

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методические указания для студентов ТПУ

Конспект лекций студента _____

Группа _____

Томск

УДК 515

Инженерная графика. Методические указания для студентов ТПУ. Перераб.
и доп. – Томск: Изд-во ТПУ, 74 с.
ISBN 978-5-87307-118-7

Составители: доц., канд. техн. наук Г. Ф. Винокурова

Рецензент доц., канд. техн. наук О.А. Куликова

Некоторые используемые в конспекте обозначения:

Совпадение, тождество – \equiv .

Совпадение, равенство – \doteq .

Параллельность – \parallel .

Перпендикулярность – \perp .

Скрещивание – \cdot .

Отображение – \rightarrow .

Принадлежность элемента (точки) множеству (прямой, плоскости и т.д.) – \in .

Принадлежность подмножества (прямой) множеству (плоскости, поверхности) – \subset .

Пересечение множеств – \cap .

Введение

Литература

Винокурова Г.Ф., Степанов Б.Л. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Учебное пособие. – 2-е изд. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 306 с.

Г.Ф. Винокурова, Б.Л. Степанов. Курс лекций по начертательной геометрии. Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.– 86 с.

Г.Ф. Винокурова, Б.Л. Степанов. Курс лекций по инженерной графике. Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.– 80 с.

А.А. Чекмарев, Инженерная графика М.: Высш. шк ., 2000 г.

В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский Курс начертательной геометрии М.: Наука, 1988 М.: Высш. шк., 1999 г.

В.С. Левицкий Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей М.:Высш. шк., 2000 г.

Цели и задачи дисциплины

Краткая историческая справка

Основоположник начертательной геометрии – Гаспар Монж. Годы жизни – 1746 – 1818.

Первый учебник по начертательной геометрии опубликован во Франции в 1798 г.

В 1810 г. Карл Потье начал читать лекции по начертательной геометрии в Петербургском Институте корпуса инженеров путей сообщения.

В 1821г. в России издан первый учебник по начертательной геометрии на русском языке. Автор – профессор Я.А.Севастьянов.

Валентин Николаевич Джонс 28(16)октября 1900 г. прочел в ТТИ первую лекцию по начертательной геометрии.

Свойства обратимости чертежа

Способы дополнения проекционных чертежей

Метод прямоугольных проекций (метод Монжа)

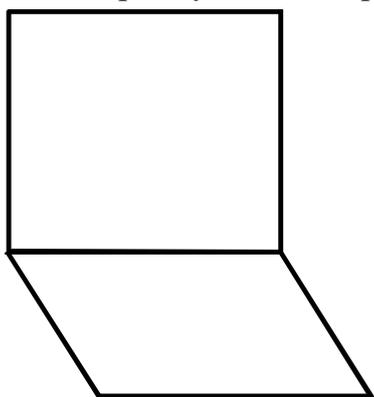


Рис. 5

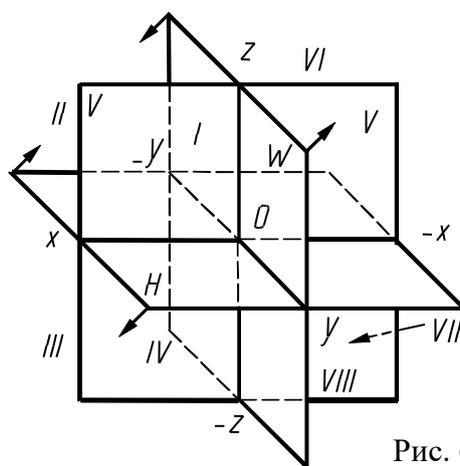


Рис. 6

H –

V –

W –

O –

ox, oy, oz –

ox – ось широт

oy – ось глубин

oz – ось высот

Точка

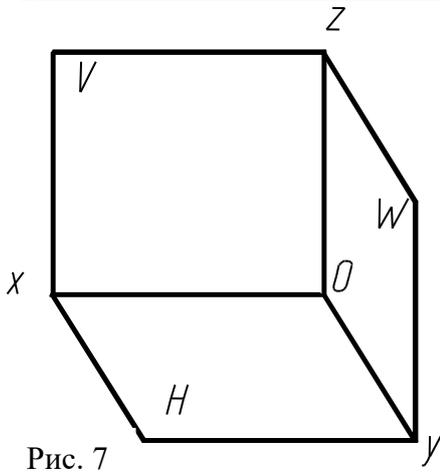


Рис. 7

$A -$

$a -$

$a' -$

$a'' -$

$oa_x -$

$oa_y -$

$oa_z -$

Комплексный чертеж точки

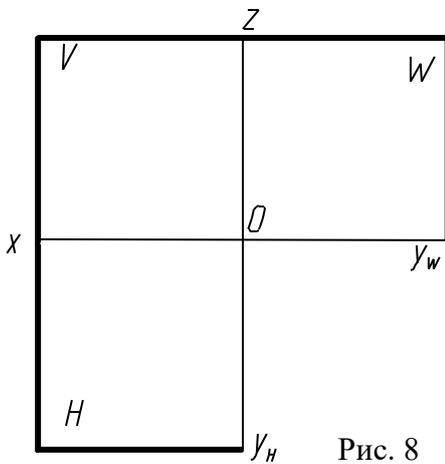


Рис. 8

Основные правила ортогонального проецирования точки

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

Прямая линия

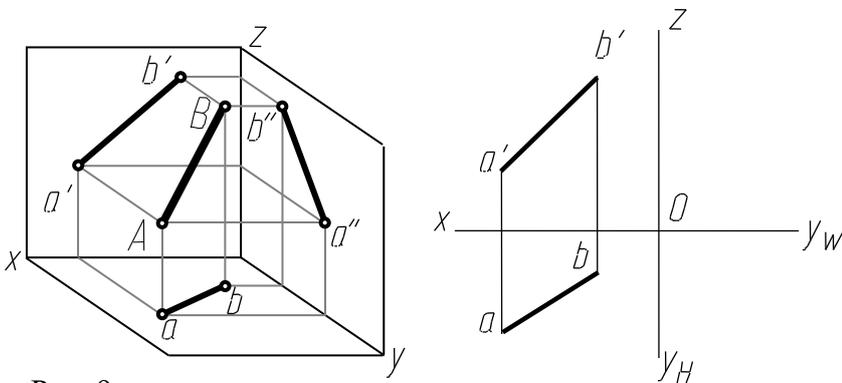
Линия – _____

Прямая линия – _____

Прямая линия задается: _____

Положение прямой в пространстве

Прямая общего положения – _____



Прямые частного положения – _____

Прямые, параллельные плоскости проекций (прямые уровня)

Горизонтальная прямая ($AB \parallel H$)

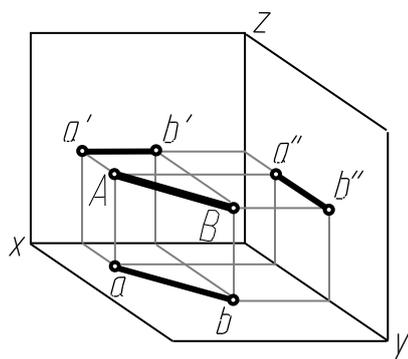
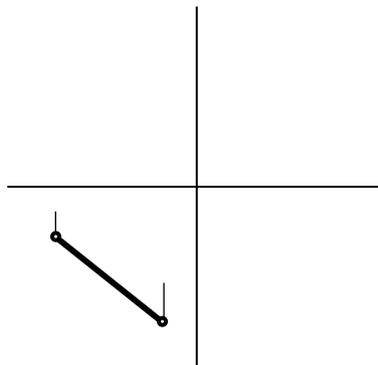


Рис. 10



Свойства проекций

$$|ab| = |AB|;$$

$$(a'b') \parallel (Ox);$$

$$(a''b'') \parallel (Oy_w);$$

$$(AB \wedge V) = (ab \wedge Ox) = \beta;$$

$$(AB \wedge W) = (ab \wedge Oy_n) = \gamma.$$

Фронтальная прямая

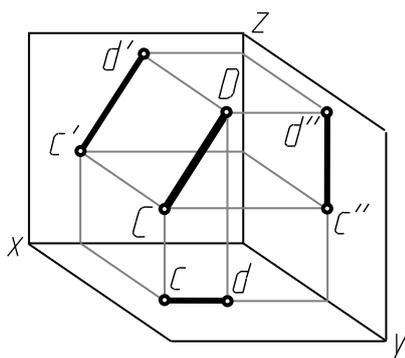
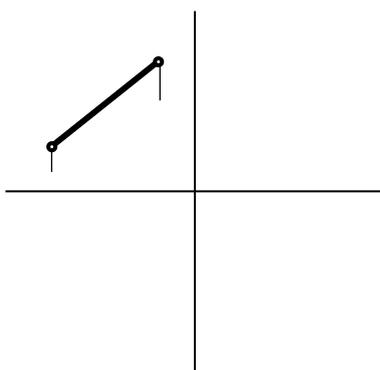


Рис. 11



Свойства проекций

Профильная прямая

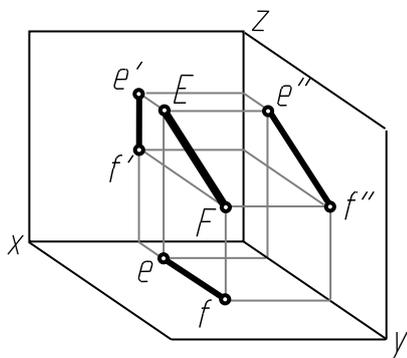
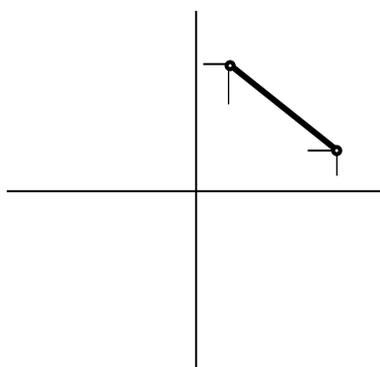


Рис. 12



Свойства проекций

Прямые, перпендикулярные плоскости проекций (прямые проецирующие)

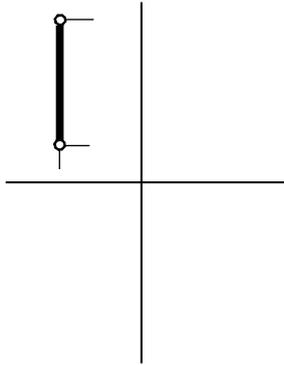
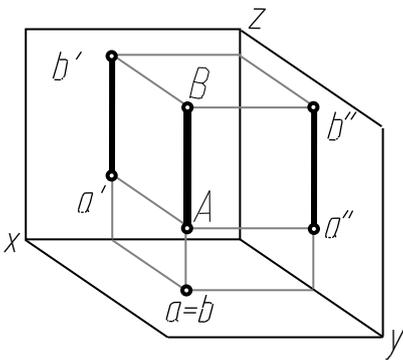


Рис. 13

Свойства проекций

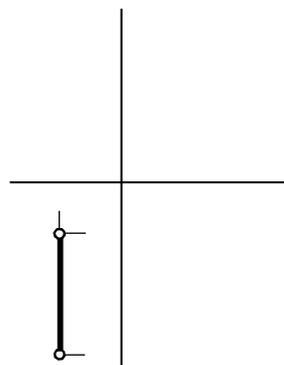
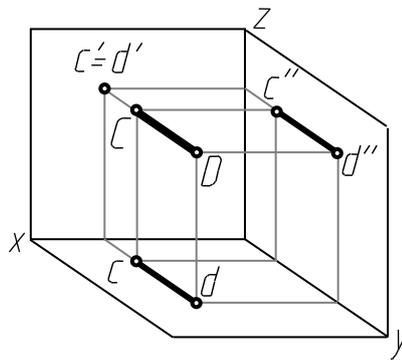


Рис. 14

Свойства проекций

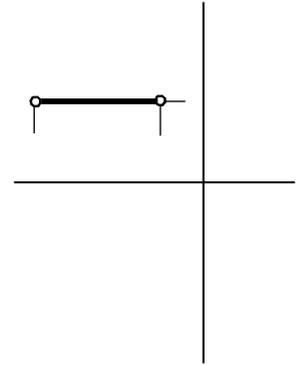
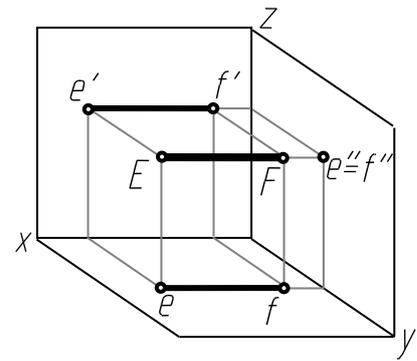


Рис. 15

Свойства проекций

**Взаимное положение точки и прямой.
Преобразование чертежа прямой. Две прямые.**

Взаимное положение точки и прямой

Если точка принадлежит прямой, то проекции точки принадлежат одноименным проекциям прямой.

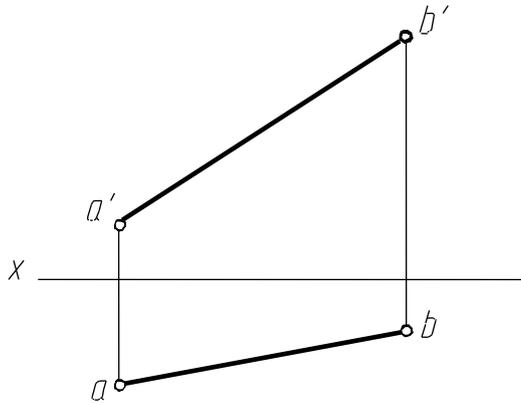


Рис. 16

Следы прямой

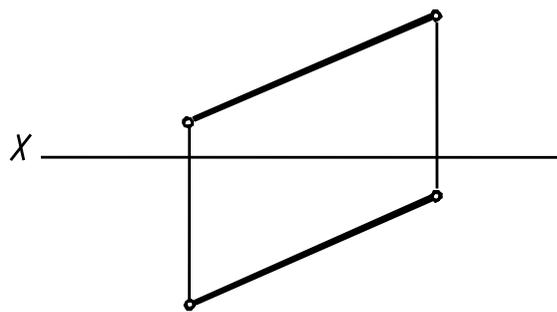
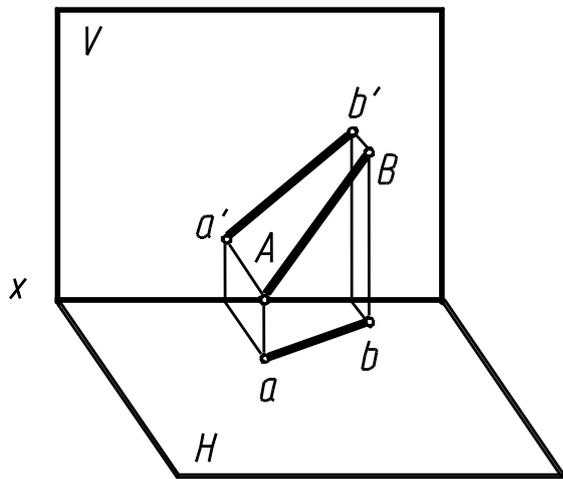


Рис. 17

Способы преобразования чертежа прямой

Способ перемены плоскостей проекций

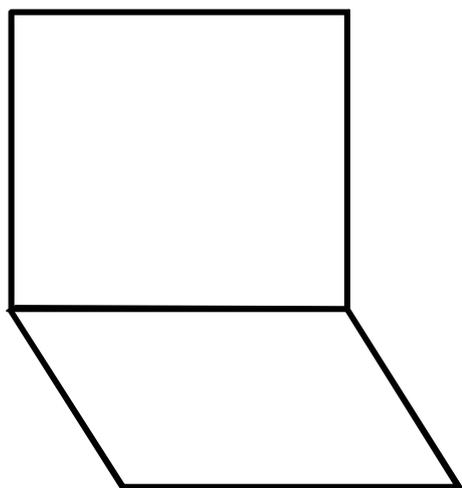


Рис. 18

Две основные задачи преобразования прямой

Прямую общего положения можно преобразовать:

1. В прямую уровня.
2. В проецирующую прямую.

