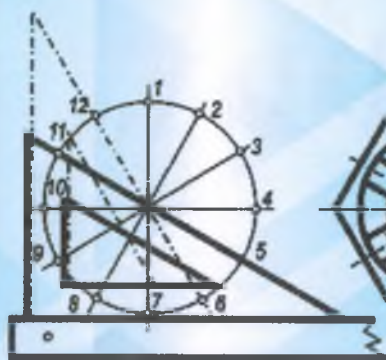


**АЛИМОВА Д.К.**

# **НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**



**ТАШКЕНТ**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

**АЛИМОВА Д.К.**

# **НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

*Рекомендовано Министерством высшего и среднего специального  
образования Республики Узбекистан в качестве учебного пособия для  
студентов по направлению 320 000 – Технология производств*

**ТАШКЕНТ – 2016**

УДК: 373.1:006 (072)

ББК 22.151.3

A-50

A-50

Алимова Д.К. Начертательная геометрия и инженерная графика. –Т.: «Fan va texnologiya», 2016, 200 стр.

ISBN 978–9943–11–294–0

В учебном пособии изложены теоретические основы начертательной геометрии и инженерной графики – оформление чертежей, геометрическое черчение, прямоугольные проекции точки прямой и плоскости, способы преобразования проекций, аксонометрические проекции, пересечение поверхностей, разрезы и сечения резьбы, составление эскизов соединения деталей, опорные слова, а также вопросы для самопроверки. Учебное пособие предназначено для студентов-бакалавров высших технических учебных заведений и для специалистов, занимающихся начертательной геометрией и инженерной графикой.

\*\*\*

O'quv qo'llanmada chizma geometriya va muhandislik grafikasining nazariy asoslari, chizmalarni taxt qitish, geometrik chizmachilik, nuqta, to'g'ri chiziq va tekislikning to'g'ri burchakli proyeksiyalari, proyeksiyalarni qayta qurish usullari, aksonometrik proyeksiyalar, sirtlarning kesishuvi, kesim va qirgimlar, rezbalar, eskiz tuzish, detal birlikmalari, tayanch iboralar va shuningdek, mavzuni mustahkamlash uchun savollar yoritilgan. O'quv qo'llanma oliy texnika o'quv yurtlari talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, undan chizma geometriya va muhandislik grafikasi mutaxassislari ham foydalanishlari mumkin.

\*\*\*

There are theory base of descriptive geometry and engineering graphics, design technical drawing, geometry drawing, rectangles projection of point, method of transformation projection, perspective projection, crossing the surfaces, slit and section, carving, drawing sketches, connect the details, support words and the questions to self-development. Textbook assignment was made for students-bachelors of technical universities and experts who is connected with descriptive geometry and engineering graphic.

УДК: 373.1:006 (072)

ББК 22.151.3

*Под редакцией:*

Азимова Т.Д. – проф.Таш ГТУ.

*Рецензенты:*

Сабирова Д.У. – доц., зав. каф. «НГ и ИГ» Таш ГТУ;

Надырова Н.А. – ст.преп. филиала РГУ в г. Ташкенте.

ISBN 978–9943–11–294–0

© Изд-во «Fan va texnologiya», 2016.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СИМВОЛЫ

| Обозначения              | Содержание                                                                              |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| $Oxyz$                   | натуральная система координат                                                           |
| $[ox)$                   | ось абсцисса                                                                            |
| $[oy)$                   | ось ордината                                                                            |
| $[oz)$                   | ось аппликата                                                                           |
| $H, V, W$                | плоскости проекции                                                                      |
| $H$                      | горизонтальная плоскость проекций                                                       |
| $V$                      | фронтальная плоскость проекций                                                          |
| $W$                      | профильная плоскость проекций                                                           |
| $Q_I, Q_{II}$            | биссекторные плоскости                                                                  |
| $A, B, C, I, II, III$    | точки пространства                                                                      |
| $a, b, c, 1, 2, 3$       | горизонтальные проекции точек                                                           |
| $a', b', c', 1', 2', 3'$ | фронтальные проекции точек                                                              |
| $a'', b'', c''$          | профильные проекции точек                                                               |
| $1'', 2'', 3''$          |                                                                                         |
| $A(x, y, z)$             | координаты точки A                                                                      |
| $J$                      | ось вращения                                                                            |
| $i$                      | горизонтальная проекция оси проекции                                                    |
| $i'$                     | фронтальная проекция оси вращения                                                       |
| $i''$                    | профильная проекция оси вращения                                                        |
| $(AB)$                   | прямая линия                                                                            |
| $(ab)$                   | горизонтальная проекция прямой AB                                                       |
| $(a'b')$                 | фронтальная проекция прямой AB                                                          |
| $(a''b'')$               | профильная проекция прямой AB                                                           |
| $ AB $                   | расстояние между точками A и B (длина отрезка AB)                                       |
| $[AB)$                   | луч с началом в точке A                                                                 |
| $[AB]$                   | отрезок прямой линии                                                                    |
| $M_H, N_V$               | следы прямой линии                                                                      |
| $M_H = (AB) \cap H$      | горизонтальный след прямой линии                                                        |
| $m_H \equiv M_H$         | горизонтальная проекция горизонтального следа прямой AB; причем $m_H$ совпадает с $M_H$ |
| $m_H'$                   | фронтальная проекция горизонтального следа прямой линии                                 |

|                     |                                                              |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|
| $m_H''$             | профильная проекция горизонтального следа прямой линии       |
| $N_V = (AB) \cap V$ | фронтальный след прямой линии                                |
| $n_V$               | горизонтальная проекция фронтального следа прямой линии      |
| $n_V' \equiv N_V$   | фронтальная проекция фронтального следа прямой линии         |
| $n_V''$             | профильная проекция фронтального следа прямой линии          |
| $P, Q, R, T$        | плоскости в пространстве                                     |
| $P_V, P_H, P_W$     | горизонтальный, фронтальный и профильный следы плоскости $P$ |

## Символы

## Содержание

|                         |                                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| $=$                     | результат, равенство                                |
| $\equiv$                | совпадение                                          |
| $\cong$                 | конгруэнтность                                      |
| $\sim$                  | подобие                                             |
| $\parallel$             | параллельность                                      |
| $\perp$                 | перпендикулярность                                  |
| $\cdot$                 | скрещивающиеся прямые                               |
| $\in$                   | принадлежит                                         |
| $\subset$ или $\supset$ | содержит, включает в себя, проходит через           |
| $\cap$                  | пересекает (пересечение множества)                  |
| $\cup$                  | объединяет (объединение множества)                  |
| $\underline{\cup}$      | касание                                             |
| $/$                     | отрицание высказывания                              |
| $\emptyset$             | пустое множество                                    |
| $\emptyset_K$           | коническая поверхность                              |
| $\emptyset_{Ц}$         | цилиндрическая поверхность                          |
| $\wedge$                | союз «и» («и при этом») - конъюнкция предложения    |
| $\vee$                  | союз «или» («либо») - дизъюнкция предложения        |
| $\Rightarrow$           | «если..., то», «следовательно» - импликация.        |
| $\Leftrightarrow$       | «если..., то ...,» - в обе стороны, эквивалентность |

|               |                                                             |
|---------------|-------------------------------------------------------------|
| $\forall$     | «для всякого», «для всех», для любого –<br>квантор общности |
| $\rightarrow$ | отображается (преобразуется).                               |
| $(\bullet)$   | точка                                                       |
| $()$          | вращение                                                    |
| $\Delta$      | Треугольник                                                 |

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Начертательная геометрия и инженерная графика» является общей технической дисциплиной для студентов технического направления образования дающей знания необходимые для изучения последующих общинженерных и специальных технических дисциплин.

Главнейшим условием овладения техническими знаниями является графическая грамотность – умение читать чертежи и графически правильно отображать техническую мысль на чертежах, эскизах и схемах.

Целью изучения предмета «Начертательная геометрия и инженерная графика» является развития и формирования способности пространственного мысленного мышления будущих бакалавров технического направления образования.

Задачей курса начертательная геометрия и инженерная графика является изучение теоретических основ, приобретение практических навыков по технике построения геометрических производственных форм на плоскости проекции, выполнение и чтение производственных чертежей, изучение правил, требования и рекомендаций государственных стандартов единой системы конструкторских документации.

Учебное пособие рассчитано для проведения практических занятий, основанных на курсах лекции.

В учебном пособии приведены примеры промежуточного контроля и итоговой творческой письменной работы, алгоритмы решения задачи, образцы задачи олимпиады, проводимых в республике и задачи самообразования.

Содержание учебного пособия отвечает требованием действующих стандартов. Соответствует программе утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования Республики Узбекистана.

# НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

## ГЛАВА I. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

### 1.1. Форматы чертежей

Форматы листов определяются размерами внешней рамки.

Формат А0 размерами 1189х841 мм Государственные стандарты устанавливает форматы листов чертежей и других документов, предусмотренных стандартами на конструкторскую документацию всех отраслей промышленности строительство 1189х841 мм, площадь которого равно 1м<sup>2</sup>, и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются на основные.

Обозначения и размеры основных форматов должны соответствовать указанным в табл. I.

При необходимости допускается применение формата А5 с размерами сторон 148х214 мм

Таблица 1

| Обозначение формата         | А0       | А1      | А2      | А3      | А4      |
|-----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Размеры сторон формата, мм. | 1189х841 | 594х841 | 594х420 | 297х420 | 297х210 |

Формат А4 располагается только вертикально, формат больше А4 располагаются в любом удобном для работы положении. Во всех форматах чертежей проводят линии рамки с левой стороны от обреза бумаги проводят на расстоянии 20 мм от границы формата для брошюровки чертежей, с трех остальных сторон – 5 мм (рис. 1).

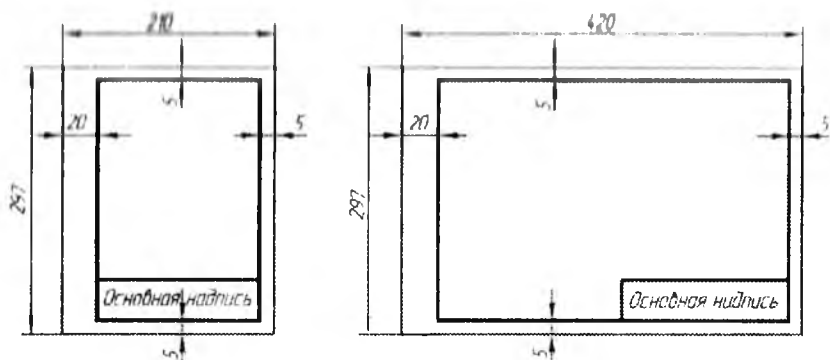


Рис. 1

## 1.2. Основная надпись

В правом нижнем углу чертежа на линии рамки выполняется основная надпись разделенная на графы определенных размеров.

Основная надпись должна содержать основные сведения о чертеже. Формы, размеры и содержание основных надписей определены Государственным стандартом Р. Уз 2.104-97.

Для основных надписей чертежей и схем применяется форма 1 (рис. 2).

Рис. 2

В графах основной надписи указывают:

Графа 1 – наименования изделия, а также наименование документа, если этому документу присвоен шифр.

Графа 2 – обозначение документа,

Графа 3 – обозначение материала, из которого изготовлена деталь;

Графа 4 – литера чертежа (для учебного чертежа буква У);

Графа 5 – масса изделия в килограммах, без указания единицы измерения;

Графа 6 – масштаб (проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302-97);

Графа 7 – порядковый номер листа;

Графа 8 – общее количество листов документа;

Графа 9 – наименование предприятия, выпускающего документ (название учебного заведения и шифр группы);

Графа 10 – характер работы, выполненной лицом, подписавшим документ;

Графа 11 – фамилии лиц, подписавших документ;

Графа 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11;

Графа 13- дата подписания документа: графы 3 и 5 заполняются только на чертежах деталей;

Графа 14 – таблица изменений.

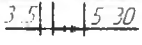
### 1.3. Типы линии

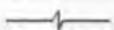
Чертежи всех отраслей промышленности и строительство выполняются линиями предусмотренными ГОСТ 2.303-97.

Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий должны соответствовать указанным в таблице 2.

Таблица 2

| № п/п | Название                  | Начертание                                                                          | Толщина линии по отношению к толщине  | Основное назначение                                                                                            |
|-------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Сплошная толстая основная |  | Основной линии<br>$s=0,5 \div 1,4$ мм | Линии видимого контура линии перехода видимые линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза) |
| 2     | Сплошная тонкая           |  |                                       | Линии контура наложенного сечения.                                                                             |

|   |                            |                                                                                     |                                  |                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                            |                                                                                     | $\frac{S}{3} + \frac{S}{2}$      | <p>Линии размерные и выносные линии штриховки. Полки линий – выноски и подчеркивание надписей</p> <p>Линии для изображения пограничных деталей («обстановка»).</p> <p>Линии ограничения выносных</p> |
| 3 | Сплошная волнистая         |    | $\frac{S}{3} \div \frac{S}{2}$   | <p>Линии отрыва</p> <p>Линии разграничения вида и разреза</p>                                                                                                                                        |
| 4 | Штриховая                  |    | $\frac{S}{3} \div \frac{S}{2}$   | <p>Линии невидимого контура</p> <p>Линии перехода невидимые</p>                                                                                                                                      |
| 5 | Штрихпунктирная тонкая     |    | $\frac{S}{3} \div \frac{S}{2}$   | <p>Линии осевые и центровые</p> <p>Линии сечений, являющейся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений</p>                                                                               |
| 6 | Штрихпунктирная утолщенная |   | $\frac{S}{2} \div \frac{2}{3} S$ | <p>Линии, обозначающие, поверхности, подлежащие термообработке или покрытию.</p> <p>Линии для изображение элементов, расположен перед секущей плоскостью (наложенная проекция)</p>                   |
| 7 | Разомкнутая                |  | $S + 1 \frac{1}{2} S$            | <p>Линий сечений</p>                                                                                                                                                                                 |

|   |                                        |                                                                                   |                                |                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8 | Сплошная тонкая с изломами             |  | $\frac{S}{3} \div \frac{S}{2}$ | Длинные линии обрыва                                                                                                                                       |
| 9 | Штрихпунктирная с двумя точками тонкая |  | $\frac{S}{3} \div \frac{S}{2}$ | Линии сгиба на развёртках<br>Линии для изображения изделий в крайних или промежуточных положениях<br>Линии для изображения развёртки, совмещенной с видом. |

Примеры применения линии показаны на рис. 3.

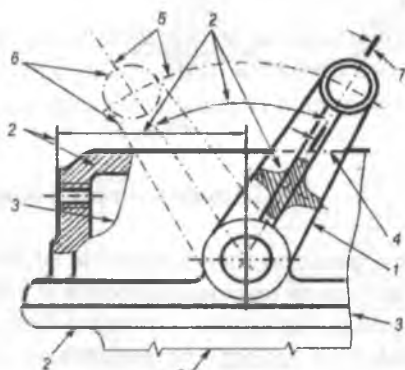


Рис. 3

Толщина сплошной толстой основной линии должна  $S$  быть в пределах от 0,6 до 1,4 мм в зависимости от размера и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых ТВ одинаковом масштабе. Штрихи в линии должны быть равной длины, а промежутки между ними - одинаковыми. Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами. Центровые линии должны выходить за очертание окружности на 3...5 мм (рис.4, а). для окружностей, диаметр которых 12 мм и менее, центровые линии вычерчиваются оплошности тонкими (рис. 4, б).

На чертеже все построения выполняются тонкими линиями карандашом. Обводят чертеж карандашом после тщательной проверки.

Обводка чертежа начинается с линий, имеющих наименьшую толщину. В первую очередь обводят оси, лекальные кривые, затем дуги окружностей и после этого все прямые линии.

Оформление чертежа заканчивают выносными линиями, нанесением размеров и другими поясняющими знаками или обозначениями.

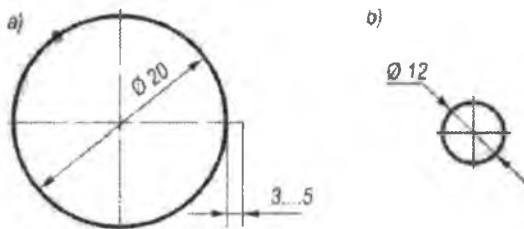


Рис. 4

#### 1.4. Шрифты чертежные

Все надписи и размеры, наносимые на чертежах и другой документации всех отраслей промышленности и строительства, выполняются стандартным шрифтом согласно Государственного стандарта Р.Уз 2.304-97. Стандарт устанавливает следующие размеры шрифта: (1 в): 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40;

Размер шрифта  $h$  определяет высоту прописных (заглавных) букв и цифр, измеряется в миллиметрах перпендикулярно основанию строки.

Высота строчных букв  $c$  определяется из отношения их высоты (без отростков  $K$ ) к размеру шрифта  $h$ , например  $c=7/10 h$  (рис.5).

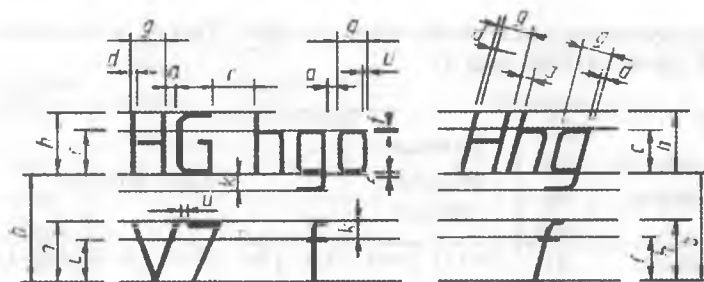


Рис. 5

Ширина буквы q-наибольшая ширина буквы определяется по отношению к размеру шрифта  $h$ , например,  $q=6/10 h$ , или по отношению к толщине линии шрифта, например,  $q=6d$  (рис. 5).

Толщина линии шрифта  $d$  определяется в зависимости от типа и высоты шрифта.

Вспомогательная сетка образуется вспомогательными линиями, в которые вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линии шрифта  $d$  (рис. 6).

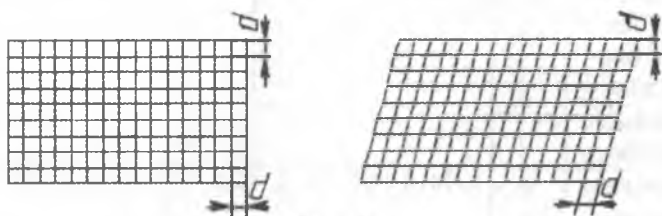


Рис. 6

Построение шрифта во вспомогательной сетке показана (рис 7).

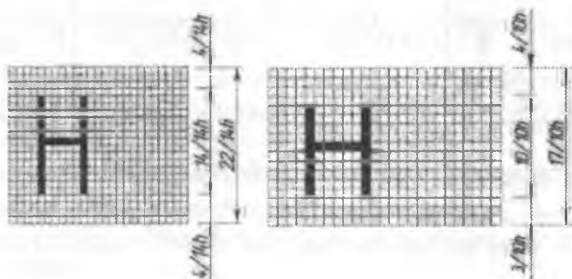


Рис. 7

Установлены следующие типы шрифта. Тип А с наклоном около  $75^\circ$  ( $d=h/14$ ) (таблица 3).

Таблица 3

| Параметры шрифта                                     | Обозначение | Относительный размер | Размеры, мм |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|
|                                                      |             |                      |             |      |      |      |      |      |      |
| Размер шрифта<br>высота прописных букв               | H           | (14/14) h            | 14d         | 3,5  | 5,0  | 7,0  | 10,0 | 14,0 | 20,0 |
| Высота строчных букв                                 | c           | (10/14) h            | 10d         | 2,5  | 3,5  | 5,0  | 7,0  | 10,0 | 14,0 |
| Расстояние между буквами                             | a           | (2/14) h             | 2d          | 0,5  | 0,7  | 1,0  | 1,4  | 2,0  | 2,8  |
| Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки) | b           | (22/14) h            | 22d         | 5,5  | 8,0  | 11,0 | 16,0 | 22,0 | 31,0 |
| Минимальное расстояние между словами                 | e           | (6/14) h             | 6d          | 1,5  | 2,1  | 3,1  | 4,2  | 6,0  | 8,4  |
| Толщина линий шрифта                                 | d           | (1/14) h             | d           | 0,25 | 0,35 | 0,5  | 0,7  | 1,0  | 1,4  |

Тип Б с наклоном около  $75^\circ$  ( $d=h/10$ ) (таблица 4).

Таблица 4

| Параметры шрифта                                     | Обозначение | Относительный размер | Размеры, мм |      |      |      |      |      |              |
|------------------------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|------|------|------|------|------|--------------|
|                                                      |             |                      |             |      |      |      |      |      |              |
| Размер шрифта<br>высота прописных букв               | h           | (10/10) h            | 10d         | 2,5  | 3,0  | 5,0  | 7,0  | 10,0 | 14,0<br>20,0 |
| Высота строчных букв                                 | c           | (7/10) h             | 7d          | 2,5  | 3,5  | 5,0  | 7,0  | 10,0 | 10,0<br>14,0 |
| Расстояние между буквами                             | a           | (2/10) h             | 2d          | 0,5  | 0,7  | 1,0  | 1,4  | 2,0  | 4,0<br>2,8   |
| Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки) | b           | (17/10) h            | 17d         | 5,5  | 8,0  | 11,0 | 16,0 | 22,0 | 24,0<br>31,0 |
| Минимальное расстояние между словами                 | e           | (6/10) h             | 6d          | 1,5  | 2,1  | 3,1  | 4,2  | 6,0  | 12,08<br>,4  |
| Толщина линий шрифта                                 | d           | (1/10) h             | d           | 0,25 | 0,35 | 0,5  | 0,7  | 1,0  | 2,0<br>1,4   |

**Примечания:**

1. Расстояние d между буквами, основные линии которых не параллельны между собой (например, ГА, АТ), может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину d линии шрифта

2. Минимальным расстоянием между словами e, разделенными знаком препинания, является расстояние между знаком препинания, является расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

Тип А с наклоном около 75° ( $d=h/14$ ) приведен на рис.8



Рис. 8

Тип А без наклона шрифт приведен на рис. 9.

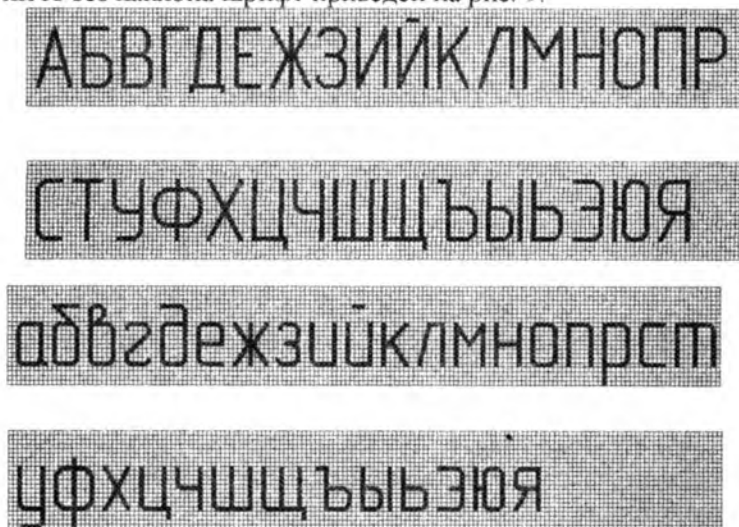


Рис. 9

Тип Б с наклоном около  $75^\circ$  ( $d=h/10$ ) приведен на рис. 10.

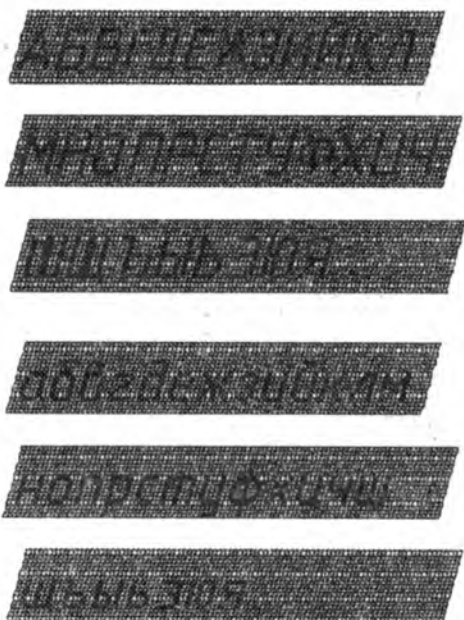


Рис. 10

Латинский алфавит типа А с наклоном 75° (рис. 11).

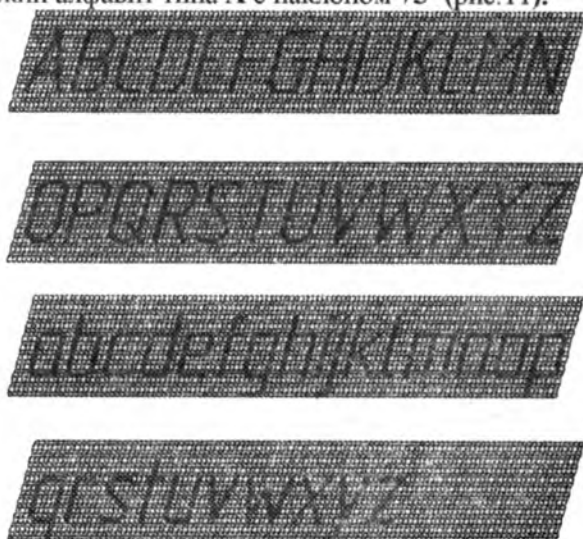


Рис. 11

Латинский алфавит типа Б с наклоном 75° (рис. 12).

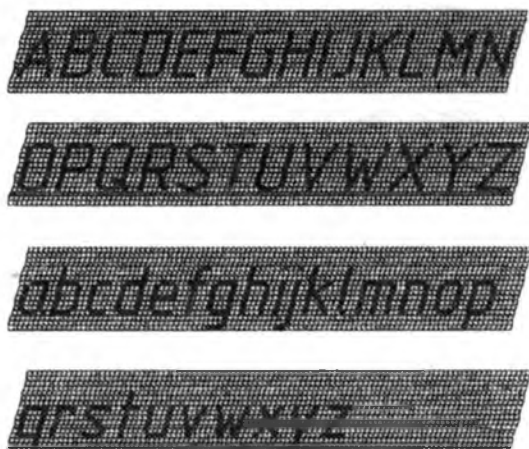


Рис. 12

Арабские и римские цифры типа А с наклоном 75° (рис. 13).



Рис. 13

Арабские и римские цифры типа Б без наклона (рис. 14).

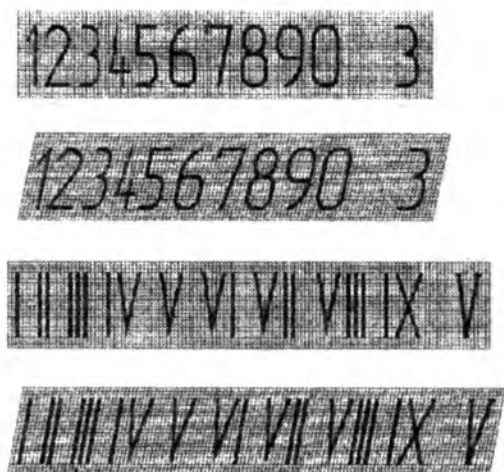


Рис. 14

## 1.5. Масштабы

**Масштабом** называют отношение линейных размеров изображенного предмета на чертеже к его действительным размерам.

Государственный стандарт Р.Уз. 2.302-97 устанавливает следующий ряд масштабов изображений на чертежах;

|                           |                                                                                                     |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Масштабы<br>уменьшение    | 1:2; 1:2.5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:20; 1:25;<br>1:40; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400;<br>1:500; 1:800; 1:1000 |
| Натуральная ве-<br>личина | 1:1                                                                                                 |
| Масштабы<br>увеличения    | 2:1; 2.5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1                                                 |

Масштаб в основной надписи чертежа устанавливается по типу 1:1; 1:2; 2:1; и т.д., в остальных случаях по типу М 1:1, М 1:2, М 2:1 и т.д.

Независимо от масштаба размеры на чертеже наносятся только действительные (рис. 15).

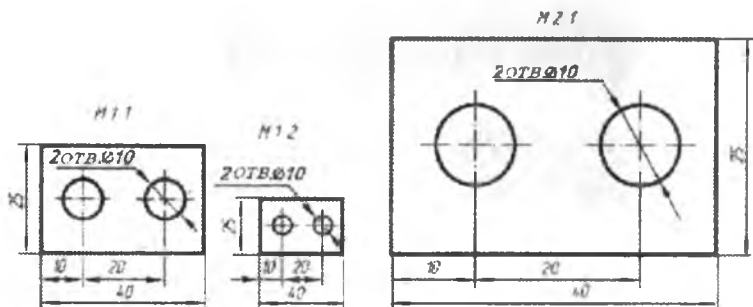


Рис. 15

## 1.6. Нанесение размеров

ГОСТ 2.307-68 устанавливает обязательные к выполнению правила размещения и нанесения размеров на чертежах и других технических документах.

В этом разделе указаны основные правила по нанесению размеров при выполнении чертежей геометрического и проекционного черчения: размеры на чертежах должны указываться размерными линиями, упирающимся стрелками в выносные, контурные, центровые и осевые линии. Стрелки могут проставляться как с внутренней, так и с внешней стороны (на продолжении размерных линий). Размерные число служат основанием для определения габаритов изображаемого предмета и размеров его элементов;

- размеры элементов стрелок выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают приблизительно одинаковыми на всем чертеже (рис. 16);

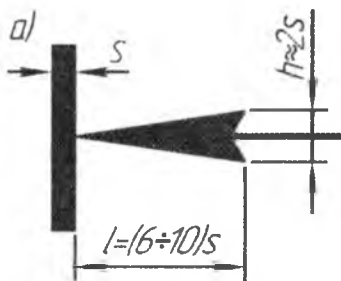


Рис. 16

- общее количество размеров на чертеже должна быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия;
- каждый размер должен указываться на чертеже только один раз. Повторение размеров не допускается, независимо от количество видов изображаемого предмета.

**Линейные размеры.** Каждый размер на чертеже должен указываться размерным числом, нанесенным над размерной линией, параллельно ей и возможно ближе к ее середине;

- все линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы измерения;
- размерные линии должны располагаться от контурных линий 10 мм и друг от друга на расстоянии не менее 6 мм, рекомендуется  $7 \div 10$  мм;
- выносные линии должны выступать за стрелки на  $1 \div 5$  мм (рис. 17);
- размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения (рис. 18);

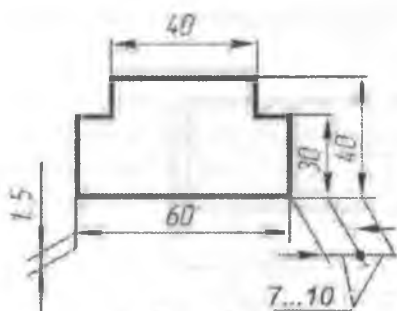


Рис. 17

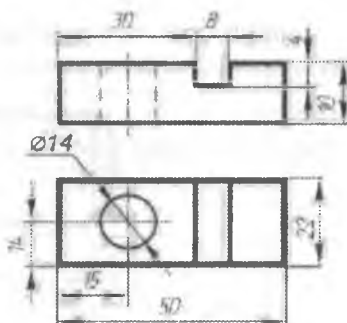


Рис. 18

- размерные линии прямолинейного отрезка проводят параллельно этому отрезку;
- размерная линия меньшего размера должна быть расположена ближе к контурной. Замыкает параллельные размерные линии общий (габаритный) размер (рис. 19);
- в случае недостатка места для стрелок на размерных линиях их следует заменить точками или штрихами, проведенными под углом  $45^\circ$  к выносным линиям, а из-за близкого расположена к стрелке контурной линии последняя может быть прервана (рис. 20);

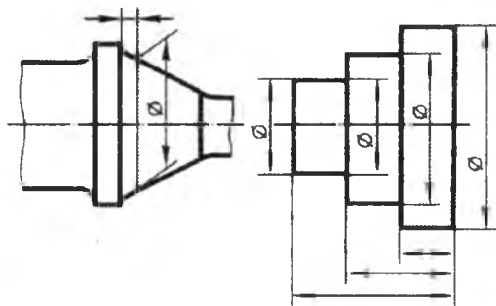


Рис. 19



Рис. 20

- при изображении детали с обрывом размерная линия должна быть проведена вольностью (рис. 21),

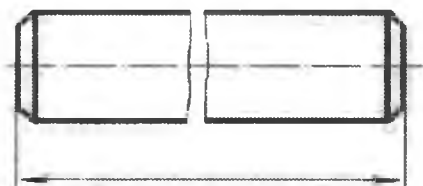


Рис. 21

- если вид с размером на симметричной детали вычерчен только до оси симметрии или с обрывом, то размерная линия должна быть проведена несколько дольше оси линии обрыва (рис. 22);

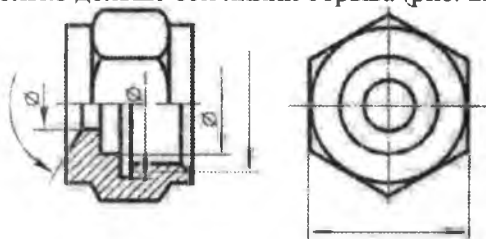


Рис. 22

Размеры диаметров. При нанесении размера диаметра перед числовым значением ставят знак  $\varnothing$ . Это – окружность с пересекающей его через центр линией приблизительно под углом  $75^\circ$  относительно размерной линии.

При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий (рис. 23);



Рис. 23

При диаметре окружности на чертеже меньше 12 мм центровые линии проводят сплошными а размерных числа выносятся за пределы окружности (рис. 24);

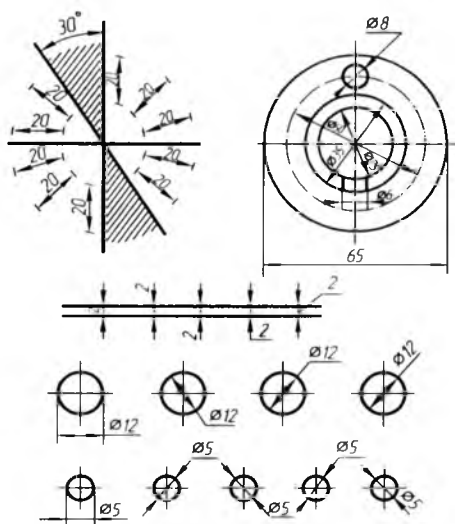


Рис. 24

Размеры радиусов. Перед размерным числом дуги радиуса помещают прописную латинскую букву R (рис 25);

Центр дуги определяется точкой пересечения центровых или выносных линии, от него проводят размерную линию радиуса, второй конец, упирающийся в контур дуги, заканчивается стрелкой.

При большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге: в этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом  $30^\circ$  (рис. 25);

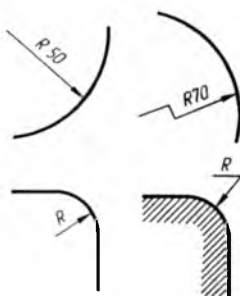


Рис. 25

Угловые размеры указывают в градусах, минутах, секундах с обозначением единицы измерения: например:  $4^\circ$ ,  $4^\circ 30'$ ,  $12^\circ 45' 30''$  (рис. 23 и 25).

Если угол строится под горизонтальной линией, то размерное число наносят с выпуклой стороны. Угол строится от горизонтальной линии и составляет с ней  $30^\circ$  и менее; размер наносят на полке – выноске. Угол строится под горизонтальной линией, размер наносят с вогнутой стороны (рис. 26, а).

Нанесение размеров хорды дуги и угла показана на рис. 26, б.

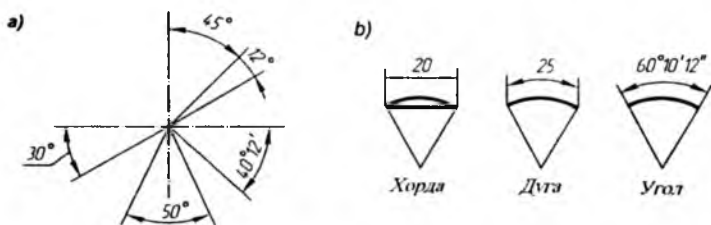


Рис. 26

## Вопросы для самопроверки

1. Сколько листов формата **A4** содержится в формате **A1**?
2. Как образуются дополнительные форматы?
3. Какие вы знаете масштабы?
4. Как обозначаются масштабы?
5. Какова толщина осевых, центровых, выносных и размерных линий?
6. Чем определяется размер шрифта?
7. Как определяется высота строчных букв?
8. На каком расстоянии друг от друга и от контурной линии проводят размерные линии?
9. Какие знаки используются для нанесения размеров?
10. Когда проставляют знак диаметра **Ø**, а когда знак радиуса **R**?
11. Где наносят на чертеже размерные числа относительно размерных линий?

## ГЛАВА II. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

В данной главе рассматриваются построения элементов изображения, основные на определенных геометрических законах.

К геометрическим построениям следует отнести: деление отрезков и углов, построение углов и многогранников, деление окружности на равные части.

### 2.1. Деление отрезков на равные части

Чтобы разделить отрезок  $AB$  пополам, проводят радиусом больше половины этой прямой две дуги из точек  $A$  и  $B$ . Эти дуги взаимно пересекутся в точках  $M$  и  $M_1$ . Прямая  $MM_1$ , разделит прямую  $AB$  пополам в точке  $C$  (рис. 27). Таким способом можно разделить отрезок на 2, 4, 8, 16 равных частей.

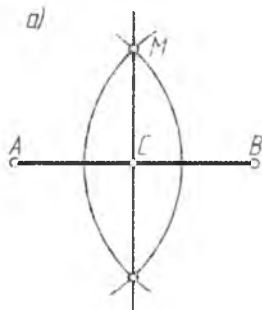


Рис. 27

Чтобы разделить отрезок прямой  $CD$  на любое число равных частей используют теорему Фалеса. Проводится вспомогательная прямая  $CK$  под произвольным углом и на этой прямой откладывается нужное количество, например 7 произвольных, по между собой равных отрезков. Последняя точка соединяется точкой  $D$ , а из остальных точек проводится прямые, параллельные прямой  $KD$ . Полученные точки I, II, III, IV, V, VI разделили прямую  $CD$  на нужное число равных частей (рис. 28).

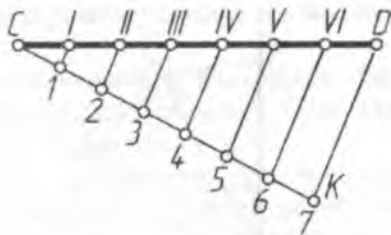


Рис. 28

## 2.2. Построение и деление углов

Поострить заданный угол можно с помощью транспортира и с помощью угольников.

Чтобы разделить острый угол  $ABC$  пополам, произвольным радиусом из точки  $B$  проводится дуга, которая пересечет стороны угла в точках  $D$  и  $E$  (рис. 29). Из полученных точек  $D$  и  $E$  проводятся засечки радиусом, большим половины  $DE$ . Прямая  $BF$  разделить угол пополам. Таким же приемом угол можно разделить на 4, 8 равных частей.

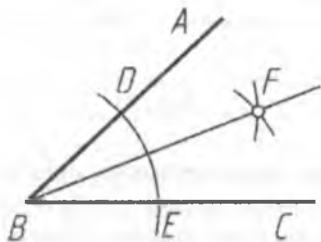


Рис. 29

**Деление прямого угла на три равные части.** Из точки в вершины прямого угла (рис. 30) произвольным радиусом проводится дуга, которая пересечет стороны угла в точках  $E$  и  $F$ . Тем же радиусом делаются засечки из точек  $E$  и  $F$  на дуге. Полученные точки  $D$  и  $K$  соединяются прямыми с точки  $B$ . Прямые  $BD$  и  $BK$  делят угол на три равные части.

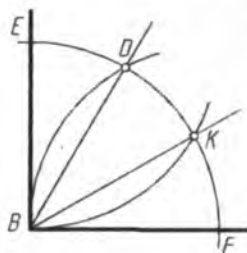


Рис. 30

**Построение угла, равного заданному.** Из точки  $B$  произвольными радиусом  $R$  проводится дуга  $mn$ , а из точки  $B_1$  – дуга  $m_1n_1$ . Из полученной точки  $n_1$  радиусом  $R_1$ , равным хорде  $m_1n_1$  проводится дуга до пересечения с дугой радиуса  $R$ , получим точку  $m_1$ , через которую пройдет прямая  $A_1B_1$ . Построенный угол  $A, B, C$  будет равен заданному углу  $A_1B_1C_1$  (рис. 31).

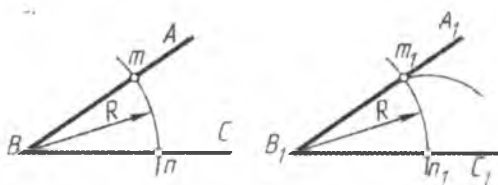


Рис. 31

Чтобы построить параллельные прямые, проводим отрезок прямой  $AB$ . В любом месте прямой  $AB$  отмечаем две точки  $C, d$ . Из точек  $C$  и  $d$  произвольным и заданным радиусом проводим две дуга и к ним – касательную. Она будет параллельна прямой  $AB$  (рис.32).



Рис. 32

## 2.3. Построение уклонов и конусности

Детали, имеющие уклоны и конусность, занимают большое место в машиностроительном черчении. Это станины, профили проката, рельсы, пробки, конусы и т.д.

Уклоном называют отклонение прямой от вертикального или горизонтального направлений, т.е. уклон является отношением катета, противолежащего углу  $\alpha$ , к катету прилежащему. Уклон выражается тангенсом угла  $\alpha$  (рис.33).

