Узкие и длинные площади сечения (например, штампованных, вальцованных 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 площадь сечения - небольшими участками в нескольких местах (рисунок 104). В этих случаях линии штриховки стекла (рисунок 105) следует наносить с наклоном  $15 - 20^{\circ}$  к линиям большей стороны контура сечения.

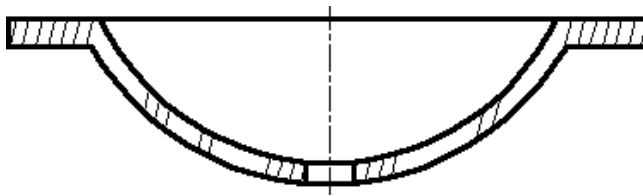



Рисунок 104 - Штриховка узких и длинных площадей



Рисунок 105 - Штриховка узких и длинных площадей

**Сечением** называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. В сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость. Обозначение изображения сопровождается условным графическим знаком  - «развернуто».

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяются на **вынесенные** (рисунок 106 б, в) и **наложенные** (рисунок 106 а).

Вынесенные сечения могут располагаться в любом месте рабочего поля чертежа, так же в разрыве между частями одного и того же вида. Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения указывают штрихпунктирной линией без обозначения, буквами и стрелками и линию сечения не проводят (рисунок 106).

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве или наложенных (рисунок 107), линию сечения проводят и наносят стрелки, но буквы не ставят. Во всех остальных случаях обозначение линии сечения и самого сечения выполняют также как и для разреза. Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения.

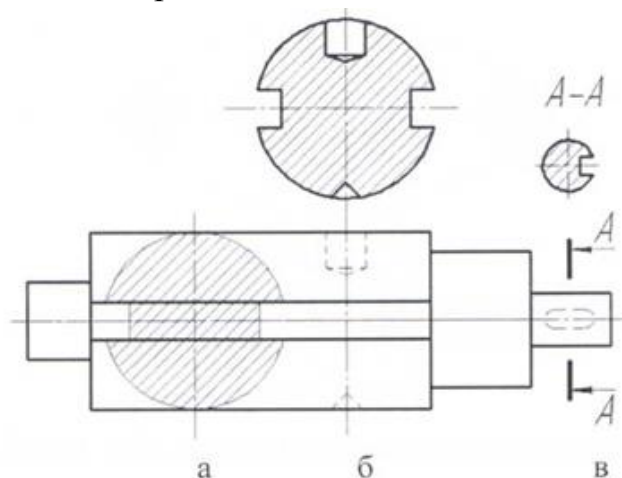


Рисунок 106 - Сечение: а – наложенное; б, в – вынесенные.

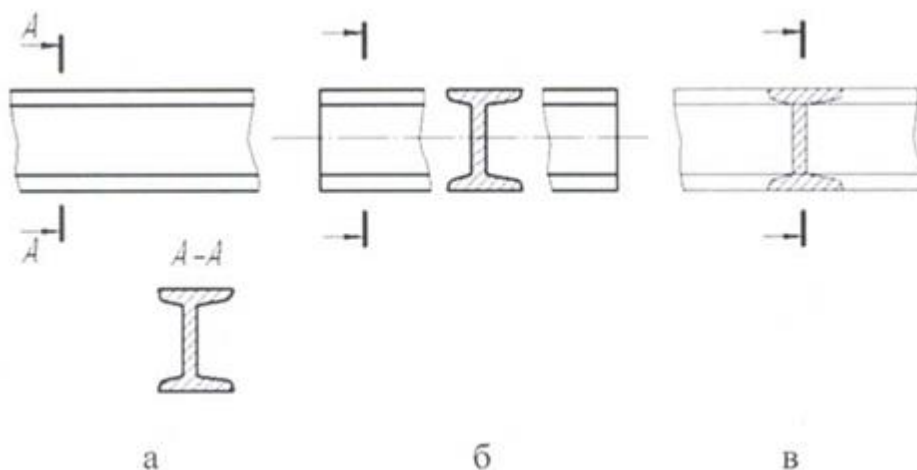


Рисунок 107 - Несимметричное сечение: а – вынесенное; б – в разрыве; в – наложенное

Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечение на любом поле чертежа, а также с поворотом с добавлением знака (например, А-А).

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рисунок 106).

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, обводится сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения – сплошными тонкими линиями.

В случае если сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, следует вычерчивать разрез.

На изображениях разрезах и сечениях в местах рассечения плоскостью материала детали, в зависимости от вида материала, выполняется штриховка в соответствии с ГОСТ 2.306-68. Если деталь выполнена из металла, то штриховка наносится сплошными тонкими параллельными линиями под углом  $45^\circ$  к линиям рамки чертежа в одном и том же направлении на всех сечениях одной и той же детали. Если линии контура детали или осевые линии расположены под углом  $45^\circ$  к линиям рамки чертежа, то угол наклона линий штриховки следует брать  $30^\circ$  или  $60^\circ$ . Расстояние между линиями штриховки должно быть одинаковым для всех сечений данной детали и может выбираться в пределах от 1 до 3 мм в зависимости от площади штриховки.

Если секущая плоскость проходит вдоль тонкой стенки или ребра жесткости детали, то такая стенка или ребро условно не штрихуются.

Высота букв в обозначениях видов, разрезов и сечений должна быть на один-два размера больше, чем высота размерных чисел, принятая на данном чертеже. Минимальный диаметр знаков «повернуто» и «развернуто» равен 5 мм.