1. Преобразование прямой общего положения в прямую уровня

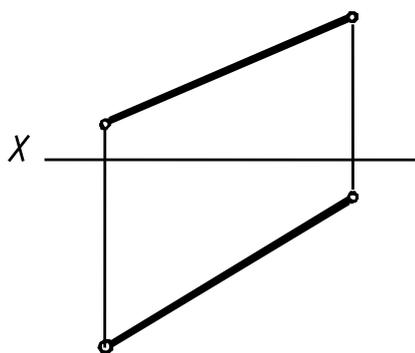


Рис. 19

Преобразование прямой уровня в проецирующую прямую

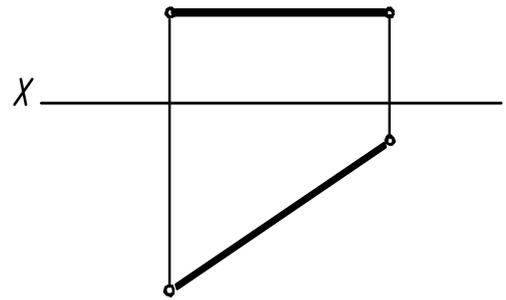


Рис. 20

2. Преобразование прямой общего положения в проецирующую прямую

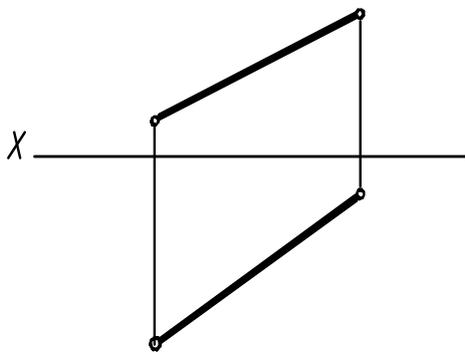


Рис. 21

Взаимное положение двух прямых

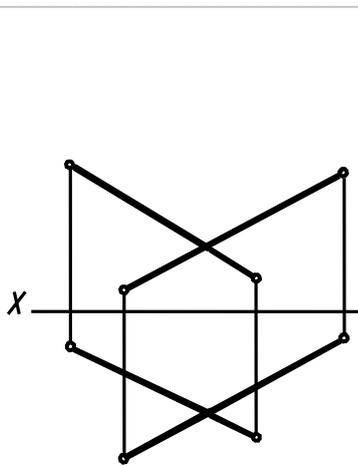


Рис. 22

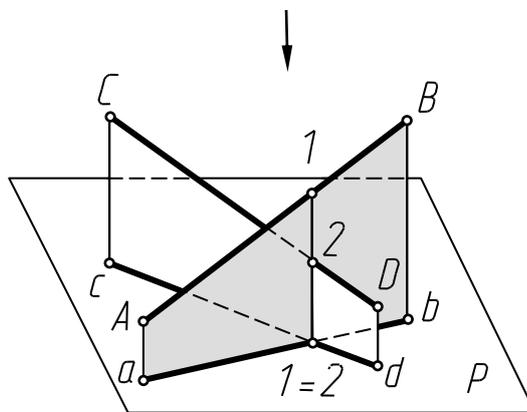
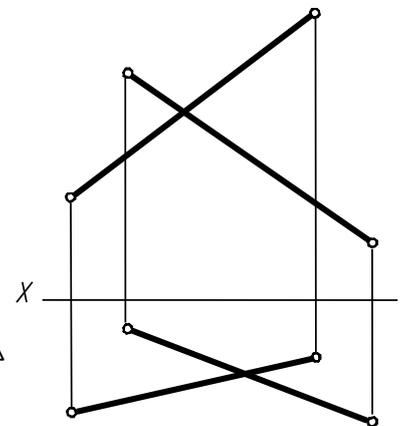
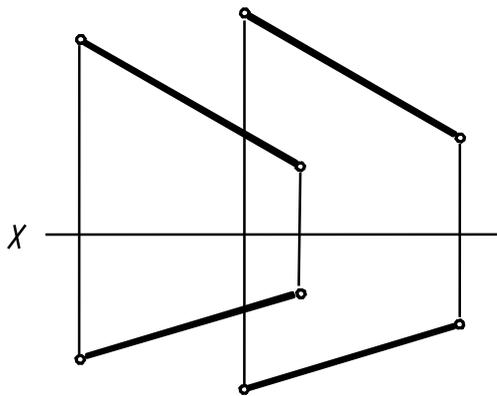
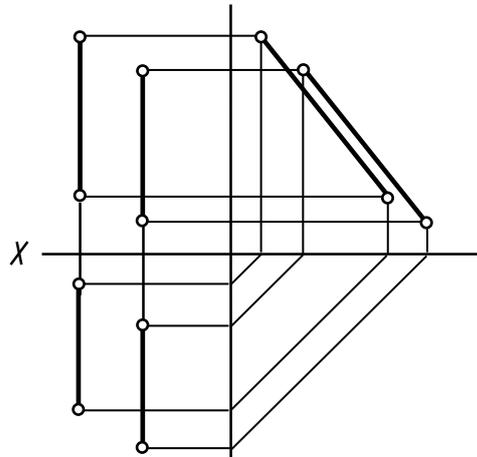


Рис. 23





a



б

Рис. 24

Проекции плоских углов

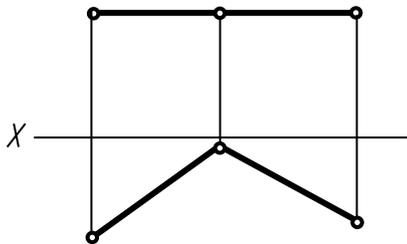


Рис. 25

Теорема о проецировании прямого угла:

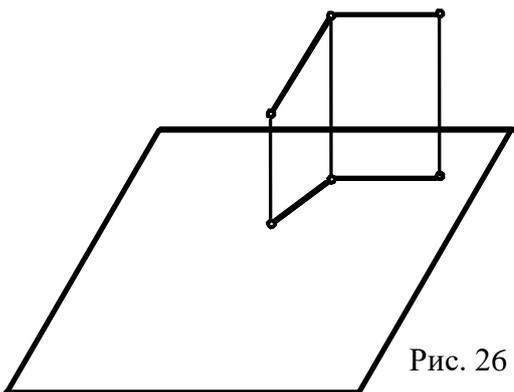


Рис. 26

Для того чтобы прямой угол проецировался в натуральную величину, достаточно, чтобы одна его сторона была параллельна плоскости проекций.

Обратная теорема:

Если прямой угол проецируется ортогонально в виде прямого угла, то он имеет одну сторону, расположенную параллельно плоскости проекций.

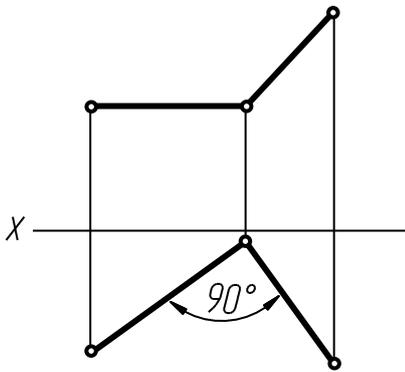


Рис. 27

Тема 2. Плоскость

Задание плоскости на чертеже

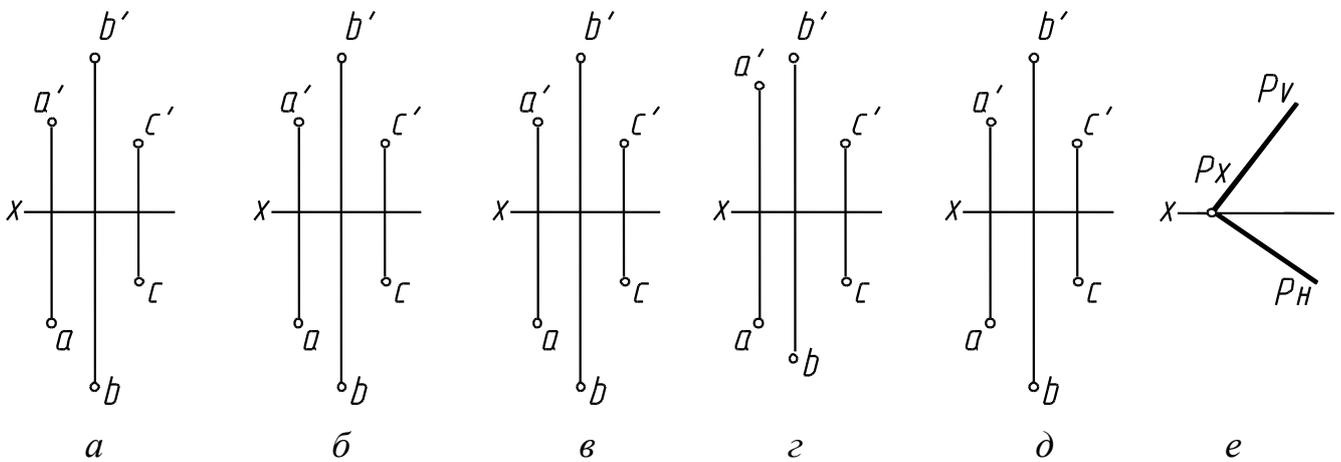


Рис 1

- a —
- б —
- в —
- г —
- д —
- е —

Следы плоскости

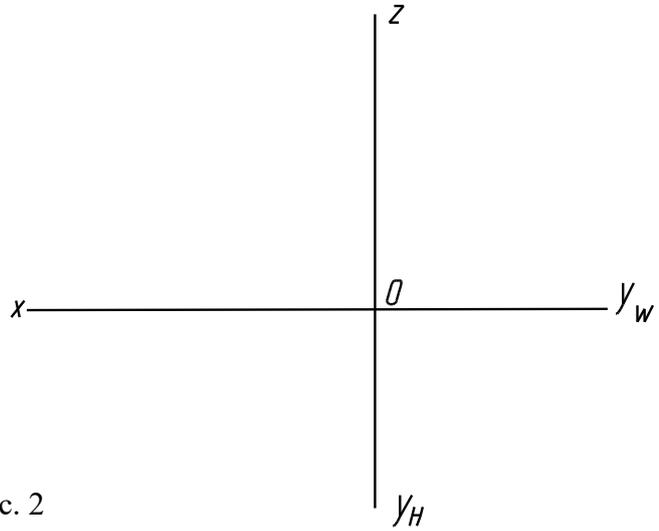
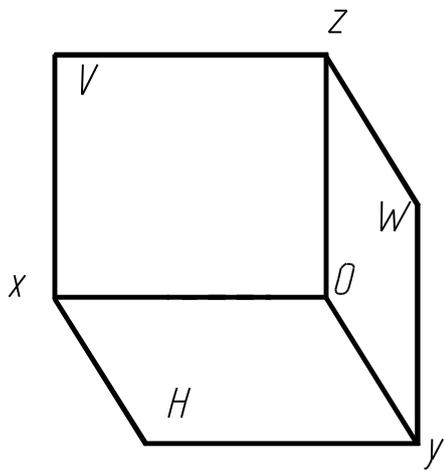


Рис. 2

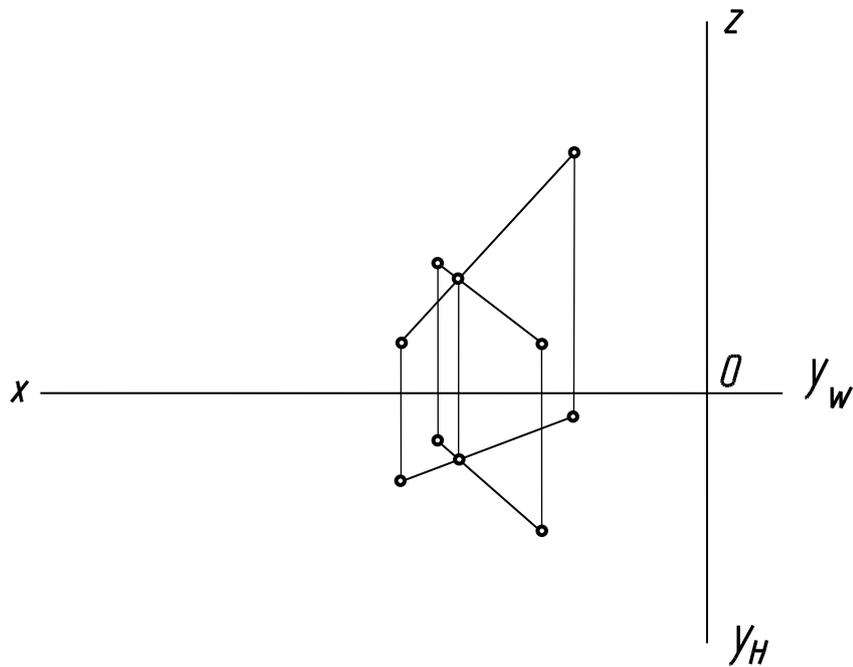


Рис. 3

Точка и прямая в плоскости

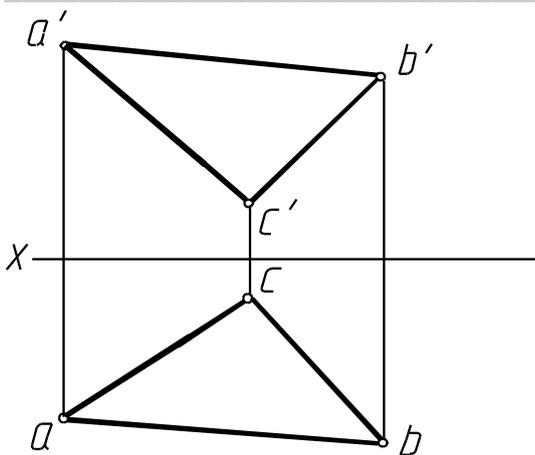


Рис. 4

Положение плоскости в пространстве

Проецирующие плоскости

Горизонтально проецирующая плоскость

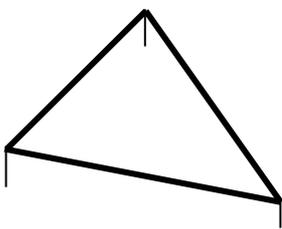


Рис. 5

Фронтально проецирующая плоскость

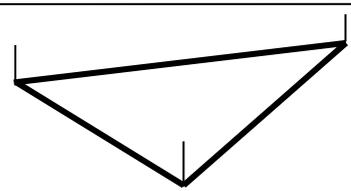


Рис. 6

Плоскости уровня

Горизонтальная

Фронтальная

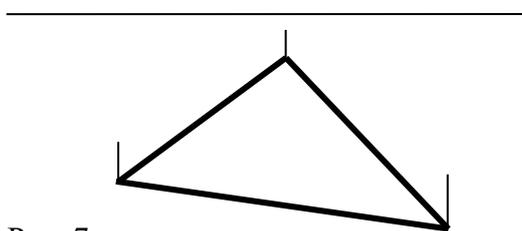


Рис. 7

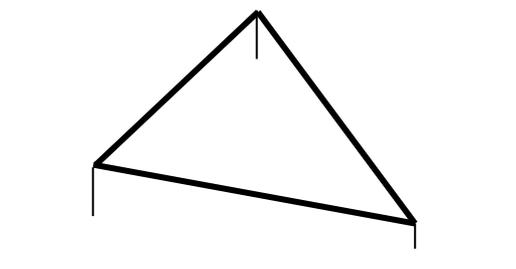


Рис. 8

Главные линии плоскости

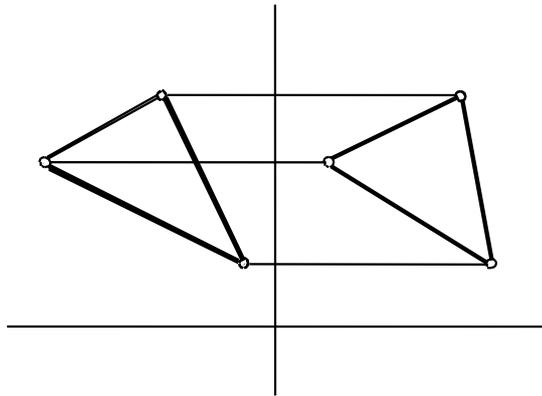
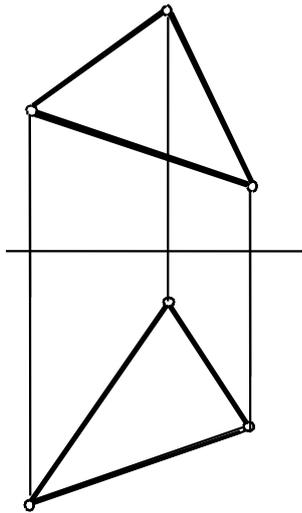


Рис. 9

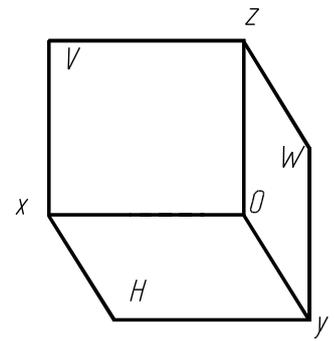


Рис. 10

Преобразование чертежа плоскости

Способ перемены плоскостей проекций

Две основные задачи преобразования чертежа плоскости

Плоскость общего положения можно преобразовать:

1. В проецирующую плоскость.
2. В плоскость уровня.

1. *Преобразование плоскости общего положения в проецирующую плоскость*

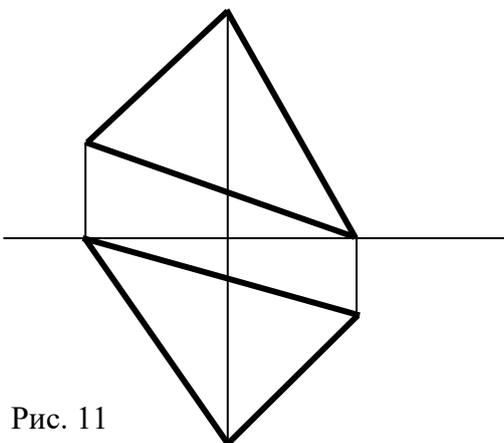


Рис. 11

Взаимное положение прямой и плоскости

Прямая параллельна плоскости

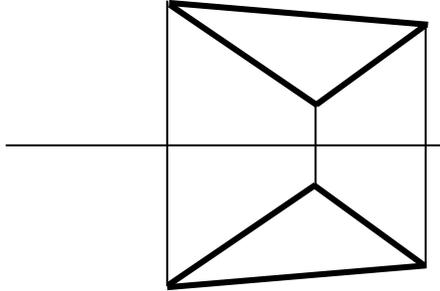


Рис. 14

Прямая пересекает плоскость

Построить точку пересечения прямой с плоскостью – значит найти точку, принадлежащую одновременно и прямой и плоскости. Графически такая точка определяется как точка пересечения прямой с линией, лежащей в плоскости.