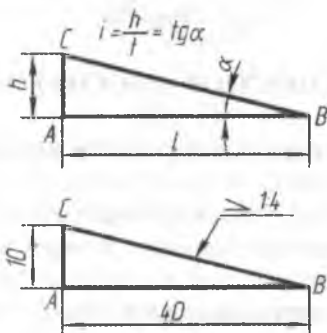


Рис. 33

Согласно ГОСТ Р.Уз 2.307-97 уклон обозначаются знаком  $\gt$ , вершина угла которого должно быть направлена в сторону уклона.

Чтобы построить линию с уклоном 1:4, надо на горизонтальной прямой от точки А отложить четыре произвольных, на разных между собой отрезка. Из начальной точки А провести перпендикуляр и на нем отложить отрезок АС, равный одной четвертой части линии АВ. Точку С соединить с точкой В. Линия СВ будет линией с уклоном 1:4.

Конусность определяется отношением диаметра окружности основания конуса к его высоте:  $K = D/L$  (рис. 34). Для усеченного конуса конусность выражается отношением разности диаметров

окружностей оснований к его высоте:  $K = \frac{D-d}{L}$ . В процентном от-

ношении  $K = \frac{D-d}{L} \cdot 100\%$ . Перед размерным числом, характеризующим конусность, ставят знак  $\gt$ , вершина угла которого должна быть направлена в сторону вершины конуса (рис. 34).

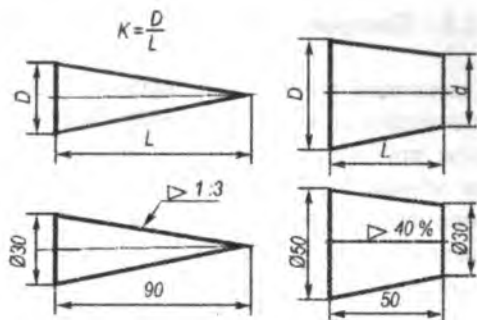


Рис. 34

## 2.4. ОКРУЖНОСТЬ И МНОГОУГОЛЬНИКИ

### 2.4.1. Нахождение центра окружности или дуги окружности

На окружности или дуге окружности отмечаются три точки А, В, С, которые соединяются хордами, и через их середины проводятся перпендикуляры.

В пересечении перпендикуляров образуется точка О, она является центром окружности или дуги (рис. 35).

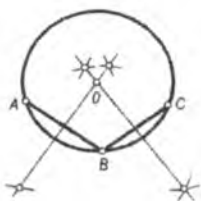


Рис. 35

### 2.4.2. Деление окружности на равные части и построение равносторонних многоугольников

В проекционном и машиностроительном черчении часто приходится делить окружность на равные части. Для этого существуют различные способы с помощью транспортира, угольника, циркуля и с помощью таблицы хорд.

На рис. 36 видно, что два взаимно перпендикулярных диаметра делят окружность на четыре равные части. Разделив каждую четвертую часть пополам, получаем восьмые части окружности.

Соединяя точки, строим стороны правильного четырехугольника или восьмиугольника.

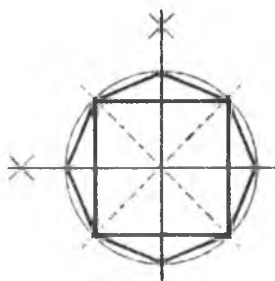


Рис. 36

### 2.4.3. Деление окружности на три, шесть и двенадцать равных частей

Для деления окружности на три, шесть и двенадцать равных частей и для построения правильных треугольников, шестиугольников и двенадцати угольников пользуются радиусом данной окружности (рис. 37). Половина стороны треугольника равняется стороне правильного семиугольника (рис. 38).

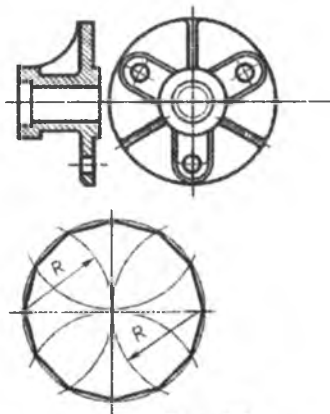


Рис. 37

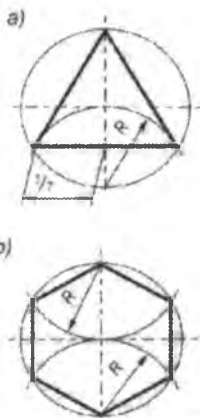


Рис. 38

С помощью угольника, имеющего угол  $30^\circ$ , можно построить правильный треугольник (рис. 38, а), шестиугольник (рис. 38, б), двенадцати угольник, не делая засечек циркулем (рис. 39).

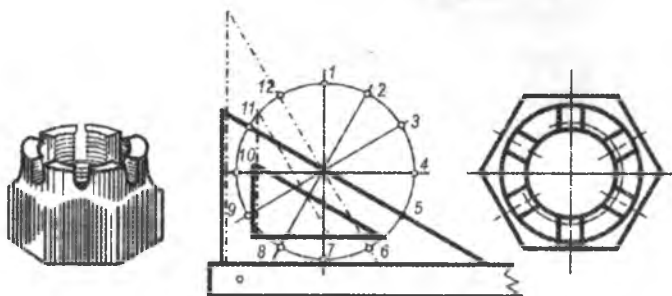


Рис. 39

На рис. 40 показан построения шестиугольника по заданной стороне  $AB$  с помощью угольника.

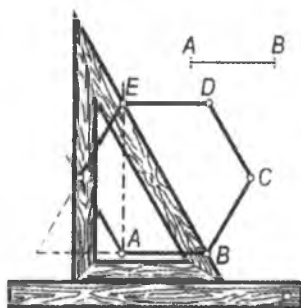


Рис. 40

#### 2.4.4. Деление окружности на пять равных частей

Для деления окружности на пять равных частей (рис. 41). Надо: разделить радиус окружности  $OB$  пополам; принимая точку  $o_1$  за центр радиусом  $O_1A_1$ , провести дугу до пересечения с противоположенным радиусом в точке; пользуясь линией  $n$   $A$ , как стороной правильного пятиугольника, размечаем его вершины 1,2,3,4,5. сторона правильного десятиугольника равна отрезку  $5D$  (рис. 41).

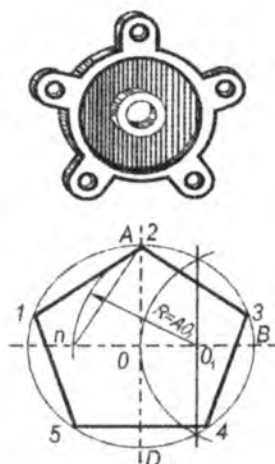


Рис. 41

#### 2.4.5. Деление окружности на любое число равных частей

Для деления окружностей на любое число равных частей пользуется таблицей хорд (табл. 5).

Если требуются окружность диаметром 50 мм разделить на семь равных частей, надо диаметр окружности 50 умножить на коэффициент семиугольника 0,43388. Получим сторону правильного семиугольника  $a = 50 \times 0,43388 = 21,694 = 21,7$  мм. Эту величину отложить мерительным циркулем по окружности семь (рис. 42).

Коэффициенты приемлемые при делении окружности на равные части  $D=1$ .

Таблица № 5.

| Число делений | Коэффициенты | Число делений | Коэффициенты |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 3             | 0,86603      | 12            | 0,25782      |
| 4             | 0,70711      | 13            | 0,23932      |
| 5             | 0,58779      | 14            | 0,22252      |
| 6             | 0,50000      | 15            | 0,20791      |
| 7             | 0,43388      | 16            | 0,19509      |
| 8             | 0,38268      | 17            | 0,18375      |
| 9             | 0,34202      | 18            | 0,17365      |
| 10            | 0,30902      | 19            | 0,16459      |
| 11            | 0,28173      | 20            | 0,15643      |

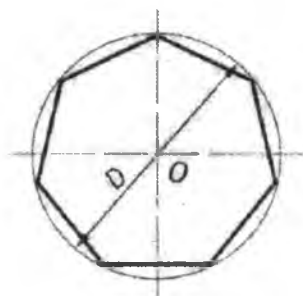


Рис. 42

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое конусность, как ее обозначают на чертеже?
2. Что такое уклон, как его обозначают на чертеже?

## ГЛАВА III. СОПРЯЖЕНИЯ И КАСАТЕЛЬНЫЕ

Очертание деталей прямыми, кривыми линиями, округления, плавные переходы встречаются во многих деталях машин, станках, архитектуре, предметах быта.

Сопряжением называют плавный переход одной линии в другую.

Сопряжения бывают:

- двух пересекающихся прямых;
- двух параллельных прямых;
- дуги с прямой, другой заданного радиуса;
- двух дуг, дугой заданного радиуса.

Все виды сопряжения выполняются в следующей последовательности.

1. Определяют шит сопряжения.
2. Определяют точки сопряжения.
3. По заданным радиусом соединяют точки сопряжения.

### 3.1. Сопряжение двух пересекающихся прямых

Чтобы выполнить сопряжение двух пересекающихся прямых, надо на расстоянии заданного радиуса провести две вспомогательные прямые, параллельные пересекающимся прямым. Пересечение вспомогательных прямых даст центр сопряжения, точку  $O$ . Из центра сопряжения, точки  $O$ , провести перпендикуляры на пересекающиеся прямые, они определяют точки сопряжения  $A$  и  $B$ . Заданным радиусом из центра сопряжения точки  $O$  проводят дуги, соединяющие точки  $A$  и  $B$  (рис. 43).

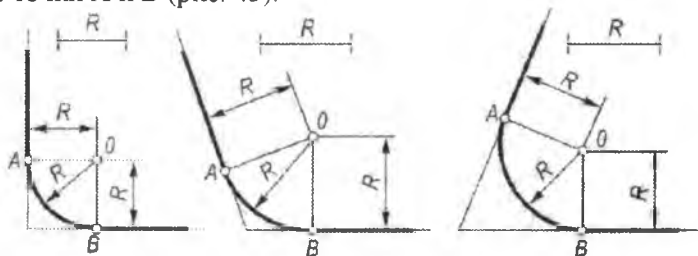


Рис. 43

### 3.2. Сопряжение двух параллельных прямых

Чтобы выполнить сопряжение двух параллельных прямых, надо провести радиус дуги сопряжения, равный половине расстояния между двумя параллельными прямыми. Центром сопряжения является точка **O**, середины прямой, перпендикулярной сопрягаемым прямым.

Точки сопряжения **A** и **B** определяются в пересечение перпендикуляра с сопрягаемыми прямыми (рис. 44).

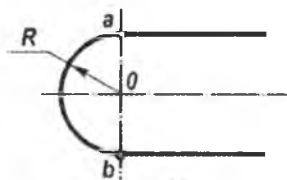


Рис. 44

### 3.3. Сопряжение дуги с прямой, дугой заданного радиуса

В комбинированном сопряжении прямой с дугой центр сопряжения находится на одинаковом расстоянии как от прямой, так и от дуги. На расстоянии радиуса сопряжения проводится вспомогательная прямая, параллельная заданной, а из центра дуги радиусом дуги плюс заданный радиус сопряжения проводится вспомогательная дуга. Пересечение вспомогательной дуги с вспомогательной прямой даст центр сопряжения – точку **O** (рис. 45).

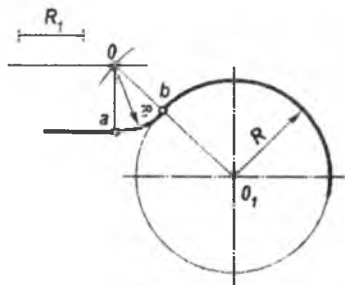


Рис. 45

Точка сопряжения **А** находится на пересечении перпендикуляра **ОА** с сопрягаемой прямой, точка сопряжения **В** – на пересечении прямой с дугой **ОО<sub>1</sub>**.

### 3.4. Сопряжение двух дуг дугой заданного радиуса

Как и в предыдущих сопряжениях, надо найти центр сопряжения точку **О** и точки сопряжения **А** и **В**. К радиусом малой и большой окружностей готовится заданный радиус.

Сопряжения **R**, т.е.  $R_1 + R = O_1O$ ;  $R_2 + R = O_2O$

Полученный центр сопряжения, точку **О**, соединяют с центрами окружностей, точками **О<sub>1</sub>О<sub>2</sub>**. на заданных окружностях получают точки сопряжения **А** и **В** (внешнее сопряжение). Рис. 46.

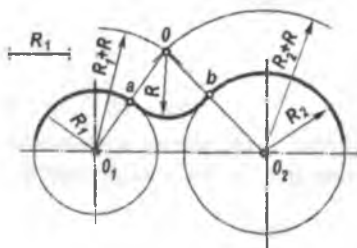


Рис. 46

При внешнем сопряжении к заданному радиусу поочередно прибавляют радиусы окружностей. Суммой радиусов из точек **О<sub>1</sub>** и **О<sub>2</sub>**, центров окружностей делают засечки, получают центр сопряжения – точку **О**.

При внутреннем сопряжении от заданного радиуса поочередно отнимают радиусы окружностей. Разностью радиусов из центров окружностей точек **О<sub>1</sub>**, **О<sub>2</sub>** делают засечки, определяют центр сопряжения точку **О** (рис. 47).

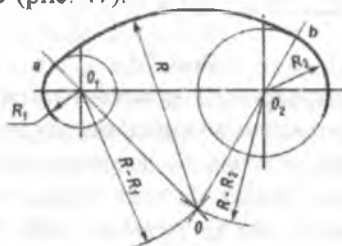


Рис. 47

Кроме внешних и внутренних сопряжений двух окружностей существуют и смешанное сопряжение. При смешанном сопряжении одна окружность находится внутри сопрягаемой дуги, а вторая окружность находится с внешней стороны (рис 48).

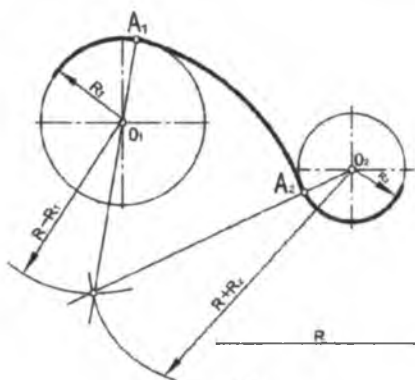


Рис. 48

Изучив основные положения в нахождении центра сопряжения и точек сопряжения, можно выполнить любой элемент сопряжения (рис. 49).

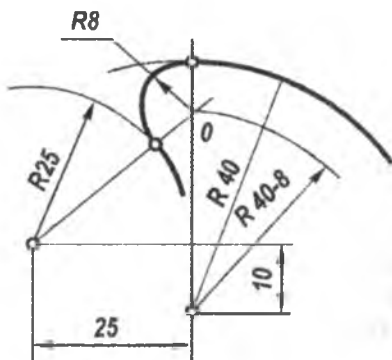
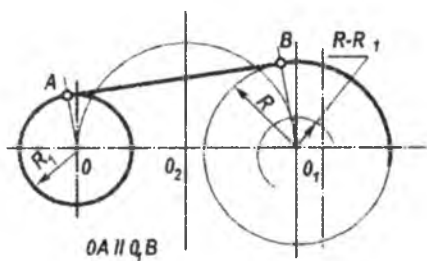


Рис. 49

Касательной к окружности называют прямую, имеющую одну общую точку с окружностью и перпендикулярную радиусу.

Дана окружность и точка А, лежащая вне ее, провести касательные к окружности. Чтобы получить точку сопряжения на окружности, надо расстояние между точками АО разделить пополам. Получим точку О1, из данной точки радиусом О1А проводим вспомогательную окружность.

Построение касательных к двум окружностям дано на рис 51, 52.



### 3.5. Овалы

Овалы, имеющие две взаимно перпендикулярные оси симметрии, часто применяются в техническом черчении и строятся они по заданным большой и малой осям. Чтобы построить такой овал, надо отложить из горизонтальной линии большую ось **АВ**, а перпендикулярно к ней – малую ось **СД**. Из точки **О**, как из центра радиусом **ОА** провести дугу до встречи с продолжением малой оси. Расстояние **СЕ** равно разности между большой и малой осями. Со-

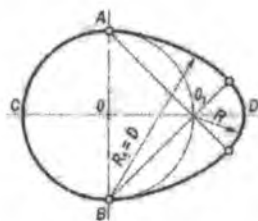


Рис. 54

Учитывая, что овал имеет две оси симметрии, положение то-

Существует несколько способов построения овалов с двумя

4 отв. Ø20



## Вопросы для самопроверки

1. Что называется сопряжением?
2. Какие виды сопряжения вы знаете?
3. Какими элементами определяется сопряжение?

## ГЛАВА IV. ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

Лекальными кривыми называют кривые, имеющие переменную кривизну, они вычерчиваются по точкам с помощью лекал. К лекальным кривым относятся эллипс, парабола, гипербола, эвольвента окружности и др. Примеры применения лекальных кривых в машиностроении показаны на рис. 56.

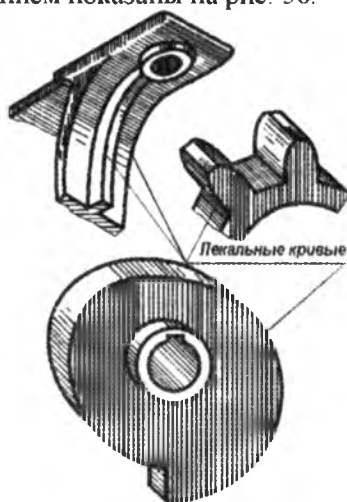


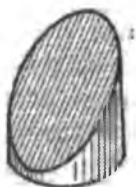
Рис. 56

### 4.1. Эллипс

Эллипсом называют плоскую замкнутую кривую, для которой сумма расстояний от любой ее точки до двух точек – фокусов есть величина постоянная и равная большей оси эллипса.

Плоская кривая эллипса образуется при пересечении тел вращения кругового конуса и кругового цилиндра секущей плоскостью, наклоненной к осевым линиям и пересекающей все образующие. Способ, которым выполняется эллипс, часто используется для вычерчивания деталей овальной формы (рис. 57 а, б). Деталь имеющий контур эллипса приведен на рис. 57 д.

## Эллипсы



а)



б)

## Эллипсы



д)

Рис. 57

Построение эллипса обычно выполняют по точкам с помощью двух окружностей, вычерченных по заданным осям симметрии **АВ** и **СД** (рис. 58). Разделив большую окружность на любое число равных частей (12, 16) соединяют противоположные точки через точку **С** (провести диаметры). Диаметры, пересекаясь с малой окружностью, дадут ряд точек, из которых проводят горизонтальные линии, а из точек, полученных на большой окружности – вертикальные линии до пересечения горизонтальными линиями. Это будут точки, принадлежащие лекальной кривой – эллипсу.

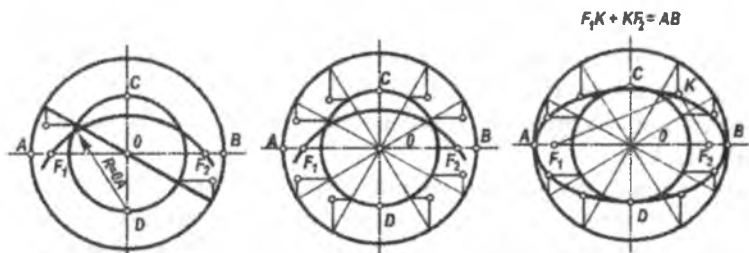


Рис. 58

## 4.2. Парабола

**Параболой** называют плоскую незамкнутую кривую, каждая точка которой расположена на одинаковом расстоянии от заданной прямой  $MN$ , называемой **директрисой** (направляющей), и точки  $F$ , называемой **фокусом параболы**. Вершина параболы – точка  $A$  – должна быть на одинаковом расстоянии от директрисы  $MN$  и от фокуса  $F$ . т.е.  $BA=AF$ ;  $FI_1=a$ ;  $FI_1=b$  и т.д. (рис. 59).

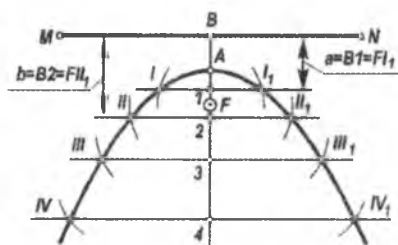


Рис. 59

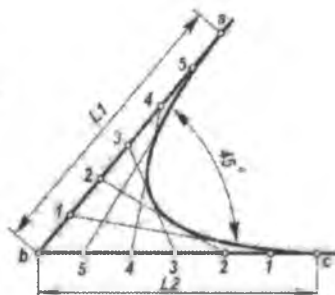


Рис. 60

В практике параболу строят чаще как кривую, касательную к прямым заданными на них точками  $a$   $b$   $c$  (рис. 60). Для построения такой кривой делят линии  $cb$  и  $ab$  на одинаковое число равных частей, например на 5, нумеруют точки. Одноименные точки 1 и 1, 2 и 2 и т.д. соединяют прямыми. К полученной ломанной подбирается по лекалу огибающая касательная кривая.

## 4.3. Гипербола

**Гиперболой** называют плоскую кривую, состоящую из разомкнутых, симметрично расположенных ветвей. Разность расстояний каждой точки гиперболы до двух заданных точек – фокусов есть величина постоянная и равна расстоянию между вершинами гиперболы  $AA_1$ .

Разделив фокусное расстояние  $FF_1$  пополам, получим точку  $O$  от которой в обе стороны отложим по половине заданного расстояния между вершинами  $AA_1$  (рис. 61). Слева от фокуса  $F$  отложим несколько произвольных точек 1,2,3,4... с постепенно увеличива-

ющимся расстоянием между ними. Из фокуса  $F$  проводят дугу вспомогательной окружности радиусом  $R$  равным расстоянию от вершины гиперболы  $A_1$  до точки  $З$ . Из фокуса  $F_1$  проводят вторую дугу вспомогательной окружности радиусом  $r$ , равным расстоянию от вершины  $A$  до точки  $З$ . На пересечении этих дуг определяется точки  $K$  и  $K_1$ , принадлежащие гиперболе.

Для любой точки гиперболы, например точки  $M_1$  принадлежащей гиперболе, можно написать равенство:  $F_1M - MF = AA_1$ . Точки  $F$  и  $F_1$  - фокусы гиперболы. Дальнейшее построение гиперболы показано на рис 61.

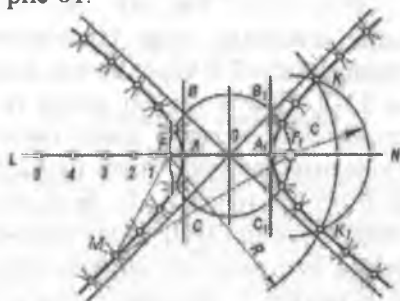


Рис. 61

Гиперболу можно получить, рассекая поверхность кругового конуса плоскостью параллельно оси конуса. Если поверхность кругового конуса рассеять плоскостью параллельно образующей получим параболу, если плоскость рассекает все образующие кругового конуса получим эллипс (рис.62).

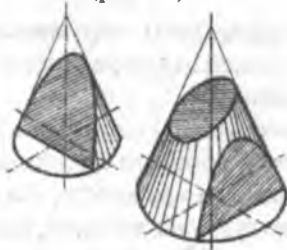
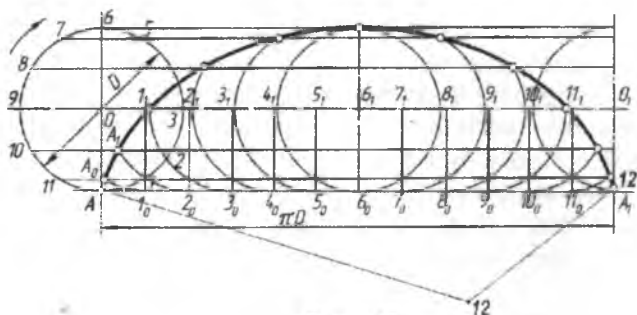


Рис. 62

#### 4.4. Циклоида

Циклоидой называют траекторию одной из точек круга, катящегося без скольжения по направляющей прямой (рис. 63)



Для построения циклоиды надо производную окружность разделить на 12 равных частей и через точки деления провести параллельные линии 11-1, 10-2 и т.д. От точки А на касательной к производящей окружности отложить длину окружности ПД, получим точки АА<sub>1</sub>. Разделить прямую также на 12 равных частей, получим точки 1<sub>0</sub>, 2<sub>0</sub> и т.д. Из точек 1<sub>0</sub>, 2<sub>0</sub>, 3<sub>0</sub> и других провести перпендикуляры на осевую линию ОО<sub>1</sub>. Полученные точки 1<sub>1</sub>, 2<sub>1</sub>, 3<sub>1</sub> и другие будут являться центрами катящейся окружности. Провести часть окружности из центра 1<sub>1</sub> до пересечения с линией 11-1, определили точку А<sub>0</sub>, окружность из центра 2 пересечет линию 10-2 и получили точку А<sub>1</sub> и т.д. получение точки, принадлежащие циклоиде, обвести по лекалу.

#### 4.5. Эвольвента окружности

Эвольвентой (разверткой) окружности называют траекторию, описываемую точкой прямой линии перекатываемой по окружности без скольжения.

Для построения эвольвенты надо заданную окружность разделить на 12 равных частей, провести в точки деления радиусы 01, 02 и т.д., а к ним касательные к окружности. На касательных отложить отрезки, равные длине дуги, на которой касательной – два таких отрезков, а на касательной к точке 12 отложить развернутую окружность ПД. Полученные точки соединить с помощью лекала. По эвольвенте вычерчивается профиль зуба зубчатого колеса. Его называют эвольвентным зубом (рис. 64).

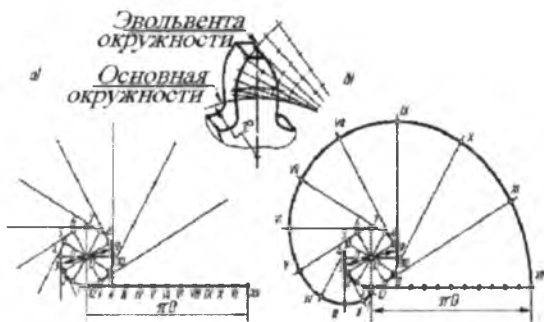


Рис. 64

#### 4.6. Спираль Архимеда

**Спираль Архимеда** – траектория точки, движущейся с постоянной скоростью от центра окружности по радиусу, вращающемся также с постоянной угловой скоростью (рис. 65). Для построения ее радиус окружности и окружность делим на одинаковые число равных частей; лучи проводим из центра через точки деления окружности. Откладывая на первом луче одно деление радиуса, на втором – два и т.д., получаем ряд точек спирали, которые соединяем с помощью лекала.

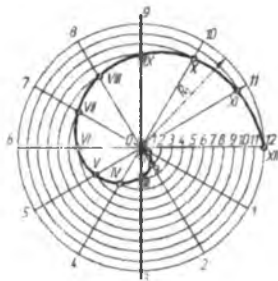


Рис. 65

#### 4.7. Синусоида

Для построения **синусоиды** делим данную окружность на произвольное число равных частей, например, 12. На такое же число равных частей делится отрезок прямой  $AA_{12}$ , равный длине развинутой окружности  $\pi D$ .

Проведя через точки деления горизонтальные и вертикальные прямые, находим в пересечении их точки синусоиды.

При выполнении чертежей деталей, поверхности которых очерчены по синусоиде (рис. 66) в этом случае период полного колебания  $AA_{12}$  может быть равным  $\pi D$ . В частности, для построения шнека длина развернутой окружности меньше  $\pi D$ . Такая синусоида называется сжатой.

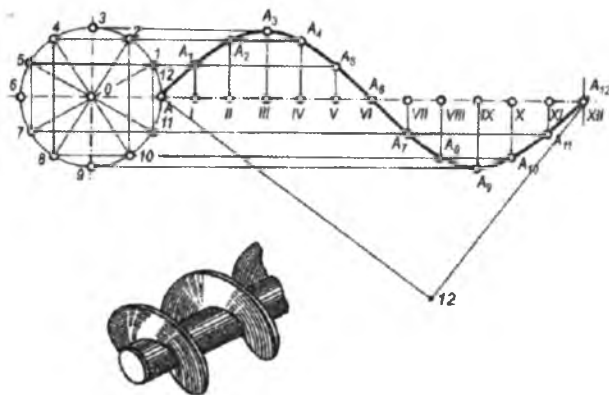


Рис. 66

### Вопросы для самопроверки

1. Какие кривые второго порядка вы знаете?
2. Что такое парабола?
3. Что такое эллипс?
5. Что такое циклоида?
6. Что такое эвольвента?
7. Что такое спираль Архимеда?

## ГЛАВА V. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Наука, изучающая способы изображения пространственных форм на плоскости, называется начертательной геометрией.

Французский ученый и инженер Гаспар Монж, опираясь на накопленный к тому времени опыт проекционной грамоты, обобщил и научно обосновал основные положения о прямоугольных проекциях в своем труде «начертательная геометрия», изданном в 1798 году.

Русские ученые профессора И.Ползунов, С.А.Фролов, П.Кулибин, Я.А.Севастьянов, В.И.Курдюмов, Н.А.Рынин, А.Добраков, Д.Каргин, Н.Четверухин, В.Гордон, С.К.Боголюбов, А.В.Бубеников, Х.А.Арустамов создали и развили начертательную геометрию такой, какой она нам известна в современной инженерной графике.

На развития науки «Начертательных геометрия и инженерная графика» также внесли свой вклад ученые Республики Узбекистан профессора Р. Хорунов, А.Акбаров, Ш.Мурадов, Т.Д.Азимов, Р.Исмагуллаев, Д.К.Кучкарова и доценты Ю.Киргизбаев, Э.Сабитов, Л.Хакимов, И.Рахмонов, Д.Х.Мирхамидов, С.Давлетов, Д.У.Сабирова.

Начертательная геометрия рассматривает два основных вида проецирования - параллельное и центральное. Параллельное проецирования в инженерной графике является основным. Оно в свою очередь, делится на прямоугольное проецирование, аксонометрические проецирование и проецирование с числовыми отметками.

Проецированием называют процессе изображения предмета на плоскости путем проведения проецирующих прямых через его характерные точки.

На рис. 67 дан пример центрального проецирования. Центральным оно называется потому, что проецирующие лучи идут из одного центра точки *S*. Проходя через характерные точки предмета к направленной плоскости *H*, лучи расходятся. Поэтому они не перпендикулярны картинной плоскости и не параллельны между собой. Проекция на плоскости и предмет, в данном случае треугольник, имеют различную величину, т.е. размеры изображения от раз-

мера предмета. Принято предметы, находящиеся в пространстве, обозначать прописными буквами латинского алфавита, а их проекции – строчными.

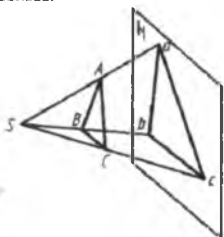


Рис. 67

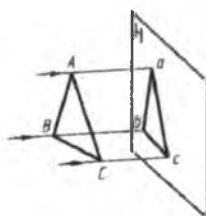


Рис. 68

На рис. 68. дан пример параллельного проецирования. На картинную плоскость  $H$  спроецирован треугольник  $ABC$ . Через точки треугольника  $ABC$  проходят проецирующие прямые. Они расположены к картинной плоскости  $H$  перпендикулярно, а между собой параллельны, поэтому и проецирование называется параллельным и прямоугольным.

## 5.1. Центральное проецирование

Центральное проецирование отличается большой наглядностью, но при удалении предмета от глаза рисующего, он зрительно уменьшается. Это затрудняет нанесение размеров, необходимых на чертеже. Кроме того, центральное проецирование сложно в построении. По принципу центрального проецирования устроен фотоаппарат. Центральным проецированием пользуются художники при рисовании, архитектурно-строительном черчении для построения общих видов и интерьеров.

В центральном проецировании все уходящие горизонтальные линии идут к линии горизонта и пересекаются на линии горизонта в одной или нескольких точках схода (рис. 69).

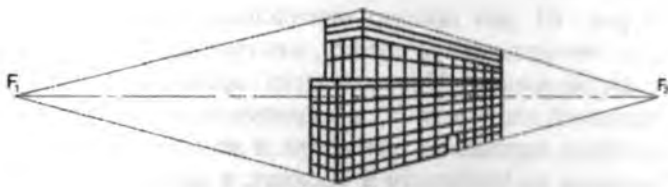


Рис. 69

## 5.2. Прямоугольное проецирование

**Прямоугольное проецирование** – одно из основных в инженерной графике, оно резко отличается от центрального проецирования. Если центральное проецирование даст наглядное, объемное изображение то прямоугольное проецирование плоскостное. Изображение, полученное способом прямоугольного проецирования, дает полное представление о форме детали и ее размерах, после соответствующего сопоставления проекций (рис. 70).

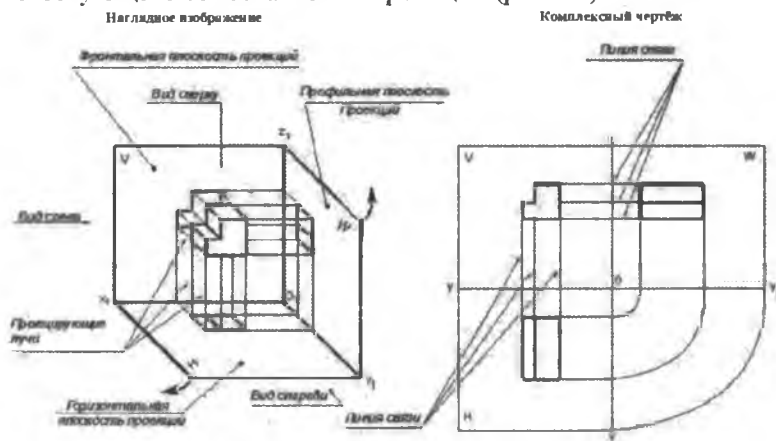


Рис. 70

Чтобы спроецировать предмет на три плоскости, надо их расположить перпендикулярно друг другу: образуется угол (октант) состоящей из трех плоскостей  $H$ ,  $V$ ,  $W$  и трех осей  $O_x$ ,  $O_y$ ,  $O_z$ . Поместив внутрь октанта предмет и спроецировав его на каждую плоскость перпендикулярно этим плоскостям, мы получили на плоскости  $V$  проекцию спереди, на плоскости  $H$  – проекцию сверху, на плоскости  $W$  - проекцию слева. На рис. 70 дано наглядное изображение: развернув плоскости, получили комплексный чертёж.

## 5.3. Аксонометрическое проецирование

**Аксонометрическими проекциями** называют изображение предмета, полученное путем параллельного проецирования в месте с осями координат на аксонометрическую плоскость. Слово **аксонометрия** образовано из слов греческого языка: аксон-ось, метрио – измеряю (измерение по осям).

АксонOMETрическое проецирование – наглядный способ изображения модели, детали, подобен центральному способу проецирования, но в отличие от него позволяет нанести размеры на изображении. Аксонометрическое проецирование часто применяется в инженерной графике при вычерчивании технических деталей (рис. 71).

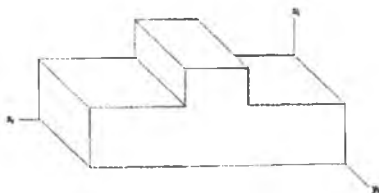


Рис. 71

#### 5.4. Проецирование с числовыми отметками

**Числовые отметки** – это отметки рельефа местности относительно уровня моря (возвышенности или углубления).

В проецировании земной поверхности или разрезов земной коры применяется прямоугольный метод проецирования. Числовые отметки наносятся над секущей плоскостью главного вида и над спроецированной плоскостью сечения (плана – вида сверху).

Отметки 1, 2, 3 и т.д. указывают, насколько земная поверхность выше уровня моря (рис. 72). Отметки – 1, – 2 и т.д. означают, насколько земная поверхность ниже уровня моря.

Проецирование с числовыми отметками широко применяется в топографии.

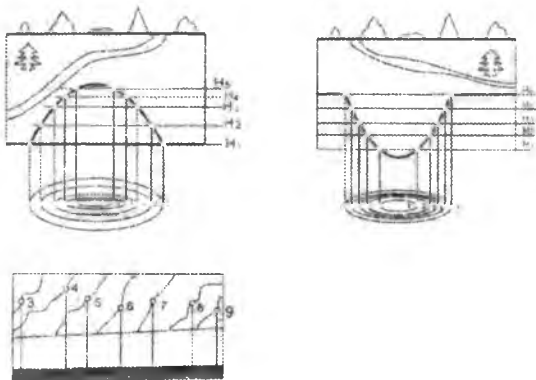


Рис. 72

## Вопросы для самопроверки

1. Какие геометрические элементы включает в себя аппарат проецирования?
2. Какие способы проецирования вы знаете?
3. Какое проецирование называется центральным?
4. Какое проецирование называется прямоугольным?
5. В инженерной графике какой метод считается основным?
6. Что такое числовые отметки?

## ГЛАВА VI. ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ ТОЧКИ

Для любого геометрического тела и детали исходными элементами в построении чертежа являются точки и линии, поэтому проецирование этих элементов берут за основу в любом виде проецирования, в том числе и прямоугольном. Прямоугольной проекцией точки называют основание перпендикуляра, опущенного из точки на плоскость проекции  $H$  (рис. 73).

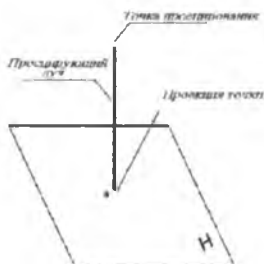


Рис. 73

### 6.1. Проецирование точки на одну и две плоскости проекции

Даны горизонтальная и фронтальная плоскости проекций  $H$ ,  $V$  и точка  $A$ , находящаяся в пространстве. Для получения ее горизонтальной проекции из точки  $A$  проводится перпендикуляр на плоскость проекции  $H$ . Точка пересечения перпендикуляра с плоскостью проекции  $H$  будет горизонтальной проекцией  $a$  точки  $A$ . Затем перпендикуляр к фронтальной плоскости проекции  $V$  и получится фронтальная проекция  $a^1$  точки  $A$  (рис. 74).

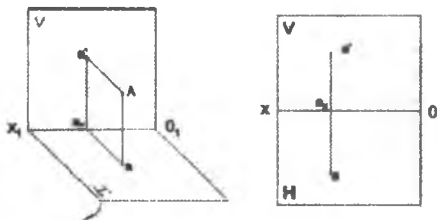


Рис. 74

## 6.2. Проецирование точки на три плоскости проекции

В трехгранном углу (октанте) дано в пространстве точка  $A$  (рис. 75). Для получения проекции точки на плоскостях проекции  $H, V, W$  надо провести из точки  $A$  перпендикуляры на эти плоскости проекции. Точка пересечения перпендикуляра с плоскостью проекции  $H$  определяет горизонтальную проекцию точки  $a$ , с плоскостью проекции  $V$  - фронтальную  $a'$  с плоскостью проекции  $W$  - профильную  $a''$  проекцию точки  $A$ .

На комплексном чертеже пространственные точки, отрезки или фигуры не изображаются, изображаются только их проекции (рис. 76).

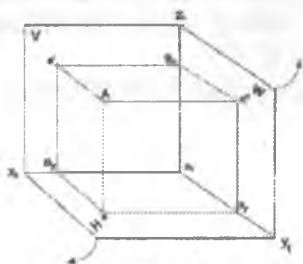


Рис. 75

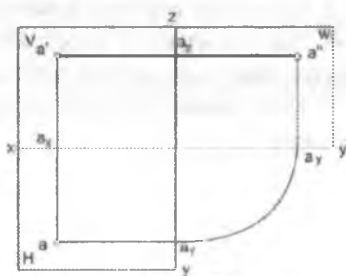


Рис. 76

Точку, отрезок прямой или фигуру можно спроецировать произвольно и по заданным координатам. Координатой точки называют расстояние от заданной точки до плоскости, проекций. Например, даны координаты точки  $A$ :  $O_x=60$  мм;  $O_y=40$  мм;  $O_z=50$  мм. Строим оси проекций и от центра пересечения осей, точки  $O$  откладываем на осях данные координаты, например,  $a_x=60$ ;  $a_y=40$ ;  $a_z=50$  (рис. 77).

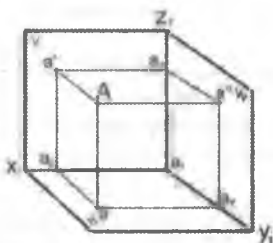
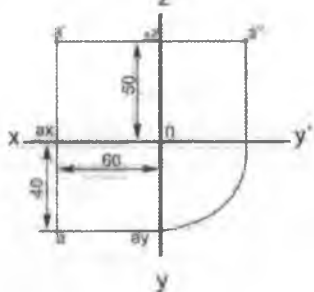


Рис. 77

Чтобы построить наглядное изображение, надо построить октант и в той же последовательности на осях проекции отложить указанные размеры. При этом надо учесть, что в октанте фронтальной проекции размер оси  $O_y$  уменьшается в два раза и вместо 40 мм нужно отложить 20 мм.

### Вопросы для самопроверки

1. Какой чертеж называется комплексным?
2. Как называются и обозначаются основные плоскости проекции?
3. Что такое вертикальная и горизонтальная линии связи?
4. Как называется расстояние, определяющее положение точки относительно плоскостей проекций  $H$ ,  $V$ ?
5. Как можно построить комплексный чертеж точки по ее координатам?

## ГЛАВА VII. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ПРОЕЦИИ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ

Прямая в пространстве бесконечна. Часть прямой называется отрезком.

Если точка принадлежит прямой, то проекции точки принадлежат проекции этой прямой (рис. 78) чтобы спроецировать отрезок, нужно определить проекции его крайних точек.

### 7.1. Положение отрезка прямой относительно плоскостей проекции H, V, W

Если прямая перпендикулярна плоскости проекции, то проекции прямой являются точка (рис. 79).