## ПОСТРОЕНИЕ ТРЕТЬЕЙ ПРОЕКЦИИ МОДЕЛИ ПО ДВУМ ЗАДАНЫМ

Чтобы успешно выполнять и читать чертежи, надо научиться строить третьи проекции предметов по двум заданным. Выше было рассмотрено построение третьей проекции точки по двум данным проекциям.

Приступая к построению третьей проекции предмета, нужно сначала хорошо представить себе его форму по двум данным проекциям. Полезно, после того как форма детали в воображении сложилась, выполнить ее рисунок. Только после того как форма детали полностью ясна, можно приступить к построению недостающей проекции. На рисунке 108 представленный чертеж выполнен методом прямоугольного (ортогонального) проецирования, т. е. все три изображения (проекции) построены без нарушения проекционной связи, но оси координат и линии проекционной связи на чертеже отсутствуют. Чтобы при построении изображений не нарушалась проекционная связь, необходимо прикладывать рейсшину или треугольник в направлении соответствующей проекционной связи одновременно к двум проекциям, на которых в данный момент проводят построение.

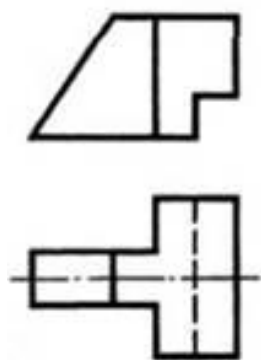


Рисунок 108



Рисунок 109

Рассматривая данные проекции, устанавливают, что деталь состоит из двух четырехугольных призм, в одной из которых сделан призматический вырез, и треугольной призмы. Деталь имеет Т-образную форму, что легко определить по горизонтальной проекции. Грань, к которой примыкает "ножка" буквы Т, дает на фронтальной проекции вертикальную линию, по длине равную высоте детали. "Ножка" буквы Т срезана под углом, величина которого определяется по фронтальной проекции. Призматический срез в правом нижнем углу детали дает на горизонтальной проекции штриховую линию, так как он невидим сверху. Полученные представления о форме детали могут быть закреплены рисунком (рисунок 109).

По двум заданным проекциям, в данном случае фронтальной и горизонтальной, строится профильная методом переноса размеров по высоте с фрон-

тальной проекции, а по ширине – с горизонтальной проекции (рисунок 110).

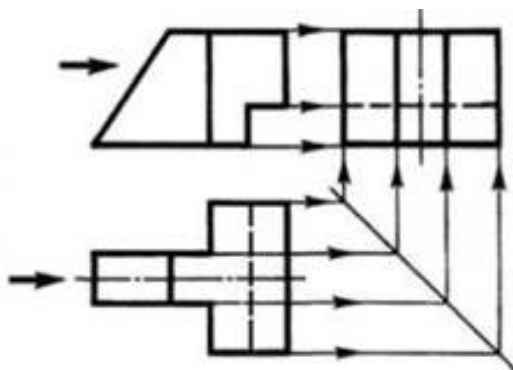


Рисунок 110 – Построение третьей проекции модели по двум заданным

Для проведения линий связи наносят прямую под углом  $45^\circ$  (рисунок 110). При построении контура профильной проекции можно исходить из того, что верхняя грань даст на профильной плоскости проекций горизонтальную линию, по длине равную ширине горизонтальной проекции; нижняя грань изобразится так же. Боковые стороны дадут вертикальные линии, равные высоте фронтальной проекции. Отрезки этих прямых располагаются на соответствующих линиях связи, образуя прямоугольник. "Ножка" очерчивается двумя вертикальными линиями связи. Так как вырез невидим слева, его показывают штриховой линией, по длине равной ширине детали, как и сам вырез. Затем удаляют линии построений и обводят видимый контур сплошной основной линией.

При построении отдельных элементов детали можно прибегнуть к построению проекций отдельных, характерных точек, которые затем соединить прямыми линиями.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМЫ ПРЕДМЕТА

### *Усеченные геометрические тела и тела с отверстиями*

Для выполнения чертежей усеченных геометрических тел и тел с отверстием необходимо использовать материал, изложенный в предыдущем разделе.

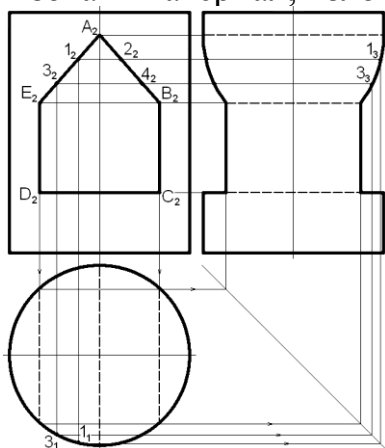


Рисунок 111

На рисунке 111 представлен цилиндр, ось вращения которого перпендикулярна горизонтальной плоскости. Перпендикулярно фронтальной плоскости выполнено сквозное отверстие, образованное несколькими секущими плоскостями. Участок CD образован горизонтальной плоскостью, параллельной основанию, значит он является частью окружности, фронтальной проекцией которой является прямая ( $C_2D_2$ ), горизонтальная проекция совпадает с горизонтальной проекцией боковой поверхности цилиндра ( $C_1D_1$ ), профильная проекция – горизонтальная прямая ( $C_3D_3$ ). Участки ED и BC образованы плоскостями, параллельными профильной плоскости, значит их профильные проекции – части прямоугольника, на фронтальной и горизонтальной проекциях это прямые линии. EA и AB не параллельны ни одной из плоскостей, т.е. они являются частью эллипса; профильные проекции строятся с помощью вспомогательных точек (точки 1-4 на рисунке 111).