1. Пересечение прямой общего положения с проецирующей плоскостью

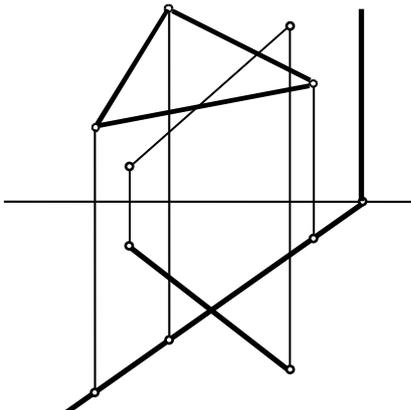


Рис. 15

2. Пересечение проецирующей прямой с плоскостью общего положения

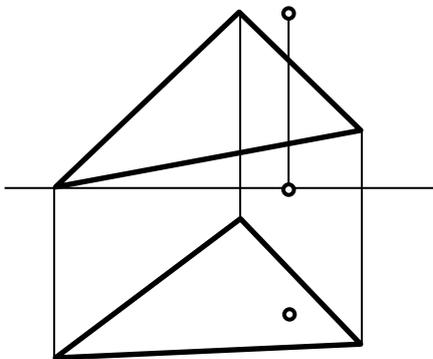


Рис. 16

Плоскости пересекаются

1. Линия пересечения двух проецирующих плоскостей

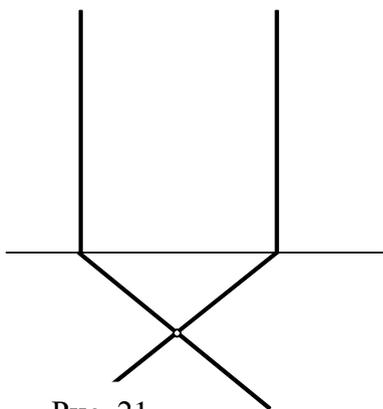


Рис. 21

2. Линия пересечения плоскости общего положения и проецирующей плоскости

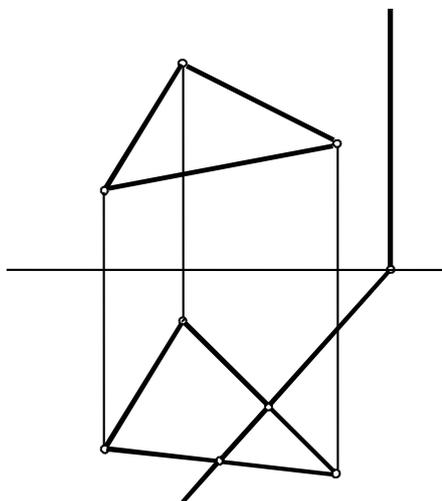


Рис. 22

3. Линия пересечения двух плоскостей общего положения

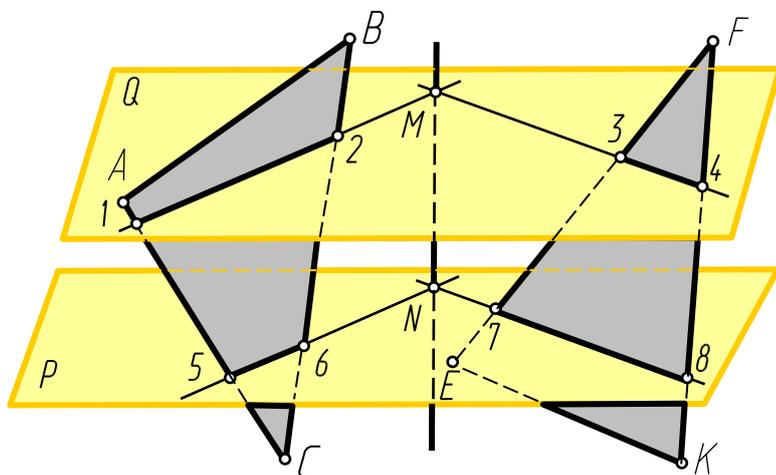


Рис. 23

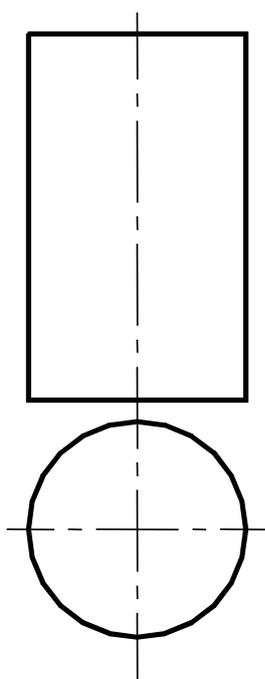


Рис. 10

Прямой круговой конус

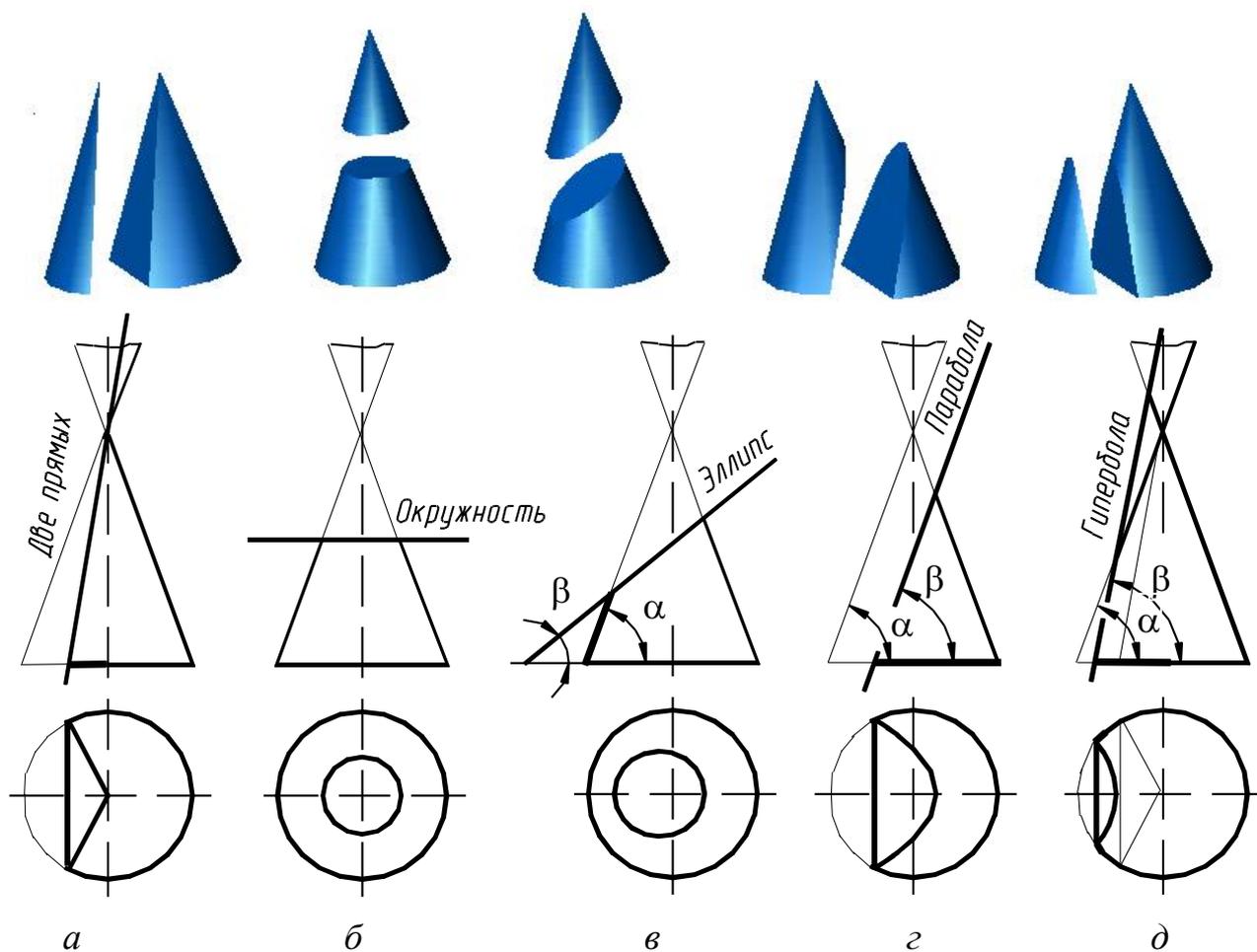


Рис. 11

Сфера

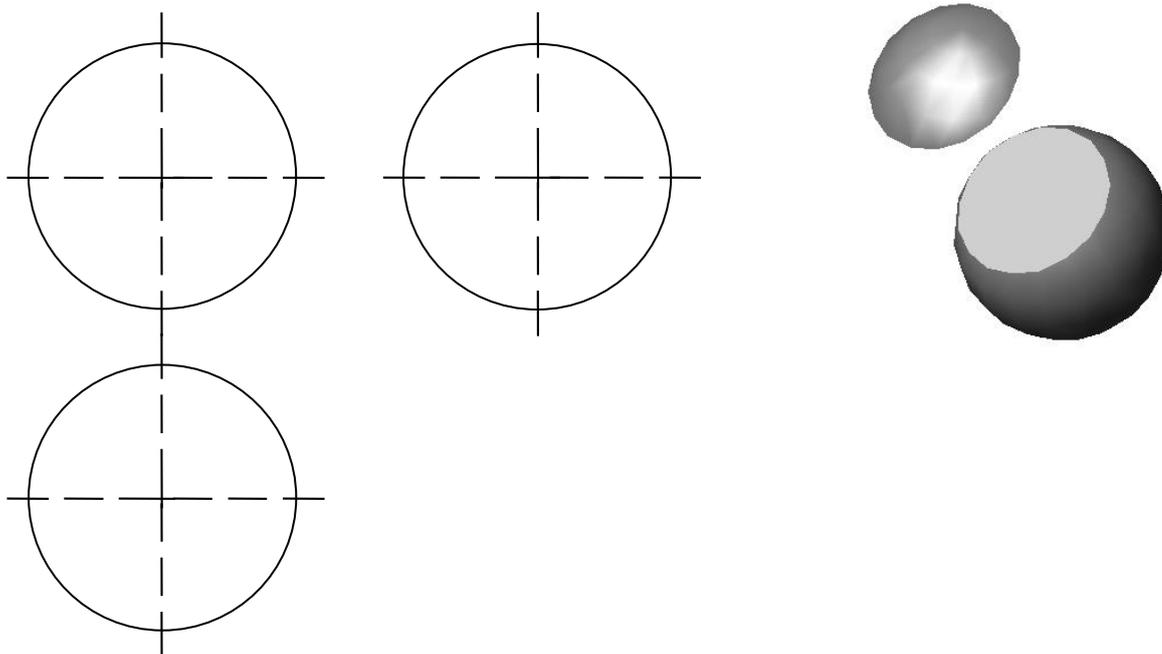


Рис. 14

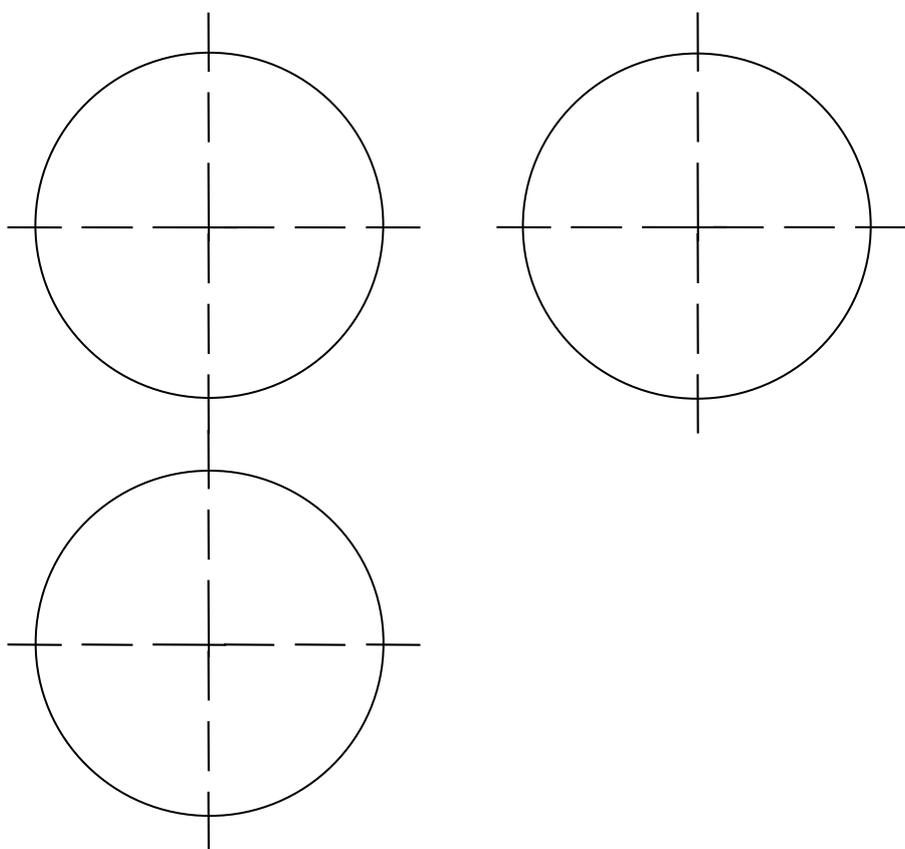
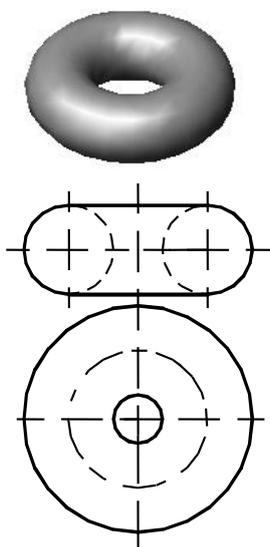


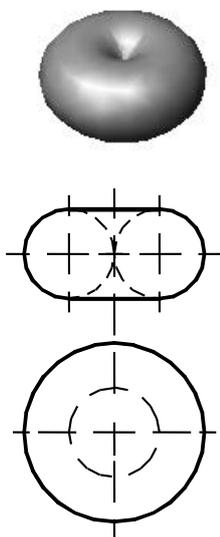
Рис. 15

Тор

Тор открытый



Тор закрытый



Торы самопересекающиеся

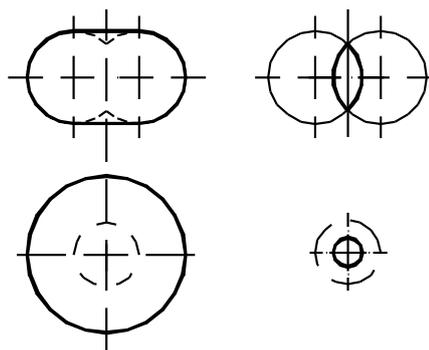


Рис. 16

Гиперболоид, эллипсоид, параболоид

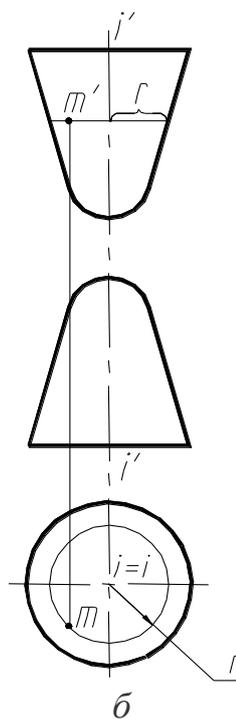
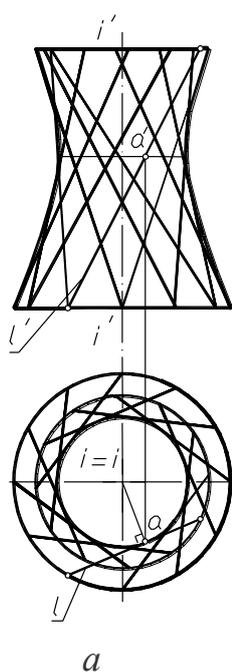
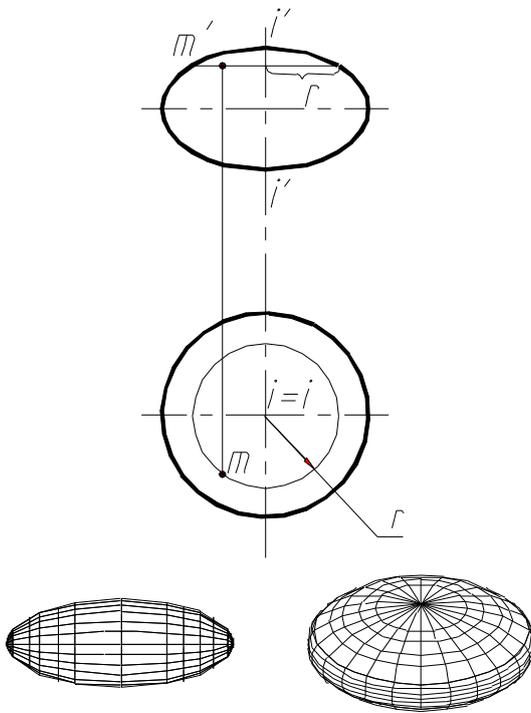


Рис. 17



a

б

Рис. 18

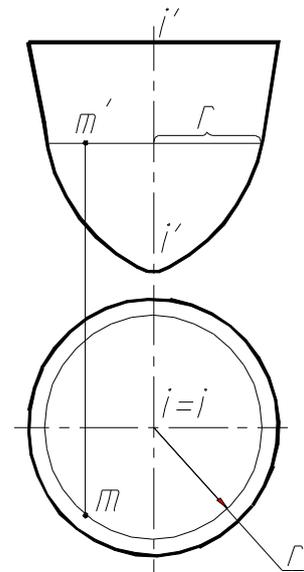


Рис. 19

Тема 4. Винтовые поверхности. Пересечение поверхностей

Винтовые поверхности

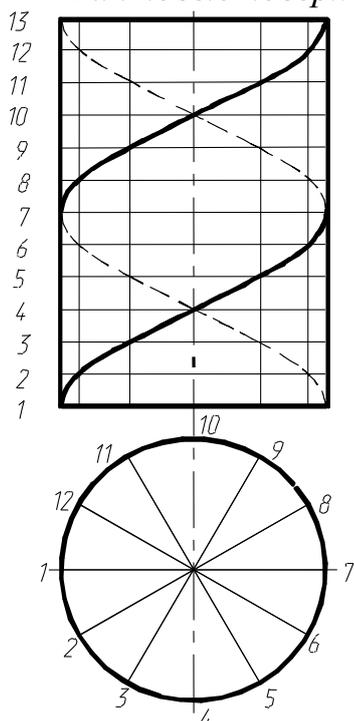


Рис. 1

Винтовая линия (гелиса) – это пространственная кривая, образованная движением точки, совершающей одновременно поступательное и вращательное движение.

Рассмотрим цилиндрическую винтовую линию (рис. 1) и построим две ее проекции.

Для этого используем две проекции цилиндра, каждую из которых делим на двенадцать равных частей. При перемещении точки из первого положения во второе ее горизонтальная проекция перемещается по окружности на одну двенадцатую часть, а фронтальная – вверх на одну двенадцатую.

Совершая полный оборот, точка в пространстве опишет винтовую линию. Высота, на которую поднимается точка по прямой за полный оборот, называется *шагом винтовой линии*. Если ось винтовой линии перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, то горизонтальная проекция винтовой линии есть окружность, а фронтальная – синусоида.

На одной поверхности цилиндра может быть несколько винтовых линий.