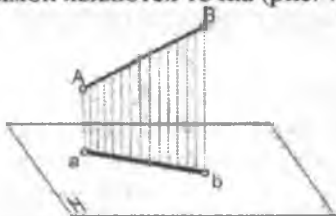


Рис. 78

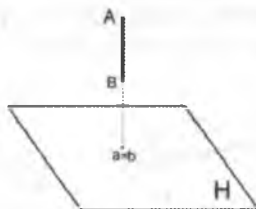


Рис. 79

Отрезок прямой, параллельной плоскости проекции, проецируется на эту плоскость в натуральную величину (рис. 80).

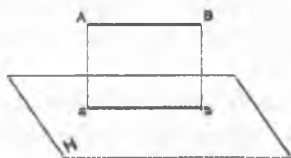


Рис. 80

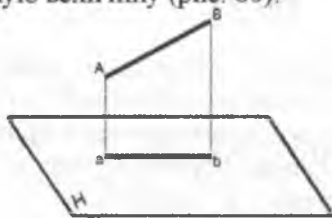


Рис. 81

Если отрезок прямой наклонен к плоскости проекции, то его проекция на эту плоскость будет искаженной меньше самого отрезка (рис. 81).

Прямая, наклонная к горизонтальной, фронтальной и профильной плоскостям проекций, называется прямой общего положения. (рис. 82).

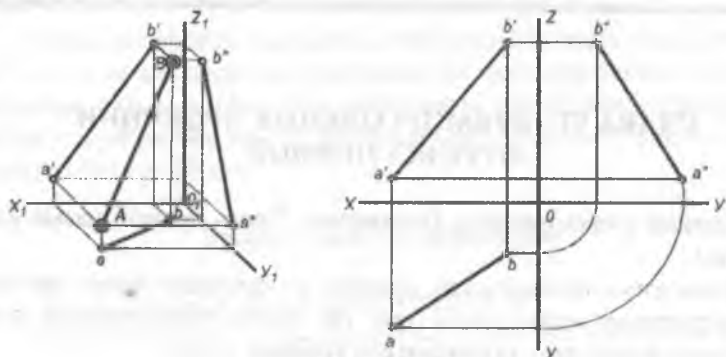


Рис. 82

Прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекции, называется **горизонтальной прямой** (рис. 83).

Прямая, параллельная фронтальной плоскости проекций, называется **фронтальной прямой** (рис. 84).

Прямая, параллельная профильной плоскости проекций, называется **профильной прямой** (рис. 85).

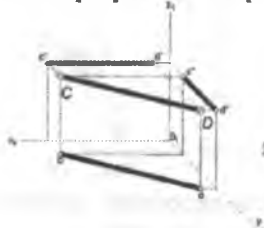


Рис. 83

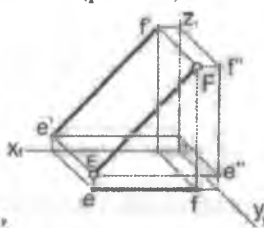


Рис. 84

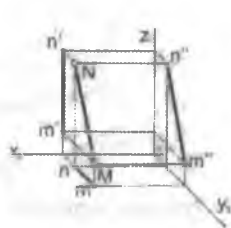


Рис. 85

Прямая, перпендикулярная горизонтальной и параллельная фронтальной и профильной плоскостям проекций, называется **горизонтальной проецирующей прямой** (рис. 86).

Прямая, перпендикулярная фронтальной, параллельная горизонтальной и профильной плоскостям проекций, называются **фронтально-проецирующей прямой** (рис. 87).

Прямая, параллельная горизонтальной и фронтальной плоскостям проекции и перпендикулярная профильной плоскости проекций, называется **профильно проецирующей прямой** (рис. 88).

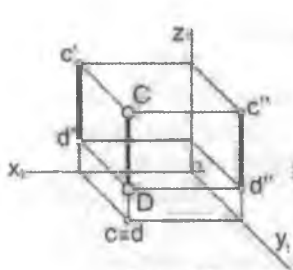


Рис. 86

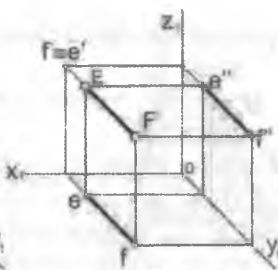


Рис. 87

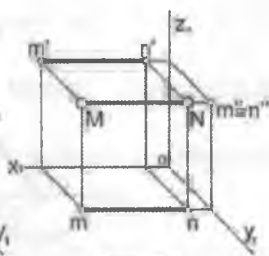


Рис. 88

## 7.2. Следы прямой

Следом прямой называют точку пересечения прямой с плоскостью проекций.

Прямая, наклоненная ко всем плоскостям, прямая общего положения – пересечется со всеми тремя плоскостями проекций, т.е. будет иметь три следа: горизонтальный, фронтальный, профильный.

Прямая, параллельная одной из плоскостей, не пересечется с этой плоскостью и будет иметь два следа.

Прямая, параллельная двум плоскостям проекций, будет иметь один след.

Чтобы построить горизонтальный след, надо фронтальную проекцию прямой продолжить до пересечения с осью  $O_x$ , получим точку  $m$  фронтальную проекцию горизонтального следа затем провести перпендикуляр с этой точки к оси  $O_x$  и продолжить горизонтальную проекцию прямой до пересечения с опущенным перпендикуляром, получим горизонтальный след  $m$ . Прямая пересечется с плоскостью проекции  $H$  в точке  $M=m$ .

Чтобы построить фронтальный след, надо горизонтальную проекцию прямой продолжить до пересечения с осью  $O_x$ , получим точку  $n$  горизонтальную проекцию фронтального следа затем провести перпендикуляр с этой точки к оси  $O_x$  продолжить фронтальную проекцию прямой до пересечения с перпендикуляром, получим фронтальный след прямой  $N=n$ : Профильный след получим с помощью линии проекционной связи (рис. 89).

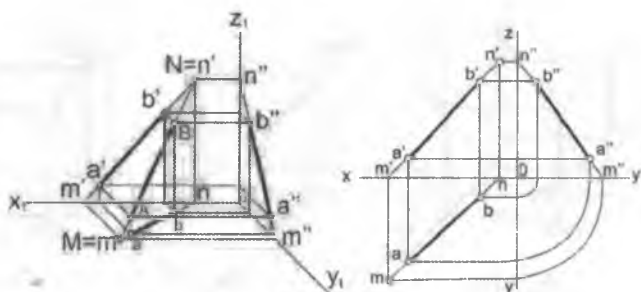


Рис. 89

### 7.3. Взаимное положение двух прямых

Если прямые в пространстве параллельны, то одноименные проекции их также параллельны между собой (рис. 90).

Если прямые в пространстве пересекаются, то на комплексном чертеже пересекаются их одноименные проекции, причем точки пересечения их одноименные проекции, лежат на одном перпендикуляре к от проекции  $O_x$  (рис. 91).

Прямые, не параллельные и не пересекающиеся, называются скрещивающимися. На комплексном чертеже их одноименные проекции не параллельны между собой и не пересекаются, а если пересекаются, то точки пересечения их не лежат на одном перпендикуляре к оси проекций  $O_x$  (рис. 92).

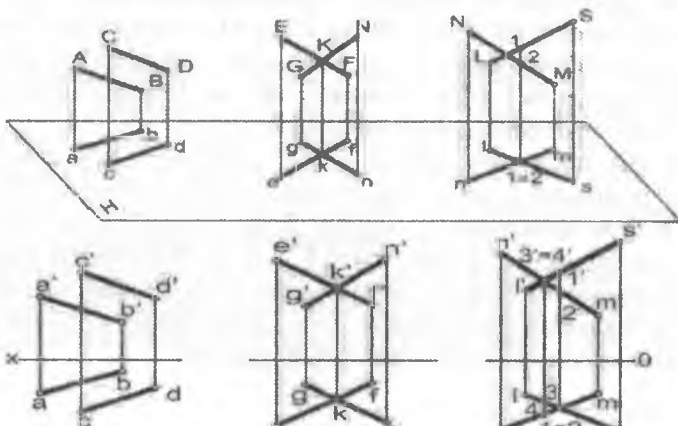


Рис. 90

Рис. 91

Рис. 92

## Вопросы для самопроверки

1. Какое положение может занимать прямая относительно плоскостей проекций?
2. Какие линии уровня вы знаете? Как располагаются проекции прямых уровня?
3. Какие проецирующие прямые вы знаете?
4. Как могут быть расположены в пространстве две различные прямые?
5. Как на комплексном чертеже располагаются проекции параллельных прямых?
6. Как на комплексном чертеже располагаются точки пересечения пересекающихся прямых?

## ГЛАВА VIII. ПЛОСКОСТЬ

Плоскость на комплексном чертеже может быть задана в следующих видах:

- Тремя точками, не лежащими на одной прямой (рис. 93).
- Прямой и точкой, взятой вне прямой (рис. 94).
- двумя пересекающимися прямыми (рис. 95).

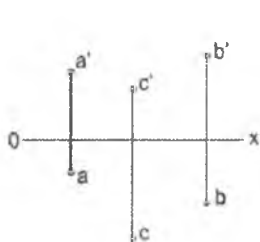


Рис. 93

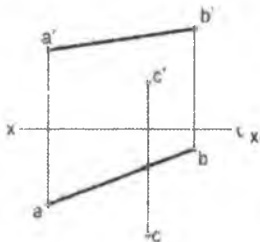


Рис. 94

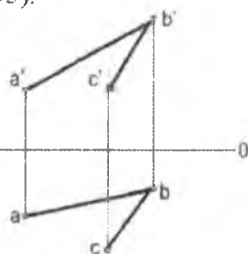


Рис. 95

- двумя пересекающимися прямыми (рис. 96).
- геометрической фигурой (рис. 97)
- следами плоскости (рис. 98)

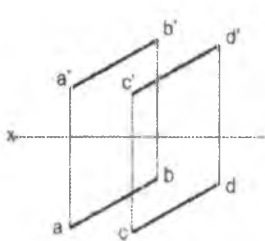


Рис. 96

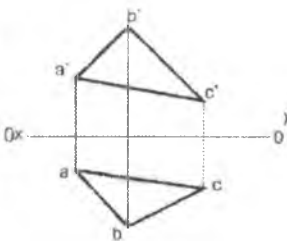


Рис. 97

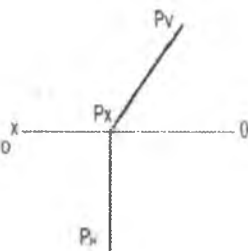


Рис. 98

### 8.1. Положение плоскостей относительно основных (H, V, W) плоскостей проекции

Плоскость, наклонная к фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостям проекции, называют плоскостью общего положения (рис. 99).

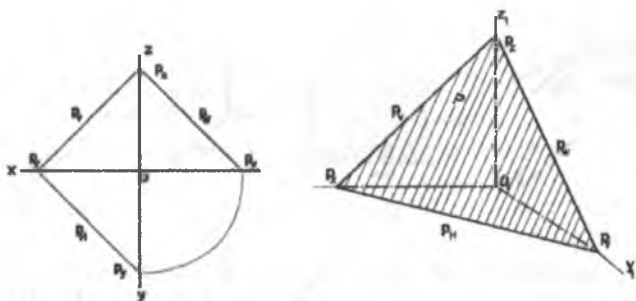


Рис. 99

Плоскость, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций, называется горизонтально проецирующей плоскостью  $R \perp H$  (рис. 100).

Плоскость, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций, называется фронтально проецирующей плоскостью  $S \perp V$  (рис. 101).

Плоскость, перпендикулярная профильной плоскости проекций, называется профильно проецирующей плоскостью  $T \perp W$  (рис. 102).

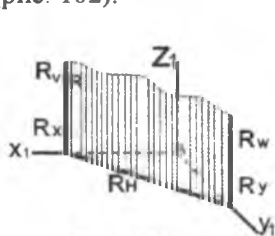


Рис. 100

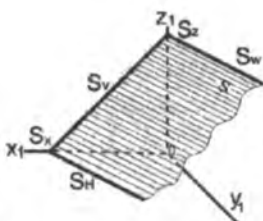


Рис. 101

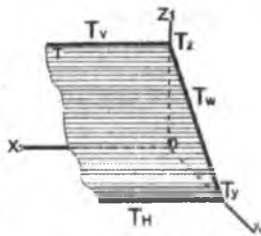


Рис. 102

Плоскость  $R$  перпендикулярна фронтальной и профильным плоскостям проекций и параллельна горизонтальной плоскости проекций называют горизонтальной плоскостью  $R \parallel H$  (рис. 103).

Плоскость  $S$  перпендикулярна горизонтальной и профильной плоскостям проекций и параллельна фронтальной плоскости проекций называют фронтальной плоскостью  $S \parallel V$  (рис. 104).

Плоскость  $T$  перпендикулярна фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций и параллельна профильной плоскости проекций называют профильной плоскостью  $T \parallel W$  (рис. 105).

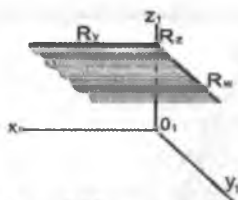


Рис. 103

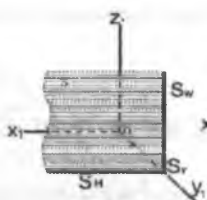


Рис. 104

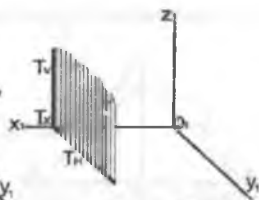


Рис. 105

Следами плоскости называют линию встречи (пересечения) заданной плоскости  $P$  с основными плоскостями проекции  $P_n, P_v, P_w$  (рис. 99).

## 8.2. Прямые особого положения.

### Проекции прямой и точки, расположенной на плоскости

Прямыми особого положения называют линии, лежащие в заданной плоскости и параллельные ее следам. Прямую  $AB$ , параллельную горизонтальному следу плоскости, называют **горизонталью** плоскости; прямую  $DC$ , параллельную фронтальному следу плоскости, называют **фронталью** плоскости; прямую  $EF$ , параллельную профильному следу плоскости, называют **профилем** плоскости (рис. 106).

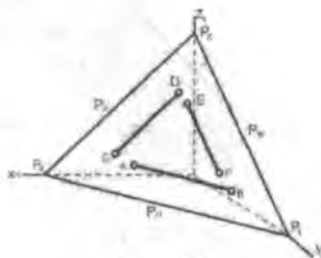


Рис. 106

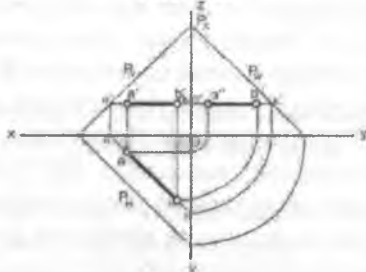


Рис. 107

Для построения самой плоскости надо найти следы прямых, определяющие следы плоскости. На рис. 107 дана плоскость общего положения  $P$ . Следы этой плоскости:  $P_H$ ,  $P_V$ ,  $P_W$ . Следы горизонтали плоскости –  $N$  ( $n_1 n^1$ ) и  $K$  ( $k k^1$ ).

Нахождение следов плоскости и фронтали плоскости показано на рис. 108.

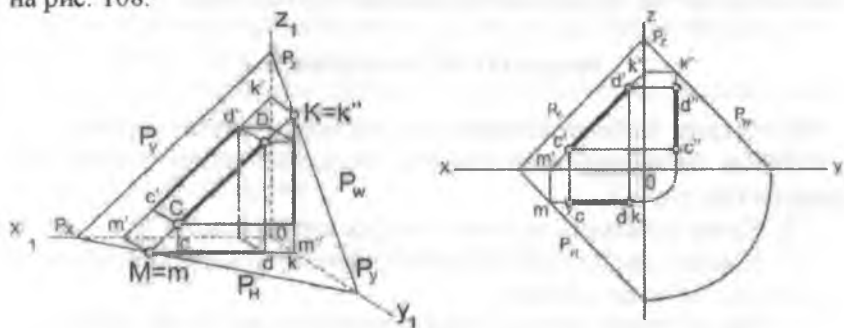


Рис. 108

### 8.3. Точка в плоскости

На комплексных чертежах по заданной проекции точки в одной проекции плоскости приходится определять ее проекции на других проекциях плоскостей. (рис. 109) Например, дана проекция  $k^1$  точки  $K$  на фронтальной проекции треугольника  $ABC$ .

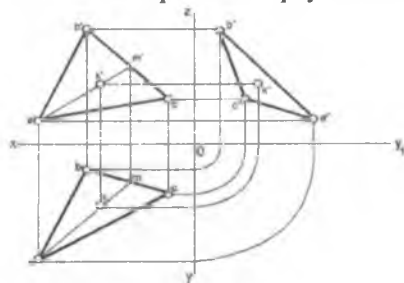


Рис. 109

Через вершину треугольника  $a^1$  и заданную точку  $k^1$  проводим прямую до пересечения со стороной треугольника  $b^1c^1$ , получим проекцию точки  $m^1$ . Спроецировав точку на соответствующую сторону треугольника горизонтальной проекции  $bc$ , получим про-

екцию точки  $m$ . Точку  $m$  соединим с вершиной  $a$  этого же треугольника и из точки  $k^1$  проводим перпендикуляр до пересечения с прямой  $am$  горизонтальной проекции. Пересечение перпендикуляра со вспомогательной, прямой  $am$  будет горизонтальной проекцией точки  $k$ . С помощью линии проекционной связи получим проекцию точки  $k''$  на профильной проекции треугольника.

### Вопросы для самопроверки

1. Какими элементами пространства можно задать плоскость?
2. Как относительно плоскостей проекций может быть расположена плоскость?
3. Какие плоскости называются проецирующими?
4. Какими свойствами обладают вырожденные проекции плоскостей частного положения?
5. Какие линии уровня плоскости вы знаете? Как они изображаются в комплексном чертеже?
6. Какое расположение на комплексном чертеже займут проекции фронтالي и горизонтали горизонтально проецирующей плоскости?
7. Какие плоскости можно провести через фронтально проецирующую прямую?

## ГЛАВА IX. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ

Отрезки прямых и плоские геометрические фигуры в натуральную величину проецируются только тогда, когда они расположены параллельно плоскостям проекций.

По прямоугольным проекциям часто приходится определить натуральную величину не только всей фигуры, но и ее элементов. Для этого применяются способы вращения, совмещения и перемещения плоскостей проекций.

### 9.1. Способ вращения

Для определения натуральной величины способом вращения необходимо наметить ось вращения. Отрезок прямой или плоскую геометрическую фигуру поворачивают вокруг оси до положения, когда они станут параллельными той плоскости, на которую их проецируют.

На рис. 110 способом вращения определена натуральная величина ребра пирамиды.

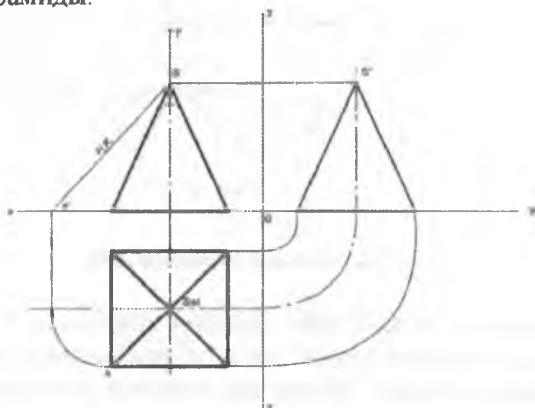


Рис. 110

На рис. 111 способом вращения найдена натуральная величина гипотенузы треугольника **ABC**.

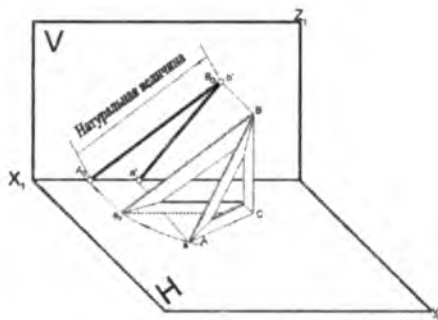


Рис. 111

На рис. 112 треугольник расположен перпендикулярно плоскости  $V$  и наклонено к плоскости проекции  $H$ . Для определения его натуральной величины фронтальную проекцию  $a' b' c'$  необходимо повернуть вокруг оси, проходящей через точку  $a'$ , до положения, параллельного оси  $Ox$ . Проекция на горизонтальную плоскость проекции будет натуральной величиной треугольника  $ABC$ .

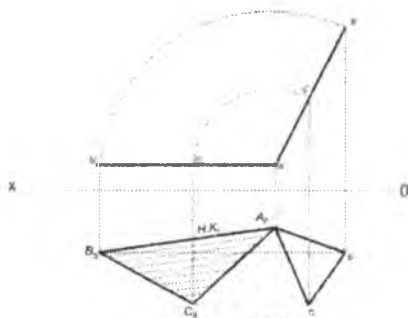


Рис. 112

## 9.2. Способ совмещения

Совмещение какой либо заданной плоскости  $P$  с плоскостью проекций есть частый случай способа вращения. Для определения натуральной величины отрезка или плоской геометрической фигуры способом совмещения надо заданную плоскость  $P$  совместить с плоскостью проекций вместе с расположенными на ней геометрическими элементами.

Совмещенная заданная плоскость и геометрические элементы, расположенные на заданной плоскости, совместятся с плоскостью

проекций, оставят на ней свой «отпечаток». Это и будет их истинная величина.

На рис. 113 плоскость  $P$  задана в пространственном изображении, необходимо ее совместить с горизонтальной плоскостью проекций. При этом треугольник  $ABC$  совмещением с проецировался на горизонтальную плоскость проекций в натуральную величину  $A_0B_0C_0$ .

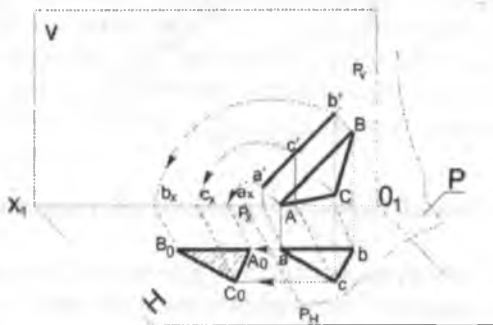


Рис. 113

На комплексных чертежах плоскость задана следами. За ось вращения принимается один из следов заданной плоскости  $P$ , независимо от того, будет ли это горизонтальный  $P_H$  или фронтальный  $P_V$  след. Вращая заданную плоскость  $P$  вокруг горизонтального  $P_H$  следа до совмещения ее с горизонтальной плоскостью проекций, получим натуральную величину  $A_0B_0C_0$  треугольника на горизонтальной плоскости  $H$  (рис. 114).

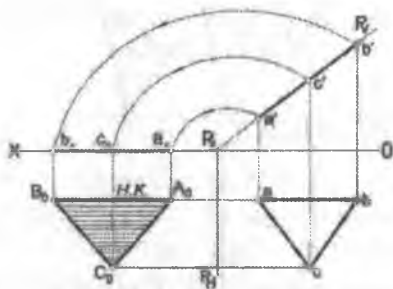


Рис. 114

Точки  $a'$ ,  $b'$  и  $c'$  переносятся помощью дуг, проведенных из точки схода следов  $P_H$ , как из центра.

Вращая плоскость  $P$  вокруг фронтального  $P_V$  следа до совмещения с фронтальной плоскостью проекций, получим натуральную

величину  $A_0B_0C_0$  треугольника на плоскости проекций фронтальной  $V$  (рис. 115).

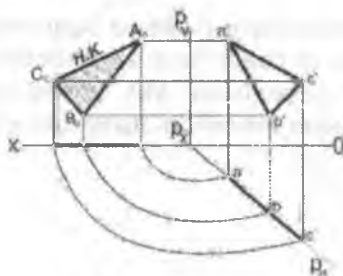


Рис. 115

### 9.3. Способ перемены плоскостей проекций

Сущность перемены плоскостей проекций заключается в том, что положение заданных геометрических элементов остается неизменным в заданной системе плоскостей проекций, а для определения натуральной величины их вводится новая плоскость проекций в место существующей. Положение новой плоскости проекции выбирается таким, чтобы проецированием на нее можно было определить натуральную величину заданных геометрических элементов.

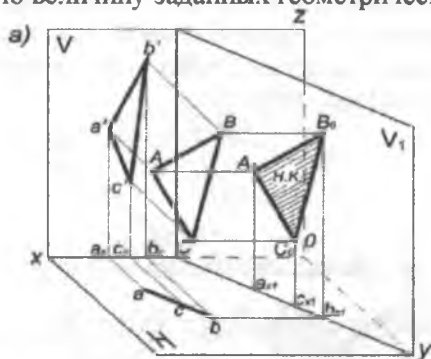


Рис. 116

На рис. 116 треугольник  $ABC$  в пространстве перпендикулярен горизонтальной плоскости проекций  $H$  и проецирован на нее прямой  $a, c, b$ . К фронтальной плоскости проекций  $V$  треугольник наклонен, значит, проецируется искаженно. Поставим новую фронтальную плоскость проекций  $V_1$  параллельно плоскости треугольника  $ABC$  и перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций

Н. Треугольник  $ABC$  проецируется на новую фронтальную плоскость проекций  $V_1$  без искажения. Треугольник  $ABC = A_0B_0C_0$

На комплексном чертеже (рис. 117) для определения натуральной величины треугольника  $ABC$  проводим новую ось проекций  $x_1$  параллельно горизонтальной проекции треугольника, на произвольном расстоянии от нее. Из точек  $d, b,$  и  $c$  горизонтальной проекции треугольника, проецировавшихся в прямую, проводим перпендикуляры к новой оси  $x_1$  и на продолжении этих перпендикуляров от точек  $a_{x1}, c_{x1}, b_{x1}$  откладываем отрезки, равные  $a_x a_x^1, b_x b_x^1, c_x c_x^1$ , получим точки  $A_0B_0C_0$ . Соединив в точки, получаем новую фронтальную проекцию плоскости треугольника, его натуральную величину.

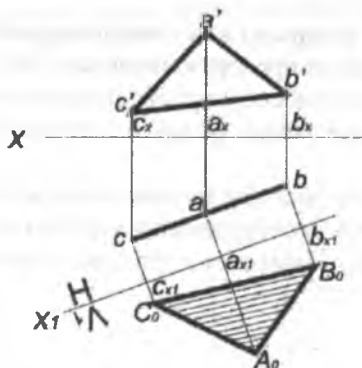


Рис. 117

#### 9.4. Определение натуральной величины отрезка общего положения

Для определения натуральной величины проекции отрезка  $AB$  на горизонтальную плоскость проекций (рис. 118). Проводится новая ось проекций  $O_1X_1$  параллельно горизонтальной проекции отрезка  $ab$  на произвольном расстоянии. Из точки  $a$  и  $b$  провести перпендикуляры к оси проекции  $O_1X_1$  и на продолженных перпендикулярах отложить отрезки, равные  $Z_A$  и  $Z_B$ .

Полученные точки  $A_0$  и  $B_0$  соединив это и будет натуральная величина отрезка  $AB$ . Определение натуральной величины отрезка  $AB$  через фронтальную плоскости проекций показано на (рис. 119).

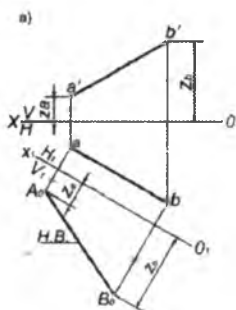


Рис. 118

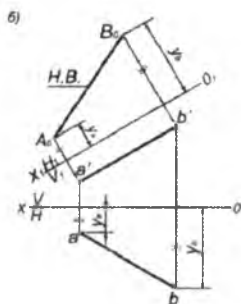


Рис. 119

### Вопросы для самопроверки

1. Зачем необходимо преобразования комплексного чертежа?
2. Какие вы знаете способы преобразования чертежа?
3. Какие основные задачи решаются путем преобразования чертежа?
4. В чем сущность способы замены плоскостей проекций?
5. В чем сущность преобразования чертежа способом вращения?
6. Какие линии используется в качестве осей вращения?

## ГЛАВА X. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Основным достоинством аксонометрических проекций является наглядность изображаемого предмета. Поэтому их применяют в качестве иллюстраций к комплексному чертежу для облегчения понимания конструктивной формы детали.

В зависимости от направления проецирующих лучей аксонометрические проекции делятся на прямоугольные, где проецирующие лучи перпендикулярны к аксонометрической плоскости и косоугольные, где проецирующие лучи наклонены к аксонометрической плоскости рис. 120.

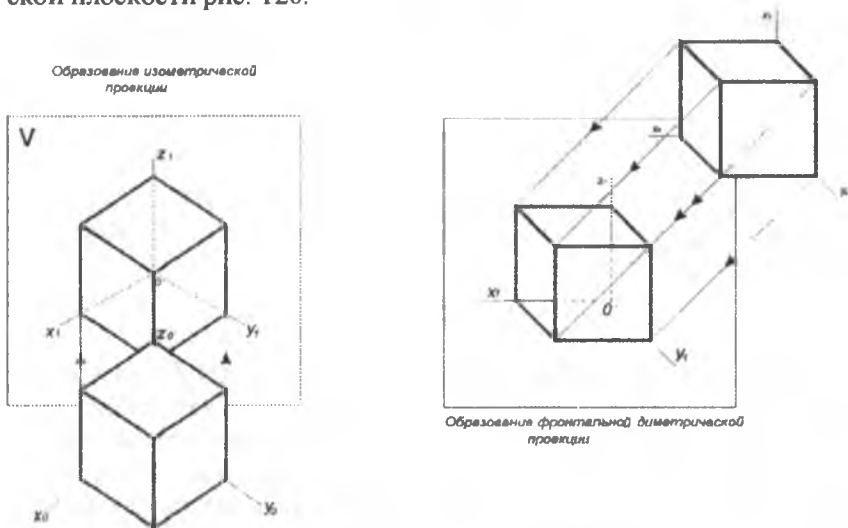


Рис. 120

К прямоугольным аксонометрическим проекциям относят **изометрическую** — одномерную и **диметрическую** — двухмерную. К косоугольным относят **фронтальную диметрическую** — косоугольную диметрию, **фронтальную изометрическую** и **горизонтальную изометрическую** проекции.

Ниже подробно рассмотрим первые три вида аксонометрических проекций, как наиболее часто встречающихся.

## 10.1. Прямоугольные аксонометрические проекции

В зависимости от положения аксонометрической плоскости и направления проецирующих лучей аксонометрические изображения получаются несколько искаженным. Показателем искажения называют отношение размера аксонометрической проекции отрезка, имеющего параллельное направление какой-либо оси координат к его натуральному размеру. При действительном размере 100 мм и показателя искажения 0,82 размер аксонометрической проекции равен:  $100 \times 0,82 = 82$  мм – для изометрической проекции: для диметрической проекции –  $100 \times 0,94 = 94$  мм и  $100 \times 0,47 = 47$  мм: для фронтальной диметрической проекции –  $100 \times 0,5 = 50$  мм (рис. 121)



В изометрической проекции оси  $O_1X_1$ ,  $O_1Y_1$ ,  $O_1Z_1$  наклонены одинаково к аксонометрической плоскости. Уменьшение размеров и показатели искажения для всех трех осей одинаковы и равны 0,82.

Угол между аксонометрическими осями  $O_1X_1$ ,  $O_1Y_1$ ,  $O_1Z_1$  равен  $120^\circ$ . Ось  $O_1Z_1$  расположена вертикально, следовательно оси  $O_1X_1$  и  $O_1Y_1$ , наклонены к горизонтальной линии под углом  $30^\circ$  (рис. 121, а).

Для упрощения построения аксонометрических проекций ГОСТ 2. 317-69 рекомендует строить изометрическую проекцию без сокращения по всем осям в натуральную величину.

В диметрической проекции угол между аксонометрическими осями  $O_1Z_1$  и  $O_1X_1$  равен  $97^\circ 10'$ , а углы между аксонометрическими осями  $O_1X_1$  и  $O_1Y_1$ , а также  $O_1Z_1$  и  $O_1Y_1$  – одинаковы и равны  $131^\circ 25'$ .

АксонOMETрическая ось  $O_1Z_1$  имеет вертикальное положение. Следовательно ось  $O_1X_1$  наклонена и горизонтальной линии под углом  $7^\circ 10'$ , а ось  $O_1Y_1$  – под углом  $41^\circ 25'$  (рис. 121, б).

При таком наклоне аксонометрических осей показатель искажения по осям  $O_1Z_1$  и  $O_1X_1$  равен 0,94, а по оси  $O_1Y_1$  – 0,47.

## 10.2. Косоугольные аксонометрические проекции

Во фронтальной диметрической проекции угол между аксонометрическими осями  $O_1Z_1$  и  $O_1X_1$  равен  $90^\circ$ , а угол между аксонометрическими осями  $O_1X_1$  и  $O_1Y_1$ , а также между аксонометрическими осями  $O_1Z_1$  и  $O_1Y_1$ , и одинаковы и равны  $135^\circ$ , ось  $O_1Z_1$  имеет вертикальное положение. Следовательно, ось  $O_1X_1$  будет иметь горизонтальное положение, а ось  $O_1Y_1$ , наклонена к горизонтальной линии под углом  $45^\circ$  (рис. 121, д).

Показатели искажения по аксонометрическим осям  $O_1X_1$  и  $O_1Z_1$  равны 1,0, а по оси  $O_1Y_1$  – 0,5.

Фронтальную диметрическую проекцию рекомендуется применять тогда, когда нужно показать без искажения фигуры, расположенные в плоскостях, параллельных плоскости проекций.

В диметрической и фронтальной диметрической проекциях размеры по осям  $O_1X_1$  и  $O_1Z_1$  откладываются без сокращения, а по оси  $O_1Y_1$  – уменьшается в два раза.

Кроме выше изложенных аксонометрических проекций ГОСТ 2.317-69 рекомендует применять косоугольные фронтальные изометрические проекции, сохраняя угол между осями  $O_1Z_1$  и  $O_1Y_1$  –  $90^\circ$ . Обе проекции выполняются без искажения по осям  $O_1X_1$ ,  $O_1Y_1$  и  $O_1Z_1$  (рис. 122, 123).

Косоугольная фронтальная изометрическая проекция

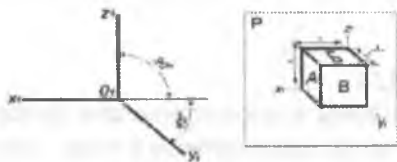


Рис. 122

Косоугольная горизонтальная изометрическая проекция

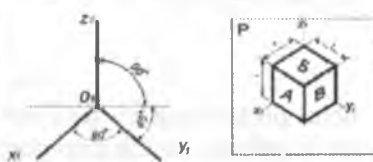


Рис. 123

### 10.3. Плоские фигуры и геометрические тело в аксонометрических проекциях

#### 10.3.1. Изометрические прямоугольные проекции

Для построения аксонометрических проекций плоских фигур пользуются прямоугольными проекциями этих фигур. Прямоугольная проекция дает более полное представление об этой фигуре, ее форме и размерах.

Для построения правильных многоугольников в прямоугольных проекциях пользуются чаще всего делением окружностей на нужное число равных частей или вписывают многоугольник в квадрат.

Построение аксонометрической проекции плоской фигуры шестиугольника начинают с осей аксонометрических проекций  $O_1X_1$  и  $O_1Y_1$ . На осях откладывают размеры, взятые из прямоугольной проекции. Радиусом описанной окружности от точки  $O$ , начала аксонометрических осей, на оси  $O_1X_1$  откладывают две точки  $1_1$  и  $4_1$ , на оси  $O_1Y_1$  – отрезки  $O_1M_1$  и  $O_1N_1$ . Через полученные точки проводят прямые, параллельные оси  $O_1X_1$  (стороны шестиугольника). На которых откладывают отрезки  $2_13_1$  и  $5_16_1$ . Получаем точки  $2_13_1$  и  $5_16_1$ . Соединив эти точки, получим шестиугольник в изометрической проекции (рис. 124).

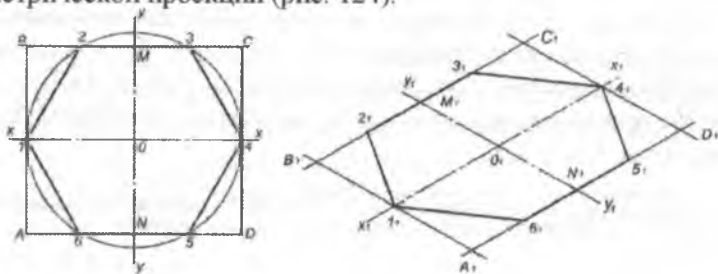


Рис. 124

Если рассматривать шестиугольник в изометрической проекции как основание, несложно построить геометрическое тело – шестиугольную призму в изометрической проекции (рис. 125).

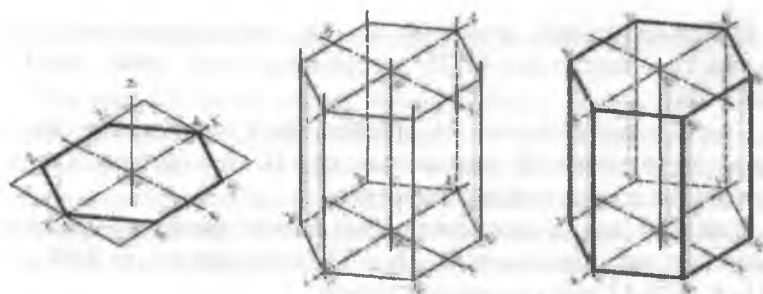


Рис. 125

Плоские фигуры и геометрические тела можно спроецировать на три плоскости проекции **H, V, W**: при этом желательно, чтобы оси симметрии плоской фигуры и ребра геометрического тела расположены были параллельно осям проекций (рис. 126).

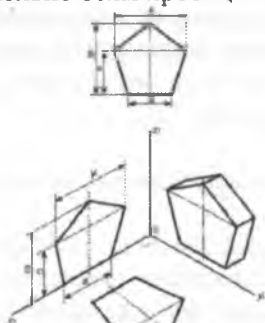
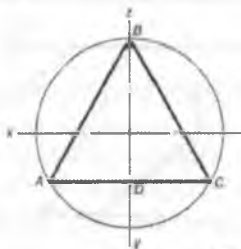


Рис. 126

### 10.3.2. Диметрические прямоугольные проекции

Правильный треугольник, вписанный в окружность, принят за основание треугольной призмы (рис. 127, а).

а)



б)

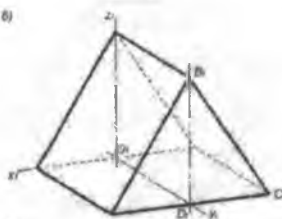


Рис. 127

В прямоугольной диметрии ось  $O_x$  расположена под углом  $7^\circ 10'$ ; ось  $O_y$  – под углом  $41^\circ 25'$  к горизонтальной линии, ось  $O_z$  – вертикально.

Сторона треугольника  $AC$  должна быть параллельна оси  $O_x$ , высота треугольника  $BD$  параллельно оси  $O_z$ , они останутся параллельными и в прямоугольной диметрии.

Известно, длина отрезков прямых в диметрической проекции, отложенных параллельно осям  $O_x$  и  $O_z$ , сокращается до  $0,94$ , а по оси  $O_y$  – до  $0,47$  действительной длины.

Отрезки, расположенные параллельно осям  $O_x$  и  $O_z$  в диметрической проекции, принято выполнять в натуральную величину, а отрезки, расположенные параллельно оси  $O_y$ , уменьшается в два раза.

На рис. 127, б треугольник  $ABC$  – основание призмы, построенной в диметрической проекции, параллелен плоскости проекции  $V$ . Построив ребра призмы параллельно оси  $O_1 Y_1$ , уменьшив их при этом в два раза, отложим длину призмы и построим второе основание параллельно первому.

### 10.3.3. Фронтальные косоугольные диметрические проекции

Прямоугольные проекции вида спереди, расположенные параллельно фронтальной плоскости проекций, в косоугольной фронтальной диметрии строятся без искажения. На рис. 128 основание шестиугольной призмы – параллельный шестиугольник с точками  $1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1, 6_1$  – изображено без искажения формы и размеров.

На рис. 129 показан шестиугольник во фронтальной косоугольной диметрии, построенный с помощью параллелограмма. Стороны параллелограмма, параллельные оси  $O_1 Y_1$ , уменьшены в два раза, уменьшилась и высота шестиугольника. Стороны шестиугольника, параллельные оси  $O_1 X_1$ , имеют истинную величину.

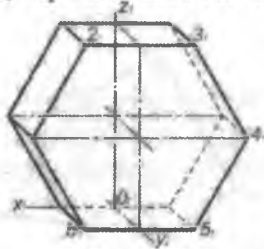


Рис. 128

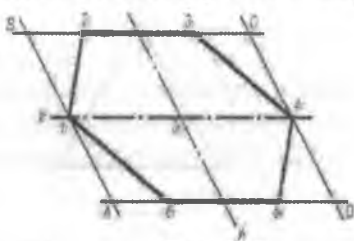


Рис. 129

## 10.4. Изображение тел в аксонометрических проекциях

На рис. 130 изображены геометрические тела в аксонометрических проекциях. Основанием любого многогранника являются плоская фигура. Для построения геометрического тела надо из вершин многоугольника провести перпендикуляры и отложить высоту многогранника. Полученные точки (вершины) второго основания и соответственно параллельные сторонам нижнего основания.

Для построения пирамиды необходимо построить ее основание – многоугольник по тем же правилам, что и основание призмы. Пирамида имеет одно основание и вершину, для определения которой из центра пересечения аксонометрических осей или диагоналей проводится перпендикуляр к основанию и откладывается на нем высота. Точки основания соединить с вершиной пирамиды.