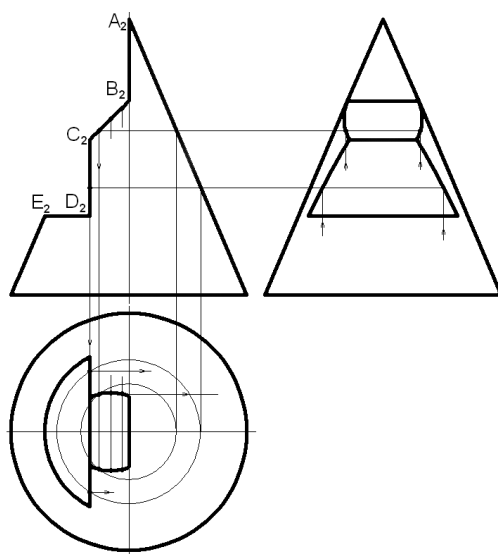


Рисунок 112

На рисунке 112 представлен конус с сечением, образованным несколькими секущими плоскостями. Участок AB образован плоскостью, параллельной профильной и проходит через ось конуса, в сечении получается треугольник. BC – часть фронтально-проецирующей плоскости, в сечении – часть эллипса. Строится она с помощью точек, взятых на фронтальной проекции сечения (см. рисунок 88), которые затем на горизонтальной и профильной проекциях соединяются лекалом. CD – это участок гиперболы (плоскость параллельна двум образующим (см. рисунок 85), строится также как и BC. А DE – это, очевидно, часть окружности.

На рисунке 113 дан шар с вырезом, образованным тремя различными секущими плоскостями. Участок AB – часть окружности, параллельной профильной плоскости, поэтому её профильная проекция – часть окружности, фронтальная и горизонтальная – отрезки прямых. Участок BC – часть окружности, параллельной горизонтальной плоскости, поэтому её горизонтальная

проекция – окружность, две другие проекции – отрезки прямой линии. Участок CD – это тоже часть окружности, расположенной под наклоном к горизонтальной и профильной плоскостям проекций, поэтому проекции этой окружности на указанные плоскости проекций – эллипсы, которые строятся с помощью вспомогательных точек, из которых точка 1 – обязательна.

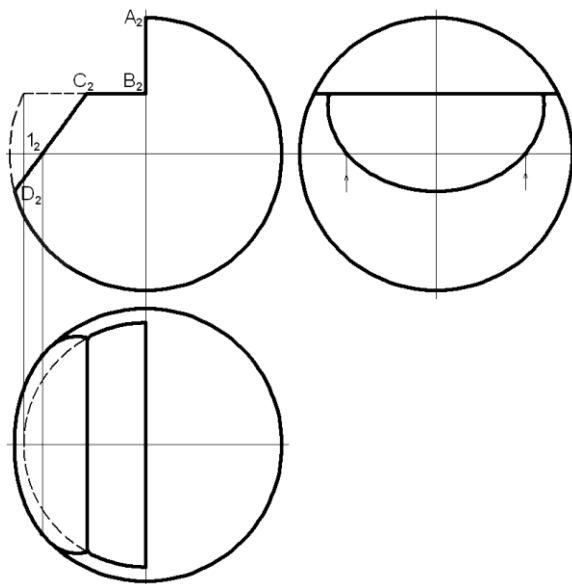


Рисунок 113

В сечениях пирамиды плоскостями – многоугольники, построение которых ясно из предшествующего текста и рисунок 114.

Теперь рассмотрим геометрические тела с отверстиями, представляющими собой поверхности вращения.

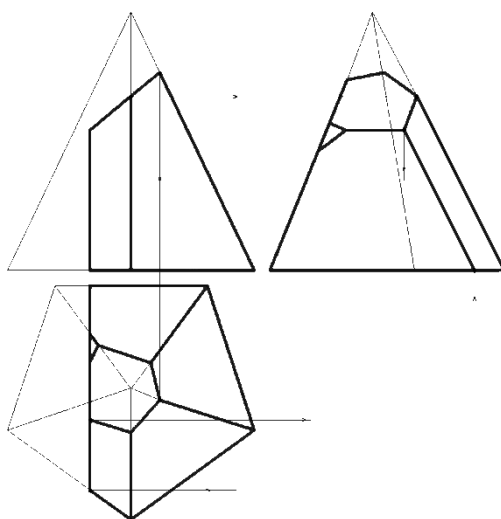


Рисунок 114

На рисунке 115 изображен цилиндр со сквозным цилиндрическим отверстием, фронтальная проекция которого является окружностью, горизонтальная проекция совпадает с горизонтальной проекцией вертикального цилиндра

( $A_1C_1$ ). Достроив профильную проекцию по двум заданным ( $B_3D_3$ ), видим, что это кривая линия, точки которой соединяют лекалом.

Отверстие в конусе также строится по точкам (см. рисунок 88), из которых А, В, С и D – обязательны (рисунок 116). Для точности построения берут промежуточные точки. Принципиально также строятся отверстия в призме и пирамиде (рисунки 117, 118).