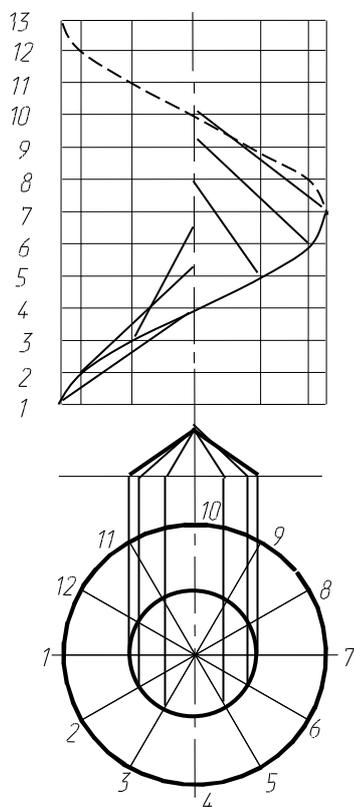


Рис. 2

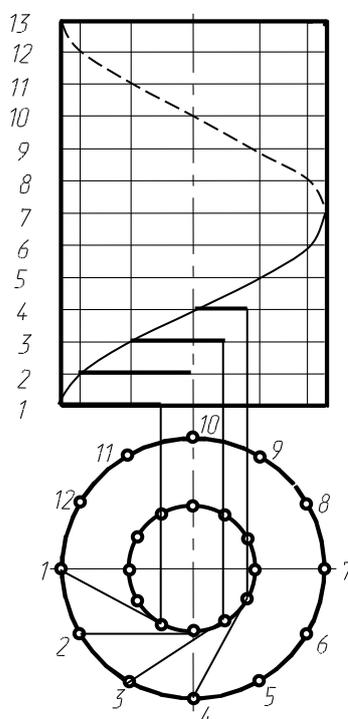


Рис. 3

Пересечение поверхностей

Линия пересечения поверхностей

Принцип решения задачи

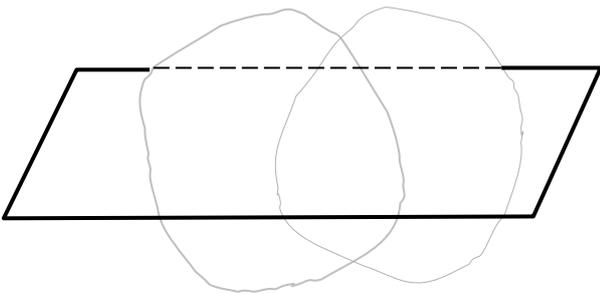


Рис. 4

Способы построения линий пересечения поверхностей:

Пересечение соосных поверхностей

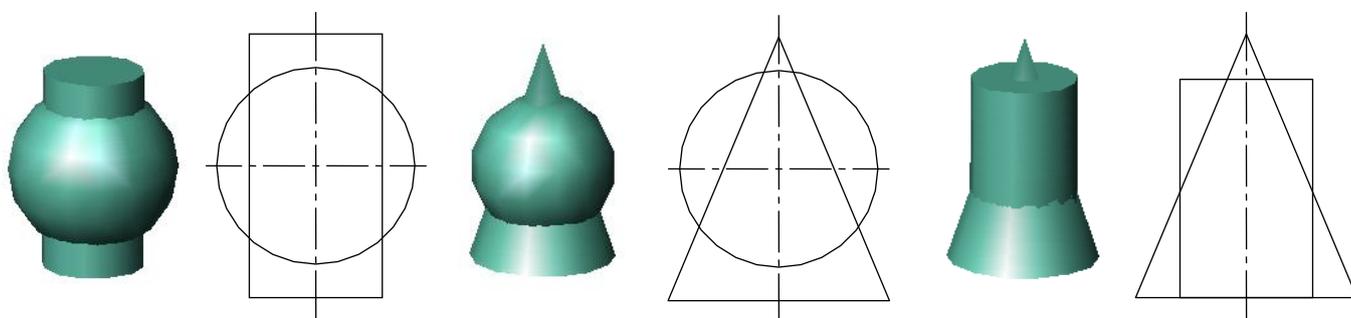


Рис. 6

Способ сфер

Способ концентрических сфер

Возможные случаи пересечения криволинейных поверхностей

Существуют четыре варианта пересечения поверхностей.

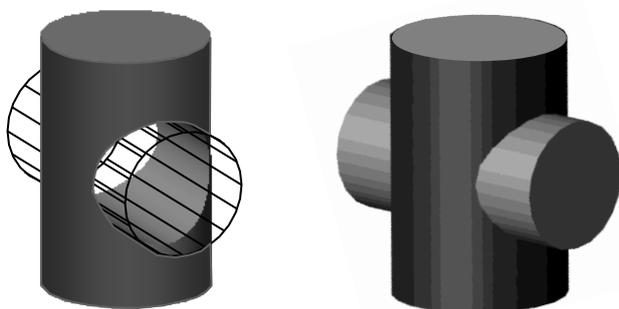


Рис. 8

Проникание

Все образующие первой поверхности пересекаются со второй поверхностью, но не все образующие второй поверхности пересекаются с первой. В этом случае линия пересечения поверхностей распадается на две замкнутые кривые линии (рис. 8).

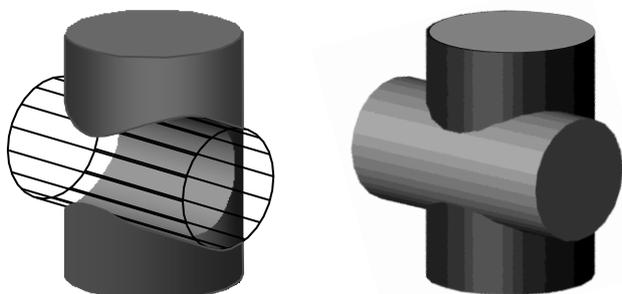


Рис. 9

Врезание

Не все образующие той и другой поверхности пересекаются между собой. В этом случае линия пересечения – одна замкнутая кривая линия (рис. 9).

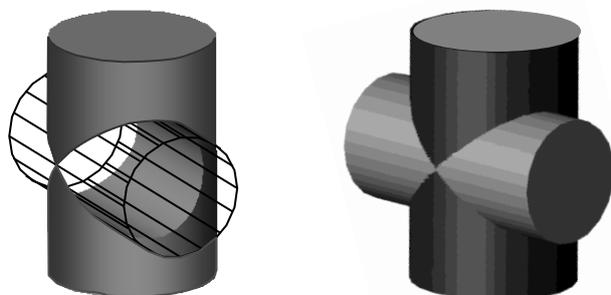


Рис. 10

Касание

Все образующие одной поверхности пересекаются со второй, но не все образующие второй поверхности пересекаются с первой. Поверхности имеют в одной точке (точка K на рис. 10) общую плоскость касания. Линия пересечения распадается на две замкнутые кривые линии, пересекающиеся в точке касания.

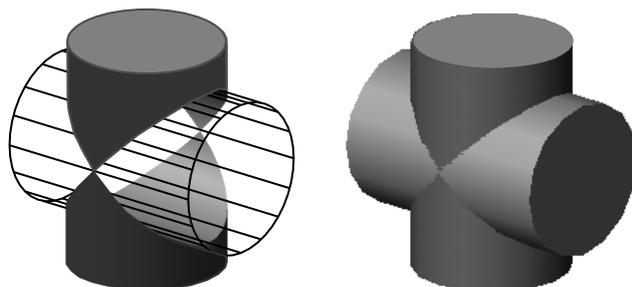


Рис. 11

Двойное касание

Все образующие обеих поверхностей пересекаются между собой. В этом случае линия пересечения распадается на две плоские кривые, которые пересекаются в точках касания (рис. 11).

Теорема Монжа

Если две поверхности второго порядка описаны около третьей поверхности второго порядка или вписаны в нее, то линия их взаимного пересечения распадается на две плоские кривые. Плоскости этих кривых пройдут через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания.

Если оси пересекающихся поверхностей вращения параллельны какой – либо плоскости проекций, то на эту плоскость кривые линии проецируются в прямые.

На рис. 12, 13 два цилиндра описаны вокруг сферы, а на рис. 14 два сжатых эллипсоида вращения вписаны в сферу. Во всех этих случаях поверхности пересекаются по эллипсам.

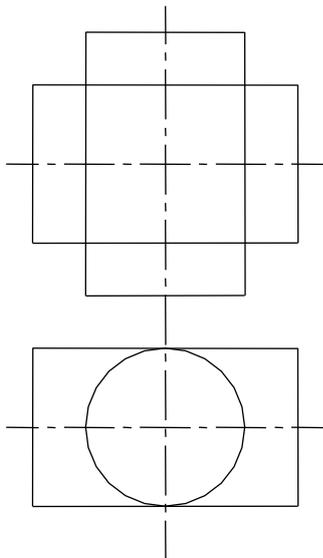


Рис. 12

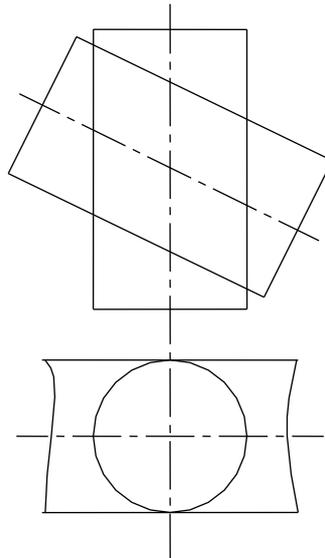


Рис. 13

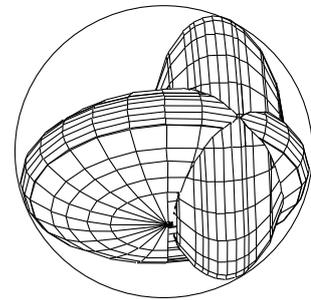


Рис. 14

Теорема о двойном касании

Если две поверхности второго порядка имеют две общие точки (точки касания), то линия их взаимного пересечения распадается на две плоские кривые второго порядка. Причем плоскости этих кривых пройдут через прямую, соединяющую точки касания.

На рис. 15 два цилиндра (цилиндр вращения и эллиптический цилиндр) пересекаются по двум плоским кривым (окружности и эллипсу).

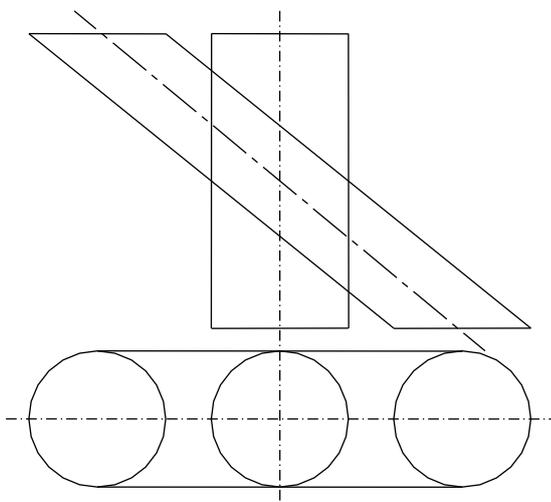


Рис. 15

Тема 5. Аксонометрия

Комплексный чертёж является графически простым и удобно измеряемым. Но по нему не всегда легко представить предмет в пространстве. Необходим чертёж, дающий и наглядное представление. Он может быть получен при проецировании предмета вместе с осями координат на одну плоскость. В этом случае на одной проекции можно получить наглядное и метрически определенное изображение. Такие виды изображений называют *аксонометрическими проекциями*.

Слово «аксонометрия» (от гр. *axo* – ось и *metreo* – измеряю) переводится как «измерение по осям».

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что фигура вместе с осями прямоугольных координат (к которым она отнесена в пространстве) проецируется на некоторую плоскость. Эту плоскость называют *плоскостью аксонометрических проекций*, или *картинной плоскостью* (рис. 1).

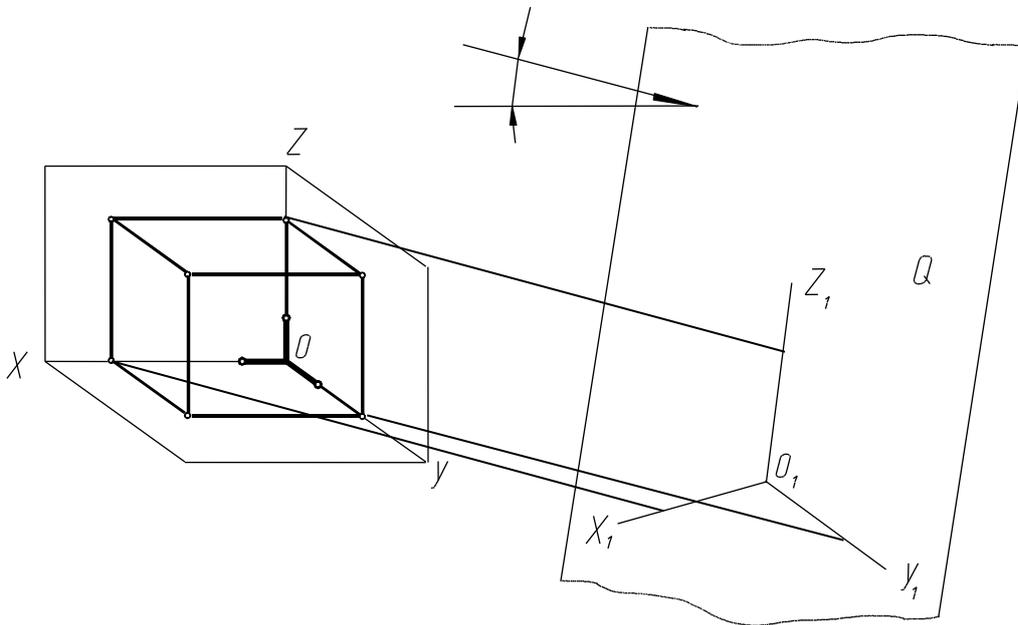
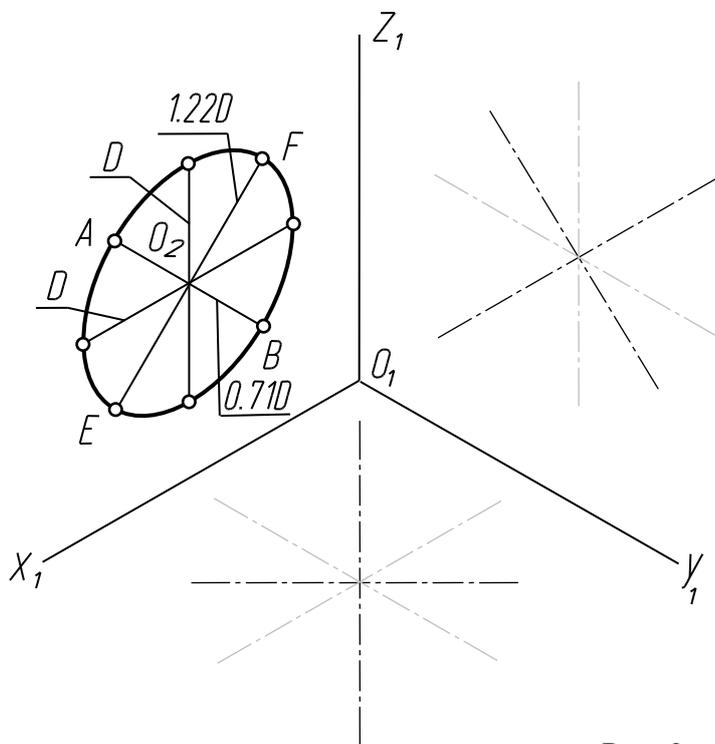
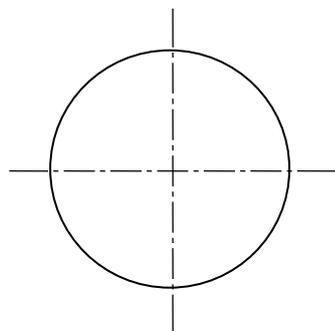


Рис. 1

Основная теорема аксонометрии

Изображение окружности в аксонометрии

а) в изометрии



б) в диметрии

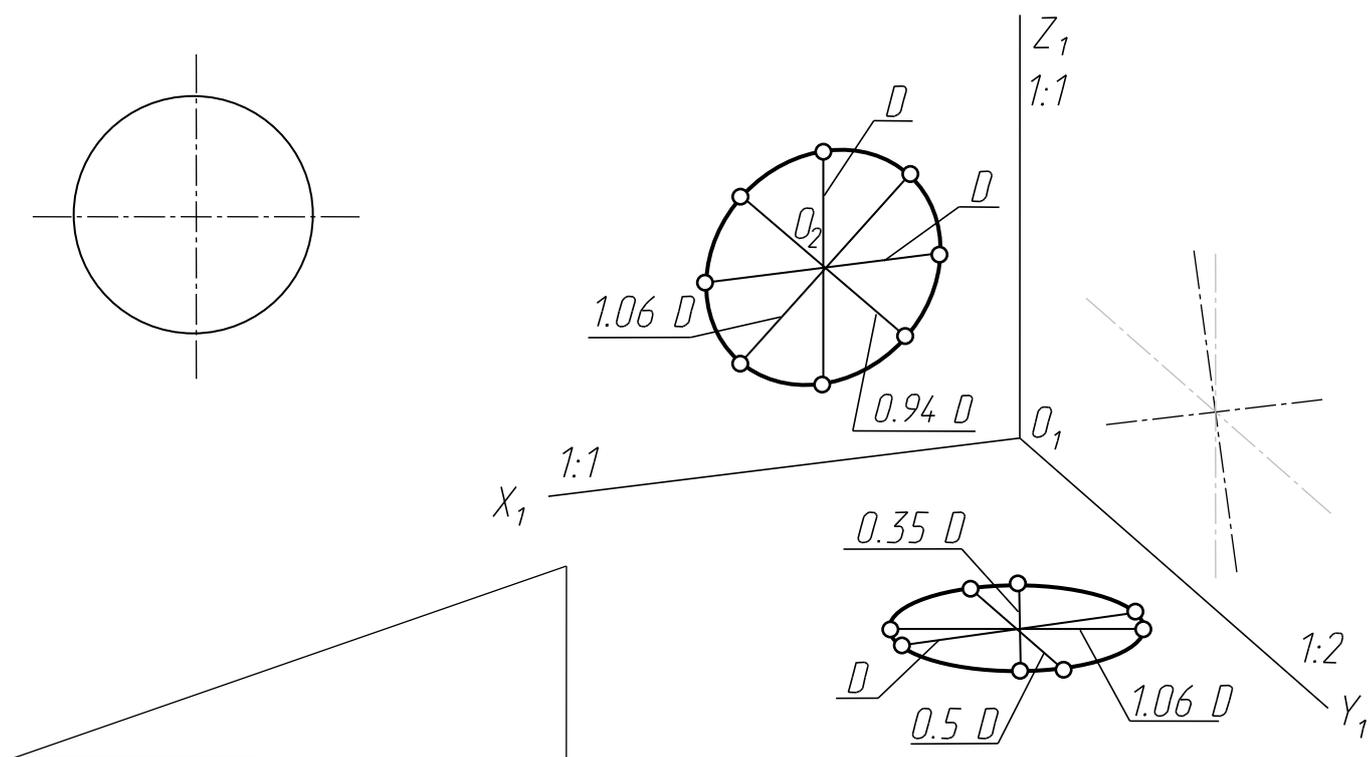
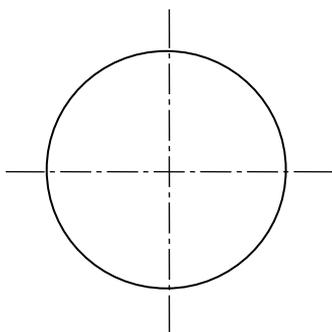


Рис. 3

Рис. 4

Изображение шара и тора в аксонометрии

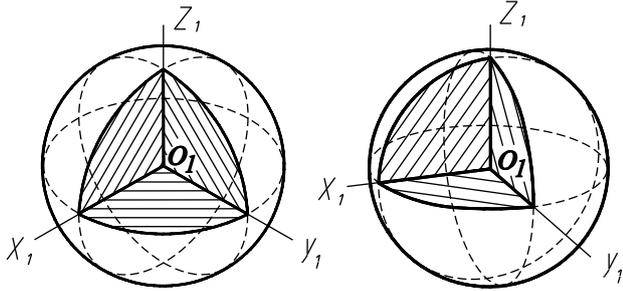


Рис. 5

Рис. 6

В прямоугольной параллельной аксонометрии шар изображается окружностью. При построении аксонометрии шара по натуральным показателям искажения его аксонометрической проекцией будет круг с диаметром, равным диаметру изображаемого шара.