На рис. 130 построены треугольная и пятиугольная призмы во фронтальной косоугольной диметрии. В треугольнике и пятиугольнике оси  $O_1 Y_1$  проведена под углом  $45^\circ$  к горизонтальной линии.

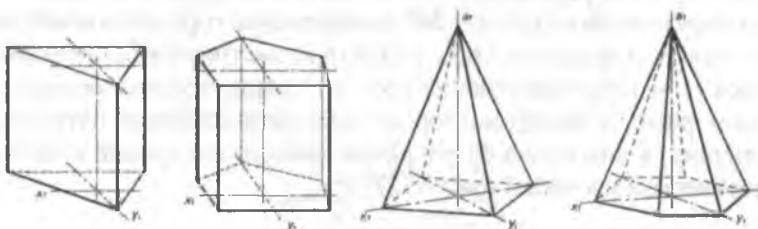


Рис. 130

Четырехугольная и шестиугольная пирамиды построены в прямоугольной диметрии. Ось  $O_1 X_1$  построена под углом  $7^\circ 10'$ , ось  $O_1 Y_1$  – под углом  $41^\circ 25'$  относительно горизонтальной линии. Размеры предмета по оси  $O_1 Y_1$  в названных проекциях уменьшаются в два раза.

## 10.5. Прямоугольные изометрические проекции окружности

К телам вращения относятся цилиндр, конус, шар, тор. Основанием цилиндра и конуса является круг, в аксонометрических проекциях – эллипс. Шар проецируется кругом. Для наглядности изображения шара вписывают овалы, заменяющие эллипсы. Овал, гори-

горизонтальной плоскости проекций, - экватор; параллельный вертикальным плоскостям проекций меридиан.

Цилиндр и конус, если их оси вращения расположены вертикально, предпочтительно строить в прямоугольной изометрии (рис. 131).

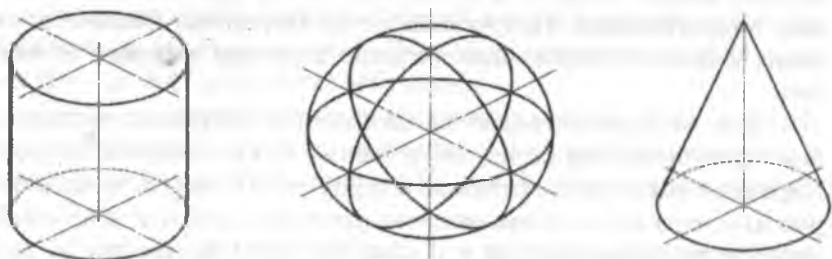


Рис. 131

Окружность, вписанная в квадрат, коснется сторон квадрата в четырех противоположащих точках — оси квадрата совпадут с центровыми линиями окружности. Сместив оси квадрата и центровые линии окружности под углом  $30^\circ$  относительно горизонтальной линии получим оси проекции  $O_1X_1$  и  $O_1Y_1$  в изометрической проекции. Из точки  $O$ , центра пересечения осей, отложим стороны квадрата, получим ромб, в котором стороны квадрата сохраняют натуральную величину, а диагонали будут равны диагоналям граней куба в изометрической проекции (рис. 132).

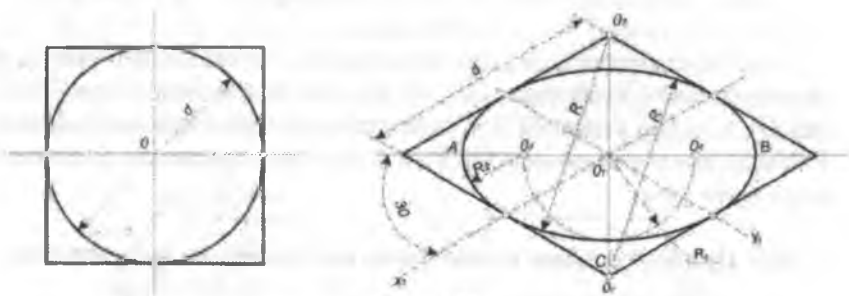


Рис. 132

На большой диагонали ромба от центра точки  $O$  симметрично отложим большую ось овала  $AB$ , равную  $1,22 d$ , на малой диаго-

нали ромба отложим малую ось овала  $CD$ , равную  $0,7d$ . Проводя окружность из точки  $O$  радиусом  $R_1$ , получаем точки  $O_2$  и  $O_4$ . из  $O_1$  и  $O_2$  провести большие дуги овала:  $R=O_1$ ;  $D=O_2C$ ;  $R_1=O_1C=O_2=O_4$ ;  $=O_3A=O_4B$  (рис. 132).

Построенный овал может быть основанием цилиндра, конуса, экватором или меридианам шара (рис. 131).

Овал можно построить с помощью окружности, диаметр которого должен быть равен большой оси овала –  $1,22 d$ . Малая ось откладывается на перпендикулярном диаметре и равна  $0,7d$ . Если сравним овалы, построенные в ромбе и в окружности, расположенные в горизонтальной плоскости  $H$ , то увидим, что они аналогичны.

Познакомившись с построением овала, вписанного в горизонтальную плоскость, рассмотрим теперь построение овалов в плоскостях проекций фронтальной  $V$  и профильной  $W$  с помощью окружности (рис. 133).

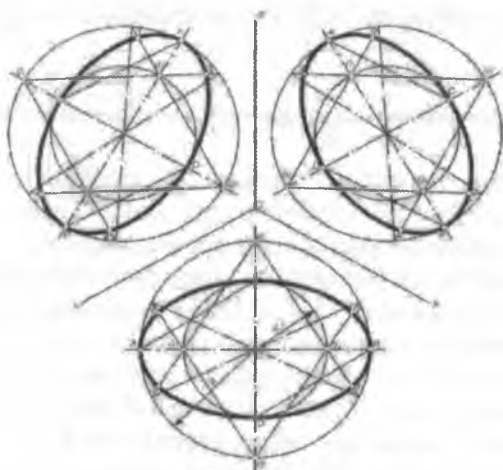


Рис. 133

Как видно из рисунка, все три овала одинаковы. Разница лишь в расположена осей (рис. 134).

Если окружность расположена в плоскости проекции фронтальной  $V$ , то большая ось овала будет перпендикулярна оси  $O_1U_1$ , наклонена в правую сторону и составит с горизонтальной линией угол  $60^\circ$ .

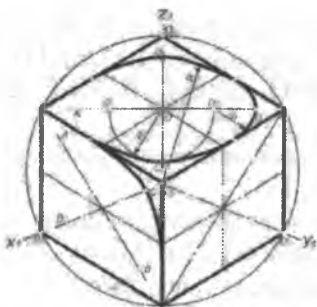


Рис. 134

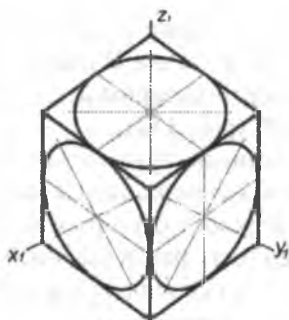


Рис. 135

Если окружность расположена в плоскости проекции профильной  $W$ , то большая ось овала будет перпендикулярна оси  $O_1X_1$ , наклонена в левую сторону и составит с горизонтальной линией угол  $60^\circ$ .

На рис. 135 изображен куб  $CO$  выписанными в его грани окружностями.

## 10.6. Прямоугольная диметрическая проекция окружности

Диметрические проекции окружности изображаются эллипсами. На рис. 136 показана построение овала, заменяющего эллипс, расположенного в плоскости проекции фронтальной  $V$ .

Стороны параллелограмма равны диаметру вписываемой окружности и параллельны осям  $O_1X_1$  и  $O_1Z_1$ . Делением сторон параллелограмма линиями на равные части получим точки 1, 2, 3, 4.

По направлению диагоналей параллелограмма лежат оси овала: на большой диагонали – большая ось овала  $AB$ , равная  $1,06 d$ , по малой диагонали – малая ось овала, равная  $0,95 d$ .

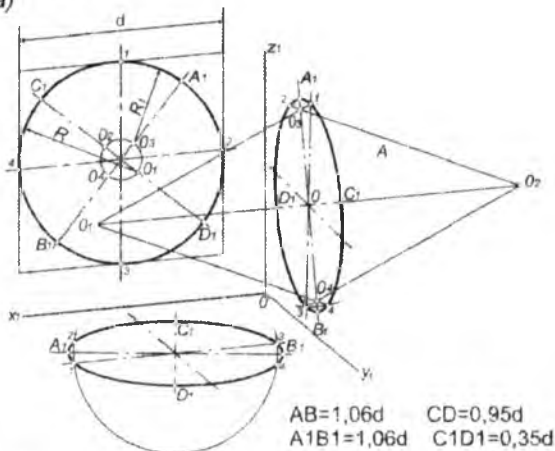
Из центра пересечения осей проводим окружность диаметром  $0,2 d$ . Пересечение малой окружности диагонали параллелограмма дадут центры сопряжения точек  $O_1, O_2, O_3, O_4$ . Из центров  $O_1$  и  $O_2$  радиусом  $R$  провести дуги, соединяющие точки 1 и 4, 2 и 3. а из центров  $O_2$  и  $O_4$  радиусом  $R_1$  провести дуги, соединяющие точки 1 и 2, 3 и 4.

На рис 136, а, б показано построение овала, расположенного в плоскости проекции профильной  $W$ .

Большая ось овала  $A_1B_1$  проведена через центр параллелограмма под углом  $7^\circ 10'$  относительно оси  $O_1Z_1$  и равна  $1,06d$ . малая ось

$C_1D_1$  проведена перпендикулярно большой оси и равна  $0,35d$ , на продолжении малой оси  $C_1D_1$  на расстоянии от точки  $C_1$ , равном  $A_1B_1+C_1D_1$ , отмечен центр овала  $O_1$ ; центр  $O_2$  симметричен центру  $O_1$ . На большой оси  $A_1B_1$  на расстоянии, равном  $1/4$   $CD$  ( $0,09d$ ), от точек  $A_1$  и  $B_1$  отмечены центр овала  $O_3$  и  $O_4$ , также центры  $O_3$  и  $O_4$  можно определить и построением. Из центров  $O_1$  и  $O_2$  проведены лучи через центры  $O_3$  и  $O_4$ . Из центров  $O_1$  и  $O_2$  радиусом  $R=A_1B_1+C_1D_1$  проведены большие дуги овала между дугами, исходящими из этих же центров, а из центров  $O_3$  и  $O_4$  радиусом  $r=O_3A_1$  проведены малые дуги.

а)



б)

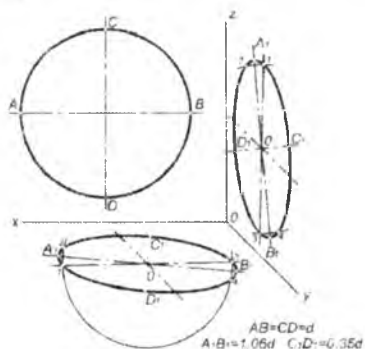


Рис. 136

Построение овала в плоскости проекции горизонтальной **H** подобно построению овала в плоскости проекции профильной **W**. При этом большая ось овала расположена горизонтально.

На рис. 137 изображен куб в прямоугольной диметрии со вписанными в его грани окружностями, параллельными плоскостям проекции **H**, **V**, **W**.

### 10.7. Фронтальная диметрическая проекция окружности

Фронтальная диметрическая проекция окружности, расположенная в плоскости проекции фронтальной **V**, вписывается окружностью без искажения, а окружности, лежащие в плоскости проекции горизонтальной **H** и плоскости проекций профильной **W** - овалами. Большая ось овала равна  $1,06d$ , малая ось овала –  $0,35 d$ .

Большие оси в горизонтальной и профильной плоскостях проекции строятся относительно осей куба под углом  $7^\circ 10'$  (рис. 136, б). Радиусы больших дуг равны.  $A_1 B_1 + OC_1$ , радиусы малых дуг –  $1/4 c_1 D_1$ . Остальное построение овалов, вписанных в грани куба во фронтальной диметрической проекции, аналогично прямоугольной диметрической проекции. На рис. 138 построен куб во фронтальной диметрической проекции со вписанными в его грани окружностями.

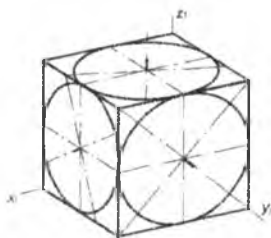


Рис. 137

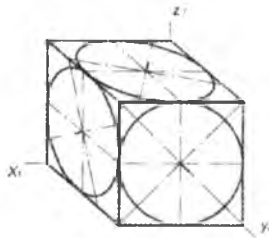


Рис. 138

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое аксонометрия?
2. Какие виды аксонометрии вы знаете?
3. Как располагаются оси прямоугольной изометрии? Чему равны натуральные и приведенные показатели в прямоугольной изометрии?

4. Каков масштаб изображения в стандартной прямоугольной изометрии?

5. Как располагаются оси прямоугольной диметрии? Чему равны натуральные и приведенные коэффициенты искажения в прямоугольной диметрии?

6. Каков масштаб изображения в стандартной прямоугольной диметрии?

7. Как построить изометрию окружности, расположенную во фронтальной проецирующей плоскости?

8. Чему равны большая и малая оси овала в прямоугольной изометрии?

9. Чему равны большая и малая оси овала в прямоугольной диметрии?

## ГЛАВА XI. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

### 11.1. Прямоугольные проекции призмы

**Призмой** называется многогранник, у которого две грани – равные многоугольники с соответственно параллельными сторонами, и все остальные грани – параллелограммы.

Призмы разделяются на **правильные**, основание которых правильные многоугольники и **неправильные**, основание которых разностороннее многоугольники, **прямые** (рис. 139, а) и **наклонные** (рис. 139, б).

Чтобы спроецировать любое геометрическое тело в прямоугольных проекциях, когда выбрать его положение так, чтобы его проекции наиболее наглядно раскрывали его форму.



Рис. 139

Наиболее наглядное изображение правильной шестиугольной призмы представлена рис. 140.

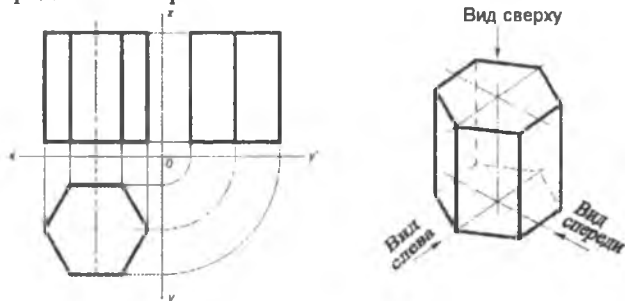


Рис. 140

В прямоугольном проецировании шестиугольной призмы только две грани параллельны плоскости фронтальной  $V$ , остальные четыре грани наклонены, следовательно, проецируются искаженными.

Относительно плоскости проекции профильной  $W$  эти же грани также наклонны, а две грани перпендикулярны. На плоскость проекции горизонтальной  $H$  в натуральную величину проецируется верхнее и нижнее основания в виде правильного шестиугольника. Наиболее характерном видом спереди будет положение шестиугольной призмы (гайка, головки болта и других шестигранных деталей), когда две грани расположены параллельно плоскости проекции фронтальной  $V$ .

Прямоугольное проецирование правильной шестиугольной призмы начинается на горизонтальной плоскости проекции  $H$ . Проводится окружность, делится на шесть равных частей, вписывается правильный шестиугольник. Из точек основания шестиугольника проводится перпендикуляры к плоскости проекции горизонтальной  $H$  и на плоскости проекции фронтальной и плоскости проекций профильной  $W$  откладывается заданная высота призмы. Соединяя концевые точки на фронтальной и профильной проекциях параллельно осям  $XU$ , получаем нижнее и верхнее основания призмы (рис. 140).

## 11.2. Прямоугольные проекции пирамиды

**Пирамидой** называют многогранник, у которого одна грань – основание – является многоугольником, а все боковые грани – треугольники, сходящиеся своими вершинами в одной точке  $S$ , называемой вершиной пирамиды (рис. 141).

У правильной пирамиды основание – правильный многоугольник, а боковые грани – равнобедренные треугольники, равные между собой. Высота пирамиды измеряется перпендикуляром, проведенным из вершины на основание.

Проецирование правильной четырехугольной пирамиды несколько своеобразно. В натуральную величину, как показано на рис. 141, проецируются основание на плоскость проекции горизонтальной  $H$ , высота плоскость проекций фронтальной  $V$  и плоскость проекций профильной  $W$ . Два крайних ребра на плоскость  $V$  и крайние ребра на плоскость  $W$  проецируются в натуральную вели-

чину. Противоположенные ребра на фронтальной и профильной плоскостях проекций проецируются искаженно.

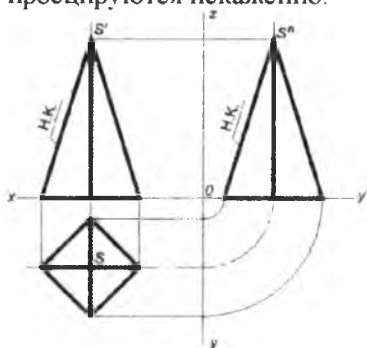


Рис. 141

### 11.3. Развертка поверхности многогранника

Разверткой поверхности многогранника называют плоскую фигуру, полученную путем совмещения с плоскостью чертежа всех граней многоугольника в той последовательности, в которой они расположены в многограннике.

Чтобы выполнить развертку пирамиды (рис. 141), измеряется натуральная величина ребра: радиусом  $R$ , равным длине ребра, проводится дуга окружности; на дуге откладываются стороны основания; соединяются точки 1, 2, 3, 4 между собой и точкой  $S$  прямыми линиями; к одной из хорд пристраивается фигура основания (рис. 142).



Рис. 142

Линия сгиба на разертках изображается штрих пунктирной с двумя точками линией, толщиной от  $S/3$  до  $S/2$ .

## 11.4. Прямоугольные проекции цилиндра

**Цилиндр** – геометрическое тело, образованное вращением прямоугольника вокруг одной из его сторон. Если за ось вращения взять сторону **АВ** прямоугольника **АВСД**, то противоположная ей сторона **ДС** будет образовывать боковую цилиндрическую поверхность, а стороны **ВС** и **АД** прямоугольника – круги – основания цилиндра (рис. 143).

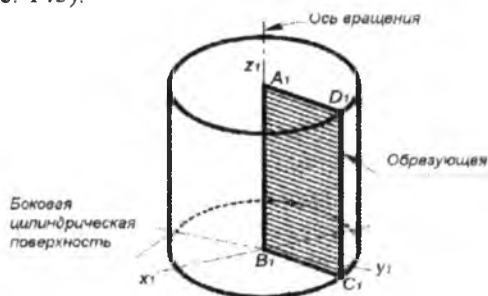


Рис. 143

Комплексный чертёж прямого кругового цилиндра имеет сходство с проекциями четырёхугольной призмы, в которой основание расположено параллельно плоскости проекции **Н**. Отличаются они видом сверху. В цилиндре вид сверху – круг, в призме – квадрат (рис. 144).

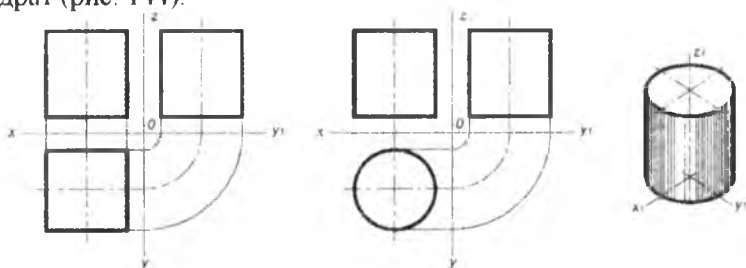


Рис. 144

При выполнении чертежей, особенно при их чтении, следует сопоставлять проекции между собой, чтобы не ошибиться в правильности форм изображенного тела.

Во многих геометрических телах фронтальная проекция имеет сходство с профильной, а в телах вращения две проекции идентичны. Поэтому в инженерной графике тела вращения часто изображаются в двух и даже в одной проекции, если на их поверхностях нет никаких дополнительных элементов: срезов, отверстий, пазов.

### 11.5. Прямоугольные проекции конуса

**Конусом** – называют геометрическое тело, образованное вращением прямоугольного треугольника вокруг оси. За ось вращения принят один из катетов, второй катет опишет часть плоскости в форме круга – основание конуса, а гипотенуза – образующая конуса, опишет боковую коническую поверхность (рис. 145).

В прямоугольном проецировании конуса основание простирается в виде круга на плоскость проекции **Н** в том случае, если оно параллельно этой плоскости, высота и очерковые образующие тогда будут параллельны плоскостям проекции **V** и **W** и проецируются на эти плоскости проекции в натуральную величину (рис. 146).



Рис. 145

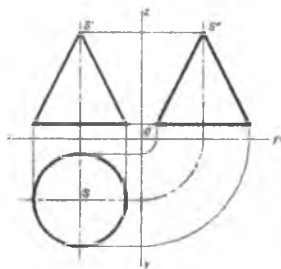


Рис. 146

### 11.6. Развертка поверхности конуса

Разверткой поверхности прямого кругового конуса называют плоскую фигуру, состоящую из кругового сектора и круга, диаметр которого равен диаметру окружности основания. Радиусом сектора является очерковая образующая конуса, длина дуги равна длине окружности основания конуса.

Угол сектора развертки конуса  $\alpha = \frac{360 \cdot R}{L}$ , где  $R$  – радиус окружности основания конуса;  $L$  – образующая конуса (рис. 147).

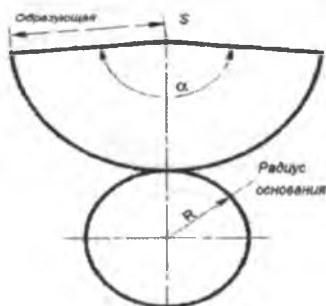


Рис. 147

### 11.7. Прямоугольные проекции шара

**Шаром** называют геометрическое тела, полученное вращением полукруга вокруг диаметра, а поверхность, образуемая при этом полукругностью, называется шаровой и сферической (рис. 148).

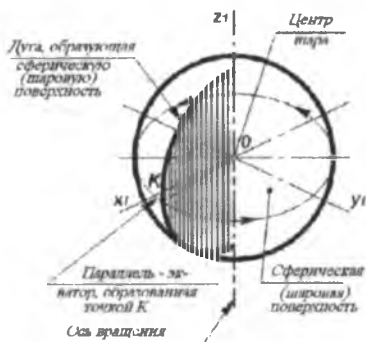


Рис. 148

Любая проекция шара является кругом. Проекция на плоскости проекции  $H$  является проекцией экватора, проекциями на плоскостях проекции  $V$  и  $W$  будут проекции меридианов.

## 11.8. Прямоугольные проекции тора

**Тор** – поверхность, образованная вращением окружности вокруг оси, расположенной в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр. Если ось вращения не пересекает окружность, то тор называют кольцом (рис. 149).

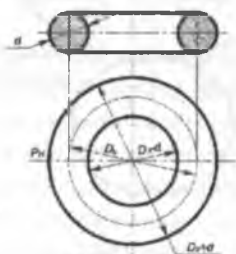


Рис. 149

На рисунке:  $d$  - диаметр сечения кольца;  $D_{\text{ц}}$  - диаметр окружности центров образующих окружностей;  $D_{\text{ц}}+d$  - внешний диаметр тора;  $D_{\text{ц}}-d$  - внутренний диаметр тора (отверстия кольца).

## 11.9. Проекция точек и отрезков прямых на поверхности геометрических тел

Познакомившись с прямоугольными проекциями геометрических тел, следует помнить, что на их поверхностях могут быть даны точки, отрезки прямых и ломаных линий. Если точки или отрезок даны на одной проекции, их надо уметь спроецировать на остальные плоскости проекций и на аксонометрическую плоскость.

Чтобы спроецировать пятиугольную призму, необходимо на плоскости проекции  $H$  построить окружность, разделить ее на пять равных частей так, чтобы грань 1 расположилась параллельно плоскости проекции фронтальной  $V$ , грань 2 была наклонена к плоскостям проекции  $V$  и  $W$ . Основание 3 на горизонтальной плоскости в этом случае проецируется пятиугольником в натуральную величину, а на плоскостях проекции  $V$  и  $W$  – прямыми линиями. На верхнем основании призмы дана точка  $A$ . Чтобы спроецировать ее на плоскость проекции  $V$ , достаточно провести перпендикуляр до пересечения с проекцией верхнего основания. В точке пересечения

получим проекцию  $a^1$  точки **A** на фронтальной проекции. Чтобы спроецировать точку **A** на профильную плоскость, на точки  $a$  – горизонтальной проекции проводим прямую, параллельную оси  $O_x$  до пересечения с осью  $O_y$ . Из точки  $O$  радиусом  $O_{ay}$  переносим на ось  $U_1$  и проводим перпендикуляр до пересечения с проекцией верхнего основания призмы. Получим проекцию  $a$  точки **A** на профильной плоскости.

Точка **C** задана на фронтальной проекции. Чтобы определить ее горизонтальную проекцию, проводим перпендикуляр от точки **C** до пересечения с проекцией соответствующей грани. Получим точку **C**.

Точка **B** также дана на фронтальной проекции. Проведем перпендикуляр из точки  $b^1$  до пересечения с горизонтальной проекцией фронтальной грани призмы. Получим точку  $b$  – горизонтальную проекцию точки **B**. Как получить проекции точек **C** и **B** на профильной проекции, показано линиями проекционной связи (рис. 150).

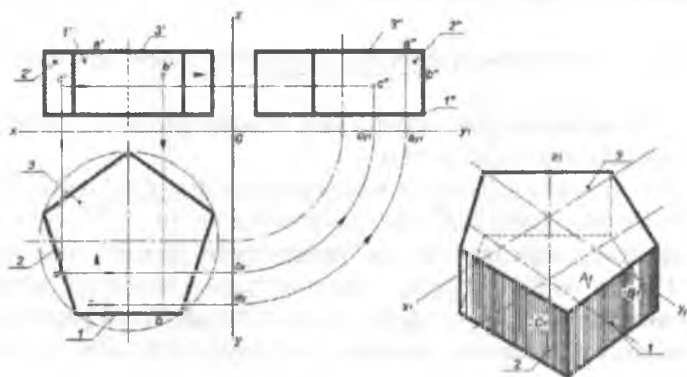


Рис. 150

Точки, отрезки прямых и ломанных линий, изображенные на боковых поверхностях призмы или цилиндра, на горизонтальной проекции совпадут с линиями основания.

Если точки и отрезки прямых спроецированы на фронтальной проекции видимыми, на горизонтальной проекции они спроецируются на ближней по отношению к наблюдателю нижней части основания (рис. 150).

Если на фронтальной проекции данные элементы невидимы, то на горизонтальной проекции они спроецируются на дальней по

отношению к наблюдателю части основания. Невидимые точки заключают в скобки (рис. 151).

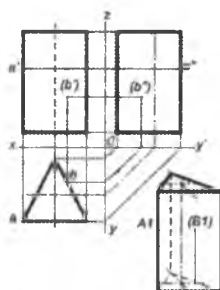


Рис. 151

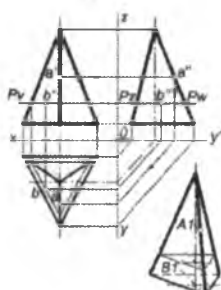


Рис. 152

Если точки или отрезки прямых на горизонтальной проекции расположены с левой стороны линии симметрии, то на профильной проекции они будут невидимыми (рис. 152).

### 11.10. Аксонометрические проекции геометрических тел

Вид аксонометрии отбирается в зависимости от формы геометрического тела или детали.

Пятиугольная призма в изометрической проекции представляется более наглядно, как она изображена на рис. 150. Для проецирования точек или прямых на поверхности призмы или цилиндра (рис. 153) за основу берется горизонтальная проекция: измеряется расстояние от осей  $O_x$  и  $O_y$  до нужных точек, и это расстояние откладывается на нижнем основании аксонометрической проекции.

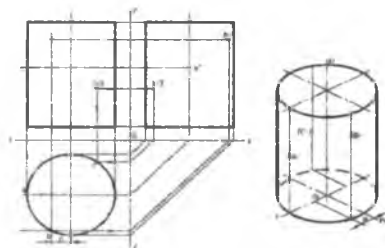


Рис. 153

Проводятся прямые, параллельные соответствующим осям, до пересечения с овалом основания; из точек пересечения проводится перпендикуляры к основанию и на них откладывается высота нужной точки, измеренная по комплексному чертежу.

Точки и отрезки прямых на аксонометрических проекциях обозначаются прописными ( заглавными ) буквами.

Определение проекций точек, отрезков прямых или кривых, лежащих на поверхности геометрических тел:

**Способ вспомогательной прямой.** Через вершину  $S^1$  пятиугольной пирамиды и заданную точку  $b^1$  фронтальной проекции проведена прямая  $S^1 m^1$  до пересечения с соответствующей стороной основания ( рис. 154).

Спроецировав прямую  $S^1 m^1$  на горизонтальную проекцию, получим прямую  $S m$ . Если из точки  $b^1$  проведем перпендикуляр на горизонтальную проекцию до пересечения с прямой  $S m$ , то получим проекцию точки  $b$ . На профильной проекции пирамиды она будет невидимой.

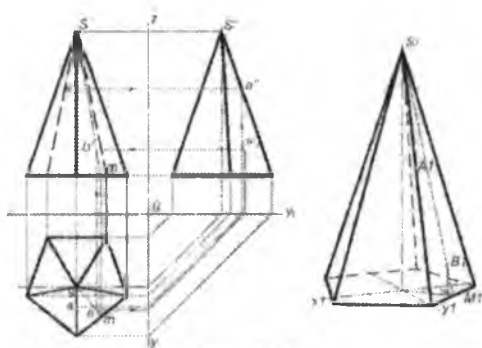


Рис. 154

**Способ вспомогательных секущих плоскостей.** На рис. 155, точки  $a^1$ ,  $b^1$ ,  $c^1$ ,  $d^1$  фронтальной проекции даны на основании пирамиды,

Способом секущих плоскостей определена горизонтальная проекция точки 3. При сечении пирамиды, плоскостью  $P_v$ , проходящей через точку  $3^1$  параллельно основанию, получили новое, подобное основание, построенное с помощью точки  $n^1$ , где след секущей плоскости пересекается с ребром пирамиды. Проведенный перпендикуляр до пересечения с диагональю горизонтальной про-

екции определит размер нового основания, построенного точкой сплошной линией. Точка 3 лежит на пересечении перпендикуляра, проведенного до пересечения с новым основанием из точки 3', фронтальной проекции.

Точка 1' спроецирована на соответствующее ребро горизонтальной проекции пирамиды.

Точка 2 спроецирована с помощью вспомогательной прямой  $S^1 m^1$ .

Аксонометрия пирамиды построена в косоугольной фронтальной диаметрии (рис. 156).

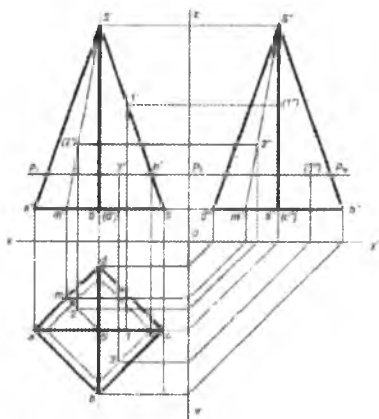


Рис. 155

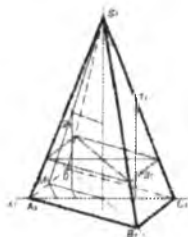


Рис. 156

Точки  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$ ,  $D_1$  – на основании пирамиды. Точка  $3_1$  в плоскости сечения пирамиды. Точка  $1_1$  спроецирована с помощью проведенного перпендикуляра от оси  $O_1X_1$  – основания до пересечения с ребром  $S_1 C_1$ . Точка  $2_1$  – на пересечения проведенного перпендикуляра от вспомогательной прямой  $S_1 M_1$ . Таким образом, все точки, спроецированные на виде спереди, нашли свое место на аксонометрической проекции пирамиды.

На ребре вида спереди треугольной пирамиды (рис. 152) спроецирована точка  $A$ . Чтобы спроецировать точку  $A$  на другие две проекции, надо точку  $a^1$  фронтальной проекции спроецировать на ребро профильной проекции. Получим точку  $a''$ . По двум проекциям точки  $a^1$  и  $a''$  легко определить третью проекцию точки  $a$  на горизонтальной проекции.

Способ вспомогательных секущих плоскостей наиболее распространенный. Им можно пользоваться во всех случаях при нахождении точек или отрезков прямых на поверхностях тел как многогранников, так и тел вращения. Его называют общим способом.

На поверхности конуса (рис. 157) для проецирования точек использован метод сечения и дополнительной образующей.

На рис. 158 спроецирован шар в прямоугольной и аксонометрической проекциях. На поверхности шара спроецирована ломаная кривая линия  $ABC$ .

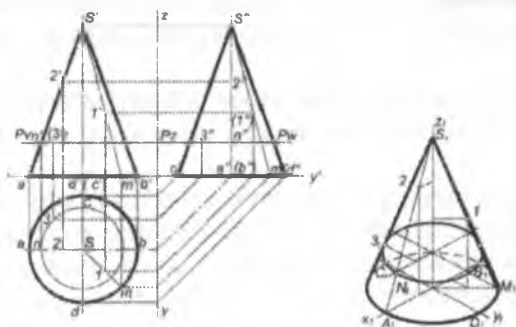


Рис. 157

Для определения горизонтальных и профильных проекций точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , а следовательно, и всей кривой, применен способ секущих плоскостей. Секущая плоскость  $P$  параллельна плоскости проекции профильной и проходит через точки  $B$  и  $C$ .

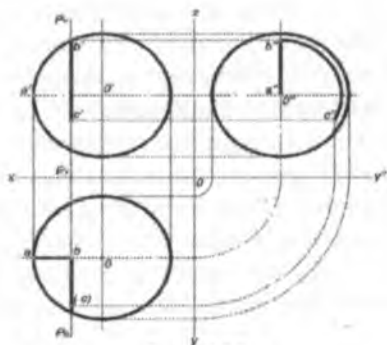


Рис. 158

## Вопросы для самопроверки

1. Как образуется гранные поверхности?
2. Что в себя включает определитель пирамиды?
3. Что в себя включает определитель призмы?
4. Как образуется коническая и цилиндрическая поверхности?
5. Какие вы знаете поверхности вращения?
6. Какую поверхность называют тором?
7. Какие линии характерны для поверхностей вращения?
8. Как на комплексном чертеже построить недостающие проекции заданной точки?

---

## ГЛАВА XII. СЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЬЮ

Сечением называют плоскую фигуру, полученную в результате пересечения тела плоскостью. При пересечении плоскостью многогранника в сечении получается многоугольник т.е. замкнутая ломаная линия.

При пересечении тел вращения фигура сечения ограничена кривой линией в виде эллипса, окружности, параболы, гиперболы и др.

В инженерной графике часто встречаются детали со срезами, скосами, которые по своим графическим построениям похожи на сечения.

Для раскроя листового материала приходится выполнять построение разверток поверхностей усеченных деталей. Это кожухи, ограждения станков, машин, бункера, воздухопроводы и т.д. для большей наглядности усеченные детали изображаются в аксонометрических проекциях.

Комплексный чертеж, сечения тела плоскостью и его развертка выполняются в такой последовательности:

- проецирование геометрического тела на три плоскости проекций;

- сечение тела проецирующей плоскостью;
- определение истинной величины фигуры сечения;
- построение аксонометрии усеченного тела;
- построение развертки поверхности усеченного тела.

В инженерной графике применяется три вида сечения тела:

- горизонтально проецирующей плоскостью (рис. 159)
- фронтально проецирующей плоскостью (160)
- плоскостью общего положения (рис. 161)

Познакомившись со всеми способами сечения призмы, в дальнейшем будем пользоваться чаще фронтально проецирующей и горизонтально проецирующей плоскостями.

Плоскость общего положения используется крайне редко.

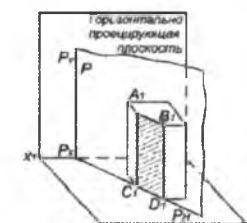


Рис. 159

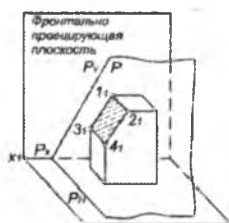


Рис. 160

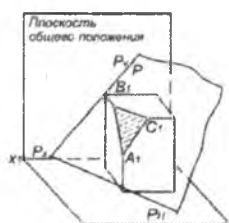
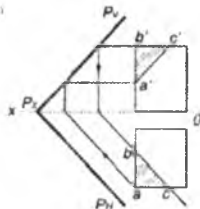
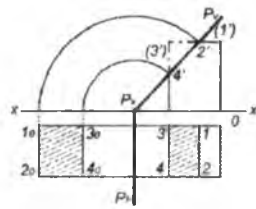
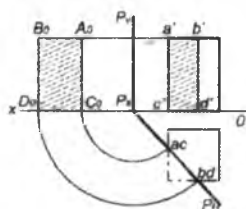


Рис. 161



## 12.1. Сечение пирамиды

На рис. 162 дан по этапный чертеж – сечение треугольной пирамиды фронтально проецирующей плоскостью  $P$ . Это наиболее наглядный способ для самостоятельной работы студентов. Он состоит из шести этапов:

- построить прямоугольную проекцию геометрического тела;
- нахождение опорных точек фигуры сечения.

На фронтальной проекции точки  $1^1, 2^1, 3^1$  лежат в пересечении следа плоскости  $D$  с ребрами пирамиды.

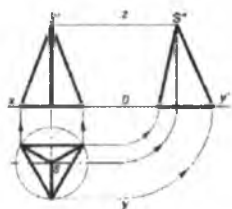
Горизонтальные проекции точек  $1, 2, 3$  находятся в пересечении линий проекционной связи, проведенных из точек  $1^1, 2^1, 3^1$  фронтальной проекции с горизонтальными проекциями соответствующих ребер. На профильной проекции точки  $1'', 2'', 3''$  лежат на пересечении линий проекционной связи с ребрами пирамиды профильной.

- определив характерные точки фигуры сечения, точки соединить, а полученные фигуры сечения заштриховать под углом  $45^\circ$ ;
- натуральная величина фигуры сечения определена способом совмещения, точки  $1_0, 2_0, 3_0$  лежат на пересечении линий проекционной связи фронтальной и горизонтальной проекций.

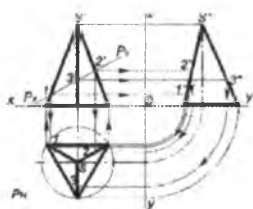
- для построения развертки необходимо определить натуральную величину ребра пирамиды; стороны основания пирамиды проецируются на плоскость проекции **Н** без искажения, так как она параллельна плоскости **Н**; ребра пирамиды наклонены ко всем плоскостям проекций, значит они искажены.

Способом вращения, как показано на рис. 162, d определена натуральная величина ребра. Далее строится развертка. Из произвольно взятой точки проводится дуга радиусом, равным натуральной величине ребра пирамиды. На дуге откладываются три хорды, равные длине стороны основания. Полученные точки основания соединяются и, в свою очередь, точки основания соединяются с вершиной пирамиды точкой **S**, толщина линии сгиба **S/3**, штрихпунктирная с двумя точками.

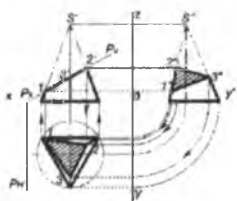
а) Прямоугольная проекция геометрического тела



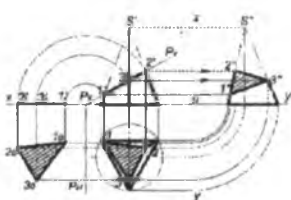
б) Нахождение опорных (характерных) точек



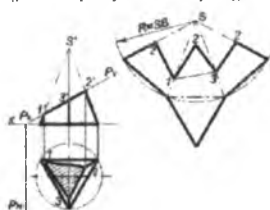
в) Сечение геометрического тела



г) Нахождение натуральной величины фигуры сечения



д) Развертка усеченной пирамиды



е) Построение изометрии усеченной пирамиды

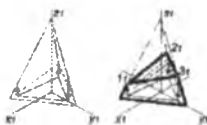


Рис. 162

На проекциях баковых ребер отложить величину ребер усеченной пирамиды, получим ломаную линию. К этой ломаной линии пристраивается натуральная величина фигуры сечения, а к ломанной линии основания построить правильной треугольник, т.е. основание пирамиды. Получилась полная развертка поверхности усеченной пирамиды.

- аксонометрия строится в изометрической проекции. Сначала строится основание пирамиды и на нем – фигура сечения в горизонтальной проекции. Из центра пересечения осей проводится перпендикуляр и нам откладывается высота пирамиды. Точки основания соединяются с вершиной  $S_1$ , а из точек фигуры сечения проводится перпендикуляры до пересечения с соответствующими ребрами, получаем точки пересечения ребер с проецирующей плоскостью  $1_1, 2_1, 3_1$ . соединяя их, получим усеченную пирамиду. Плоскость сечения заштриховать (рис. 162, е).

## 12.2. Сечение цилиндра

Прямой круговой цилиндр имеет три вида сечения:

- секущая плоскость расположена перпендикулярно оси цилиндра – в сечении круг;
- секущая плоскость расположена параллельно оси – в сечении прямоугольник;
- секущая плоскость наклонена к оси – в сечении эллипс (рис. 163).