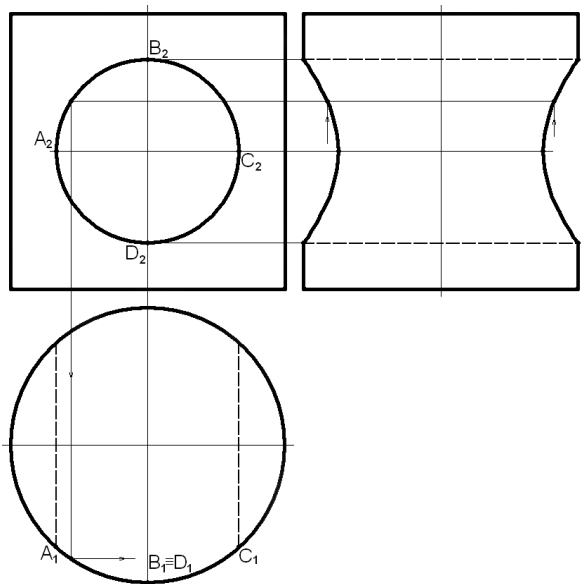


Рисунок 115

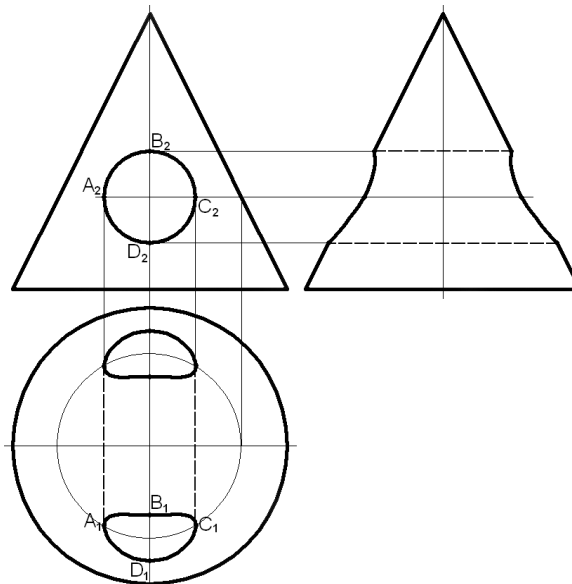


рисунок 116

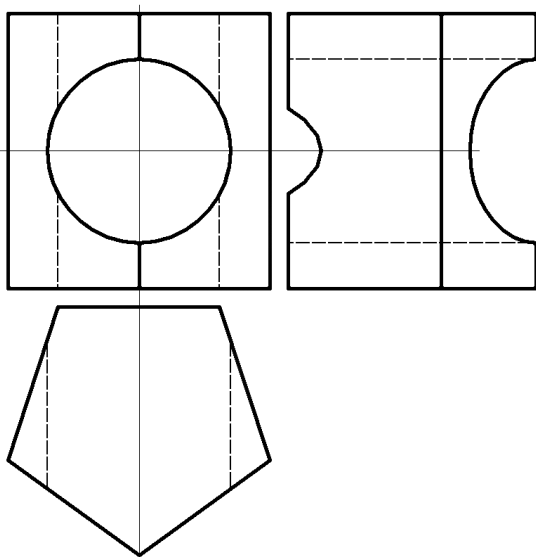


Рисунок 117

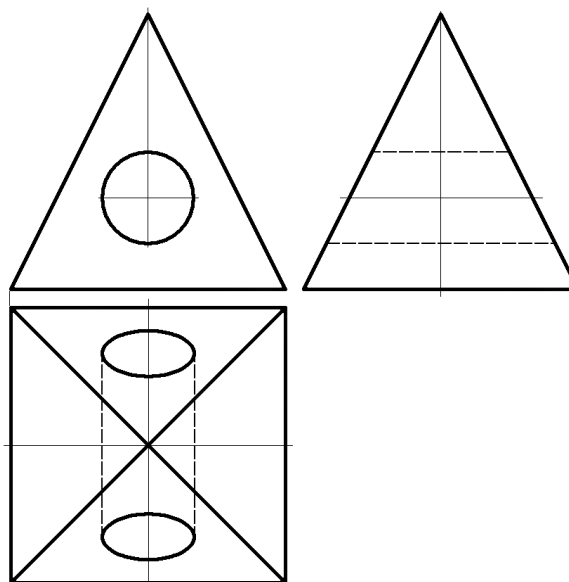


Рисунок 118

*Моделирование формы предмета*

На рисунке 119 дана заготовка в виде цилиндра со сквозным отверстием вдоль оси вращения в виде треугольной призмы. Поочередно в эту заготовку



вводятся отверстия: шестигранное и цилиндрическое (рисунки 120, 121). Заметьте также, что участок АВ, как и симметричный ему, не является прямой линией, поскольку здесь идёт пересечение трёхгранной призмы и цилиндра. На рисунке 122 строятся разрезы на всех видах, хотя чаще обходятся фронтальным и профильным. На профильном разрезе часть линий не обводится, так как находится за секущей плоскостью.