При построении изображения шара по приведенным показателям диаметр этой окружности увеличивается в соответствии с увеличением коэффициента приведения: в изометрии – в 1,22 раза (рис. 5), в диметрии – в 1,06 раза (рис. 6).

Аксонометрическая проекция тора выполняется с помощью вписанных в него вспомогательных сфер.

Косоугольная аксонометрия

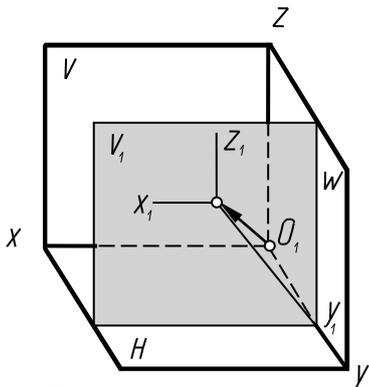


Рис. 8

При выполнении косоугольной фронтальной изометрии и диметрии аксонометрическую плоскость располагают параллельно фронтальной плоскости проекций (рис. 8). Тогда коэффициенты искажения по осям O_1x_1 и O_1z_1 равны 1 ($m = k = 1$), а угол между ними равен 90° . Углы между осью O_1y_1 и осями O_1x_1 и O_1z_1 равны 135° , а коэффициент искажения равен 0,5 ($n = 0,5$) для диметрии и 1 ($n = 1$) для изометрии. Деталь располагают по отношению к осям так, чтобы сложные плоские фигуры (окружности, дуги плоских кривых) находились в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций. Тогда они изображаются без искажения. Окружности, лежащие в других плоскостях, проецируются в эллипсы.

Окружности, лежащие в других плоскостях, проецируются в эллипсы.

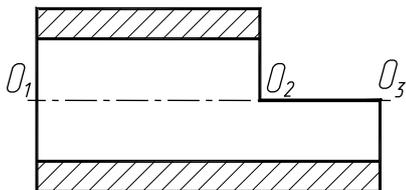


Рис. 9

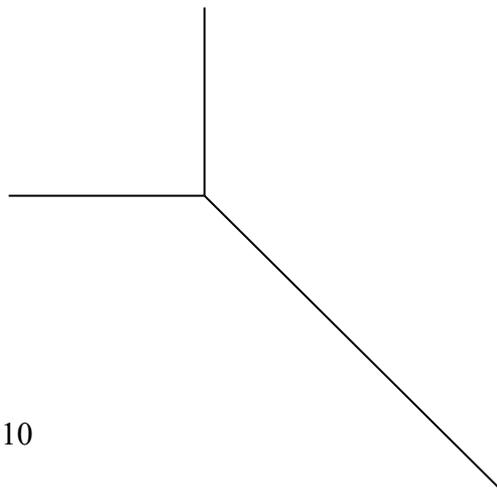


Рис. 10

Тема 6. Изображения – виды разрезy сечения

Виды

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Различают основные, дополнительные и местные виды.

Основные виды

Основными называют виды, полученные проецированием предмета на шесть граней куба, если предмет поместить внутрь его (рис. 1). Изображение предмета на фронтальную плоскость принимают за *главный вид* изделия. Главный вид должен давать наиболее полное представление о строении детали.

Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением (видом или разрезом, изображенным на фронтальной плоскости проекций), то они не обозначаются (рис. 2, а). Если проекционная связь отсутствует, то направление проецирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву русского алфавита (рис. 2, б). Если вид выполнен в другом масштабе, рядом с буквой в скобках указывается масштаб (например, $A(1:2)$, рис. 2, в).

Проекционная связь видов

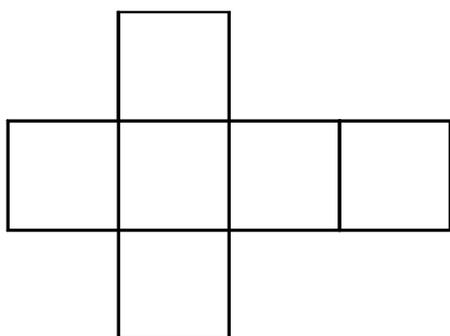


Рис. 1

Обозначение основных видов при отсутствии проекционной связи

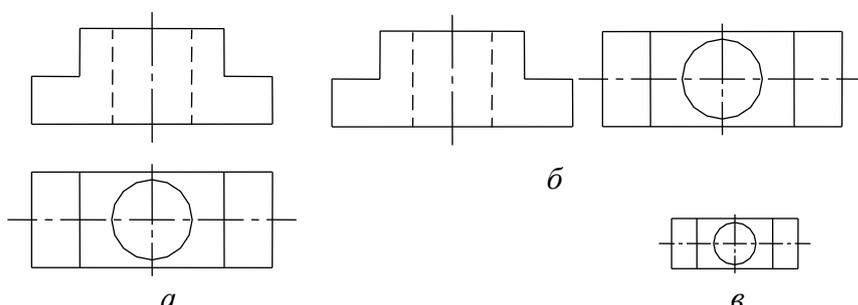


Рис. 2

Второе изображение – символ

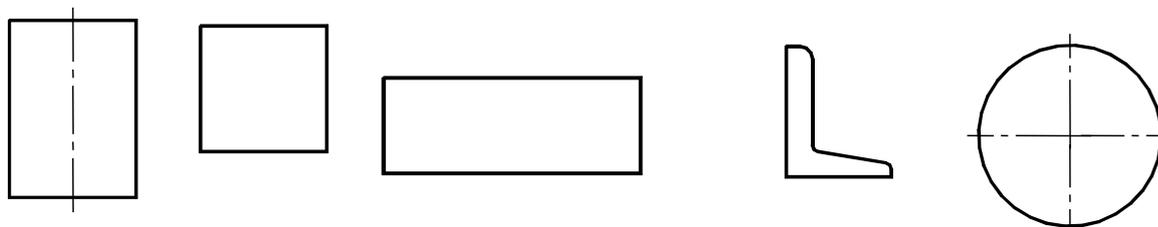


Рис. 3

Дополнительные виды

Дополнительный вид – это изображение предмета (или его части) на выбранную плоскость, не параллельную ни одной из плоскостей проекций. Дополнительные виды следует применять, если в детали имеется элемент, наклоненный относительно плоскостей проекций, который проецируется на основные виды с искажением.

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (рис. 4, *а*).

Если между основным и дополнительным видами нет проекционной связи, то дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой русского алфавита. У связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка *А*, рис. 4, *б, в*).

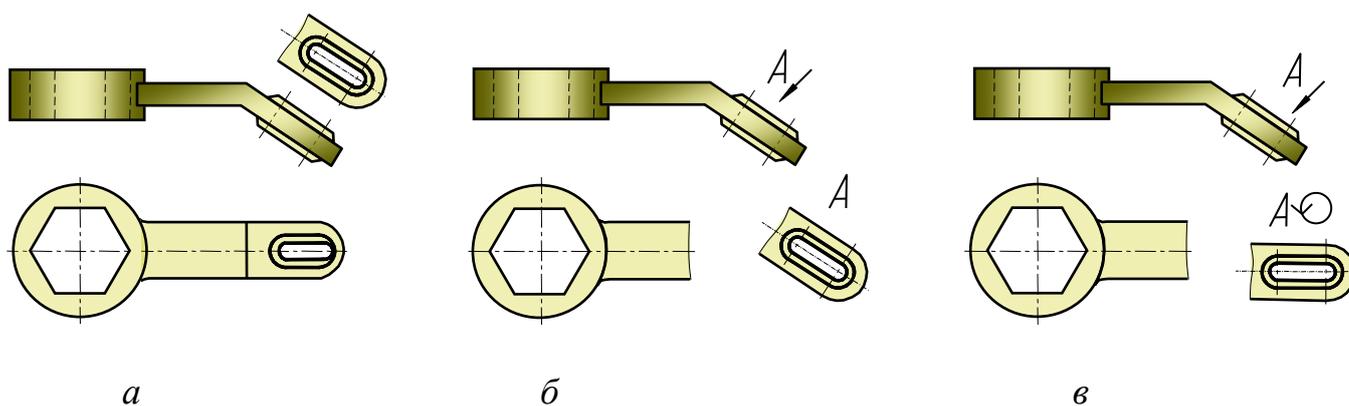


Рис. 4

Допускается дополнительный вид поворачивать, но сохраняя, как правило, положение, принятое для данного предмета на главном изображении. Обозначение вида при этом должно быть дополнено условным графическим обозначением \odot «повернуто» (рис. 4, *в*).

При необходимости указывают угол поворота после знака «повернуто». Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один вид.

Разрезы

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 5). Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы, как правило, располагают на месте соответствующих основных видов.

Простые разрезы

Простые разрезы выполняются одной секущей плоскостью. Если простой разрез выполнен по *оси симметрии детали и расположен в проекционной связи с другими изображениями, он не обозначается.*

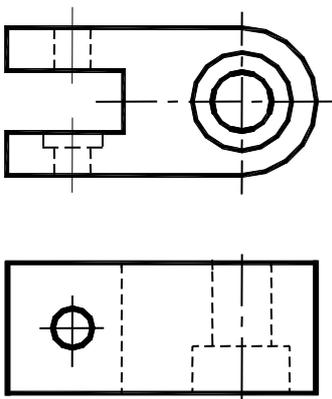


Рис. 5

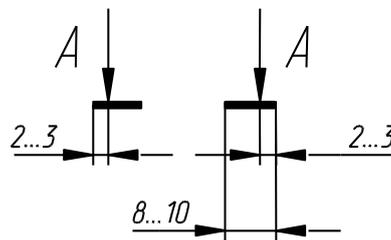


Рис. 6

В противном случае положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения (рис. 5). Для линии сечения применяется разомкнутая линия толщиной $(1 \div 1,5)s$. При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. У начала и конца линии сечения ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита так, чтобы стрелки размещались

между буквой и изображением (рис. 6). Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения.

Сложные разрезы

При выполнении сложных разрезов применяются две и более секущие плоскости.

При выполнении ступенчатых разрезов секущие плоскости располагаются параллельно (рис. 7), ломаных – под углом (рис. 8).

При выполнении сложных разрезов переход от одной секущей плоскости к другой на разрезе условно не показывается.

Если совмещенные плоскости будут параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез можно помещать на месте соответствующего вида. При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость (рис. 8, б, выступ Б).

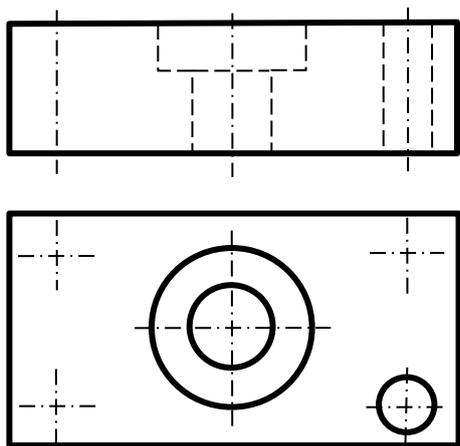


Рис. 7

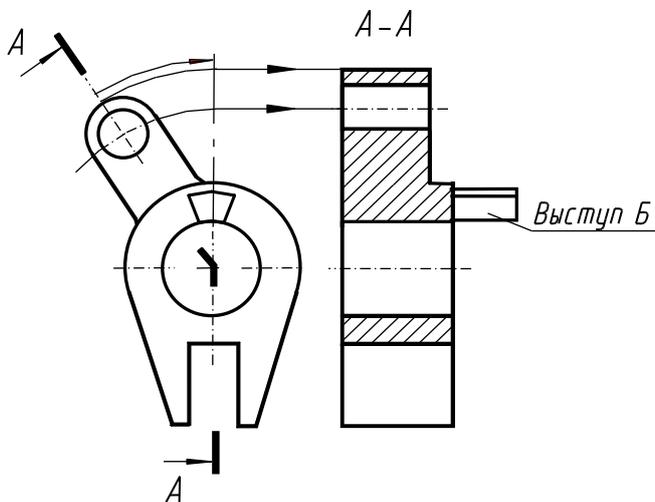
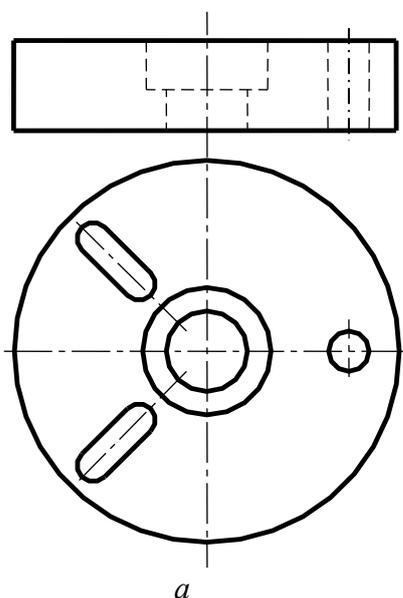


Рис. 8

Местные разрезы

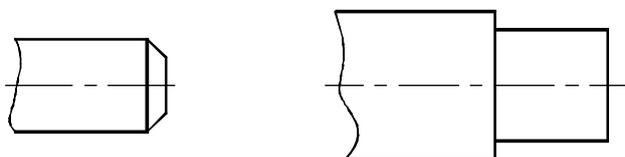


Рис. 9

Сечения

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

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на *вынесенные* (рис. 10, 11) и *наложенные* (рис. 12).

Лучше использовать вынесенные сечения. Их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида (рис. 11).

Сечения симметричные

вынесенные

наложенные

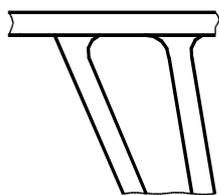


Рис. 10

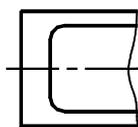


Рис. 11

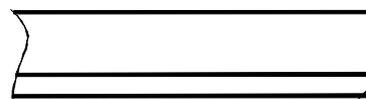
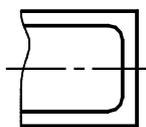


Рис. 12

Сечения несимметричные

вынесенные

наложенные

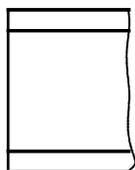


Рис. 13

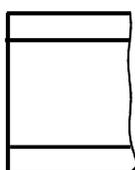


Рис. 14

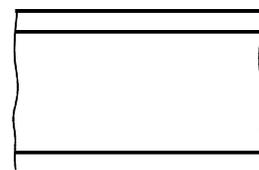
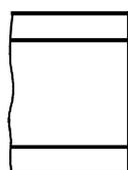


Рис. 15

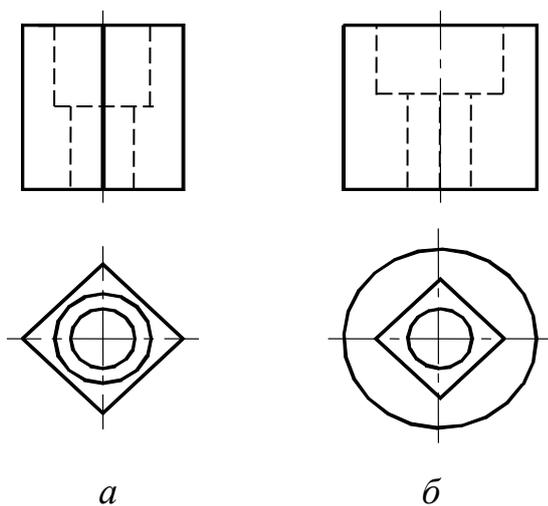


Рис. 19

Если с осью симметрии изображения совпадает какая-либо линия, например, проекция ребра, то вид от разреза отделяют сплошной волнистой линией (рис. 19). Линию проводят правее (если ребро изображается на виде, рис. 19, а) или левее (если ребро изображается на разрезе, рис. 19, б) оси симметрии.

Для показа отверстий в ступицах зубчатых колес, шкивов, а также шпоночных пазов вместо полного изображения детали допускается изображать контур отверстия (рис. 20) или паза (рис. 23)

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента (например, одно-два отверстия), а остальные элементы показывают упрощенно или условно (рис. 21).

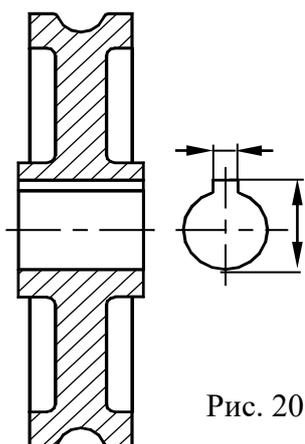


Рис. 20

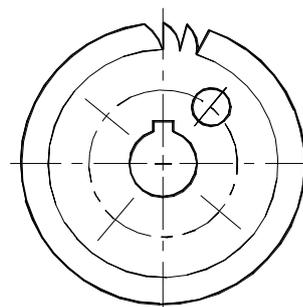


Рис. 21

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии (рис. 22 и 23)

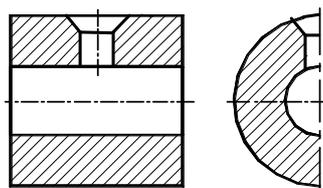


Рис. 22

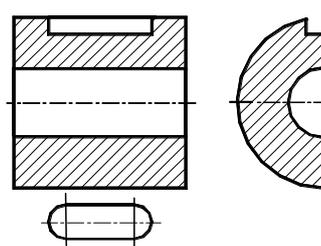


Рис. 23

Тема 7. Нанесение размеров на чертежах

Размеры на чертежах указывают *размерными числами* (числовыми величинами, определяющими данный размер) и *размерными линиями*, служащими для указания направлений и границ измерений. Для линейных размеров размерные линии проводят параллельно отрезку, размер которого указывается (рис. 1).

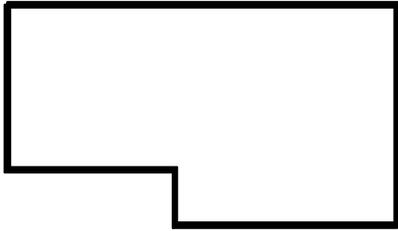


Рис. 1

Размерные линии примыкают своими стрелками к границам измерений. Границами измерений могут быть специально для этого предназначенные *выносные линии*, а также контурные, осевые и центровые линии.

Выносные линии должны выступать за концы стрелок размерной линии приблизительно на 2 – 3 мм.

Рекомендуется длину стрелки принимать равной $(4-5)s$. На чертеже величины стрелок должны быть одина-

ковыми для всех размеров.

Расстояние между размерной линией и параллельной ей линией контура должно быть 10 мм. При нанесении на чертеже параллельных размерных линий расстояние между ними должно быть не менее 7 мм (рис. 1).