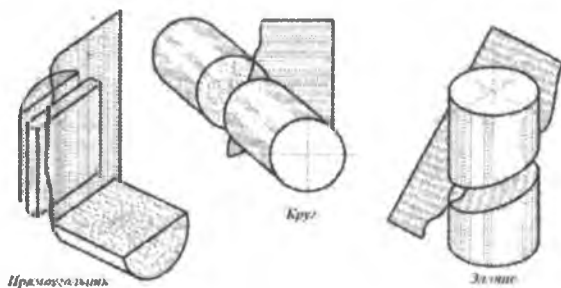


Рис. 163

Для выполнения сечения цилиндра надо построить прямоугольную проекцию цилиндра. На горизонтальной плоскости проекций цилиндр проецируется в виде круга, на фронтальной и профильной – прямоугольниками (рис. 164).

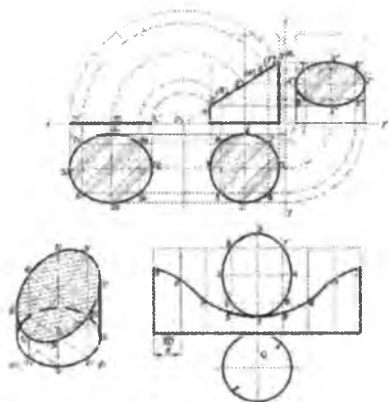


Рис. 164

Секущая плоскость  $P$  – фронтально проецирующая. Для нахождения точек, принадлежащих фигуре сечения, делим окружность, основание цилиндра на равные части, например на восемь. Из полученных точек проводим перпендикуляры к оси  $O_x$  и продолжаем до пересечения со следом  $P_v$  секущей плоскости, при этом точки деления окружности являются горизонтальными проекциями образующих цилиндра, а прямые на плоскости проекции фронтальной  $V$  их фронтальными проекциями.

Пересечение цилиндра секущей плоскостью  $P_v$  с фронтальными проекциями образующих дают фронтальные проекции точек пересечения  $1^1, 2^1$  и т.д. Эти точки принадлежат фигуре сечения – эллипсу, фронтальная проекция которого – прямая линия, совпадающая с фронтальным следом  $P$ . Горизонтальная проекция сечения сливается с горизонтальной проекцией основа цилиндра – окружностью.

По двум проекциям – горизонтальной и фронтальной, находим третью проекцию – профильную путем построения профильных проекций точек пересечения. Точки соединяем с помощью лекала. Натуральная величина фигуры сечения найдена способом совмещения.

### 12.3. Развертка поверхности усеченного цилиндра

Развертка поверхности усеченного цилиндра. Строится следующим образом: длину окружности основания  $\Pi Д$  делим на восемь частей. Из точек деления проводим прямые, параллельные

очерковым образующим, на которых откладываем отрезки, равные длине оставшихся частей образующих цилиндра, изображенных на фронтальной проекции в натуральную величину. Полученные точки 1, 2, 3 и т.д. соединяем с помощью лекала. Проводим окружность, основание цилиндра к одной из точек, например, 1 и строим фигуру сечения в натуральную величину.

Для построения аксонометрии усеченного цилиндра проводим оси аксонометрические  $O_1X_1$  и  $O_1Y_1$  и строим овал – основание цилиндра в изометрической проекции. Отмечаем точки деления окружности на равные части. Из точек деления окружности, овала проводим прямые, параллельные оси  $O_1Z_1$ , и на них откладываем отрезки, равные длине усеченных образующих, взятых с фронтальной проекции: из точки 1 откладываем отрезок  $1-1^1$ , из точки 2 – отрезок  $2-2^1$  и т.д. соединив полученные точки с помощью лекала, получим фигуру сечения – эллипс. Линии основания и фигуры сечения – эллипс. Линии основания и фигуры сечения соединить касательными.

## 12.4. Сечения конуса

В зависимости от направления секущей плоскости при пересечении поверхности прямого кругового конуса можно получить следующие виды сечения (рис. 165).

- секущая плоскость, проходящая через вершину конуса, образует в сечении треугольник;
- секущая плоскость перпендикулярна оси конуса, в сечении образует круг;
- секущая плоскость наклонена к оси конуса и пересекает все его образующие – в сечении эллипс;
- секущая плоскость параллельна какой – либо образующей конуса – в сечении парабола;
- секущая плоскость параллельна оси вращения или двум образующим конуса – в сечении гипербола;

Построение фигуры сечения на горизонтальной плоскости проекций с помощью вспомогательных секущих плоскостей. Для этого достаточно построение восьми точек, четыре из них которых являются концами большой и малой осей эллипса (рис. 166).

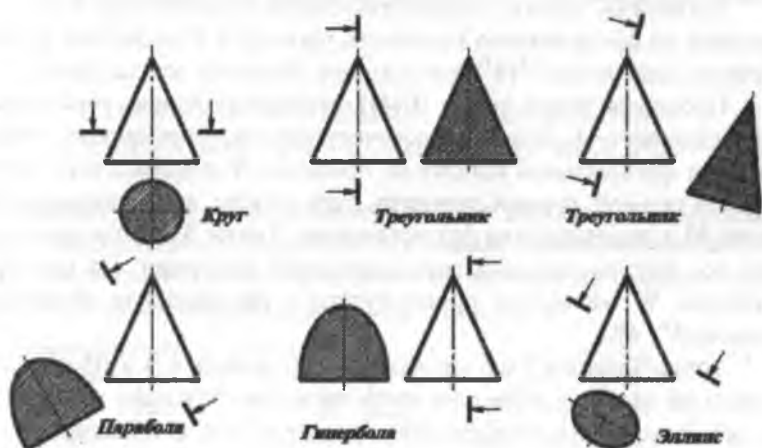


Рис. 165

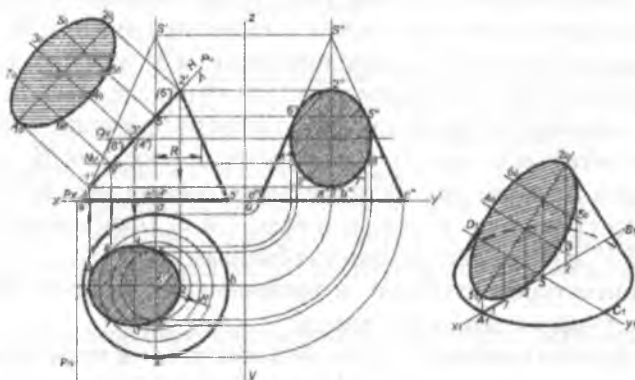


Рис. 166

Плоскость  $P$  пересекает очерковые образующие конуса  $AS$  и  $BS$  в точках 1 и 2. Прямая  $1^1 - 2^1$  на плоскости проекции  $V$  будет фронтальной проекцией большой оси эллипса и равной ее натуральной величине. Горизонтальные (1, 2) и профильные ( $1''$ ,  $2''$ ) проекции точек 1 и 2 определены с помощью линии проекционной связи на соответствующих проекциях образующих конуса  $AS$  и  $BS$ .

Малая ось эллипса перпендикулярна большой оси и делит ее пополам на фронтальную плоскость проекций  $V$  малая ось проецируется в одну точку  $3^1(4^1)$ , на середину большой оси эллипса.

Проведем через точку  $3^1(4^1)$  вспомогательную горизонтальную плоскость  $Q_v$ , которая раскроет конус по окружности. Окружность на фронтальной плоскости проекции  $V$  изобразится горизонтальной прямой, равной диаметру окружности, а на плоскости проекции  $M$  с проецируется без искажения. Точки  $3, 4$  определили малую ось фигуры сечения горизонтальной проекции. На плоскость проекции  $W$  малая ось проецируется в натуральную величину – прямую  $3'', 4''$ .

Точки эллипса  $5$  и  $6$  на образующих конуса  $CS$  и  $DS$  с проецируются на фронтальную плоскость проекции  $V$  в одну точку  $5^1(6^1)$  на ось конуса. На профильной проекции они с проецируются на очерковых образующих в точки  $5''$  и  $6''$ . Горизонтальные проекции точек  $5$  и  $6$  можно построить с помощью горизонтальной окружности или линиями проекционной связи спроецировать с плоскости  $W$  на соответствующие образующие плоскости проекции  $H$ .

Разделив расстояние между точками  $1^1$  и  $3^1$  пополам, получим еще две точки  $7^1(8^1)$ . Проведем через эти точки след секущей плоскости  $N_v$ , который на фронтальной плоскости проекции изображается горизонтальной прямой, а на плоскости проекции  $H$  – окружностью того же диаметра. Вертикальные линии связи из точек  $7^1(8^1)$  пересекут эту окружность в точках  $7$  и  $8$ . Профильные проекции точек  $7''$  и  $8''$  можно построить обычным способом.

Эллипсы горизонтальной и профильной проекций обводятся по восьми точкам с помощью лекала.

Построение сечения натуральной величины и изометрической проекции усеченного конуса показана на рис. 166.

### Вопросы для самопроверки

1. Что называется сечением поверхности?
2. Как получают линию пересечения поверхности с плоскостью?
3. Какие фигуры сечения получается при пересечения цилиндра?
4. Какие фигуры сечения получается при пересечения конуса?

## ГЛАВА XIII. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

**Линии пересечения и перехода.** При пересечении поверхностей геометрических тел образуется тонкая линия называемая линией пересечения. Такие пересечения на чертеже изображаются основной сплошной линией (рис. 167, а и рис. 168).

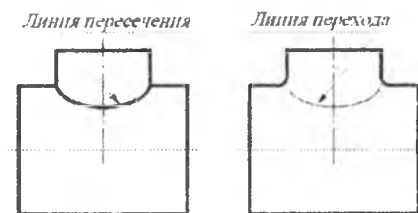


Рис. 167

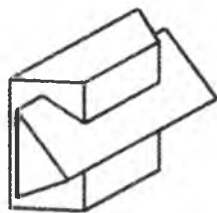


Рис. 168

При пересечении поверхностей литых и штампованных деталей не образуется линии пересечения. Воображаемые линии, необходимые для построения, называют линиями перехода и условно изображаются тонкой сплошной линией (рис. 167, б).

В инженерной графике часто встречаются детали с пересекающимися поверхностями: корпус пробкового крана, цистерны, бункера, фитинги в трубопроводах, корпуса различных механизмов.

### 13.1. Взаимное пересечение цилиндрических поверхностей

Для построения линии пересечения или линий перехода при взаимном пересечении поверхностей те определяют точки, принадлежащие этим линиям, для чего применяются способ вспомогательных секущих плоскостей и способ вспомогательных сфер.

При пересечении многогранников, многогранника с телом вращения и тел вращения с несовпадающими и непересекающимися осями применяется способ вспомогательных секущих плоскостей.

При взаимном пересечении тел вращения с совпадающими и пересекающимися осями применяется способ концентрических сфер.

**Пересечение прямой линии с поверхностями тел.** Для решения задач на построение линий пересечения поверхностей тел необходимо хорошо знать построение проекций точек, получаемых при пересечении прямой с поверхностями различных геометрических тел. При нахождении точек входа и выхода прямой АВ условно рассекаем тело вспомогательной проецирующей плоскостью Р через точку входа М и точку выхода N (рис. 169). Определив плоскость сечения геометрического тела, на пересечении полученных линий находим точки прямой  $m'n'$  фронтальной проекции,  $m$  и  $n$  на горизонтальной проекции, и на профильной проекции. Полученная фигура сечения заштрихована для наглядности.

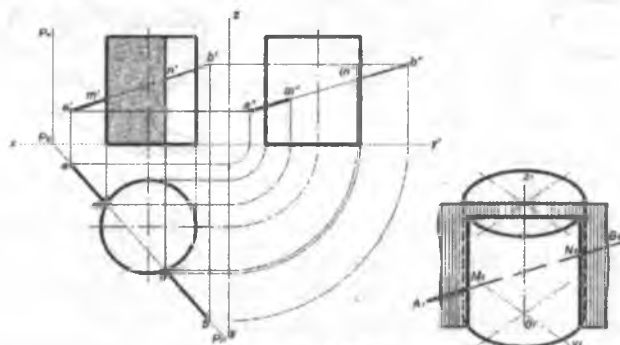


Рис. 169

На рис. 170 показано пересечение прямой с конусом и призмой.

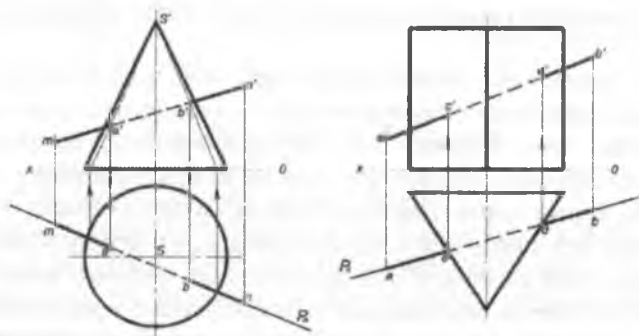


Рис. 170

### 13.2. Взаимное пересечение многогранников

**Пересечение пирамиды с призмой.** Выполняя комплексный чертеж взаимного пересечения пирамиды с призмой или пирамиды с призматическим отверстием (рис. 171), на ребре и гранях фронтальной проекции пирамиды симметрично поставили характерные точки:  $1^1$  и  $4^1$  на ребре,  $2^1$  и  $3^1$  на гранях. Соединив точки, получаем правильный треугольник.

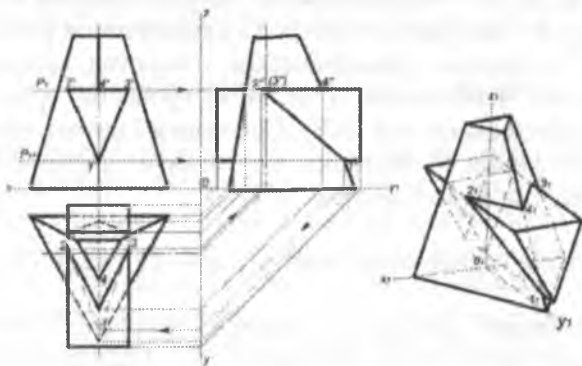


Рис. 171

Чтобы спроецировать точки на горизонтальную проекцию, надо провести след секущей плоскости  $P_v$  через точки  $2^1$ ,  $3^1$ ,  $4^1$  фронтальной проекции параллельно основанию пирамиды. Фигуру полученную в результате рассечения плоскостью  $P_v$ , спроецировать на горизонтальную плоскость, построить новое основание пирамиды, параллельно первому. На него спроецировать точки  $2^1$ ,  $3^1$ ,  $4^1$ , попавшие в след секущей плоскости. На горизонтальной проекции получим точки 2, 3, 4. Точку  $1^1$  на горизонтальную плоскость можно спроецировать двумя способами. Провести второй след секущей плоскости  $P_{v1}$  через точку  $1^1$ , построить фигуру сечения на горизонтальной плоскости и точку  $1^1$  спроецировать на горизонтальную плоскость. Можно точку  $1^1$  сначала спроецировать на профильную проекцию, на соответствующее ребро, а с профильной проекции линией связи перенести на горизонтальную плоскость проекций. Точки соединить, получим призматическое отверстие на горизонтальной проекции, т.е. линии пересечения. Точки 1, 2, 3, 4 спроецировать на профильную проекцию.

Точка 1'' проецировалась на ребро пирамиды, точки 2'', 3'', 4'' - на прямую. Соединив точки 1'', 2'', 3'', 4'' проекции, получили линии пересечения – отверстие пирамиды. Через точки образовавшегося отверстия пирамиды провести прямые, параллельные оси  $O_y1$ , - построили ребра треугольной призмы на горизонтальной и профильной проекциях.

Аксонометрия построена в прямоугольной диметрии. От оси  $O_y$  до  $P_v$  следа  $P$  отложили высоту фигуры сечения – с проецировалась точки 2<sub>1</sub>, 3<sub>1</sub>, 4<sub>1</sub>. отложим высоту второго сечения от оси  $O_1Y_1$  до плоскости  $P_v$ ; получили точку 1<sub>1</sub>. Соединив точки в порядке расположения, получили призматическое отверстие аксонометрической проекции. Через точки 1<sub>1</sub>, 2<sub>1</sub>, 3<sub>1</sub>, 4<sub>1</sub> провести прямые (ребра призмы), параллельные оси  $O_1Y_1$ . Основания призмы параллельны плоскости проекции  $V$ . Построим треугольную призму в призматическом отверстии пирамиды (рис. 171).

### 13.3. Взаимное пересечение многогранника с телом вращения

**Пересечение призмы с шаром.** Пересечение треугольной призмы с полу шаром показано на рис. 172. Горизонтальные проекции линий пересечения совпадают с горизонтальной проекцией призмы. Характерные точки, вершины треугольника, могут быть найдены проецированием их на профильную проекцию до пересечения с образующей полушара, а с профильной проекций спроецированы на фронтальную.

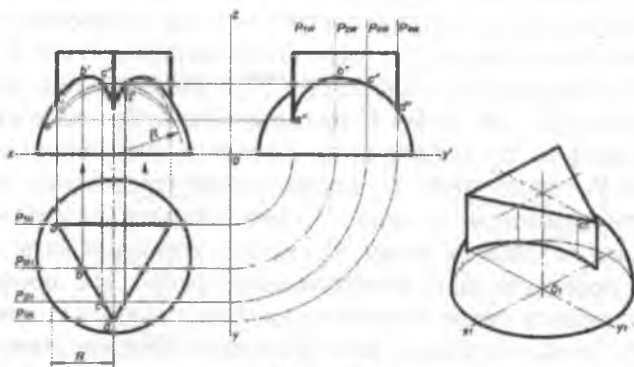


Рис. 172

Так найдены две проекции точки Д. Кроме того, на чертеже построены четыре вспомогательных секущие плоскости Р. Чем больше вспомогательных лекальных точек, тем точнее чертеж.

Рассекая полушар плоскостью  $P_{2n}$  через точку b горизонтальной проекции, линиями проекционной связи спроецировали на сферу фронтальной профильной проекций  $b_1$  и  $b''$  точки В.

Секущей плоскостью  $P_{3n}$ , проведенной через точку С, с помощью радиуса R спроецировали на фронтальную проекцию точку с, а с помощью линии связи на профильную проекцию точки С".

Построение аксонометрии показано на рис. 172.

### 13.4. Взаимное пересечение тел вращения

**Соосные тела.** На рис. 173 даны три примера взаимного пересечения поверхностей цилиндра, конуса и произвольного тела вращения с поверхностью шара. Вертикальная ось шара совпадает с вертикальными осями тел вращения, их оси перпендикулярны плоскости проекции Н, они проходят через центр шара.

Поверхность шара пересекается с поверхностями тел вращения по окружностям, которые на плоскости проекции V проецируются прямой линией, на плоскость проекции Н окружностью. Их точки  $a^1 b^1$  и  $c^1 d^1$  являются характерными точками, они расположены на очерковых образующих и получены без дополнительных графических построений.

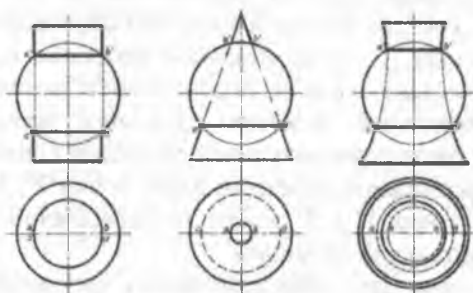


Рис. 173

**Пересечение поверхностей цилиндров.** На рис. 174 приведены прямоугольные проекции и аксонометрия двух пересекающихся цилиндров с разными диаметрами. Оси цилиндров пересекаются и

параллельны плоскости проекции V. Для нахождения линий пересечения можно пользоваться любым из существующих способов: способом секущих плоскостей; способом концентрических сфер и упрощенным способом, где использовано взаимное пересечение очерковых образующих. Для данного чертежа этот способ является самым простым, почти не требующим дополнительных построений.

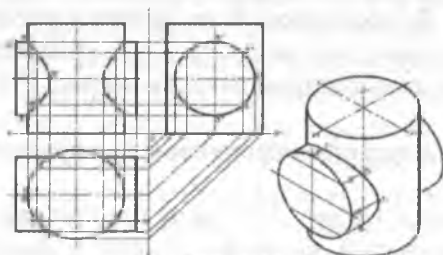


Рис. 174

На фронтальной проекции линии пересечения с проецировалась лекальной кривой в точках  $1^1, 2^1, 3^1, 4^1, 5^1$ . На горизонтальной лекальной проекции они совпадали с окружностью – проекцией основания вертикального цилиндра, а профильной проекции все точки пересечения совпали с проекцией горизонтального цилиндра, который с проецировался окружностью. Точки  $1'', 3'', 5''$  лежат на пересечении окружности с центровыми линиями, а точки  $2''$  и  $4''$  получены с помощью деления окружности на восемь равных частей. Точки  $2''$  и  $4''$  профильной проекции спроецированы на фронтальную проекцию. С горизонтальной проекции из точек 2, 3, 4 проведены перпендикуляры до пересечения с линиями проекционной связи профильной проекции. Взаимное пересечение линий проекционной связи горизонтальной проекции с линиями проекционной связи профильной проекции дадут точки  $2^1, 3^1, 5^1$  фронтальной проекции. Точки  $1^1$  и  $5^1$  лежат на пересечении очерковых образующих фронтальной проекции.

Аксонометрия двух пересекающихся цилиндров построена в изометрической проекции. Первым в данном случае надо построить вертикальный цилиндр, разделив высоту вертикального цилиндра пополам, провести ось горизонтального цилиндра через середину вертикального цилиндра и построить горизонтальный цилиндр. Чтобы по размерам горизонтального цилиндра фронтальной проек-

ции построить линию пересечения двух цилиндров на аксонометрии, надо отложить все точки ( $1^1$ ,  $2^1$ ,  $3^1$ ,  $4^1$ ) на горизонтальном цилиндре изометрической проекции (рис. 174) полученные точки обвести по лекало.

**Способ концентрических сфер.** Способ как частный случай построения линии взаимного пересечения поверхностей тел вращения применяется как нахождения линий пересечения тел вращения, когда их оси пересекаются между собой и параллельны плоскости проекции V. Это взаимное пересечение двух цилиндров, цилиндра с конусом, двух конусов. Этим способом можно построить линии пересечения на рис. 175.

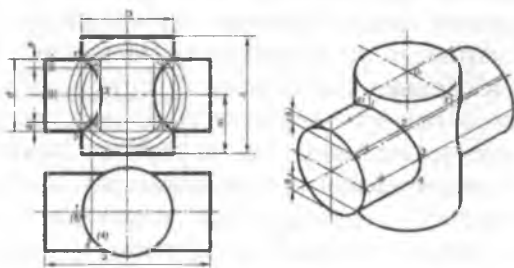


Рис. 175

### Вопросы для самопроверки

1. Какую линию называют линией перехода и как она вычерчивается при изображении пересекающихся поверхностей?
2. Как строят линию пересечения двух поверхностей?
3. Какие способы используют при построении точек линии пересечения двух поверхностей?
4. В чем сущность способа вспомогательных секущих плоскостей в построении линии пересечения двух поверхностей?
5. Какие поверхности называют соосными?
6. По каким линиям пересекаются соосные поверхности вращения?
7. Когда можно использовать вспомогательные сферы при построении линии пересечения двух поверхностей?
8. По каким линиям пересекаются два прямых круговых цилиндра одного диаметра если их оси пересекаются?

## ГЛАВА XIV. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ

Основной задачей изучения курса инженерной графики является выполнение и чтение чертежей. Комплексный задачи – построение недостающих проекций, аксонометрии и есть один из видов чтения чертежей.

Построение недостающих проекций способствует развитию пространственного мысленного мышления, учит представлять форму предмета при минимальном количестве проекций.

Для построения третьей проекции детали следует две данные проекции рассматривать во взаимосвязи. Например, на фронтальной проекции изображен треугольник с вертикальной осью симметрии, на горизонтальной – окружность. Значит, профильная проекция аналогична фронтальной, т.е. на чертеже спроецирован конус. Если на горизонтальной проекции квадрат, профильная повторит фронтальную – спроецировано пирамида. Такую задачу нельзя решать двумя заданными одинаковыми вертикальными проекциями, так как решения могут быть разными.

Фронтальная и горизонтальная проекции заданы квадратами. При решении третьей проекцией ошибочно строят квадрат, имея в виду проекцию куба. На рис. 176 третьей проекцией является несколько решений, и все они верны. Когда две проекции одинаковы, решений может быть несколько.

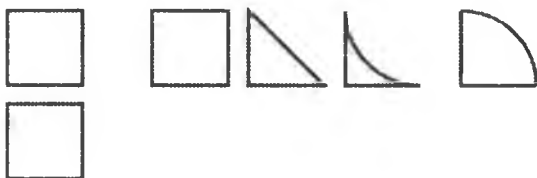


Рис. 176

В инженерной графике это недопустимо. Задача должна быть задана так, чтобы она имела единственное решение. Задачи заданные двумя одинаковыми изображениями и имеющие несколько решений, предлагаются в качестве «головоломки».

На рис. 177, а. т изображены две фронтальная и профильная проекции треугольной призмы с боковыми срезами и вырезом по середине. Необходимо построить третью проекцию и аксонометрию.

На рис. 177, б показана последовательность построения. Аксонометрия изображена в изометрической проекции

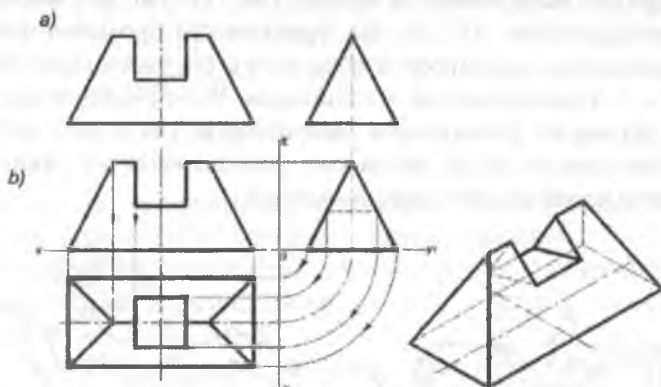


Рис. 177

На рис. 178 изображен параллелепипед на фронтальной и профильной проекциях. Для построения горизонтальной проекции необходимо построить основание параллелепипеда. Стрелками на чертеже показано направление линий проекционной связи, проведенных для изображения выреза. Иногда целесообразно сначала построить аксонометрию, по которой четко читается форма детали, и в частности горизонтальная проекция.

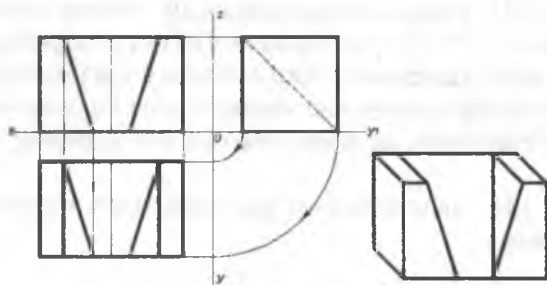


Рис. 178

Как упоминалось выше, аксонометрическую проекцию выбрать такую, в которой данная деталь изображалась проще, нагляднее, но обязательно за основу принимать фронтальную проекцию.

На рис. 179. изображена деталь во фронтальной диметрической и изометрической проекциях. Сравнивая аксонометрические изображения детали, видно, что фронтальная диметрическая проекция детали вычерчивается проще (рис. 179, а), чем изометрическая проекция (рис. 179, б). Во фронтальной проекции основания цилиндрических элементов изобразились окружностями без искажения, а в изометрической – эллипсами. Что основание цилиндрическое формы во фронтальной диметрической проекции изобразят-ся окружностями тогда, когда они расположены во фронтальной плоскости проекции или параллельно ей.

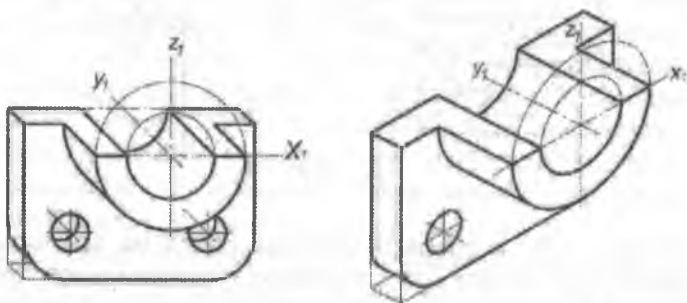


Рис. 179

#### 14.1. Построение и чтение комплексных чертежей деталей

На рис. 180, изображен комплексный чертеж цилиндра с вырезами. Точки  $a^1$ ,  $b^1$ ,  $d^1$ ,  $c^1$  обозначают вырез в цилиндре, т.е. паз. В горизонтальной проекции точки совпали с окружностью основания цилиндра и образовали две хорды. Спроецировав эти точки на профильную проекцию, получим искомое изображение цилиндра с вырезом.

На рис. 181, дана аксонометрия цилиндра, в вырез которого вставлена призма.

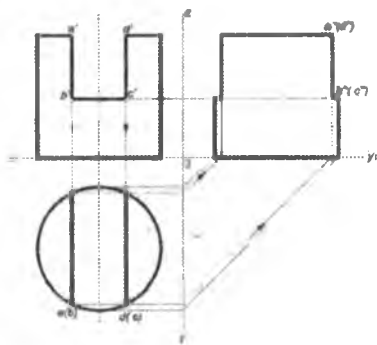


Рис. 180

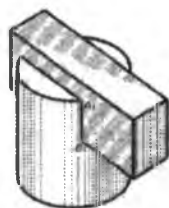


Рис. 181

На рис. 182 изображена усеченная четырехугольная пирамида с вырезом. Точками  $a^1, b^1$  обозначен вырез пирамиды.

Для построения проекций точек А и В на горизонтальной проекции применена горизонтальная плоскость уровня, на которой с проецировались точки А и В.

На рис. 183, показана усеченная треугольная пирамида с вырезом. Способ построения аналогичен четырехугольной пирамиды.

На рис 184, показана проекция полушара, сферы, горизонтальная проекция и вырез в полушаре спроецированы аналогично первым двум примерам. Третью проекцию можно построить с помощью линий проекционной связи, с которыми мы уже знакомы.

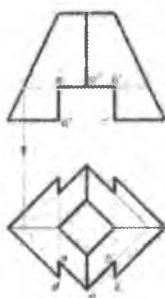


Рис. 182

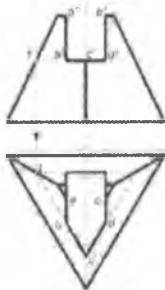


Рис. 183

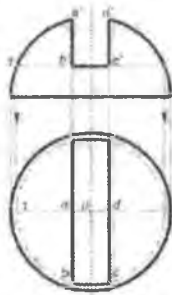


Рис. 184

## ГЛАВА XV. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ ИЗДЕЛИЙ

Инженерная графика базируется на основах начертательной геометрии и проекционного черчения. Дополнительные сведения по изображению предметов, упрощениями и условностям предусмотрены стандартами ЕСКД. Стандарты определяют виды изделий и техническую документацию на них.

ГОСТ 2.101-68 устанавливает виды изделий всех отраслей промышленности при выполнении конструкторской документации.

**Изделием** называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделия в зависимости от назначения делят на изделия основного производства и изделия вспомогательного производства.

К изделиям основного производства следует относить изделия предназначенные для поставки (реализации).

К изделиям вспомогательного производства относятся изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия, изготовляющих их.

Изделия, предназначенные для поставки (реализации) и одновременно используемые для собственных нужд предприятия, изготовляющего их, следует относить к изделиям основного производства.

**Устанавливаются следующие виды изделий:** детали; сборочные единицы; комплексы; комплекты.

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей делят их:

- не специфицированные (детали), не имеющие составных частей;
- специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты), состоящие из двух составных частей и более.

**Деталью** называют изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций.

**Сборочной единицей** называют изделие, составные части которого соединяют между собой на предприятии – изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой и т.п.).

**К комплектам** относят два изделия и более, не соединенных на предприятии – изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплект запасных частей, комплект инструмента и т.п.

**Комплексом** называют два специфицированных изделия и более, не соединенных на предприятии – изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимно связанных эксплуатационных функций, например поточная линия станков и т.п.

## 15.1. Виды и комплектность конструкторской документации

ГОСТ 2.102-68 предусматривает следующие виды конструкторской документации.

**Чертеж детали** – документ, содержащий изображение детали и другие данные, требующиеся для ее изготовления и контроля.

**Сборочный чертеж** – документ, содержащий изображений изделия, сборочной единицы и другие данные, необходимые для его сборки (изготовления и контроля).

**Чертеж общего вида** – документ, определяющий конструкцию всего изделия, поясняющий принцип его работы и взаимодействие его основных частей.

**Габаритный чертеж** – документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

**Монтажный чертеж** – документ, содержащий контурное упрощенное изображение изделия и данные, требующиеся для его монтажа и установки на месте применения. К этим чертежам относятся и чертежи фундаментов для установки изделия.

**Схема** – документ, на котором в виде условных изображений или обозначений показаны составные части изделия и связи между ними.

**Спецификация** – текстовый документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

В зависимости от стадии разработки конструкторские документы по ГОСТ 2.103-68 разделяются на **проектные** и **рабочие**.

По способу выполнения и характеру использования конструкторские документы по ГОСТ 2.102-68 подразделяют на ;

**Оригиналы** – документы, выполнение на любом материале и служащие для изготовления по ним документов – подлинников.

**Подлинники** – документы, выполнение на любом материале, позволяющие много кратное получение с них копий.

**Дубликаты** – копии подлинников, позволяющие получить воспроизведение подлинника и обеспечивающие снятие с них копий.

**Копии** – документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником или дубликатом, предназначенные для непосредственного использования при разработке конструкторской документации, производстве изделий, их эксплуатации и ремонте.

## 15.2. Изображения – виды, разрезы, сечения

**Видом** называют изображение, обращенное к наблюдателю видимой частью поверхности предмета.

ГОСТ 2.305-68 устанавливает шесть основных видов. За основные плоскости проекции принимаются шесть граней куба:

1-вид спереди; 2-вид сверху; 3-вид слева;

4-вид справа; 5-вид снизу; 6-вид сзади (рис. 185)

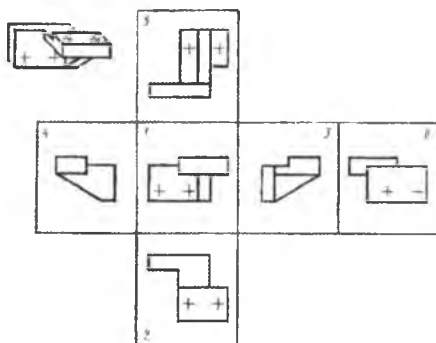


Рис. 185

Если какой либо вид размещен на чертеже вне проекционной связи с остальными основными видами, то над ним выполняют надпись по типу «Б», а направление взгляда указывают стрелкой с обозначением соответствующей буквой (рис. 186).

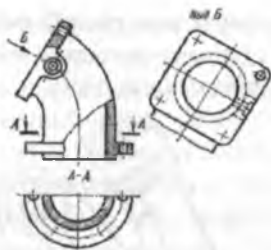


Рис. 186

Изображение на грани 1, т.е. фронтальная плоскость проекций принимается на чертеже за главный вид. Главный вид должен давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета при наилучшем использовании поля чертежа. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полную ясность чертежа.

### 15.2.1. Дополнительные виды

Если какая – либо часть предмета не может быть показана ни на одном из перечисленных видов без искажения ее форм и размеров, то следует применять дополнительные виды, получаемые на плоскостях не параллельных ни одной из основных плоскостей проекций. Дополнительный вид сопровождается надписью «Б», а у связанного с дополнительным видом изображения предмета быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответственным буквенным обозначением т.е. стрелка Б, (рис. 187).

Дополнительный вид допускается повернуть, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении чертежа. При этом к надписи должно быть добавлено знак (рис. 187).

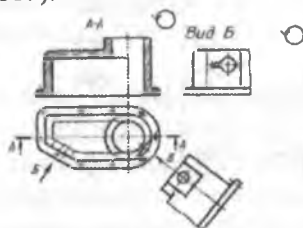


Рис. 187

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и надпись над видом не наносят (рис. 188).

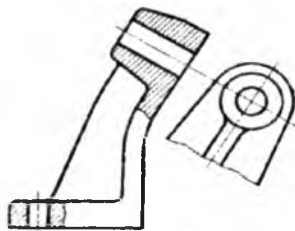


Рис. 188

### 15.2.2. Местные виды

Местным видом называют изображение отдельного ограниченного места на поверхности предмета. Местные виды образуются просцированием участка изделия на одну из основных плоскостей проекций. Направление просцирования местного вида указывают стрелкой, а сам местный вид обозначают соответствующей надписью (А, Б). Если местный вид выполняется в проекционной связи, то стрелку и надпись не наносят.

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере. Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду (рис. 189).

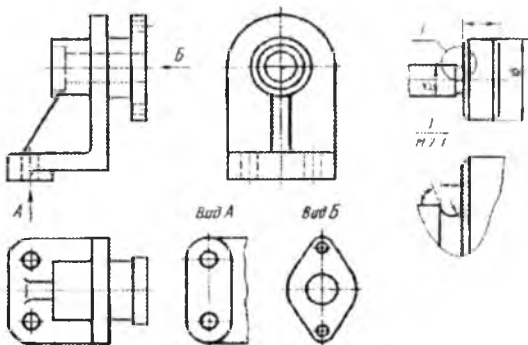


Рис. 189

### 15.2.3. Выносные элементы

Выносным элементом называют изображения части предмета, выполнение в масштабе увеличения. Выносной элемент применяется тогда, когда какой-либо элемент детали требует графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных. Это есть изображения на виде или разрезе обводится замкнутой сплошной тонкой линией окружностью, с обозначением римской цифрой порядкового номера на полке, а над изображением выносного элемента ставя эту римскую цифры над чертой и масштаб увеличения под чертой (рис. 190).

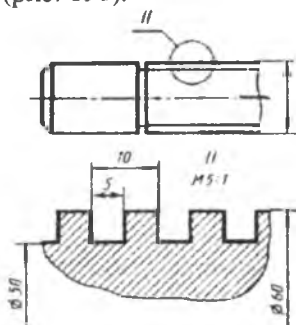


Рис. 190

### 15.3. Понятие о разрезах

Если деталь имеет сложное внутреннее очертание, то большое количество штриховых линий, изображающих невидимые контуры, затрудняют чтение чертежа. В таких случаях применяют разрезе.

Разрезы применяются для получения ясного представления о внутреннем устройстве изображаемого предмета, а также для удобства нанесения размеров и различных знаков на чертеже.

Разрезы выполняются в соответствии с требованием ГОСТ 2.305-68 и 2.306-67.

Разрез – изображение предмета мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и расположению за ней, считая от наблюдателя (рис. 191).

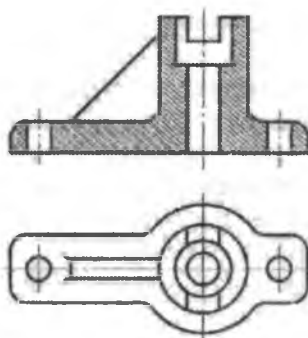


Рис. 191

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы простые – при одной секущей плоскости; сложные – при нескольких секущих плоскостях.

#### 15.4. Разрезы простые

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы бывают:

**Горизонтальные** – секущая плоскость параллельно горизонтальной плоскости проекций (рис. 192).

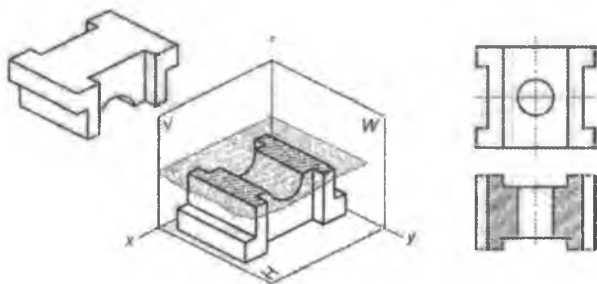


Рис. 192

**Вертикальные** – секущая плоскость перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций.

Вертикальный разрез называют **фронтальным**, если секущая плоскость параллельно фронтальной плоскости проекций (рис. 193)

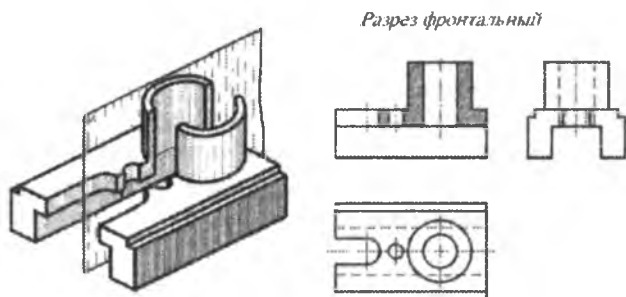


Рис. 193

Вертикальный разрез называют **профильным**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 194)

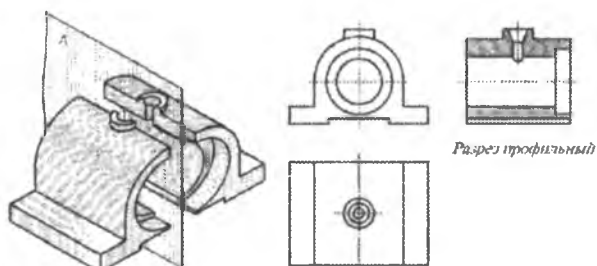


Рис. 194

**Наклонные** – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (рис. 195).

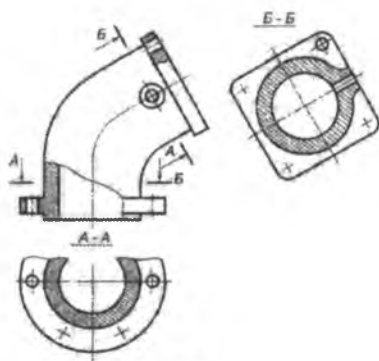


Рис. 195

### 15.4.1. Соединение вида с разрезом

Соединение половины вида с половиной разреза выполняется только симметричных деталях. Разрез помещается с правой стороны. В левой половине от оси симметрии штриховые линии (невидимого контура) не проводятся. Разделяющей линией вида с разрезом служит ось симметрии (рис. 196).