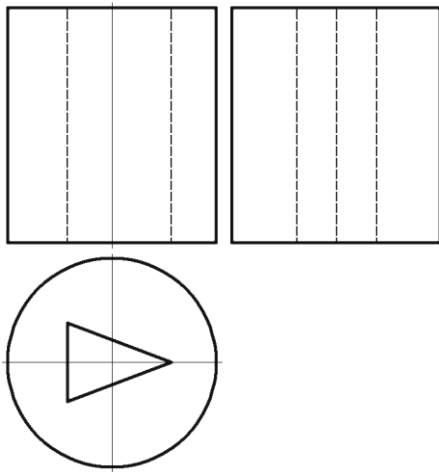


Рисунок 119

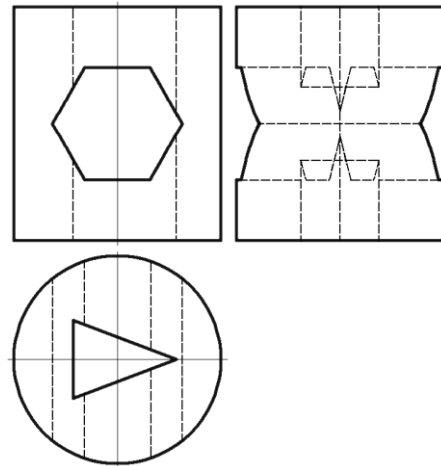


Рисунок 120

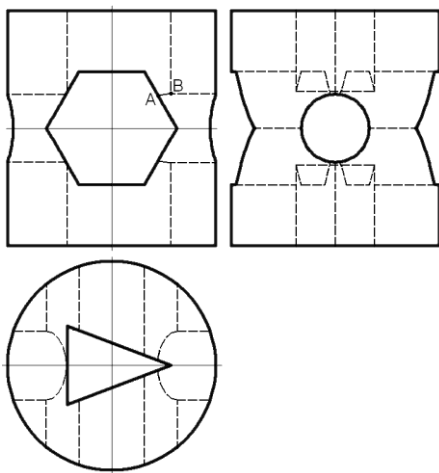


Рисунок 121

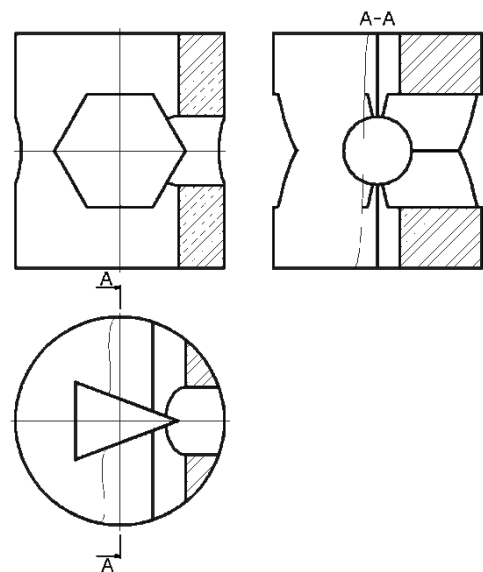
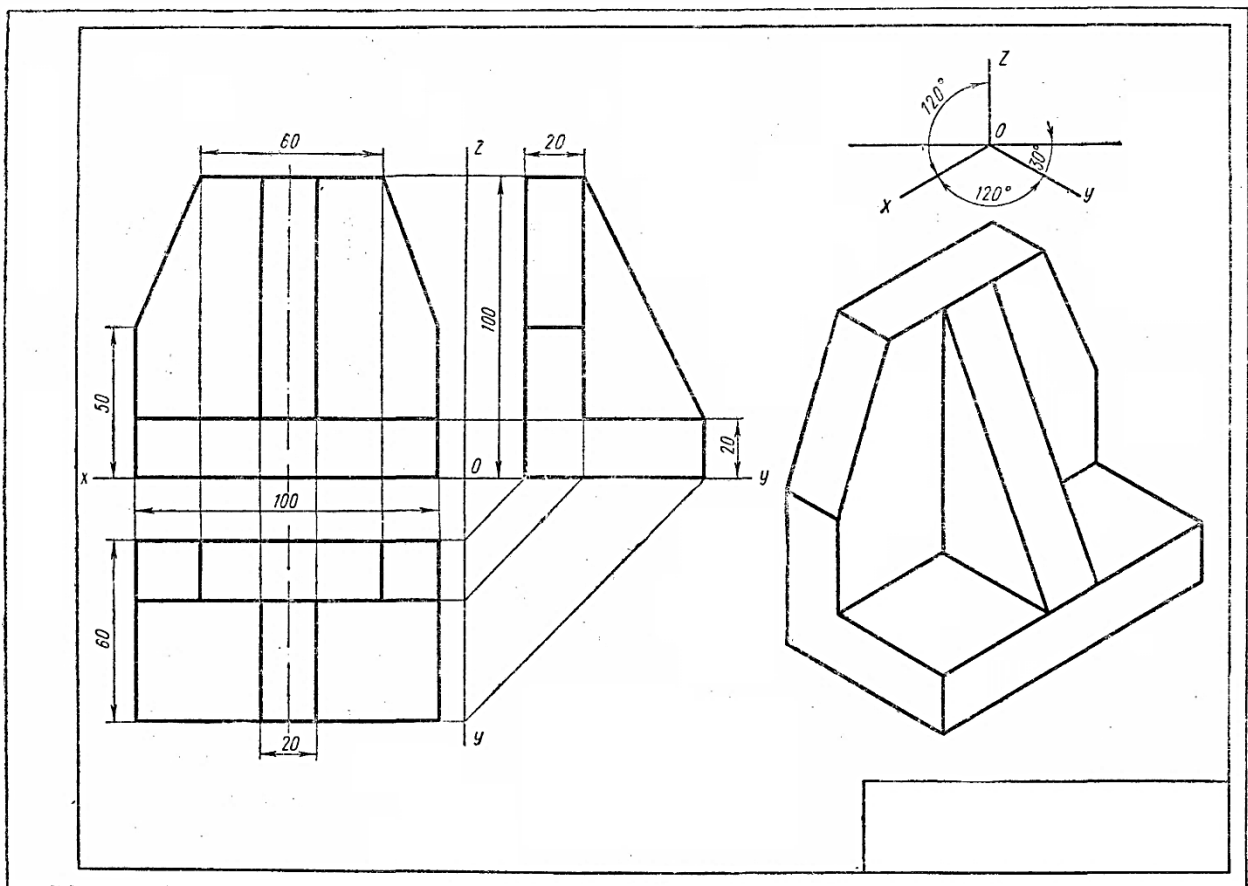


Рисунок 122

**Самостоятельная работа по темам 2.3:**

Построение комплексного чертежа геометрических тел.