В качестве размерных линий нельзя использовать контурные, осевые, центровые и выносные линии. В качестве размерных линий нельзя использовать контурные, осевые, центровые и выносные линии.

Нанесение линейных размеров

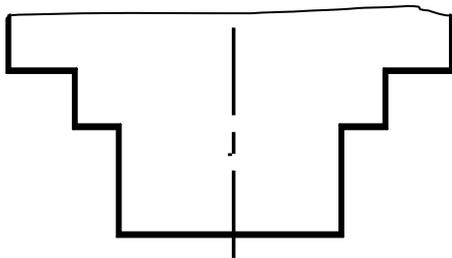


Рис. 2

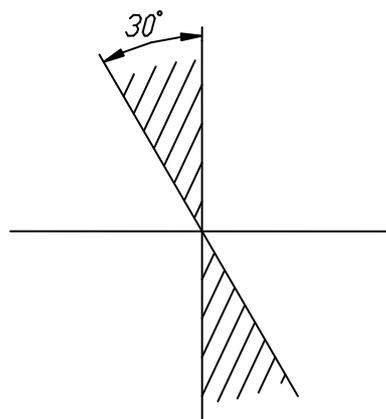


Рис. 3

Нанесение размеров при недостатке места для стрелок и размерных чисел

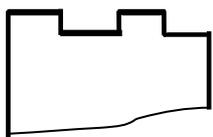


Рис. 4

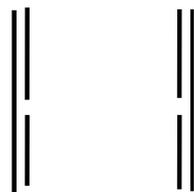
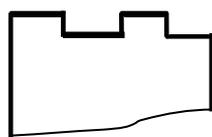


Рис. 5

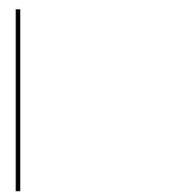


Рис. 6

Нанесение угловых размеров

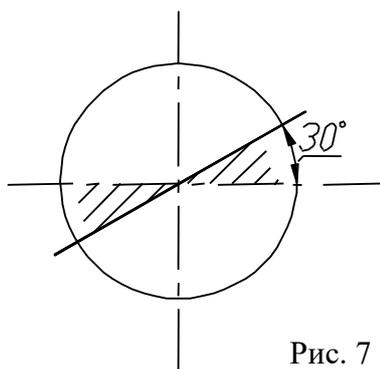


Рис. 7

Нанесение размеров радиусов

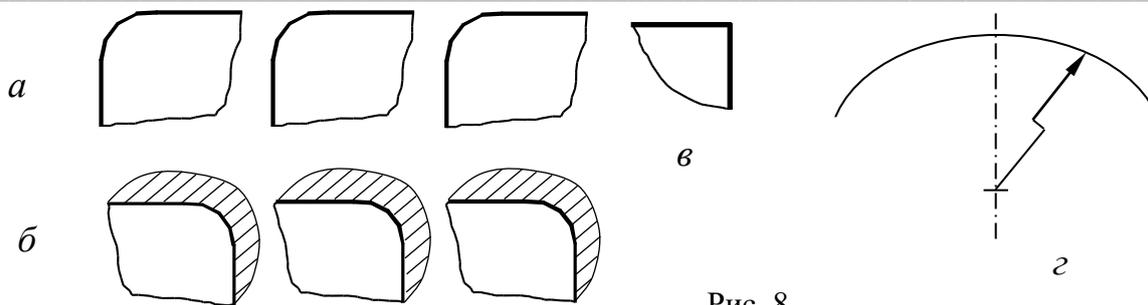


Рис. 8

Нанесение размеров диаметров

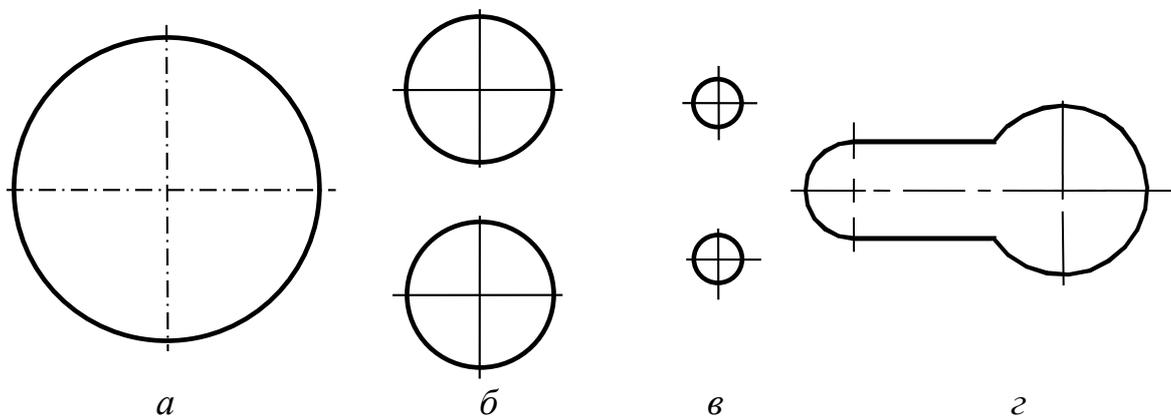


Рис. 9

Размерные линии с обрывом

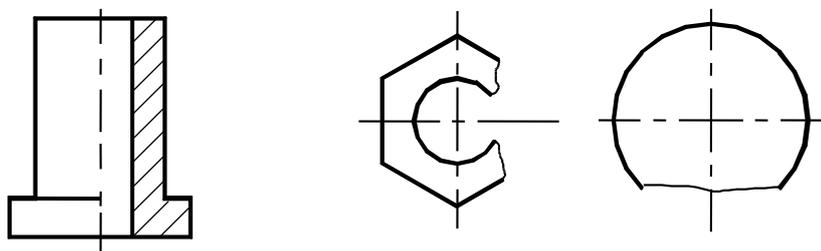


Рис. 10

Типы размеров
Формообразующие

Координирующие

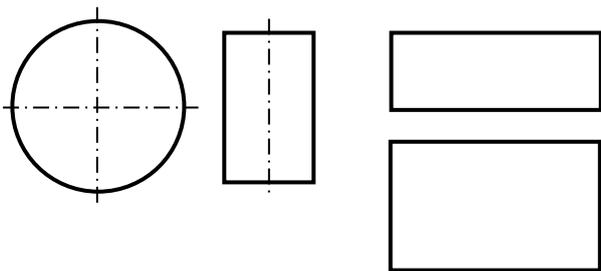


Рис. 11

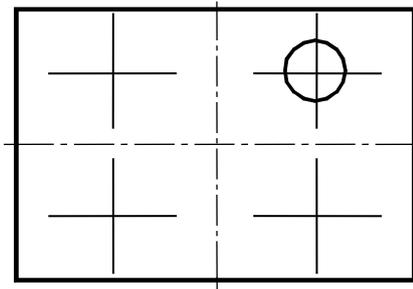


Рис. 12

Способы нанесения линейных размеров

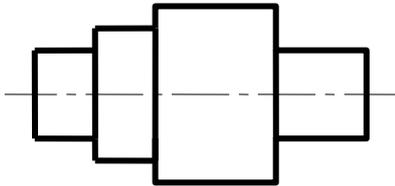


Рис. 13

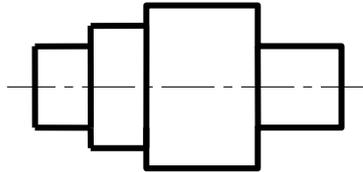


Рис. 14

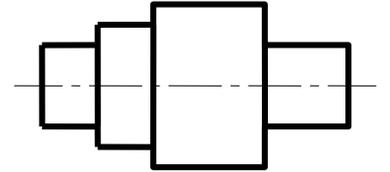


Рис. 15

Конусность и уклон

Группировка размеров

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу, ре-

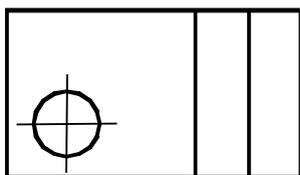
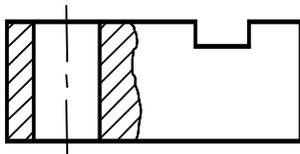


Рис. 16

комендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, где геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 16). Если указывается размер ступенчатого отверстия (рис. 17), то его диаметры указываются там, где и глубина. Количество отверстий указывается один раз к меньшему диаметру.

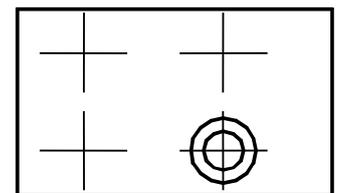


Рис. 17

Нанесение размеров элементов, равномерно распределенных по окружности

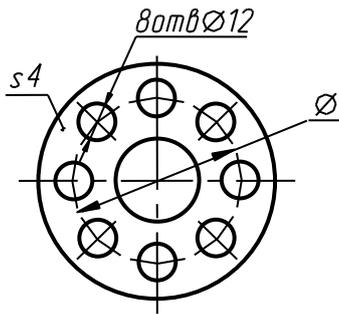


Рис. 18

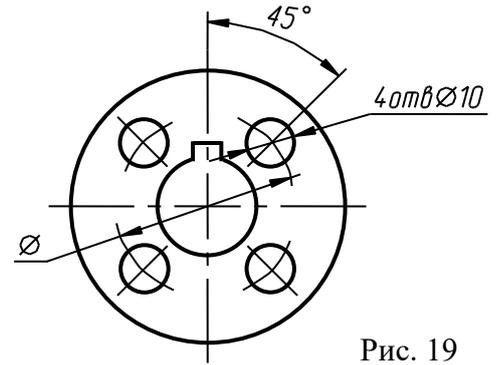


Рис. 19

Нанесение размеров фасок

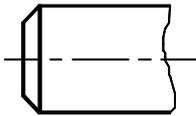


Рис. 20

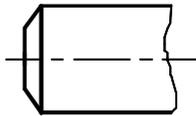


Рис. 21

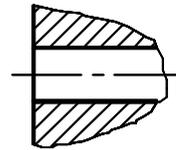


Рис. 22



Рис. 23

Размеры двух симметричных элементов

Для повышения наглядности чертежа и ускорения работы применяют упрощения, чтобы сократить количество наносимых размеров, а иногда даже изображений. Так, например, размеры двух симметрично расположенных элементов предмета, кроме отверстий, наносят только один раз без указания их количества и группируют, как правило, в одном месте (рис. 24).

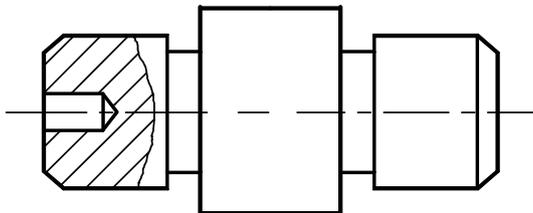


Рис. 24

Размеры фасок и проточек в размерную цепь не включают.

Одинаковые элементы, расположенные в разных частях предмета (например, отверстия), рассматривают как один элемент, если между этими элементами нет промежутка (рис. 25, а) или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (рис. 25, б). В противном случае указывают полное количество элементов (два отверстия Ø10, рис. 26).

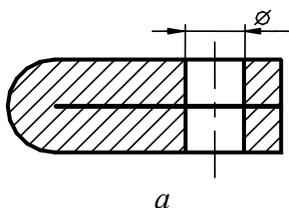


Рис. 25

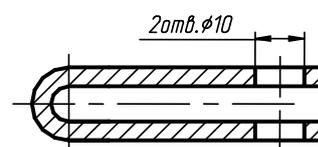
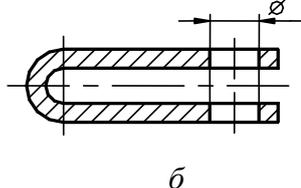
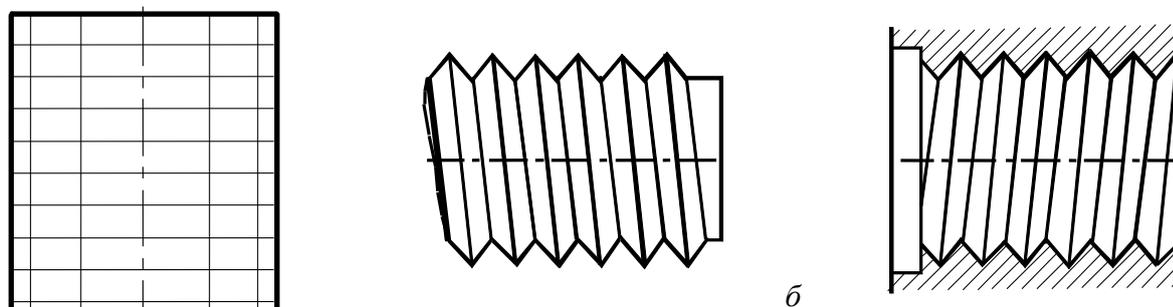


Рис. 26

Тема 8. Резьба

Резьба — это поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. Если винтовое движение совершает точка, то производимую ею пространственную кривую называют винтовой линией (рис. 1, *a*).



Основные параметры резьбы

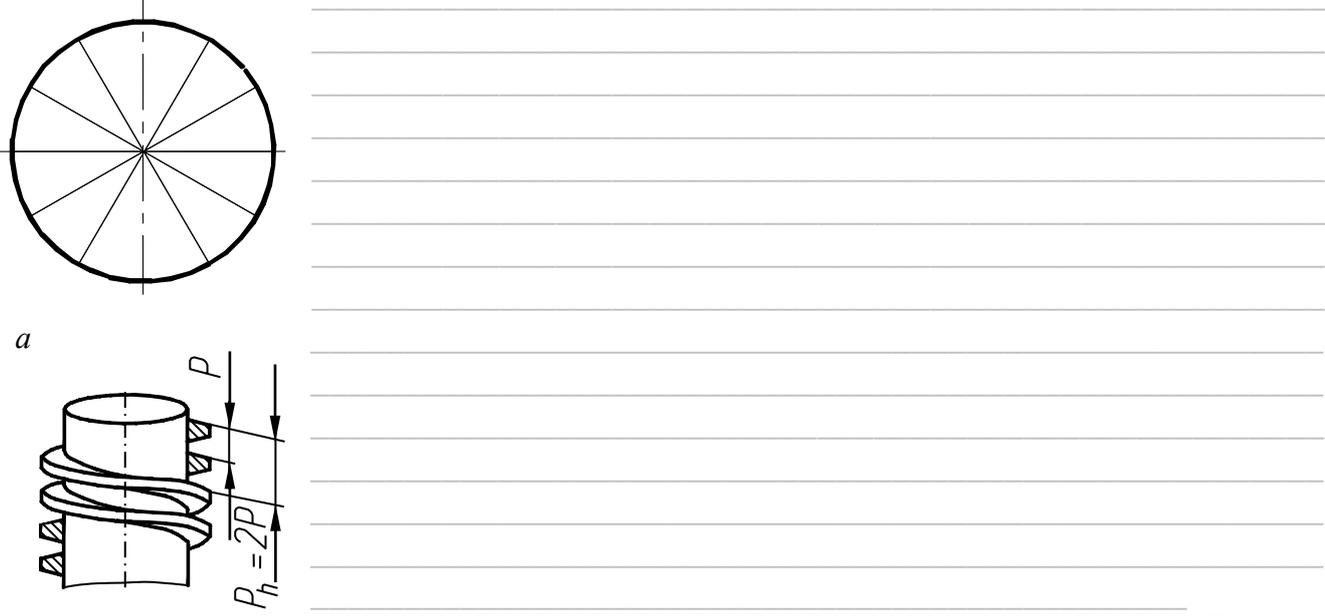


Рис. 1

Изображение резьбы на чертежах

На стержне

Резьбу изображают *условно* сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему (рис. 2). На видах слева или справа по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную 3/4 окружности, разомкнутой в любом месте. Границу резьбы проводят сплошной основной линией до линии наружного диаметра резьбы (рис. 2, *a*).

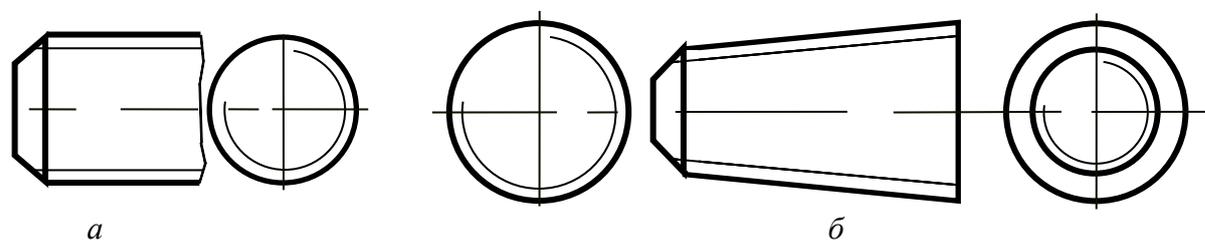


Рис. 2

В отверстиях

Резьбу в отверстиях при выполнении разреза изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими – по наружному (рис. 3). На видах сбоку по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $3/4$ окружности, разомкнутой в любом месте.

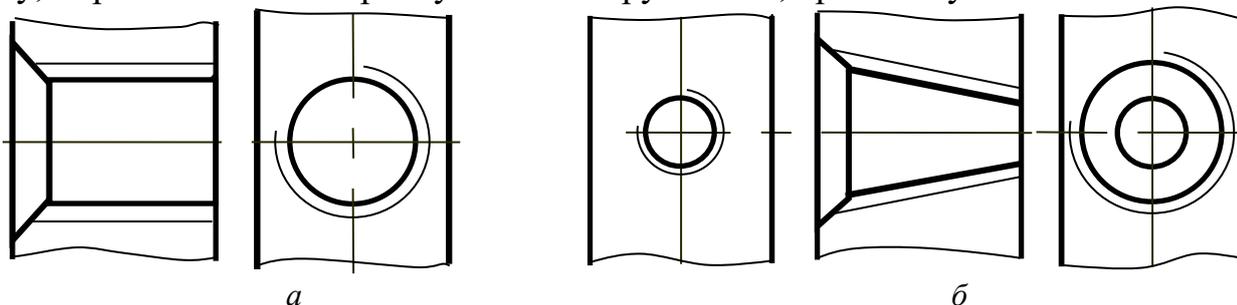


Рис. 3

Границу резьбы в отверстиях показывают сплошной основной линией, проводя ее до линий наружного диаметра резьбы.

Линии штриховки в разрезах и сечениях проводят до линий наружного диаметра резьбы на стержне и до линий внутреннего диаметра в отверстиях, т. е. в обоих случаях до сплошных основных линий.

В соединении

На разрезах резьбового соединения при изображении на плоскости, параллельной его оси, в отверстиях показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 4).