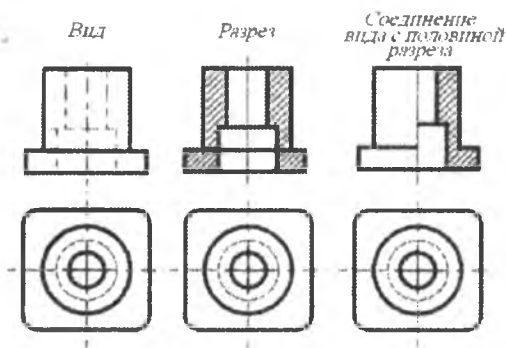


Рис. 196

Соединение части вида частью разреза. Если ось симметрии вида совпадает с контурной линией, например, с изображением ребра призматического элемента детали, то можно соединить часть вида с частью разреза, разделяя их тонкой сплошной волнистой линией (рис. 197).

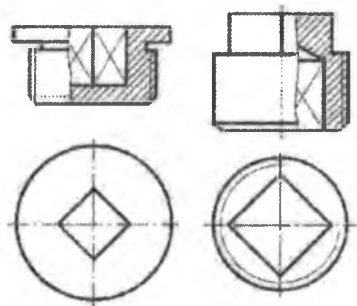


Рис. 197

**Разрезы местные.** Разрез служащий для показа устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется местным (рис. 198) местный разрез выделяется на виде тонкой сплошной волнистой линией.

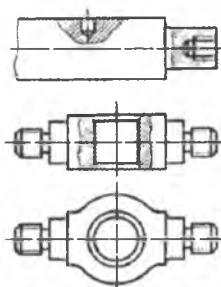


Рис. 198

### 15.5. Правила нанесения штриховки на разрезах

При изображении разрезов фигуры сечения нужно выделять штриховкой, соблюдая следующие правила:

- наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом  $45^\circ$  к линии контура изображения или его оси, а также к линиям рамки чертежа;
- если линии штриховки совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями фигуры сечения, то вместо угла  $45^\circ$  следует брать угол  $30^\circ$  или  $60^\circ$  (рис. 199).
- расстояние между линиями штриховки выбирается от 1 до 10 мм в зависимости от величины площади фигуры сечения;
- расстояние между линиями штриховки должна быть одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали:

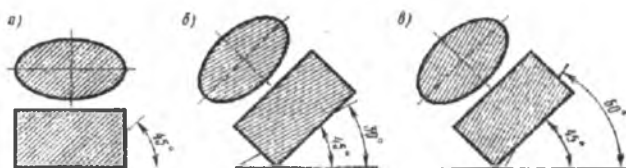


Рис. 199

- 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.

### 15.6. Разрезы сложные

Если деталь по конструктивной форме имеет сложное внутреннее устройство и его элементы т.е. отверстия, пазы, выступы и другие расположены не в одной плоскости, применяются сложные разрезы.

Для образования сложного разреза применяют несколько секущих плоскостей. В зависимости от взаимного расположения секущих плоскостей сложные разрезы делятся на ступенчатые и ломанные. Сложные разрезы называют **ступенчатыми**, если секущие плоскости параллельны (рис. 200).

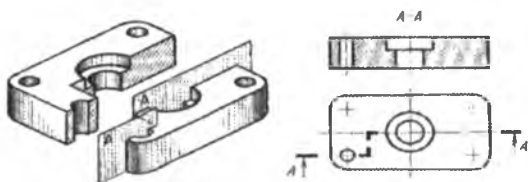


Рис. 200

Сложные разрезы называют **ломанными**, если секущие плоскости пересекаются (рис. 201). В ломанных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, в этом случае направление поворота может не совпадать с направлением взгляда (рис. 202).

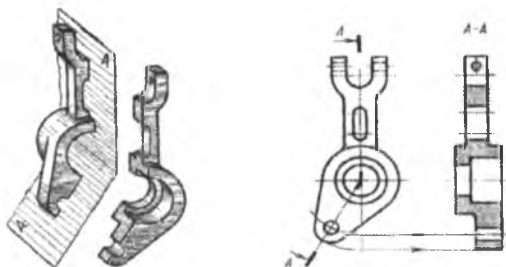


Рис. 201

На сложных разрезах фигуру сечения выделяются штриховкой. Линии штриховки должны наноситься в одну сторону под углом  $45^\circ$  с наклоном влево или вправо.

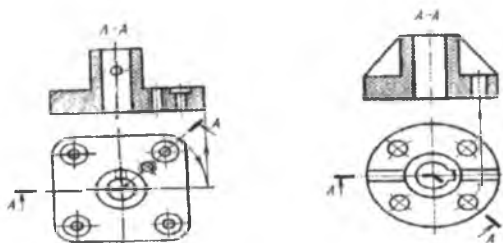


Рис. 202

### 15.6.1. Обозначение сложных разрезов на чертежах

Положение секущих плоскостей для выполнения сложных разрезов показывают на чертеже линиями сечения. Для линии сечения применяется разомкнутая линия с начальным и конечным штрихами (рис. 200, 202). Разомкнутая линия берется толщиной от  $S$  до  $1.5 S$  где  $S$  – толщина контурной линии.

На начальном и конечном штрихах линии сечения наносят стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки наносят на расстоянии 2-3 мм от конца штриха. У начала и конца линии сечения ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. В местах перехода от одной секущей плоскости к другой, в местах излома линий, обозначений не наносят.

Сложный разрез во всех случаях должен быть отмечен надписью, всегда двумя буквами, через тире, по типу А-А, Б-Б, В-В.

## 15.7. Сечения

Сечением называют изображение фигуры, полученное при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. В отличие от разреза, на сечении показывается только то, что принадлежит непосредственно секущей плоскости.

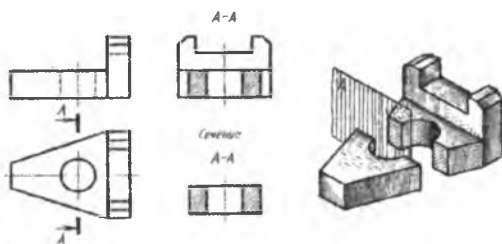


Рис. 203

На рис. 203 показано различие между разрезом и сечением.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяются на вынесенные (рис. 204) и наложенные (рис. 205).

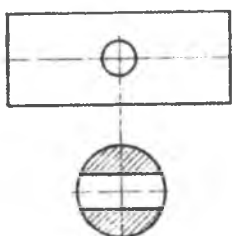


Рис. 204

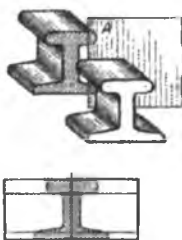


Рис. 205

Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 206).

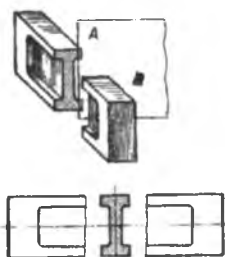


Рис. 206

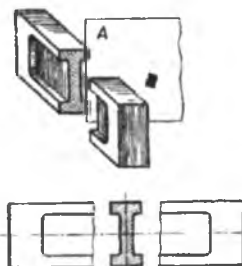


Рис. 207

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными толстыми линиями, а контур наложенного сечения – сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывается (рис. 205).

Ось симметрии наложенного или вынесенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят, подобно рис. 205 и 206.

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве или наложенных, линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают (рис. 207).

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита или цифрами. Сечения обозначают надписью по типу А–А (рис. 208).

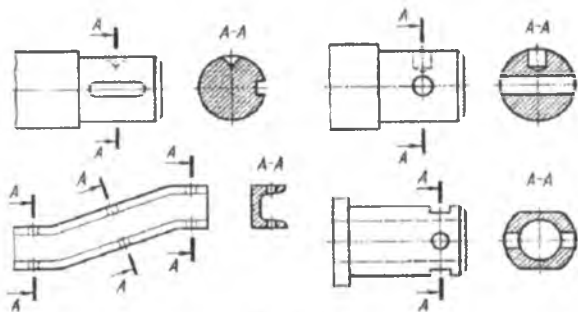


Рис. 208

В строительных чертежах допускается надписывать название сечения. Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом и добавлением знака — ( ) (рис. 209).

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение. Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами, то знак повернуто не наносят.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур от-

верстия или углубления в сечении показывают полностью. (рис. 210).

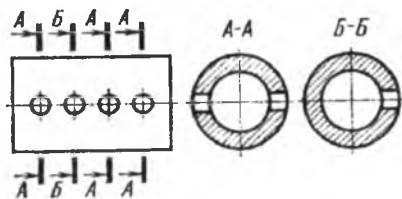


Рис. 210

Если секущая плоскость проходит через некруглой отверстие и сечение получается состоящим на отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы (рис. 211).

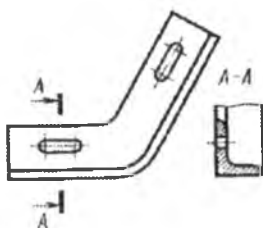


Рис. 211

### 15.8. Условности и упрощения на чертежах

Если вид, разрез или сечение представляют симметричную фигуру, то допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины изображения с проведением линии обрыва (рис. 212).

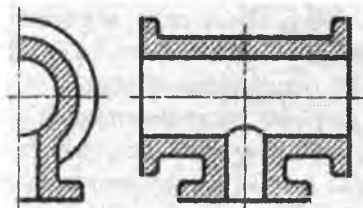


Рис. 212

Стержни вдоль своих основных осей, спицы маховиков, шкивов, колес зубчатых, тонкие стенки типа ребер жесткости и т.д. показывают не заштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (рис. 213).

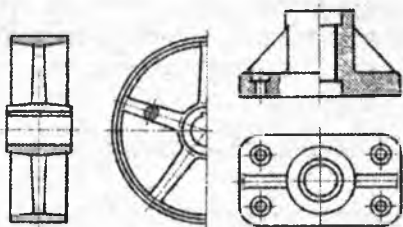


Рис. 213

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов (отверстия, зубья в колесах зубчатых, храповых механизмах), то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента, а остальные элементы показывают упрощенно или условно (рис. 214).

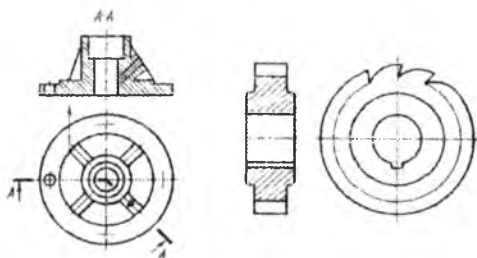


Рис. 214

Плавный переход от одной поверхности к другой показывается условно (рис. 215).

Заклепки, шпонки, шатуны, шарики, винты, болты, шпильки, рукоятки при продольном разрезе показываются не рассеченными, а на сборочных чертежах – гайки и шайбы.

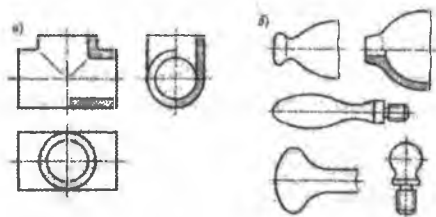


Рис. 215

### Вопросы для самопроверки

1. Какие изображения предметов вы знаете?
2. Какие изображение называются «видом»?
3. Как располагаются на чертеже основные виды?
4. Как обозначаются виды?
5. Какие виды называются дополнительными?
6. Какие виды называются местными?
7. Что называется разрезом?
8. Какие вы знаете разрезы?
9. Как различают разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей?
10. Как разделяют разрезы в зависимости от положения секущей плоскости?
11. В чем разница между ломанным и ступенчатым разрезами?
12. Какие условности нужно учитывать при выполнении разрезов?
13. Какие изображение предмета называется сечением? В чем разница между разрезом и сечением?
14. Какие виды сечений вы знаете? В чем особенность их выполнения?
15. Как обозначаются сечения?
16. Как выполняется штриховки в разрезах и сечениях?
17. Что называется выносным элементом? Как обозначают выносные элементы?
18. Как обозначают выносные элементы?

## ГЛАВА XVI. РЕЗЬБЫ И ИЗДЕЛИЯ С РЕЗЬБОЙ

Резьбы делятся на крепежные для неподвижного соединения и ходовые - для преобразования вращательного движения в поступательное, а также для передачи вращательного движения.

В зависимости от формы профиля различают резьбы треугольные, прямоугольные, трапецидальные, упорные и круглые (рис. 216, а, б, в, г, д)

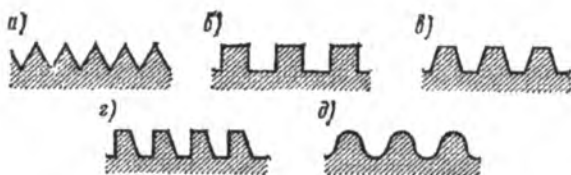


Рис. 216

К крепежным резьбам относятся метрическая, с углом профиля  $60^\circ$ . дюймовая и трубная, угол профиля  $55^\circ$ . К ходовым резьбам относятся прямоугольная, трапецидальная и упорная.

### 16.1. Винтовая линия и винтовая поверхность

Точка, равномерно перемещалась по поверхности вращающегося цилиндра и конуса вдоль образующей, опишет пространственную кривую, которую называют винтовой цилиндрической и конической линией. Если винтовая линия имеет направление слева вверх направо, то такая винтовая линия называется правой. Если подъем винтовой линии идет справа вверх налево, то она называется левой (рис. 217).

Ходом резьбы называют расстояние, измеренное вдоль образующей между двумя одноименными точками одного и того же витка и обозначают его  $h$ .

Шагом резьбы называют расстояние, измеренное вдоль образующей между смежными витками, и обозначают буквой  $p$ . В однозаходной резьбе ход равен шагу. В двухзаходной резьбе ход делят пополам - получается два шага, в трехзаходной - три шага и т.д.

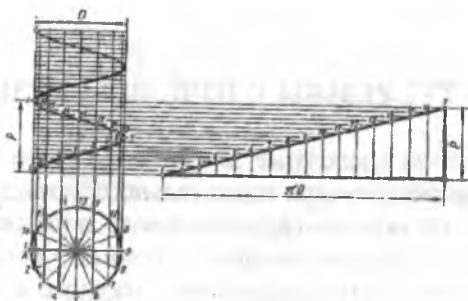


Рис. 217

**Винтовой поверхностью** называют поверхность, образованную винтовым движением всех точек плоской фигуры (треугольника, трапеции, квадрата и т.д.) на рис. 218 изображены два винта с прямоугольной и треугольной резьбами.

Винтовые поверхности, образование сторонами **ВС** и **ВД** треугольника, называются косыми геликоидами, сторонами **ВС** и **ЕД** квадратами – поверхностями кольцевого винтового коноида, а стороной **ВЕ** – цилиндрической винтовой лентой.

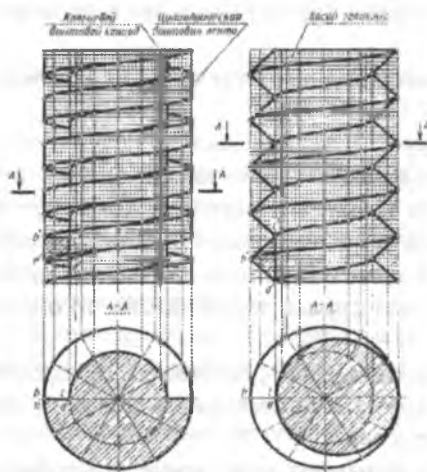


Рис. 218

**Резьба метрическая.** Метрическая резьба имеет профиль в виде равностороннего треугольника. Вершины профиля срезаны на  $1/8H$ , а впадины притуплены на  $1/6H$ , где  $H$  – высота исходного треугольника (рис. 219).

Метрическая резьба имеет самое широкое применение в отечественной технике. Форма и размеры профиля метрической резьбы установлены ГОСТ 9150-81. Основными параметрами метрической резьбы являются наружный диаметр  $d$  и шаг  $p$ . ГОСТ 8724-81 устанавливает ряд номинальных диаметров от 0,25 до 600 мм и соответствующих им шагов от 0,075 до 6 мм. Резьба метрическая стандартизована диаметром от 0,25 до 0,9 мм (ГОСТ 9000-81).

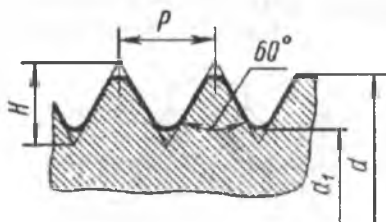


Рис. 219

**Дюймовая резьба** имеет профиль равнобедренного треугольника с углом при вершине  $55^\circ$  (рис. 220). Вершине треугольника плоско срезаны.

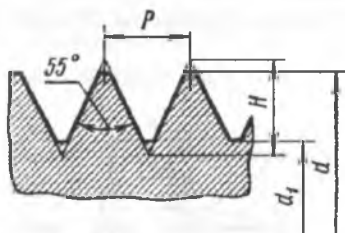


Рис. 220

Наружный (номинальный) диаметр дюймовой резьбы указывают в дюймах ( $1''=25,4$  мм). Основные размеры дюймовой резьбы в миллиметрах были регламентированы стандартом, который в настоящее время ликвидирован.

Дюймовая резьба сейчас применяется только при замене пришедших в негодность деталей, имеющих дюймовую резьбу.

**Резьба трубная** применяется для соединения труб, арматуры трубопроводов и соединительных частей (фитингов). Трубная резьба имеет треугольный профиль с углом при вершине  $55^\circ$ .

Трубная резьба отличается от дюймовой более мелким шагом, а значит, и имеет меньшую высоту профиля резьбы, что позволяет нарезать ее на тонкостенных деталях. Например, на стержне диаметром 75 мм в дюймовой резьбе шаг равен 7 мм, а в трубной резьбе на этом же стержне шаг 2,3 мм.

Профиль цилиндрической трубной резьбы имеет скругленную вершину и впадину (рис. 221).

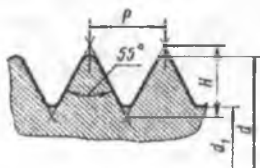


Рис. 221

Для поступательно вращательного перемещения деталей применяются резьбы ходовые: трапецеидальная, упорная, круглая и прямоугольная. Шаг ходовых резьб крупнее, потому что они несут большую нагрузку. Основные размеры ходовых резьб показаны на рис. 222.

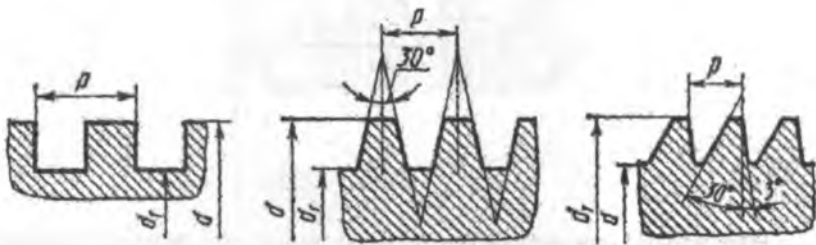


Рис. 222

## 16.2. Изображение и обозначение резьбы на чертежах

На стержне резьба всех типов изображаются по ГОСТ 2.311-88\* сплошными толстыми основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру на расстоянии не менее  $0,8 d$  от основной линии и не более величины шага резьбы (рис. 223, а).

В отверстии – сплошными толстыми основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру (рис. 223,б) На окружностях (как на стержне, так и в отверстии) проводится сплошная тонкая линия резьбы приблизительно на  $3/4$  окружности. В обозначении резьб на чертежах указывается наружный диаметр резьбы  $d$

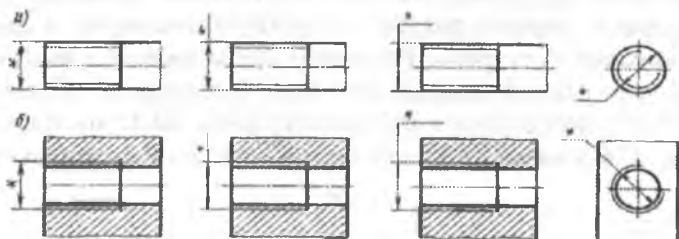


Рис. 223

Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают без сбега (рис. 224) при необходимости указания длины резьбы со сбегом размеры наносят, как показано на рис. 224.

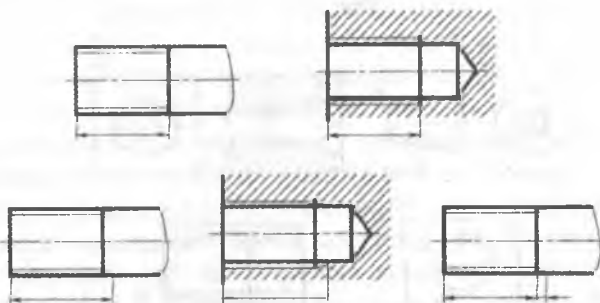


Рис. 224

Метрическую резьбу с круглым шагом обозначают буквой **М** и диаметром, например, **М 30**. Метрическая резьба с мелким шагом должна обозначаться буквой **М**, диаметром и шагом, так как он может быть различным при одном и том же наружном диаметре резьбы. Пример: **М30х3**; **М 30х2**; **М 30х1.5**; **М 30х1**; **М 30х0.75**.

ГОСТ 16093-81 предусматривает поля допусков болтов и гаек в трех классах точности резьбы (точный, средний, грубый) и устанавливает условные обозначения, характеризующие точность резьбы.

При выполнении учебных чертежей классы точности резьбы обычно не указывают. Левая резьба обозначается добавлением букв **ЛН**, например, **М 16 ЛН** или **М 12 ЛН**.

При изображении **трубной резьбы** следует помнить, что номинальный диаметр условно отнесен к внутреннему диаметру трубы, т.е. наружный диаметр резьбы на трубе обозначается в дюймах внутреннего прохода трубы. Например: труба имеющая внутренний диаметр (внутренний проход) **25,4** мм, будет иметь обозначение резьбы **G 1"**, хотя ее наружный диаметр равен **33,25** мм (рис. 225). А на рис. 226 показаны обозначение конических и цилиндрических резьб.

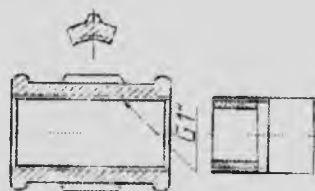
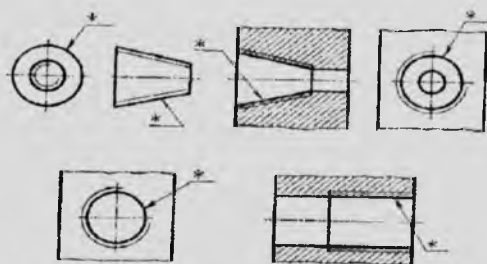


Рис. 225



\* - места обозначения резьбы

Рис. 226

На рис. 227. показано изображение прямоугольной резьбы. Обозначается это резьба двумя диаметрами, внешним и внутренним, с выносным элементом, на котором показан профиль и шаг резьбы.

**Трапецеидальная резьба** применяется для винтов, передающих обратно – поступательное движение. Трапецеидальная резьба имеет профиль равнобочной трапеции с углом между боковыми сторонами  $30^\circ$ .

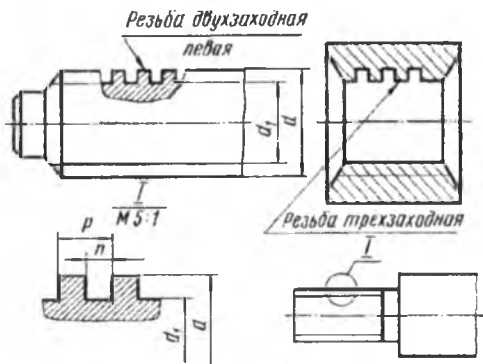


Рис. 227

Размеры трапецеидальных резьб стандартизованы ГОСТ 24738-81 «Резьба трапецеидальная, однозаходная. Диаметры и шаги» и ГОСТ 24739-81 «Резьба трапецеидальная, многозаходная. Основные размеры и допуски». Профили трапецеидальных резьб – по ГОСТ 9484-81.

Обозначение резьбы на чертежах:  $T_p 20 \times 4 (P_2)$ :  $T_p$  - условное обозначение трапецеидальной многозаходной резьбы, 20-диаметр резьбы ГОСТ 24739-81, 4-ход резьбы,  $P_2$ -шаг резьбы (все размеры в мм). Обозначение однозаходной резьбы по ГОСТ 3484-81;  $T_p 40 \times 6$  трапецеидальная, диаметр 40, шаг 6.

**Упорная резьба** используется в конструкциях одностороннего направления усилия, действующего вдоль оси винта.

Профиль упорной резьбы имеет форму трапеции, у которой сторона, воспринимающая усилие, составляет угол с осью винта  $3^\circ$ , а другая сторона – угол  $30^\circ$ . Упорная резьба обозначается по ГОСТ 10177-82;  $S 60 \times 8$ . S - обозначает упорная, 60-диаметр, 8-шаг.

### 16.3. Крепежные изделия

К резьбовым крепежным изделиям относят болты, гайки, винты, шпильки, шурупы, а в трубных соединениях – фитинги. Крепежные изделия с метрической резьбой, употребляемые для разъемных соединений в технике называют чистыми (обработаны кругом), получистыми – обработаны резьбовые поверхности и сопрягаемые элементы и черными, в которых обработана только резьбовая часть.

Крепежные изделия вычерчивают различными способами: по относительным размерам – упрощено и условно – при выполнении сборочных чертежей; по размерам ГОСТ а нормальной точности и по размерам ГОСТ а повышенной точности – при выполнении рабочих чертежей.

На сборочных чертежах и чертежах общего видов изображение крепежных деталей (упрощенное и условное) выбирают в зависимости от назначения и масштаба чертежа.

Крепежные детали, у которых на чертеже диаметры стержней равны 2 мм и менее, изображают условно, согласно ГОСТ 2.315-68.

В зависимости от назначения крепежные изделия имеют определенный класс прочности по ГОСТ 1759-70. болты, винты и шпильки, изготовленные из углеродистой и легированной стали, имеют классы прочности: 3.6; 4.6; 5.6; 6.6; 6.8; 8.8 - 14.9. Гайки имеют следующие классы прочности: 4; 5; 6; 8; 10; 12; 14.

В процессе обучения студентам можно принимать низшие классы прочности для болтов, винтов и шпилек – 3.6, для гаек – 4.

Болт представляет собой цилиндрической стержень, имеющий головку под ключ на одном конце и резьбу для завинчивания гайки на другом.

По степени точности поверхностей болты бывают нормальной точности, повышенной точности, грубой точности.

Пример условного обозначения болта с диаметром резьбы  $d=12$  мм, длиной  $L=70$  мм, класса прочности 3.6, исполнения 1, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 6 d без покрытия; Болт М12х70. 3.6 ГОСТ 7798-70.

Тоже, с мелким шагом резьбы; Болт М 12 х 1.25х6х70 3.6 ГОСТ 7798-70.

Последовательное выполнение чертежа болта: провести окружность диаметром, равным  $D$ ; разделить ее на шесть равных частей и вписать правильный шестиугольник;

Вписать в шестиугольник окружность  $D_1 = (0.90 \div 0.95) S$  ( $S$  - размер под ключ);

Спроецировать точки шестиугольника и окружности (фаски), получим размер головки болта главного вида; отложить размер  $H$ , а из точек, полученных на основании головки болта  $D_1$ , построить фаски болта под углом  $30^\circ$ ;

Отложить длину стержня  $E$ , построить фаску с и длину резьбы  $L_0 = 2d + 6$  мм (рис. 228).

Вычерчивание болта по относительным размерам показана на рис. 229.

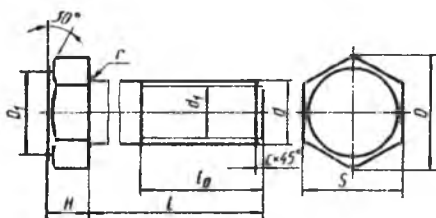


Рис. 228

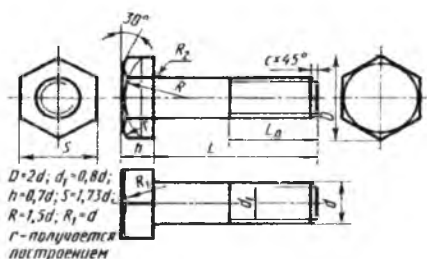


Рис. 229

**Гайка** – крепежная деталь с отверстием и резьбой для навинчивания на болт или шпильку.

Гайки бывают шестигранные, квадратные и круглые. Они навинчиваются на резьбовой конец болта или шпильки и скрепляют две или несколько соединяемых деталей. Гайки, как и болты, изготавливаются нормальной, повышенной и грубой точности.

Построение чертежа гайки начинают с горизонтальной осевой линии. С правой стороны осевой провести окружность диаметра  $D$ , разделить ее на шесть равных частей и вписать правильной шестиугольник;

- провести окружность равную  $(0,90 \div 0,95) S$ ;

- провести окружность – отверстие гайки; равное не менее  $0,8 d$ ;

- провести тонкую линию  $3/4$  окружности – линию резьбы, диаметром  $d$ ;

- все полученные точки (кроме резьбы) спроецировать на вид спереди, отложить высоту  $H$ , построить фаски (рис. 230) и нанести размеры (рис. 231). Вычерчивание гаек по относительным размерам показано на рис. 232.

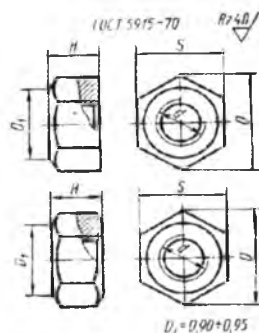


Рис. 230

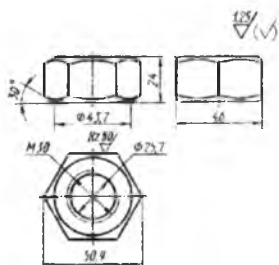
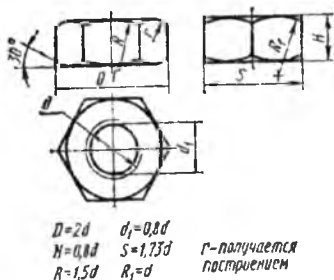


Рис. 231



$D=2d$      $d_f=0,8d$   
 $H=0,8d$      $S=1,73d$   
 $R=1,5d$      $R_f=d$      $r$  – получается построением

Рис. 232

Пример условного обозначения гайки с диаметром резьбы  $d = 12$  мм, исполнения 1, с крупным шагом резьбы, класс прочности 4: Гайка М 12, 4 ГОСТ 5915 – 70. тоже, исполнение 2, с мелким шагом резьбы. Гайка 2 М 12x1,25,4 ГОСТ 5915-70.

**Шайбы** подкладывают под гайку для предохранения материала детали от зазоров и увеличения опорной поверхности.

Широкое применение получили шайбы исполнения 1-без фаски и исполнения 2-с фаской.

Размеры стальных шайб для болтов и гаек определяют по ГОСТ 11371-80.

Для предупреждения само отвинчивания крепежных деталей от вибрации применяются пружинные шайбы, ГОСТ 6402-70 (рис. 233).

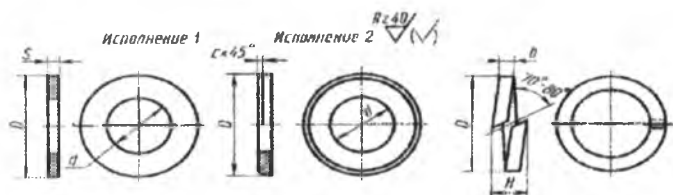
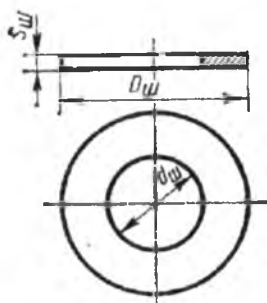


Рис. 233

На рис. 234 шайба вычерчена по относительным размерам.



$$\begin{aligned} D_{ш} &= 2,2d \\ d_{ш} &= 1,1d \\ S_{ш} &= 0,15d \end{aligned}$$

Рис. 234

**Шпилька** – это цилиндрический стержень, имеющий резьбу с обоих концов. Конец, который ввинчивают в деталь, называют ввинчиваемым или посадочным, второй резьбовой конец для шайбы с гайкой (рис. 235).

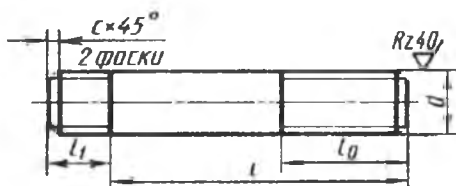


Рис. 235

Длина ввинчиваемого резьбового конца зависит от материала соединяемых деталей. Для стали, бронзы, латуни и титановых сплавов –  $L_1=d$ , для ковкого и серого чугуна –  $L_1 = 1,6 d$ ; для легких сплавов –  $L_1=2.5d$ . Длина резьбового конца  $L_0=2d+6$  мм. Под длиной шпильки  $L$  понимается длина стержня без ввинчиваемого резьбового конца. Шпильки изготавливаются нормальной и повышенной точности по ГОСТ 12032-76.

**Винты** применяются для соединения деталей. По назначению винты разделяются на крепежные и установочные.

Наибольшее применение нашли винты с потайной, цилиндрической и полукруглой головками (рис. 236).

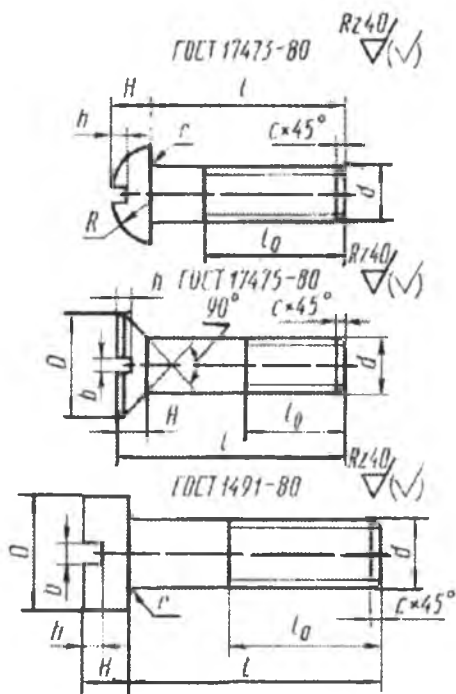


Рис. 236

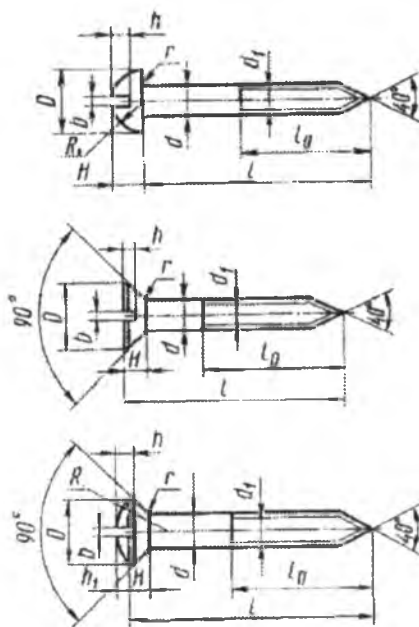


Рис. 237

Винты обозначаются: Винт **2М 20х50 36** ГОСТ 1491-80.

Читается: исполнение 2, резьба метрическая с крупным шагом, диаметр винта 20, длина винта  $L=50$ , класс прочности 36, ГОСТ 1491-80, винт с цилиндрической головкой. Винты с полукруглой сферической головкой и винты с потайной конической головкой обозначаются так: Винт **2 М 12х2836** ГОСТ 17473-80; Винт **2М18х3036** ГОСТ 17475-80.

Для соединения деревянных конструкций применяются винты – шурупы с головками под отвертку и ключ (рис. 237).

### Вопросы для самопроверки

1. Какими параметрами определяется резьба?
2. В чем разница между шагом и ходом резьбы?
3. По каким признакам классифицирует резьбу?
4. Как на чертеже изображается резьба на стержне, в отверстии в соединении?

5. Какие вы знаете стандартные резьбы? Как условно их обозначают?
6. Какие параметры входят в обозначение резьбы?
7. Как обозначаются резьбы на чертежах?
8. Какие вы знаете стандартные резьбовые изделия?
9. Как изображают болт на чертеже?
10. Что представляет собой шпилька? Каково ее условное обозначение?
11. Какие вы знаете разновидности винтов?
12. Как условно обозначают винты на чертежах?
13. Что такое гайка? Каково условное обозначение гайки?
14. Из каких элементов состоит болтовое соединение?
15. Какая разница между болтовым и шпильчным соединением?
16. Как определить глубину гнезда под шпильку?
17. Какие размеры представляют на чертеже соединение болтового и шпильчного?

## ГЛАВА XVII. СОСТАВЛЕНИЕ ЭСКИЗОВ И ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

### 17.1. Нанесение размеров на эскизах и чертежах

Нанесение размеров на эскизах и чертежах является одним из условных элементов конструкторского документа. Изготовленная неправильным или неточным размером деталь будет забракована, а пропущенный размер не позволит точно изготовить нужную деталь. Раньше, чем приступить к нанесению размеров, надо изучить ГОСТ 2.307-68.

Размеры на эскизе наносят только тогда, когда построение эскиза закончено.

К изложенным правилам нанесения размеров необходимо добавить нанесение размеров отверстий (рис. 238). При нанесении размеров на чертежах следует учитывать конструктивные особенности работы детали и технологию ее изготовления. Поэтому сначала выбирают базы, от которых будет измеряться деталь в производстве.

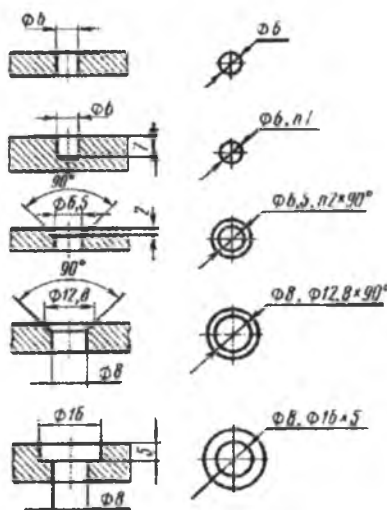


Рис. 238

В машиностроении различают конструктивные и технологические базы.

Конструктивными базами являются поверхности, линии или точки по отношению к которым ориентируются другие детали изделия. Технологические базы – базы, от которых в процессе обработки удобнее производить снятие размеров. Базовыми поверхностями являются:

**База – точка**, применяемая кулачковых и эксцентриковых плоских с криволинейным контуром вращающихся деталей (рис. 239).

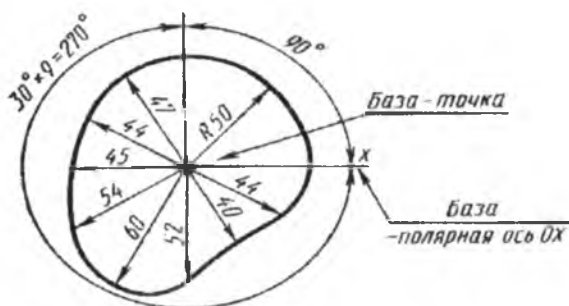


Рис. 239

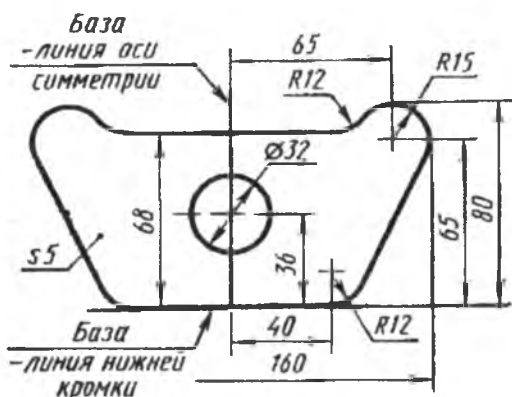


Рис. 240

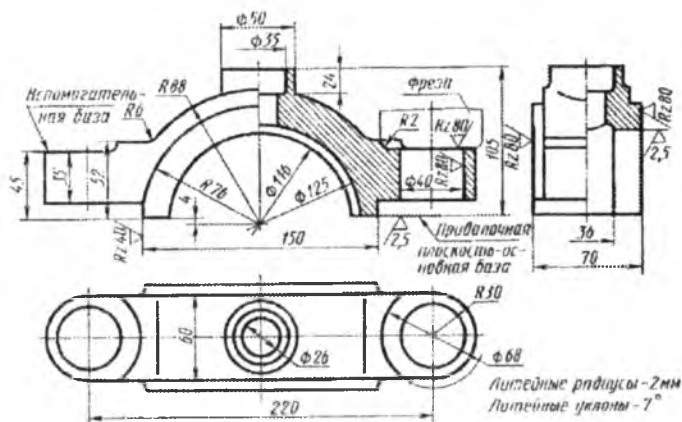


Рис. 241

**База** – линия оси симметрий, оси отверстий, взаимно перпендикулярные прямые, кромки деталей и другие элементы, от которых наносят размеры (рис. 240).

**Торцовые базы** – отсчет размеров от плоских торцов – втулки, валики с разными диаметрами и другие детали.

Размеры от торцовых баз наносят параллельно и предпочтительной являются конструктивная база (рис. 241).

**Установочная база**, От которой начинается обработка детали, является сопрягаемой частью с другими деталями или установочной частью. Эти крышки подшипников, основание корпуса (рис. 242).