## Тема 2.4 Техническое рисование

### ТЕХНИЧЕСКОЕ РИСОВАНИЕ

Техническое рисование, как и аксонометрические проекции, служит для построения наглядных изображений моделей и деталей.

**Техническим рисунком** называют наглядное графическое изображение, выполненное в глазомерном масштабе и от руки по правилам аксонометрии, в котором ясно раскрыта техническая идея объекта, правильно переданы его конструктивная форма и верно найдены пропорциональные соотношения.

При выполнении технических рисунков оси необходимо располагать под теми же углами, что и для аксонометрических проекций, а размеры предметов откладывать вдоль осей.

Выбор аксонометрической проекции, на базе которой будет выполнен технический рисунок, зависит от формы детали.

Фронтальная диметрическая проекция удобна для изображения деталей, криволинейные очертания которых расположены в плоскости, параллельной плоскости  $XOZ$ . Изометрические проекции предпочтительнее при изображении деталей, криволинейные элементы которых расположены в разных плоскостях.

При техническом рисовании предметы изображают в параллельной перспек-

тиве по принципу аксонометрических проекций. Здесь параллельные линии показывают всегда параллельными, а равные вертикальные прямые, независимо от удаления от зрителя, изображают равными вертикальными прямыми.

Построение аксонометрических изображений плоских фигур является основой построения геометрических тел и технических предметов.

Многоугольник состоит из вершин (точек) и сторон (отрезков прямых линий), следовательно, построение его аксонометрии начинается с построения вершин с последующим соединением их прямыми линиями – сторонами многоугольника.

Построим рисунок квадрата  $ABCD$  в прямоугольной изометрии при условии, что сторона  $AD$  параллельна оси  $X$ , а сторона  $AB$  параллельна оси  $Y$ . Квадрат изобразится в виде ромба  $ABCD$ .

1. Нарисуем сначала оси прямоугольной изометрии  $X$  и  $Y$  (рисунок 123).
2. Отложим по оси  $X$  от точки  $O$  отрезки  $(O-1)$  и  $(O-3)$ , равные половине стороны квадрата.
3. Отложим по оси  $Y$  от точки  $O$  отрезки  $(O-2)$  и  $(O-4)$ , равные также половине стороны квадрата (так как в изометрии коэффициенты искажения по всем осям равны единице).

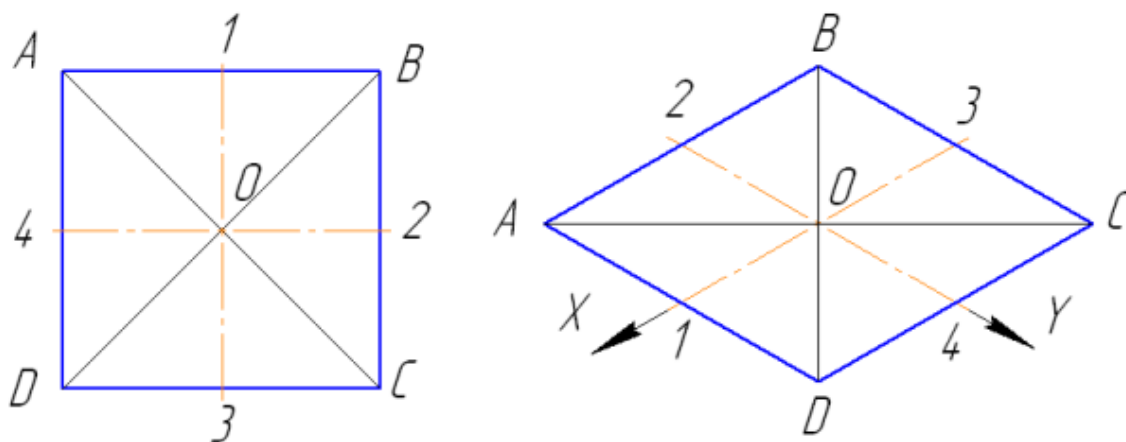


Рисунок 123 – Построение аксонометрии квадрата

4. Через точки 1 и 3 проведем прямые, параллельные оси  $Y$ , а через точки 2 и 4 – прямые, параллельные оси  $X$ .
5. На пересечении этих прямых получим вершины параллелограмма  $ABCD$ .

Для построения рисунка правильного шестиугольника (в плоскости  $XOY$ ) необходимо:

1. Строим аксонометрию квадрата на осях  $OX$  и  $OY$ , проходящих через его середину (рисунок 124).
2. Две вершины (1-2) находятся на пересечении сторон квадрата с осью  $OX$ .

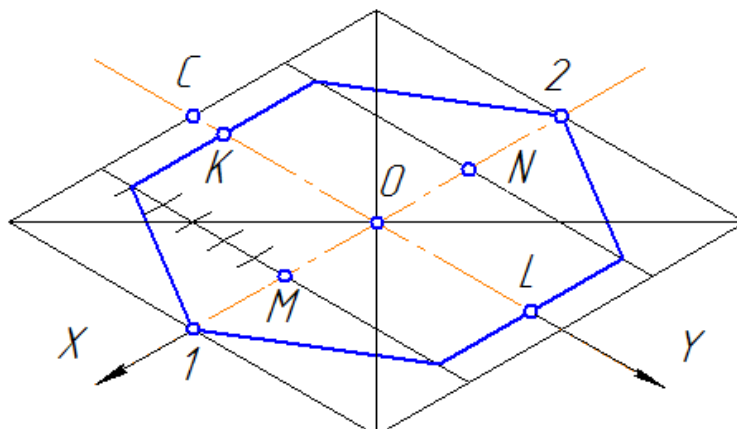


Рисунок 124 – Построение аксонометрии правильного шестиугольника

3. Чтобы определить остальные вершины:
  - отрезок (1-2) делят на 4 равные части: отрезок (0-1) делим пополам точкой  $M$ , отрезок (0-2) делим пополам точкой  $N$ ;
  - отрезок  $OC$  делят на 6 частей и на одной шестой части от точки  $C$  отмечают точку  $K$  и симметрично ей точку  $L$ .
  - Через  $M$  и  $N$  проводят линии, параллельные оси  $OY$  до пересечения с линиями, проведенными через точки  $L$  и  $K$  параллельно оси  $OX$ .
4. Полученные точки пересечения будут искомыми вершинами.