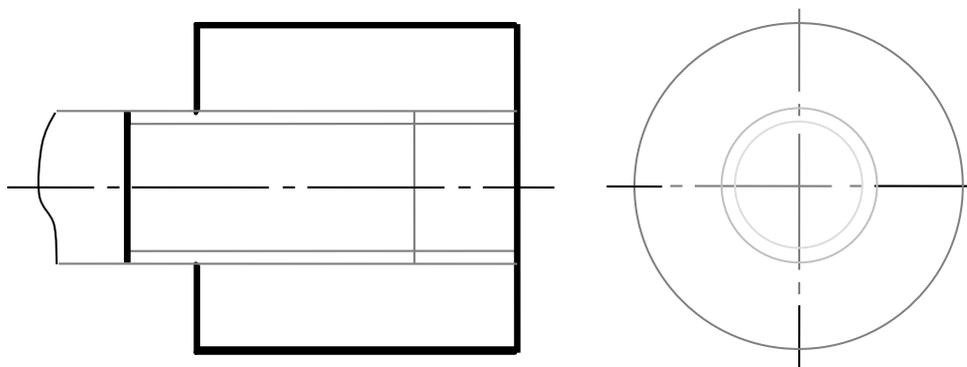


Рис. 4

Классификация резьб

Крепежные резьбы

Цилиндрические резьбы

Резьба метрическая

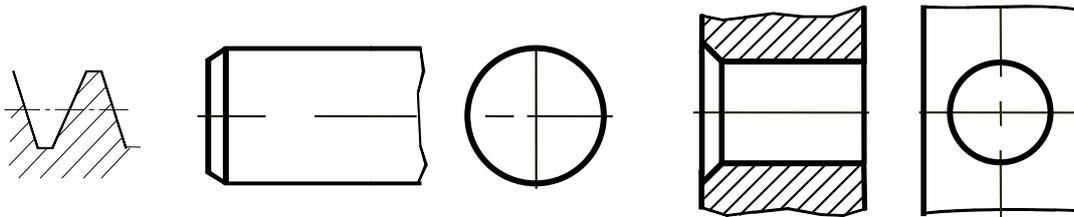


Рис. 5

Метрическая резьба может быть выполнена *многозаходной*.

В условное обозначение многозаходной резьбы входят: буква *M*, номинальный диаметр резьбы, числовое значение хода и в скобках буква *P* с числовым значением шага.

Резьба дюймовая

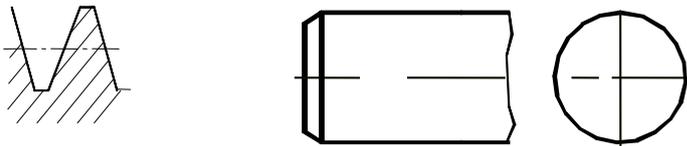


Рис. 6

Резьба трубная

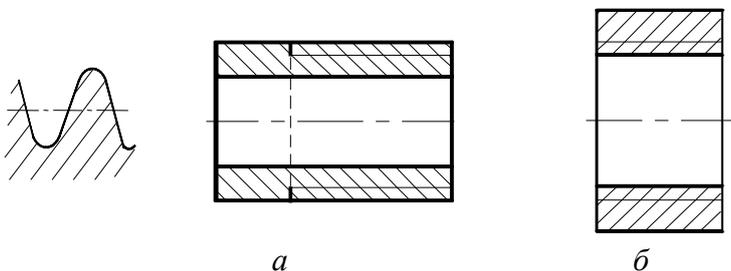


Рис. 7

В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы входит буква *G*, указывающая тип резьбы, и обозначение размера резьбы (т. е. размера внутреннего диаметра трубы, на которой резьба нарезана). Например, обозначение *G1* (рис. 7, *а*) означает, что резьба

трубная цилиндрическая нарезана на трубе с внутренним диаметром 25,4 мм (т. е. один дюйм). Обозначение внутренней трубной резьбы (рис. 7, *б*) расшифровывается как условное обозначение трубной цилиндрической резьбы в отверстии, в которое ввертывается труба с внутренним диаметром 25,4 мм (т. е. один дюйм).

Конические резьбы
Метрическая

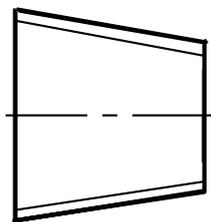
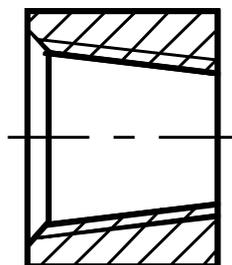


Рис. 8



Трубная

Дюймовая

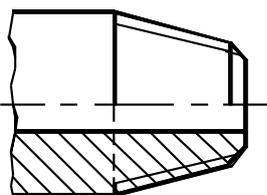


Рис. 9

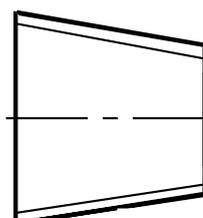
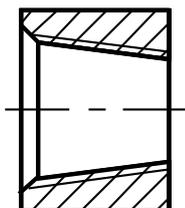
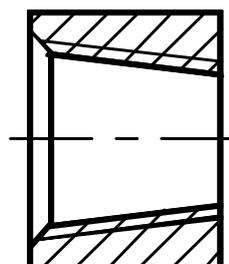


Рис. 10



Ходовые резьбы

Трапецеидальная

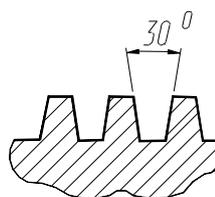
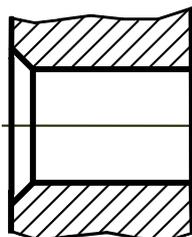
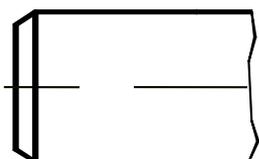


Рис. 11

Упорная

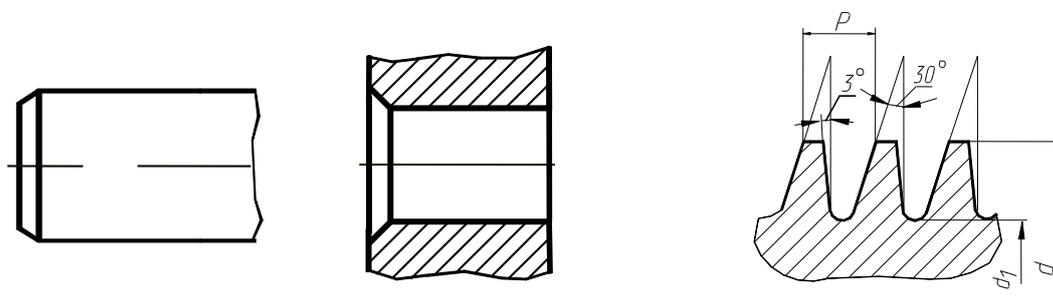


Рис. 12

Прямоугольная

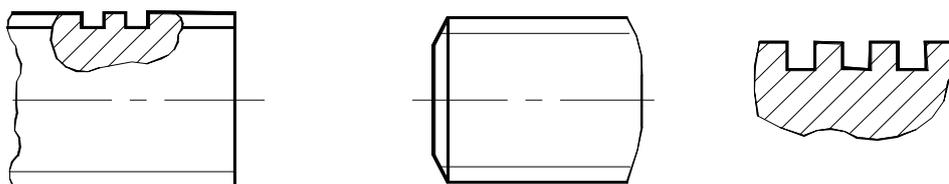


Рис. 13

Специальные резьбы

Тема 9. Соединения неразъемные и разъемные

Соединения



Неразъемные соединения Соединение сваркой

Типы швов

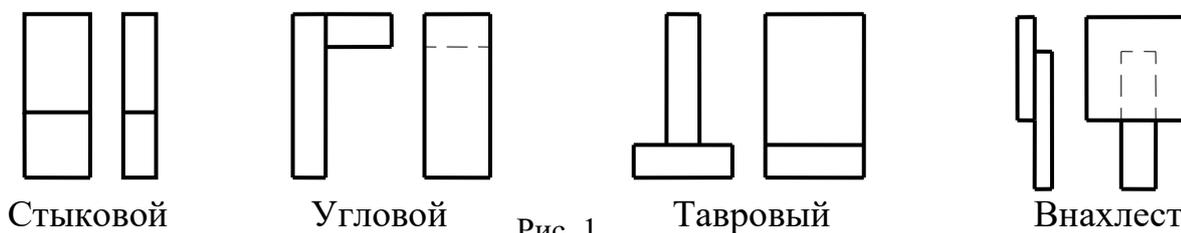


Рис. 1

Обозначение сварных швов

На рис. 2 схематично показана структура обозначения стандартного шва согласно ГОСТ 2.312-72. При обозначении шва на чертеже помещают

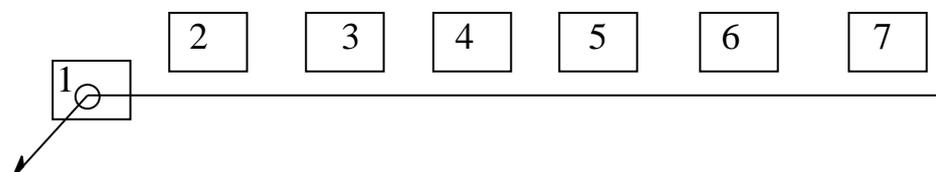


Рис. 2

1. Вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва.
2. Номер стандарта на тип и конструкцию шва.
3. Буквенно – цифровое обозначение шва по указанному стандарту на его конструкцию. Например: С4 – шов стыкового соединения без скоса кромок.
4. Условное обозначение способа сварки (допускается не указывать для ручной электродуговой сварки).
5. Знак ∇ и размер катета шва в мм.
6. Размеры шва (длина провара, диаметр точки и др.).
7. Вспомогательные знаки по дополнительной обработке шва.

Обозначение сварного шва, приведенное на рис. 3, означает следующее:

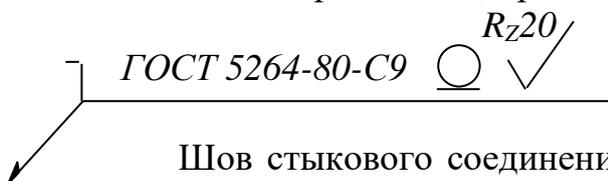


Рис. 3

Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполняемый электродуговой ручной сваркой при монтаже изделия. Усиление шва снять. Шероховатость поверхности шва $Rz20$.

Изображение сварных швов

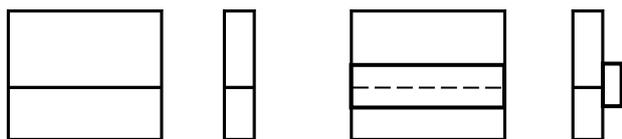


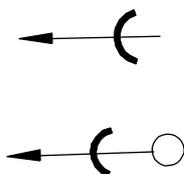
Рис. 4

Изображение видимых сварных точек



Рис. 5

Соединение пайкой



Соединение склеиванием

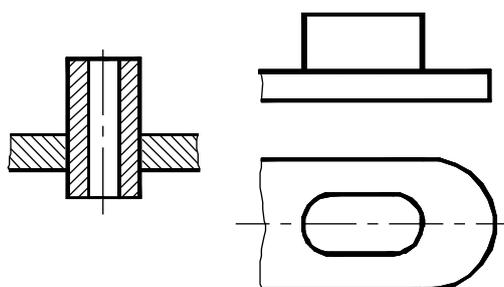
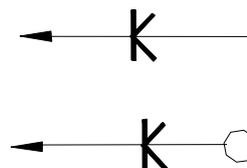


Рис. 6

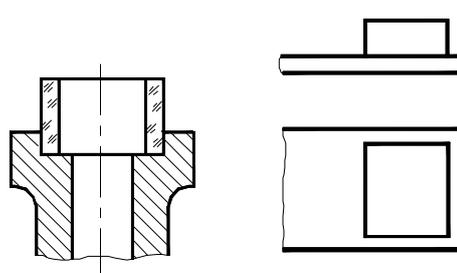


Рис. 7

Разъемные соединения

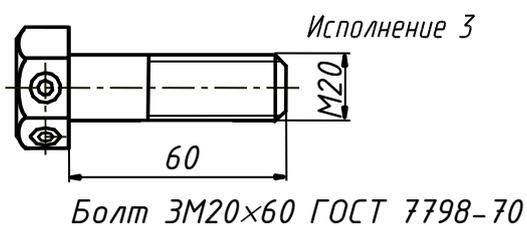
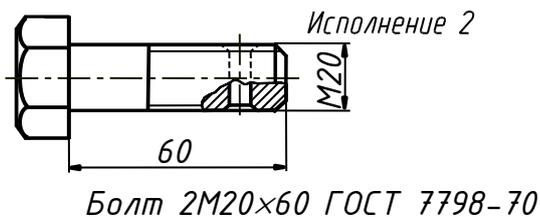
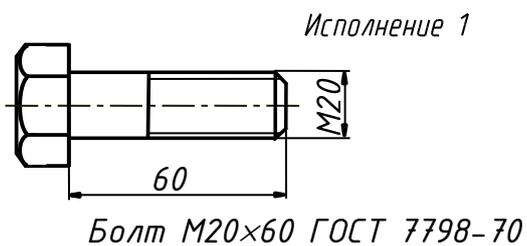
Резьбовые соединения

Крепежные детали

В условное обозначение крепежных деталей входит:

1. Наименование.
2. Исполнение (кроме 1).
3. Диаметр резьбы.
4. Шаг резьбы (для метрической резьбы с мелким шагом).
5. Длина стержня (для болта, винта, шпильки).
6. Номер стандарта.

Болт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, а на другом – резьба для навертывания гайки. Наиболее широко применяют болты с шестигранной головкой.



Болты могут иметь метрическую резьбу с крупным или мелким шагом. На рис. 8 показаны три исполнения болта с шестигранной головкой:

- без отверстия в стержне и головке;
- с отверстием в стержне для стопорения шплинтом;
- с двумя отверстиями в головке для стопорения проволокой.

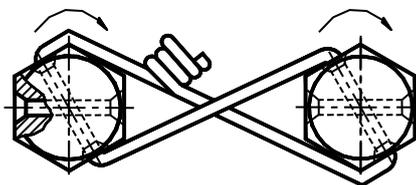
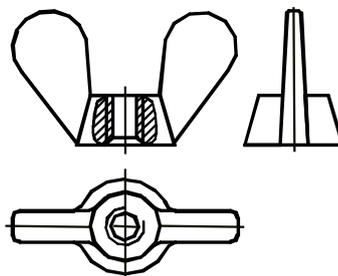
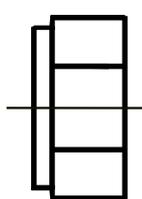
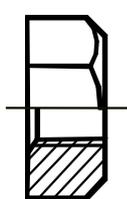
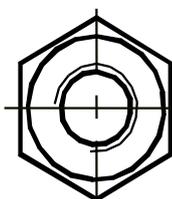
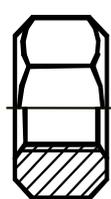


Рис. 8

Гайка – это резьбовое изделие, имеющее отверстие с резьбой для навинчивания на болт или шпильку (рис. 8).

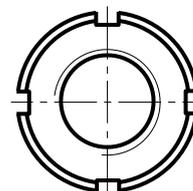


Шестигранные

Гайка-барашек

Шестигранные гайки по исполнению могут быть трех видов:

- исполнения 1 – с двумя наружными коническими фасками;
- исполнения 2 – с одной наружной конической фаской;
- исполнения 3 – с цилиндрическим или коническим выступом на одном торце гайки и без наружных фасок.



Круглая

Примеры условных обозначений:

Гайка M20 ГОСТ 5915-70 – гайка шестигранная, исполнения 1 (не указывается), с диаметром резьбы 20 мм, с крупным шагом резьбы.

Гайка 2M20×1,5 ГОСТ 5915-70 – гайка исполнения 2, с диаметром резьбы 20 мм, с мелким шагом резьбы 1,5 мм.

Рис. 9

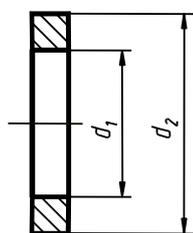
Шайба– это цельная или разрезная пластина с круглым отверстием, которую устанавливают под гайку или головку болта.

Их можно разделить на две группы:

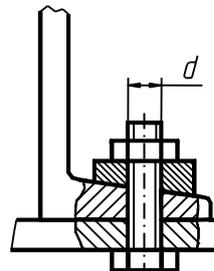
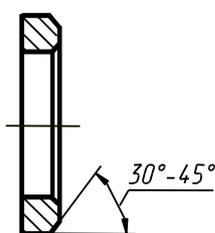
- подкладочные шайбы: круглые (рис. 10, а) или косые (рис. 10, б);
- стопорные шайбы (рис. 10, а, б).

Исполнение 1

Исполнение 2



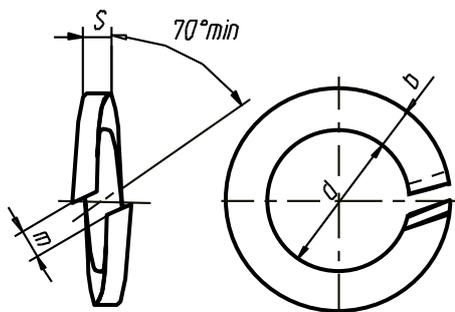
а



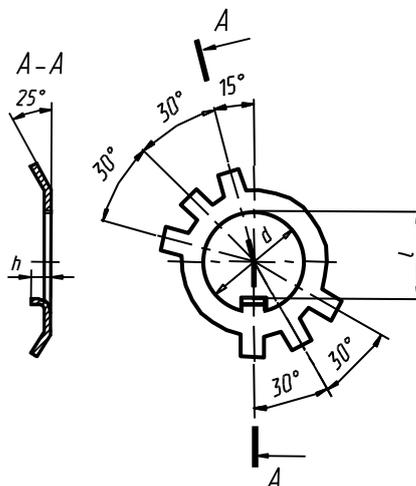
б

Исполнение 1

Исполнение 2



в



г

Рис. 10

Винты крепежные

Винт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, а на другом – резьба. Наиболее широко применяют винты крепежные для металла (рис. 12):

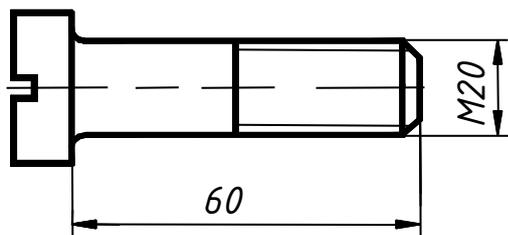
- с цилиндрической головкой по ГОСТ 1491-80 (рис. 11, а);
- с полукруглой головкой по ГОСТ 17473-80 (рис. 11, б);
- с потайной головкой по ГОСТ 17475-80 (рис. 11, в);
- с полупотайной головкой по ГОСТ 17474-80 (рис. 11, г).