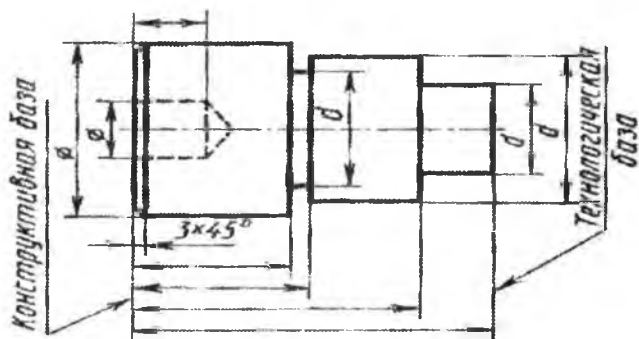


Рис. 242

## 17.2. Шероховатость поверхностей и ее обозначение на чертежах

Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей, образующих рельеф поверхности. Относительное отклонение, от средней линии неровность, выступающая выше средней линии называется выступом, ниже – впадиной.

Детали могут иметь различную шероховатость поверхностей, зависящую от технологического процесса изготовления деталей.

ГОСТ 2709-73 установил следующие параметры определения шероховатости:

$R_a$  - среднее арифметическое отклонение профиля, т.е. среднее значение расстояний точек измеренного профиля до его средней линии;

$R_z$  - высота неровностей профиля по девяти точками;

$R_{max}$  – наибольшая высота неровностей профиля;

$S_m$  - средний шаг неровностей профиля;

$S$  - средний шаг неровностей по вершинам;

$tr$  - относительная опорная длина профиля.

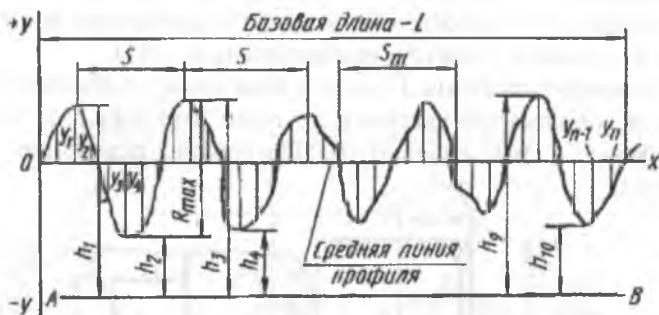


Рис. 243

Эти параметры определяются в пределах определенного участка поверхности, длина которого называется базовой длиной  $L$  (рис. 243).

Параметр  $R_a$  можно характеризовать следующим равенством:

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1} + y_n}{n}$$

Высота неровностей  $R_z$  представляет собой среднее расстояние между находящимся в пределах базовой длины пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин. Измеренное от произвольной линии АВ, параллельной средней линии профиля:

$$R_z = \frac{(h_1 + h_2 + \dots + h_5) - (h_6 + h_7 + \dots + h_{10})}{5}$$

Для измерения шероховатости поверхности ГОСТ 2789-73 устанавливает ряд значений базовых длин  $L$ , измеряемых в мм: 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25.

На чертеже указывают параметры по школе  $R_a$  и  $R_z$ , предпочтительно  $R_a$ .

ГОСТ 2.309-73 установил следующие знаки для обозначения шероховатости поверхности: на рис. 244, а знак, применяемый для обозначения шероховатости поверхности, образующейся удалением слоя резания (снятия стружки), точением, фрезерованием, сверлением и т.п. Например:  $\sqrt[0,80]{}$ ;  $\sqrt[2,5]{}$  и т.д.

Шероховатость поверхности грубее первого класса условно обозначают:  $\sqrt[0,400]{}$ ;  $\sqrt[0,500]{}$  и т.д.

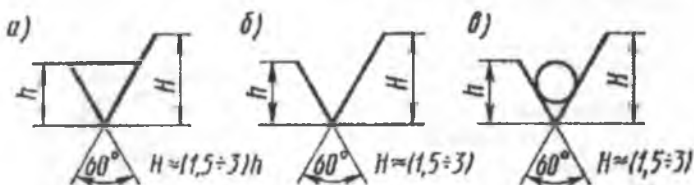


Рис. 244

Числовое значение шероховатости поверхности ограничивают только максимальной величиной шероховатости по параметру  $R_a$  и  $R_z$ .

Например:  $\sqrt[0,63]{}$  — включают поверхность с  $R_a$  не более 0,63 мкм (мкм — микрометр равен 0,001 мм).

Примеры нанесения знаков шероховатости на чертежах деталей.

На рис. 245 — знак, шероховатости поверхности помещен на правом верхнем углу чертежа. Это значит, что все поверхности детали должны обрабатываться одинаково.

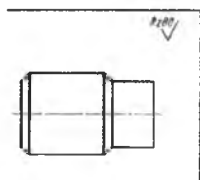


Рис. 245

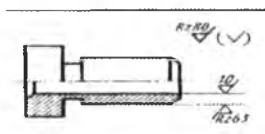


Рис. 246

На рис. 246 знаки шероховатости для отдельных элементов детали поставлены изображением и, кроме того, в правом верхнем углу чертежа. Это значит, что поверхность детали, кроме особо отмеченных на изображении, должны быть той шероховатости, которая указана на поле чертежа перед знаком  $\sqrt{\quad}$ . Если необходимо указать шероховатость поверхности покрытия, то делают надпись после покрытия (рис. 247).

Размеры, определяющие место расположения обозначения шероховатости поверхности в правом углу чертежа, установлены ГОСТ 2.309-73 (рис. 248).

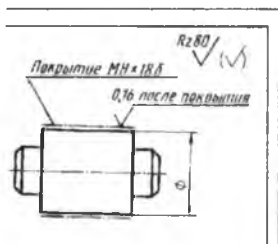


Рис. 247

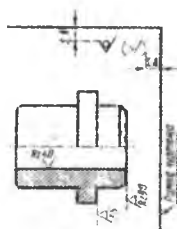


Рис. 248

На рис. 244, б – знак применяется для обозначения поверхностей, обрабатываемых любым способом. Например:  $Rz 500$ ;  $Rz 30$ ;  $0,65$ .

На рис. 244, в – знак, применяемый для обозначения поверхностей, обрабатываемых без снятия стружки (литье,ковка,штамповка), а также для обозначения поверхностей в состоянии поставки, без дополнительной обработки (детали из сортового материала, листов, труб, профилей проката, прутков и т.п.).

**Примечание.** Высота  $h$  для всех знаков на изображениях должно быть приблизительно равна высоте цифр размерных чисел

на данном чертеже. Размеры знака и толщина линии знаков, вынесенных в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно во 1,5 раза больше знаков, нанесенных на изображении, и знака, взятого в скобки.

### 17.3. Обозначение на чертежах материалов деталей

В производстве изделий применяются самые разнообразные материалы: металлы (стали, чугуны, цветные металлы и сплавы) и неметаллические материалы (текстолит, винипласт, полистирол, органическое стекло, целлулоид, асбест). Их обозначения установлены стандартами или техническими условиями и обязательно указываются на чертеже детали.

#### Примеры обозначения металлов

Таблица № 6

| Материал                                              | Марка    | Стандарт на материал | Обозначение материала на чертеже |
|-------------------------------------------------------|----------|----------------------|----------------------------------|
| Сталь углеродистая, обычного качества                 | ст 2     | ГОСТ 380-71          | Сталь СТ2<br>ГОСТ 380-71         |
| Чугун серый                                           | с 415-32 | ГОСТ 1412-79         | Чугун СЧ 15-32<br>ГОСТ 1412-79   |
| Сталь углеродистая качественная Б1 ГОСТ 493-79/жд-4.8 | 45       | ГОСТ 1050-74         | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-74         |
| Бронза                                                |          | ГОСТ 493-79          | Бронза Бр Ажд -4л                |

Примеры обозначения материала изделий, изготовленных из полимеров: Волокнист ВП-2 ГОСТ 5689-79; текстолит ПТ -3, сорт 1 ГОСТ 5-78.

Материалы характеризуемые сортаментами, выпускаются промышленностью в виде листов, прутков с различными поперечными сечениями (круглыми, квадратными, шестигранными), полос, лент, труб, проволоки стального проката, проката различных форм, изделий фасонных профилей. Примеры обозначений:

$$\text{Полоса} \frac{36 \times 90 \text{ ГОСТ } 103-76}{45-4(60)-Q-\text{ГОСТ } 1050-74},$$

Это значит, полоса изготовлена из стали 45, термически обработана (Т), 4-й категории (диаметр заготовки, подвергаемой термиче-

ческой обработка, 60 мм), подгруппы, имеет толщину 36 мм, ширину 90 мм по сортаменту ГОСТ 103-76.

Проволока – 2,2-10 ГОСТ 173-71, это означает: 2,2 диаметр проволоки по сортаменту ГОСТ 17305-71, изготовленной из стали марки 10.

Труба 80-4000 ГОСТ 3262 – 75, означает: 80-условный проход трубы, длина трубы 4000 мм, обычной точности изготовления по ГОСТ 3262-75. На чертеже обозначение материала детали помещают в графе 3 основной надписи по ГОСТ 2.104-68, форма 1.

## 17.4. Предельные отклонения размеров

В соединениях двух деталей, входящих одна в другую, различают «охватывающую» и «охватываемую» поверхности соединений.

В цилиндрических соединениях охватывающая поверхность носит название **отверстие**, охватываемая – **вал**. Для того чтобы вал вращался в отверстии, подшипника, между валом и отверстием должна быть некоторый зазор. Зазор необходим также для поступления и распределения смазки. Зазором называют положительную разность между диаметрами отверстия и вала (диаметр отверстия больше диаметра вала), характеризующую свободу относительного перемещения соединяемых деталей.

Зазоры между сопрягаемыми деталями равны десятым, сотым, а в точных изделиях тысячным долям миллиметра (мкм). Заданий размер диаметра отверстия и вала называют номинальным размером. Разность между наибольшим и наименьшим предельным размером называют **допуском размера**.

Размер, больший номинального, показывают на чертеже с помощью верхнего отклонения и обозначают латинской прописной буквой (для отверстия). Размер, меньше номинального, показывают с помощью нижнего отклонения и обозначают латинской строчной буквой (для вала). Например, размер **100 Н7/ев**, где номинальный размер диаметра отверстия и диаметр вала равен 100 мм, поле допуска отверстия **Н7**, поле допуска вала **Л 8**.

Нанесение на чертежах предельных отклонений выполняется в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.307-68.

Гост 2.307-68 устанавливает, что предельные отклонения и их знаки (+ или -) указываются непосредственно после номинального

размера. Например,  $20 \pm \frac{0.1}{0.2}$  - это значит, размер может колебаться от 20.1 до 19.8.

Если числовые значения отклонений одинаковы, то размер отклонения ставится один раз с указанием знаков ( $\pm$ ), т.е. ( $50 \pm 2$ ).

Действительным называют размер, полученный в результате измерения готовой детали с допустимыми отклонениями при обработке.

## 17.5. Посадки

Посадский называют характер соединения деталей, определяемый разностью их размеров до сборки, величиной зазоров или натягов.

Посадки делят на три группы:

Посадки с натягом – неподвижные посадки, которые обеспечивают соответствующую прочность их соединения;

Посадки с зазором – подвижные посадки, которые обеспечивают свободу их относительного движения.

Для подвижных посадок диаметр вала должен быть меньше диаметра отверстия, чтобы получился некоторый зазор.

Для неподвижных посадок диаметр вала должен быть больше диаметра отверстия. Эту разницу называют **натягом**.

Различают две системы посадок: систему отверстия и систему вала (табл. 7).

### Посадка в системе отверстия

Таблица № 7

| ГОСТ 2.307-68             | ГОСТ 2.307-68                              |
|---------------------------|--------------------------------------------|
| $\varnothing \frac{A}{A}$ | $\frac{A}{C3}$                             |
| $75 \frac{A}{H}$          | Посадки в системе вала<br>$70 \frac{x}{B}$ |
| A3/x3                     |                                            |

Неуказанные предельные отклонения размеров, отверстий – H 14, валов – h 14, остальных  $\pm$  IT 14 / 2.

Каждая посадка имеет свои допуски. Величина допуска зависит от класса точности, по которому обрабатываются детали.

## 17.6. Измерительные инструменты

В машиностроении применяют измерительные инструменты двух типов: универсальные и контрольно – измерительные.

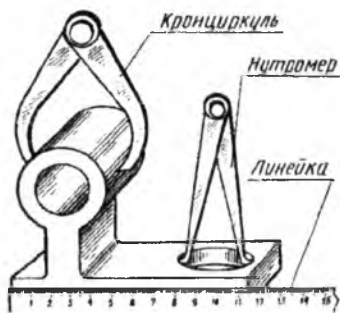


Рис. 249

Универсальными инструментами пользуются для определения действительных размеров различных деталей, а контрольно – измерительные калибры применяются для проверки лишь определенных размеров и служат для отбраковки деталей, размер которых отличается от величины, лимитированной данным калибром.

Простейшими универсальными измерительными инструментами для определения линейных размеров являются стальные линейки, а для измерения наружных и внутренних диаметров – кронциркуль и нутрометры (рис. 249).

Для более точных измерений следует применять штангенциркули. Точность измерения штангенциркулем и глубиномером лежит в пределах  $0,1 \div 0,02$  мм (рис. 250). Наибольшую точность при измерениях дают приборы, снабженные микрометрическими винтами. Микрометры позволяют производить измерение с точностью до  $0,01 - 0,002$  мм (рис. 251).



Рис. 250

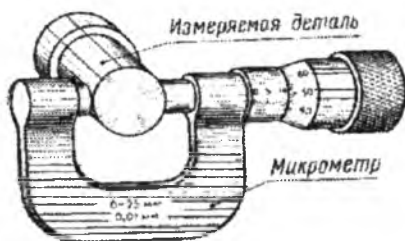


Рис. 251

На рис. 252 показан радиусомер и пользование им для определения размеров радиусов кривизны различных сопрягающихся поверхностей деталей.

Для контроля при изготовлении и определения профилей готовых стандартных резьб применяют шаблоны. Резьбомеры с обозначением М 60° - для метрической резьбы, с обозначением Д 55° - для дюймовой резьбы (рис. 253)

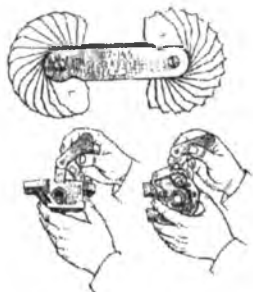


Рис. 252

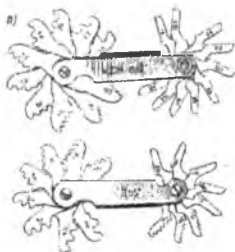


Рис. 253

## 17.7. Выполнение эскизов

Эскизом называют графическое изображение предмета, выполненное в глазомерном масштабе от руки, без применения чертежных инструментов и имеющее все данные чертежа. Первоначальным графическим изображением с натуры является эскиз. По эскизу выполняется чертеж (оригинал), с чертежа снимается калька или микрокопия (подлинник), а с кальки выполняются светокопии (размножение чертежей). На производстве эскиз является одноразовым чертежом. Когда в станке или машине выходит из строя деталь, с нее выполняют эскиз и сдают в механической цех для изготовления новой детали по эскизу, без чертежа, чтобы сократить простой машины или станка.

## Последовательность выполнения эскиза детали с натуры.

Для выполнения эскиза с натуры необходимо выделить следующие сведения об изображаемой детали: наименование, назначение, рабочее положение в изделии, положение на основной операции при механической обработке, назначение поверхностей, материал для изготовления детали, способ изготовления детали.

Эскизы можно выполнять на писчей бумаге в клетку или на миллиметровой. Формат листа определяется по ГОСТ 2.301-68.

Выяснив вышеназванные данные о детали, можно приступать к непосредственному выполнению эскиза, соблюдая такую последовательность.

Определить назначение детали, основные размеры и геометрические формы, из которых она состоит. Определить минимальное, но необходимое количество видов изображения детали. Особое внимание уделить главному виду, в котором наиболее характерно раскрывается форма детали.

На рис. 254 деталь (основание) изображена в аксонометрии.

Поверхности А, Б, В, Г, Д – сопрягаемые. Деталь отлита из серого чугуна С 418-36 ГОСТ 1412-79.

Размещение на листе бумаги видов, разрезов, сечений:

**I - стадия** – наметить осевые, центровые и видимые линии; (рис. 255).

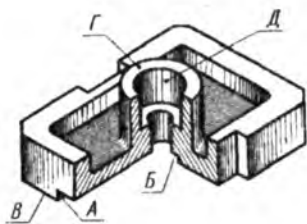


Рис. 254

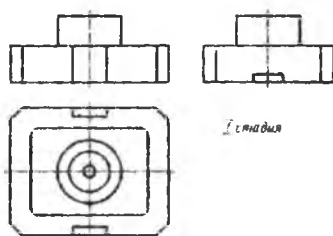


Рис. 256

**II - стадия** – определить целесообразные разрезы и сечения; (рис. 256).

**III - стадия** – выполнить разрезы и сечения, обозначить следы секущих плоскостей;

Подготовить размерные линии, обозначить резьбу и другие надписи (рис. 257).

IV - стадия – произвести обмер детали, нанести числовые значения на подготовленных размерных линиях, обозначить шероховатость поверхности по ГОСТ 2.309-73 (рис. 258).

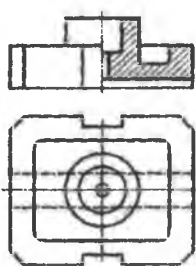


Рис. 256

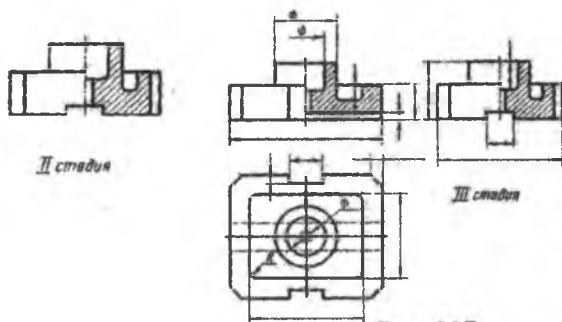


Рис. 257

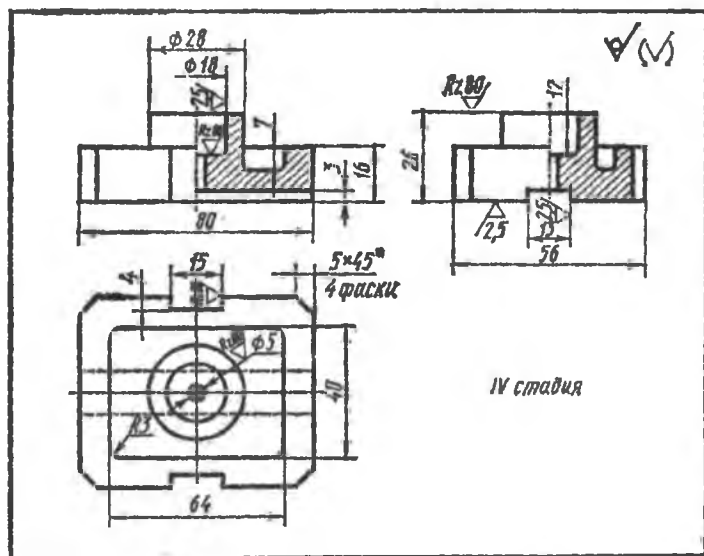


Рис. 258

### 17.8. Рабочий чертеж детали (чертеж по эскизу)

Основой для выполнения чертежей деталей служат эскизы.

Чертежи (оригиналы) в отличие от эскизов выполняют с помощью чертежных инструментов. С соблюдением всех правил гео-

метрического, проекционного черчения с применением масштаба, согласно выбранному формату.

Чертеж на производстве является основным производственным техническим документом, по которому изготавливают детали и изделия. Он должен отвечать всем техническим требованиям – Единой системы конструкторской документации.

Количество видов, разрезы и сечения, обозначение шероховатости, материал, размеры и допуски – все это должно быть предусмотрено на чертежах.

На чертежах деталей, которые обрабатываются совместно с другими деталями, следует добавить соответствующую надпись, например: **сверлить с деталью** . . .

## 17.9. Пружины

Назначение пружин – воспринимать а затем отдавать механическую энергию за счет использования сил упругости.

Пружины разделяются на винтовые (а), спиральные (б), пластинчатые (в) и тарельчатые (г) (рис. 259).

Винтовые пружины в зависимости от характера работы разделяются на пружины сжатия, растяжения и скручивания, а в зависимости от формы – на цилиндрические и конические (рис. 260).

Пружины изготавливаются из высокоуглеродистой стали следующих марок: Ст7; 50 Г; 60 Г; 55 С.

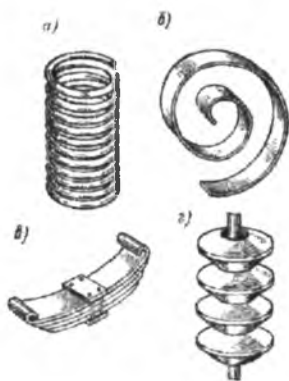


Рис. 259

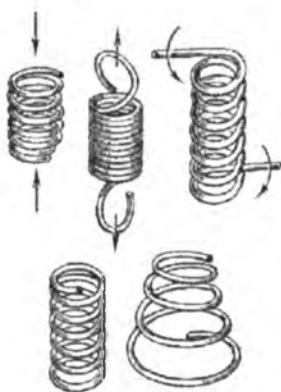


Рис. 260

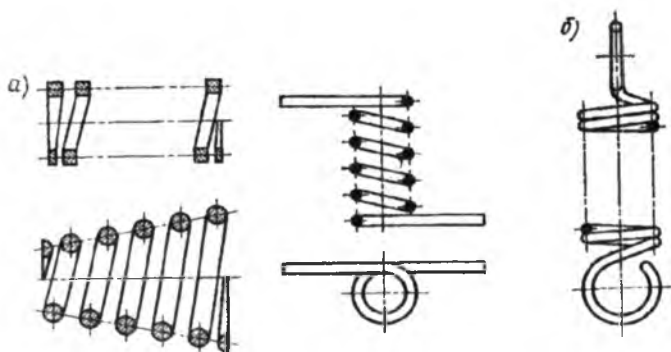


Рис. 261

**Условные изображения пружин** – ГОСТ 2.401-68 изображение витков цилиндрических и конических пружин на плоскости, параллельной оси пружины, следует изображать прямыми линиями, соединяющими сечениями. Если количество витков превышает четыре, то допускается изображать только 1-2 крайних витка, не считая опорных. Пружины могут изображаться как в разрезе так и на вите (рис. 261).

Витки винтовых пружин толщиной сечения на чертеже 2 мм и менее следует изображать в виде прямых утолщенных линий (рис. 262).

Цилиндрические пружины, работающие на растяжении и имеющие зацепы для крепления, изображают частично не рассеченными (рис. 263).

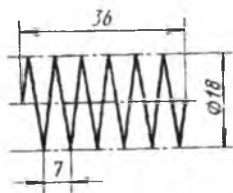


Рис. 262

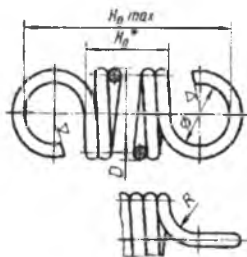


Рис. 263

Спиральные пружины рекомендуется изображать упрощенно начальными и конечными витками, переходящими на чертеже в утолщенные штрихпунктирные линии. (рис. 264).

При изображении пружин с заданным направлением навивки на чертеже следует делать надпись; **направление навивки правое** или **направление навивки левое**. При этом изображение навивки на чертеже может быть только правое.

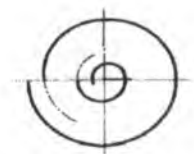


Рис. 264

На чертежах винтовых пружин вместо наружного диаметра (диаметре на гильзе) допускается ставить внутренний диаметр (диаметр по стержню).

Рабочие чертежи пружин изображают обычно одним главным видом, располагая ось пружины параллельно плоскости. **Расчетные данные пружины.** Для выполнения рабочего чертежа пружины надо знать ее основные размеры, нагрузку и материал, из которого должна быть изготовлена пружина.

Основными заданными параметрами пружины, работающей на сжатие, должны быть:

Диаметр по гильзе  $D$ , (внешний диаметр): диаметр сечения прутка  $d$ , число рабочих витков  $n$ ; число витков полное  $n_1$ ; диаметр контрольного стержня  $D_0$ : высота (длина) пружины в свободном состоянии  $H_0 = n \cdot t + d$ : твердость HRC: направление навивки.

### Последовательность выполнения рабочего чертежа пружины работающей на сжатие

Пружину на чертеже изображают в горизонтальном положении.

Параллельно осевой линии пружины проводят осевые линии сечения прутка, соответствующие  $D_{\text{ср}}$ . Если заданы размеры  $D_0 = 56$  мм, диаметр прутка  $d=8$  мм, то  $D_{\text{ср}} = 56 - 8 = 48$  мм.

Откладывают длину пружины в свободном состоянии  $H_0=136$  мм.

Technical drawing of a helical spring. The drawing shows two views of the spring. The left view is a side view showing the helical coils with a pitch of 11.5. The right view is an end view showing the circular cross-section of the spring with an outer diameter of 15. The spring has a total length of 136. The wire diameter is 2. The inner diameter of the coils is 11.5. The outer diameter of the coils is 15. The spring is made of a material with a yield strength of 1100. The spring is labeled with the number 11.5. The spring is shown in a compressed state.

1. Направление навитки пружины правое  
 2.  $n = 8$   
 3.  $n_1 = 9,5$   
 4. \* Размеры для справок

На верхней осевой **D** ср радиусом 4 мм скруглить полное сечение прутка. От центра округления витка отложить шаг **t** и скруглить второй виток ( $t = \frac{H_0}{N_0}$ . **H**<sub>0</sub> -высота пружины в свободном состоянии; **N**<sub>1</sub> – полное число витков в пружине, работающей на сжатие,

t.e.  $t = \frac{H_0}{N_0} = \frac{136}{9} \approx 15$  мм). (В пружине, работающей на растяжение, шаг  $t$  равен  $d$ )  $H_0 = nt + d = 8 \cdot 15 + 8 = 136$  мм витков – 8;  $n_1$  – полное число витков;  $n_1 = n + 2,5 = 9,5$  мм. Разделив шаг пополам и проведя из середины перпендикуляр на нижнюю осевую, найдем центр витка  $t_1$ , где на рис. 265 поставлен размер 11,5 – расстояние между центрами опорного и поджатого витков.

Диаметр по стержню  $D_c$  вытекает из построения;

$$D_0 = D_c - 2d = 56 - 16 = 40 \text{ мм.}$$

$H_{0\max}$  – при наибольшем сжатии пружины, определяется путем умножения полого число витков на диаметр прутка:

$$n_1 d = 9,5 \cdot 8 = 76 \text{ мм, когда } t = d.$$

Нагрузку мы установить не можем, поэтому на учебном чертеже можно ставить основные параметры:  $H_0$ ,  $d$ ,  $n$ ,  $n_1$  и размеры для справок (рис 266).

Длину прутка подсчитать по формуле

$$L = \pi \cdot D \cdot n_1$$

### Вопросы для самопроверки

1. Какие с базы используются для простановки размеров?
2. Что называется шероховатостью поверхности?
3. Какие знаки используются на чертежах для обозначения шероховатости?
4. Как наносятся знаки шероховатости на изображении и в целом на чертеже детали?
5. Что называется эскизом детали?
6. В какой последовательности выполняют эскиз?
7. Какие инструменты используются для обмера детали?
8. Как определить тип и размер резьбы при эскизировании с натуры?
9. Что общего и в чем различие между эскизом и рабочим чертежом детали?
10. Какие разновидности пружин вы знаете?
11. Какие условности применяются при вычерчивании пружин?
12. Какие указание технических требований наносятся на рабочем чертеже пружины?
13. Какие данные для изготовления пружины включаются в техническое требование?

## ГЛАВА XVIII. СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

При производстве изделий в машиностроении применяются разъемные и неразъемные соединения.

Разъемным соединением называют такие, при разборке которых сохраняются форма деталей. К ним относятся резьбовые, шпоночные, зубчатые (шлицевые), соединение штифтами и шплинтами.

### 18.1. Резьбовые соединения

**Болтовое соединение** состоит из крепежных деталей (болта, гайки и шайбы) и соединяемых деталей. Болтовое соединение, как и большинство резьбовых соединений, на чертежах изображается с применением разреза. Гайки и стержни болтов, попадающие в разрезу вдоль в осей, не штрихуются. Соединяемые детали штрихуют на разрезах в разных направлениях. На сборочных чертежах крепежные детали вычерчиваются по относительным размерам к  $d$ , где  $d$  – диаметр стержня болта (рис. 266) ГОСТ 2.311-68.

Шестигранные гайки и головки болтов рекомендуется изображать на сборочных чертежах и общих видах упрощенно, без фасок (рис. 267) ГОСТ 2.315-68.

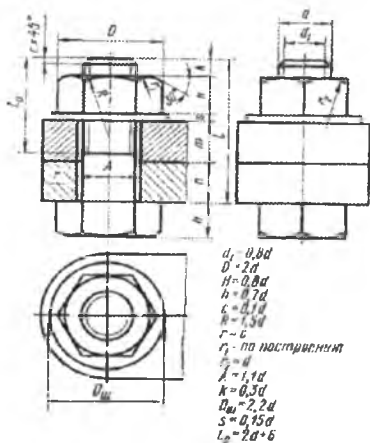


Рис. 266

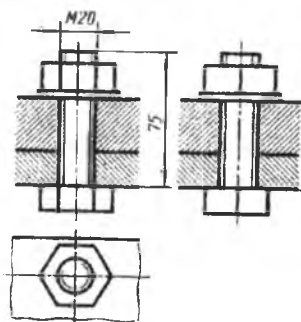


Рис. 267

Зазор между стержнем болта и отверстием детали должен быть при диаметре стержня до 24 мм, общий зазор 1 мм, при диаметре стержня свыше 24 мм – по 1 мм с каждой стороны стержня. Если нет надобности то зазор между стержнем болта и отверстиями деталей можно не показывать.

На рис. 268 показана последовательность выполнения соединения болтом.

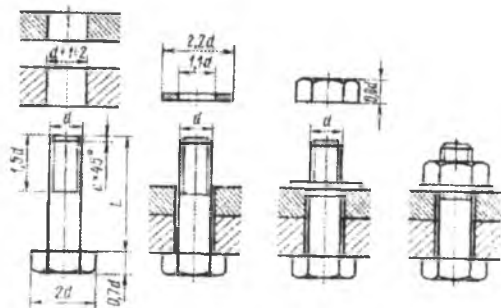


Рис. 268

**Шпильчатое соединение** состоит из шпильки, гайки, шайбы и соединяемых деталей.

Длина вывинчиваемого (посадочного) конца шпильки  $L_1$  зависит, как было сказано выше, от материалов детали. Граница резьбы посадочного конца шпильки совпадает с линией разъема деталей.

Все остальные размеры шпильки согласовываются с ГОСТ 2.2032 – 76. Последовательность выполнения соединения шпилькой показаны на рис. 269.

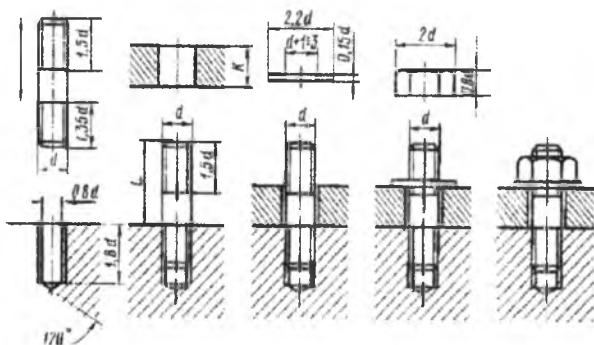


Рис. 269

**Винтовое соединение** состоит из винтов и соединяемых деталей. Винт представляет собой стержень с головкой и резьбой. Винты, изготавливаемые резанием, называют точеными, а штамповкой и с накатанной резьбой – накатанными. Форма винта зависит от его назначения. Различают винты с головкой под отвертку (полукруглой, цилиндрической, потайной) и под ключ. Длина винта зависит от его назначения. Длина ввинчиваемой части должна быть не менее  $1,25 d$ , зазор между винтом и глухим гнездом под винт – не менее  $0,5 d$ .

Шлиц винта (прорезь) для отвертки допускается изображать одной основной толстой линией, равной  $1 \div 1,59$  под углом  $45^\circ$  к рамке чертежа.

На рис. 270 показаны соединения винтами.

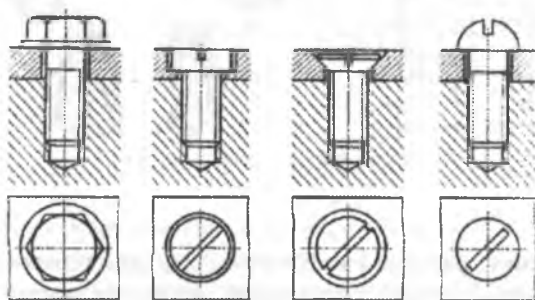


Рис. 270

**Резьбовые соединения труб.** В системах вода и газопровода применяются стальные газопроводные трубы с размерами по ГОСТ 3262-75. Эти трубы характеризуется условным проходом, величина которого равна внутреннему диаметру трубы (в мм) условно обозначается Д.

Для соединения труб применяются стандартные соединительные детали фитинги, к фитингам относятся крестовина, тройник, угольник, муфта прямая и переходная

На рис. 271 показано соединение труб прямой муфтой. В табл. 8 даны основные размеры на тройники прямые, Буквенные обозначения соответствующих элементов прямого тройника (рис. 272) применены и к другим фитингам.

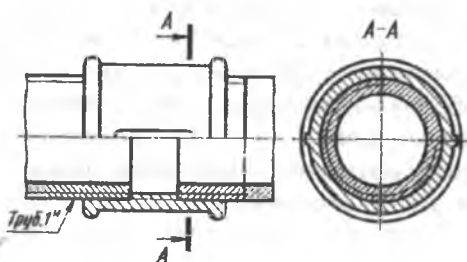


Рис. 271

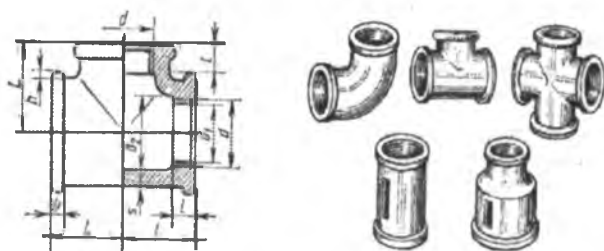


Рис. 272

**Конструктивные размеры элементов, определяющие резьбовые соединения труб с помощью тройника прямого**  
**Выдержка из ГОСТ 8948-75. Размеры в мм.**

Таблица № 8

| Условные<br>проходы трубы | Обозначения<br>резьбы<br>(дюймы) | Диаметр |        | t    | Ребро муфты<br>$L_2$ | $D_2$ | S   | b   | H   | L  |
|---------------------------|----------------------------------|---------|--------|------|----------------------|-------|-----|-----|-----|----|
|                           |                                  | d       | d1     |      |                      |       |     |     |     |    |
| 25                        | G 1"                             | 33,250  | 30,293 | 15,0 | 11,0                 | 34,0  | 3,3 | 4,0 | 2,5 | 38 |
| 40                        | G 1 1/2"                         | 47,805  | 44,847 | 19,0 | 15,0                 | 48,5  | 4,0 | 4,0 | 3,0 | 50 |
| 50                        | G 2"                             | 59,616  | 56,695 | 21,0 | 17,0                 | 60,0  | 4,5 | 5,0 | 3,5 | 58 |

**Соединения шурупами.** Шурупы с потайной головкой (ГОСТ 114580) и с полукруглой головкой (ГОСТ 114580) являются наиболее распространенными на сборочных чертежах в размер длины шурупов с потайной головкой входит высота головки. Она утапли-

вается в специальном углублении (раззенковке), по этому головка не выступает над поверхностью детали. В шурупах с полукруглой головкой длина берется без головки (головки стержня).

В винтах для металла граница резьбы должна быть выше линии разъема деталей (см. рис. 270). В соединениях винтами для дерева (шурупах) граница резьбы может быть выше и ниже линии разъема деталей (рис. 273).



Рис. 273

## 18.2. Соединение шпонками

Шпонки применяются для подвижного и неподвижного соединения шкивов, зубчатых колес, муфты и других деталей с валом.

Шпонки бывают скрепляющие и направляющие. По конструкции шпонки делятся на призматические, сегментные и клиновые.

пазов выбирают по ГОСТ 23360-78 в зависимости от диаметра вала

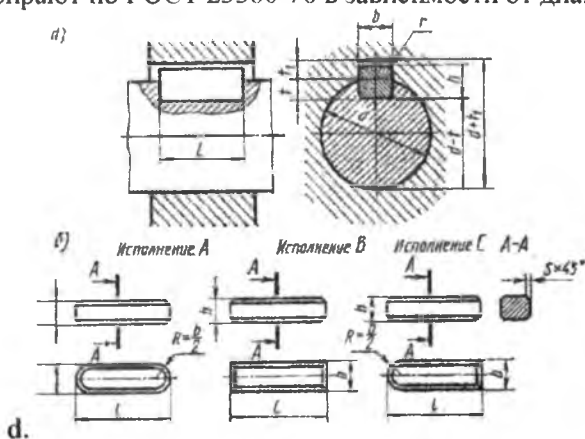


Рис. 274

**Шпонки призматические** – обеспечивают неподвижное или скользящее соединение (рис 274, а) . Призматические шпонки разделяются на обыкновенные, применяемых для неподвижных соединений и направляющие, торцы шпонок бывают с кругленными с двух концов - исполнение А; скругленные с одного конца – исполнение С; В- без сокругления концов (рис 274, б). Основных размеры поперечного сечения шпонок  $b \times h$ , длины  $L$ , а также размеры Пример выбора стандартной призматической шпонки для диаметра вала  $d=36$  мм, ширина сечения шпонки  $b=10$  мм, высота сечения  $h=8$  мм. Длина такой шпонки может быть в пределах от 22 до 110 мм (зависит от длины ступицы).

**Обозначение стандартной шпонки:** шпонка 10x8x65 ГОСТ 23360-78; шпонка С – 10x8x65 ГОСТ 23360-78

Сегментные шпонки применяются для соединения вала с деталями, имеющими сравнительно короткие втулки (рис 275).

Размеры сегментных шпонок и пазов устанавливаются ГОСТ 23360-78

**Условное обозначение сегментных шпонок:** шпонка сечем 6x10 ГОСТ 23360-78

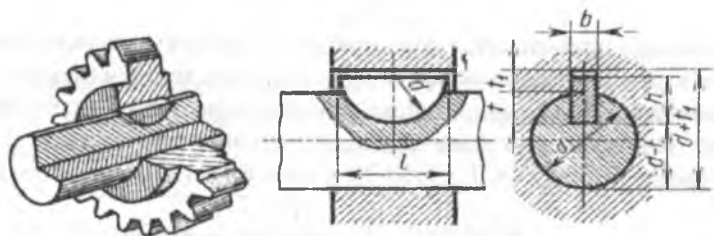


Рис. 275

**Шпонки клиновые** применяют реже, потому что при забивке их в паз образуется несносность вала с зубчатым колесом (перекос). Форма клиновой шпонки - скошенная с одной стороны призма с уклоном 1:100. Соединение на клиновой шпонке имеет боковые зазоры. Форма, типы и размеры клиновых шпонок определены ГОСТ 24068-80.

Шпонки клиновые разделяют на закладные и забивные. У закладных шпонок два закругленных торца - исполнение 1, один закругленный торец - исполнение 2, если два плоских торца - исполнение 3 (рис 276).

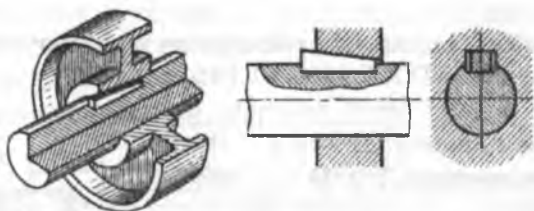


Рис 276

Пример условного обозначения клиновой шпонки: шпонка 2-12x8x80 ГОСТ 24068-80; исполнение 2,  $b=12$  мм,  $h=8$  мм,  $L=80$  мм.

### 18.3. Зубчатые (шлицевые) соединения

Шлицевые соединения детали с валом, подобно шпоночному соединению, предназначены для передачи крутящего момента. В большинстве случаев шлицевые соединения бывают ненапряженные.

Стандартные шлицевые соединения выполняют с прямобочным профилем по ГОСТ 1139-80 (рис. 277, а). И эвольвентным профилем (рис. 277, б). изготавливаются шлицевые соединения и с нестандартными профилями: трапециевидные и треугольные. Прямобочный профиль наиболее распространен, он проще в изготовлении и надежен в эксплуатации. В таблице приведены размеры шлицевого прямобочного соединения.

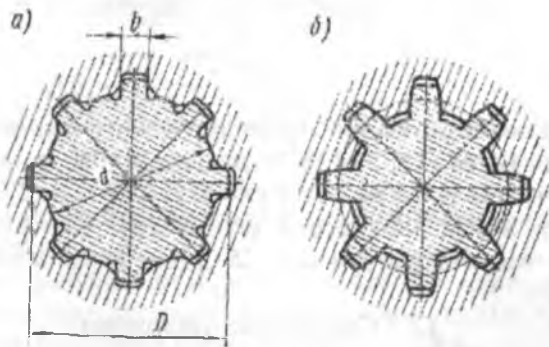


Рис. 277

**Размеры шлицевого соединения прямобочного профиля**  
Выдержка из ГОСТ 1139-80. Размеры в мм.

Таблица № 9

| Номинальный размер соединения $Z+d+D$ | Число зубьев $Z$ | $d$ | $D$ | $b$ |
|---------------------------------------|------------------|-----|-----|-----|
| 6x18x22                               | 6                | 18  | 22  | 5   |
| 8x42x48                               | 8                | 42  | 48  | 8   |
| 10x72x82                              | 10               | 72  | 82  | 12  |

#### 18.4. Соединение штифтами

Штифты применяются для соединения соприкасающихся деталей по цилиндрической или конической поверхности. Штифты применяются также для точной установки и фиксирования одной детали к другой.