#### Аксонометрия окружности

Окружность вначале следует рисовать вместе с квадратом, в который она вписывается. Это позволяет быстрее получить навык более правильного изображения окружностей в аксонометрических проекциях.

1. Нарисуем квадрат  $ABCD$  и проведем в нем диагонали. Через середину квадрата (точку  $O$ ) проведем две взаимно перпендикулярные линии – оси  $X$ ,  $Y$ . Отрезки (1-3) и (2-4) будут равны диаметру окружности (рисунок 125).
2. Для определения промежуточных точек окружностей надо найти середину отрезка  $A-2$  (точка  $E$ ). В свою очередь отрезок  $(E-2)$  также разделим пополам в точке  $F$ .
3. Далее отрезок  $(A-1)$  разделим на две равные части в точке  $G$ .
4. Соединим точки  $G$  и  $F$ . Прямая  $(G-F)$  пересечет диагональ  $AC$  в точке
5. Точка 5 будет принадлежать окружности с центром в точке  $O$  и заданным диаметром (отрезок (1-3)).
5. Для нахождения точек 6, 7, 8 сделаем те же построения, какие мы использовали при нахождении точки 5, в каждой из оставшихся трех четвертей квадрата.
6. Плавным соединим последовательно все восемь точек, получив изобра-

жение окружности. Следует обратить внимание на то, что в точках 1, 2, 3 и 4 кривая (окружность или эллипс) касается сторон квадрата или параллелограмма.

7. В аксонометрии окружность изобразится в виде эллипса. Для его построения нарисуем проекцию квадрата в какой-либо аксонометрии, он будет в виде параллелограмма. Точки 1, 2, 3 и 4 лежат на пересечении середин сторон параллелограмма с аксонометрическими осями. Определим в параллелограмме (аналогично описанному выше) промежуточные точки 5, 6, 7 и 8 с помощью которых нарисуем эллипс.

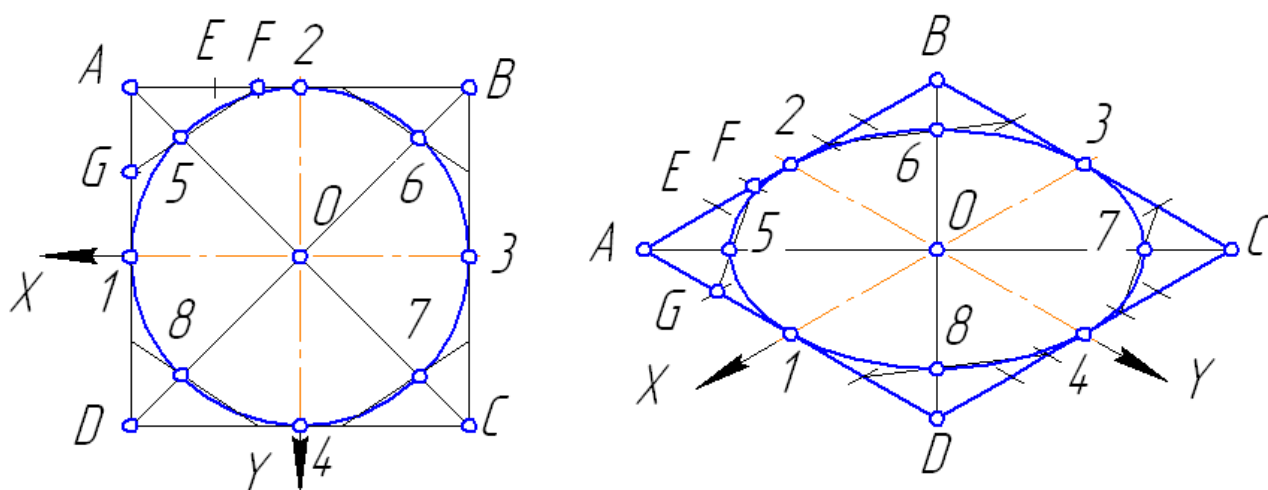


Рисунок 125 – Построение аксонометрии окружности

Технические рисунки удобно выполнять на бумаге, разлинованной в клетку. На рисунке 126 показаны способы, облегчающие работу карандашом от руки.