Примеры условных обозначений винтов:

Винт M20×60 ГОСТ 17473-80 – винт с полукруглой головкой (ГОСТ 17473-80), исполнения 1 (исполнение 1 в обозначении не указывается), с метрической резьбой диаметром 20 мм, с крупным шагом (крупный шаг в обозначении не указывается) и длиной винта 60 мм.

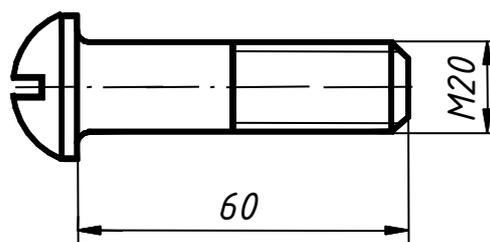
Винты с полукруглой, потайной и полупотайной головками бывают двух исполнений: под плоскую отвертку (исполнение 1) и под крестообразную отвертку (исполнение 2).

Винт М20×60 ГОСТ 1491-80



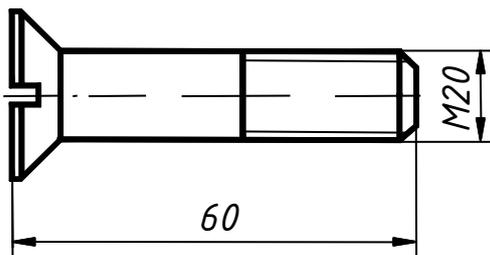
а

Винт М20×60 ГОСТ 17473-80

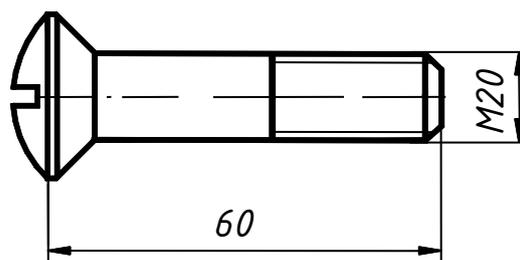


б

Винт М20×60 ГОСТ 17474-80



в



г

Рис. 11

Шпилька. Шпилькой называется крепежная деталь, представляющая собой цилиндрический стержень, оба конца которого имеют резьбу (рис. 12).

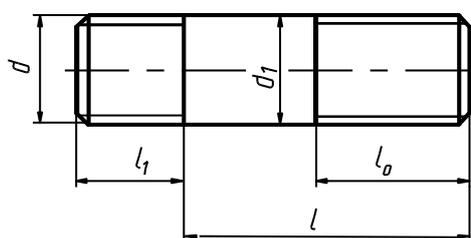


Рис. 12

d – номинальный диаметр резьбы;

d_1 – диаметр стержня;

l – длина шпильки (длина стяжного конца шпильки);

l_1 – длина ввинчиваемого (посадочного) резьбового конца;

l_0 – длина гаечного конца.

Длина l_1 ввинчиваемого резьбового конца шпильки зависит от материала той детали, в которую ввинчивают шпильку.

- для резьбовых отверстий в стальных, латунных и бронзовых деталях – $l_1 = d$;
- для резьбовых отверстий в деталях из ковкого чугуна – $l_1 = 1,25d$;
- для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов – $l_1 = 2d$.

Пример условного обозначения:

- Шпилька М20×150 ГОСТ 22032-76 –

шпилька с ввинчиваемым концом длиной $l_1 = d$ (ГОСТ 22032-76), исполнения 1 (не указывается), с метрической резьбой диаметром $d = 20$ мм, с крупным шагом $P = 2,5$ мм (не указывается), длиной $l = 150$ мм.

Трубные соединения

Трубопровод состоит из труб (рис. 13) и специальных соединительных частей, которые называются фитингами (рис. 14–16).

Соединительные части – фитинги – позволяют соединить сразу несколько труб, устраивать ответвления под разными углами, переходы с одного диаметра на другой и так далее.

Примеры условных обозначений:

1. Труба обыкновенная, неоцинкованная, обычной точности изготовления, с условным проходом 20 мм, немерной длины, без резьбы и без муфты:

Труба 20 ГОСТ 3262-75.

2. То же с муфтой:

Труба М-20 ГОСТ 3262-75.

3. То же мерной длины 8 м, с резьбой:

Труба Р-20-8000 ГОСТ 3262-75.

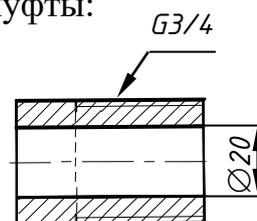


Рис. 13

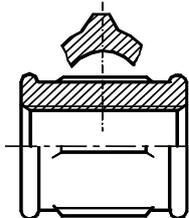


Рис. 14

1. Муфта короткая без покрытия для труб с $D_y=40$ мм.

Муфта короткая 40 ГОСТ 8954-75

2. Муфта переходная без покрытия для труб с $D_y=32$ мм и $D_y=25$ мм

Муфта 32×25 ГОСТ 8957-75

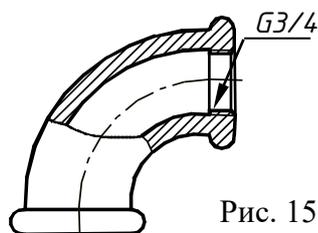


Рис. 15

Угольник без покрытия для труб с $D_y=20$ мм

Угольник 20 ГОСТ 8946-75

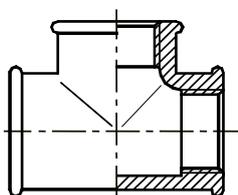


Рис. 16

Тройник прямой без покрытия для труб с $D_y=40$ мм

Тройник 40 ГОСТ 8948-75

Соединение шпонкой

Шпонка – это деталь, которая устанавливается в пазах двух соединяемых деталей для передачи крутящего момента от одной детали (вала) к другой (зубчатому колесу).

Наиболее распространены шпонки призматические, клиновые и сегментные.

Шпонки призматические

Наиболее широко применяются призматические шпонки, выпускаемые в трех исполнениях (рис. 17). В условном обозначении призматической шпонки указывается слово «Шпонка», исполнение шпонки (кроме первого), размеры $b \times h \times l$ и стандарт шпонки. Пример обозначения:

Шпонка 2 – 18×11×100 ГОСТ 23360-78,

где 2 – исполнение шпонки;

18 – ширина шпонки, мм;

11 – высота шпонки, мм;

100 – длина шпонки, мм.

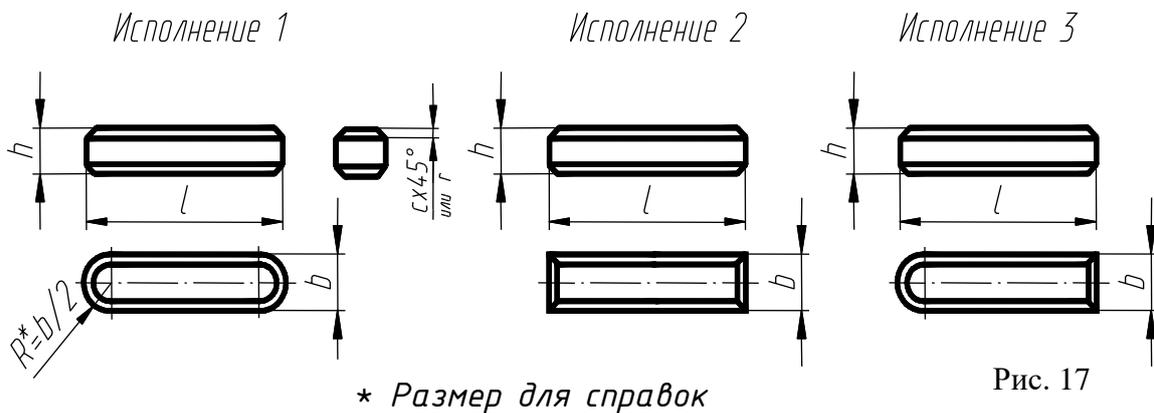


Рис. 17

Шпонки сегментные

Шпонки сегментные выпускают по в двух исполнениях (рис. 18). Применяют при передаче небольших крутящих моментов (т. к. глубокий паз ослабляет вал) на концах валов небольших диаметров ($d \leq 55$ мм).

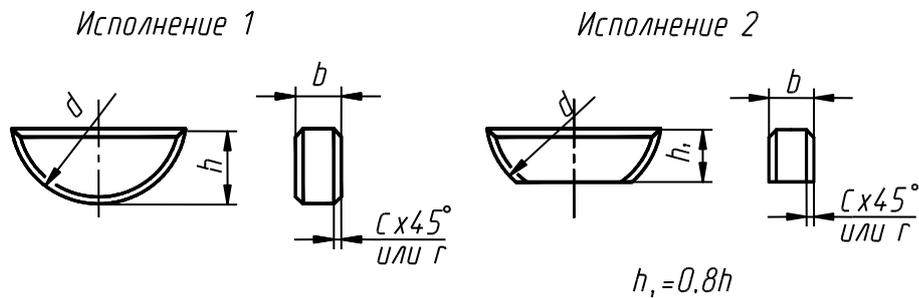


Рис. 18

Пример условного обозначения:

Шпонка 5×6,5 ГОСТ 24071-80,

где 5 – ширина, мм и 6,5 – высота шпонки, мм (исполнение 1)

Шпонки клиновые. Клиновые шпонки выпускают по в четырех исполнениях (рис. 22). Применяют их в тихоходных механизмах. Рабочие поверхности – верхняя и нижняя грани. Между боковыми гранями шпонки и паза – зазоры.

В обозначении клиновых шпонок указываются такие же параметры, как и в призматических шпонках.

Шпонка 4 – 18×11×100 ГОСТ 24068-80,

где 4 – исполнение шпонки;

18 – ширина, мм;

11 – высота, мм;

100 – длина, мм.

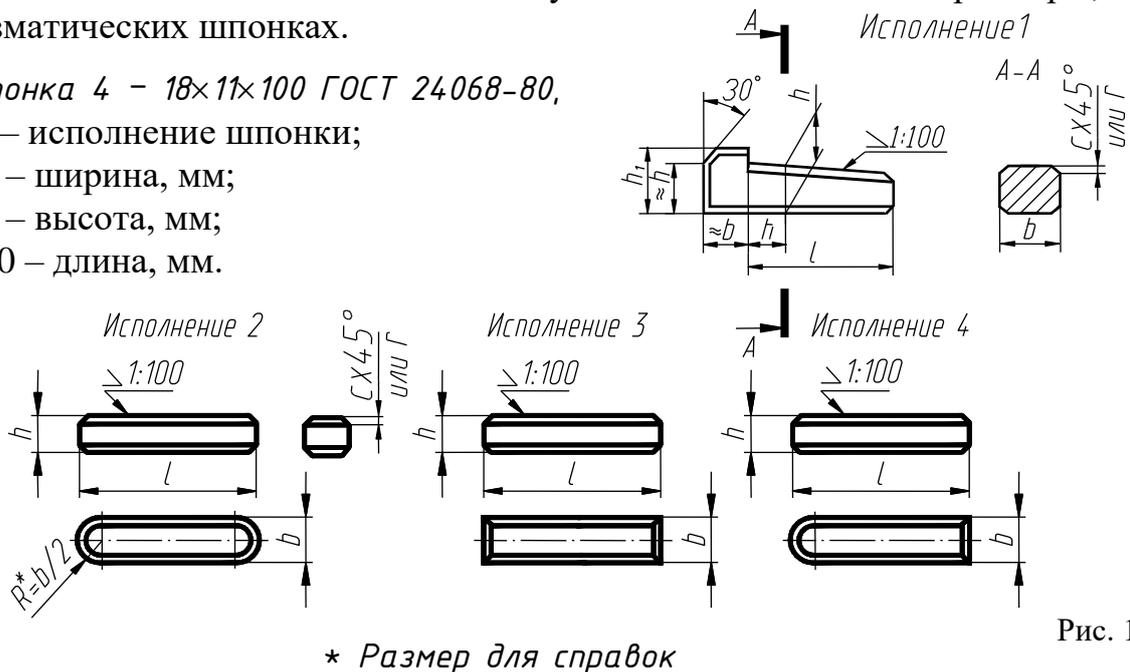


Рис. 19

Шлицевые соединения

Эти соединения называются многошпоночными. В них шпонки выполнены как одно целое с валом. Это позволяет передавать большие крутящие моменты по сравнению со шпоночным соединением.

Изображение шлицев на стержне

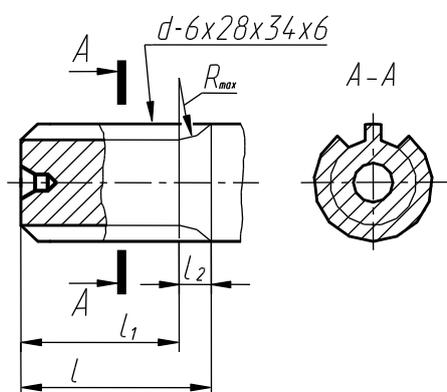


Рис. 23

При обозначении шлицевого соединения учитывается способ центрирования:

Центрирование по внутреннему диаметру d (рис. 23):

$$d-6 \times 28 \times 34 \times 6,$$

где d – способ центровки;

6 – число зубьев;

28 – внутренний диаметр;

34 – наружный диаметр;

6 – ширина зуба;

Изображение шлицев в отверстии

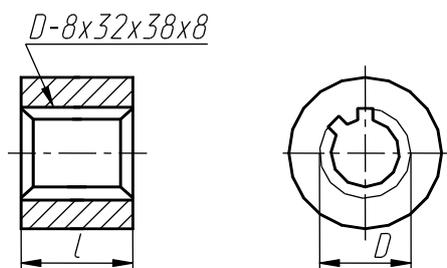


Рис. 24

Центрирование по внешнему диаметру D (рис. 24):

$$D-8 \times 32 \times 38 \times 8$$

где D – способ центровки; 8 – число зубьев;

32 – внутренний диаметр; 38 – наружный диаметр;

8 – ширина зуба.

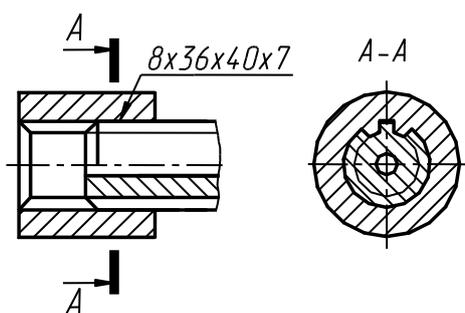
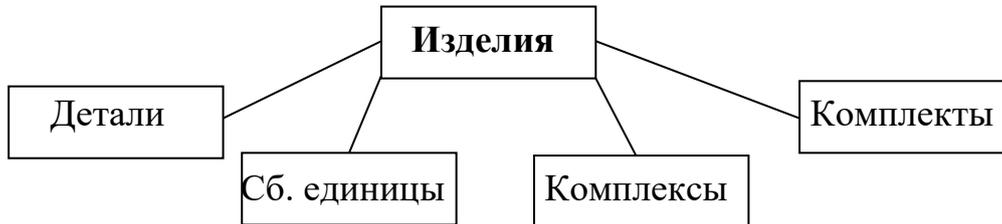


Рис. 25

На учебных чертежах обычно ограничиваются указанием числа зубьев, размеров внутреннего и наружного диаметров и ширины зуба: $8 \times 36 \times 40 \times 7$ (рис. 25).

Виды конструкторских документов



Деталь

Сборочная единица

Комплекс

Комплект

Состав и устройство изделия определяется конструкторскими документами графического или текстового характера в соответствии с ГОСТ 2.101-68.

Чертеж детали

Эскиз

Сборочный чертеж

Чертеж общего вида

Теоретический чертеж

Габаритный чертеж

Монтажный чертеж

Схема

Спецификация

Пояснительная записка

Технические условия

Содержание

Введение	3
Тема 1. Методы проецирования, точка, прямая	4
Методы проецирования	4
Способы дополнения проекционных чертежей	5
Точка	6
Прямая линия	7
Положение прямой в пространстве	7
Взаимное положение точки и прямой. Две прямые	10
Взаимное положение точки и прямой	10
Следы прямой	10
Способы преобразования чертежа прямой	11
Способ перемены плоскостей проекций	11
Взаимное положение двух прямых	12
Проекции плоских углов	13
Тема 2. Плоскость	14
Задание плоскости на чертеже	14
Следы плоскости	15
Точка и прямая в плоскости	16
Положение плоскости в пространстве	16
Главные линии плоскости	17
Преобразование чертежа плоскости. Способ перемены плоскостей проекций. Две основные задачи преобразования чертежа плоскости	18
Взаимное положение прямой и плоскости	20
Взаимное положение двух плоскостей	21
Тема 3. Поверхности	23
Способы задания поверхности	23
Задание поверхности на чертеже	24
Линейчатые поверхности	24
Многогранники	26
Коническая и цилиндрическая поверхности	28
Поверхности вращения	29
Цилиндр вращения	29
Прямой круговой конус	30
Сфера	32
Тор	33
Гиперболоид, эллипсоид, параболоид	33
Тема 4. Винтовые поверхности. Пересечение поверхностей	35
Винтовые поверхности	35
Пересечение поверхностей	36
Способ вспомогательных секущих плоскостей	37
Пересечение соосных поверхностей	38
Способ сфер	38
Возможные случаи пересечения криволинейных поверхностей	40
Теорема Монжа	41
Теорема о двойном касании	41

Тема 5. Аксонометрия.....	42
Тема 6. Изображения – виды, разрезы, сечения.....	46
Виды.....	46
Разрезы.....	48
Сечения.....	50
Выносные элементы.....	51
Условности и упрощения.....	51
Тема 7. Нанесение размеров на чертежах.....	53
Тема 8. Резьба.....	58
Изображение резьбы на чертежах.....	58
Крепежные резьбы.....	60
Ходовые резьбы.....	61
Специальные резьбы.....	62
Тема 9. Соединения разъемные и неразъемные.....	63
Неразъемные соединения.....	63
Разъемные соединения.....	64
Резьбовые соединения.....	64
Крепежные детали.....	64
Трубные соединения.....	67
Соединения шпонкой.....	68
Шлицевые соединения.....	70
Виды конструкторских документов.....	71

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методические указания

Составитель: Галина Федоровна Винокурова

Формат 60×84/8. Бумага «Классика».
Печать RISO. Усл. печ. л. 9,53. Уч.-изд. л. 8,63.
Тираж 1400 экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.