Штифт представляет собой стержень цилиндрической или конической формы. Штифты цилиндрической формы применяются для неразъемного соединения, ибо конец штифта надо закернить. Сплошные цилиндрические штифты изготовляют с размерами по ГОСТ 3128-70 (рис. 278, а).

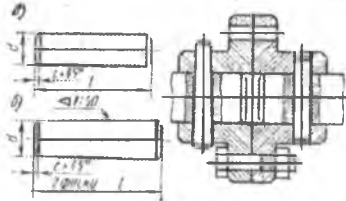


Рис. 278

**Условное обозначение цилиндрического штифта:**

Штифт 10x60 ГОСТ 3128-70; диаметр  $d = 10$ , длина  $L = 60$ .

Конические штифты с конусностью 1:50 – по ГОСТ 3129-70. конический штифт на чертеже обозначают: Штифт 6x25 ГОСТ 3130-70: 6 -наименьший диаметр, 25- длина штифта в миллиметрам (рис. 278, б).

#### 18.5 Соединение шплинтом

Шплинты разводные должны изготовляются из стальной низкоуглеродистой проволоки, стандартных марок (рис. 279). Длина

шплинта выбирается в указанных пределах: для диаметров до 12 мм – с интервалом через 2 мм ; от 15 до 50 мм – через 5 мм и от 50 до 100 мм – через 10 мм.

Обозначение шплинта: шплинт: 8x50 ГОСТ 397-79.

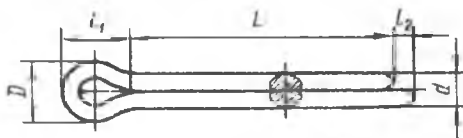


Рис. 279

## 18.6. Неразъемные соединения

Неразъемными соединениями называют такие соединения, при разборке которых нарушается форма соединяемых деталей. Например, чтобы разъединить заклепочное соединение, заклепку надо срубить, сварной шов надо сломать или нагреть до температуры плавления.

**Заклепочное соединения** применяются в конструкциях, подверженных действию высоких температур, ударных и вибрационных нагрузок. Например: котлы паровые, железнодорожные мосты, в кораблестроении.

Условное изображение головок заклепок должны выполняться на чертежах, как показано на рис. 280. Диаметры заклепок от 1 до 36 мм. Основные виды заклепок: с полукруглой головкой – ГОСТ 10299-80; С полупотайной головкой – ГОСТ 10301-80; с потайной головкой – ГОСТ 10300-80; с плоской головкой – ГОСТ 10303-80.

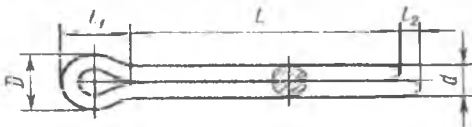


Рис. 280

Диаметр отверстия под заклепку выполняется на 1 мм больше диаметра заклепки.

Заклепки располагают в ряд и в шахматном порядке. Расстояние между центрами заклепок называют шагом  $t$ . Шаг в зависимости от назначения изделия выбирается от 3 до 13  $d$ .

К наиболее прочным швам относят: швы встык с накладками и шов внахлестку. Размещение заклепок на чертеже указывают условным знаком «+» по ГОСТ 2.313-82 (рис. 281).

Длина стержня заклепки берется такой, чтобы выступающая из деталей часть была достаточной при расклепке образованию формы головки заклепки.

При расклепке расстояние между стенками детали и стержнем заполняется.

**Условное обозначение заклепки:** Заклепка 6х24 ГОСТ 10299-68 ( $d=6$ ;  $L=24$ ).

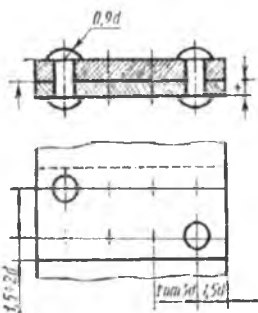


Рис. 281

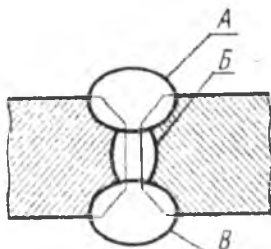


Рис. 282

**Сваркой** называют процесс получения неразъемного соединения металлических и других деталей с применением местного нагрева до плавления или пластического состояния. ГОСТ 2.312-72 устанавливает условные изображения и обозначения швов сварных соединений. Границы шва изображаются основными толстыми линиями, а конструктивные элементы кромок в пределах шва — сплошными тонкими линиями. Штриховка свариваемых деталей выполняются в разные стороны. Сварочные швы делятся на одно и многопроходные. На изображении много проходного шва допускается наносить контуры отдельных проходов, обозначая их прописными буквами русского алфавита (рис. 282).

Видимые швы изображаются сплошными основными линиями невидимые — штриховыми линиями, швы соединений внахлестку, выполняемые в отверстиях, — знаком «+».

ГОСТ 5264 -69 распространяется на швы сварных соединений, конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, выпол-

няемые ручной электродуговой сваркой, условно обозначаемой буквой **Р**, что означает ручная.

ГОСТ 15164-78; 14776-69; 15878-70 определяют типы и конструктивные элементы швов сварных соединений и способы сварки – автоматическую, полуавтоматическую сварку и условно обозначаются буквой **А** – автоматическая, **П** – полуавтоматическая и др.

В соответствии с ГОСТ 19521-74 по физическим признакам сварка подразделяется на термическую, термомеханическую и механическую. Всего различают около **25** видов сварки.

Виды сварных соединений обозначаются буквами: **С** – стыковые соединения (рис. 283); **У** – угловые (рис. 284); **Т** – тавровые (рис. 285); **Н** – нахлесточные (рис. 286).



Рис. 283

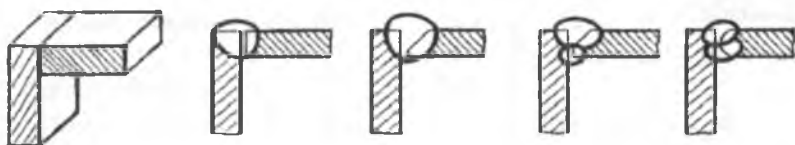


Рис. 284

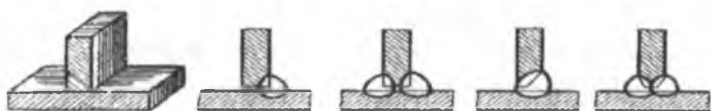


Рис. 285



Рис. 286

Знаки сварных швов состоят из двух отрезков: наклонного с односторонней стрелкой для указания места расположения сварного шва и горизонтального – полки для размеров, знаков и надписей.

## Вопросы для самопроверки

1. Какие вы знаете виды соединений деталей?
2. В чем различие между соединениями разъемными и неразъемными?
3. Какие соединения относятся к разъемным подвижным соединениям? Неподвижным соединениям?
4. Какие вы знаете шпонки?
5. Какие параметры входят в условные обозначения шпонки?
6. Какие соединения называются шлицевыми?
7. Какие виды неразъемных соединений вы знаете?
8. Что такой сварной шов?
9. Как условно изображаются сварные швы?
10. Какие вы знаете соединительные детали трубопроводов? Каково их назначение?
11. Что такой условный проход?
12. Какая резьба нарезается в соединительных деталях трубопроводов?

## ПРИЛОЖЕНИЯ ОПОРНЫЕ СЛОВА

1. Проекция
2. Ортогональная проекция
3. Недостоящая проекция
4. Пространство
5. Октант
6. Четверть
7. Квadrант
8. Точка
9. Точка частного положения
10. Опорная точка
11. Промежуточная точка
12. Общая точка
13. Прямая
14. Отрезок
15. Прямая общего положения
16. Следы прямой
17. Горизонтальный след прямой
18. Фронтальный след прямой
19. Натуральная величина прямой
20. Угол наклона прямой
21. Прямая частного положения
22. Горизонтальная прямая
23. Фронтальная прямая
24. Профильная прямая
25. Горизонтально — проецирующая прямая
26. Фронтально — проецирующая прямая
27. Профильно — проецирующая прямая
28. Две прямые
29. Параллельная прямая
30. Пересекающая прямая
31. Конкурентные точки
32. Плоскость
33. Ось абсциссы
34. Ось ординаты
35. Ось аппликаты.
36. Горизонтальная плоскость проекции
37. Фронтальная плоскость проекции
38. Профильная плоскость проекции
39. Горизонтальный след плоскости
40. Фронтальный след плоскости
41. Профильный след плоскости
42. Точка схода следов
43. Плоскость общего положения
44. Плоскость частного положения
45. Горизонтально — проецирующая плоскость
46. Фронтально — проецирующая плоскость
47. Профильно — проецирующая плоскость
48. Горизонтальная плоскость
49. Фронтальная плоскость
50. Профильная плоскость
51. Биссекторная плоскость
52. Главные линии плоскости
53. Горизонталь плоскости
54. Фронталь плоскости

55. Линия наибольшего наклона
56. Вспомогательная плоскость
57. Прямой угол
58. Угол
59. Поверхность
60. Характер
61. Центр
62. Ось
63. Расстояние
64. Ребро
65. Боковая сторона
66. Многогранник
67. Верхнее основание
68. Нижнее основание
69. Призма
70. Пирамида
71. Цилиндр
72. Конус
73. Усеченный конус
74. Сфера
75. Вспомогательная сфера
76. Минимальная сфера
77. Максимальная сфера
78. Тор
79. Принадлежность
80. Параллельность
81. Перпендикулярность
82. Скрещивающаяся
83. Пересекающаяся
84. Пересечение двух поверхностей
85. Пересечение поверхности с плоскостью
86. Треугольник
87. Натуральная величина треугольника
88. Четырехугольник
89. Многоугольник
90. Ромб
91. Равносторонний треугольник
92. Равнобедренный треугольник
93. Образующая
94. Направляющая
95. Способ прямоугольного треугольника
96. Перемена, замена
97. Вращение
98. Совмещение
99. Диаметр
100. Радиус
101. Равно
102. Центр сферы
103. Касательная
104. Вершина конуса
105. Вершина пирамиды
106. Окружность, вписанный в треугольник
107. Окружность, описанный около треугольника
108. Высота
109. Длина
110. Дальность
111. Направление
112. Сторона
113. Катет
114. Гипотенуза
115. Овал
116. Эллипс
117. Парабола
118. Гипербола
119. Трапеция
120. Концентрический
121. Эксцентрический
122. Симметричный

- 123. Биссектриса
- 124. Линия экватора
- 125. Линия меридианы
- 126. Очерковая образующая
- 127. Прозрачный
- 128. Плоскость вращения
- 129. Ось вращения
- 130. Центр вращения
- 131. Радиус вращения
- 132. Угол вращения
- 133. Дуга окружности
- 134. Относительно
- 135. Двугранный угол
- 136. Основная проекция
- 137. Алгоритм
- 138. Невидимая линия
- 139. Линия связи
- 140. Опорная точка
- 141. Теорема
- 142. Определение
- 143. Свойство
- 144. Луч
- 145. Чертеж
- 146. Периметр
- 147. Подобный
- 148. Представление
- 149. Признак
- 150. Сечение
- 151. Символика
- 152. Соосный
- 153. Способ
- 154. Условия

## ЛИТЕРАТУРА

1. Азимов Т.Д. Чизма геометрия. - Т., 2005.
2. Хорунов Р. Чизма геометрия курси. - Т., 1997.
3. Собитов Э.Э. Чизма геометрия қисқа курси. - Т., 1993.
4. Лагер А.Н., Колесникова Й.А. Инженерная графика. – М.: «Высшая школа», 1985.
5. ГОСТ. ЕСКД. «Основные правила выполнения чертежей». – М.: 1984.
6. Егоров Ф.И. Черчение и рисование. – М.: «Высшая школа», 1985.
7. Боголюбов С.К., Воинов А.В. Черчение. – М.: 1982.
8. Азимов Т.Д. Конспект лекций по начертательной геометрии. - Ташкент, 2008.
9. Давлетов С.А., Шокирова Х.А. Начертательная геометрия. – Т., 2012.
10. Тўхтаев А., Абрамян Й. Машинасозлик чизмачилигидан маълумотнома. –Т.: «Илм-зиё», 2010.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Обозначения и символы, применяемые в учебном пособии. . . .                                    | 3  |
| Предисловие . . . . .                                                                          | 6  |
| <b>НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ</b>                                                                |    |
| <b>I. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ</b>                                                                  |    |
| 1.1. Форматы чертежей. . . . .                                                                 | 7  |
| 1.2. Основная надпись. . . . .                                                                 | 8  |
| 1.3. Типы линии. . . . .                                                                       | 9  |
| 1.4. Шрифты чертежные. . . . .                                                                 | 12 |
| 1.5. Масштабы. . . . .                                                                         | 19 |
| 1.6. Нанесение размеров . . . . .                                                              | 20 |
| <b>II. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ</b>                                                             |    |
| 2.1. Деление отрезков на равные части. . . . .                                                 | 24 |
| 2.2. Построение и деление углов. . . . .                                                       | 25 |
| 2.3. Построение уклонов и конусности. . . . .                                                  | 29 |
| 2.4. Окружность и многоугольники. . . . .                                                      | 30 |
| 2.4.1. Нахождение центра окружности или дуги окружности. . .                                   | 30 |
| 2.4.2. Деление окружности на равные части и построение равносторонних многоугольников. . . . . | 30 |
| 2.4.3. Деление окружности на три, шесть и двенадцать равных частей. . . . .                    | 31 |
| 2.4.4. Деление окружности на пять равных частей. . . . .                                       | 32 |
| 2.4.5. Деление окружности на любое число равных частей. . . .                                  | 33 |
| <b>III. СОПРЯЖЕНИЯ И КАСАТЕЛЬНЫЕ</b>                                                           |    |
| 3.1. Сопряжение двух пересекающихся прямых. . . . .                                            | 35 |
| 3.2. Сопряжение двух параллельных прямых. . . . .                                              | 36 |
| 3.3. Спряжение дуги с прямой, дугой заданного радиуса. . . . .                                 | 36 |
| 3.4. Сопряжение двух дуг дугой заданного радиуса. . . . .                                      | 37 |
| 3.5. Овалы. . . . .                                                                            | 39 |

#### **IV. ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ**

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 4.1. Эллипс . . . . .               | 42 |
| 4.2. Парабола. . . . .              | 44 |
| 4.3. Гипербола. . . . .             | 44 |
| 4.4. Циклоида. . . . .              | 45 |
| 4.5. Эвольвента окружности. . . . . | 46 |
| 4.6. Спираль Архимеда. . . . .      | 47 |
| 4.7. Синусоида. . . . .             | 47 |

#### **V. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ**

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 5.1. Центральное проецирование. . . . .           | 50 |
| 5.2. Прямоугольное проецирование. . . . .         | 51 |
| 5.3. Аксонометрическое проецирование. . . . .     | 51 |
| 5.4. Проецирование с числовыми отметками. . . . . | 52 |

#### **VI. ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ ТОЧКИ**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1. Проецирование точки на одну и две плоскости проекции. . . . . | 54 |
| 6.2. Проецирование точки на три плоскости проекции. . . . .        | 55 |

#### **VII. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ПРОЕКТЦИИ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ**

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1. Положение отрезка прямой относительно плоскостей проекции <b>H, V, W</b> . . . . . | 57 |
| 7.2. Следы прямой . . . . .                                                             | 59 |
| 7.3. Взаимное положение двух прямых. . . . .                                            | 60 |

#### **VIII. ПЛОСКОСТЬ**

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.1. Положение плоскостей относительно основных ( <b>H, V, W</b> ) плоскостей проекции . . . . . | 62 |
| 8.2. Прямые особого положения. Проекция прямой и точки, расположенной на плоскости. . . . .      | 64 |
| 8.3. Точка в плоскости. . . . .                                                                  | 65 |

## **IX. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.1. Способ вращения. . . . .                                            | 67 |
| 9.2. Способ совмещения. . . . .                                          | 68 |
| 9.3. Способ перемены плоскостей проекций. . . . .                        | 70 |
| 9.4. Определение натуральной величины отрезка общего положения . . . . . | 71 |

## **X. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ**

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 10.1. Прямоугольные аксонометрические проекции . . . . .                           | 74 |
| 10.2. Косоугольные аксонометрические проекции. . . . .                             | 75 |
| 10.3. Плоские фигуры и геометрические тела в аксонометрических проекциях . . . . . | 76 |
| 10.3.1. Изометрические прямоугольные проекции. . . . .                             | 76 |
| 10.3.2. Диметрические прямоугольные проекции. . . . .                              | 77 |
| 10.3.3. Фронтальные косоугольные диметрические проекции. . . . .                   | 78 |
| 10.4. Изображение тел в аксонометрических проекциях. . . . .                       | 79 |
| 10.5. Прямоугольные изометрические проекции окружности. . . . .                    | 79 |
| 10.6. Прямоугольная диметрическая проекция окружности. . . . .                     | 82 |
| 10.7. Фронтальная диметрическая проекция окружности. . . . .                       | 84 |

## **XI. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ**

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11.1. Прямоугольные проекции призмы. . . . .                                      | 86 |
| 11.2. Прямоугольные проекции пирамиды. . . . .                                    | 87 |
| 11.3. Развертка поверхности многогранника. . . . .                                | 88 |
| 11.4. Прямоугольные проекции цилиндра. . . . .                                    | 89 |
| 11.5. Прямоугольные проекции конуса. . . . .                                      | 90 |
| 11.6. Развертка поверхности конуса. . . . .                                       | 90 |
| 11.7. Прямоугольные проекции шара. . . . .                                        | 91 |
| Прямоугольные проекции тора. . . . .                                              | 92 |
| 11.9. Проекции точек и отрезков прямых на поверхности геометрических тел. . . . . | 92 |
| 11.10. Аксонометрические проекции геометрических тел. . . . .                     | 94 |

## **ХII. СЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЬЮ**

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 12.1. Сечение пирамиды. . . . .                          | 100 |
| 12.2. Сечение цилиндра. . . . .                          | 102 |
| 12.3. Развертка поверхности усеченного цилиндра. . . . . | 103 |
| 12.4. Сечения конуса. . . . .                            | 104 |

## **ХIII. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ**

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.1. Взаимное пересечение цилиндрических поверхностей. . . . .    | 107 |
| 13.2. Взаимное пересечение многогранников. . . . .                 | 109 |
| 13.3. Взаимное пересечение многогранника с телом вращения. . . . . | 110 |
| 13.4. Взаимное пересечение тел вращения. . . . .                   | 111 |

## **ХIV. КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ**

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 14.1. Построение и чтение комплексных чертежей деталей. . . . . | 116 |
|-----------------------------------------------------------------|-----|

## **ХV. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ ИЗДЕЛИЙ**

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.1. Виды и комплектность конструкторской документации. . . . . | 119 |
| 15.2. Изображения – виды, разрезы, сечения. . . . .              | 120 |
| 15.2.1. Дополнительные виды. . . . .                             | 121 |
| 15.2.2. Местные виды. . . . .                                    | 122 |
| 15.2.3. Выносные элементы. . . . .                               | 123 |
| 15.3. Понятие о разрезах. . . . .                                | 123 |
| 15.4. Разрезы простые. . . . .                                   | 124 |
| 15.4.1. Соединение вида с разрезом. . . . .                      | 126 |
| 15.5. Правила нанесения штриховки на разрезах. . . . .           | 127 |
| 15.6. Разрезы сложные. . . . .                                   | 128 |
| 15.6.1. Обозначение сложных разрезов на чертежах. . . . .        | 129 |
| 15.7. Сечения. . . . .                                           | 129 |
| 15.8. Условности и упрощения на чертежах. . . . .                | 132 |

## **XVI. РЕЗЬБЫ И ИЗДЕЛИЯ С РЕЗЬБОЙ**

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 16.1. Винтовая линия и винтовая поверхность. . . . .        | 135 |
| 16.2. Изображение и обозначение резьбы на чертежах. . . . . | 139 |
| 16.3. Крепежные изделия. . . . .                            | 142 |

## **XVII. СОСТАВЛЕНИЕ ЭСКИЗОВ И ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ**

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.1. Нанесение размеров на эскизах и чертежах. . . . .                      | 149 |
| 17.2. Шероховатость поверхностей и ее обозначение на чер-<br>тежах . . . . . | 152 |
| 17.3. Обозначение на чертежах материалов деталей. . . . .                    | 155 |
| 17.4. Предельные отклонения размеров. . . . .                                | 156 |
| 17.5. Посадки. . . . .                                                       | 157 |
| 17.6. Измерительные инструменты. . . . .                                     | 158 |
| 17.7. Выполнение эскизов. . . . .                                            | 159 |
| 17.8. Рабочий чертеж детали (чертеж по эскизу) . . . . .                     | 161 |
| 17.9. Пружины. . . . .                                                       | 162 |

## **XVIII. СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ**

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.1. Резьбовые соединения. . . . .                                                       | 167 |
| 18.2. Соединение шпонками. . . . .                                                        | 171 |
| 18.3. Зубчатые (шлицевые) соединения. . . . .                                             | 173 |
| 18.4. Соединение штифтами. . . . .                                                        | 174 |
| 18.5. Соединение шплинтом. . . . .                                                        | 174 |
| 18.6. Неразъемные соединения. . . . .                                                     | 175 |
| Опорные слова применяемые по «Начертательной геометрии и<br>инженерной графики» . . . . . | 179 |
| Литература. . . . .                                                                       | 182 |

## MUNDARIJA

|                                                           |   |
|-----------------------------------------------------------|---|
| O'quv qo'lanmada qo'llanilgan belgilar va simvollar. .... | 3 |
| So'z boshi. ....                                          | 6 |

### CHIZMA GEOMETRIYA

#### I. CHIZMALANI RASMIYLASHTIRISH

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 1.1. Chizma formatlari. ....    | 7  |
| 1.2. Asosiy yozuv. ....         | 8  |
| 1.3. Chiziq turlari. ....       | 9  |
| 1.4. Chizma shriftlari. ....    | 12 |
| 1.5. Masshtablar. ....          | 19 |
| 1.6. O'lchamlarni qo'yish. .... | 20 |

#### II. GEOMETRIK CHIZMACHILIK

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Kesmani teng bo'laklarga bo'lish. ....                                           | 24 |
| 2.2. Burchaklarni bo'lish va qurish. ....                                             | 25 |
| 2.3. Qiyalik va konuslikni qurish. ....                                               | 29 |
| 2.4. Aylana va ko'pburchaklar. ....                                                   | 30 |
| 2.4.1. Aylana yoki aylana yoyining markazini aniqlash. ....                           | 30 |
| 2.4.2. Aylanani teng bo'laklarga ajratish va teng tomonli ko'pburchaklar qurish. .... | 30 |
| 2.4.3. Aylanani uch, olti va o'n ikki teng bo'laklarga bo'lish. ....                  | 31 |
| 2.4.4. Aylanani teng besh bo'lakka bo'lish. ....                                      | 32 |
| 2.4.5. Aylanani istalgan sonli teng bo'laklarga bo'lish. ....                         | 33 |

#### III. TUTASHUV VA URINMALAR

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Ikki kesishuv to'g'ri chiziqlarning tutashuvi. ....              | 35 |
| 3.2. Ikki parallel to'g'ri chiziqlarning tutashuvi. ....              | 36 |
| 3.3. Berilgan radiusdagi yoyning to'g'ri chiziq bilan tutashuvi. .... | 36 |
| 3.4. Ikki yoyning berilgan radiusdagi yoy bilan tutashuvi. ....       | 37 |
| 3.5. Ovallar. ....                                                    | 39 |

#### IV. LEKALO EGRI CHIZIQLARI

|                   |    |
|-------------------|----|
| 4.1. Ellips. .... | 42 |
|-------------------|----|

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 4.2. Parabola . . . . .          | 44 |
| 4.3. Giperbola . . . . .         | 44 |
| 4.4. Sikloida . . . . .          | 45 |
| 4.5. Aylana evolventasi. . . . . | 46 |
| 4.6. Arximed spirali. . . . .    | 47 |
| 4.7. Sinusoida. . . . .          | 47 |

## **V. CHIZMA GEOMETRIYA ASOSLARI**

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 5.1. Markaziy proyeksiyalash . . . . .             | 50 |
| 5.2. To'g'ri burchakli proyeksiyalash. . . . .     | 51 |
| 5.3. Aksonometrik proyeksiyalash. . . . .          | 51 |
| 5.4. Sonli belgilar bilan proyeksiyalash . . . . . | 52 |

## **VI. NUQTANING TO'G'RI BURCHAKLI PROYEKSIYALARI**

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 6.1. Nuqtaning bir va ikki tekislikka proyeksiyalash. . . . . | 54 |
| 6.2. Nuqtaning uchta tekislikka proyeksiyalash . . . . .      | 55 |

## **VII. TO'G'RI CHIZIQ KESMASINING TO'G'RI BURCHAKLI PROYEKSIYALARI**

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1. To'g'ri chiziq kesmasining $H$ , $V$ , $W$ tekisliklariga nisbatan xolatlari. . . . . | 57 |
| 7.2. To'g'ri chiziq izlari. . . . .                                                        | 59 |
| 7.3. Ikki to'g'ri chiziqning o'zaro xolatlari . . . . .                                    | 60 |

## **VIII. TEKISLIK**

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.1. Tekisliklarni asosiy proyeksiya tekisliklarga ( $H$ , $V$ , $W$ ) nisbatan xolatlari. . . . . | 62 |
| 8.2. Tekislikda joylashgan to'g'ri chiziq va nuqta. Maxsus vaziyatdagi to'g'ri chiziqlar. . . . .  | 64 |
| 8.3. Tekislikdagi nuqta. . . . .                                                                   | 65 |

## **IX. PROEKSIYALARNI QAYTA QURISH USULLARI**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.1. Aylantirish usuli . . . . .                                         | 67 |
| 9.2. Joylashtirish usuli . . . . .                                       | 68 |
| 9.3. Proeksiya tekisliklarini alinastirish usuli. . . . .                | 70 |
| 9.4. Umumiy vaziyatdagi kesmaning haqiqiy kattaligini aniqlash . . . . . | 71 |

## **X. AKSONOMETRIK PROYEKSIYALAR**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 10.1. To'g'ri burchakli aksonometrik proyeksiyalar . . . . .            | 74 |
| 10.2. Qiyshiq burchakli aksonometrik proyeksiyalar . . . . .            | 75 |
| 10.3. Aksonometrik proyeksiyalarda yassi shakillar va jismlar . . . . . | 76 |
| 10.3.1. To'g'ri burchakli izometrik proyeksiyalar . . . . .             | 76 |
| 10.3.2. To'g'ri burchakli dimetrik proyeksiyalar . . . . .              | 77 |
| 10.3.3. Qiyshiq burchakli frontal dimetrik proyeksiyalar . . . . .      | 78 |
| 10.4. Aksonometrik proyeksiyalarda jismlarni tasvirlash . . . . .       | 79 |
| 10.5. Aylananing to'g'ri burchakli izometrik sikllari . . . . .         | 79 |
| 10.6. Aylananing to'g'ri burchakli dimetrik proyeksiyalar . . . . .     | 82 |
| 10.7. Aylananing frontal dimetrik proyeksiyalar . . . . .               | 84 |

## **XI. GEOMETRIK JISMLARNING TO'G'RI BURCHAKLI PROYEKSIYALARI**

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11.1. Prizmaning to'g'ri chiziqli proeksiyalari . . . . .                                      | 86 |
| 11.2. Prizmaning to'g'ri chiziqli proeksiyalari . . . . .                                      | 87 |
| 11.3. Ko'pyoqli sirtning yoyilmasi . . . . .                                                   | 88 |
| 11.4. Silindrning to'g'ri burchakli proyeksiyalar . . . . .                                    | 89 |
| 11.5. Konusning to'g'ri burchakli proyeksiyalar . . . . .                                      | 90 |
| 11.6. Konus sirtining yoyilmasi . . . . .                                                      | 90 |
| 11.7. Sharning to'g'ri burchakli proyeksiyalari . . . . .                                      | 91 |
| 11.8. Torning to'g'ri burchakli proyeksiyalari . . . . .                                       | 92 |
| 11.9. Geometrik jismlar sirtidagi nuqta va to'g'ri chiziq kesmasining proyeksiyalari . . . . . | 92 |
| 11.10. Geometrik jismlarning aksonometrik proyeksiyalari . . . . .                             | 94 |

## **XII. GEOMETRIK JISMLARNING TEKISLIK BILAN KESISHUVI**

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 12.1. Piramida kesimi .....                   | 100 |
| 12.2. Silindr kesimi .....                    | 102 |
| 12.3. Kesik silindr sirtining yoyilmasi ..... | 103 |
| 12.4. Konus kesimi .....                      | 104 |

## **XIII. GEOMETRIK JISMLARNING O'ZARO KESISHISHI**

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.1. Silindirlik sirtlarning o'zaro kesishishi .....              | 107 |
| 13.2. Ko'pyoqliklarning o'zaro kesishishi .....                    | 109 |
| 13.3. Ko'pyoqliklarning aylansh jismi bilan o'zaro kesishishi .... | 110 |
| 13.4. Aylanish jismlarining o'zaro kesishishi .....                | 111 |

## **XIV. KOMPLEKS MASALALAR**

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.1. Detallarning kompleks chizmalarini ko'rish va o'qish ..... | 116 |
|------------------------------------------------------------------|-----|

## **XV. TASVIR – BUYUM TURLARI**

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 15.1. Konstruktorlik xujjatlarining turlari va komplekti ..... | 119 |
| 15.2. TASVIRLAR - ko'rinishlar, qirqimlar, kesimlar .....      | 120 |
| 15.2.1. Qo'shimcha ko'rinishlar .....                          | 121 |
| 15.2.2. Ayrim joy ko'rinsblari .....                           | 122 |
| 15.2.3. Chiqarish elementlari .....                            | 123 |
| 15.3. Qirqimlar haqida tushunchalar .....                      | 123 |
| 15.4. Oddiy qirqimlar .....                                    | 124 |
| 15.4.1. Ko'rinishni qirqim bilan tasvirlash .....              | 126 |
| 15.5. Qirqimlarda shtrixlash qoidalari .....                   | 127 |
| 15.6. Murakkab qirqimlar .....                                 | 128 |
| 15.6.1. Chizmada murakkab qirqimlarni belgilash .....          | 129 |
| 15.7. Kesimlar .....                                           | 129 |
| 15.8. Chizmalarda shartlik va soddalashtirishlar .....         | 132 |

## **XVI. REZ'BALAR VA REZ'BALI BUYUMLAR**

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 16.1. Vint chiziqlari va vintli sirtlar ..... | 135 |
|-----------------------------------------------|-----|

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 16.2. Rez'balarni chizmalarda tasvirlash va belgilash . . . . . | 139 |
| 16.3. Maxkamlovchi buyumlar . . . . .                           | 142 |

## **XVII. DETALLARNI ESKIZLARINI VA CHIZMALARINI TUZISH**

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.1. Eskiz va chizmalarga o'lcham qo'yish . . . . .                                  | 149 |
| 17.2. Sirtalarning g'adur-budurhiklari va ularni chizmalarda bel-<br>gilash . . . . . | 152 |
| 17.3. Chizmalardagi detal materiallarini belgilash . . . . .                          | 155 |
| 17.4. O'lchamlarni chetga chiqishi . . . . .                                          | 156 |
| 17.5. Posadkalar . . . . .                                                            | 157 |
| 17.6. O'lchov asboblari . . . . .                                                     | 158 |
| 17.7. Eskizlarni bajarish . . . . .                                                   | 159 |
| 17.8. Detallarning ish chizmalari (eskizdan chizilgan chizmalar) . .                  | 161 |
| 17.9. Purjinalar . . . . .                                                            | 162 |

## **XVIII. DETALLARNING BIRIKMALARI**

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.1. Rez'bali birikmalar . . . . .                                                | 167 |
| 18.2. Shponkali . . . . .                                                          | 171 |
| 18.3. Tishli (Shlisali) birikmalar . . . . .                                       | 173 |
| 18.4. Shtiftli birikma . . . . .                                                   | 174 |
| 18.5. Shplintli . . . . .                                                          | 174 |
| 18.6. Ajralmaydigan . . . . .                                                      | 175 |
| Chizma geometriya va muhandislik grafikasi fanidan tayanch ibo-<br>ralar . . . . . | 179 |
| Adabiyotlar . . . . .                                                              | 182 |

## CONTENT

|                                                               |   |
|---------------------------------------------------------------|---|
| Designation and symbols, which are used in tutorial . . . . . | 3 |
| Instruction . . . . .                                         | 6 |

### 1. PREPARATION OF DRAWINGS

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1.1. Drawing Format . . . . .     | 7  |
| 1.2. The main Signature . . . . . | 8  |
| 1.3. Lines . . . . .              | 9  |
| 1.4. Fonts drawing . . . . .      | 12 |
| 1.5. Measures . . . . .           | 19 |
| 1.6. Dimensioning . . . . .       | 20 |

### 2. GEOMETRIC DRAWING

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. The division of segments into equal parts . . . . .                                         | 24 |
| 2.2. Building and division angels . . . . .                                                      | 25 |
| 2.3. Construction of ramp and taper . . . . .                                                    | 29 |
| 2.4. Circle and polygons . . . . .                                                               | 30 |
| 2.4.1 .Finding the center of a circle or an arc of a circle . . . . .                            | 30 |
| 2.4.2. Divide the circle into equal parts and the construction of equilateral polygons . . . . . | 30 |
| 2.4.3. Divide the circle into three, six and twelve equal parts . . . . .                        | 31 |
| 2.4.4. Divide the circle into five equal parts . . . . .                                         | 32 |
| 2.4.5. Divide the circle into any number of equal parts . . . . .                                | 33 |

### 3. CONJUGATION AND TANGENTS

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Pairing and tangents. . . . .                                       | 35 |
| 3.2. Pairing two parallel lines . . . . .                                | 36 |
| 3.3. Pairing are with straight line, the are of a given radius . . . . . | 36 |
| 3.4. Pairing two arcs of a given radius . . . . .                        | 37 |
| 3.5 Ovals . . . . .                                                      | 39 |

### 4. LECKAL CUPVES

|                        |    |
|------------------------|----|
| 4.1. Ellipse . . . . . | 42 |
|------------------------|----|

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 4.2. Parabola . . . . .                    | 44 |
| 4.3. Hyperbole . . . . .                   | 44 |
| 4.4. Cycloid . . . . .                     | 45 |
| 4.5. The involutes of the circle . . . . . | 46 |
| 4.6. Archimedean spiral . . . . .          | 47 |
| 4.7. Sinusoid . . . . .                    | 47 |

## **5. FUNDAMENTALS OF DESCRIPTIVE GEOMETRY**

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 5.1. Central projection . . . . .              | 50 |
| 5.2. Rectangual projection . . . . .           | 51 |
| 5.3. Perspective projection . . . . .          | 51 |
| 5.4. Projection with numerical marks . . . . . | 52 |

## **6. RECTANGULAR PROJECTION OF THE POINT**

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1. Projecting point into one and two projection plane . . . . . | 54 |
| 6.2. Projecting point into tree projection planes . . . . .       | 55 |

## **7. RECTANGULAR PROJECTION OF THE SECTION OF STRAIGHT LINE**

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1. The position of the segment relative to projection planes <b>H, V, W</b> . . . . . | 57 |
| 7.2. Following direct . . . . .                                                         | 59 |
| 7.3. The mutual position of two lines . . . . .                                         | 60 |

## **8. PLANE**

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8.1. The position of planes relative to the main projection planes ( <b>H, V, W</b> ) . . . . . | 62 |
| 8.2. The special position lines. Projection of the point and line . . .                         | 64 |
| 8.3. Point in the plane . . . . .                                                               | 65 |

## **9. ADAPTING THE PROJECTION**

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 9.1. The method of rotation . . . . .  | 67 |
| 9.2. The method of combining . . . . . | 68 |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 9.3. The method of changing projection planes . . . . .              | 70 |
| 9.4. Determination of the actual size of the segment generic . . . . | 71 |

## **10. AXONOMETRIC PROJECTION**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 10.1. Rectangular axonometric projections . . . . .              | 74 |
| 10.2. Oblique projections . . . . .                              | 75 |
| 10.3. Plane figures and geometric body in axonometric projection | 76 |
| 10.3.1. Isometric rectangular projection . . . . .               | 76 |
| 10.3.2. Diametric rectangular projection . . . . .               | 77 |
| 10.3.3. Front oblique diametric projections . . . . .            | 78 |
| 10.4. Image body in axonometric projections . . . . .            | 79 |
| 10.5. Rectangular isometric projection of circle . . . . .       | 79 |
| 10.6. Rectangular diametric projection of circle . . . . .       | 82 |
| 10.7. Front diametric projection of circle . . . . .             | 84 |

## **11. RECTANGULAR PROJECTIONS OF SOLIDS**

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11.1. Rectangular projections of a prism . . . . .                                  | 86 |
| 11.2. Rectangular projections of a pyramid . . . . .                                | 87 |
| 11.3. Scan the surface of a . . . . .                                               | 88 |
| 11.4. Rectangular projections of a ppolyhedron . . . . .                            | 89 |
| 11.5. Rectangular projections of a cylinder . . . . .                               | 90 |
| 11.6. Scan the surface of a cone . . . . .                                          | 90 |
| 11.7. Rectangular projections of a cone . . . . .                                   | 91 |
| 11.8. Rectangular projections of a sphere . . . . .                                 | 92 |
| 11.9. Projections of points and line segmets on the surface of the solids . . . . . | 92 |
| 11.10. Axonometric projections of sphere . . . . .                                  | 94 |

## **12. CROSSING GEOMETRIC BODIES BY PLANE**

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 12.1. The cross section of the pyramid . . . . .         | 100 |
| 12.2. The cross section of the cylinder . . . . .        | 102 |
| 12.3. Sean the surface of a truncated cylinder . . . . . | 103 |
| 12.4. The cross section of the cone . . . . .            | 104 |

### **13. THE OVEREARNINGS SURFACES OF GEOMETRIC BODIES**

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.1. The overearnings cylindrical surfaces . . . . .                 | 107 |
| 13.2. The overearnings of polyhedron . . . . .                        | 109 |
| 13.3. The overearnings of the polyhedron with rotation body . . . . . | 110 |
| 13.4. The overearnings of rotation body . . . . .                     | 111 |

### **14. COMPLEX TASKS**

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.1. Building and reading complex drawings of details . . . . . | 116 |
|------------------------------------------------------------------|-----|

### **15. IMAGE – TYPES OF PRODUCTS**

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.1. Types and completeness of the design documentation . . . . . | 119 |
| 15.2. Image – types, incisions, sections . . . . .                 | 120 |
| 15.2.1. Advanced types . . . . .                                   | 121 |
| 15.2.2. Native types . . . . .                                     | 122 |
| 15.2.3. The conceiting of incisions . . . . .                      | 123 |
| 15.4. Simple incisions . . . . .                                   | 123 |
| 15.4.1 Connecting type with incisions . . . . .                    | 124 |
| 15.5. Rules applying shading on incision in the drawing . . . . .  | 126 |
| 15.6. Hard incisions . . . . .                                     | 127 |
| 15.6.1. Designation of complex incision in the drawing . . . . .   | 128 |
| 15.7. Sections . . . . .                                           | 129 |
| 15.8. Conventions and symbols in the drawings . . . . .            | 132 |

### **16. THREADS AND THREADED PRODUCTS**

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 16.1. Spiral and helical surfaces . . . . .                           | 135 |
| 16.2. Image and determination of the spiral in the drawings . . . . . | 139 |
| 16.3. Fasteners . . . . .                                             | 142 |

### **17. COMBINATION OF SKETCHES AND DRAWINGS OF PARTS**

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.1. Dimensioning on sketches and drawings . . . . .                  | 149 |
| 17.2. Surface roughness and it's designation of the drawings . . . . . | 152 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 17.3. Designation in the drawing of parts materials . . . . .   | 155 |
| 17.4. Tolerated dimensions . . . . .                            | 156 |
| 17.5. Landing . . . . .                                         | 157 |
| 17.6. Measuring tools . . . . .                                 | 158 |
| 17.7. Performance of sketches . . . . .                         | 159 |
| 17.8. Working drawing details (Drawing on the design) . . . . . | 161 |
| 17.9. Springs . . . . .                                         | 162 |

## 18. CONNECTION DETAILS

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 18.1. Threaded connections . . . . .           | 167 |
| 18.2. Connection dowels . . . . .              | 171 |
| 18.3. Scrrated (toothed) connections . . . . . | 173 |
| 18.4. Connections pins . . . . .               | 174 |
| 18.5. Connections cotter . . . . .             | 174 |
| 18.6. Unsplit connections . . . . .            | 175 |
| «Key words, which are used in» . . . . .       | 179 |
| Literature . . . . .                           | 182 |

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

<

**АЛИМОВА Д.К.**

# **НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

**Ташкент – «Fan va texnologiya» – 2016**

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Редактор:                | Ш.Кушербаева   |
| Тех. редактор:           | М.Холмухамедов |
| Художник:                | Д.Азизов       |
| Корректор:               | Н.Хасанова     |
| Компьютерная<br>вёрстка: | Ш.Миркосимова  |

**E-mail: [tipografiyasnt@mail.ru](mailto:tipografiyasnt@mail.ru) Тел: 245-57-63, 245-61-61.  
Изд.лиц. АИ№149, 14.08.09. Разрешено в печать: 21.10.2016.  
Формат 60х84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура «Times New Roman».  
Офсетная печать. Усл. печ.л. 12,0. Изд. печ.л. 12,5.  
Тираж 500. Заказ №197.**

**Отпечатано в типографии  
«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi».  
100066, г. Ташкент, ул. Алмазар, 171.**