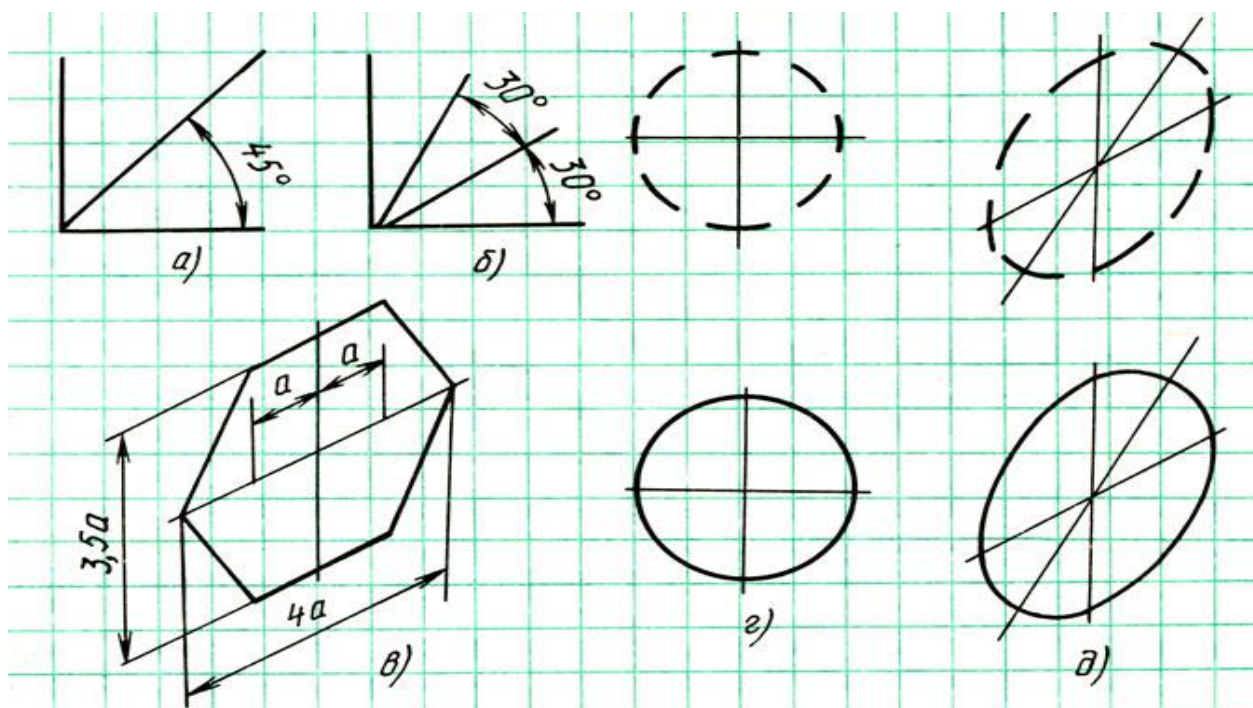


Рисунок 126 - Построение, облегчающее выполнение технических рисунков

Угол 45 легко построить разделив прямой угол пополам (рисунок 126 а). Для построения угла 30 нужно разделить прямой угол на три равные части (рисунок 126 б).

Правильный шестиугольник можно нарисовать в изометрии (рисунке 126 в), если на оси, расположенной под углом  $30^\circ$ , отложить отрезок, равный  $4a$ , а на вертикальной оси -  $3,5a$ . Так получают точки, определяющие вершины шестиугольника, сторона которого равна  $2a$ .

Чтобы описать окружность, сначала нужно на осевых линиях нанести четыре штриха, а затем между ними еще четыре (рисунок 126 г).

Овал нетрудно построить, вписав его в ромб. Для этого внутри ромба наносят штрихи, намечающие линию овала (рисунок 126 д), а затем обводят овал.

Чтобы придать техническим рисункам объемность, на них наносят штриховку (рисунок 127). При этом предполагают, что свет падает на предмет сверху слева. Освещенные поверхности не заштриховывают. На затененные поверхности наносят штриховку, которая тем чаще, чем темнее поверхность.

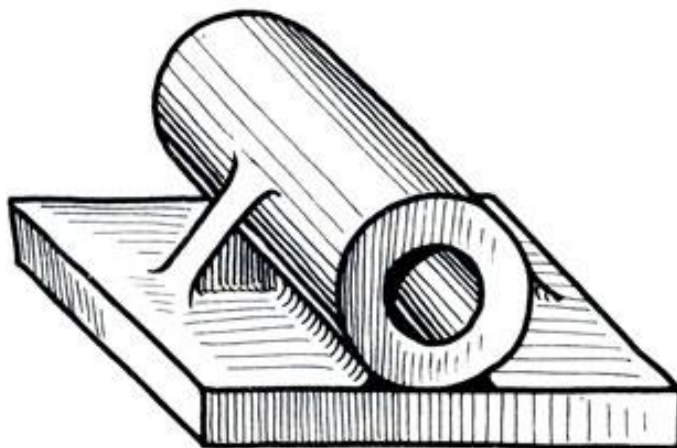


Рисунок 127 - Технический рисунок со штриховкой

## Библиографический список

1. Государственные стандарты. Указатель 2016 г. (по состоянию на 01.03.2016). Изд. официальное. Государственный комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации.
2. Государственные стандарты ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей. М.: Изд-во стандартов, 1995.
3. Единая система конструкторской документации. ГОСТ 2.305-2008 Изображения – виды, разрезы, сечения. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008.
4. Инженерная графика: учебник / Н.П. Сорокин, Е.Д. Ольшевский, А.Н. Заикина, Е.И. Шибанова. СПб.: Лань, 2005.
5. Михальченко А.М., Кожухова Н.Ю. Начертательная геометрия: учеб. пособие для вузов. Брянск: БГСХА, 2010. 138 с.

Учебное издание

Кожухова Нэлли Юрьевна

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

Методические указания для самостоятельной работы  
обучающихся по специальностям среднего профессионального образования

Компьютерный набор и верстка Кожуховой Н.Ю.

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 30.01.2018 г. Формат 60x84. 1/16.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 5,11. Тираж 35 экз. Изд. № 5467.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